



# Indossare maschere per il viso come potenziale fonte di inalazione e assorbimento orale di tossine inanimate – Una revisione dello scopo

Kai Kisielinski<sup>a</sup>  , Stefan Hockertz<sup>b</sup>, Oliver Hirsch<sup>c</sup>, Stephan Korupp<sup>d</sup>, Bernd Klosterhalfen<sup>e</sup>, Andreas Schnepf<sup>f</sup>, Gerald Dyker<sup>g</sup>

Mostra di più 

 Struttura |  Condividi  Citare

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115858> ↗

[Ottieni diritti e contenuti](#) ↗

Sotto un Creative Commons [licenza](#) ↗

 *accesso aperto*

## Punti salienti

- Le maschere per il viso filtrano i batteri, lo sporco, le fibre di plastica, ma possono anche causare danni alla salute.
- L'inalazione di particelle e sostanze potenzialmente tossiche dalla maschera è possibile.
- Abbiamo trovato un alto rilascio e contenuto di micro e nanoplastiche.

- abbiamo evidenziato superamenti per composti organici volatili, acroleina, ftalati.
- anche per xilene, sostanze per/polifluoroalchiliche e per Pb, Cd, Co, Cu, Sb e TiO<sub>2</sub>.

## Astratto

## Sfondo

Dal 2020 al 2023 molte persone in tutto il mondo sono state costrette a indossare maschere per grandi porzioni della giornata in base a mandati e leggi. Il nostro scopo era di studiare il potenziale delle maschere facciali per il contenuto e il rilascio di tossine inanimate.

## Metodi

È stata eseguita una revisione dello scopo di 1003 studi (ricerca nel database in PubMed/MEDLINE, valutazione qualitativa e quantitativa).

## Risultati

Sono stati inclusi 24 studi (tempo sperimentale da 17 min a 15 giorni) che valutavano il contenuto e/o il rilascio in 631 maschere (273 mascherine chirurgiche, 228 tessili e 130 N95). La maggior parte degli studi (63%) ha mostrato risultati allarmanti con un elevato rilascio di micro- e nanoplastiche (MP e NP) e i superamenti potrebbero essere evidenziati anche per composti organici volatili (VOC), xilene, acroleina, sostanze per/polifluoroalchiliche (PFAS), ftalati (inclusi di(2-etilesil)-ftalato, DEHP) e per Pb, Cd, Co, Cu, Sb e TiO<sub>2</sub>.

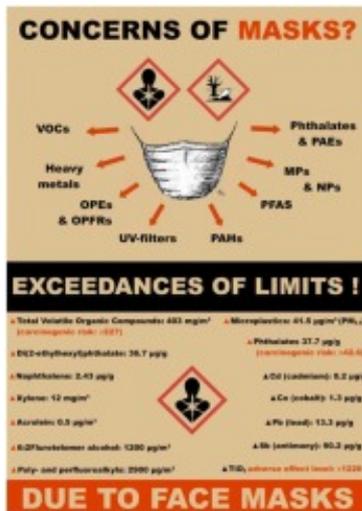
## Discussione

Naturalmente, le maschere filtrano lo sporco più grande e le particelle di plastica e le fibre dall'aria che respiriamo e hanno indicazioni specifiche, ma secondo i nostri dati comportano anche dei rischi. A seconda dell'applicazione, è necessaria un'analisi rischio-beneficio.

## Conclusione

Indubbiamente, i mandati di maschera durante la pandemia di SARS-CoV-2 hanno generato un'ulteriore fonte di esposizione potenzialmente dannosa alle tossine con proprietà minacciose per la salute e cancerogene a livello di popolazione con una distanza quasi zero dalle vie aeree.

## Abstract grafico



Scarica: [Scarica l'immagine ad alta risoluzione \(152KB\)](#)

Scarica: [Scarica l'immagine a grandezza naturale](#)



precedente

successivo



## Parole chiave

Maschera chirurgica; Maschera; N95; Tossicità; Valutazione; del rischio per la salute; Microplastica; Composto; organico volatile (VOC); Metallo pesante; Ftalato; Composto; organico

## 1. Introduzione

Dal 2020 fino al 2023, innescato dalla pandemia di SARS-CoV2 e richiesto dai governi,

indossare coperture per la bocca e il naso è diventato una nuova parte normale della vita quotidiana per molti popoli in tutto il mondo ([Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023](#)). Questo è rilevante, specialmente per gli operatori sanitari, che sono stati incaricati dall'inizio della pandemia sulla base delle raccomandazioni dell'OMS ([Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\), 2020](#)), leggi ([Knobloch et al., 2023](#); [Verordnung zum Schutz vor Neuinfisierungen mit dem Coronavirus SARS-CoV-2, 2023](#)) e obblighi istituzionali negli ospedali e nei gruppi sanitari ([Helios führt allgemeine Maskenpflicht ein, 2020](#); [Helios führt Maskenscanner in allen Kliniken ein, 2020](#)) per indossare maschere per il viso. Inoltre, in molti paesi i bambini erano stati incaricati di indossare maschere nelle scuole per grandi porzioni della giornata ([Ladhani, 2022](#); [Thomson, 2022](#)). Va menzionato anche i numerosi pendolari che utilizzano i mezzi pubblici ([Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023](#)).

Le caratterizzazioni disponibili delle maschere facciali rivelano la presenza di sostanze chimiche come idrocarburi, ftalati, composti organofosfatici, ammidi, paraffine, olefine, oligomeri di polietilene tereftalato e microplastiche ([Kutralam-Muniasamy et al., 2022](#); [Li et al., 2021a](#); [Liu et al., 2022a](#); [Muensterman et al., 2022](#)). È noto dalla ricerca ambientale che la pandemia di COVID-19 è stata esacerbata dall'inquinamento ambientale, comportando (o causando) maggiori preoccupazioni. Una recente revisione completa sull'assorbimento, la tossicità e gli obiettivi molecolari delle microplastiche e delle nanoplastiche che hanno un impatto sulla salute umana ha menzionato in modo significativo le maschere facciali come fonte di rischio di inalazione ([Khan e Jia, 2023](#)). Inoltre, numerose revisioni di tossicologia ambientale ([Chen et al., 2022](#); [Ganesapillai et al., 2022](#)) derivano un rischio indiretto (ambientale) per la salute dall'uso di mascherine a causa del rilascio di additivi chimici ([Aerts et al., 2020](#); [Raval e Sangani, 2021](#)) e fibre (micro)plastiche ([Li et al., 2022](#); [Morgana et al., 2021](#); [Shen et al., 2021](#)). Le maschere facciali hanno rilasciato contaminanti (microplastiche/fibre/composti chimici) che disturbano diversi ecosistemi e influenzano la loro biota ([Masud et al., 2023](#); [Oliveira et al., 2023](#)). Questi contaminanti possono indurre tossicità multiorgano su una vasta gamma di organismi acquatici e terrestri. Le fibre possono causare risposte localizzate, così come i suoi additivi e i contaminanti assorbiti possono causare genotossicità, tossicità riproduttiva, cancerogenicità e mutagenicità ([Gasperi et al., 2018](#); [Torres-Agullo et al., 2021](#)). Le microplastiche e le microfibre rilasciate dalle maschere per il viso possono anche contribuire alla

dispersione degli agenti patogeni ([Patrício Silva et al., 2021](#)) e geni di resistenza agli antibiotici (ARG) nell'ambiente, poiché l'architettura delle maschere facciali (meshing microscopico) può fornire un substrato di base preferibile per le comunità microbiche, compresi gli agenti patogeni resistenti agli antibiotici ([Zhou et al., 2022](#)). Gli effetti ecotossicologici delle maschere facciali non sono solo legati ai frammenti rilasciati, ma anche agli additivi chimici presenti nella loro matrice polimerica. Gli organismi acquatici e del suolo, compresi i vertebrati, possono soffrire di disturbi riguardanti i loro tessuti e organi, tra cui stress ossidativo, danno ossidativo al DNA, variazioni delle funzioni immunitarie, diminuzione della vitalità, neurotossicità, riproduzione inibita, diminuzione della fecondità e crescita ritardata ([Oliveira et al., 2023](#)). Inoltre, a livello macroscopico, c'è un rischio diretto di ingestione e intreccio per gli animali ([Oliveira et al., 2023](#)).

Tuttavia, finora i rischi diretti associati all'uso delle mascherine e le loro ripercussioni sulla salute umana erano stati esplorati solo da una prospettiva scientifica e non olistica ([Potluri e Needham, 2005](#)). Potenzialmente, le maschere per il viso, che entrano in stretto contatto con il consumatore possono rappresentare una minaccia immediata per la salute umana a causa del rilascio di sostanze tossicologicamente rilevanti e dell'esposizione continua ad esse ([Jin et al., 2021](#); [Liu et al., 2022a](#)). Gli esseri umani inalano le emissioni di una maschera a distanza quasi zero e ingoiano goccioline d'acqua provenienti dallo spazio morto umido arricchito con ingredienti della maschera. A questo proposito – teoricamente – indossare una maschera può esercitare un rischio di esposizione più elevato rispetto a molte altre fonti ambientali ([Chang et al., 2022](#)). In questo contesto, sottolineiamo il fenomeno della respirazione prevalentemente orale mentre si indossa una maschera ([Kisielinski et al., 2021](#); [Wyszyńska et al., 2022](#)), in contrasto con la normale respirazione senza ostacoli, che è in gran parte attraverso il naso, con una maggiore filtrazione. La respirazione orale aumenta il rischio di inalazione diretta di particelle e tossine dalla maschera nelle vie aeree più profonde ([Everard et al., 1993](#); [Heyder et al., 1986](#); [ICRP, 1994](#)).

Gli additivi tossici chimici utilizzati nei processi di fabbricazione delle maschere, compresi plastificanti, ftalati, stabilizzanti UV e bisfenolo A hanno già dimostrato di lisciviazione e causare effetti negativi sulla salute umana ([De-la-Torre et al., 2021](#)). Bambini con percorsi protettivi/coniugativi meno sviluppati ([Faustman et al., 2000](#)) sono particolarmente vulnerabili a molte delle emissioni delle maschere facciali. Alcuni studi non hanno rivelato un aumento del rischio per la salute umana per la pelle (

[Estevan et al., 2022](#)), mentre altre pubblicazioni scientifiche sono state in grado di mostrare nano- (<1 µm) e microplastiche (<3 mm) nella mucosa nasale dopo l'uso della maschera e hanno dedotto un rischio per la salute di chi lo indossa ([Klimek et al., 2020](#); [Ma et al., 2021](#)).

È interessante notare che in tutto il mondo, durante la pandemia sono state intraprese alcune azioni normative istituzionali perché le mascherine rappresentavano un notevole rischio di esposizione ([Azoulay et al., 2021](#); [BfArM, 2020](#); [Corona-Maske im Rückruf, 2020](#); [Governo del Canada, 2021](#); [Habich, 2020](#); [Information de sécurité - Action de sécurité de Santé publique - ANSM, 2021](#); [La AEMPS informa de los resultados de la investigación efectuada sobre las mascarillas quirúrgicas tipo IIR con grafeno, 2021](#); [Masken-Rückruf bei Müller, 2020](#); [Mast et al., 2021](#); [Maynard, 2021](#); [Raval e Sangani, 2021](#)).

In generale c'è un crescente interesse scientifico incentrato sui rischi di ingestione e inalazione delle mascherine, a causa di un tale uso senza precedenti in tutto il mondo (2020-2023) che implica esposizione a contatto dermico a lungo termine, inalazione e ingestione a livello di popolazione. Tuttavia, manca la conoscenza generale sui possibili rischi dell'uso di maschere per gli esseri umani. Per quanto ne sappiamo, dall'inizio della pandemia 2019, finora non è stata realizzata alcuna revisione scientifica completa su questo complesso argomento.

Ispirato dai rapporti scientifici e dal fatto indiscusso che le maschere sono in grado di causare l'inalazione di sostanze potenzialmente tossiche ([Li et al., 2022](#); [Mast et al., 2023](#); [Masud et al., 2023](#); [Palmieri et al., 2021](#)) abbiamo deciso di condurre una revisione dello scopo su questo argomento al fine di valutare dati scientifici affidabili sul contenuto tossico e sul rilascio dalle maschere per il viso. Inoltre, inizialmente abbiamo mirato alla valutazione dei potenziali superamenti delle soglie di tossina associate all'uso della mascherina.

## 2. Metodi

### 2.1. Strategia di ricerca e recupero

Il database PubMed/MEDLINE (NIH, biblioteca nazionale di medicina) ([PubMed, 2023](#)) è stato cercato fino al 31 dicembre 2022. I termini di ricerca specifici secondo i criteri

definiti nello schema PICO (Huang et al., 2006) erano: ((maschera facciale) O (maschera facciale) O (maschera chirurgica) O (FFP1) O (FFP2) O (FFP3) O (N95) O (KF94) O (KN95)) E ((tossicità) O (tossica) O (salute ambientale)). Per espandere la quantità di dati pubblicati abbiamo esaminato le citazioni degli articoli inclusi per individuare ulteriori ricerche. Sono stati presi in considerazione anche ulteriori registrazioni identificate attraverso altre fonti, se applicabile.

## 2.2. Criteri di inclusione ed esclusione

L'obiettivo era studiare il potenziale delle maschere protettive per il massimo contenuto e rilascio di tossine inanimate che possono essere inalate o ingerite durante l'uso. Così, le popolari maschere di stoffa, le maschere chirurgiche/FFP1, le maschere N95/KN95/KF94/FFP2 e FFP3 erano il campo di interesse. È stato preso in considerazione solo il contenuto fabbricato della maschera facciale. Altre sostanze come i costituenti naturali dell'alito espirato, compresa la CO<sub>2</sub>, sono state ignorate. I principali risultati considerati sono stati il contenuto quantificabile e il rilascio di potenziali tossine clinicamente rilevanti dalle maschere facciali.

Supponendo lo scenario peggiore in uso con il rilascio di sostanze quando la maschera è inzuppata, piegata, accartocciata e da correnti d'aria che passano attraverso la maschera durante la respirazione, sono state prese in considerazione non solo le analisi dei tessuti della maschera, ma anche i test di lavaggio in acqua e configurazioni di test simili, ad esempio con esperimenti di aspirazione o simulazione della respirazione. Questo era destinato a rappresentare l'uso quotidiano nella popolazione generale negli scenari peggiori come parte di una valutazione semplificata del rischio. Tuttavia, abbiamo escluso gli studi volti solo al rilascio di tossine dalle maschere dopo lo smaltimento, simulando la decomposizione, ad esempio in acqua di mare salata, compreso il lavaggio, gli esperimenti di digestione ecc. Sono stati esclusi anche i casi, le serie di casi, i pareri degli esperti e le preprint.

I criteri di inclusione qualitativa per gli studi erano: presentazione valida riproducibile dei risultati, reclutamento comprensibile di maschere valutate, credibilità dei risultati, trasferibilità ad altri studi e risultati sulle maschere, chiara attenzione e comparabilità con le prove esistenti.

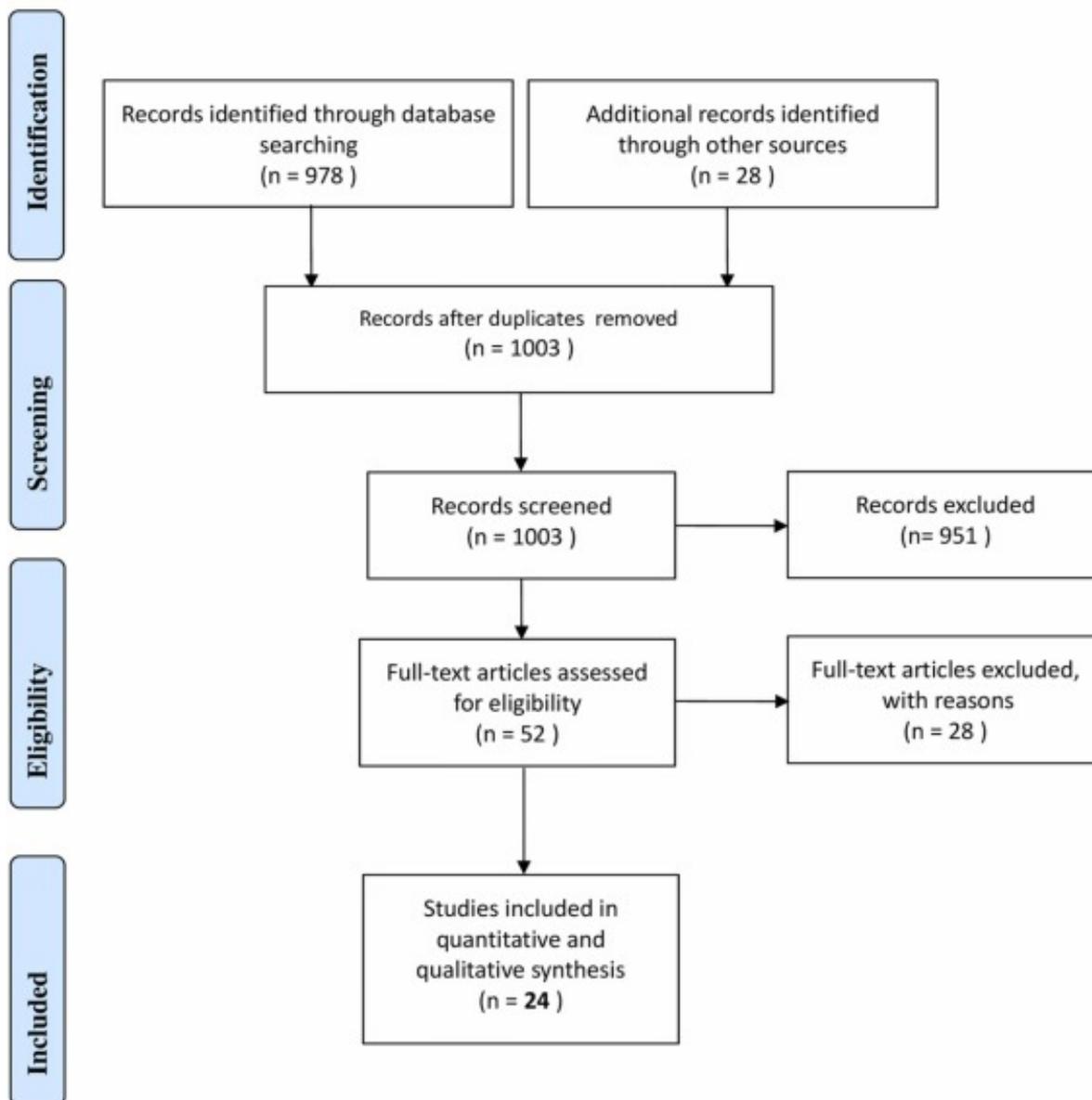
I criteri di inclusione quantitativa erano: metodi appropriati e precisi, elaborazione valida, misurazione valida dei risultati, selezione rappresentativa delle maschere

valutate e metodi analitici sufficientemente riproducibili.

### 2.3. Estrazione e analisi dei dati

Due ricercatori indipendenti hanno identificato e sottoposto a screening gli studi ammissibili (Fig. 1). I documenti selezionati sono stati controllati da tutti gli autori per l'ammissibilità finale. Sono stati valutati il progetto dello studio, la metodologia, il metodo analitico e sperimentale, i risultati primari e secondari e il linguaggio. Sono state documentate esclusioni e ragioni. Per quanto riguarda gli studi inclusi, i seguenti dati sono stati estratti nelle tabelle: Autore e anno, metodo e tipo di studio, dimensione del campione e tipi di maschera, risultati/sostanze esaminate, contenuto, rilascio, risultati principali e rischi. Solo le sostanze più rilevanti e tossiche sono state incluse nelle tabelle di estrazione. Gli studi sul contenuto e sulla versione sono stati presentati rispettivamente in tabelle separate. A causa del nostro approccio tossicologico, ci siamo concentrati sul massimo contenuto/dati di rilascio sulle maschere. Tale approccio è comune nelle analisi tossicologiche con uno scenario peggiore. Questo ci ha permesso di ricavare una stima del rischio per i membri della comunità. Se non specificati nei documenti, i dati che rappresentano l'esatto contenuto massimo di maschera/rilascio di composti sono stati derivati sulla base dei dati nelle misurazioni delle opere originali e presentati come ultima colonna nelle tabelle di estrazione. Ad esempio, sulla base dei dati sulle prove di lisciviazione o di vapore di scarico, ecc.

## Scoping Review – Flow diagram



Scarica: [scarica un'immagine ad alta risoluzione \(232 KB\)](#)

Scarica: [Scarica l'immagine a grandezza naturale](#)

Fig. 1. Diagramma di flusso della revisione dello scopo secondo PRISMA.

## 2.4. Calcoli e analisi del superamento

A causa degli unici calcoli aritmetici di base nel nostro studio, il software Libre Office Calc ([Calc | Libre office, 2023](#)) è stato utilizzato. Se non realizzato nelle pubblicazioni incluse, abbiamo inoltre eseguito un'analisi comparativa del contenuto e del rilascio delle sostanze tossiche dalle mascherine facciali con riferimento ai limiti di soglia (più

appropriati). Tali limiti, ad esempio per l'aria ambiente, sono stabiliti da istituzioni e organizzazioni nazionali o internazionali. Ad esempio, i dati della United States Environmental Protection Agency (USEPA) ([EPA degli Stati Uniti, 2016a](#)), dati dell'OMS ([Quali sono le linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS?, 2021](#)), nonché dall'Agenzia federale tedesca per l'ambiente ([Luft, 2023](#)) e i limiti target dell'Unione europea (UE) ([UE, Qualità dell'aria, 2022](#)) sono stati presi in considerazione. Allo stesso modo, i valori di soglia del contenuto tessile di organizzazioni internazionali, di alta qualità e standard come l'Oeko-Tex ([Oeko-Tex® Service GmbH, 2023](#)) sono stati utilizzati. I risultati di superamento calcolati ed estratti sono stati considerati nella sezione di discussione e sono stati presentati in tabelle separate. Il testo e le tabelle sono stati generati con il software Libre Office ([LibreOffice, 2023](#)).

Ai fini del confronto dei dati, i risultati degli studi inclusi sono stati standardizzati e convertiti in valori per maschera, se non riportati principalmente. Per quei calcoli sono stati raccolti i dati degli studi primari. Se i parametri necessari non sono stati specificati in modo esaustivo negli studi primari (ad esempio superficie o peso della maschera), abbiamo usato valori validi indicati in precedenti pubblicazioni scientifiche. Il peso medio della maschera è stato stimato da studi che danno il peso specifico della maschera nell'ambito delle loro misurazioni (peso medio della maschera senza elastici e clip per il naso, e se applicabile anche senza valvola) ([Fernández-Arribas et al., 2021](#)). Così, la maschera usa e getta/tessile/comunità è stata fissata a 2,5 g ([Xie et al., 2021,2022](#)), la maschera chirurgica è stata fissata a 3 g, la FFP2/KN95 a 4 g e la maschera FFP3 a 5 g ([Fernández-Arribas et al., 2021](#)). La superficie media della maschera è stata fissata a circa 230 cm<sup>2</sup> (0,023 m<sup>2</sup>) ([Rengasamy et al., 2009](#)), supponendo che la superficie di un respiratore N95 standard sia di 175 cm<sup>2</sup> (0,0175 m<sup>2</sup>) ([Roberge et al., 2010](#)). Tuttavia, questa ipotesi non è lo scenario peggiore, poiché alcuni autori indicano aree di superficie più grandi nelle loro valutazioni primarie ([Zuri et al., 2022](#)). Per i calcoli della respirazione, abbiamo fatto riferimento ai valori dell'USEPA che calcolano un volume di respirazione di 10 m<sup>3</sup>/12 h ([EPA degli Stati Uniti, 1989](#)). Tuttavia, tenendo conto dell'elevata variabilità dei modelli di respirazione, abbiamo assunto che un adulto a riposo respirasse circa 12-18 respiri al minuto (media 15), scambiando 0,5 litri - corrispondenti a circa 0,5 m<sup>3</sup>/h, quindi abbiamo arrotondato per un semplice calcolo come 1 m<sup>3</sup>/2 h nell'intervallo normale ([Benchetrit, 2000](#)). I metodi di calcolo esatti sono menzionati continuamente in tutto il nostro documento (ad esempio dalle descrizioni nella discussione o come note a piè di pagina nelle tabelle).

## 3. Risultati

### 3.1. Risultati generali

Dei 1003 risultati originali, 24 studi (2,4%) sono stati finalmente inclusi (Fig. 1). Questo non è un tasso insolitamente basso nelle recensioni (Kisielinski et al., 2023a). La selezione si è basata rigorosamente sui criteri di inclusione ed esclusione e sulla valutazione della qualità applicata (vedi sezione metodi, criteri di inclusione ed esclusione). Tra i documenti inclusi undici sono stati pubblicati nel 2021 e tredici nel 2022 che rappresentano un interesse scientifico molto recente per l'argomento della tossina della maschera. I documenti inclusi, il contenuto/rilascio sono stati valutati in 631 maschere, tra cui 130 N95, 273 mascherine chirurgiche e 228 maschere tessili/usa e getta per un periodo sperimentale che va da 17 minuti a 15 giorni. Complessivamente, tra gli studi inclusi undici hanno misurato il contenuto di tossina della maschera, dodici il rilascio di tossina della maschera e uno entrambi.

### 3.2. Classi di sostanze analizzate

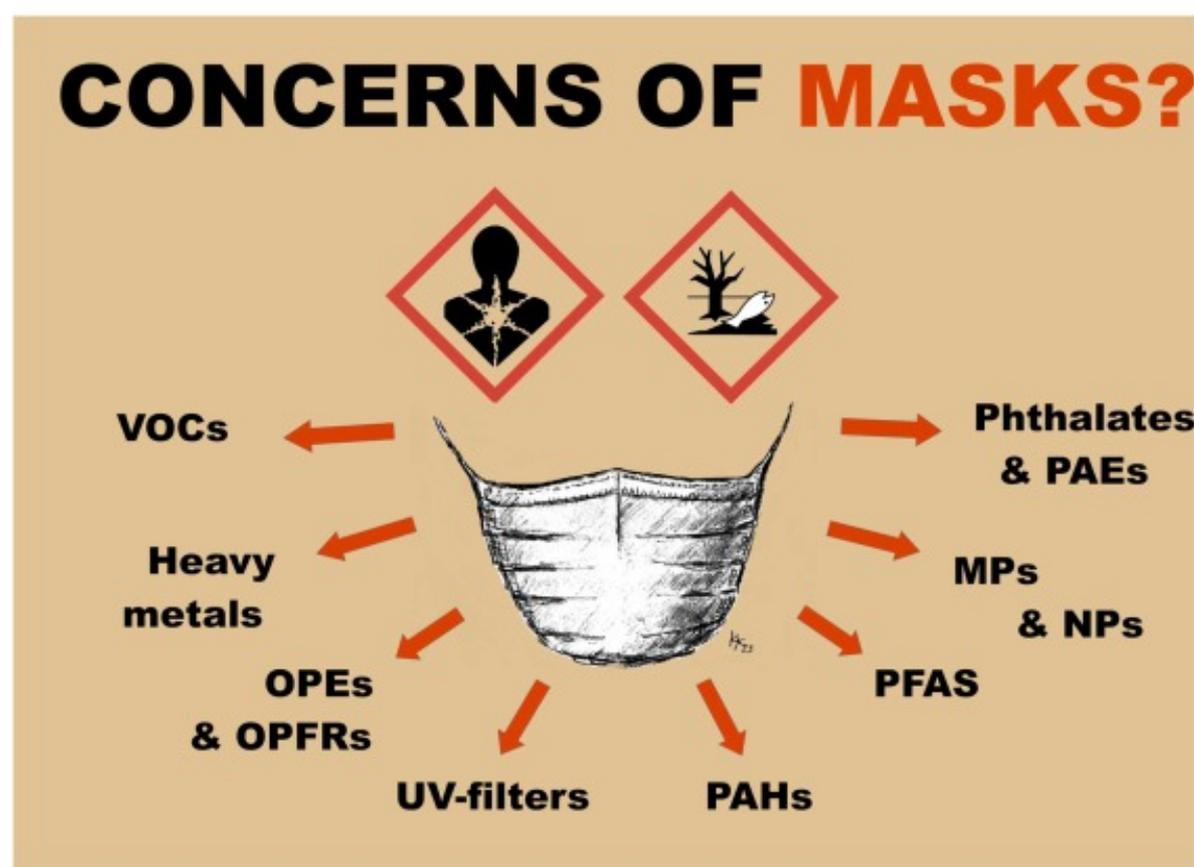
Dieci dei documenti hanno misurato un rilascio di microplastica (MP) con maschere per il viso (Chen et al., 2021; Delgado-Gallardo et al., 2022; Dissanayake et al., 2021; Li et al., 2021a; Liang et al., 2022; Liu et al., 2022b; Ma et al., 2021; Meier et al., 2022; Sullivan et al., 2021; Zuri et al., 2022), che rappresenta il 42% dei documenti inclusi. Anche un rilascio di nanoplastica (NP) è stato documentato da tre degli studi inclusi (Delgado-Gallardo et al., 2022; Ma et al., 2021; Sullivan et al., 2021).

Tra gli studi inclusi, cinque composti organici volatili (VOC) misurati relativi alle maschere per il viso, di cui tre l'emissione (Chang et al., 2022; Hui Li et al., 2022; Kerkeling et al., 2021) e due il contenuto (Jin et al., 2021; Xie et al., 2021). Due studi hanno misurato il contenuto di esteri organofosfati (OPE) nelle maschere per il viso e hanno fatto una stima dell'assunzione (Fernández-Arribas et al., 2021; Xie et al., 2021). Solo due studi hanno misurato il contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle maschere facciali (Jin et al., 2021; Xie et al., 2021). Abbiamo trovato otto studi che hanno misurato le emissioni e il contenuto di ftalati e ftalati esteri (PAE) nelle maschere facciali (Fernández-Arribas et al., 2021; Jin et al., 2021; Liu et al., 2022b; Min et al., 2021; Vimalkumar et al., 2022; Wang et al., 2022; Xie et al., 2022; Zuri et al., 2022). C'è stato solo uno studio che ha valutato il contenuto di filtri UV e ritardanti di fiamma organofosfato (OPFR) nelle maschere facciali (Xie et al., 2021). Uno studio ha valutato le sostanze per- e

polifluoroalchiliche (PFAS) dalle maschere e ha inoltre fatto una stima dell'esposizione ( [Muensterman et al., 2022](#)). Sette studi hanno studiato oligoelementi e metalli pesanti, cinque prevalentemente a rilascio ( [Delgado-Gallardo et al., 2022](#); [Hui Li et al., 2022](#); [Liu et al., 2022b](#); [Meier et al., 2022](#); [Sullivan et al., 2021](#)) e due il contenuto ( [Bussan et al., 2022](#); [Verleysen et al., 2022](#)) in maschere per il viso.

Negli studi sul rilascio di inquinanti dalle mascherine, sono stati utilizzati i seguenti metodi: pompa a vuoto ( [Li et al., 2021a](#)), simulazione di respirazione della testa di Sheffield basata sull'aria ( [Meier et al., 2022](#)), celle di flusso e microcamere ( [Chang et al., 2022](#); [Kerkeling et al., 2021](#)) e rilascio/lisciviazione dell'acqua filtrata ( [Chang et al., 2022](#); [Delgado-Gallardo et al., 2022](#); [Dissanayake et al., 2021](#); [Hui Li et al., 2022](#); [Liang et al., 2022](#); [Liu et al., 2022b](#); [Ma et al., 2021](#); [Meier et al., 2022](#); [Sullivan et al., 2021](#); [Zuri et al., 2022](#)).

Le sostanze tossiche valutate e la nostra domanda di ricerca sono riassunte in [Fig. 2](#).



Scarica: [scarica l'immagine ad alta risoluzione \(253KB\)](#)

Scarica: [Scarica l'immagine a grandezza naturale](#)

Fig. 2. Rappresentazione grafica che riassume le classi di sostanze tossiche valutate negli

studi inclusi e la nostra domanda di ricerca sulla tossicità.

---

### 3.3. Risultati speciali

È interessante notare che la maschera N95 ha mostrato un contenuto e un rilascio più elevati per MP/NP, OPE, OPFR, PAH rispetto ad altri tipi di maschera.

Al contrario, per quanto riguarda i VOC, i PAE e i metalli pesanti, le mascherine chirurgiche sono responsabili di livelli e rilasci più elevati rispetto alle maschere N95. Per quanto riguarda questo, le maschere tessili sono paragonabili alle mascherine chirurgiche.

Tutti i risultati rilevanti riguardanti gli studi valutati sulle tossine nelle maschere facciali (tipo di studio, scopo, tipi di maschera, risultati, risultati, rischi speciali, contenuto/rilascio massimo della maschera facciale), sono riassunti nelle tabelle di estrazione: [Tabella 1](#) mostra i risultati sul contenuto della maschera facciale e [Tabella 2](#) sul rilascio di tossine.

---

Tabella 1. Tabelle di estrazione degli studi sperimentali e analitici inclusi sul contenuto di maschere di tossine (caratteristiche e risultati principali). Il contenuto massimo è stato utilizzato per il confronto e la standardizzazione, se necessario sono stati eseguiti calcoli propri (vedi nota a piè di pagina e sezione materiali e metodi).

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask content*
<b>Bussan 2022</b>	Experimental and analytical study, ICP-MS, saliva leaching (6h) and breathing experiments (15min).	<b>Determining concentration of trace elements</b> measured by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ICP-MS) in leachates and breathing release.	24 masks: 21 surgical and 3 KN95	12 trace elements: Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Sb, Tl, and Pb ( <sup>209</sup> Pb, <sup>207</sup> Pb, and <sup>208</sup> Pb)	Detectable concentration levels for <b>Cu, Sb, Pb and Zn</b> . <b>Cu</b> detected in most of the <b>surgical masks (2.24 to 410 µg/g)</b> . <b>Sb</b> was detected in <b>both surgical and KN95 masks, (0.97 to 90.18 µg/g)</b> with KN95>surgical. <b>Pb</b> was detected in <b>surgical and KN95 masks (0.15 to 13.33 µg/g)</b> . <b>Noticeably, Pb was detected in 76% of black colored masks. Zn in surgical masks: 15.93 to 56.80 µg.</b>	<b>Sb is a possible carcinogen.</b> Sb in amounts greater than 8.87 mg/m <sup>3</sup> can cause <b>pneumoconiosis, also chronic bronchitis, chronic emphysema, inactive tuberculosis, pleural adhesions, and respiratory irritation.</b> Inhaled and ingested <b>Pb</b> can cause <b>severe brain damage, reproductive system damage and death.</b> Excess of <b>Zn</b> can cause <b>lethargy and respiratory tract problems</b> such as <b>metal fume fever (MFF).</b>	<b>Cu: 1230 µg (surgical)</b> <b>Sb: 360.7 µg (KN95)</b> <b>Pb: 39.9 µg (surgical)</b> <b>Zn: 170.4 µg (surgical)</b>
<b>Fernández-Arribas 2021</b>	Experimental-analytical in vitro study (6h), electrospray 4h simulation of mask wearing, ionisation mass spectrometry, chemical organic trace analysis.	<b>Estimating the Organo-phosphate ester (OPE) content (ng/mask)</b> for 16 substances, additional inhalation estimation while testing with two paper-mache dummy heads representing an adult human's head (indoors and outdoors).	20 masks, surg. (8), KN95 (3), FFP2 (3), FFP3 (2), and reusable face masks (4)	12 OPEs: TCEP, TCIPP, THP, TEHP, IDPP, TEP, TPP, DCP, TnBP, TPHP, TPPO, TDCIPP, TCP, T2IPPP.	<b>Highest OPE mean concentrations obtained for KN95 masks (11.6 µg/mask) and the lowest for surgical masks (0.24 µg/mask).</b> TEP, TPHP, TnBP, TEHP and TCIPP being the most common OPEs at the highest concentrations. <b>The highest inhalation percentages were for TnBP (between 1 and 13%) and TDCIPP (between 6 and 9%).</b> Comparing indoor to outdoor use, no differences found. Face mask is not considered to be dangerous for citizens regarding exposure to OPEs. <b>Human exposure to OPEs via indoor air inhalation is doubled by the use of a KN95 mask per day.</b>	OPEs are associated with asthma and allergies. <b>TnBP is observed to disrupt endocrine and reproductive functions, nervous system development and is suspected carcinogen.</b> TDCIPP is associated with <b>decline of semen quality.</b>	<b>ΣOPE: 20.4 µg (KN95)</b> <b>ΣOPE: 0.717 µg (surgical)</b> <b>ΣOPE: 27.7 µg (FFP3)</b> <b>TnBP 44.9 ng (N95)</b> <b>TnBP 657 ng (surgical)</b> <b>TDCIPP 23.5 ng (N95)</b> <b>TDCIPP 10.4 ng (surgical)</b>
<b>Jin 2021</b>	Analytical and experimental study (1h), behind mask breathing-zone VOC-analysis, GC-MS, HPLC-FLD.	Estimating the increased <b>human exposure to volatile organic compounds (VOCs)</b> through wearing surgical masks.	60 surgical	11 Organic compounds: Formaldehyde, Acetaldehyde, Acrolein, Glyoxal, Methylglyoxal, Furfural, Hexanal, Octanal, Decanal, Benzaldehyde, p-Tolualdehyde  16 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): Naphthalene, Acenaphthene, Acenaphthylene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benz[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene (equivalent calculations), Dibenz[a,h]anthracene, Benzo[ghi]perylene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene  6 Phthalate esters: DMP, DEP, DPP, BBP, DBP, DEHP	<b>VOC concentrations in the breathing zone of the mask were positively correlated with the levels of VOC residues in the masks.</b> <b>Surgical masks from around the world are loaded with semivolatile and volatile organic compounds (VOCs), including alkanes, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), phthalate esters, and reactive carbonyls at ng to µg/mask levels.</b> <b>Naphthalene</b> was the most abundant mask-borne PAH, accounting for over 80% of total PAH levels. <b>Acrolein, a mutagenic carbonyl, was detected in most of the mask samples, and DEHP, an androgen antagonist, was detected in one-third of the samples, exceeding the inhalation reference concentration (RfC; a daily inhalation exposure concentration below which yields no appreciable risk) for acrolein (0.02 µg/m<sup>3</sup>) set by EPA.</b> Furthermore, wearing the mask containing the highest level of acrolein residues (0.64 µg/mask) increased acrolein concentrations in the /m <sup>3</sup> behind-mask breathing zone to over 0.5 µg and remained above the RfC for 1 h. <b>DEP and DBP, both of which are highly volatile, accounted for over 85% of the total detected phthalate content</b>	<b>Alarmingly, wearing surgical mask increased the VOC amount in the breathing zone by a factor of ~5, whereas wearing highly polluted masks further increased the total VOC.</b> <b>VOCs are respiratory irritants and suspected or known carcinogens.</b> <b>Acrolein and glyoxal are both highly mutagenic and strong irritants to the skin, eyes, and nasal passages.</b> <b>Acrolein is a well-known lung cancer causing agent.</b> <b>PAHs are 1B carcinogens.</b> <b>Epidemiological studies have shown the elevated risk of bladder, lung, skin, and gastrointestinal cancer and other chronic health effects, including cataracts, jaundice, and kidney and liver damage.</b> <b>Dermal contact with naphthalene can cause skin redness and inflammation, and inhalation of excess naphthalene is associated with hemolysis.</b> <b>Phthalate exposure is associated with asthma, obesity, impaired reproductive development, endocrine disruption, and infertility.</b> <b>DEHP is known as an androgen antagonist and has been demonstrated to have a lasting effect on male reproductive function and carcinogenicity.</b> <b>Masks containing more residue VOCs lead to significantly higher exposure levels and associated disease risks to the wearer, which should warrant the attention of the general public and regulatory agencies.</b>	<b>ΣVOC 36.8 µg/mask</b>  <b>Acrolein 637 ng/mask (0.5 µg/m<sup>3</sup> in the mask breathing zone)</b>  <b>Glyoxal 862 ng/mask</b>  <b>Σ PAH 5563 ng/mask (Naphthalene 80%)</b>  <b>Naphthalene 5296 ng/mask</b>  <b>Σ Phthalates 2305 ng/mask (DEP+DEB &gt;85% phthalates)</b>  <b>DEHP 1450 ng/mask</b>
<b>Hui Li 2022</b>	Analytical and experimental study. Leachates (24h), GFAAS, ICP-OES, FESEM-EDX, GC-MS.	<b>Identifying and quantifying the major chemicals released from face masks including the facemasks' fibers.</b>	100 surgical masks	Microfiber degradation,  3 heavy metals: Pb, Cd, Cr,  7 VOCs (4-methylheptane, 2,4-dimethylhept-1-ene, Heptacosane, Heneicosane, Octadecane, Octacosane, Pyridine-3-carboxamide)	<b>pH-dependent degradation of microfibers.</b> <b>Pb (3.238% ppb), Cd (0.672 ppb) and Cr (0.786 ppb)</b> were found. Additionally, <b>2,4-dimethylhept-1-ene and 4-methylheptane</b> were identified as the VOCs.	The experiments indicate a <b>pH-related degraded material.</b> <b>VOC emissions can vary over the lifespan of the polymer because polymers deteriorate due to several factors such as thermal stress and UV exposure, even under normal circumstances.</b> <b>Pb, Cr, and Cd hold high potential to harm human health and the environment.</b>	<b>Pb 69.36 ± 0.535 ng (surgical)</b>  <b>Cd 3.343 ± 0.009 ng (surgical)</b>  <b>Cr 84.01 ± 6.538 ng (surgical)</b>

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask content <sup>a</sup>
Y. Liu 2022	Analytical study. Non-targeted analysis method with GC-Orbitrap HRMS, Full scan MS, GC-MS.	Explore the unknown volatile chemicals in medical masks.	60 medical masks, thereof: 5 N95, 25 surgical, 30 medical, thereof 20 children masks,	Volatile substances	69 volatile substances were identified in 60 masks, alkanes, esters, benzenes, and alcohols were the top four groups of substances identified in masks and accounted for 34.8%, 15.9%, 10.1%, and 7.2% of the total substances, respectively. In addition, ketones, ethers, phenolics, amides, and other substances were identified. 12 high-risk volatile chemicals in medical masks were: 1,4-Dichlorobenzene, toluene, xylenes (p, m, o), ethylene oxide, ethylbenzene, caprolactam, N, N-dimethylacetamide, N, N-dimethylformamide, N-methylpyrrolidone, dimethyl glutarate.	Some of volatile chemicals were considered carcinogenic. For example, ethylene oxide was classified as group 1 carcinogens (carcinogenic to humans) by the International Agency for Research on Cancer (IARC, 2020). 1,4-dichlorobenzene and ethylbenzene were classified as group 2B carcinogen (possibly carcinogenic to humans). Toluene, and xylene were categorized as group 3 carcinogens (not classifiable as to their carcinogenicity to humans). Some substances were restricted in textile related regulations. For example, 1,4-dichlorobenzene, N, N-dimethylacetamide, and N, N-dimethylformamide were restricted by the International Environmental Textile Association Oeko-Tex Standard 100. The latter two were also listed in the RSL list of the American Apparel and Footwear Association. N-Methylpyrrolidone was restricted by REACH regulations. Other substances, such as dimethyl glutarate, can irritate the human eye, respiratory system, and skin.	Caprolactam 205.2 µg (N95) Caprolactam 153.9 µg (surgical) Ethylene 20.8 µg (N95) Ethylene 15.6 µg (surgical) N-methylpyrrolidone 25.6 µg (N95) N-methylpyrrolidone 19.2 µg (N95)
Min 2021	Analytical study. Analysis with DCBI-MS LC-MS.	To establish a rapid screening of the phthalate esters (PAEs) in face masks.	Surgical (3), N95 (2), activated charcoal (2)	13 PAEs: DMEP, DEP, DAP), DPhP, BBP), DBP, DBEP, DPP, DHXP, DEHP, DNOP, DINP, DDP.	DAP, BBP, DBP, DPP, DHXP and DE HP were detected in all masks with an overall detection rate of 100%. The highest values were found for DHXP. The maximal content values for surgical masks were: DAP 54.1, BBP 32.4, DBP 34.7, DPP 65.8, DHXP 168.7 and DEHP 34.8 µg/m <sup>2</sup> mask surface. For N95 masks the maximal content values were: DAP 18.2, BBP 38.8, DBP 6.8, DPP 12.5, DHXP 201.3, DEHP 19.3 µg/m <sup>2</sup> mask surface.	Some PAEs such as DHXP were detected in a concentration of more than 0.9 µg/g or 200 µg/m <sup>3</sup> , which is a safety issue for susceptible population, such as the elderly, children, pregnant women. Phthalates (PAEs) from masks will enter the human body directly from the respiratory system thus potentially threatening human health. PAEs are known as endocrine disruptors that can have adverse effects on human hormonal balance and development, some PAEs and their metabolites are suspected to be human carcinogenic.	DAP 1.2443 ± 0.0368 µg (surgical) DAP 0.3185 ± 0.01225 µg (N95) BBP 0.7452 ± 0.0345 µg (surgical) BBP 0.679 ± 0.028 µg (N95) DBP 1.5134 ± 0.046 µg (surgical) DBP 0.119 ± 0.007 µg (N95) DPP 1.5134 ± 0.0414 µg (surgical) DPP 0.21875 ± 0.01225 µg (N95) DHXP 3.8801 ± 0.0897 µg (surgical) DHXP 3.5 ± 0.05425 µg (N95) DEHP 1.0396 ± 0.0437 µg (surgical) DEHP 0.33775 ± 0.0175 µg (N95)
Muensterman 2022	Analytical study, LC-qTOF, GC-MS, PIGE. Additional human exposure and risk estimates, landfill contamination estimation with leachates.	To characterize per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) associated with different types of facemasks.	9 masks: 1 N95, 6 cloth, 1 other, 1 surgical	50 target and 4886 suspect nonvolatile PFAS by LC-qTOF	Total fluorine was quantifiable in 5 of 9 facemasks and ranged up to 40,000 nmol F/cm <sup>2</sup> . Summed PFAS concentrations ranged from 15 to 2900 µg/m <sup>2</sup> . The surgical and N95 masks gave the lowest measured total PFAS. Of the nonvolatile PFAS, perfluoroalkyl carboxylates (PFCAs) gave the highest detection frequency, followed by fluorotelomer-based PFAS, and perfluoroalkyl sulfonates (PFSAs). Nonvolatile PFAS suspect screening revealed tentative identification of only three PFAS. Fluorotelomer alcohol (FTOH), was estimated to be the dominant exposure route, accounting for over 40% (children) and 50% (adults) of total median exposure to PFAS in facemasks. High physical activity increased inhalation exposure estimates to over 70% (children), 700% (women), and 400% (men) more than the summed ingestion and dermal exposure routes.	In the estimates of human exposure wearing masks treated with high levels of PFAS for extended periods of time can be a notable source of exposure and have the potential to pose a health risk.	Σ Fluorine 1.747862 ± 0.786531 ng/cloth mask Σ PFAS: 1.058 ± 0.368 µg/surgical Σ PFAS: 0.2625 µg/N95 Σ PFAS: 20.93 ± 4.37 µg/cloth mask Σ PFAS: 66.7 µg/special cloth mask volatile PFAS 5.75 ± 0.391 µg/cloth mask volatile PFAS 27.6 µg/special cloth mask

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask content*
Verleyesen 2022	Analytical study and estimation of the fraction of TiO <sub>2</sub> particles at the fiber surface. STEM-EDX analysis, ICP-OES, TEM imaging and analysis.	To evaluate whether the <b>TiO<sub>2</sub> particles</b> in face masks possibly present a health risk, their amounts, their properties and their localization were analysed.	Textile masks (12)	Size, morphology and agglomeration state of TiO <sub>2</sub> particles	STEM-EDX analysis on sections of a variety of single use and reusable face masks visualized <b>agglomerated near-spherical TiO<sub>2</sub> particles in non-woven fabrics, polyester, polyamide and bi-component fibers</b> . Median sizes of constituent particles ranged from 89 to 184 nm, implying an important fraction of nano-sized particles (< 100 nm). The total <b>TiO<sub>2</sub> mass</b> determined by ICP-OES ranged from <b>791 to 152,345 µg per mask</b> .	The estimated <b>TiO<sub>2</sub> mass</b> at the fiber surface ranged from 17 to 4394 µg, and <b>systematically exceeded the estimated acceptable exposure level to TiO<sub>2</sub> by inhalation (3.6 µg)</b> . In animal experiments, <b>toxic effects were reported when TiO<sub>2</sub> particles were inhaled, as well as when they were ingested orally</b> . In 2017, the Risk Assessment Committee (RAC) of the European Chemical Agency (ECHA) reviewed the <b>carcinogenic potential of TiO<sub>2</sub></b> and proposed to classify Titanium dioxide as <b>Carc. 2, H351</b> (suspected human carcinogen) by inhalation.	<b>Particle size 89-184 nm</b> <b>TiO<sub>2</sub> 2386 ± 286 µg (single use textile mask)</b> <b>TiO<sub>2</sub> 152,345 ± 18,281 µg (reusable community mask)</b>
Vimalkumar 2022	Analytical and experimental study. Analysis with GC-MS, additionally inhalation exposure assessment for 24-h (loss of analytes measured). Correlation analysis of plasticisers composition.	To determine the <b>occurrence of plasticizers in facemasks</b> .	66 textile masks	Nine phthalate diesters: DMP, DEP, DBP, DiBP, BzP, DCHP, DnHP, DEHP, DNOP.  four adipates: DEA, DBA, DiBA, DEHA.  and TnBP, and DBS.	<b>DEHP, DBP, BBzP, and DEHA were found at mean concentrations &gt; 500 ng/g</b> , whereas <b>DBS was the most predominant plasticizer</b> , with an overall median concentration of <b>&gt; 3200 ng/g</b> . Among nine <b>phthalate diesters</b> measured ( <b>mean ±SD in ng/g</b> , <b>DiBP 405 ± 399, DBP 620 ± 497, and DEHP 732 ± 1060</b> were found in all facemask samples. BBzP was found in 67% of the samples analysed, at a mean concentration of 598 ± 1050 ng/g. At detection frequencies of between 21% and 61% at concentrations in ng/g, DMP 34, DEP 276, DnHP 14, and DnOP 210 were found. Among <b>non-phthalate plasticizers</b> , <b>dibutyl sebacate (median: 3390 ng/g) and di(2-ethylhexyl)adipate (352 ng/g)</b> were found at <b>notable concentrations</b> . <b>Inhalation exposure to select phthalate and non-phthalate plasticizers</b> from the use of facemasks was estimated to <b>range from 0.1 to 3.1 and 3.5 to 151 ng/kg-bw/d, respectively</b> . DBP, DiBP, and BBzP were significantly correlated (Spearman's $r = 0.253-0.599, p < 0.05$ ). Also DiBA, DEHA, and DBS were significantly correlated with each other (Spearman's $r = 0.674-0.748, p < 0.01$ ).	<b>Several plasticizers are used in combination in face masks. Little is known about the toxicity of non-phthalate plasticizers. Non-phthalates plasticizer exposure for children was higher than for adults.</b> Face masks are not a significant source of human exposure to phthalates, but <b>exposure to non-phthalate plasticizers from face masks is "notable"</b> .	<b>Disposable textile masks:</b> <b>DEP 5.85 µg</b> <b>DiBP 6.325 µg</b> <b>DBP 5.025 µg</b> <b>DEHP 19.175 µg</b> <b>BBzP 13.75 µg</b> <b>DBA 4.725 µg</b> <b>DEHA 14.15 µg</b>
Wang 2022	Experimental and analytical study. Pyrolysis-GC/MS analysis of mask material. PAEs sampling (24 h), with volume of 4 m <sup>3</sup> . One volunteer used mask for 4.7 h and urine samples collected before and after and analysed with LC-MS.	To <b>assess and quantify phthalate esters (PAEs)</b> in face mask materials and evaluate associated inhalation <b>exposure risk</b> .	Surgical (12), N95 (4)	2 Polymers: PP and PET,  8 PAEs: DMP, DEP, DnBP, DiBP, BBzP, DEHP, DCHP, DNOP.	Mask samples were identified to be made of <b>polypropylene (PP)</b> , with polyethylene <b>terephthalate (PET)</b> . <b>PAE detection frequency (DF)</b> was the highest for <b>DMP (88%), followed by DnBP (75%), DEP (69%), DiBP (50%) and DEHP (44%)</b> . DEHP and DiBP were higher and detected in all of the N95/P1/P2 masks but in only ~30% of the 3-layer surgical masks. Mass loss (%) of PAEs on the masks during the course was calculated as from 12% to 82%. The highest loss was observed from DEP (60 – 82%). <b>No obvious increase was observed for the urinary concentration of any phthalate metabolite</b> .	Although the <b>exposure may not be a concern during a single mask wearing event</b> for an individual, such unprecedented use of face masks worldwide means <b>long-term exposure at the population level</b> . This requires a <b>particular attention for frontline workers</b> who may need to wear face masks more frequently and for longer periods of time.	<b>Σ PAE 1700 ± 140 ng (surgical mask)</b> <b>Σ PAE 5200 ± 800 ng (N95)</b> <b>DEP 98 ± 60 ng (N95)</b> <b>DEP 41 ± 32 ng (surgical)</b> <b>DnBP 57 ± 32 ng (surgical)</b> <b>DnBP 510 ± 630 ng (N95)</b> <b>DiBP 140 ± 54 ng (N95)</b> <b>DEHP 750 ± 270 ng (N95)</b>

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask content*
Xie 2021	Analytical study, GC-MS, estimation of SVOCs exposure.	To explore the occurrence and health risks of the semi-volatile organic compounds (SVOCs) exposure from face masks.	53 masks (16 N95, 1KN90, 36 textile masks), including 25 children masks	Three categories of 31 SVOCs  14 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, dibenz(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene  4 organophosphate flame retardants (OPFRs): TnBP, 2-ethylhexyl diphenyl phosphate, tris (2-chloroethyl) phosphate, triphenyl phosphate  13 UV-filters: benzothiazole, oxybenzone, octocrylene, 2-methylbenzothiazole, benzophenone, octyl salicylate, 2-(2-hydroxy-5-methyl-phenyl)benzotriazole, octyl methoxycinnamate, 2-(3-t-butyl-2-hydroxy-5-methylphenyl)5-chlorobenzotriazole, 2-(2-Hydroxy-5-tert-octylphenyl)benzotriazole, 2,4-di-t-butyl-6-(5-chloro-2Hbenzotriazole-2-yl)phenol, 2-(2H-benzotriazole-2-yl)4,6-di-t-pentylphenol, octocrylene, 2[3,5-bis(1-methyl-1-phenylethyl)-2-hydroxyphenyl]benzotriazole, hexamethylbenzene	<b>26 compounds were detected (10 PAHs, 12 UV-filters and 4 OPFRs).</b> The total concentrations of the SVOCs ranged from 8.83 to 9200 ng/g, with a median value of 263 ng/g. <b>The PAHs, UV-filters and OPFRs were detected in 90.6%, 96.2% and 92.5% of the mask samples, respectively. N95 masks have significantly higher concentrations of PAHs and OPFRs than the surgical mask.</b> The detection frequencies of individual compound for the OPFRs were found to be generally higher than those for the PAHs and UV-filters.  For the UV-filters content, no significant difference was observed between the two types of masks. <b>The median values of the exposures for the OPFRs, PAHs and UV-filters from the 53 face masks were 0.63, 0.98 and 0.99 ng/kg bw/d.</b> The median values of total concentrations of the OPFRs and PAHs in the KN95 masks were 224 and 57.1 ng/g, significantly higher than those in the disposable masks with values of 63.4 and 26.7 ng/g. While for the UV-filters content, no significant difference was observed between the two types of masks.	Face mask can be a potential source of SVOCs exposure to humans. The cumulative carcinogenic risks (CCRs) for 39 masks exceeded the safe level for the carcinogenic risks, which accounted for 73.6% of the whole mask samples.	Σ SVOC 29 µg/mask  Σ UV-filters 3.43 µg/mask  Naphthalene 10.206 µg (N95)  Phenanthrene 0.101 µg (N95)  anthracene 0.126 µg (N95)  fluoranthene 0.287 µg (N95)  2-(3-t-butyl-2-hydroxy-5-methylphenyl)5-chlorobenzotriazole 0.305 µg (N95)  tributyl phosphate (TnBP) 4.104 µg (N95)  benzothiazole 22.444 µg (N95)  benzophenone 49.978 µg (N95)  2-ethylhexyl diphenyl phosphate 0.161 µg (KN90)  disposable textile masks:  triphenyl phosphate 14.4039 µg  2-(2-Hydroxy-5-tert-octylphenyl)benzotriazole 0.013 µg  2-(2H-benzotriazole-2-yl)4,6-di-t-pentylphenol 0.063 µg  pyrene 0.056 µg  benzo(a)anthracene 0.042 µg  chrysene 0.054 µg  benzo(a)pyrene 3.046 µg  benzo(g,h,i)perylene 0.023 µg  tris (2-chloroethyl) phosphate 0.092 µg  fluorene 0.114 µg
Xie 2022	Analytical study, GC-MS, estimation of phthalate exposure.	To analyse levels of phthalates in face masks and to estimate daily intake (EDI).	56 masks (16 N95, 1KN90, 1KF94, 38 textile masks), including 16 children masks	12 phthalates: DMP, DEP, DiBP, DBP, DMEP, DPP, DHXP, DCHP, DEHP, DphP, DNOP, DNP.  Three deuterated compounds were used as surrogates, DiBP-d4, DMP-d4, DEP-d4.	<b>11 phthalates</b> were determined ranging from 115 ng/g to 37,700 ng/g with a median level of 1950 ng/g. <b>Estimated daily intakes (EDIs) ranged from 3.71 to 639 639 ng/kg-bw/day</b> , and the EDIs of the phthalates from masks for toddlers were approximately 4–5 times higher than those for adults. Regarding phthalates, masks seem to have only additional influence on daily intake rate.	<b>89.3% of the mask samples exhibited potential carcinogenic effects to humans. Phthalate exposure is reported to affect testosterone and semen parameters as well as fetal growth and have reproductive toxicity.</b> Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) was also found to be associated with penile birth defects and other effects related to androgen disruption.	ΣPhthalates 191.64 µg (textile mask)  DBP 9.66 µg (textile mask)  DBP 1.60 µg (N95)  DEHP 186.59 µg (textile mask)  DEHP 26.91 µg (N95)  DiBP 3.00 µg (N95)  DiBP 2.84 µg (textile mask)

**Legenda:** Grassetto= Fatti importanti, rosso= risultati con contenuto pericoloso in relazione ai valori limite (vedi sezione di discussione).

**Abbreviazioni:** BBP= butil fenil ftalato, BBzP= butilbenzilftalato, BMPP= bis(4-metil-2-pentil) ftalato, BW= peso corporeo, CBS= Dibutil sebacato, DAP= diallil ftalato, DBA= dibutil adipato, DEA= dietil

adipato, DEA= dietil adipato, DEHA= di(2-etilesil)adipato, DiBa= di-isobutil adipato, DCP= difenilcresil fosfato, DBEP= bis(2-*n*-butossietil) ftalato, DBP= dibutil ftalato, DCBI-MS= spettrometria di ionizzazione a fascio di massa di desorbimento, DCHP= dicicloesilftalato, DDP= didecil ftalato, spettroscopia di assorbimento atomico del forno, HEHP= esil-2-etilesilftalato, HP= triesil fosfato, HPLC= cromatografia liquida ad alte prestazioni, HRMS= spettrometria di massa ad alta risoluzione, ICP-MS= spettrometria di massa al plasma ad accoppiato induttivamente, ICP-OES= spettrometria di emissione ottica al plasma accoppiata induttiva, IDPP= isodecildifenil fosfato, LDIR= sistema di imaging laser a infrarossi, LC-MS= cromatografia liquida-spettrometria di massa, LC-qTOF= cromatografia liquida quadrupolo spettrometria di massa a tempo di volo, MP= microplastica (<3 mm), NP= nanoplastica (<1 µm), OPE= organofosfato, OPFRs= microscopia fiamma di fiamma, PAEs= esteri ritardanti, PA= poliammide, PA= poli TDCIPP= tris(1,3-dicloro-2-propil) fosfato, TEHP= tris(2-etilesil) fosfato, TEP= trietil fosfato, THP= triesilesile fosfato, TnBP= tri-*n*-butil fosfato, TPHP= trifenil fosfato, TPP= tripropilico, TPPO= trifenilfosfina ossido, TVOC= VOC totale, UPLC-MS = cromatografia liquida ad ultra-ad alte prestazioni accoppiata a spettrometro di massa, VOC= composti organici volatili.

**Nota a piè di pagina:** \*Se i valori massimi non sono indicati nelle pubblicazioni originali, vengono utilizzate medie e deviazioni standard. Se sono stati calcolati i parametri richiesti non indicati negli studi (vedi materiali e metodi), con peso stimato delle maschere: comunità monouso/tessile 2,5 g (Xie et al., 2021,2022), chirurgico 3 g, N95 4 g (Fernández-Arribas et al., 2021), la superficie media della maschera chirurgica/usa e getta/tessile è stata fissata a circa 230 cm<sup>2</sup> (0,023 m<sup>2</sup>) (Rengasamy et al., 2009) supponendo che la superficie di un respiratore N95 standard sia di 175 cm<sup>2</sup> (0,0175 m<sup>2</sup>) (Roberge et al., 2010).

---

Tabella 2. Tabelle di estrazione degli studi sperimentali e analitici inclusi sul rilascio di tossine in maschera (caratteristiche e risultati principali). Il rilascio massimo è stato utilizzato per il confronto e la standardizzazione, se necessario sono stati eseguiti calcoli propri (vedere la nota a piè di pagina e la sezione materiali e metodi).

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask release *
Chang 2022	Analytical study, flow-cell-experiment (surgical 6h, N95 12h), PTR-QiTOF.	Highly time-resolved and nontargeted measurements of volatile organic compounds (VOCs) emitted from face masks.	11 masks: 7 surg., 4 N95	9 VOCs: Methanol-d, propyne, propene, 1-butene and 2-butene, 1-pentene and 2-methyl-1-pentene/4-methyl-1-pentene	<p>Typical thermoplastic materials used for filtration fibers were found (e.g. 1-butene and 2-butene, 1-pentene and 2-pentene, 3-methyl-1-pentene and 4-methyl-1-pentene).</p> <p>High concentrations of VOCs emitted from surgical masks (predominant mask type) were all concentrated in the initial 1h with &gt;1000 µg/m<sup>3</sup> and then dropped rapidly to an acceptable level after a process of naturally airing out.</p> <p>Surgical masks generally had higher TVOC concentrations than N95 respirators, especially in the first 2 h.</p> <p>Higher emissions from a surgical mask for children are likely due to their colourful cartoon patterns.</p> <p>Despite the lowest emissions, the N95 respirator with an active carbon layer required 6 h to remove the toxic methanol (52% of N95 total VOC emissions).</p>	<p>Diverse VOC species emitted, some of which are toxic (e.g. methanol). As an acutely toxic VOC, short-term exposure of healthcare workers to methanol by inhalation may result in dizziness, blurred vision, and headache.</p> <p>Great health concern since the emitted total VOC concentration exceeds the WHO guideline of Level 4 for TVOCs (only temporary exposure is acceptable).</p> <p>Humans can inhale VOC emissions from the mask at zero distance. In this regard, mask wearing may exert a higher risk of VOC exposure than many environmental sources.</p>	<p>average TVOC (6h) 445 µg/m<sup>3</sup> (surgical, adult)</p> <p>average TVOC (6h) 839 µg/m<sup>3</sup> (surgical, children)</p> <p>average TVOC (12h) 406 µg/m<sup>3</sup> (N95)</p> <p>average TVOC (12h) 91 µg/m<sup>3</sup> (N95 with active carbon layer)</p> <p>specific VOC release:</p> <p>Propene &gt;40 µg/m<sup>3</sup> (surg., 40 min)</p> <p>Propene &lt;10 µg/m<sup>3</sup> approx. 8 (N95, 40 min)</p> <p>Methanol-d 48.23 µg/m<sup>3</sup> (N95)</p>
Chen 2021	Experimental and analytical: 24 h filtered water release experiment, microplastics retained on the filter (0.8 µm pore size) were examined under stereo-microscope, Raman spectra analysis.	To evaluate the ability of new and used masks of different types to release microplastics.	18 masks: 7 surg., 2 N95, 5 medical, 4 disposable - textile	MP release capacity, characteristics of released MP (shape, color, and size), four size categories (<100 µm, 100–500µm, 500–1000 µm, 1000–2000 µm and >2000 µm).	<p>Released MPs were either fibrous or fragmentary. Medium size (100–500 µm) microplastics were predominant both in fibers and fragments.</p> <p>Fibers were predominant, accounting for more than 70% of the total released microplastic.</p> <p>Average amount of microplastics released was 183.00 ± 78.42 particles/piece while microplastics release from used DFMs was 1246.62 ± 403.50 particles/piece in 24 h.</p> <p>Microplastics released from used ones increased significantly than the new ones from 6.0 to 8.1 times.</p> <p>N95 released more MPs than surgical.</p>	Microplastics released from used ones increased significantly than the new ones. Large amount of fibers carried by the fabric material of the masks themselves, but also because of the process of use that would further promote the production and release of	<p>MP 222.17 ± 98.79 / new N95 mask (24h)</p> <p>MP 1478.00 ± 265.80 / used N95 mask (24h)</p>
Delgado-Gallardo 2022	Analytical and experimental; water leaching (4h) and separation of particles, 0-1 and 0.02 µm pore size inorganic membranes were used to retain and subsequently analyze nanoparticles (>20 nm). Optical Microscopy, FEG-SEM with Energy-Dispersive Spectroscopy, Elemental characterisation of particles, LC-MS analysis, ICP-MS Elemental Analysis for heavy metals.	To study the release of micro- and nanopollutants into the environment from medical masks.	Surgical (3) and N95 (3) masks	<p>Micro- and nanoparticles,</p> <p>11 heavy metals (As, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni Pb, Sb, Ti, and Hg),</p> <p>organic contaminants</p>	<p>FFP2 and surgical masks release MP, NP and fiber, most likely made from polypropylene, in the micro- and nanoscale.</p> <p>FFP2 emit more fibers than surgical masks (significant amounts of additional microplastic particles).</p> <p>Chemical elements found in particles were 3.65% of As, 3.47% of Cd, 3.73% of Cu, 4.71% of Hg, 3.96% of Ni, 5.65% of Pb, and 4.92% of Sn.</p> <p>Masks emit heavy metals (antimony up to 2.41 µg/L and copper up to 4.68 µg/L).</p> <p>Polar leachable organic species related to plastic additives and contaminants, polyamide-66 monomer and oligomers (nylon-66 synthesis), surfactant molecules, and PEG.</p>	The presence of particles containing heavy metals in the masks is of particular concern. These results claim for stricter regulations to be put in place. Also, a complete investigation must be done to clarify the extent of the risks and the potential impacts of the fibers and particles released. The presence of particles containing heavy metals in the masks is of particular concern as it is unknown how strongly they are bonded to the mask fibers.	<p>Cd 0.001 µg (surgical)</p> <p>Co 0.003 µg (N95)</p> <p>Cr 0.029 µg (N95)</p> <p>Cu 4.676 µg (surgical)</p> <p>Mo 0.019 µg (N95)</p> <p>Ni 0.025 µg (surgical)</p> <p>Pb 0.052 µg (surgical)</p> <p>Sb 2.413 µg (N95)</p> <p>Ti 0.083 µg (surgical)</p> <p>V 0.002 µg surgical</p>

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask release *
<b>Dissanayake 2021</b>	Experimental in-vitro analytical study, FTIR, water based leaching (48 h), 0.45 µm nitrocellulose filter, digital microscopy (400x).	Preliminary <b>quantification of number of bigger (light microscopic) microplastic fibers released</b> by different face masks to aqueous medium.	13 masks: 3 surgical 3 KF94 3 KF-AD 4 FFP1	Fiber count and composition	>84% polypropylene (outer layer), and polystyrene. (inner layer). Microplastic <3mm with fibers less 1mm: Surgical masks released higher number (>100).	Microplastics are carriers of biofilm and pathogenic microorganisms.	81 ± 7 MP fibers (KF-AD)  147 ± 18 MP fibers (KF94)  169 ± 31 MP fibers (surgical)  143 ± 16 MP fibers (FFP1)
<b>Kerkeling 2021</b>	Analytical study, emission measurements in a micro-chamber thermal extractor at 40°C: 17-170 min, TD, GC, MS, FID.	<b>Investigations into volatile organic compound (VOC) emissions</b> from polymer fleeces used in particle filtering half masks, evaluation against the German hygienic guide values and provide an <b>initial, tentative toxicological evaluation.</b>	47 masks: 31 FFP2, and 16 KN95	Aromatics, Siloxanes, Terpenes, Caprolactam, Aldehydes, Alkanes, Alcohols, Esters, Amin, Phthalates	<b>All masks</b> showed emission of <b>xylylene</b> in most cases, aromatic compounds such as <b>Toluene and other alkylated benzenes and a variety of different alkanes.</b> <b>In 94 % of samples</b> , up to 24 <b>additional aromatic compounds</b> were found. 17 % of samples showed terpenes, <b>53 % emitted aldehydes, 77 % exhibited caprolactam and 98 % released siloxanes.</b> <b>Exponential decline of VOC levels. emission rate declines rapidly over the first few hours and emissions seem to stabilize at 16 mg/m<sup>3</sup>.</b> Half of the measured emissions are inhaled while the other half is exhaled.	<b>All masks exceeded the TVOC hygienic guidance value level 5 of 10 mg/m<sup>3</sup>.</b> Emissions reach a constant level after an initial decrease. The user might already be exposed to individual VOCs in indoor air, which would increase the total VOC intake.	<b>Total VOCs 403 mg/m<sup>3</sup> (N95)</b>  <b>Xylene 12 mg/m<sup>3</sup> (N95)</b>
<b>Hui Li 2022</b>	Analytical and experimental study. Water, HNO <sub>3</sub> and NaOH based leachates (24h), GFAAS, ICP-OES, FESEM-EDX, GC-MS.	<b>Identifying and quantifying the major chemicals released from face masks including the facemasks' fibers.</b>	100 surgical masks	Microfiber degradation, 3 heavy metals: Pb, Cd, Cr, 7 VOCs (4-methylheptane, 2,4 dimethylhept-1-ene, Heptacosane, Heneicosane, Octadecane, Octacosane, Pyridine-3-carboxamide	<b>pH-dependent degradation of microfibers.</b> Pb (3.238% ppb), Cd (0.672 ppb) and Cr (0.786 ppb) were found. Additionally, <b>2,4-dimethylhept-1-ene and 4-methylheptane</b> were identified as the VOCs.	The experiments indicate a <b>pH-related degraded material.</b> VOC emissions can vary over the lifespan of the polymer because <b>polymers deteriorate due to several factors such as thermal stress and UV exposure</b> , even under normal circumstances. <b>Pb, Cr, and Cd hold high potential to harm human health and the environment.</b>	Pb 2.322 ± 0.138 ng (surgical)  Cd 0.672 ± 0.009 ng (surgical)  Cr 0.747 ± 0.071 ng (surgical)
<b>L. Li 2021</b>	Experimental, with 2h (up to 720h) breathing simulation with vacuum pump (collection of filtrated microplastic), microscopic analysis with Raman spectroscopy, FTIR, LDIR.	<b>Investigating microplastic inhalation risk.</b> Microplastic inhalation caused by reusing masks that underwent various treatment processes was also tested.	7 masks: 1 N95, 2 surgical, 4 other types	Microplastic and particles 20-500µm	<b>Inhaled microplastics were mostly fiber-like and spherical types, 20 µm to 500 µm, over 90% of the identified particles are 20–100 µm.</b> When suction time was 2 h, the spherical-type particles observed with the N95, surgical-A, cotton, fashion, nonwoven, surgical-B, and activated carbon masks, and without a mask were 1695, 1808, 2241, 3110, 2152, 3090, 2212, and 3918, respectively). The amount of fiber-like microplastics was determined to be 25, 38, 92, 69, 47, 112, 153, and 172 particles after the continuous use of N95, surgical-A, cotton, fashion, nonwoven, surgical-B, and activated carbon masks, and in the blank case, respectively, based on 2 h of simulated respiration. Mask disinfection processes led to varying extents of microplastic inner structure damage, increasing the risk of microplastic inhalation.	<b>Wearing masks poses microplastic inhalation risk, reusing masks increases the risk.</b> This study was not conducted in super-clean laboratory, no contamination control measures were applied, thus it is not clear whether the control air in the blank measurements (no mask) does not correspond to the air already contaminated by mask handling.	>90% of face mask particles 20-100 µm  <b>Spherical-type particles:</b>  1695 MP (N95, 2h)  3090 MP (surgical, 2h)  <b>Fiber-like particles:</b>  25 (N95, 2h)  112 (surgical, 2h)

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask release *
Liang 2022	Analytical and experimental study. Deionized, filtered water based 24h to 168h release experiment (0.45 µm cellulose ester membrane filter), optical microscope, Raman microscope.	To identify the microplastics released and measure their quantities, also analysing microplastic release kinetics.	12 medical masks, thereof 4 N95, 4 medical 4 surgical	Microplastics: length, shape, and colour. release kinetics: mass loss of mask, microplastic release change over time.	Microplastics of 100–500 µm and of <100 µm were released in large quantities and at rapid rates. Fiber and transparent microplastics accounted for a large proportion and their daily release proportion increased with time. Polypropylene microplastics fibers and debris were released. N95 masks released 801 ± 71 to 2667 ± 97 microplastic particles (piece/24 h), surgical masks released 1136 ± 87 to 2343 ± 168 microplastic particles (piece/24 h), and normal medical masks released 1034 ± 119 to 2547 ± 185 microplastic particles (piece/24h). The mass loss ranged from 0.293 ± 0.03 to 0.831 ± 0.035 mg/piece/ 24h. The percentage mass loss of masks in this study ranged from 0.006% to 0.019%. The cumulative release quantities increased from 1034 ± 119–2457 ± 135 particles/piece on the first day to 1737 ± 82 to 4270 ± 185 particles/piece on the seventh day. Microplastics release was rapid with the increase in release quantity on the first day. The Elovich equation described the release kinetics of microplastics well.	Wearing masks poses risks of microplastic inhalation and ingestion. Plastic pollution from face masks has become a major environmental and health concern (indirectly and directly).	MP (24h) 0.831 ± 0.035 mg / N95 MP (24h) 2667 ± 97 particles / N95 MP (24h) 2343 ± 168 particles / surgical MP 2547 ± 185 particles / medical
Z. Liu 2022	Experimental in-vitro analytical study with filtered deionized water leaching (15d), stereo-microscope analysis, SEM, FTIR, GC-SM and ICP-OES and cell culture toxicological measurements (24h).	Verifying the release of chemical compounds and generation of environmental persistent free radicals (EPFRs) after exposing face masks to water, and assess the toxicity of the leachate.	8 masks: 6 surg., 2 N95	MP release, non-organic and organic chemical substances, EPFRs, Viability of mc3t3e1 cell	MP's being fibrous (80.3-97.4%), rarer particle (<10%), consisting of polypropylene >89.2%, range of 76-276 items/L (blue and transparent). Abundance of MP's 40-75µm (37.1-47.6%). Metals as Co (8.0µg/L), Cu (8.3 µg/L), Ni (2.8µg/L), Sr (14.4µg/L), Ti (9.2µg/L) and Zn (17.7µg/L) detected in all samples Cd (1.3µg/L), Cr (0.8µg/L), Mn (2.9µg/L) and Pb (1.3µg/L), presented in the surgical masks. Organics, such as acetophenone (6.8 µg/L), 2,4-Di-tert-butylphenol - DTBP (3.8µg/L), benzothiazole (9.2µg/L), bisphenol-A (3.2µg/L), phthalide (4.1µg/L), but also tributyl acetylacrylate and benzaldehyde detected. Environmentally persistent free radicals (EPFRs) generated in the leachates with characteristic g-factors in a range of 2.003–2.004 G, identified as mixture of carbon- and oxygen-centered radicals (superoxide radical and methyl radical). Viability of mc3t3e1 cell was significantly decreased after exposing to leachate (excessive oxidative stress to the test cells).	Contact allergy to Cr, Ni and Co is the most common metal allergy (1–3%). Cd, Co, Cr and Pb was reported to have potential carcinogenic risk. Multiple metal-metal interactions of, e.g. Cd, Cu, Ni, and Zn, may contribute to a higher toxicity in a mixture. EPFR's cause cytotoxicity and oxidative stress. By inducing reactive oxygen species (ROS) and overloaded ROS may induce oxidative stress, further causing cardiopulmonary dysfunction and chronic respiratory diseases.	Co 4.0 µg (surgical) Cu 4.15 µg (surgical) Ni 1.4 µg (surgical) Sr 7.2 µg (surgical) Ti 4.6 µg (surgical) Zn 8.85 µg (surgical) Cd 0.65 µg (surgical) Cr 0.4 µg (surgical) Mn 1.45 µg (surgical) Pb 0.65 µg (surgical) Acetophenone 3.4 µg/L 2,4-Di-tert-butylphenol - DTBP 1.9 µg Benzothiazole 4.6 µg Bisphenol-A 1.6 µg Phthalide 2.05 µg g-factors 1.002 G

Author and year	Type of study, method	Aim	Mask Types	Outcomes	Findings	Special risks mentioned	Maximal face mask release *
Ma 2021	Experimental in-vitro and in-vivo qualitative and quantitative analytical study, filtered water leaching (4h) analysed on silicon wafer with SEM, FTIR but also retention of MPs in human nasal mucus after wearing a mask for 1-2h with fluorescence microscope of nasal rinsings.	Quantify and characterise face mask released particles and evaluate their potential for accumulation in humans.	8 surg. and 2 N95 masks (10)	Microparticles- (MPs) and Nanoparticles (NPs)	>1,000,000,000 of NPs and MPs were released from each surgical or N95 face mask, mostly irregularly-shaped particles sized from 5 nm to 600 µm. Most of them <1 µm. N95 masks release more and smaller NPs than surgical masks (p < 0.05). MPs were detected in the nasal mucus of mask wearers. Higher breathing frequency resulted in a larger number of particles detected in the nasal mucus (p<0.05).	MPs >1 µm occupied only a minor fraction of the particles, ranging from 1.3 to 4.4 × 10 <sup>3</sup> per mask. Most particles in the masks were nano scale sized <1 µm.  PM <sub>2.5</sub> (Particulate matter < 2.5 µm) is well-known for generating adverse effects in humans.  PM <sub>0.1</sub> (<0.1 µm) have even more harmful effects such as alveolar inflammation and exacerbation of pre-existing cardiopulmonary diseases.	6 × 10 <sup>8</sup> NPs (N95 > surgical, 4h)  4.4 × 10 <sup>7</sup> MPs (N95, 4h)  2.9 × 10 <sup>7</sup> MPs (surgical, 4h)
Meier 2022	Experimental in-vitro qualitative and quantitative analytical study. Air based extraction with Sheffield heads (12.0µm Nuclepore filter membrane) debris extraction (1h and 8h), deionized filtered water based liquid fiber and particle (0.4µm Nuclepore filter membrane) extraction (45min), optical analysis (NanoSight LM20), ICP-MS. Cell culture (48h).	To quantify the debris release (fibers and particles) and metals from a textile-based facemask in comparison to a surgical mask and a reference cotton textile debris using both liquid and air extraction, possible adverse effects on cell culture.	Surgical masks (2), textile based face masks (5)	fiber and particle release, metal content (Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Ag, Zn).	Release of 740 particles per surgical mask (SM) in breathing simulation (air based extraction 8h), of which 404 with 0.3 µm. Under liquid extractions, SM released up to 1030 ± 115 fibers g <sup>-1</sup> textile, corresponding to 3152 ± 352 fibers per mask. The sum metal content of calibrated elements (Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Ag, Zn) was 43 ± 2 µg g <sup>-1</sup> for SM. Several metals including copper (up to 40.8 ± 0.9 µg g <sup>-1</sup> ) and iron (up to 7.0 ± 0.3 µg g <sup>-1</sup> ). Mask debris show no acute in vitro cytotoxicity to human lung cells	The in vitro acute cytotoxicity assessment does not allow prediction of possible long-term exposure effects (long-term toxicity assessment on in vitro and in vivo lung exposure models).	ΣFibers 3152 ± 352 (surgical, average)  Σmetal release: 131.6 ± 6.1 µg (surgical)  Σmetal release: 211.7 ± 39.7 µg (coated cotton)  Cu 125.5 ± 3.06 µg (surgical)  Fe 92.61 ± 10.6 µg (coated cotton)
Sullivan 2021	Experimental in-vitro qualitative and quantitative analytical study, water based leaching (4h) analysed with FTIR, SEM-EDX, light microscopy, ICP-MS and LC-MS.	To identify and characterize various released pollutants (heavy metals), emitted/leached from face masks including micro (<1 mm) and nano-particles (0.1–1 µm).	Textile masks (7)	Micro and nano-fibers and particles (MP's and NP's), heavy metals: Cd, Co, Cu, Pb, Sb, and Ti	Significant amount of grain-sized particles measured between 360 nm-500 µm, micro- and nano-scale corresponding to MP and NP. Polymeric fibers (25 µm to 2.5 mm) found. Fibrous particles had high percentage of carbon, the grains contained high percentages of Si and oxygen. Polar organic species pollutants: Polyamide-66, polyamide-6 and various oligomers of polyamide (PA) found, also polyethylene glycol (PEG) derivatives and aromatic amines. Heavy metals: Cd (1.92 µg/L), Co (0.59 µg/L), Cu (4.17 µg/L), Pb (6.79 µg/L), Sb (393 µg/L) and Ti (0.64 µg/L) found in masks.	Even low exposures to Pb can lead to neurological damage and be detrimental to foetal development. MPs and NPs exhibit cytotoxic and genotoxic effects including neurotoxicity and oxidative stress.	Cd 0.48 µg (textile mask)  Cu 1.04 µg (textile mask)  Co 0.14 µg (textile mask)  Pb 1.69 µg (textile mask)  Sb 98.3 µg (textile mask)  Ti 0.16 µg (textile mask)
Zuri 2022	Analytical and experimental study, migration water experiment, (24h), collection with 20 µm nylon filters, Stereo-microscope, µ-FTIR, UPLC-MS.	To evaluate the migration of microplastics (MP) and phthalates. Migration was evaluated according to the conditions stated in EU Regulation No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food.	3 FFP2, 1 surgical	MP-morphological analysis (shape, dimension, particle count), 11 phthalates: DMP (dimethyl phthalate), DEP (diethyl phthalate), BBP (butylbenzyl phthalate), DBP (dibutyl phthalate), DPP (dipropyl phthalate), BMPP (bis(4-methyl-2-pentyl) phthalate), DnHP (di-hexyl phthalate), HEHP (hexyl-2-ethylhexyl phthalate), DEHP (diethylhexyl phthalate), DNOP (di-n-octyl phthalate) and DNP (di-nonyl phthalate)	All masks released particles in form of fibers and fragments. Polypropylene (PP) and polyamide (PA) were released as fragments, while both PP and polyester (PES) were released as fibers. Each mask could potentially release from 2040 to 4716 MP/mask. Additionally, phthalates including DBP, BBP, DNOP, and DEHP were also released.	MP affect biota and also represent a health hazard for humans, specifically a risk of MP inhalation through breathing. Additionally, MP could carry other potentially harmful compounds and heavy metals that can be introduced in the human body. Concerning phthalates DEHP has been identified as an endocrine disruptor, BBP is classified as a reproductive toxicant.	5390 MP (FFP2, 24h)  4716 MP (surgical, 24h)  Σ Phthalates 35 µg (FFP2)  Σ Phthalates 25.3 µg (surgical)  DBP 21.1 µg/FFP2  BBP 13.6 µg /surgical  DNOP 4.96 µg/FFP2  DEHP 4.59 µg/FFP2

**Legenda:** Grassetto= Fatti importanti, rosso= risultati con rilascio pericoloso in relazione ai valori limite (vedi sezione di discussione).

**Abbreviazioni:** BBP= butil ftalato di benzil, BMPP= bis(4-metil-2-pentil) ftalato, DBP= dibutil ftalato, DEP= di-etil ftalato, DEHP= bis(2-Ethylxyl)ftalato, DMP= di-metil ftalato, DnHP= di-n-n-esil ftalato, DNOP= di-n-octil ftalato, DNP= dinonil ftalato, DPP= diamil ftalato, DTBP= 2,4-Di-tert-butilfenolo, EDX= spettroscopia a raggi X a dispersione di energia, EPFR= radicale libero ambientale persistente, FEG-SEM= microscopia elettronica a canna da campo, FESEM= microscopia scansione a scansione a scansione a emissione su campo, FFP= parte frontale, FID= rilevato UPLC-MS = cromatografia liquida ad alte prestazioni accoppiata a spettrometro di massa, VOC= composti organici volatili

**Nota a piè di pagina:** \*Se i valori massimi non sono indicati nelle pubblicazioni originali, vengono utilizzate medie e deviazioni standard. Se sono stati calcolati i parametri richiesti non indicati negli studi (vedi materiali e metodi), con peso stimato delle maschere: comunità monouso/tessile 2,5 g ( [Xie et al., 2021,2022](#)), chirurgico 3 g, N95 4 g ( [Fernández-Arribas et al., 2021](#)), la superficie media della maschera chirurgica/usa e getta/tessile è stata fissata a circa 230 cm<sup>2</sup> (0,023 m<sup>2</sup>) ( [Rengasamy et al., 2009](#)) supponendo che la superficie di un respiratore N95 standard sia di 175 cm<sup>2</sup> (0,0175 m<sup>2</sup>) ( [Roberge et al., 2010](#)).

---

## 4. Discussione

I risultati della nostra revisione mostrano che gli ingredienti della produzione/produzione di maschere svolgono un ruolo chiave nelle loro potenziali proprietà tossiche. Abbiamo anche trovato prove chiare che i valori di determinati contenuti/emissioni sono allarmantemente alti in tutti i tipi di maschera esaminati (N95,

chirurgica, tessile) e possono - nel peggiore dei casi - rappresentare un rischio per la salute di chi lo indossa, che inala le sostanze tossiche a distanza quasi zero. Nelle seguenti sottovoci discutiamo l'origine, il rilascio e i rischi di particolari sostanze tossiche e confrontiamo i nostri risultati del contenuto e delle emissioni dalle maschere con i valori limite soglia delle concentrazioni di aria o tessili, se disponibili, da organizzazioni e istituzioni internazionali.

## 4.1. Microfiber, micro e nanoplastiche (MP e NP)

### 4.1.1. MP e NP dalle maschere – origine

Le macromolecole sintetiche con unità ripetute (polimeri plastici) sono il componente primario di tutti i tipi di maschere per il viso ([Khan e Jia, 2023](#)). Questo fatto è responsabile del fatto che la maschera sia una fonte significativa di rilascio di fibre di plastica e particelle ([Chen et al., 2021](#); [Delgado-Gallardo et al., 2022](#); [Dissanayake et al., 2021](#); [Li et al., 2021a](#); [Liang et al., 2022](#); [Liu et al., 2022b](#); [Ma et al., 2021](#); [Meier et al., 2022](#); [Sullivan et al., 2021](#); [Zuri et al., 2022](#)). Pertanto, il consumo di massa di maschere facciali ha generato un'enorme fonte aggiuntiva di inquinamento da microplastiche (MP <5 mm) o anche di nanoplastiche (NP <1 µm) ([Aragaw, 2020](#); [Fadare e Okoffo, 2020](#); [Hasan et al., 2021](#); [Huang et al., 2021a](#); [Parashar e Hait, 2021](#)). I materiali per la produzione di maschere sono costituiti da polimeri specifici con il polipropilene (PP) che è il più utilizzato ([Xu e Ren, 2021](#)), sebbene anche il polietilene (PE), la poliammide (PA), il polistirene (PS) e il polietilene tereftalato (PET) o poliestere (PES) siano comunemente utilizzati anche nei tessuti sintetici ([Ma et al., 2021](#); [Potluri e Needham, 2005](#); [Zuri et al., 2022](#)). In particolare, le nanofibre create da microfibre e frammenti di filtri melt-blown di maschere facciali (strati medi) contribuiscono al rilascio di polvere e al rischio di inalazione di MP e NP durante l'uso di una maschera ([Khan e Jia, 2023](#)). Quando si producono questi tessuti non tessuti, viene applicata aria calda ad alta velocità per soffiare il polimero termoplastico su un collettore trasportatore ([Hutten, 2007](#)). NP e MP vengono generati durante il processo di produzione di queste fibre fini, dando alle maschere facciali il potenziale per agire come fonte primaria di MP ([Liu et al., 2022b](#)). Mentre la maschera chirurgica di solito è costituita da tre strati con uno strato di fibra fusa ([Fadare e Okoffo, 2020](#)), la maschera FFP2/N95 ha 5 strati, di cui due strati di fibra soffiata a fusione ([Zuri et al., 2022](#)).

### 4.1.2. MP e NP dalle mascherine – rilascio e assunzione

L'esposizione alle particelle di plastica è aumentata continuamente nel mondo moderno (Prata et al., 2019), ma gli obblighi di indossare mascherine in tutto il mondo durante la pandemia di SARS-CoV-2 2020-2023 (Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023) ha aumentato ulteriormente questa esposizione (Tesfaldet e Ndeh, 2022). Recenti studi ambientali hanno riferito che i dispositivi di protezione individuale (DPI) a base di plastica rilasciano quantità sostanziali di NP e MP, nell'ambiente (De-la-Torre et al., 2021; Fadare e Okoffo, 2020). Gli NP e i parlamentari rilasciati dalle maschere facciali sono stati rilevati anche negli organismi marini che mostrano la loro ampia distribuzione (Chen et al., 2021; Khan e Jia, 2023). Una volta rilasciati, questi MP e NP (MP, < 5 mm, NP, < 1 µm) provenienti da maschere rappresentano un rischio ambientale indiretto ritardato per la salute degli esseri umani per quanto riguarda l'assorbimento orale e l'inalazione (Du et al., 2022).

Ma, secondo i risultati dello studio a portata di mano, esiste anche un significativo rischio diretto di inalazione immediata per l'utente, dalla zona di respirazione della maschera alle vie aeree (Chen et al., 2021; Delgado-Gallardo et al., 2022; Dissanayake et al., 2021; Li et al., 2021a; Liang et al., 2022; Liu et al., 2022b; Ma et al., 2021; Meier et al., 2022; Sullivan et al., 2021; Zuri et al., 2022), come già assunto da altri documenti (Du et al., 2022; Han e Lui, 2021; Khan e Jia, 2023; Kisielinski et al., 2021). Il fatto che i parlamentari siano stati rilevati anche nel muco nasale poco dopo aver indossato la maschera (Klimek et al., 2020; Ma et al., 2021) fornisce prove che i parlamentari possono essere inalati direttamente mentre indossano una maschera. Questo rischio aggiuntivo di inalazione è stato anche dimostrato in laboratorio da simulazioni di respirazione con diversi tipi di maschere (N95, chirurgiche e altre) di Li et al (Li et al., 2021a). Tuttavia, questo studio non è stato condotto in un laboratorio super-pulito (non sono state applicate misure di controllo della contaminazione), quindi non è chiaro se l'aria di controllo nelle misurazioni in bianco (senza maschera) non corrisponda all'aria già contaminata dalla manipolazione della maschera. Pertanto, i valori di controllo (senza maschera) in quello studio dovrebbero essere interpretati con cautela, in quanto probabilmente forniscono ulteriori prove per il rilascio di plastica dalle maschere.

È interessante notare che il rilascio di MP e NP è prevalentemente più alto per il tipo N95 rispetto alla maschera chirurgica (Delgado-Gallardo et al., 2022; Dissanayake et al., 2021; Huang et al., 2021a; Liang et al., 2022; Ma et al., 2021; Zuri et al., 2022). Questo fatto

potrebbe essere dovuto a più strati tra cui due melt-blown e quindi più alto contenuto di plastica complessivo e peso della maschera N95. Secondo la letteratura, il riutilizzo di una maschera aumenta anche il rischio di rilascio di microplastica: indipendentemente dal fatto che una maschera sia nuova o usata, il rischio di inalare MP e NP di tipo sferico rilasciati dalla maschera facciale rimane significativo (Huang et al., 2021a; Li et al., 2021a). Il problema è che lo stress meccanico, ad esempio una barba sotto la maschera o l'estrazione della maschera dalla tasca può contribuire all'abrasione fisica della maschera delle microplastiche (Khan e Jia, 2023).

Nella letteratura valutata abbiamo trovato un possibile rilascio massimo di MP fino a 5390 particelle per maschera entro 24 ore (Zuri et al., 2022) e una perdita di massa massima di 0,831 mg/N95 maschera (particelle e fibre) durante 24 ore (Liang et al., 2022). A seconda dei filtri e dei metodi analitici utilizzati, gli esperimenti di rilascio descrivono diverse dimensioni dei detriti della maschera. Per le fibre rilasciate abbiamo trovato un intervallo di dimensioni da 25  $\mu\text{m}$  a 2,5 mm (Dissanayake et al., 2021; Meier et al., 2022; Sullivan et al., 2021) e una quantità di 3152 fibre per mascherina chirurgica (Meier et al., 2022). Per le particelle rilasciate abbiamo trovato un intervallo di dimensioni di 89 nm (Verleysen et al., 2022) a 500  $\mu\text{m}$  (Sullivan et al., 2021), tra molte altre dimensioni (Chen et al., 2021; Delgado-Gallardo et al., 2022; Li et al., 2021a; Liang et al., 2022; Liu et al., 2022b; Ma et al., 2021; Zuri et al., 2022). Degno di nota, uno studio con analisi precisa sui wafer di silicio e utilizzando la microscopia elettronica a scansione (SEM) per l'esplorazione descrive la maggior parte delle particelle coinvolte inferiori a 1  $\mu\text{m}$  (Ma et al., 2021).

Le mascherine chirurgiche e N95 sono state progettate per essere indossate per scopi molto specifici come in ambiente ospedaliero e per un breve periodo di tempo (Buzzin et al., 2022). Se sono accartocciati nelle tasche delle persone dove l'attrito e l'ambiente umido promuovono un'abrasione significativa delle fibre e indossati per periodi di tempo più lunghi, è possibile un alto rilascio di microplastica, come dimostrato dalle carte incluse (Chen et al., 2021; Li et al., 2021a; Liang et al., 2022).

Tuttavia, è interessante confrontare il rilascio di plastica delle maschere mentre le si indossa per un periodo di tempo, ad esempio 2 ore con una respirazione media di 1  $\text{m}^3$  con concentrazioni note di MP nell'aria ambiente date come  $\text{n}/\text{m}^3$ . Ad esempio, la concentrazione media indipendente dalla maschera di parlamentari aerei negli Stati Uniti d'America (USA) è stata descritta nel 2019 come 5,6  $\text{n}/\text{m}^3$  (esterno) e 12,6  $\text{n}/\text{m}^3$  (interno) e > 59% erano parlamentari con dimensioni < 50  $\mu\text{m}$  (Gaston et al., 2020). A

Shanghai, in Cina, la concentrazione di MP aerea era massima di 4,18 e in media  $1,42 \pm 1,42$  con un intervallo di dimensioni di 23-5000  $\mu\text{m}$  (Liu et al., 2019). Uno studio analitico a Parigi 2017 ha valutato le concentrazioni di aria interna di 0,4-59,4 n/m<sup>3</sup> con il 33,3% contenente polimeri. La concentrazione di fibre all'aperto era di 0,3-1,5 n/m<sup>3</sup> con la presenza di numerosi MP inalabili inferiori a 50  $\mu\text{m}$  (Dris et al., 2017).

A differenza dei parlamentari, ad oggi, non ci sono informazioni riguardanti la quantità o la concentrazione di NP aerei (Yee et al., 2021).

Secondo i dati nelle nostre tabelle di estrazione (Tabella 2) e supponendo uno scenario di caso con l'uso di una maschera in modo appropriato per 4 ore mentre si respira in media un totale di 2 m<sup>3</sup> di aria, la concentrazione media menzionata di valori di MP nell'aria (USA, Cina, Francia) sarebbe altamente superata durante l'uso della maschera e la respirazione attraverso (Ma et al., 2021). In un caso peggiore, che il rilascio della maschera MP durante le 4 ore sarebbe alto come negli esperimenti analitici di Ma et al. (2021), il soggetto che indossa una maschera 4 h inalerebbe fino a 2200 n/m<sup>3</sup>, superando il contenuto ambientale di MP aereo dell'aria esterna negli Stati Uniti di un fattore di circa 400 e in Cina e Parigi anche di un fattore di circa 1500. Per quanto riguarda le concentrazioni di MP nell'aria interna a Parigi, la maschera sarebbe responsabile di un aumento di 37 volte delle particelle di microplastica. Inoltre, il rilascio in maschera di microplastica sarebbe spostato su concentrazioni estremamente più elevate di particelle di MP più piccole (e persino NP) di quelle conosciute nell'ambiente (Delgado-Gallardo et al., 2022; Liu et al., 2022b; Ma et al., 2021).

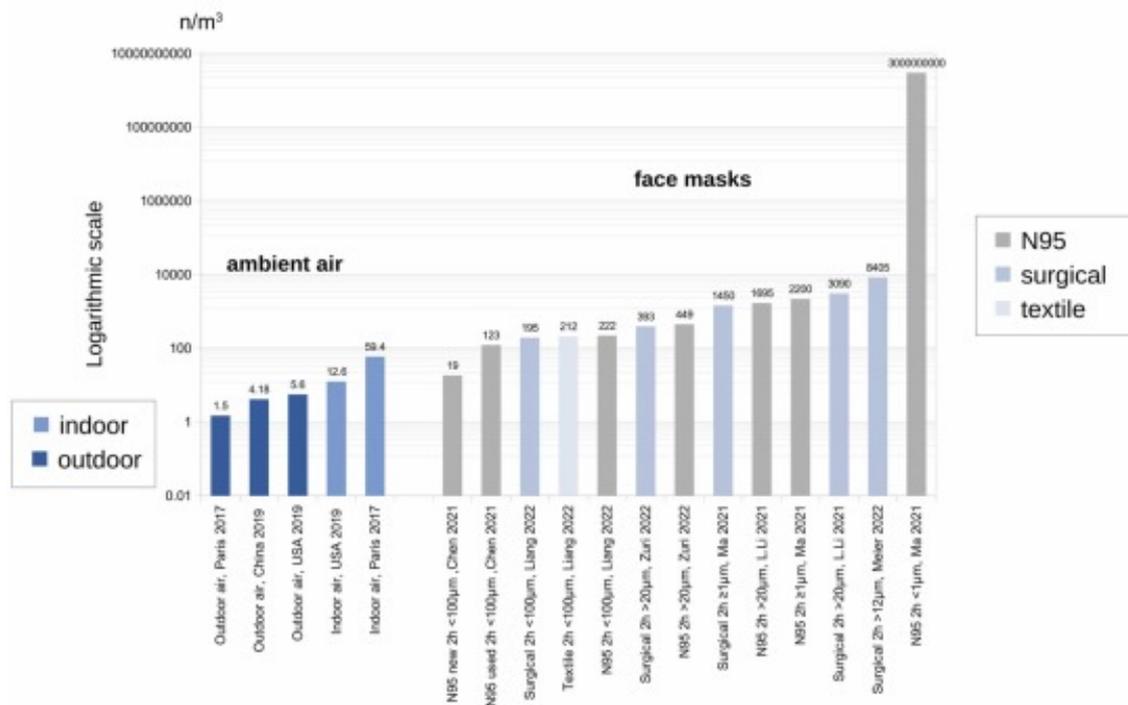
Cox et al. hanno stimato che l'assunzione di MP da parte degli esseri umani attraverso il cibo e l'inalazione varia tra 203 e 312 particelle al giorno (Cox et al., 2019). I nostri risultati indicano che indossare maschere può aumentare sostanzialmente l'inalazione giornaliera di MP di un fattore da 10 a 22 (Tabella 2) sotto ipotesi di rilascio con tempo di usura compreso tra 1 h e 4 h (Ma et al., 2021; Meier et al., 2022). Ma in altri scenari di rilascio peggiore (tempo di usura per >4 h) l'inalazione giornaliera di MP aumenterebbe addirittura di un fattore più alto (Tabella 2) (Li et al., 2021a; Zuri et al., 2022).

È interessante notare che i valori stimati di assunzione giornaliera (EDI) dei parlamentari tramite ingestione di polvere di strada vanno da 0,6 a 4,0 per i bambini e da 0,3 a 2,0 particelle al giorno per gli adulti a Teheran, Iran (Dehghani et al., 2017). Tuttavia, in alcune aree fortemente inquinate, come la contea di Asaluyeh, in Iran, i valori EDI più elevati dei parlamentari per bambini e adulti erano rispettivamente 0,7-103,3 e 0,3-51,7

particelle/d (Abbasi et al., 2023;Huang et al., 2021a).

Di conseguenza, i nostri risultati indicano che indossare maschere può aumentare tali valori di inalazione di MP di un fattore elevato. Con possibile rilascio massimo di MP della maschera durante la respirazione di 3090 particelle/maschera in sole 2 ore ( Li et al., 2021a) e una massima lisciviazione MP possibile di 5390 particelle/maschera in 24 ore (Zuri et al., 2022) (Tabella 2) le assunzioni giornaliere stimate di cui sopra (anche quelle in regioni fortemente inquinate) potrebbero essere notevolmente superate quando si indossa una maschera di un fattore di 30 o più, supponendo uno scenario peggiore (Li et al., 2021a;Meier et al., 2022) (Tabella 2, Fig. 3).

### Logarithmic breathing estimation: microplastics from ambient air vs face masks



Scarica: Scarica l'immagine ad alta risoluzione (234 KB)

Scarica: Scarica l'immagine a grandezza naturale

Fig. 3. Scenario di rilascio di microplastica (MP) nel peggiore dei casi da diverse maschere facciali durante 2 ore rispetto ai valori dell'aria ambiente pre-pandemia (n particelle per m3 di aria). Grafico con scala logaritmica a causa di differenze molto grandi tra l'aria ambiente e la situazione della maschera facciale per l'utente che respira. Leggenda: Contenuto di microplastica dell'aria ambiente preso da Liu 2019 ( Liu et al., 2019), Gaston 2020 (Gaston et al., 2020) e Dris 2017 (Dris et al., 2017). Calcolo del peggior rilascio di particelle di microplastica dalle maschere che si riferiscono agli studi menzionati (Tabella 2) (Chen et al., 2021;Li et al., 2021a;Liang et al., 2022;

Ma et al., 2021;Meier et al., 2022;Zuri et al., 2022), normalizzato a 1 m<sup>3</sup> (supponendo che la semplificazione di 2 ore di maschera corrisponda a circa 1 m<sup>3</sup> di respirazione e il rilascio di particelle sia lineare). Nota: solo Ma ha utilizzato metodi di filtraggio delle particelle ultrafini e SEM (Ma et al., 2021).

---

Questo può essere direttamente rilevante per la persona che lo indossa. E se l'uso popolare della maschera di massa è stabilito come era durante la pandemia, questo è anche rilevante per tutte le persone a causa dell'aumento del rilascio complessivo di particelle con un'ulteriore esposizione ambientale alle particelle fini e ultra-fini anche senza usare personalmente la maschera (Khan e Jia, 2023;Li et al., 2022; Masud et al., 2023;Morgana et al., 2021;Oliveira et al., 2023;Shen et al., 2021). Così, per l'individuo anche quando non indossa una maschera, l'inquinamento atmosferico ambientale primario è influenzato dalla proporzione di utilizzo della maschera nella popolazione e dal rilascio di particelle da parte di tutte le maschere, specialmente quando sono al chiuso. Naturalmente, il rilascio diretto interno di particelle da parte della maschera - cioè l'inalazione profonda di tali particelle durante l'uso di una - è il rischio principale, e il possibile aumento della concentrazione di particelle dovuto alle molte maschere utilizzate, ad esempio in aule affollate, centri commerciali ecc. si aggiunge a questo. Sempre, a seconda dell'effettiva intenzione dell'applicazione della maschera facciale, è necessaria un'analisi rischio-beneficio. Ad esempio, l'uso della maschera può essere plausibile, quando il rilascio di particelle da parte della maschera, compresa la loro respirazione, è inferiore al potenziale carico di particelle respirando senza la maschera. In situazioni estreme, cioè quando si lavora con l'esposizione estrema alla polvere, al fumo, ecc., le maschere hanno certamente senso, ma questo non si applica alla vita di tutti i giorni; la gente comune non cammina costantemente dietro una smerigliatrice o in un'area in fiamme. Sfortunatamente, in particolare per le condizioni della vita reale, tali valutazioni rischio-beneficio non esistono e sono disponibili troppo pochi dati affidabili sull'efficienza della maschera nella protezione della popolazione generale dagli inquinanti atmosferici. Per quanto riguarda i benefici delle mascherine come filtro contro gli inquinanti onnipresenti tra cui il PM2.5, quasi nessuno studio clinico ha testato quanto siano efficaci le maschere per il viso contro l'inquinamento atmosferico quotidiano o come le persone le usano. È difficile prevedere i rischi individuali perché le esposizioni e lo stato di salute delle persone variano ampiamente (Huang e Morawska, 2019). In particolare, l'efficienza teorica della maschera è ridotta dalle condizioni del mondo reale: in caso di perdita, a causa di un

difetto o di una cattiva vestibilità, che colpisce l'1% dell'area della maschera, l'efficienza di filtrazione è ridotta del 50%; se il divario è del 2% dell'area della maschera, l'efficienza è ridotta del 75% ([Drewnick et al., 2021](#)). Inoltre, l'efficienza di filtrazione reale è significativamente inferiore all'efficienza teorica di filtrazione di laboratorio - del 12,4% e del 46,3% per le mascherine chirurgiche e N95, rispettivamente ([Shah et al., 2021](#)). Gli standard nazionali e internazionali per l'efficienza della filtrazione batterica (BFE) esistono da decenni per le mascherine mediche, ad esempio l'EU-EN 14683 o l'USA-ASTM F2101, e sono i prerequisiti per l'approvazione generale. Nel caso di N95, esiste una capacità di filtraggio del 95% per particelle fini fino ad almeno 0,3  $\mu\text{m}$  ([NIOSH, 2020](#)). Così, anche senza una considerazione delle condizioni del mondo reale sopra menzionate, da una prospettiva rigorosa normativa, un filtraggio significativo con maschere N95 di particelle inferiori a 0,3  $\mu\text{m}$  che appartengono anche alla frazione PM2.5, appare discutibile.

In effetti, in uno scenario del mondo reale riguardante il carico ambientale della microplastica e le maschere facciali, c'è una sfida matematica con molte variabili. Indubbiamente, sono necessarie ulteriori ricerche per chiarire il significato e l'interazione delle numerose variabili. Fino ad allora, per garantire la sicurezza umana, la nostra analisi dovrebbe sollecitare cautela con l'uso della maschera almeno nella popolazione generale. Poiché il rischio di indossare una maschera deve essere inferiore a quello di non indossarne una, abbiamo assicurato una valutazione preliminare del rischio tossicologico, utilizzando la considerazione peggiore che è necessaria in un tale approccio protettivo ([Direzione generale della sanità e dei consumatori, 2013](#)).

#### 4.1.3. Limiti per i parlamentari (NP)

Finora non è stato stabilito uno standard normativo per il rilascio di MP e NP dalle mascherine mediche.

Al contrario, gli sforzi delle principali organizzazioni per la sanità pubblica e l'ambiente di tutto il mondo per ridurre i pericoli posti dal particolato si stanno intensificando ([EPA degli Stati Uniti, 2016b](#)).

I MP sono classificati in base al loro diametro in particelle  $> 10 \mu\text{m}$ , particelle  $< 10 \mu\text{m}$  (PM10), particelle  $< 2,5 \mu\text{m}$  (PM2,5) e particelle ultrafini  $< 0,1 \mu\text{m}$  ([Kelly e Fussell, 2012](#)). Si presume che le particelle grandi  $> 10 \mu\text{m}$  si scontrino con le vie aeree superiori durante la respirazione, mentre PM10 può entrare nei bronchioli, e PM2,5 e particelle

ultrafini possono penetrare gli alveoli ([Kelly e Fussell, 2012](#); [Prata et al., 2019](#); [Wieland et al., 2022](#)). La forma degli MP influenza la loro tossicità modificando le interazioni con le cellule e i tessuti (tossicità specifica della forma) ([Allegri et al., 2016](#); [Wieland et al., 2022](#)). Inoltre, la carica superficiale delle microparticelle può influenzare la loro tossicità (potenziale delle particelle, interazioni elettrostatiche delle MP con le cellule e i tessuti compresa l'adesione) ([Peltonen e Hirvonen, 2008](#); [Silva et al., 2014](#); [Wieland et al., 2022](#)).

L'adsorbimento MP delle molecole, la lisciviazione di ammorbidenti e microrganismi possono ulteriormente modificare la loro tossicità. I parlamentari possono agire come portatori di tossine adsorbite o batteri e funghi patogeni ([Buzzin et al., 2022](#)) allargando il loro potenziale di impatto sulla salute umana ([Sun et al., 2021](#); [Wieland et al., 2022](#)).

Per quanto riguarda le particelle di microplastica, essendo un danno ambientale relativamente nuovo e moderno, esistono solo pochi limiti ufficiali ([Rahman et al., 2021](#)). Ad esempio, le linee guida aggiornate per la qualità dell'aria dell'OMS (AQG) affermano che le concentrazioni medie annuali di PM<sub>2,5</sub> non dovrebbero superare i 5 µg/m<sup>3</sup>, mentre le esposizioni medie di 24 ore non dovrebbero superare i 15 µg/m<sup>3</sup> più di 3 o 4 giorni all'anno ([Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\), 2021](#)).

Secondo i nostri dati ([Tabella 2](#)) tali soglie sembrano essere superate mentre si indossa una maschera nel peggiore dei casi. Un rilascio di 34,63 µg MP all'ora per maschera (N95) può essere possibile ([Liang et al., 2022](#)). Considerando che solo pochi studi affidabili con un adeguato filtraggio delle particelle fini (ad esempio waver di silicio) e metodi analitici (ad es. SEM) esistono su particelle rilasciate con maschera ([Ma et al., 2021](#)), solo questi possono essere utilizzati per stimare la dimensione esatta delle particelle più piccole rilasciate. Infatti, Ma et al. hanno rilevato particelle molto piccole che sono prevalentemente < 1 µm – equivalenti ad almeno PM<sub>2,5</sub> ([Kelly e Fussell, 2012](#); [Ma et al., 2021](#)). Pertanto, possiamo presumere, per lo scenario peggiore, che indossare maschere facciali, in particolare le mascherine N95, possa portare a superare notevolmente le linee guida PM<sub>2.5</sub> dell'OMS per un'esposizione media di 24 ore di 15 µg/m<sup>3</sup> ([Tabella 3A](#)). Anche le concentrazioni medie annuali di 5 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2,5</sub> avrebbero potuto essere superate, ad esempio durante l'uso della maschera imposto dalla legge durante il 2020-2023 con l'uso regolare e/o quotidiano di mascherine in molti paesi ([Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023](#)). Nessuno degli standard esistenti per le maschere mediche, inclusi gli standard ASTM (F1862, F2100,

F2101, F2299) e il regolamento NIOSH (42 CFR 84), che sono adottati dalla FDA nella regolamentazione delle mascherine mediche e dei respiratori chirurgici negli Stati Uniti ([Stati Uniti Food and Drug Administration FDA, 2023](#)), regolano i detriti respirabili come le micro(nano)plastiche che possono essere presenti in questi prodotti. Le norme ISO (ISO 22609, 16900), le norme UE (EN 140, 143, 149, 14683) e le norme cinesi (GB 19083, 2626; GB/T 32610, 38880; YY 0469; YY/T 0969) su maschere e respiratori non forniscono informazioni pertinenti al particolare tipo di pericolo correlato alla microplastica. Tuttavia, secondo i nostri dati quelli sembravano necessari per molti nella loro vita quotidiana e nel loro lavoro, in particolare durante la pandemia. Pertanto, devono essere sollevate domande su questo apparente divario normativo riguardante la sicurezza dell'uso a lungo termine delle mascherine ([Han e Lui, 2021](#)).

Tabella 3A. Superamento della soglia del limite esemplare per le microplastiche, MP (PM2.5) nel peggiore dei casi mentre si indossa una maschera.

<b>Pubblicazione</b>	<b>Tipo di maschera</b>	<b>Risultato</b>	<b>Risultato*</b>	<b>AQG OMS (2021) valore soglia**</b>	<b>Fattore di superamento</b>
<a href="#">Liang et al. (2022);</a> <a href="#">Ma et al. (2021)</a>	<b>N95</b>	MP (PM2.5) rilascio	<b>41,55</b> <b>µg/m3</b> (72 min uso)	5 µg/m3 (PM2.5) <i>media annuale</i>	<b>8,31</b>
<a href="#">Liang et al. (2022);</a> <a href="#">Ma et al. (2021)</a>	<b>chirurgico</b>	MP (PM2.5) rilascio	<b>33.9</b> <b>µg/m3</b> (72 min uso)	5 µg/m3 (PM2.5) <i>media annuale</i>	<b>6.78</b>
<a href="#">Liang et al. (2022);</a> <a href="#">Ma et al. (2021)</a>	<b>N95</b>	MP (PM2.5) rilascio	<b>41,55</b> <b>µg/m3</b> (72 min uso)	15 µg/m3 (PM2.5) <i>Da 3 a 4 giorni (24 h) all'anno.</i>	<b>2.77</b>
<a href="#">Liang et al. (2022);</a> <a href="#">Ma et al. (2021)</a>	<b>chirurgico</b>	MP (PM2.5) rilascio	<b>33.9</b> <b>µg/m3</b> (72 min uso)	15 µg/m3 (PM2.5) <i>Da 3 a 4 giorni (24 h) all'anno.</i>	<b>2,26</b>

Leggenda: MP= Microplastica, PM2.5 = Particolato ( $\leq 2,5 \mu\text{m}$ ), OMS= Organizzazione Mondiale della

Sanità.

Note a piè di pagina: \*calcolato da 831 µg/24 h (N95) e 678 µm/24 h (chirurgico) (Liang et al., 2022). Si presume che le particelle siano prevalentemente inferiori o uguali a 2,5 µm (Ma et al., 2021). L'aria respirata è stimata in 10 m<sup>3</sup> in 12 ore secondo USEPA (EPA degli Stati Uniti, 1989). Si stima che il rilascio di particelle nelle prime 24 ore sia lineare (34,63 µg/h e 28,25 µg/h per N95 e maschera chirurgica, rispettivamente) (Liang et al., 2022).

\*\*per ulteriori dettagli vedere la sezione di discussione, limiti per MP/NP.

---

#### 4.1.4. Rischi MP e NP

La tossicologia delle fibre e delle particelle sta diventando sempre più importante poiché il mondo moderno contiene sempre più oggetti artificiali (Donaldson e Seaton, 2012; Riediker et al., 2019). Degno di nota è il fatto che le particelle di plastica rilasciate nel corso del trattamento medico e dell'applicazione di impianti sono note da decenni per essere responsabili di reazioni indesiderabili in diversi tessuti (Kisielinski et al., 2003a, 2003b, 2004; Klinge e Klosterhalfen, 2018; Klosterhalfen et al., 2005). Ma soprattutto, la respirazione delle microplastiche è diventata sempre più un problema di rischio per la salute (Gasperi et al., 2018). MP trovati nel muco nasale dopo l'uso della maschera (Klimek et al., 2020; Ma et al., 2021) e le lamentele di irritazione della gola o disagio alle vie respiratorie da parte di bambini, anziani adulti o altri individui sensibili dopo l'uso di mascherine sono segni che avvisano di quantità rispettabili di detriti respirabili inalati da mascherine e respiratori (Howie et al., 1986; Prata, 2018). Ci sono prove molto recenti di parlamentari isolati nelle vie aeree inferiori dei cittadini europei esaminati nel 2021, un periodo con mandati di maschera rigidi e un anno dopo che erano stati introdotti durante la pandemia (Baeza-Martínez et al., 2022). I soggetti coinvolti provenivano da regioni, dove i mandati di mascherina erano applicati dalla legge e ampiamente seguiti (Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023). Un altro team di scienziati potrebbe mostrare risultati simili in un periodo di indagine simile con particelle di microplastica in tutte le parti dei polmoni contenenti prevalentemente polipropilene e polietilene (Jenner et al., 2022), che sono i componenti più comuni della maschera facciale (Zuri et al., 2022). Così, una correlazione tra l'uso della maschera e le elevate quantità di MP recentemente rilevate nei polmoni umani sembra conclusiva (Khan e Jia, 2023; Klimek et al., 2020; Ma et al., 2021). In generale, si può concludere che le maschere facciali contribuiscono al rischio diretto di inalazione di microplastiche (

[Khan e Jia, 2023](#)) e quindi esporre immediatamente l'utente della mascherina a rischi per la salute ([Almeida e de Souza, 2021](#); [Gasperi et al., 2018](#); [Kutralam-Muniasamy et al., 2023](#); [Prata et al., 2020](#)). Particolare attenzione deve essere data al fatto che a causa dell'aumento della resistenza respiratoria indossare una maschera può causare danni sostanziali al flusso d'aria nasale ([Kisielinski et al., 2021](#); [Lee e Wang, 2011](#)). A causa della presenza della maschera, le persone hanno una tendenza naturale a respirare attraverso la bocca aperta, il che significa meno resistenza respiratoria bypassando il flusso d'aria nasale ([Kisielinski et al., 2021](#); [Wyszyńska et al., 2022](#)). Di solito sotto la respirazione naturale del naso ([Thomas, 2013](#)) le particelle hanno un impatto più in alto sulle vie aeree respiratorie depositandosi in modo dipendente dalle dimensioni dai passaggi nasali ai bronchioli più grandi. Il naso filtra efficacemente le particelle estranee che entrano nella cavità nasale a seconda della dimensione delle particelle e della portata dell'aria con un'efficienza di filtrazione che diminuisce con una dimensione delle particelle più piccola. Pertanto, di solito solo particelle più piccole (<1-3  $\mu\text{m}$ ) si diffondono in profondità nel tessuto polmonare, depositandosi negli alveoli mediante una serie di meccanismi tra cui diffusione, sedimentazione ed effetti elettrostatici. Questa relazione (dimensione delle particelle-profondità di diffusione e deposizione) è costante tra gli esseri umani ([Heyder et al., 1986](#); [Thomas, 2013](#)). La maggior parte degli esseri umani incende a tornare alla respirazione orale durante l'uso della maschera ([Kisielinski et al., 2021](#); [Wyszyńska et al., 2022](#)). Questo aumenta significativamente la quantità e le dimensioni delle particelle che possono essere inalate direttamente nei bronchi e nei polmoni a causa dell'evaltamento della filtrazione della cavità nasale ([ICRP, 1994](#)). In uno studio sull'uomo che utilizza un aerosol radiomarcato, gli scienziati hanno trovato un enorme aumento della deposizione nei polmoni (+37%) quando si respira attraverso la bocca rispetto al naso (75% contro 38%) per diametri delle particelle in media 4,4  $\mu\text{m}$  (intervallo 3,8-5,1  $\mu\text{m}$ ) ([Everard et al., 1993](#)). Pertanto, tenendo conto della distanza quasi zero dalle vie aeree e della respirazione orale predominante, il rilascio di particelle dalle maschere e la loro comparsa nella zona di respirazione della maschera, sembrano essere peggiori (respirazione orale predominante) rispetto alla presenza di particelle simili nell'aria normale nella condizione senza maschera (respirazione nasale predominante). Questo sembra paragonabile alla differenza tra fumo attivo e passivo di sigaretta, con un rischio più elevato per i fumatori attivi a causa della frequente inalazione di particelle direttamente a distanza quasi zero attraverso la respirazione orale ([Barnoya e Glantz, 2005](#)). A questo proposito, l'uso di valori limite dell'aria ambiente nella valutazione della respirazione (prevalentemente orale) dalla zona di respirazione della

maschera (con le particelle rilasciate lì) non sembra del tutto appropriato per il confronto. Degno di nota è che le particelle ultra-fini inalate possono penetrare gli alveoli dove possono entrare nel flusso sanguigno ([Wieland et al., 2022](#)). Inoltre, esistono rapporti scientifici sulle microplastiche nel sangue umano con prove di origine da maschere utilizzate in tutto il mondo ([Kannan e Vimalkumar, 2021](#); [Leslie et al., 2022](#)).

L'esposizione agli MP può causare tossicità attraverso lo stress ossidativo, lesioni infiammatorie e c'è una potenzialità di disturbi metabolici, neurotossicità e aumento del rischio di cancro nell'uomo ([Rahman et al., 2021](#)).

Secondo l'OMS, l'inquinamento atmosferico (compresi parlamentari e NP) è il secondo fattore di rischio più alto per le malattie non trasmissibili ([Organizzazione Mondiale della Sanità, 2019](#)).

Per l'esposizione a lungo termine, ci sono chiare prove che sia il PM<sub>2,5</sub> che il PM<sub>10</sub> sono stati associati ad un aumento della mortalità per tutte le cause: malattie cardiovascolari, malattie respiratorie e cancro ai polmoni. E le associazioni sono rimaste anche al di sotto del precedente livello di esposizione delle linee guida dell'OMS del 2005 di 10 µg/m<sup>3</sup> per PM<sub>2,5</sub> ([Chen e Hoek, 2020](#); [OMS, 2005](#)).

Inoltre, anche l'esposizione a breve termine a particolato con diametri aerodinamici inferiori o uguali a 10 e 2,5 µm (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) è associata positivamente ad un aumento della mortalità cardiovascolare, respiratoria e cerebrovascolare ([Orellano et al., 2020](#)).

Gli effetti tossici delle micro- e nanoplastiche comprendono l'infiammazione con interruzione della funzione immunitaria (aumento della funzione immunitaria (aumento di IL-1- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-8, IL-10) stress ossidativo e apoptosi (aumento del ROS, stress ER), nonché disturbo dell'omeostasi metabolica (funzione alterata del canale dei canali K<sup>+</sup>, blocco del trasporto delle vescicole, disbiosi, disturbo della funzione barriera intestinale, disturbo dell'assorbimento, compromissione del metabolismo energetico), neurotossicità (attivazione AChE), tossicità riproduttiva e danno al DNA (rotture del DNA) ([Lai et al., 2022](#); [Sangkham et al., 2022](#); [Yee et al., 2021](#)).

La pandemia di COVID-19 ha aumentato l'inquinamento delle maschere facciali e il rilascio di nanofibre dalle maschere facciali è stato segnalato per inibire anche la riproduzione e la crescita ([Kwak e An, 2021](#)). L'esposizione a NP e MP danneggia anche i tubuli seminiferi, causando l'apoptosi nelle cellule spermatogene e abbassando la motilità e la concentrazione degli spermatozoi, aumentando la frequenza delle anomalie

dello sperma (Li et al., 2021b).

Ma esiste ancora più danni a causa dei detriti della maschera per via inalatoria: le microfibre e le particelle della maschera facciale possono servire come veicolo importante per i contaminanti nocivi (Delgado-Gallardo et al., 2022; Kutralam-Muniasamy et al., 2022; Sun et al., 2021). Le materie plastiche di solito contengono sostanze chimiche da monomeri grezzi e vari tipi di additivi per migliorare le loro proprietà. Le particelle di MP hanno dimostrato di essere vettori molto importanti per la trasformazione e l'accumulo dei PAH tossici (vedere la sezione di riferimento) (Sun et al., 2021). Inoltre, le materie plastiche assorbono anche sostanze chimiche dall'ambiente circostante (Campanale et al., 2020; Sun et al., 2021; Yee et al., 2021) compresi i metalli pesanti (Delgado-Gallardo et al., 2022) così come i microrganismi (Sangkham et al., 2022). Inoltre, una crescita di microrganismi su e nelle maschere è scientificamente provata (Buzzin et al., 2022; Kisielinski e Wojtasik, 2022; Kisielinski et al., 2023b).

Tutti questi meccanismi possono potenziare gli effetti avversi di MP e NP rilasciati dalle mascherine.

Infine, è stato discusso un ruolo significativo di parlamentari e NP nell'esacerbare la pandemia di COVID-19, poiché le particelle di plastica che hanno caricato il virus nell'aria hanno aumentato l'emivita del virus e hanno facilitato la trasmissione del virus agli esseri umani attraverso l'effetto Trojan: l'aumento della trasmissione e, di conseguenza, più casi di COVID-19 porterà ad un aumento della produzione e dell'uso di mascherine chirurgiche, una fonte riconosciuta di parlamentari e NP (Khan e Jia, 2023). I risultati di Fögen 2022 (Fögen, 2022) utilizzando i dati degli Stati Uniti che mostrano che l'uso della maschera è correlato con un aumento della mortalità e il tasso di mortalità del COVID-19 potrebbe essere dovuto a questi processi. Questo fenomeno potrebbe anche spiegare l'elevata mortalità correlata alla maschera facciale riscontrata da Spira (Spira, 2022) nell'UE. Forse il sovraccarico respiratorio con NP e MP dovuto alle maschere N95 (Chen et al., 2021; Delgado-Gallardo et al., 2022; Dissanayake et al., 2021; Li et al., 2021a; Liang et al., 2022; Liu et al., 2022b; Ma et al., 2021; Meier et al., 2022; Sullivan et al., 2021; Zuri et al., 2022) potrebbe essere responsabile del blocco nasale misurato, della secrezione postnasale e della compromissione della funzione di clearance mucociliare durante l'uso di una maschera medica (Cengiz e Can, 2022). Pertanto, un'autopulizia compromessa delle mucose può favorire le infezioni ed essere responsabile dell'effetto opposto - più che meno infezioni respiratorie - sotto l'uso della

maschera facciale a livello di popolazione (Fögen, 2022;Spira, 2022). Di conseguenza, in Germania sono stati osservati tassi di infezione respiratoria più elevati ( Tenenbaum et al., 2022) e Stati Uniti (Ma, 2022), dove i mandati di maschera per lunghi periodi sono stati applicati dalla legge ( Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023). Inoltre, i tassi di COVID-19 sono stati in grado di espandersi rapidamente, specialmente durante Ommicron (Nuovi casi di COVID-19 in tutto il mondo, 2023) anche nelle società in cui l'uso della maschera è stato seguito assiduamente - come in Corea, Taiwan, Hong Kong e Singapore (Fearnley e Wu, 2022).

Degno di nota è anche il problema relativo alle nanoparticelle: le femmine sono particolarmente più vulnerabili alla tossicità NP, e questo può influenzare la riproducibilità e lo sviluppo fetale (Brohi et al., 2017). Inoltre, vari tipi di NP hanno impatti negativi sulle cellule germinali maschili (Brohi et al., 2017). Inoltre, le NP come pericolo ambientale sono in grado di causare asma allergica, pleurica, malattia polmonare interstiziale e persinosarcoma (Bonner, 2010;Hansen et al., 2006).

## 4.2. Composti organici e contaminanti organici: composti organici volatili (VOC) in generale, compresi i COV totali (TVOC)

### 4.2.1. VOC dalle maschere – origine

I composti organici volatili (VOC) sono composti organici relativamente piccoli, di solito contenenti da cinque a 20 atomi di carbonio, che mostrano generalmente un peso molecolare nell'intervallo da 50 a 200 Dalton (Rowan, 2011). In combinazione con le maschere per il viso, sono considerati residui, probabilmente provenienti dai prodotti petrolchimici a base di combustibili fossili utilizzati nella fabbricazione del materiale filtrante polimerico plastico (Jin et al., 2021;Xie et al., 2021). Le molecole organiche a catena lunga contenute nei polimeri della maschera facciale possono liberare i COV quando sono in uso (Hui Li et al., 2022). Poiché gli strati interni delle maschere facciali sono per lo più polimeri di polipropilene e polietilene, i composti alifatici vengono prodotti quando si degradano a causa di reazioni di ossidazione (Hui Li et al., 2022). Gli studi hanno dimostrato che la degradazione di ad esempio il polietilene (uno dei principali contenuti della maschera) libera diversi VOC (ad esempio i composti alifatici 4-metileptano, ottadecano, tetracosano e 2, 4-dimetilept-1-ene) (Hui Li et al., 2022). Il processo di filatura del solvente del polimero in fibra della maschera facciale utilizza una

grande quantità di solventi organici e, ad esempio, il metanolo è il solvente organico dominante attualmente utilizzato nella produzione commerciale di fibre di acetato di cellulosa e triacetato, che sono ampiamente utilizzate come filtri antiparticolato di una maschera N95. Così, il metanolo rappresenta il 52% delle emissioni totali di COV nei respiratori N95 ([Chang et al., 2022](#)). Esempi di altri VOC comunemente rilevati nelle maschere facciali sono butene, pentene, propene e propyne ([Chang et al., 2022](#)), acrolein, glyoxal e decanal ([Jin et al., 2021](#)), xilene, toluene, benzene, caprolattamo e aldeidi ([Kerkeling et al., 2021](#)) così come il metileptano ([Hui Li et al., 2022](#)).

#### 4.2.2. VOC – rilascio/assunzione

I risultati degli studi inclusi mostrano che le concentrazioni di VOC nella zona di respirazione della maschera erano positivamente correlate con i livelli di residui di VOC nelle maschere ([Jin et al., 2021](#)). I VOC sono divisi in composti organici molto volatili (VOC) e composti organici semi-volatili (SVOC) con diverse caratteristiche di rilascio ([Shrubsole et al., 2019](#)). Secondo i dati disponibili, la quantità di possibile assunzione di VOC per inalazione durante l'uso di maschere è allarmante. Il rilascio totale di VOC nei primi minuti di utilizzo della maschera può salire a concentrazioni di 403 mg/m<sup>3</sup> per le maschere N95 durante i primi 17 minuti ([Kerkeling et al., 2021](#)). L'emissione totale di VOC della maschera facciale supera concentrazioni di 1000 µg/m<sup>3</sup> nella prima ora e raggiunge in media 445 µg/m<sup>3</sup> in una maschera chirurgica e 406 µg/m<sup>3</sup> in un respiratore N95 durante le 6 ore successive ([Chang et al., 2022](#)). Nelle mascherine per bambini questi valori sono molto più alti, anche 836 µg/m<sup>3</sup> ([Chang et al., 2022](#)), che è allarmante rispetto ai livelli abituali noti dall'aria interna. Le concentrazioni totali di COV osservate in ambienti interni in diversi paesi (tra cui Europa, Giappone, Australia, Cina) vanno in media tra 44,3 e 415 µg/m<sup>3</sup> con valori massimi di 3,36 mg/m<sup>3</sup> ([Shrubsole et al., 2019](#)). È interessante notare che, secondo i nostri dati, l'uso di una maschera facciale di N95/FFP può superare quei valori di concentrazione dell'aria interna di un fattore 971, e anche rispetto alle concentrazioni massime dell'aria interna di un fattore di 120 ([Kerkeling et al., 2021](#)).

#### 4.2.3. Limiti per i COV

Non è stabilito uno standard normativo per i residui chimici nelle mascherine per il viso ([Jin et al., 2021](#)). Tuttavia, le emissioni di VOC dei prodotti di consumo sono regolamentate in molti paesi del mondo ([Salthammer, 2022](#); [EPA degli Stati Uniti, 2015a](#)). Le norme tessili come la norma 100 di Oeko-Tex definiscono passaggi accurati nella

produzione e nella consegna di tessuti che non sono dannosi per la salute dei consumatori e includono anche limiti per i VOC ([Oeko-Tex® Standard 100, 2023](#)). Le definizioni standard dei COV nell'aria sono determinate anche negli edifici europei ([Shrubsole et al., 2019](#)). C'è menzione dei VOC in una linea guida per la qualità dell'aria ([Organizzazione mondiale della sanità, 2000](#)) e riguardante inquinanti VOC selezionati in una guida aggiuntiva dell'OMS ([Organizzazione Mondiale della Sanità, 2010](#)). Alcuni paesi presentano i loro valori di qualità dell'aria interna (IAQ) per i COV come regolamenti ([Tsai, 2019](#)). Per l'Unione europea (UE), la Comunità europea ha preparato un valore obiettivo di orientamento per i TVOC di 0,3 mg/m<sup>3</sup>, in cui nessun singolo VOC dovrebbe superare il 10% di tale obiettivo di orientamento ([Fromme et al., 2019](#); [Mølhave et al., 1997](#); [Servizi pubblici e appalti Canada, governo del Canada, 2002](#); [Seifert, 1999](#); [Tsai, 2019](#); [Tuomi e Vainiotalo, 2016](#)). Tuttavia, il concetto di VOC totale (TVOC) si è evoluto dalla necessità di studiare le miscele e rappresenta solo una somma dei singoli VOC ([Jantunen et al., 1997](#)). Pertanto, il TVOC come misura rivela poco per quanto riguarda la natura dei singoli composti, le loro concentrazioni e la possibile tossicità ([Shrubsole et al., 2019](#)). Pertanto, TVOC non è un parametro tossicologico e adatto solo per un numero limitato di scopi di screening ([Salthammer, 2022](#)).

Ad esempio, il valore della guida interna igienica tedesca per il VOC totale considera i tassi > 1 mg/m<sup>3</sup> come sospetti, > 3 mg/m<sup>3</sup> come discutibili e > 10 mg/m<sup>3</sup> come inaccettabili da un punto di vista igienico a causa di rischi per la salute ([Umweltbundesamt, 2007](#), [Umweltbundesamt, 2013](#)). È stato concordato che i livelli di TVOC nell'aria interna dovrebbero essere mantenuti il più basso possibile ragionevolmente possibile, il che è conforme al cosiddetto principio ALARA ([Salthammer, 2022](#); [Tuomi e Vainiotalo, 2016](#)). Per quanto riguarda il fatto che l'inalazione di VOC totali (TVOC) dalla zona di respirazione della maschera può essere molto alta rispetto all'esposizione ambientale ([Kerkeling et al., 2021](#)), è interessante confrontare i risultati massimi documentati negli studi inclusi con le raccomandazioni di tali istituzioni ([Umweltbundesamt, 2007](#), [Umweltbundesamt, 2013](#)). In modo inquietante, in alcuni degli studi inclusi, le concentrazioni di TVOC sono superate da tutte le maschere N95 e sono parzialmente più di 40 volte (concentrazioni di 403 mg/m<sup>3</sup> per le maschere N95 durante i primi 17 minuti) ([Kerkeling et al., 2021](#)) rispetto al limite inaccettabile per la qualità dell'aria igienica (>10 mg/m<sup>3</sup>) ([Umweltbundesamt, 2007](#), [Umweltbundesamt, 2013](#)). Il limite Oeko-Tex Standard 100 di 0,5 mg/m<sup>3</sup> TVOC può essere superato 806 volte nei 17 minuti iniziali di utilizzo della maschera N95 ([Kerkeling et al., 2021](#)). Con l'aumento del tempo di utilizzo della maschera, queste

concentrazioni diminuiscono, ma superano ancora i limiti di concentrazione di Oeko-Tex di un fattore di 2 nella prima ora sotto le mascherine chirurgiche e di un fattore di 1,7 sotto le mascherine per bambini fino alla sesta ora di utilizzo ([Chang et al., 2022](#)).

Inoltre, negli esperimenti anche le concentrazioni di xilene rilasciate dalla maschera sono state superate ([Kerkeling et al., 2021](#)), ha inserito valori che richiedono un'azione immediata secondo, ad esempio, l'Agenzia federale tedesca per l'ambiente ([Umweltbundesamt, 2007](#), [Umweltbundesamt, 2013](#)). Inoltre, utilizzando una maschera in condizioni di riposo, per 17 minuti con una respirazione media di 0,236 m<sup>3</sup> secondo i dati di Kerkeling et al. (concentrazioni massime di xilene di 12 mg/m<sup>3</sup> con media aritmetica di 529 µg/m<sup>3</sup>) ([Kerkeling et al., 2021](#)) la concentrazione di xilene in mg/kg (calcolo assumendo che la maschera pesi 4 g) sarebbe in media 3 volte superiore (e nel peggiore dei casi 70,8 volte) superiore al valore limite Oeko-Tex Standard 100 per i tessuti (10 mg/kg) ([Oeko-Tex® Standard 100, 2023](#)) Un altro particolare VOC, l'acroleina, è aumentato durante i primi 30 minuti di utilizzo della maschera a oltre 0,049 µg/m<sup>3</sup> nella zona di respirazione dietro la maschera di tutte le maschere testate ([Jin et al., 2021](#)), superando la concentrazione di riferimento per inalazione (RfC; una concentrazione giornaliera di esposizione per inalazione al di sotto della quale non produce alcun rischio apprezzabile) per l'acroleina (0,02 µg/m<sup>3</sup>) fissata dall'EPA ([EPA degli Stati Uniti, Acrolein, 2003](#); [Centro nazionale per la valutazione ambientale dell'EPA degli Stati Uniti, 2003](#)). Inoltre, indossare la maschera contenente il più alto livello di residui di acroleina (0,64 µg/maschera) ha aumentato le concentrazioni di acroleina nella zona di respirazione dietro la maschera a oltre 0,5 µg/m<sup>3</sup> ed è rimasto al di sopra del RfC per 1 ora ([Jin et al., 2021](#)). Inoltre, nelle valutazioni con diverse maschere facciali tra cui N95 e maschere tessili, Xie et al. hanno riportato il 73,6% di tutti i campioni di maschere che superano un rischio cancerogeno cumulativo calcolato (CCR) per i semi-VOC ([Xie et al., 2021](#)).

#### 4.2.4. COV – rischi

I VOC sono sostanze irritanti respiratorie e agenti cancerogeni sospetti o noti ([Jin et al., 2021](#)). Ci sono prove che un'esposizione media giornaliera (8 ore) a TVOC superiore all'intervallo 300 µg/m<sup>3</sup> è associata a disagio acuto percepito e a sintomi temporanei di irritazione negli occhi e nel sistema respiratorio ([Tuomi e Vainiotalo, 2016](#)). Quando la concentrazione media di TVOC supera i 3000 µg/m<sup>3</sup> il numero di lamentele aumenta, mentre una concentrazione media superiore a 25 mg/m<sup>3</sup> porta ad un aumento

della prevalenza di sintomi irritanti negli occhi e nelle vie respiratorie ( [Tuomi e Vainiotalo, 2016](#)). Inoltre, secondo l'OMS, gli effetti sulla salute riportati per i VOC vanno dall'irritazione sensoriale agli effetti comportamentali, neurotossici, epatotossici e genotossici ([Organizzazione mondiale della sanità, 2000](#)). Un'esposizione a una miscela di VOC come mostrato per le maschere per il viso secondo i nostri risultati (TVOC, [Tabella 2](#)) ([Chang et al., 2022](#); [Hui Li et al., 2022](#); [Jin et al., 2021](#); [Kerkeeling et al., 2021](#); [Xie et al., 2021](#)) può essere un importante fattore scatenante della cosiddetta sindrome da costruzione Sick (SBS) ([Organizzazione mondiale della sanità, 2000](#)). I sintomi simili a SBS sono stati collegati all'uso della maschera in recenti revisioni complete sugli effetti avversi della maschera facciale ([Kisielinski et al., 2021, 2023a](#)). Forse, alcuni dei sintomi che si verificano immediatamente durante l'uso di una maschera possono essere causati da sostanze chimiche tossiche rilasciate dalla maschera facciale.

Secondo un documento dell'OMS, la neurotossicità, la genotossicità e la cancerogenicità si esprimono a lungo tempo dopo l'esposizione ai VOC e si presume che non vi sia una concentrazione di soglia per un effetto, quindi la stima del rischio è estesa a concentrazioni molto basse ([Jantunen et al., 1997](#)) che richiede il principio ALARA ([Salthammer, 2022](#)).

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente degli Stati Uniti e la Public Health England elencano i potenziali effetti sulla salute dei VOC, tra cui irritazione degli occhi e delle vie respiratorie, allergie e asma, sintomi del sistema nervoso centrale, danni al fegato e ai reni, nonché rischi di cancro ([Shrubsole et al., 2019](#)). Alcuni VOC emessi dalle maschere facciali hanno proprietà tossiche metaboliche (ad esempio il metanolo con effetti tossici predominanti dei suoi metaboliti) con esposizione a breve termine con conseguente vertigini, visione offuscata e mal di testa ([Chang et al., 2022](#)). Purtroppo, i bambini nelle scuole che sono particolarmente vulnerabili a molte classi di tali VOC ([Bayati et al., 2021](#)) sono stati incaricati di indossare mascherine per lunghi periodi durante la pandemia di SARS-CoV-2 ([Ladhani, 2022](#); [Thomson, 2022](#)).

### 4.3. Composti organici specifici: esteri organofosfati (OPE) e ritardanti di fiamma organofosfati (OPFR)

#### 4.3.1. OPE e OPFR dalle maschere – origine

Gli esteri organofosforici (OPE) sono una classe di composti organici contenenti fosfato

coniugato all'ossigeno (Yang et al., 2022). Gli OPE, spesso usati come plastificanti, vengono aggiunti per rendere il materiale della maschera più morbido e flessibile, mentre i ritardanti di fiamma organofosforo (OPFR un tipo speciale di OPE) sono additivi chimici ai componenti della maschera facciale progettati per prevenire l'accensione (Fernández-Arribas et al., 2021; Xie et al., 2021). Le maschere facciali sono prodotte con proprietà ignifughe e gli OPFR vengono solitamente applicati come tali ritardanti di fiamma durante il processo di fabbricazione del tessuto della maschera (Xie et al., 2022). Più OPFR sono coinvolti nella produzione delle mascherine N95 rispetto ad altre mascherine mediche (Xie et al., 2021). Le OPE più comuni rilevate nelle mascherine mediche sono il trietil fosfato (TEP), il trifenil fosfato (TPHP), il tri-n-butil fosfato (TnBP), il tris(2-etilesil) fosfato (TEHP), il tris(1,3-dicloro-2-propil) fosfato (TDCIPP) e il tris(2-cloroisopropil) fosfato (TCIPP) (Fernández-Arribas et al., 2021; Xie et al., 2021).

#### 4.3.2. OPE e OPFR dalle mascherine – rilascio/assunzione

Fino al 92,5% dei campioni di maschera contiene OPFR (Xie et al., 2021). I valori medi delle concentrazioni totali degli OPFR nelle maschere KN95 erano 224 ng/g (Xie et al., 2021). Tutte le maschere analizzate negli studi inclusi hanno presentato una contaminazione OPE, con valori massimi fino a 27,7 µg/maschera nella FFP3. I valori massimi di OPE per le mascherine N95 erano di 20,4 µg e per le mascherine chirurgiche di 0,717 µg (Fernández-Arribas et al., 2021). È interessante notare che i livelli più alti di OPE sono stati trovati nelle mascherine N95, mentre i valori più bassi erano quelli delle mascherine chirurgiche. Le percentuali di inalazione OPE stimate durante l'uso delle maschere erano di circa il 10% secondo Fernandez-Arribas et al., ma i test sperimentali non hanno considerato l'umidità presente tra la maschera e il viso durante l'inalazione e le temperature di esposizione più elevate durante l'estate o l'esercizio fisico (scenario del mondo reale). Poiché questi fattori possono influenzare una maggiore emissione di plastificanti dalla maschera, tali risultati potrebbero sottovalutare le quantità reali di plastificanti che possono essere inalati (Fernández-Arribas et al., 2021).

#### 4.3.3. Limiti per OPE e OPFR

Non esiste un regolamento specifico per gli additivi biologici nelle maschere per il viso (Fernández-Arribas et al., 2021).

Tuttavia, l'Agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti (USEPA) aggiorna regolarmente la dose di riferimento orale (RfD) e i fattori di pendenza del cancro orale

(SFO) di alcuni OPE ([EPA degli Stati Uniti, 2015b](#)).

Analogamente, l'Unione europea (UE) ha introdotto regolamenti e criteri per la classificazione dei pericoli e l'etichettatura di talune OPE (regolamento (CE) n. 1272/2008) ([Regolamento \(CE\) n. 1272/2008, 2008](#)).

Per i tessuti la norma Oeko-Tex Standard 100 fissa i limiti per il contenuto di ritardanti di fiamma ([Oeko-Tex® Standard 100, 2023](#)).

Xie et al. e Fernandes-Arribas non hanno dedotto alcun rischio evidente per le OPE e gli OPFRS dalle mascherine ([Fernández-Arribas et al., 2021](#); [Xie et al., 2021](#)). Tuttavia, è importante notare che l'esposizione all'OPE si verifica anche attraverso altre vie, come l'inalazione interna/esterna, l'ingestione di polvere, l'assorbimento dermico, l'assunzione dietetica e la somma di tutte queste esposizioni (incluso l'uso della maschera) può portare i valori più vicini (o addirittura al di sopra) ai limiti di sicurezza stabiliti ([Fernández-Arribas et al., 2021](#)).

#### 4.3.4. OPE e OPFR – rischi

Le OPE sono associate ad asma e allergie, alcuni rischi di cancro portuale ([EPA degli Stati Uniti, 2015b](#)).

Gli OPFRS e gli OPE sono prevalentemente metabolizzati in esteri diaril e dialchil fosfato (DAP) nel corpo umano ([Yang et al., 2022](#)) e ci sono molti rischi per la salute segnalati associati ai DAP tra cui infertilità, stress ossidativo del DNA, malattie renali e, nel caso delle donne in gravidanza, deficit dello sviluppo comportamentale comprendente depressione, problemi di attenzione, ritiro dalla prole ([Yang et al., 2022](#)). Sono stati osservati speciali OPE, ad esempio il tri-n-butil fosfato (TnBP), che disturbano le funzioni endocrine e riproduttive e lo sviluppo del sistema nervoso ([Lui e al., 2020](#)). Studi epidemiologici hanno riportato che l'esposizione al tris(1,3-dicloro-2-propil) fosfato (TDCIPP) è associata a un declino della qualità dello sperma ([Lui e al., 2020](#)). Pertanto, Fernandez-Arribas et al. suggeriscono che le maschere N95 sono le meno raccomandate per essere utilizzate dalla popolazione quando si considera l'esposizione agli OPE ([Fernández-Arribas et al., 2021](#)).

### 4.4. Composti organici specifici: filtri UV

#### 4.4.1. Filtri UV dalle maschere – origine

I filtri UV organici sono un gruppo di sostanze chimiche che grazie alla loro struttura chimica sono in grado di assorbire l'irradiazione UV con il loro alto grado di coniugazione (Huang et al., 2021b). I filtri UV non sono solo componenti nei prodotti per la protezione solare, ma sono anche ampiamente utilizzati in altri prodotti, ad esempio plastica, tessuti e anche maschere per il viso per proteggerli dalla fotodegradazione innescata dai raggi UV (Huang et al., 2021b). Esempi di alcuni semplici filtri UV popolari rilevati nelle maschere facciali sono: benzotiazolo, ossibenzone, ottocrilene, benzofenone, ottil salicilato, ottil metossicinnamato e ottocrilene (Xie et al., 2021).

#### 4.4.2. Filtri UV dalle maschere – rilascio/assunzione

I filtri UV contribuiscono in modo più significativo all'esposizione alle SVOC che rappresentano il 40% (valore medio) e sono stati rilevati nel 96,2% dei campioni di maschera (Xie et al., 2021). Per il contenuto di filtri UV, non è stata trovata alcuna differenza significativa tra i diversi tipi di maschere (Xie et al., 2021). Il valore mediano dei livelli totali di filtri UV in diverse maschere calcolato con i dati di uno studio incluso (Xie et al., 2021) è di circa 3,43 µg/maschera (peso medio della maschera 3,15 g) e la dose di esposizione giornaliera media calcolata per i filtri UV delle maschere facciali è di 0,99 ng/kg di peso corporeo/giorno (Xie et al., 2021).

#### 4.4.3. Limiti per i filtri UV

Non è stato stabilito uno standard normativo per i residui chimici nelle maschere per il viso, tuttavia, in tutto il mondo un totale di 45 filtri UV organici sono consentiti solo come additivi nei cosmetici con limiti che vanno dal 2 al 20% (Huang et al., 2021b). Per i tessuti la norma Oeko-Tex Standard 100 fissa anche i limiti per il contenuto del filtro UV, essendo lo 0,1% (Oeko-Tex® Standard 100, 2023). Nei campioni di polvere interna provenienti dalla Cina orientale, la concentrazione totale di quattro filtri UV variava da 66,6 a 56.123 ng/g (Huang et al., 2021b).

Per quanto riguarda la concentrazione di filtri UV nelle maschere per il viso dagli studi inclusi (Tabella 2) (Xie et al., 2021), l'esposizione mentre si indossa una maschera non appare significativamente superiore a quella di altre fonti ad alta esposizione come la polvere interna (Huang et al., 2021b). Tuttavia, le concentrazioni massime di filtri UV nelle maschere sono di circa 3,43 µg/g (Xie et al., 2021) dovrebbe essere considerato in modo critico, in particolare per quanto riguarda i limiti Oeko-Tex inferiori allo 0,1% (Oeko-Tex® Standard 100, 2023). Inoltre, per quanto riguarda il fatto che le maschere

comportano il rischio di inalare molte microplastiche provenienti dal tessuto della maschera stesso (37- volte l'aumento delle particelle di microplastica inalate rispetto all'aria interna, vedere la sezione di microplastica sopra e [Tabella 2, Fig. 3](#)), le maschere per il viso sono indubbiamente in grado di ingrandire l'esposizione giornaliera totale ai filtri UV.

#### 4.4.4. Filtri UV – rischi

I filtri UV, essendo altamente lipofili, tendono ad accumularsi dopo l'assorbimento dermico, l'assunzione orale o l'inalazione nei tessuti adiposi ([Huang et al., 2021b](#)). È noto dagli studi che i filtri UV ospitano una potenziale interruzione endocrina con effetti negativi sulla placenta, sugli embrioni umani e sullo sperma umano. I possibili effetti tossici comprendono l'infertilità degli uomini e i composti solfonati dei filtri UV sono stati segnalati per agire come agenti alchilanti del DNA (mutageni) e come agenti genotossici ([Gesù et al., 2022](#)). Inoltre, ci sono segnalazioni di associazione di filtri UV organici con lo stress ossidativo, l'obesità, tra cui diverse malattie come il diabete, l'osteoartrite, le malattie respiratorie/allergiche, il cancro al seno, la sindrome dell'ovaio policistico, la diminuzione del testosterone nei ragazzi adolescenti e la riduzione dell'estradiolo, l'ormone follicolo-stimolante e l'ormone luteinizzante nelle donne sane e nelle donne in gravidanza anche effetti sulla generazione successiva ([Huang et al., 2021b](#)).

#### 4.5. Composti organici specifici: ftalati e ftalati esteri (PAE)

##### 4.5.1. Ftalati e PAE dalle maschere – origine

Gli ftalati e gli esteri di ftalati (PAE) sono composti organici a basso peso molecolare e comunemente usati come plastificanti, aggiunti per dare al materiale plastico della maschera maggiore morbidezza, flessibilità e durata ([Jin et al., 2021](#); [Min et al., 2021](#); [Zuri et al., 2022](#)).

##### 4.5.2. Ftalati e PAE dalle mascherine – rilascio / assunzione

Poiché i PAE non sono legati covalentemente al polimero e combinati con la matrice plastica solo da legami idrogeno o forze di van der Waals, i PAE possono facilmente fuoriuscire dal materiale delle maschere ([Min et al., 2021](#)). È interessante notare che le mascherine chirurgiche sono responsabili di livelli e rilasci più elevati rispetto alle

mascherine N95.

Xie et al., 2022 ha misurato le concentrazioni totali degli ftalati che vanno fino a un massimo di 37,7 µg/g contribuendo a 191,64 µg/maschera (Xie et al., 2022). Nel loro studio analitico, Min et al. hanno trovato alcuni PAE come il diesel ftalato (DHXP) più di 0,9 µg/g o 200 µg/m<sup>2</sup> (Min et al., 2021). Gli ftalati più frequenti rilevati sono stati DEXP, DEHP, DAP e BBP (Min et al., 2021).

Secondo i nostri calcoli basati sui dati di Vimalkumar et al. (Tabella 1), i livelli massimi di PAE noti nelle maschere tessili erano 5,85 µg per DEP, 6,325 µg per di-iso-butil ftalato (DiBP), 5,025 µg per DBP, 19,175 µg per DEHP e 13,75 µg di forbutil benzil ftalato (BBzP) (Vimalkumar et al., 2022).

### 4.5.3. Limiti per ftalati e PAE

Non esistono regolamenti riguardanti ftalati e PAES nelle maschere per il viso (Fernández-Arribas et al., 2021; Jin et al., 2021; Liu et al., 2022a; Min et al., 2021; Wang et al., 2022; Xie et al., 2021, Xie et al., 2022; Zuri et al., 2022). L'UE ha vietato l'immissione di merci con un contenuto di ftalati superiore allo 0,1% in peso del materiale (somma di DEHP, DBP, BBP e DiBP) (Regolamento UE della Commissione n. 126/2013, 2013). Diversi studi inclusi indicano possibili superamenti di questo limite nelle maschere (Min et al., 2021; Vimalkumar et al., 2022; Xie et al., 2022; Zuri et al., 2022). Di conseguenza, Zuri et al., 2022 hanno trovato concentrazioni totali per ftalati di 35 µg/maschera per FFP(N95) e 25,3 µg/maschera per la maschera chirurgica (Zuri et al., 2022).

Nello studio analitico di Xie et al., 2022, le concentrazioni totali degli ftalati per una maschera tessile con 50 campioni di maschera hanno mostrato potenziali rischi cancerogeni nei calcoli del rischio cumulativo (Xie et al., 2022). La concentrazione massima della maschera tessile usa e getta di DEHP (36,73 µg/g) nello studio menzionato supererebbe anche il limite di soglia per ftalato/plastificante stabilito da Oeko-Tex Standard 100 (0,01% del peso) del fattore 367; per la maschera N95 (6,3 µg/g), il superamento sarebbe un fattore di 63 (Oeko-Tex® Standard 100, 2023; Xie et al., 2022).

### 4.5.4. Ftalati e PAE – rischi

L'esposizione ai ftalati è associata ad asma, obesità, compromissione dello sviluppo riproduttivo, interruzione endocrina e infertilità (Jin et al., 2021; Wang e Qian, 2021).

Inoltre, gli ftalati e i PAE sono noti come interferenti endocrini che possono avere effetti negativi sull'equilibrio e sullo sviluppo ormonale umano e ospitare anche un potenziale cancerogeno (Min et al., 2021; Wang e Qian, 2021). Così, anche le PAE appartengono alle sostanze "tre-causatrici", essendo cancerogene, teratogene e mutagene (Zuri et al., 2022).

In modo allarmante, il DEHP, che è un noto antagonista degli androgeni e ha dimostrato di avere un effetto duraturo sulla funzione riproduttiva maschile e sulla cancerogenicità, è stato rilevato in un terzo dei campioni di maschera testati a concentrazioni fino a 1450 ng/maschera da Jin et al (Jin et al., 2021). Gli ftalati, poiché le sostanze chimiche che distruggono l'endocrino sono dannose per il sistema riproduttivo, neurologico e dello sviluppo e i bambini sono a un livello più elevato di esposizione e più vulnerabili agli ftalati rispetto agli adulti (Wang e Qian, 2021).

## 4.6. Composti organici specifici: idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

### 4.6.1. IPA dalle maschere – origine

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) appartengono a una classe di sostanze organiche pericolose che contengono due o più anelli di idrocarburi aromatici fusi (Sun et al., 2021). In generale, gli IPA non vengono aggiunti intenzionalmente nelle maschere, ma esistono nelle materie prime comunemente usate come plastificanti o riempitivi (Xie et al., 2021). Pertanto, gli IPA sono onnipresenti negli articoli in plastica fabbricati con materiali derivati dal petrolio e possono rimanere in materie plastiche a base di polimeri come le maschere per il viso (Jin et al., 2021).

Esempi di IPA trovati nelle maschere facciali sono: naftalene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(a)pirene (Xie et al., 2021).

### 4.6.2. IPA dalle mascherine – rilascio/assunzione

Nel suo studio analitico Xie et al. hanno rilevato gli IPA nel 90,6% dei campioni di maschera (Xie et al., 2021). Il naftalene era la più abbondante IPA trasmessa dalla maschera (5296 ng/maschera chirurgica), che rappresentava oltre l'80% dei livelli totali di IPA (5563 ng/maschera chirurgica) (Jin et al., 2021).

### 4.6.3. Limiti per gli IPA

Già nel 2011, l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) nel 2011 ha fissato un limite medio ponderato nel tempo (TWA) di 8 ore di IPA di 0,2 mg/m<sup>3</sup> nell'aria ([Idrocarburi aromatici policiclici \(IPA\), 2021](#)). La direttiva ECMRD 2004/37/CE dell'ECHA elenca e fornisce il consiglio sulla limitazione dell'esposizione a diversi IPA cancerogeni, per quanto possibile ([Direttiva, 2004/37/CE, 2004](#)).

Tuttavia, la norma Oeko-Tex consente fino a 10 mg/kg di IPA nei tessuti con fibre di plastica e sintetiche ([Oeko-Tex® Standard 100, 2023](#)).

#### 4.6.4. IPA – rischi

Per quanto riguarda gli IPA, l'uso senza precedenti di mascherine facciali in tutto il mondo durante la pandemia di SARS-CoV-2 da parte di quasi tutte le parti della popolazione (esposizione a lungo termine a livello di popolazione) ([Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023](#)) avrebbe potuto rappresentare un rischio per la salute.

Gli IPA sono una classe tipica di sostanze "tre causali" (cancerogene, teratogene e mutagene). Con l'aumentare del numero di anelli nella struttura molecolare, la tossicità degli IPA diventa più forte ([Sun et al., 2021](#)). Esistono prove riguardanti gli effetti avversi degli IPA, tra cui cancerogenicità e teratogenicità, genotossicità, effetti di disturbo riproduttivo e endocrino, immunotossicità e neurotossicità ([Sun et al., 2021](#)).

Il benzo[*a*]pirene è un cancerogeno ben noto e ampiamente studiato, principalmente responsabile del cancro ai polmoni causato dal fumo di sigaretta. È anche la causa principale del cancro dello spazzacamino, un tumore della membrana testicolare derivante da irritazione della fuligine contenente benzo[*a*]pirene ([Bukowska et al., 2022](#); [Sun et al., 2021](#)). Pertanto, è degno di nota, che Xie et al. hanno rilevato benzo[*a*]pirene più volte in concentrazioni sostanziali, anche in maschere per neonati ([Xie et al., 2021](#)). Xie et al. hanno riassunto che oltre il 70% delle maschere testate "ha superato il livello di sicurezza per i rischi cancerogeni".

### 4.7. Composti organici specifici: sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS)

#### 4.7.1. PFAS dalle maschere – origine

Le sostanze poli- e perfluoroalchiliche (PFAS) sono una famiglia di composti organici

altamente fluorurati (Sunderland et al., 2019). Le maschere facciali sono progettate non solo per prevenire l'inalazione di particelle o agenti patogeni (batteri, funghi) ma anche per respingere i fluidi (ad esempio, corpo) e in molti tessuti idrorepellenti il fattore di repellente indica la potenziale presenza di PFAS, che sono componenti noti anche di attrezzi speciali (Muensterman et al., 2022; Sunderland et al., 2019). Inoltre, la loro abbondanza nelle maschere facciali potrebbe provenire da fonti come l'acqua colpita da PFAS utilizzata nella produzione e PFAS nei componenti per mantenere o far funzionare i macchinari. I legami carbonio-fluoro (estremamente forti), insieme ad altre proprietà chimiche speciali, sono responsabili del fatto che molti PFAS non sono sensibilmente degradati in condizioni ambientali (Sunderland et al., 2019).

#### 4.7.2. PFAS dalle mascherine – rilascio/assunzione

Dei PFAS non volatili nelle maschere, i perfluoroalchil carbossilati (PFCA) hanno mostrato la più alta abbondanza, seguiti da PFAS a base di fluorotelomero e dai solfonati di perfluoroalchil (PFSA) (Muensterman et al., 2022). I PFAS non volatili sono stati trovati in tutte le maschere facciali e i PFAS volatili sono stati trovati in cinque delle nove (55,5%) delle maschere facciali valutate (Muensterman et al., 2022). Il fluoro totale era quantificabile nella maggior parte delle maschere per il viso e variava fino a 40.000 nmol F/cm<sup>2</sup>. Le concentrazioni di PFAS sommate sono state fino a 2900 µg/m<sup>2</sup> (Muensterman et al., 2022). Nelle stime dell'esposizione umana indossare mascherine trattate con alti livelli di PFAS per lunghi periodi di tempo può essere una notevole fonte di esposizione: l'elevata attività fisica ha aumentato l'esposizione all'inalazione a oltre il 70% (bambini), il 700% (donne) e il 400% (uomini) in più rispetto alle vie di ingestione e all'esposizione cutanea sommate (Muensterman et al., 2022).

#### 4.7.3. Limiti per PFAS

Non è stato stabilito uno standard normativo per il PFAS nelle maschere facciali. I nostri calcoli mostrano valori inquietanti delle concentrazioni di PFAS nelle maschere. Al contrario, l'Agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti (EPA) vuole che i limiti per i singoli PFAS nell'acqua potabile siano il più vicino possibile a zero con concentrazioni in parti per trillione ( $10^{-12}$ ), ad es. 0,004 ppt per PFOA e 0,02 ppt per PFOS (EPA degli Stati Uniti, 2020). Allo stesso modo, la Commissione europea a lungo termine mira a vietare tutti i PFAS, ma la sua direttiva sull'acqua potabile, che è entrata in vigore nel gennaio 2021, include un limite di 0,5 µg/l per tutti i PFAS (direttiva (UE) 2020/2184 sulla qualità dell'acqua destinata al consumo umano (rifusione)) (

[Direttiva \(UE\) 2020/2184, 2020](#); [Sostanze per- e polifluoroalchiliche PFAS - ECHA, 2023](#)). In modo allarmante, Muensterman et al. hanno stimato l'esposizione per inalazione a bambini che indossano una maschera ricca di PFAS a un livello moderato di attività fisica di 7,04 µg/kg di peso corporeo/giorno, superando la dose di riferimento per l'alcol fluorotelomero 6:2 (FTOH) di 5 µg/kg di peso corporeo al giorno sulla base dei dati del Ministero dell'Ambiente danese ([Kjølholt et al., 2015](#); [Muensterman et al., 2022](#)). Inoltre, calcolando con un peso medio di 2,5 g per le mascherine di stoffa e 3 g per le mascherine chirurgiche ([Fernández-Arribas et al., 2021](#); [Xie et al., 2022](#)) e una superficie media della maschera di 0,023 m<sup>2</sup> ([Rengasamy et al., 2009](#)) secondo i dati di Muensterman et al. il contenuto di PFAS della maschera supererebbe la concentrazione della norma Oeko-Tex di 250 µg/kg ([Oeko-Tex® Standard 100, 2023](#)): per le mascherine chirurgiche con un fattore di 1,4 (352,7 µg/kg) e per le mascherine in tessuto con un fattore di 33,5 (8372 µg/kg) ([Muensterman et al., 2022](#)).

#### 4.7.4. PFAS – rischi

Per il PFAS esiste una prova di aumento del rischio di cancro ([Sunderland et al., 2019](#)). Ci sono anche dati solidi che indicano l'immunosoppressione e una maggiore suscettibilità alle infezioni correlata all'esposizione al PFAS, nonché a malattie metaboliche come diabete, sovrappeso, obesità e malattie cardiache ([Sunderland et al., 2019](#)). E per quanto riguarda le donne incinte, ci sono effetti di sviluppo neurologico del PFAS sulla prole, tra cui il disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD) e i comportamenti disturbati nell'infanzia, e funzioni neuropsicologiche come il declino del QI ([Sunderland et al., 2019](#)). Questi rischi spiegano perché l'EPA vuole che i limiti per il PFAS siano il più vicino possibile a zero ([EPA degli Stati Uniti, 2020](#)).

### 4.8. *Oligoelementi e metalli (pesanti) compreso TiO<sub>2</sub>*

#### 4.8.1. Oligoelementi e metalli pesanti dalle maschere – origine

In particolare, sia le maschere chirurgiche che quelle KN95, sono composte da polimeri di carbonio termoplastici sintetici che sono sintetizzati da una varietà di processi chimici, che richiedono una gamma di catalizzatori di metalli pesanti (Sb, Ti, Zr e Sn) ([Bussan et al., 2022](#)).

Oltre alla funzione catalitica, i metalli e i metalli pesanti sono coinvolti in diverse altre fasi della produzione di polimeri come: additivi per ritardanti di fiamma (Sb e Al),

pigmenti (Pb, Cd, Cr, Cu) e stabilizzanti (Pb e Cd) (Bussan et al., 2022). Alcune maschere hanno intenzionalmente nanoparticelle di biossido di titanio legate all'interno delle fibre, poiché questo composto presenta proprietà antimicrobiche (Delgado-Gallardo et al., 2022). Inoltre, le particelle di TiO<sub>2</sub> vengono applicate come colorante bianco o come agente di stuoia, o per garantire la durata riducendo la rottura dei polimeri dalla luce ultravioletta (Verleysen et al., 2022). Inoltre, le nanoparticelle Cu incorporate nelle matrici polimeriche sono utilizzate per sviluppare nanocompositi polimerici con proprietà antibatteriche (Bussan et al., 2022). Inoltre, poiché le maschere facciali sono prodotte con diversi strati di filtro e un telaio metallico a filo di naso, alcuni degli oligoelementi e dei metalli pesanti rilevati potrebbero avere la loro origine dal filo del naso in acciaio inossidabile. L'acciaio inossidabile è prodotto per zincatura e, ad esempio, lo zinco utilizzato nell'acciaio zincato, così come tracce di piombo possono contaminarlo (Hui Li et al., 2022). Tuttavia, si presume che anche i metalli accumulati dall'ambiente, i metalli provenienti da additivi come il colorante applicato alle maschere, nonché i metalli provenienti da altre fonti in forma particolato o non particolato siano rilevati nei campioni di maschera (Meier et al., 2022).

#### 4.8.2. Oligoelementi e metalli pesanti dalle maschere – rilascio/assunzione

Gli oligoelementi e i metalli pesanti in una maschera possono raggiungere chi indossa la maschera attraverso il respiro umido e la saliva. L'esposizione potrebbe verificarsi in persone che usano ampiamente maschere contaminate o in bambini che possono masticare/giocare con il materiale della maschera. È anche importante sottolineare che la saliva umana contiene una moltitudine di enzimi che potrebbero migliorare la lisciviazione dei metalli (Bussan et al., 2022).

Nei loro esperimenti sulla saliva Bussan et al. potrebbero dimostrare che c'è un'alta possibilità che gli oligoelementi si liscivino da una maschera che li contiene. In particolare, Pb si è lisciviato quasi al 60% dopo un'esposizione di 6 ore a una soluzione salina (Bussan et al., 2022).

Opportunamente, oltre al rilascio di altre tossine, Li et al. potrebbero dimostrare che le mascherine chirurgiche contengono diversi tipi di metalli potenzialmente tossici come Cd, Cr e Pb e li hanno lisciviati nel seguente ordine di concentrazione: Pb > Cr > Cd (Hui Li et al., 2022).

Nel loro studio sperimentale, Verleysen et al. hanno descritto la massa totale di TiO<sub>2</sub> fino a 152.345 µg per maschera tessile riutilizzabile (Verleysen et al., 2022). La massa stimata di TiO<sub>2</sub> sulla superficie della fibra inalabile variava da 17 a 4394 µg e superava sistematicamente 1220 volte il livello di esposizione accettabile al TiO<sub>2</sub> per inalazione (3,6 µg, calcolato da Verleysen et al.) in uno scenario in cui le maschere facciali vengono indossate intensamente (Verleysen et al., 2022).

#### 4.8.3. Limiti per gli oligoelementi e i metalli pesanti

Gli standard per la maschera facciale non esistono per quanto riguarda gli oligoelementi e i metalli pesanti a nostra conoscenza. Le norme tessili come la norma 100 di Oeko-Tex definiscono il contenuto di tossine nei tessuti che non sono dannose per la salute dei consumatori e includono anche limiti per gli oligoelementi e i metalli (Oeko-Tex® Standard 100, 2023). Secondo i nostri calcoli basati sui dati di Sullivan et al. (Tabella 1), questi valori di soglia stabiliti dallo standard Oeko-Tex sarebbero superati in uno scenario peggiore per Pb, Cd e Sb di un fattore rispettivamente di 3,4, 1,92 e 1,31 (Oeko-Tex® Standard 100, 2023; Sullivan et al., 2021).

Allo stesso modo, un calcolo con i dati di Bussan et al. ha mostrato anche un superamento dei valori limite per Pb (chirurgico), Cu (chirurgico) e Sb (KN95) di un fattore di 66,5, 8,2 e 3, rispettivamente (Bussan et al., 2022; Oeko-Tex® Standard 100, 2023). Inoltre, per quanto riguarda i risultati massimi riportati da Z. Liu et al. per Cd, Pb e Co, i livelli Oeko-Tex Standard 100 sarebbero superati rispettivamente 2,2-, 1,1- e 1,3-fold (Liu et al., 2022b; Oeko-Tex® Standard 100, 2023).

#### 4.8.4. Oligoelementi e metalli pesanti – rischi

I metalli pesanti possono avere diversi effetti, a seconda del metallo specifico e della sua concentrazione, compresi i disturbi neurologici e le malattie muscolari (Delgado-Gallardo et al., 2022). Le nanoparticelle di TiO<sub>2</sub> possono causare stress ossidativo e avere un effetto genotossico (Delgado-Gallardo et al., 2022). Inoltre, quando inalato, il TiO<sub>2</sub> è un sospetto cancerogeno umano (Verleysen et al., 2022). Allo stesso modo, l'ingestione di Cd, Co, Cr e Pb è stato segnalato per avere un potenziale rischio cancerogeno sia per i bambini che per gli adulti (Liu et al., 2022b). Anche basse esposizioni a Pb possono portare a danni neurologici ed essere dannosi per lo sviluppo fetale (Sullivan et al., 2021). Pb inalato e ingerito può causare gravi danni cerebrali, danni al sistema riproduttivo e morte in concentrazioni più elevate (Bussan et al., 2022). Sb è

un possibile cancerogeno e può causare pneumoconiosi, bronchite anche cronica, enfisema cronico, aderenze pleuriche e irritazione respiratoria (Bussan et al., 2022). Come tale, l'allergia da contatto a Cr, Ni e Co sono le allergie ai metalli più comuni e circa l'1-3% della popolazione adulta generale è colpita (Liu et al., 2022b). Inoltre, più interazioni metallo-metallo, ad es. Cd, Cu, Ni e Zn, possono contribuire a una maggiore tossicità in una miscela (Liu et al., 2022b).

#### 4.9. Conseguenze per le autorità scientifiche e di vigilanza

Molto prima che la pandemia le mascherine fossero state introdotte sia in medicina che in sanità (in particolare chirurgia, mascherine chirurgiche) e in alcune industrie manifatturiere (prevalentemente FFP2 e FFP3, N95) per proteggere gli esseri umani (Belkin, 1997; Hodous e Coffey, 1994; Kisielinski et al., 2021; Lee et al., 2008; Matuschek et al., 2020), con l'obiettivo di prevenire o ridurre al minimo l'infezione o la contaminazione (Gratton e McLaws, 2010; Kisielinski et al., 2021; Kisielinski et al., 2023a; Lee et al., 2008; Liu et al., 2023; Loeb et al., 2009; Ntlailane e Wichmann, 2019; Qian et al., 1998; Rengasamy et al., 2009; Samaranayake et al., 2020; Smith et al., 2016; Willeke et al., 1996). Ciò è dovuto alla prevenzione primaria, ma a volte le maschere possono essere utilizzate come prevenzione secondaria o terziaria. Tali indicazioni comprendono ad esempio i seguenti effetti protettivi desiderati: 1) lavoratori dall'inalazione (autoprotezione), 2) ferite da respiratori/aerosol dei chirurghi carichi di batteri (controllo della fonte), 3) ambiente da pazienti contagiosi, ad esempio tubercolosi (controllo della fonte) e 4) individui e personale medico da aerosol da pazienti contagiosi (autoprotezione). Tuttavia, l'efficacia reale delle maschere facciali in ambito sanitario era discutibile molto prima del 2020 (Vincent ed Edwards, 2016) e anche il loro ruolo in sala operatoria rimane controverso (Burdick e Maibach, 2021). I rischi e i benefici di richiedere l'uso della maschera da parte delle popolazioni devono essere valutati dal punto di vista etico e medico secondo la medicina basata sull'evidenza (Kisielinski et al., 2021, 2023a; Sandlund et al., 2023; OMS, 2001; Associazione Medica Mondiale, 2013). Per richiedere maschere, gli effetti collaterali e i rischi del mondo reale devono essere inferiori al rischio di non indossare una maschera. Una valutazione Cochrane gold-standard, basata su studi clinici, non ha trovato prove sostanziali di efficacia nella prevenzione delle infezioni respiratorie virali (Jefferson et al., 2023). Di conseguenza, una recente revisione sistematica degli studi non è riuscita a trovare una prova di beneficio dal mascherare i bambini, per proteggere se stessi o coloro che li circondano, dal COVID-19 (Sandlund et al., 2023). E, un recente

studio trasversale con 3209 partecipanti, anche se con diversi possibili fattori confondenti, ha persino scoperto che l'uso della maschera è associato a un aumento del rischio di infezione da COVID-19 (dal +33% al +40%) (Elgersma et al., 2023).

Attualmente, il controllo di qualità delle maschere facciali si concentra solo sulle loro proprietà fisiche e biologiche, cioè l'efficienza di filtrazione, ad esempio, ASTM F2101 e EN 14683 (Forouzandeh et al., 2021; Rengasamy et al., 2009), BS EN 14683:2019 (Jin et al., 2021) e popolazioni microbiche, ad esempio ISO 11737-1 (Jin et al., 2021) ma non affronta i livelli di sostanze chimiche pericolose in essi contenute. Questo fatto deve essere riconsiderato, poiché la nostra revisione dello scopo ha rivelato la ripetuta rilevazione di diversi ingredienti pericolosi nelle maschere facciali e anche le loro emissioni calcolate e i contenuti preoccupanti per il superamento delle soglie limite istituzionali dell'OMS, dell'EPA, dell'Unione europea (UE) e dell'Agenzia federale tedesca per l'ambiente (vedi Tabella 3A, Tabella 3B e Tabella 3C). Inoltre, le maschere hanno un contenuto più elevato di alcune sostanze rispetto al permesso dall'etichetta Oeko-Tex Standard 100. Pertanto, i problemi di salute per alcune maschere e le condizioni di utilizzo della maschera individuale non possono essere esclusi (contatto con la pelle, inalazione a distanza quasi zero, assunzione orale). A questo proposito, l'uso della maschera può esercitare un rischio di esposizione più elevato rispetto a molte fonti ambientali. Pertanto, appare necessaria una valutazione del rischio speciale e personalizzata per le singole tossine nelle mascherine. Le prove che abbiamo trovato per le tossine nelle maschere sono più che preoccupanti, soprattutto dato l'uso in tutto il mondo da parte di diverse parti anche suscettibili della popolazione (ad esempio bambini, donne incinte, adolescenti).

In questo contesto è necessario prendere in considerazione il fatto che i bambini non sono solo piccoli adulti con una maggiore suscettibilità a fattori ambientali negativi a causa di percorsi protettivi/coniugativi meno sviluppati, ma formano anche, insieme alle donne in gravidanza, un sottogruppo speciale con una maggiore suscettibilità alle tossine (Faustman et al., 2000). I criteri di esposizione dovrebbero essere basati su informazioni pertinenti per prevedere i rischi per i bambini e dovrebbero tenere conto di tali differenze tossicocinetiche che si verificano con lo sviluppo. Alcuni autori degli studi esaminati riportano livelli inaccettabili di tossine per VOC, ftalati e PFAS nei bambini mentre indossano una maschera (Chang et al., 2022; Muensterman et al., 2022; Xie et al., 2021, 2022). Queste sostanze tossiche hanno un potenziale teratogeno, mutageno e cancerogeno. Riteniamo che vi sia un'urgente necessità di un'azione per

proteggere i bambini dalle tossine nelle mascherine. Nonostante abbia il minor rischio di malattia grave o letale da un'infezione da SARS-CoV-2 ([Bagus et al., 2021](#); [Pezzullo et al., 2023](#); [Sorg et al., 2022](#)), i bambini hanno subito la più alta perturbazione sproporzionata della loro vita nei loro anni formativi decisivi durante la pandemia ([Ladhani, 2022](#)). È interessante notare che una revisione sistematica degli studi non è riuscita a trovare alcuna prova di beneficio dal mascherare i bambini, per proteggere se stessi o coloro che li circondano, dal COVID-19 ([Sandlund et al., 2023](#)). I rischi tossicologici sono esacerbati dagli effetti fisiologici, psicologici e sociologici delle mascherine. In realtà, ci sono forti prove che le maschere comportano vari rischi, specialmente per le donne incinte, i bambini e gli adolescenti, così come gli anziani e i malati ([Ahmad et al., 2001](#); [Kisielinski et al., 2021, 2023a](#); [Ryu e Kim, 2023](#); [Sukul et al., 2022](#); [Walach et al., 2022](#)). Hanno diversi effetti avversi dimostrabilmente, che influenzano la fisiologia ([Al-Allaff et al., 2021](#); [Kisielinski et al., 2021, 2023a](#); [Legge et al., 2021](#); [Patel et al., 2023](#); [Sukul et al., 2022](#); [Vakharia et al., 2021](#)), psicologia e, più ovviamente, interazioni sociali ([Carbon et al., 2022](#); [GOV.UK, 2022](#); [Grundmann et al., 2021](#); [Kisielinski et al., 2021](#); [Mathis, 2023](#); [McKenna et al., 2022](#); [Pavlova et al., 2023](#); [Proverbio e Cerri, 2022](#); [Schönweitz et al., 2022](#); [Sönnichsen et al., 2022](#); [Truong et al., 2021](#); [Villani et al., 2022](#)).

Gli effetti sullo sviluppo infantile sono una preoccupazione particolare. Impediscono l'apprendimento, soprattutto per i bambini ([Carbonio, 2020](#); [Carbon et al., 2022](#); [Kisielinski et al., 2023a](#); [Ladhani, 2022](#); [Schwarz et al., 2021](#); [Sezer et al., 2023](#); [Shobako, 2022](#); [Thomson, 2022](#); [Walach et al., 2022](#)). Questi effetti avversi sono stati recentemente riassunti come la cosiddetta sindrome da esaurimento indotta dalla maschera MIES ([Kisielinski et al., 2021, 2023a](#); [Sukul et al., 2022](#)). È interessante notare che alcuni autori ([Elgersma et al., 2023](#); [Fögen, 2022](#); [Spira, 2022](#)) hanno riscontrato tassi di infezione e mortalità da SARS-CoV-2 significativamente più elevati nelle coorti che indossano la maschera ([Fögen, 2022](#); [Spira, 2022](#)). Tuttavia, secondo i dati che abbiamo trovato, potrebbe esserci un ulteriore rischio di sviluppo tossico-dipendente per i bambini sani e la prima infanzia dall'uso prolungato della maschera.

I ricercatori hanno dimostrato con i loro calcoli che la situazione della maschera speciale richiede anche una valutazione diversa senza un semplice ricorso all'aria ambiente o agli standard di prodotto ([Jin et al., 2021](#); [Verleysen et al., 2022](#); [Xie et al., 2021](#)).

Quindici dei 24 studi sulla maschera facciale inclusi (63%) hanno indicato concentrazioni elevate o eccessive di tossine inanimate (limiti istituzionali e organizzativi) ([Tabella 3A](#),

Tabella 3B e Tabella 3C). Di questo, cinque studi su MP e NP hanno mostrato livelli altamente elevati (Li et al., 2021a; Liang et al., 2022; Ma et al., 2021; Meier et al., 2022; Zuri et al., 2022) con possibili superamenti sia per le mascherine chirurgiche che per quelle N95 (Tabella 3A). Sei documenti hanno indicato livelli che sono al di sopra dei limiti istituzionali e organizzativi per i composti organici (Tabella 3B) tra cui TVOC, VOC, ftalati, acroleina, DEHP e PFA in tutti i tipi di maschere (maschere tessili, chirurgiche e N95) (Chang et al., 2022; Jin et al., 2021; Kerkeling et al., 2021; Liu et al., 2022b; Muensterman et al., 2022; Xie et al., 2021, 2022).

Tabella 3B. Superamento della soglia limite esemplare dei composti organici nel peggiore dei casi mentre si indossa una maschera.

Publicazione	Tipo di maschera	Risultato	Risultato *	Valore soglia, Istituzione/Organizzazione **	Fattore di superamento
<a href="#">Kerkeling et al. (2021)</a>	N95	TVOC rilascio	<b>403 mg/m<sup>3</sup></b> (17 min)	0.3 mg/m <sup>3</sup> linea guida target Comunità europea ( <a href="#">Servizi pubblici e appalti Canada, governo del Canada, 2002</a> ; <a href="#">Tsai, 2019</a> ; <a href="#">Tuomi e Vainiotalo, 2016</a> ; <a href="#">Umweltbundesamt, 2007</a> ) Agenzia federale tedesca per l'ambiente ( <a href="#">Fromme et al., 2019</a> ; <a href="#">Mølhav et al., 1997</a> ; <a href="#">Seifert, 1999</a> ; <a href="#">Umweltbundesamt, 2007</a> , <a href="#">Umweltbundesamt, 2013</a> )	<b>1343</b>
<a href="#">Kerkeling et al. (2021)</a>	N95	TVOC rilascio	<b>403 mg/m<sup>3</sup></b> (17 min)	0.5 mg/m <sup>3</sup> Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>806</b>
	tessile	DEHP	<b>36.7 µg/g</b>	0,01% del peso	<b>367</b>

<b>Xie et al. (2022)</b>		contenuto		Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	
<b>Xie et al. (2021)</b>	tessile	<b>SVOC</b> rischio di cancerogeno (CR)	$2,27 \times 10^{-4}$	$\leq 1 \times 10^{-6}$ EPA degli Stati Uniti Calcolo dei quozienti di pericolo e delle stime del rischio di cancro (2022) ;EPA degli Stati Uniti (2005)	<b>227</b>
<b>Xie et al. (2022)</b>	tessile	<b>Ftalati</b> contenuto	<b>37.7 µg/g</b>	0,025% del peso Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>150,8</b>
<b>Muensterman et al. (2022)</b>	tessile (rivestito)	<b>PFAS</b> contenuto	<b>2900 µg/m2</b>	250 µg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>107</b>
<b>Kerkeling et al. (2021)</b>	N95	<b>Xilene</b> rilascio	<b>12 mg/m3</b> (17 min)	10 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>70.8</b>
<b>Xie et al. (2022)</b>	N95	<b>DEHP</b> contenuto	<b>6,3 µg/g</b>	0,01% del peso Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>63</b>
<b>Muensterman et al. (2022)</b>	tessile (rivestito)	<b>FTOH</b> contenuto	<b>1200 µg/m2</b>	250 µg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>44,2</b>
<b>Xie et al. (2022)</b>	tessile (per i bambini)	<b>Ftalato</b> rischio di cancerogeno (CR)	$4,26 \times 10^{-5}$	$\leq 1 \times 10^{-6}$ EPA degli Stati Uniti Calcolo dei quozienti di pericolo e delle stime del rischio di cancro (2022)	<b>42,6</b>

<b>Kerkeling et al. (2021)</b>	N95	<b>TVOC</b> rilascio	<b>403 mg/m<sup>3</sup></b> (17 min)	10 mg/m <sup>3</sup> AgBB, Agenzia federale tedesca per l'ambiente ( <a href="#">Umweltbundesamt, 2007</a> , <a href="#">Umweltbundesamt, 2013</a> )	<b>40</b>
<b>Muensterman et al. (2022)</b>	tessile	<b>PFAS</b> contenuto	<b>910 µg/m<sup>2</sup></b>	250 µg/kg Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>33.5</b>
<b>Zuri et al. (2022)</b>	N95	<b>ftalati</b> contenuto/rilascio	<b>8.16 µg/g</b>	0,025% del peso Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>32</b>
<b>Zuri et al. (2022)</b>	chirurgico	<b>ftalati</b> contenuto/rilascio	<b>7.56 µg/g</b>	0,025% del peso Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>30</b>
<b>Jin et al. (2021)</b>	chirurgico	<b>Acrolein</b> rilascio	<b>0.5 µg/m<sup>3</sup></b> (30 min)	0.02 µg/m <sup>3</sup> EPA degli Stati Uniti <a href="#">EPA degli Stati Uniti (2003)</a> ; Centro nazionale per la valutazione ambientale dell'EPA degli Stati Uniti (2003)	<b>25</b>
<b>Xie et al. (2021)</b>	N95 (per i bambini)	<b>SVOC</b> rischio di cancerogeno (CR)	<b>2,5 × 10<sup>-5</sup></b>	≤ 1 × 10 <sup>-6</sup> EPA degli Stati Uniti <a href="#">Calcolo dei quozienti di pericolo e delle stime del rischio di cancro (2022)</a> ;EPA degli Stati Uniti (2005)	<b>25</b>
<b>Kerkeling et al. (2021)</b>	N95	<b>Xilene</b> rilascio	<b>12 mg/m<sup>3</sup></b> (17 min)	500 µg/m <sup>3</sup> AgBB,	<b>24</b>

Agenzia federale tedesca per  
 l'ambiente (  
[Fromme et al., 2019](#);  
[Mølhavé et al., 1997](#);  
[Seifert, 1999](#);  
[Umweltbundesamt, 2007](#),  
[Umweltbundesamt, 2013](#)

<a href="#">Xie et al. (2021)</a>	N95	<b>SVOC</b> rischio di cancerogeno (CR)	$1,59 \times 10^{-5}$	$\leq 1 \times 10^{-6}$ EPA degli Stati Uniti ( <a href="#">Calcolo dei quozienti di pericolo e stime del rischio di cancro, 2022</a> ;EPA degli Stati Uniti, 2005)	<b>15,9</b>
<a href="#">Xie et al. (2022)</a>	tessile	<b>Ftalato</b> rischio di cancerogeno (CR)	$1,45 \times 10^{-5}$	$\leq 1 \times 10^{-6}$ EPA degli Stati Uniti <a href="#">Calcolo dei quozienti di pericolo e delle stime del rischio di cancro (2022)</a> ;EPA degli Stati Uniti (2005)	<b>14.5</b>
<a href="#">Chang et al. (2022)</a>	chirurgico	<b>TVOC</b> rilascio	$> 1 \text{ mg/m}^3$ (1 ora)	0.3 mg/m <sup>3</sup> linea guida target Comunità europea, <a href="#">Servizi pubblici e appalti Canada, governo del Canada (2002)</a> ;Tsai (2019); <a href="#">Tuomi e Vainiotalo (2016)</a> ; <a href="#">Umweltbundesamt (2007)</a> Agenzia federale tedesca per l'ambiente <a href="#">Fromme et al. (2019)</a> ; <a href="#">Mølhavé et al. (1997)</a> ; <a href="#">Seifert (1999)</a> ; <a href="#">Umweltbundesamt, 2007</a> , <a href="#">Umweltbundesamt, 2013</a>	<b>&gt; 3</b>

<b>Chang et al. (2022)</b>	chirurgico	<b>TVOC</b> rilascio	<b>&gt; 1 mg/m<sup>3</sup></b> (1 ora)	0.5 mg/m <sup>3</sup> Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>&gt; 2</b>
<b>Muensterman et al. (2022)</b>	chirurgico	<b>PFAS</b> contenuto	<b>46 µg/m<sup>2</sup></b>	250 µg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>1.4</b>
<b>Muensterman et al. (2022)</b>	tessile	<b>FTOH</b> stima dell'assunzione 10 ore di utilizzo della maschera	<b>7,04</b> µg/kg- <b>bw/giorno</b>	5 µg/kg-w/giorno Ministero dell'Ambiente danese Kjølholt et al. (2015)	<b>1.4</b>
<b>Xie et al. (2021)</b>	N95	<b>Naftalene</b> contenuto	<b>2.43 µg/g</b>	2 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>1.2</b>

Legenda: AgBB= Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (Committee for the Health Evaluation of Building Products, Federal Environment Agency Germany), DEHP= di(2-ethylhexyl) phthalate, FTOH= 6:2 fluorotelomer alcohol, kg-bw= kilogram per peso corporeo, PFAS= Poli- e perfluoroalkyl substances, SVOC= semi volatile organic compounds, TVOC= Total Volatile Organic Compounds, US EPA= United States Environmental Protection Agency, VOC= Volatile Organic Compounds.

Note a piè di pagina:

*\*Se necessario, le unità dovevano essere convertite, con una superficie del respiratore N95 di 175 cm<sup>2</sup> (0,0175 m<sup>2</sup>) (Roberge et al., 2010) e la superficie della maschera chirurgica/tessile è di 230 cm<sup>2</sup> (0,023 m<sup>2</sup>) (Rengasamy et al., 2009). Se non indicato negli studi il peso medio è stato fissato a 2,5 g per le maschere di stoffa (Xie et al., 2021,2022), 3 g per le mascherine chirurgiche e 4 g per la maschera N95 (Fernández-Arribas et al., 2021). L'aria respirata è stata stimata in 10 m<sup>3</sup> in 12 ore secondo l'USEPA (EPA degli Stati Uniti, 1989). Nota: il rilascio di VOC nelle prime ore è noto per diminuire esponenzialmente (Chang et al., 2022).*

\*\*per ulteriori dettagli vedere la sezione di discussione, limiti per VOC, PFAS, ftalati.

Come si può vedere da [Tabella 3C](#) quattro studi hanno rivelato superamenti per oligoelementi e metalli pesanti tra cui Pb, Cd, Co, Cu, Sb e TiO<sub>2</sub> nelle maschere tessili, chirurgiche e N95 ([Bussan et al., 2022](#); [Liu et al., 2022b](#); [Sullivan et al., 2021](#); [Verleysen et al., 2022](#)).

Tabella 3C. Superamento della soglia limite esemplare di tossine e composti anorganici nello scenario peggiore mentre si indossa una maschera.

<b>Publicazione</b>	<b>Tipo di maschera</b>	<b>Risultato</b>	<b>Risultato*</b>	<b>Valore soglia, Istituzione/Organizzazione**</b>	<b>Fattore di superamento</b>
<a href="#">Verleysen et al. (2022)</a>	tessile, riutilizzabile	<b>TiO<sub>2</sub></b> esposizione Livello di effetto avverso (AELmask) due mascherine al giorno, 8 h	<b>4394 µg</b>	3.6 µg ANSES, Francia <a href="#">ANSES, 2019</a> , <a href="#">ANSES, 2021</a> ; <a href="#">Bermudez et al. (2004)</a>	<b>1220</b>
<a href="#">Bussan et al. (2022)</a>	chirurgico	<b>Pb</b> contenuto	<b>13.3 µg/g</b>	0,2 mg/kg Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>66,5</b>
<a href="#">Bussan et al. (2022)</a>	chirurgico	<b>Cu</b> contenuto	<b>410 µg/g</b>	50 mg/kg Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>8.2</b>
<a href="#">Sullivan et al. (2021)</a>	tessile	<b>Pb</b> contenuto	<b>0.68 µg/g</b>	0,2 mg/kg Oeko-Tex <a href="#">Oeko-Tex® Standard 100 (2023)</a>	<b>3.4</b>

<b>Bussan et al. (2022)</b>	N95	<b>Sb</b> contenuto	<b>90.18 µg/g</b>	30 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>3</b>
<b>Liu et al. (2022b)</b>	chirurgico	<b>Cd</b> contenuto	<b>0.22 µg/g</b>	0.1 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>2.2</b>
<b>Sullivan et al. (2021)</b>	tessile	<b>Cd</b> contenuto	<b>0.19 µg/g</b>	0.1 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>1.9</b>
<b>Liu et al. (2022b)</b>	chirurgico	<b>Co</b> contenuto	<b>1.33 µg/g</b>	1 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>1.33</b>
<b>Sullivan et al. (2021)</b>	tessile	<b>Sb</b> contenuto	<b>39.3 µg/g</b>	30 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>1.3</b>
<b>Liu et al. (2022b)</b>	chirurgico	<b>Pb</b> contenuto	<b>0.22 µg/g</b>	0,2 mg/kg Oeko-Tex Oeko-Tex® Standard 100 (2023)	<b>1.1</b>

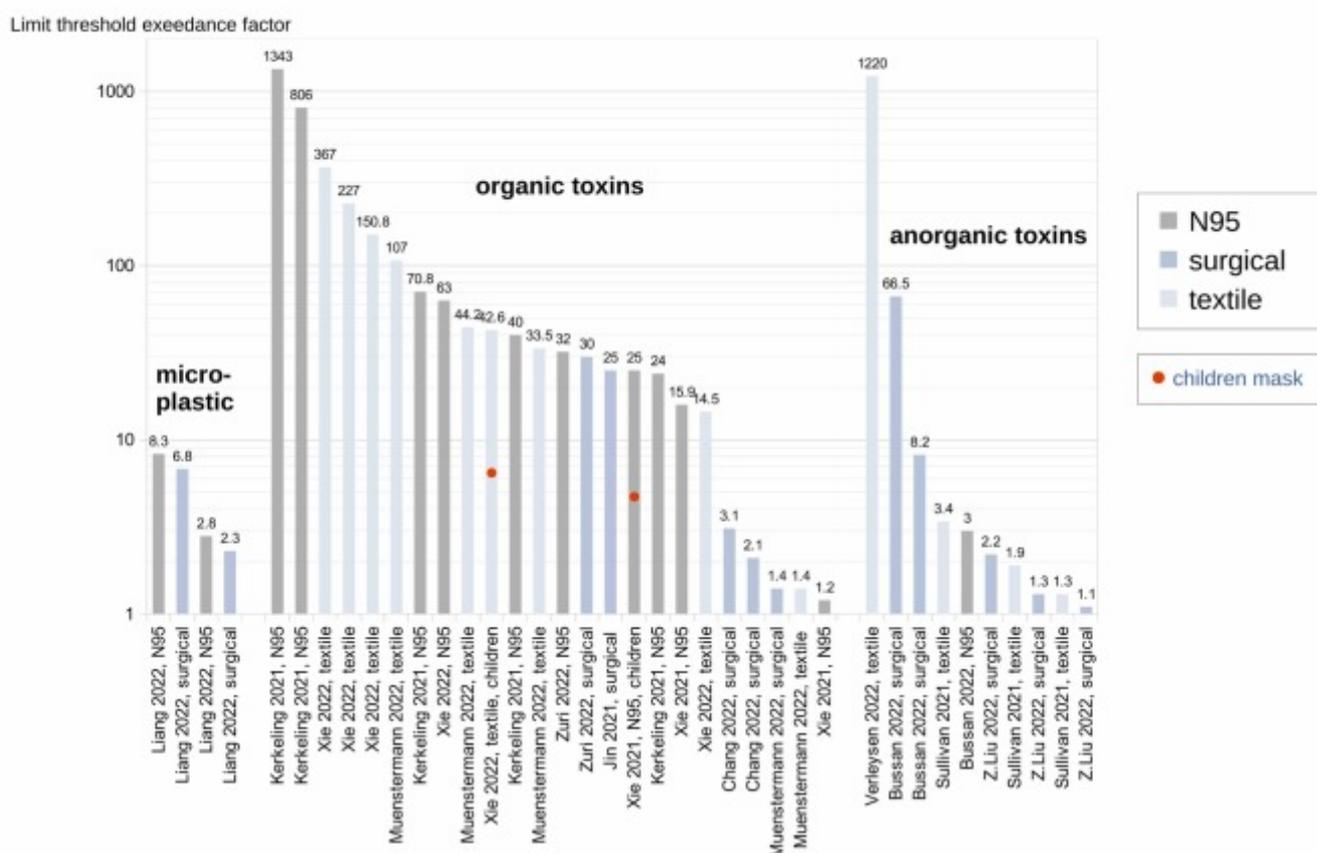
Leggenda: Cd= Cadmiun, Co= Cobalto, Cu= Rame, Pb= Plumbum (Piombo), Sb= Stibio (Antimonio), TiO<sub>2</sub> = Titandioxide.

Nota a piè di pagina: \*Se non indicato negli studi, il peso medio è stato fissato a 2,5 g per le maschere di stoffa (Xie et al., 2021,2022), 3 g per le mascherine chirurgiche e 4 g per la maschera N95 (Fernández-Arribas et al., 2021).

\*\*per ulteriori dettagli vedere la sezione di discussione, limiti per oligoelementi e metalli pesanti.

I grafici in Fig. 4 mostrano le differenze nei superamenti delle soglie limite in vari tipi di maschere e studi suddivisi per classi di tossine (microplastiche, tossine organiche e inorganiche). Per quanto riguarda le tossine organiche, l'N95 e le maschere tessili con alti superamenti di valore limite sono sorprendenti, mentre per le microplastiche l'N95 sembra essere responsabile di superamenti più elevati rispetto alla maschera chirurgica. Per le tossine inorganiche, le maschere tessili e chirurgiche sembrano essere le fonti principali. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi per chiarire queste tendenze.

### Differences in exceedances of limit thresholds in various mask types and studies



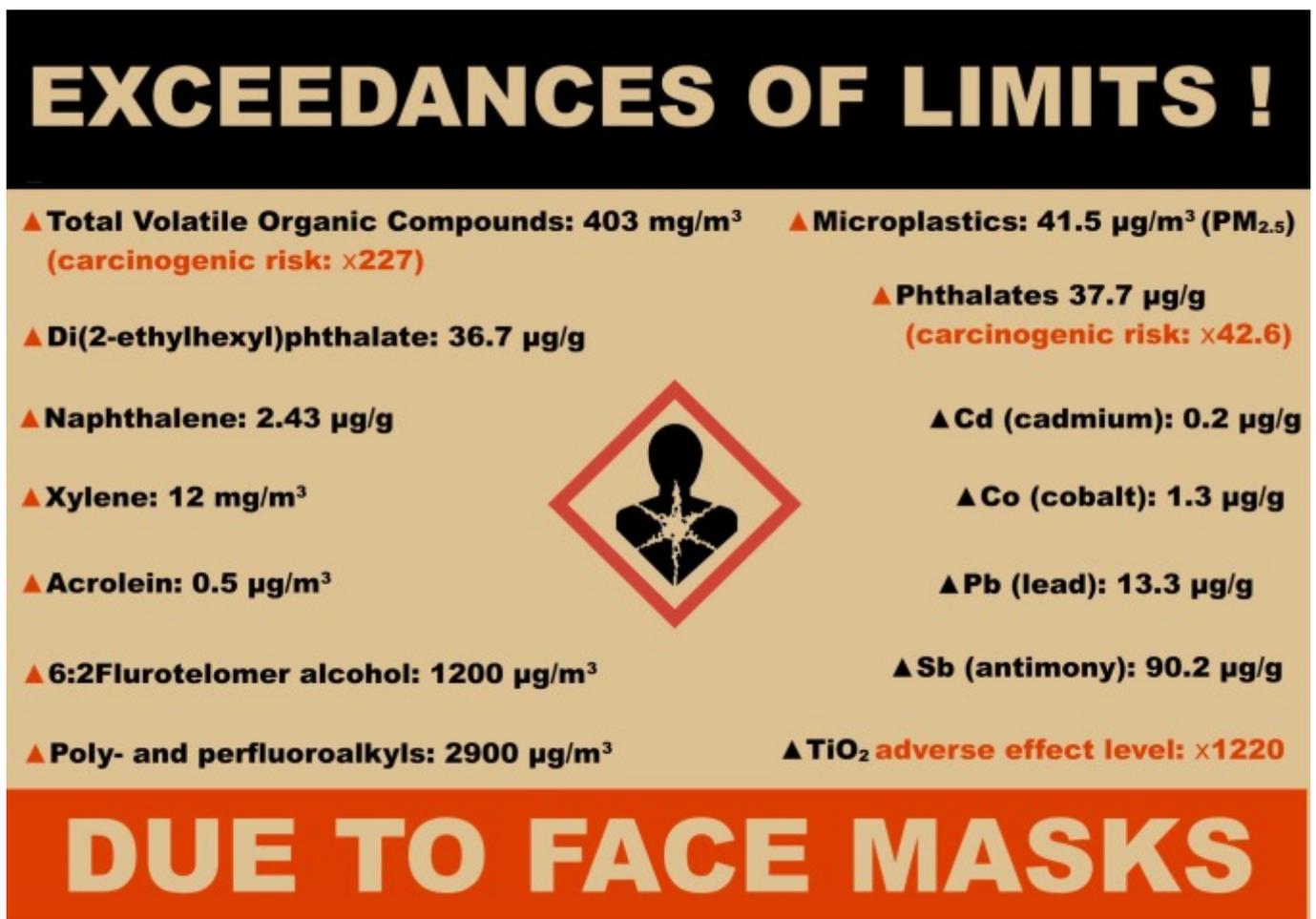
Scarica: Scarica l'immagine ad alta risoluzione (401KB)

Scarica: Scarica l'immagine a grandezza naturale

Fig. 4. Confronto dei fattori di superamento calcolati per diversi tipi di maschere e studi, suddivisi per classe di tossine. Scala logaritmica dell'asse y a causa delle grandi differenze nei superamenti del valore limite. I riferimenti e i valori dei valori limite possono essere trovati in Tabella 3A, BeC, nonché ulteriori dettagli sugli studi, sui calcoli e sulle sostanze valutate.

Fig. 5 riassume le sostanze e le classi tossiche che possono essere responsabili dei

superamenti del valore limite con conseguenti potenziali effetti di accorciamento della vita.



Scarica: [Scarica l'immagine ad alta risoluzione \(368KB\)](#)

Scarica: [Scarica l'immagine a grandezza naturale](#)

Fig. 5. Sintesi di tali sostanze e classi tossiche con possibili superamenti del valore limite come indicato in [Tabelle 3A,3Be3 C](#) che può essere responsabile di una potenziale tossicità nel che indossa la mascherina e – nel peggiore dei casi – contribuire all'accorciamento della vita.

Inoltre, ci sono possibili reazioni chimiche di tutte le sostanze chimiche riportate tra loro e con i composti espirati derivanti dal metabolismo umano ([Zannoni et al., 2022](#)) nella zona di respirazione della maschera (spazio morto della maschera), ad es. ossidazione. Per questo motivo, la zona di respirazione della maschera potrebbe agire come un "reattore chimico" all'ingresso delle vie aeree. Questo fenomeno potrebbe portare a ulteriori composti tossici con un nuovo tipo di minaccia per la salute umana. Si deve

considerare che lo spazio morto della maschera non solo ha una temperatura più alta, ma è più umido ([Kisielinski et al., 2021](#)), che facilita molte reazioni chimiche. Non dovrebbe andare non menzionato, che c'è un'ulteriore possibilità di amplificare gli effetti tossici, derivanti dalla miscela di tossine.

L'uso della maschera può inoltre - anche se non superare i valori di soglia - aumentare il carico delle vie aeree e dei polmoni e degli organi con composti chimici, metalli pesanti, micro- e nanoplastiche. E potrebbe esserci un effetto cumulativo per quanto riguarda l'uso interno di maschere (che è stato raccomandato dall'OMS durante la pandemia) ([Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\), 2020](#)), perché l'esposizione all'aria interna a diversi composti tossici (ad es. VOC, MP e NP) è di per sé più alto che all'esterno ([Kerkeling et al., 2021](#)). Alcune delle sostanze sono ultrafini (ad es. TiO<sub>2</sub>, NPs) e richiedono un altro rischio e valutazione tossicologica ([Bonner, 2010](#); [Brohi et al., 2017](#); [Ma et al., 2021](#); [Verleysen et al., 2022](#)). È interessante notare che le maschere per il viso non hanno regolamenti tossicologici finora.

Nonostante un'ampia narrazione durante la pandemia di SARS-CoV-2 che sostiene l'efficacia delle mascherine contro la trasmissione del virus ([Kisielinski et al., 2023a](#)) ci sono solo prove deboli per l'efficacia contro le infezioni virali respiratorie anche dalle più alte istituzioni basate sull'evidenza ([Jefferson et al., 2023](#)). Per quanto riguarda i nostri risultati di più sostanze tossiche rilasciate dalle maschere per il viso che possono essere ingerite e inalate ([Tabella 2, Tabella 3A, Tabella 3B, Tabella 3C; Figs. 4e5](#)), l'introduzione di mandati di maschera per legge per la popolazione generale in molti paesi durante la pandemia di SARS-CoV-2-2020-2023 sembra discutibile da un punto di vista empirico e scientifico.

Considerando la debole efficacia antivirale ([Elgersma et al., 2023](#); [Jefferson et al., 2023](#); [Kisielinski et al., 2023a](#); [Sandlund et al., 2023](#)) e la mancanza di prove empiriche medie o forti per l'efficacia della maschera facciale nella prevenzione delle infezioni da virus respiratorio ([Jefferson et al., 2023](#); [Kisielinski et al., 2021, 2023a](#)), indossare frequentemente la mascherina durante la pandemia di SARS-CoV-2 - secondo i nostri risultati - potrebbe aver portato a effetti negativi sulla salute e a possibili effetti di accorciamento della vita ([Figs. 4e5](#)). Dalla scienza ambientale molti effetti tossici cronici subsoglia sono stati valutati e descritti e sono stati chiamati "effetti killer silenziosi" ([Alasfar e Isaifan, 2021](#); [Houston, 1991](#); [Huckelba e Van Lange, 2020](#); [Nawrot e Staessen, 2006](#); [Shaldon e Vienken, 2009](#); [Zaynab et al., 2021](#)). Poiché l'uso della maschera può essere collegato all'esposizione alle tossine e si è verificato un uso senza

precedenti in tutto il mondo, un'influenza tossica legata alla popolazione generale potrebbe contribuire a un effetto simile ([Alasfar e Isaifan, 2021](#); [Houston, 1991](#); [Huckelba e Van Lange, 2020](#); [Kisielinski et al., 2021](#); [Nawrot e Staessen, 2006](#); [Redlich et al., 1997](#); [Shaldon e Vienken, 2009](#); [Zaynab et al., 2021](#)). Pertanto, senza un'analisi approfondita del rischio-beneficio, gli obblighi di maschera applicati dalla legge come è accaduto nella pandemia di SARS-CoV2, agire contro le prove della scienza (per quanto riguarda l'efficacia della maschera e la standardizzazione del contenuto di sostanze pericolose della maschera), non dovrebbero essere ripetuti in futuro.

## 5. Limitazioni

Questa revisione non pretende di essere esaustiva, soprattutto per quanto riguarda la valutazione dei risultati. Questo perché la tossicologia dell'inalazione è un campo molto complesso, e l'esposizione combinata in particolare deve essere considerata separatamente, poiché gli effetti tossici possono rafforzarsi a vicenda.

Nelle nostre tabelle, citiamo i valori massimi; se questi non sono disponibili, citiamo i valori medi. In questo modo, assicuriamo una considerazione peggiore ([Direzione generale della sanità e dei consumatori, 2013](#)), che è abbastanza comune in tossicologia. Poiché non eseguiamo alcuna valutazione tossicologica per garantire la sicurezza umana, questa considerazione del caso peggiore non è solo legittima, ma necessaria. La maggior parte degli studi inclusi nella nostra revisione sono studi in vitro e forniscono solo dati di stima per un'esposizione umana in vivo a diverse tossine che possono essere diverse in condizioni del mondo reale. La nostra esposizione stimata e discussa potrebbe essere diversa dalla vita reale, a causa del fatto che le maschere possono essere scartocciate nelle tasche ecc. o cambiate frequentemente durante un giorno come è stato raccomandato ([Chen et al., 2021](#); [Organizzazione Mondiale della Sanità, 2020](#)). Inoltre, abbiamo preso variabili fisiologiche medie per i nostri calcoli preliminari provvisori, ad esempio frequenza respiratoria, volume di marea, tuttavia, la diversità e l'individualità del modello respiratorio ([Benchetrit, 2000](#)) vale la pena di essere preso in considerazione in quanto potrebbe esserci più danno per un soggetto e meno per l'altro. Di conseguenza, alcuni autori potrebbero mostrare una maggiore esposizione alle tossine nell'attività fisica ([Muensterman et al., 2022](#)) rispettivamente sotto respirazione rapida ([Ma et al., 2021](#)).

Il rilascio di microplastiche è stato valutato in uno scenario peggiore (estrazioni liquide ecc.) ([Chen et al., 2021](#); [Delgado-Gallardo et al., 2022](#); [Dissanayake et al., 2021](#);

[Liang et al., 2022](#); [Ma et al., 2021](#); [Meier et al., 2022](#)). Tuttavia, uno scenario più realistico basato sull'aria utilizzando modelli di respirazione (ad es. Le teste di Sheffield) potrebbero mostrare risultati diversi ([Meier et al., 2022](#)). Purtroppo, essendo stati effettuati finora troppo pochi studi di questo tipo, non è stato possibile effettuare ulteriori valutazioni riguardanti una valutazione più realistica del rischio di inalazione di microplastica. Tuttavia, gli studi con simulazioni di respirazione mostrano un rischio significativo di inalazione, ad esempio per le microplastiche ([Li et al., 2021a](#)). Nelle stime di cui sopra abbiamo applicato i limiti dell'OMS nei nostri calcoli ([OMS, 2005](#)). Tuttavia, in molti paesi esistono regolamenti leggermente diversi, ad es. Germania ([Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe, 2008](#)) e sono anche regolamentati nell'Unione europea ([Direttiva 2008/50/CE 2008](#)). Inoltre, le soglie limite, ad esempio come le linee guida dell'OMS sulla qualità dell'aria (AQG) per il particolato nell'aria ambiente, non possono essere trasferite uno a uno alla situazione di utilizzo della maschera. Pertanto, i nostri confronti e calcoli dovrebbero agire solo come un'analisi esplorativa preliminare, poiché l'inalazione di particelle a distanza quasi zero prevalentemente con respirazione orale (meno filtrazione nasale) durante l'uso di una maschera può rappresentare una condizione diversa dall'inalazione dell'aria ambiente con respirazione prevalentemente nasale.

Non abbiamo affrontato i rischi degli organismi viventi inalabili nella nostra recensione, anche se c'è anche un ampio corpo di prove scientifiche su questo tema, che descrive il rischio per la salute degli esseri umani dalle tossine animate ([Delanghe et al., 2021](#); [Kisielinski e Wojtasik, 2022](#); [Kisielinski et al., 2023b](#); [Luksamijarulkul et al., 2014](#); [Park et al., 2022](#); [Sachdev et al., 2020](#); [Zhiqing et al., 2018](#)).

Poiché ci siamo concentrati sui rischi diretti per la salute umana derivanti dall'assorbimento diretto di possibili tossine dalla maschera mentre la indossiamo, gli effetti ambientali, tra cui l'inquinamento e i danni all'ecosistema animato, non potevano essere presi interamente in considerazione. Tuttavia, queste conseguenze possono anche avere ripercussioni indirette sulla salute sugli esseri umani ([Masud et al., 2023](#)) (ad esempio attraverso il circolo nutrizionale).

Abbiamo considerato le tossine separatamente, tuttavia la loro miscela e interazione possono contribuire a una tossicità più elevata rispetto a ciascuna sostanza da sola. Inoltre, non abbiamo potuto valutare ulteriori rischi di reazioni chimiche ([Zannoni et al., 2022](#)) nella zona di respirazione della maschera che supponiamo essere un "reattore chimico" all'ingresso delle vie aeree.

Inoltre, non abbiamo affrontato i rischi tossicologici della CO<sub>2</sub> inalata dallo spazio morto della maschera, in quanto non è un contenuto fabbricato della maschera facciale, e inoltre è stato ampiamente valutato in una recente revisione ([Kisielinski et al., 2023a](#)).

## 6. Conclusioni

Naturalmente, le maschere filtrano lo sporco più grande e le particelle di plastica e le fibre dall'aria che respiriamo, ma secondo i nostri dati, comportano anche il rischio di inalazione di particelle di microplastiche e nanoplastiche e sostanze potenzialmente tossiche provenienti dal materiale della maschera stesso. Pertanto, i benefici (a seconda della situazione dell'applicazione e dell'efficacia correlata all'applicazione) e i rischi dell'uso devono essere attentamente valutati.

Indubbiamente, i nostri risultati mostrano che i mandati di maschera in tutto il mondo durante la pandemia di SARS-CoV-2 hanno generato un'ulteriore fonte di esposizione potenzialmente dannosa alle tossine con proprietà minacciose per la salute e cancerogene a livello di popolazione da una distanza quasi zero alle vie aeree (per via di inalazione prevalentemente orale) e al tratto gastrointestinale. Tra i 24 studi inclusi, il 63% ha mostrato valori sorprendentemente elevati e possibili superamenti per sostanze come micro- e nanoplastiche (MP e NP), composti organici volatili (VOC), xilene, acroleina, sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS), ftalati incluso DEHP, nonché metalli pesanti come Pb, Cd, Co, Cu, Sb e TiO<sub>2</sub> ([Tabelle 3 A, 3B e 3 C](#)). Per la maschera N95, il rilascio di MP è stato di 831 µg in 24 ore e fino a 4400 particelle entro 4 ore (con dimensioni predominanti <1 µm) e fino a 6 × 10<sup>9</sup> NP in 4 ore. Le mascherine chirurgiche rilasciano fino a 3152 microfibre in < 1 ora. Le nostre stime peggiori mostrano la respirazione, che può superare i limiti della linea guida sulla qualità dell'aria (AQG) dell'OMS. Inoltre, abbiamo trovato superamenti dei VOC totali (TVOCc) con 403 mg/m<sup>3</sup> entro 17 minuti per la maschera N95 e > 1000 µg entro la prima ora per la maschera chirurgica, superando i limiti di soglia della linea guida target dell'UE, dell'Agenzia federale tedesca per l'ambiente e dello standard Oeko-Tex 100. Le norme tessili sono state superate anche per PFAS (N95, chirurgico, maschera tessile), DEHP, ftalati, fluoretolomero-alcol, FTOH (maschere tessili ciascuna), naftalene (N95), Pb (chirurgico, tessile), Cu (chirurgico), Sb (N95, tessile), Cd e Co (ciascuno chirurgico). Inoltre, l'acroleina (chirurgica) e lo xilene (N95) erano rispettivamente al di sopra dei livelli dell'agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti e tedesca. Per quanto riguarda i potenziali effetti negativi a breve e lungo termine delle suddette tossine, alcuni dei

disagi immediati durante l'uso di una maschera (mal di testa, tosse secca, rinite e irritazione della pelle) potrebbero essere correlati a questo. In questo modo, le sostanze tossiche delle mascherine potrebbero anche contribuire ai sintomi già descritti, noti come sindrome da esaurimento indotta dalla maschera (MIES). Inoltre, da un punto di vista tossicologico, per quanto riguarda i loro potenziali rischi di utilizzo, gli obblighi di maschera facciale applicati dalla legge 2020-2023 sono stati introdotti senza precedenti analisi complete dei rischi e senza disposizioni normative (come è comune per vari prodotti). Inoltre, c'era (Jefferson et al., 2020) e non ci sono ancora prove empiriche dell'efficacia delle maschere nel limitare la diffusione dei virus nella popolazione generale (Jefferson et al., 2023). Per quanto riguarda i numerosi contenuti della maschera facciale tossica, sono imperativi ulteriori rivalutazione, ricerca e atti normativi.

Pdf by:  
<https://www.pro-memoria.info>

## Dichiarazione del comitato di revisione istituzionale

Non applicabile.

## Dichiarazione di consenso informato

Non applicabile.

## Consenso alla pubblicazione

Non applicabile.

## Dichiarazione di disponibilità dei dati

Non applicabile.

## Dichiarazione relativa all'IA

Gli autori non hanno utilizzato tecnologie generative AI e AI-assisted nel processo di scrittura.

## Finanziamento

Questa ricerca non ha ricevuto alcun finanziamento esterno.

## Dichiarazione di contributo alla paternità di CRediT

**Kisielinski Kai:** concettualizzazione, cura dei dati, analisi formale, indagine, metodologia, amministrazione del progetto, risorse, software, supervisione, convalida, visualizzazione, scrittura - bozza originale, scrittura - revisione e modifica. **Hockertz Stefan:** Analisi formale, Indagine, Metodologia, Scrittura – bozza originale, Scrittura – revisione e modifica, Convalida. **Hirsch Oliver:** concettualizzazione, analisi formale, indagine, metodologia, scrittura – bozza originale, scrittura – revisione e modifica. **Korupp Stephan:** Analisi formale, Metodologia, Software, Scrittura – bozza originale, Scrittura – revisione e modifica. **Klosterhalfen Bernd:** Metodologia, Scrittura – bozza originale, Scrittura – revisione e modifica. **Schnepf Andreas:** Analisi formale, indagine, metodologia, convalida, scrittura – bozza originale, scrittura – revisione e modifica. **Dyker Gerald:** Analisi formale, Indagine, Metodologia, Supervisione, Convalida, Scrittura – bozza originale, Scrittura – revisione e modifica.

## Dichiarazione di interesse concorrente

Gli autori dichiarano di non avere interessi finanziari concorrenti o relazioni personali note che potrebbero aver potuto influenzare il lavoro riportato in questo documento.

[Articoli consigliati](#)

## Disponibilità dei dati

Tutti i dati utilizzati nella revisione sono disponibili al pubblico (pubblicazioni di riferimento).

## Riferimenti

[Abbasi et al., 2023](#) S. Abbasi, N. Jaafarzadeh, A. Zahedi, M.Ravanbakhsh, S. Abbaszadeh, A. Turner

Microplastiche nell'atmosfera di Ahvaz City, Iran

J. Ambiente. Sci., 126 (2023), pp. 95-102, [10.1016/j.jes.2022.02.044](https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.02.044) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Aerts et al., 2020](#) O. Aerts, E. Dendooven, K. Foubert, S. Stappers, M.Ulicki, J. Lambert

Dermatite da maschera chirurgica causata da formaldeide (rilasciatori)

## durante la pandemia di COVID-19

Contatto Dermat., 83 (2020), pp. 172-173,[10.1111/cod.13626](https://doi.org/10.1111/cod.13626) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Ahmad et al., 2001** E.F.E.M. Ahmad, M. Mohammed, A.A. Al Rayes, A.Al Qahtani, A.G. Elzubier, F.A.E. Suliman

## L'effetto di indossare il velo da parte delle signore saudite sul verificarsi di malattie respiratorie

J. Asma, 38 (2001), pp. 423-426,[10.1081/JAS-100001497](https://doi.org/10.1081/JAS-100001497) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Al-Allaff et al., 2021** R.G.M. Al-Allaff, S.M.Y. Al-Tae, S.T.D. Fornaio

## Alcuni impatti immunologici dell'uso della mascherina durante la pandemia di COVID-19

Pak. J. Biol. Sci., 24 (2021), pp. 920-927,[10.3923/pjbs.2021.920.927](https://doi.org/10.3923/pjbs.2021.920.927) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Alasfar e Isaifan, 2021** R.H. Alasfar, R.J. Isaifan

## Inquinamento ambientale da alluminio: l'assassino silenzioso

Ambiente. Sci. Inquina. Res, 28 (2021), pp. 44587-44597,[10.1007/s11356-021-14700-0](https://doi.org/10.1007/s11356-021-14700-0) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Allegri et al., 2016** M. Allegri, M.G. Bianchi, M. Chiu, J. Varet, A.L.Costa, S. Ortelli, M. Blosi, O. Bussolati, C.A. Polonia, E.Bergamaschi

## Tossicità correlata alla forma delle nanofibre di biossido di titanio

PLOS ONE, 11 (2016), Articolo e0151365,[10.1371/journal.pone.0151365](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151365) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Almeida e de Souza, 2021** A.S.R. Almeida, C.B. de Souza

## L'impatto della microplastica sulla salute umana

Curr. Biotechnol., 10 (2021), pp. 158-167,[10.2174/2211550111666211221120852](https://doi.org/10.2174/2211550111666211221120852) ↗

[Google Scholar](#) ↗

**ANSES, 2019** ANSES, Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel Le dioxyde de titane sous forme nanométrique (TiO<sub>2</sub>-NP, P25). Rapport d'expertise collective, Décembre 2020—Expertise scientifique. Saisine n° 2019-SA-0109—LEP TiO<sub>2</sub>-NP, (2019). <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2019SA0109Ra.pdf> ↗.

[Google Scholar](#) ↗

[ANSES, 2021](#) ANSES

## Dioxyde de titane sous forme nanoparticulaire: recommandation de valeurs limites d'exposition professionnelle

Anses - Agence Natl. De. sécurité Sanit. De. l'alimentation, De. l'environnement Et. du Trav. (2021)

<https://www.anses.fr/fr/content/dioxyde-de-titane-sous-forme-nanoparticulaire-recommandation-de-valeurs-limites-d%E2%80%99exposition> ↗

accesso 19 marzo 2023

[Google Scholar](#) ↗

[Aragaw, 2020](#) T.A. Aragaw

## Mascherine chirurgiche come potenziale fonte di inquinamento da microplastica nello scenario COVID-19

Mar. Inquinato. Boll., 159 (2020), Articolo 111517, [10.1016/j.marpolbul.2020.111517](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111517) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Azoulay et al., 2021](#) Azoulay D., Thomas J., Napierska D., Ruffinengo E., Vendita e distribuzione di maschere di nanografene tossico sul mercato europeo, (2021).

<https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2021/04/Final-nanographene-sign-on-letter.pdf> ↗

.

[Google Scholar](#) ↗

[Baeza-Martínez et al., 2022](#) C. Baeza-Martínez, S. Olmos, M.González-Pleiter, J. López-Castellanos, E. García-Pachón, M.Masiá-Canuto, L. Hernández-Blasco, J. Bayo  
Prima prova di microplastiche isolate nelle vie aeree inferiori dei cittadini europei

J. Pericolo. Mater., 438 (2022), Articolo 129439, [10.1016/j.jhazmat.2022.129439](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129439) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Bagus et al., 2021](#) P. Bagus, J.A. Peña-Ramos, A. Sánchez-Bayón

## COVID-19 e l'economia politica dell'isteria di massa

Int. J. Ambiente. Res. Sanità pubblica, 18 (2021), p. 1376, [10.3390/ijerph18041376](https://doi.org/10.3390/ijerph18041376) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Barnoya e Glantz, 2005](#) J. Barnoya, S.A. Glantz

## Effetti cardiovascolari del fumo passivo

Circolazione, 111 (2005), pp. 2684-2698, [10.1161/CIRCULATIONAHA.104.492215](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.104.492215) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**Bayati et al., 2021** M. Bayati, D.C. Vu, P.H. Vo, E. Rogers, J. Parco, T.L.Ho, A.N. Davis, Z. Gulseven, G. Carlo, F. Palermo, J.A. McElroy, S.C. Nagel, C.-H. Lin

### Valutazione del rischio per la salute dei composti organici volatili negli asili nido

Aria interna, 31 (2021), pp. 977-988, [10.1111/ina.12801 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**Belkin, 1997** N.L. Belkin

### L'evoluzione della maschera chirurgica: filtraggio dell'efficienza rispetto all'efficacia

Infetta. Controllo Hosp. Epidemiol., 18 (1997), pp. 49-57, [10.2307/30141964 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**Benchetrit, 2000** G. Benchetrit

### Modello di respirazione negli esseri umani: diversità e individualità

Respira. Physiol., 122 (2000), pp. 123-129, [10.1016/s0034-5687\(00\)00154-7 ↗](#)

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**Bermudez et al., 2004** E. Bermudez, J.B. Mangum, B.A. Wong, B. Asgharian, P.M. Hext, D.B. Warheit, J.I. Everitt

### Risposte polmonari di topi, ratti e criceti all'inalazione subcronica di particelle ultrafine di biossido di titanio

Tossico. Sci., 77 (2004), pp. 347-357, [10.1093/toxsci/kfh019 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**BfArM, 2020** BfArM: Dringende Sicherheitsinformation -Rückrufbetreffend viralProtect 7-Monatsmaske der Farbe Schwarz Größe M und L Charge T100406, 2020.

[https://www.bfarm.de/SharedDocs/Kundeninfos/DE/02/2020/21532-20\\_kundeninfo\\_de.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bfarm.de/SharedDocs/Kundeninfos/DE/02/2020/21532-20_kundeninfo_de.pdf?__blob=publicationFile&v=1) ↗

.

[Google Scholar ↗](#)

**Bonner, 2010** J.C. Bonner

### Nanoparticelle come potenziale causa di malattia polmonare pleurica e interstiziale

Proc. Sono. Thorac. Soc., 7 (2010), pp. 138-141, [10.1513/pats.200907-061RM ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Brohi et al., 2017](#) R.D. Brohi, L. Wang, H.S. Talpur, D. Wu, F.A. Khan, D.Bhattarai, Z.-U. Rehman, F. Farmanullah, L.-J. Huo

## Tossicità delle nanoparticelle sul sistema riproduttivo nei modelli animali: una revisione

Davanti. Pharmacol., 8 (2017)

[⟨https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2017.00606⟩](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2017.00606) ↗

(consultato il 18 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Bukowska et al., 2022](#) B. Bukowska, K. Mokra, J. Michałowicz

## Benzo[a]pirene: occorrenza ambientale, esposizione umana e meccanismi di tossicità

Int. J. Mol. Sci., 23 (2022), p. 6348,[10.3390/ijms23116348](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Burdick e Maibach, 2021](#) H.N. Burdick, H. Maibach

## Rilevanza clinica delle mascherine in sala operatoria? Una revisione sistematica

Clin. Infetta. Pratica, 12 (2021), Articolo 100087,[10.1016/j.clinpr.2021.100087](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Bussan et al., 2022](#) D.D. Bussan, L. Snaychuk, G. Bartzas, C. Douvris

## Quantificazione degli oligoelementi nelle mascherine chirurgiche e KN95 ampiamente utilizzate durante la pandemia di SARS-COVID-19

Sci. Total Environ., 814 (2022), Articolo 151924,[10.1016/j.scitotenv.2021.151924](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Buzzin et al., 2022](#) A. Buzzin, G. Domènech-Gil, E. Frascchetti, E. Giovine, D. Puglisi, D. Caputo

## Valutare le conseguenze dell'uso prolungato di mascherine monouso

Sci. Rep., 12 (2022), Articolo 16796,[10.1038/s41598-022-20692-9](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Calc | LibreOffice - Suite per ufficio gratuita - Basato su OpenOffice - Compatibile con Microsoft, 2023](#)

Calc | LibreOffice - Suite per ufficio gratuita - Basato su OpenOffice - Compatibile con Microsoft, (2023). [⟨https://www.libreoffice.org/discover/calc⟩](https://www.libreoffice.org/discover/calc) ↗(consultato

il 17 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Calcolo dei quozienti di pericolo e stime del rischio di cancro, 2022](#) Calcolo dei quozienti di pericolo e stime del rischio di cancro, (2022).

[〈https://www.atsdr.cdc.gov/pha-guidance/conducting\\_scientific\\_evaluations/epcs\\_and\\_exposure\\_calculations/hazardquotients\\_cancerrisk.html〉](https://www.atsdr.cdc.gov/pha-guidance/conducting_scientific_evaluations/epcs_and_exposure_calculations/hazardquotients_cancerrisk.html) ↗

(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Campanale et al., 2020](#) C. Campanale, C. Massarelli, I. Savino, V. Locaputo, V.F. Uricchio

**Uno studio di revisione dettagliato sui potenziali effetti delle microplastiche e degli additivi preoccupanti sulla salute umana**

Int. J. Ambiente. Res. Salute pubblica, 17 (2020), p. 1212, [10.3390/ijerph17041212](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Carbonio, 2020](#) C.-C. Carbonio

**Indossare maschere per il viso confonde fortemente le controparti nelle emozioni di lettura**

Davanti. Psicolo., 11 (2020)

[〈https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.566886〉](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.566886) ↗

(consultato il 14 ottobre 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Carbon et al., 2022](#) C.-C. Carbonio, M.J. Tenuto, A. Schütz

**Leggere le emozioni nei volti con e senza maschere è relativamente indipendente dall'esposizione prolungata e dalle variabili di differenza individuali**

Davanti. Psicolo., 13 (2022)

[〈https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.856971〉](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.856971) ↗

(consultato il 10 febbraio 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Cengiz e Can, 2022](#) C. Cengiz, İ.H. Può

**L'effetto di N95 e delle mascherine chirurgiche sulla funzione di clearance mucociliare e sui disturbi sinonasali**

Eur. Arco. Otorinolaringoiatria, 279 (2022), pp. 759-764,[10.1007/s00405-021-06838-x](https://doi.org/10.1007/s00405-021-06838-x) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Chang et al., 2022** Y. Chang, R.-J. Huang, K. Cheng, C. Lin, Q. Ling, Md.M. Haque, J. Ovadnevaite, C. O'Dowd

**Caratterizzazione altamente risolta nel tempo e non mirata delle emissioni di composti organici volatili dalle maschere per il viso**

Ambiente. Sci. Tecnologia. Lett., 9 (2022), pp. 1007-1013,[10.1021/acs.estlett.2c00524](https://doi.org/10.1021/acs.estlett.2c00524) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Chen e Hoek, 2020** J. Chen, G. Hoek

**Esposizione a lungo termine alla PM e alla mortalità per tutte le cause e cause specifiche: una revisione sistematica e una meta-analisi**

Ambiente. Int, 143 (2020), Articolo 105974,[10.1016/j.envint.2020.105974](https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105974) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Chen et al., 2021** X. Chen, X. Chen, Q. Liu, Q. Zhao, X. Xiong, C. Wu

**Le maschere monouso usate sono fonti significative di microplastiche per l'ambiente**

Ambiente. Pollut., 285 (2021), Articolo 117485,[10.1016/j.envpol.2021.117485](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117485) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Chen et al., 2022** Y. Chen, Q. Chen, Q. Zhang, C. Zuo, H. Shi

**Una panoramica degli additivi chimici sulle fibre (micro)plastiche: occorrenza, rilascio e rischi per la salute**

Rev. Env. Contam. (Precedentemente:Residue Rev. ), 260 (2022), p. 22,

[10.1007/s44169-022-00023-9](https://doi.org/10.1007/s44169-022-00023-9) ↗

[Google Scholar](#) ↗

**Regolamento (UE) n. 126/2013, 2013** Regolamento (UE) n. 126/2013 della Commissione che modifica l'allegato XVII del regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alla registrazione, alla valutazione, all'autorizzazione e alla restrizione delle sostanze chimiche (REACH). | FAOLEX, 2013. <<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC120590/> > (consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

**Corona-Maske im Rückruf, 2020** Corona-Maske im Rückruf: Hochgiftiger Stoff entdeckt -

es besteht Lebensgefahr!, 2020.

<https://www.hna.de/verbraucher/corona-coronavirus-maske-rueckruf-covid-19-mueller-mundschutz-gefahr-gesundheit-kassel-zr-90129285.html> ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

**Cox et al., 2019** K.D. Cox, G.A. Covernton, H.L. Davies, J.F. Dower, F.Juanes, S.E. Dudas

### Consumo umano di microplastiche

Ambiente. Sci. Technol., 53 (2019), pp. 7068-7074, [10.1021/acs.est.9b01517](https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Dehghani et al., 2017** S. Dehghani, F. Moore, R. Akhbarizadeh

### Inquinamento da microplastica nella polvere urbana depositata, metropoli di Teheran, Iran

Ambiente. Sci. Inquina. Res, 24 (2017), pp. 20360-20371, [10.1007/s11356-017-9674-1](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9674-1) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Delanghe et al., 2021** L. Delanghe, E. Cauwenberghs, I. Spacova, I. De Boeck, W. Van Beeck, K.

Pepermans, I. Claes, D. Vandenheuvel, V. Verhoeven, S. Lebeer

### Cotone e maschere chirurgiche in contesti comunitari: contaminazione batterica e igiene della maschera facciale

Front Med (Lausanne), 8 (2021), Articolo 732047, [10.3389/fmed.2021.732047](https://doi.org/10.3389/fmed.2021.732047) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**De-la-Torre et al., 2021** G.E. De-la-Torre, C.I. Pizarro-Ortega, D.C. Dioses-Salinas, J. Ammendolia, E.D. Okoffo

### Indagare sullo stato attuale delle materie plastiche correlate al COVID-19 e il loro potenziale impatto sulla salute umana

Curr. Opin. Toxicol., 27 (2021), pp. 47-53, [10.1016/j.cotox.2021.08.002](https://doi.org/10.1016/j.cotox.2021.08.002) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Delgado-Gallardo et al., 2022** J. Delgado-Gallardo, G.L. Sullivan, M. Tokaryk, J.E. Russell, G.R.

Davies, K.V. Johns, A.P. Hunter, T.M. Watson, S. Sarp

### Maschere facciali monouso FFP2 e di tipo IIR di grado medico: un'analisi esaustiva sulla lisciviazione di micro e nanoparticelle e inquinanti chimici legati alla pandemia di COVID-19

ACS EST Water, 2 (2022), pp. 527-538, [10.1021/acsestwater.1c00319](https://doi.org/10.1021/acsestwater.1c00319) ↗

[Vista in Scopus ↗](#)   [Google Scholar ↗](#)

[Direttiva \(UE\) 2020/2184, 2020](#) Direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE), 2020.

[⟨http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/eng⟩](http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/eng) ↗(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Direttiva 2004/37/CE, 2004](#) Direttiva 2004/37/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 29 aprile 2004, relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi connessi all'esposizione a agenti cancerogeni o mutogeni sul luogo di lavoro [Sesta direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE del Consiglio] (versione codificata) (Testo rilevante ai fini del SEE), 2004.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02004L0037-20220405> ↗

(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Direttiva 2008/50/CE, 2008](#) Direttiva 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 maggio 2008, sulla qualità dell'aria ambiente e sull'aria più pulita per l'Europa, 2008. [⟨http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj/eng⟩](http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj/eng) ↗(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Direzione generale della sanità e dei consumatori, 2013](#) Direzione generale per la salute e i consumatori (Commissione europea) Ora nota come, Rendere la valutazione del rischio più rilevante per la gestione del rischio, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, LU, 2013. [⟨https://data.europa.eu/doi/10.2772/34776⟩](https://data.europa.eu/doi/10.2772/34776) ↗ (consultato il 30 aprile 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Dissanayake et al., 2021](#) J. Dissanayake, C. Torres-Quiroz, J. Mahato, J. Parco  
**Maschere facciali: un'incompiute crisi di microplastica**

Int. J. Ambiente. Res. Sanità pubblica, 18 (2021), p. 7068, [10.3390/ijerph18137068](https://doi.org/10.3390/ijerph18137068) ↗

[Vista in Scopus ↗](#)   [Google Scholar ↗](#)

[Donaldson e Seaton, 2012](#) K. Donaldson, A. Seaton

## Una breve storia della tossicologia delle particelle inalate

Parte Fibra Tossicol., 9 (2012), p. 13,[10.1186/1743-8977-9-13](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Drewnick et al., 2021](#) F. Drewnick, J. Pikmann, F. Fachinger, L. Moormann, F. Sprang, S. Borrmann

**Efficienza di filtrazione aerosol di materiali domestici per maschere facciali fatte in casa: influenza delle proprietà del materiale, della dimensione delle particelle, della carica elettrica delle particelle, della velocità del viso e delle perdite**

Sci aerosol. Technol., 55 (2021), pp. 63-79,[10.1080/02786826.2020.1817846](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Dris et al., 2017](#) R. Dris, J. Gasperi, C. Mirande, C. Mandin, M. Guerrouache, V. Langlois, B. Tassin

**Una prima panoramica delle fibre tessili, comprese le microplastiche, in ambienti interni ed esterni**

Ambiente. Pollut., 221 (2017), pp. 453-458,[10.1016/j.envpol.2016.12.013](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Du et al., 2022](#) H. Du, S. Huang, J. Wang

**Rischi ambientali dei materiali polimerici dalle mascherine monouso legate alla pandemia di COVID-19**

Sci. Total Environ., 815 (2022), Articolo 152980,[10.1016/j.scitotenv.2022.152980](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Elgersma et al., 2023](#) I.H. Elgersma, A. Fretheim, P. Elstrøm, P. Aavitsland

**Associazione tra l'uso della mascherina e il rischio di infezione da SARS-CoV-2: studio trasversale**

Epidemiol. Infect., 151 (2023), articolo e194,[10.1017/S0950268823001826](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Estevan et al., 2022](#) C. Estevan, E. Vilanova, M.A. Sogorb

**Caso di studio: rischio associato all'uso di mascherine rivestite in argento o nanoparticelle di grafene per la protezione contro il COVID-19**

Arco. Toxicol., 96 (2022), pp. 105-119,[10.1007/s00204-021-03187-w](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[UE, 2022](#) UE, Qualità dell'aria, 2022.

[〈https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality\\_en〉](https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality_en) ↗(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Everard et al., 1993](#) M.L. Everard, J.G. Hardy, A.D. Milner

### Confronto della deposizione aerosol nebulizzata nei polmoni di adulti sani dopo inalazione orale e nasale

Thorax, 48 (1993), pp. 1045-1046,[10.1136/thx.48.10.1045](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Politiche di copertura del viso durante la pandemia di COVID-19, 2023](#) Politiche di copertura facciale durante la pandemia di COVID-19, Our World in Data. (2023).

[〈https://ourworldindata.org/grapher/face-covering-policies-covid〉](https://ourworldindata.org/grapher/face-covering-policies-covid) ↗(consultato il 29 dicembre 2022).

[Google Scholar ↗](#)

[Fadare e Okoffo, 2020](#) O.O. Fadare, E.D. Okoffo

### Maschere per il viso Covid-19: una potenziale fonte di fibre microplastiche nell'ambiente

Sci. Total Environ., 737 (2020), Articolo 140279,[10.1016/j.scitotenv.2020.140279](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Faustman et al., 2000](#) E.M. Faustman, S.M. Silbernagel, R.A. Fenske, T.M. Burbacher, R.A. Ponce

### Meccanismi alla base della suscettibilità dei bambini alle sostanze tossiche ambientali

Ambiente. Health Perspect., 108 (Suppl 1) (2000), pp. 13-21,[10.1289/ehp.00108s113](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Fearnley e Wu, 2022](#) L. Fearnley, X. Wu

### Oltre la "cultura delle maschere" asiatica: comprendere l'etica delle maschere facciali durante la pandemia di Covid-19 a Singapore

Crit. Salute pubblica, 0 (2022), pp. 1-12,[10.1080/09581596.2022.2114315](#) ↗

[Google Scholar ↗](#)

[Fernández-Arribas et al., 2021](#) J. Fernández-Arribas, T. Moreno, R. Bartrolí, E. Eljarrat

### Mascherine per il viso COVID-19: una nuova fonte di esposizione umana e ambientale agli esteri organofosfati

Ambiente. Int., 154 (2021), articolo 106654,[10.1016/j.envint.2021.106654](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

Fögen, 2022 Z. Fögen

## L'effetto Foegen: un meccanismo con cui le mascherine contribuiscono al tasso di mortalità dei casi di COVID-19

Med. (Baltim. ), 101 (2022), articolo e28924,[10.1097/MD.00000000000028924](#) ↗

[Google Scholar ↗](#)

Forouzandeh et al., 2021 P. Forouzandeh, K. O'Dowd, S.C. Pillai

## Mascherine per il viso e respiratori nella lotta contro la pandemia di COVID-19: una panoramica degli standard e dei metodi di test

Saf. Sci., 133 (2021), Articolo 104995,[10.1016/j.ssci.2020.104995](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

Fromme et al., 2019 H. Fromme, M. Debiak, H. Sagunski, C. Röhl, M.Kraft, M. Kolossa-Gehring

## L'approccio tedesco per regolare i contaminanti dell'aria interna

Int. J. Hyg. Ambiente. Salute, 222 (2019), pp. 347-354,[10.1016/j.ijheh.2018.12.012](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

Ganesapillai et al., 2022 M. Ganesapillai, B. Mondal, I. Sarkar, A.Sinha, S.S. Ray, Y.-N. Kwon, K. Nakamura, K. Govardhan

## Il volto dietro la maschera Covid-19 - Una recensione completa

Ambiente. Tecnologia. Innov., 28 (2022), Articolo 102837,[10.1016/j.eti.2022.102837](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

Gasperi et al., 2018 J. Gasperi, S.L. Wright, R. Dris, F. Collard, C.Mandin, M. Guerrouache, V. Langlois, F.J. Kelly, B. Tassin

## Microplastiche nell'aria: la stiamo respirando?

Curr. Opin. Ambiente. Sci. Salute, 1 (2018), pp. 1-5,[10.1016/j.coesh.2017.10.002](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

Gaston et al., 2020 E. Gaston, M. Woo, C. Steele, S. Sukumaran, S.Anderson

## Le microplastiche differiscono tra le masse d'aria interne ed esterne: approfondimenti da metodologie di microscopia multiple

Appl. Spectrosc., 74 (2020), pp. 1079-1098,[10.1177/0003702820920652](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

GOV.UK, 2022 GOV.UK. (2022).

[〈https://www.gov.uk/government/publications/education-recovery-in-early-years-providers-spring-2022/education-recovery-in-early-years-providers-spring-2022〉](https://www.gov.uk/government/publications/education-recovery-in-early-years-providers-spring-2022/education-recovery-in-early-years-providers-spring-2022) ↗

(consultato il 1o febbraio 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Governo del Canada, 2021](#) Health Canada, governo del Canada, maschere facciali in grafene - Richiami, avvisi e avvisi di sicurezza - Canada.ca, 2021.

[〈https://recalls-rappels.canada.ca/en/alert-recall/graphene-face-masks〉](https://recalls-rappels.canada.ca/en/alert-recall/graphene-face-masks) ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Gralton e McLaws, 2010](#) J. Gralton, M.-L. McLaws

Proteggere gli operatori sanitari dall'influenza pandemica: N95 o mascherine chirurgiche?

Crit. Care Med, 38 (2010), pp. 657-667, [10.1097/ccm.0b013e3181b9e8b3](https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e3181b9e8b3) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Grundmann et al., 2021](#) F. Grundmann, K. Epstude, S. Scheibe

Le maschere facciali riducono l'accuratezza del riconoscimento delle emozioni e la vicinanza percepita

PLOS ONE, 16 (2021), Articolo e0249792, [10.1371/journal.pone.0249792](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249792) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Habich, 2020](#) I. Habich, Nanosilber in Alltagsmasken: BfR warnt vor ungeklärten Risiken, DAZ.Online. (2020).

[〈https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2020/08/04/nanosilber-in-alltagsmasken-bfr-warnt-vor-ungeklaerten-risiken〉](https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2020/08/04/nanosilber-in-alltagsmasken-bfr-warnt-vor-ungeklaerten-risiken) ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Han e Lui, 2021](#) J. Han, S. Lui

Necessità di valutare l'inalazione di detriti di micro(nano)plastica da maschere, respiratori e coperture per il viso fatte in casa durante la pandemia di COVID-19

Ambiente. Pollut., 268 (2021), articolo 115728, [10.1016/j.envpol.2020.115728](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115728) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Hansen et al., 2006](#) T. Hansen, G. Clermont, A. Alves, R. Eloy, C. Brochhausen, J.P. Boutrand, A.M. Gatti, C. James Kirkpatrick

**Tolleranza biologica di diversi materiali in forma sfusa e nanoparticella in un modello di ratto: sviluppo del sarcoma da parte di nanoparticelle**

J. R. Soc. Interfaccia, 3 (2006), pp. 767-775, [10.1098/rsif.2006.0145 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Hasan et al., 2021](#) N.A. Hasan, R.D. Guarire, A. Bashar, M.M. Haque

**Maschere per il viso: proteggere chi lo indossa ma trascurare l'ambiente acquatico? - Una prospettiva dal Bangladesh**

Ambiente. Chall., 4 (2021), articolo 100126, [10.1016/j.envc.2021.100126 ↗](#)

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Lui e al., 2020](#) C. Lui, C.-Y. Lin, J.F. Mueller

**Capitolo dieci - Ritardanti di fiamma organofosfato nell'ambiente: fonte, occorrenza ed esposizione umana**

J.-E. Oh (Ed.), Chimica analitica completa, Elsevier (2020), pp. 341-365,

[10.1016/bs.coac.2019.10.008 ↗](#)

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Helios führt allgemeine Maskenpflicht ein, 2020](#) Helios führt allgemeine Maskenpflicht ein, <https://www.helios-gesundheit.de/>. (2020).

<https://www.management-krankenhaus.de/news/helios-fuehrt-allgemeine-maskenpflicht-ein> ↗

(consultato il 16 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Helios führt Maskenscanner in allen Kliniken ein, 2020](#) Helios führt Maskenscanner in allen Kliniken ein, <https://www.helios-gesundheit.de/>. (2020).

<https://www.management-krankenhaus.de/news/helios-fuehrt-maskenscanner-allen-kliniken-ein> ↗

(consultato il 16 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Heyder et al., 1986](#) J. Heyder, J. Gebhart, G. Rudolf, C.F. Schiller, W. Stahlhofen

**Deposizione di particelle nel tratto respiratorio umano nell'intervallo di**

## dimensioni 0,005-15 $\mu\text{m}$

J. Aerosol Sci., 17 (1986), pp. 811-825, [10.1016/0021-8502\(86\)90035-2](https://doi.org/10.1016/0021-8502(86)90035-2) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

**Hodous e Coffey, 1994** T.K. Hodous, C.C. Caffè

### Il ruolo dei dispositivi di protezione respiratoria nel controllo della tubercolosi

Occupare. Med, 9 (1994), pp. 631-657

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7878492/> ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Houston, 1991** T.P. Houston

### L'assassino silenzioso: il fumo di tabacco ambientale

J. Fam. Pr., 32 (1991), pp. 457-458

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2022932/> ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Howie et al., 1986** R.M. Howie, J. Addison, J. Cherrie, A. Robertson, J. Dodgson

### RILASCIO DI FIBRE DAI RESPIRATORI FILTRANTI DEL FACEPIECE

Ann. Occupare. Hyg., 30 (1986), pp. 131-133, [10.1093/annhyg/30.1.131](https://doi.org/10.1093/annhyg/30.1.131) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Huang et al., 2021a** D. Huang, J. Tao, M. Cheng, R. Deng, S. Chen, L. Yin, R. Li

### Microplastiche e nanoplastiche nell'ambiente: trasporto macroscopico ed effetti sulle creature

J. Pericolo. Mater., 407 (2021), Articolo 124399, [10.1016/j.jhazmat.2020.124399](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124399) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

**Huang e Morawska, 2019** W. Huang, L. Morawska

### Le mascherine potrebbero aumentare i rischi di inquinamento

Natura, 574 (2019), pp. 29-30, [10.1038/d41586-019-02938-1](https://doi.org/10.1038/d41586-019-02938-1) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

**Huang et al., 2006** X. Huang, J. Lin, D. Demner-Fushman

### Valutazione di PICO come rappresentazione della conoscenza per le domande cliniche

AMIA Annu Symp. Proc. (2006), pp. 359-363

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17238363/> ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Huang et al., 2021b](#) Y. Huang, J.C.-F. Law, T.-K. Lam, K.S.-Y. Leung

## Rischi dei filtri UV organici: una revisione degli studi sui problemi ambientali e sulla salute umana

Sci. Total Environ., 755 (2021), Articolo 142486,[10.1016/j.scitotenv.2020.142486 ↗](#)



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus ↗](#)

[Google Scholar ↗](#)

[Huckelba e Van Lange, 2020](#) A.L. Huckelba, P.A.M. Van Lange

## L'assassino silenzioso: conseguenze del cambiamento climatico e come sopravvivere al passo del 2050

Sostenibilità, 12 (2020), p. 3757,[10.3390/su12093757 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Hui Li et al., 2022](#) A.S. Hui Li, P. Sathishkumar, M.L. Selahuddeen, W.M. Asyraf Wan Mahmood, M.H. Zainal Abidin, R.A. Wahab, M.A. Mohamed Huri, F. Abdullah

## Effetti ambientali avversi delle mascherine monouso a causa dell'uso eccessivo

Ambiente. Pollut., 308 (2022), articolo 119674,[10.1016/j.envpol.2022.119674 ↗](#)



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus ↗](#)

[Google Scholar ↗](#)

[Hutten, 2007](#) SONO Hutten

## CAPITOLO 5 - Processi per i mezzi filtranti non tessuti

SONO Hutten (Ed.), Handbook of Nonwoven Filter Media, Butterworth-Heinemann, Oxford (2007), pp. 195-244,[10.1016/B978-185617441-1/50020-2 ↗](#)



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Google Scholar ↗](#)

[ICRP, 1994](#) ICRP

## Modello del tratto respiratorio umano per la protezione radiologica. Una relazione di un gruppo di lavoro della Commissione internazionale per la protezione radiologica

Ann. ICRP, 24 (1994), pp. 1-482

[https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Pubblicazione%2066 ↗](https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Pubblicazione%2066)

[Google Scholar ↗](#)

[Information de sécurité - Action de sécurité de Santé publique - ANSM, 2021](#) Information de sécurité - Action de sécurité de Santé publique - ANSM, (2021).

[〈https://ansm.sante.fr/informations-de-securite/action-de-securite-de-sante-publique-france-masques-ffp2-particle-filtering-half-mask-labellises-biomass-graphene-shandong-shengquan-new-materials〉](https://ansm.sante.fr/informations-de-securite/action-de-securite-de-sante-publique-france-masques-ffp2-particle-filtering-half-mask-labellises-biomass-graphene-shandong-shengquan-new-materials) ↗  
(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Jantunen et al., 1997](#) M. Jantunen, J.J.K. Jaakkola, M. Krzyzanowski

### Valutazione dell'esposizione agli inquinanti dell'aria interna

Organizzazione Mondiale della Sanità. Ufficio regionale per l'Europa, (1997)

[〈https://apps.who.int/iris/handle/10665/107300〉](https://apps.who.int/iris/handle/10665/107300) ↗

accesso 19 marzo 2023

[Google Scholar](#) ↗

[Jefferson et al., 2020](#) T. Jefferson, C.B.D. Mar, L. Dooley, E. Ferroni, L.A. Al-Ansary, G.A. Bawazeer, M.L. van Driel, M.A. Jones, S.Thorning, E.M. Beller, J. Clark, T.C. Hoffmann, P.P. Glasziou, J.M.Conly

### Interventi fisici per interrompere o ridurre la diffusione dei virus respiratori

Sistema di database Cochrane. Rev. (2020),[10.1002/14651858.CD006207.pub5](https://doi.org/10.1002/14651858.CD006207.pub5) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Jefferson et al., 2023](#) T. Jefferson, L. Dooley, E. Ferroni, L.A. Al-Ansary, M.L. van Driel, G.A. Bawazeer, M.A. Jones, T.C. Hoffmann, J.Clark, E.M. Beller, P.P. Glasziou, J.M. Conly

### Interventi fisici per interrompere o ridurre la diffusione dei virus respiratori

Sistema di database Cochrane. Rev. (2023),[10.1002/14651858.CD006207.pub6](https://doi.org/10.1002/14651858.CD006207.pub6) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Jenner et al., 2022](#) L.C. Jenner, J.M. Rotchell, R.T. Bennett, M. Cowen, V. Tentzeris, L.R. Sadofsky  
Rilevazione di microplastiche nel tessuto polmonare umano mediante spettroscopia  $\mu$ FTIR

Sci. Total Environ., 831 (2022), articolo 154907,[10.1016/j.scitotenv.2022.154907](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Gesù et al., 2022](#) A. Gesù, E. Sousa, M.T. Cruz, H. Cidade, J.M.S. Lobo, I.F. Almeida

### Filtri UV: sfide e prospettive

Farmaceutici, 15 (2022), p. 263,[10.3390/ph15030263](https://doi.org/10.3390/ph15030263) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Jin et al., 2021](#) L. Jin, S.M. Griffith, Z. Sun, J.Z. Yu, W. Chan

## Il rovescio della scio della maschera: maggiore esposizione a composti organici volatili e una soluzione che riduce il rischio

Ambiente. Sci. Technol., 55 (2021), pp. 14095-14104, [10.1021/acs.est.1c04591](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kannan e Vimalkumar, 2021](#) K. Kannan, K. Vimalkumar

## Una revisione dell'esposizione umana alle microplastiche e approfondimenti sulle microplastiche come obesi

Davanti. Endocrinolo., 12 (2021)

[〈https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2021.724989〉](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2021.724989) ↗

(consultato il 18 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Kelly e Fussell, 2012](#) F.J. Kelly, J.C. Fussell

## Dimensioni, fonte e composizione chimica come determinanti della tossicità attribuibile al particolato ambientale

Atmos. Environ., 60 (2012), pp. 504-526, [10.1016/j.atmosenv.2012.06.039](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kerkeling et al., 2021](#) S. Kerkeling, C. Sandten, T. Schupp, M.Kreyenschmidt

## Emissioni di COV dalle mezze maschere di filtraggio delle particelle - metodi, rischi e necessità di ulteriori azioni

EXCLI J., 20 (2021), pp. 995-1008, [10.17179/excli2021-3734](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Khan e Jia, 2023](#) A. Khan, Z. Jia

## Recenti approfondimenti sull'assorbimento, la tossicità e gli obiettivi molecolari di microplastiche e nanoplastiche rilevanti per gli impatti sulla salute umana

iScience, 26 (2023), [10.1016/j.isci.2023.106061](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski e Wojtasik, 2022](#) K. Kisielinski, B. Wojtasik

## Idoneità della colorazione del sale di sodio del Rose Bengal per la visualizzazione della contaminazione della maschera facciale da parte di organismi viventi

AIMSES, 9 (2022), pp. 218-231,[10.3934/environsci.2022015](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski et al., 2003a](#) K. Kisielinski, U. Cremerius, U. Büll, B.Hermanns, D.C. Wirtz, F.U. Niethard  
**Prime esperienze con la tomografia a emissione di fluorossigluco-positrone (FDG-PET) nella valutazione delle sostituzioni totali dolorose delle articolazioni del ginocchio e dell'anca**

Z. Orthop. Ihre Grenzgeb., 141 (2003), pp. 153-159,[10.1055/s-2003-38649](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski et al., 2003b](#) K. Kisielinski, U. Cremerius, P. Reinartz, F.U.Niethard  
**Tomografia a emissione di positroni di fluordeossigluco rilevamento delle reazioni infiammatorie dovute all'usura del polietilene nell'artroplastica totale dell'anca**

J. Arthroplast., 18 (2003), pp. 528-532,[10.1016/S0883-5403\(03\)00058-5](#) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski et al., 2004](#) K. Kisielinski, T. Mumme, P. Reinartz, U. Buell  
**FDG-PET rileva le reazioni di corpi estranei ai detriti di usura del polietilene nelle endoprotesi del ginocchio non infette**

Nuklearmedizin, 43 (2004), pp. N3-N6

<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20501811> ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski et al., 2021](#) K. Kisielinski, P. Giboni, A. Prescher, B.Klosterhalfen, D. Graessel, S. Funken, O. Kempfski, O. Hirsch

**Una maschera che copre la bocca e il naso è libera da effetti collaterali indesiderati nell'uso quotidiano e libera da potenziali pericoli?**

Int. J. Ambiente. Res. Sanità pubblica, 18 (2021), p. 4344,[10.3390/ijerph18084344](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski et al., 2023a](#) K. Kisielinski, S. Wagner, O. Hirsch, B.Klosterhalfen, A. Prescher  
**Possibile tossicità dell'esposizione cronica all'anidride carbonica associata all'uso di maschere facciali, in particolare nelle donne in gravidanza, nei bambini e negli adolescenti – Una revisione dell'ambito**

Heliyon, 9 (2023),[10.1016/j.heliyon.2023.e14117](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Kisielinski et al., 2023b](#) Kisielinski, K., Wojtasik, B., Zalewska, A., Livermore, D.M., Jurczak-Kurek, A., 2023b. L'onere batterico delle maschere facciali indossate – Ricerca osservazionale e revisione della letteratura. Preprints, 2023121576.  
<https://doi.org/10.20944/preprints202312.1576.v1> ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Kjølholt et al., 2015](#) J. Kjølholt, A.A. Jensen, M. Riscaldamento  
Sostanze polifluoroalchiliche a catena corta (PFAS). Una revisione della letteratura di informazioni sugli effetti sulla salute umana e sugli aspetti ambientali del destino e degli effetti del PFAS a catena corta.

Agenzia danese per la protezione dell'ambiente, (2015)

[〈https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/05/978-87-93352-15-5.pdf〉](https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/05/978-87-93352-15-5.pdf) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Klimek et al., 2020](#) L. Klimek, T. Huppertz, A. Alali, M. Spielhaupter, K.Hörmann, C. Matthias, J. Hagemann

Una nuova forma di rinite irritante per filtrare le maschere di particelle facciali (FFP) (respiratori FFP2/N95/KN95) durante la pandemia di COVID-19

World Allergy Organ J., 13 (2020), Articolo 100474,[10.1016/j.waojou.2020.100474](https://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100474) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Klinge e Klosterhalfen, 2018](#) U. Klinge, B. Klosterhalfen

Impianti a rete per la riparazione dell'ernia: un aggiornamento

Esperto Rev. Med. Dispositivi, 15 (2018), pp. 735-746,[10.1080/17434440.2018.1529565](https://doi.org/10.1080/17434440.2018.1529565) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Klosterhalfen et al., 2005](#) B. Klosterhalfen, K. Junge, U. Klinge

Il concetto di maglia porosa leggera e grande per la riparazione dell'ernia

Expert Rev. Med Devices, 2 (2005), pp. 103-117,[10.1586/17434440.2.1.103](https://doi.org/10.1586/17434440.2.1.103) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Knobloch et al., 2023](#) J.K. Knobloch, G. Franke, M.J. Knobloch, B.Knobling, G. Kampf

Panoramica dei benefici della vestibilità aderente e della prevenzione delle infezioni dei respiratori (filtranti i pezzi del viso)

J. Hosp. Infect., 134 (2023), pp. 89-96,[10.1016/j.jhin.2023.01.009](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2023.01.009) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Kutralam-Muniasamy et al., 2022](#) G. Kutralam-Muniasamy, F. Pérez-Guevara, V.C. Shruti

## Una sintesi critica dell'attuale letteratura peer-reviewed sugli impatti ambientali e sulla salute umana della lettiera dei DPI COVID-19: nuove scoperte e prossimi passi

J. Pericolo. Mater., 422 (2022), Articolo 126945, [10.1016/j.jhazmat.2021.126945](#) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Kutralam-Muniasamy et al., 2023](#) G. Kutralam-Muniasamy, V.C. Shruti, F. Pérez-Guevara, P.D. Roy

## Diagnostica della microplastica nell'uomo: "I 3P" Progressi, problemi e prospettive

Sci. Total Environ., 856 (2023), Articolo 159164, [10.1016/j.scitotenv.2022.159164](#) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Kwak e An, 2021](#) J.I. Kwak, Y.-J. Un

## Pandemia post COVID-19: bioframmentazione ed effetti ecotossicologici del suolo delle microplastiche derivate dalle mascherine per il viso

J. Pericolo. Mater., 416 (2021), Articolo 126169, [10.1016/j.jhazmat.2021.126169](#) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[La AEMPS informa de los resultados de la investigación efectuada sobre las mascarillas quirúrgicas tipo IIR con grafeno, 2021](#)

La AEMPS informa de los resultados de la investigación efectuada sobre las mascarillas quirúrgicas tipo IIR con grafeno, fabricadas por Shandong Shenquan New Materials Co. Ltd, China, Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (2021).

<https://www.aemps.gob.es/informa/la-aemps-informa-de-los-resultados-de-la-investigacion-efectuada-sobre-las-mascarillas-quirurgicas-tipo-iir-con-grafeno-fabricadas-por-shandong-shenquan-new-materials-co-ltd-china/> ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Ladhani, 2022](#) S.N. Ladhani

## Mascheramento facciale per i bambini - è ora di riconsiderare

J. Infect., 85 (2022), pp. 623-624, [10.1016/j.jinf.2022.09.020](#) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Lai et al., 2022](#) H. Lai, X. Liu, M. Qu

## Nanoplastiche e salute umana: identificazione dei pericoli e biointerfaccia

Nanomateriali, 12 (2022), p. 1298,[10.3390/nano12081298](https://doi.org/10.3390/nano12081298) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Legge et al., 2021](#) C.S.W. Legge, P.S. Lan, G.H. Glover

### Effetto dell'uso di una maschera facciale sul contrasto fMRI BOLD

NeuroImage, 229 (2021), articolo 117752,[10.1016/j.neuroimage.2021.117752](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.117752) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Lee e Wang, 2011](#) H.P. Lee, D.Y. Wang

### Valutazione oggettiva dell'aumento della resistenza respiratoria dei respiratori N95 sugli esseri umani

Ann. Occupare. Hyg., 55 (2011), pp. 917-921,[10.1093/annhyg/mer065](https://doi.org/10.1093/annhyg/mer065) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Lee et al., 2008](#) S.-A. Lee, S.A. Grinshpun, T. Reponen

### Prestazioni respiratorie offerte da respiratori N95 e maschere chirurgiche: valutazione del soggetto umano con aerosol NaCl che rappresenta la gamma di dimensioni delle particelle batteriche e virali

Ann. Occupare. Hyg., 52 (2008), pp. 177-185,[10.1093/annhyg/men005](https://doi.org/10.1093/annhyg/men005) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Leslie et al., 2022](#) H.A. Leslie, M.J.M. van Velzen, S.H. Brandsma, A.D.Vethaak, J.J. Garcia-Vallejo, M.H. Lamoree

### Scoperta e quantificazione dell'inquinamento da particelle di plastica nel sangue umano

Ambiente. Int., 163 (2022), Articolo 107199,[10.1016/j.envint.2022.107199](https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Li et al., 2021a](#) L. Li, X. Zhao, Z. Li, K. Canzone

### COVID-19: studio sulle prestazioni del rischio di inalazione di microplastica rappresentato dall'uso di mascherine

J. Hazard Mater., 411 (2021), articolo 124955,[10.1016/j.jhazmat.2020.124955](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124955) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Li et al., 2022](#) M. Li, Z. Hou, R. Meng, S. Hao, B. Wang

### Svelare i potenziali rischi per la salute umana derivanti da

## micro/nanoplastiche usate dalla mascherina monouso durante lo scenario pandemico COVID-19: una revisione critica

Ambiente. Int., 170 (2022), Articolo 107644,[10.1016/j.envint.2022.107644](https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107644) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Li et al., 2021b](#) S. Li, Q. Wang, H. Yu, L. Yang, Y. Sun, N. Xu, N. Wang, Z. Lei, J. Hou, Y. Jin, H. Zhang, L. Li, F. Xu, L. Zhang

### Le microplastiche in polistirene inducono l'interruzione della barriera del sangue-testista regolata dalla via di segnalazione MAPK-Nrf2 nei ratti

Ambiente. Sci. Inquina. Res, 28 (2021), pp. 47921-47931,[10.1007/s11356-021-13911-9](https://doi.org/10.1007/s11356-021-13911-9) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Liang et al., 2022](#) H. Liang, Y. Ji, W. Ge, J. Wu, N. Song, Z. Yin, C. Chai

### Rilasciare la cinetica delle microplastiche dalle maschere facciali usa e getta nell'ambiente acquoso

Sci. Total Environ., 816 (2022), articolo 151650,[10.1016/j.scitotenv.2021.151650](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151650) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[LibreOffice - Free Office Suite - Basato su OpenOffice - Compatibile con Microsoft, 2023](#)

LibreOffice - Suite Office gratuita - Basato su OpenOffice - Compatibile con Microsoft, (2023). <https://www.libreoffice.org/> ↗(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Liu et al., 2023](#) I. Liu, V. Prasad, J. Darrow

### Prove per il mascheramento facciale della comunità per limitare la diffusione della SARS-CoV-2: una revisione critica

Matrice sanitaria: J. Law-Med., 33 (2023), p. 1

<https://scholarlycommons.law.case.edu/healthmatrix/vol33/iss1/1/> ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Liu et al., 2019](#) K. Liu, X. Wang, T. Fang, P. Xu, L. Zhu, D. Li

### Valutazione dell'origine e del potenziale rischio delle microplastiche atmosferiche sospese a Shanghai

Sci. Total Environ., 675 (2019), pp. 462-471,[10.1016/j.scitotenv.2019.04.110](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.110) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Liu et al., 2022a](#) Y. Liu, Z. Wang, W. Wang, J. Xing, Q. Zhang, Q. Ma, Q. Lv

### Analisi non mirata di sostanze chimiche volatili sconosciute nelle

## mascherine mediche

Ambiente. Int., 161 (2022), Articolo 107122, [10.1016/j.envint.2022.107122](https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107122) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Liu et al., 2022b](#) Z. Liu, J. Wang, X. Yang, Q. Huang, K. Zhu, Y. Sun, S. Van Hulle, H. Jia  
La generazione di radicali liberi persistenti ambientali (EPFR) migliora gli effetti ecotossicologici dei rifiuti della maschera facciale usa e getta con la pandemia di COVID-19

Ambiente. Pollut., 301 (2022), articolo 119019, [10.1016/j.envpol.2022.119019](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119019) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Loeb et al., 2009](#) M. Loeb, N. Dafoe, J. Mahony, M. John, A. Sarabia, V. Glavin, R. Webby, M. Smieja, D.J.D. Guadagna, S. Chong, A. Webb, S.D. Walter  
Maschera chirurgica vs respiratore N95 per prevenire l'influenza tra gli operatori sanitari: uno studio randomizzato

JAMA, 302 (2009), p. 1865, [10.1001/jama.2009.1466](https://doi.org/10.1001/jama.2009.1466) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Luft, 2023](#) Luft, Umweltbundesamt, 2023.

[⟨https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft⟩](https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft) ↗ (consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Luksamijarulkul et al., 2014](#) P. Luksamijarulkul, N. Aiempradit, P. Vatanasomboon  
Contaminazione microbica sulle maschere chirurgiche usate tra il personale ospedaliero e la qualità dell'aria microbica nei loro reparti di lavoro: un ospedale a Bangkok

Oman Med J., 29 (2014), pp. 346-350, [10.5001/omj.2014.92](https://doi.org/10.5001/omj.2014.92) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Ma et al., 2021](#) J. Ma, F. Chen, H. Xu, H. Jiang, J. Liu, P. Li, C.C. Chen, K. Pan  
Maschere per il viso come fonte di nanoplastiche e microplastiche nell'ambiente: quantificazione, caratterizzazione e potenziale di bioaccumulo

Ambiente. Inquinamento, 288 (2021), Articolo 117748, [10.1016/j.envpol.2021.117748](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117748) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

Ma, 2022 K.C. Mamma

Aumento delle malattie respiratorie acute tra i bambini e gli adolescenti associati a rinovirus e enterovirus, incluso l'enterovirus D68 – Stati Uniti, luglio-settembre 2022

MMWR Morb. Mortale. Wkly Rep., 71 (2022),[10.15585/mmwr.mm7140e1](https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7140e1) ↗

[Google Scholar](#) ↗

Masken-Rückruf bei Müller, 2020 Masken-Rückruf bei Müller: potenziell krebserregendes Anilin nachgewiesen, Oekotest.de. (2020).

[https://www.oekotest.de/gesundheit-medikamente/Masken-Rueckruf-bei-Mueller-potenziell-krebserregendes-Anilin-nachgewiesen-\\_11623\\_1.html](https://www.oekotest.de/gesundheit-medikamente/Masken-Rueckruf-bei-Mueller-potenziell-krebserregendes-Anilin-nachgewiesen-_11623_1.html) ↗  
(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

Mast et al., 2021 Mast J., Blaude M.-N., Siciliani L., Cheyns K., Waegeneers N., Loco J.V., Vleminckx C., Verleysen E., Identificazione, caratterizzazione fisico-chimica e analisi preliminare del rischio delle particelle di biossido di titanio nelle maschere facciali. Rapporto intermedio Progetto TiO<sub>2</sub>-Mask COVID-19 settembre 2021, sciensano.be. (2021).

<https://www.sciensano.be/en/biblio/identification-physicochemical-characterisation-and-preliminary-risk-analysis-titanium-dioxide-0> ↗  
(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

Mast et al., 2023 J. Albero, E. Van Miert, L. Siciliani, K. Cheyns, M.-N.Blaude, C. Wouters, N. Waegeneers, R. Bernsen, C. Vleminckx, J. Van Loco, E. Verleysen

L'applicazione di biocidi a base di argento nelle mascherine destinate all'uso generale richiede un controllo normativo

Sci. Total Environ., 870 (2023), Articolo 161889,[10.1016/j.scitotenv.2023.161889](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161889) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

Masud et al., 2023 R.I. Masud, K.H. Suman, S. Tasnim, M.S. Begum, M.H. Sikder, M.J. Uddin, M.N. Haque

Una revisione sulle microplastiche potenziate derivate dai rifiuti biomedici durante la pandemia di COVID-19 con la sua tossicità, i rischi per la salute e i biomarcatori

Ambiente. Res., 216 (2023), Articolo 114434,[10.1016/j.envres.2022.114434](https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114434) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Mathis, 2023](#) L. Mathis

## Gli effetti delle maschere facciali sull'interpretazione delle emozioni in individui socialmente ansiosi

Grad. Stallone. J. Psychol., 20 (2023),[10.52214/gsjp.v20i1.10167](#) ↗

[Google Scholar ↗](#)

[Matuschek et al., 2020](#) C. Matuschek, F. Moll, H. Fangerau, J.C.Fischer, K. Zänker, M. van

Griensven, M. Schneider, D.Kindgen-Milles, W.T. Knoefel, A. Lichtenberg, B.

Tamaskovics,F.J. Djiepmo-Njanang, W. Budach, S. Corradini, D. Häussinger,T. Feldt, B.

Jensen, R. Pelka, K. Orth, M. Peiper, O. Grebe, K.Maas, E. Bölke, J. Hausmann

## La storia e il valore delle maschere per il viso

Eur. J. Med. Res., 25 (2020), Articolo 23,[10.1186/s40001-020-00423-4](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Maynard, 2021](#) A. Maynard

## Quanto sono sicure le maschere per il viso a base di grafene?

EDGE Innov. (2021)

[〈https://medium.com/edge-of-innovation/how-safe-are-graphene-based-face-masks-b88740547e8c〉](https://medium.com/edge-of-innovation/how-safe-are-graphene-based-face-masks-b88740547e8c) ↗

accesso 17 marzo 2023

[Google Scholar ↗](#)

[McKenna et al., 2022](#) V.S. McKenna, C.L. Kendall, T.H. Patel, R.J.Howell, R.L. Gustin

## Impatto delle maschere per il viso sull'acustica del parlato e sullo sforzo vocale negli operatori sanitari

Laringoscopia, 132 (2022), pp. 391-397,[10.1002/lary.29763](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Meier et al., 2022](#) P. Meier, M. Zabara, C. Hirsch, A. Gogos, D.Tscherrig, G. Richner, B. Nowack, P.

Stoppino

## Valutazione del rilascio di fibre e detriti dai tessuti protettivi della maschera COVID-19 e degli effetti di citotossicità acuta in vitro

Ambiente. Int., 167 (2022), Articolo 107364,[10.1016/j.envint.2022.107364](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Min et al., 2021](#) K. Min, X. Weng, P. Long, M. Mamma, B. Chen, S. Yao

## Analisi rapida in situ degli ftalati nelle maschere facciali mediante spettrometria di massa tandem di ionizzazione del fascio corona di desorbimento

Talanta, 231 (2021), articolo 122359, [10.1016/j.talanta.2021.122359](https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122359) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe, 2008](#) Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden, [Health evaluation of fine particulate matter in indoor air], Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 51, 2008: 1370–1378.

<https://doi.org/10.1007/s00103-008-0708-1> ↗.

[Google Scholar](#) ↗

[Mølhav et al., 1997](#) L. Mølhav, G. Clausen, B. Berglund, J. De Ceaurriz, A. Kettrup, T. Lindvall, M. Maroni, A.C. Pickering, U.Risse, H. Rothweiler, B. Seifert, M. Younes  
**Composti organici volatili totali (TVOC) nelle indagini sulla qualità dell'aria interna\***

Aria interna, 7 (1997), pp. 225-240, [10.1111/j.1600-0668.1997.00002.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1997.00002.x) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Morgana et al., 2021](#) S. Morgana, B. Casentini, S. Amalfitano  
**Scoprire il rilascio di micro/nanoplastiche dalle mascherine monouso in tempi di COVID-19**

J. Pericolo. Mater., 419 (2021), Articolo 126507, [10.1016/j.jhazmat.2021.126507](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126507) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Muensterman et al., 2022](#) D.J. Muensterman, L. Cahuas, I.A. Titaley, C. Schmokel, F.B. De la Cruz, M.A. Barlaz, C.C. Carignan, G.F. Peaslee, J.A. Campo  
**Sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) nelle maschere facciali: potenziale fonte di esposizione umana a PFAS con implicazioni per lo smaltimento nelle discariche**

Ambiente. Sci. Tecnologia. Lett., 9 (2022), pp. 320-326, [10.1021/acs.estlett.2c00019](https://doi.org/10.1021/acs.estlett.2c00019) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Nawrot e Staessen, 2006](#) T.S. Nawrot, J.A. Staessen  
**Esposizione ambientale di basso livello al piombo smascherato come**

## killer silenzioso

Circolazione, 114 (2006), pp. 1347-1349, [10.1161/CIRCULATIONAHA.106.650440](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.650440) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

## Nuovi casi di COVID-19 in tutto il mondo, 2023

Johns. Hopkins Corona Resour. Cent. (2023)

[〈https://coronavirus.jhu.edu/data/new-cases〉](https://coronavirus.jhu.edu/data/new-cases) ↗

accesso 7 settembre 2023

[Google Scholar](#) ↗

## NIOSH, 2020 Guida NIOSH alla selezione e all'uso di respiratori antiparticolato certificati ai sensi del 42 CFR 84., 2020. [〈https://doi.org/10.26616/NIOSH PUB96101〉](https://doi.org/10.26616/NIOSH PUB96101) ↗.

[Google Scholar](#) ↗

## Ntlailane e Wichmann, 2019 M.G.L. Ntlailane, J. Wichmann

Efficacia dei respiratori N95 per il controllo dell'esposizione alle nanoparticelle (2000-2016): una revisione sistematica e una meta-analisi

J. Nanoparte. Res, 21 (2019), Articolo 170, [10.1007/s11051-019-4596-0](https://doi.org/10.1007/s11051-019-4596-0) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

## O. US EPA, 2015b US EPA, Livelli di screening regionali (RSL) - Tabelle generiche, (2015b).

[〈https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables〉](https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables) ↗

(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

## O. US EPA, 2016b US EPA, Stabilire e rivedere gli standard per controllare l'inquinamento da particolato (PM), (2016b).

[〈https://www.epa.gov/pm-pollution/setting-and-reviewing-standards-control-particulate-matter-pm-pollution〉](https://www.epa.gov/pm-pollution/setting-and-reviewing-standards-control-particulate-matter-pm-pollution) ↗

(consultato il 18 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

## O. US EPA, 2015a US EPA, Prodotti di consumo: National Volatile Organic Compound Emission Standards, (2015a).

[〈https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/consumer-products-national-volatile-organic-compound-emission〉](https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/consumer-products-national-volatile-organic-compound-emission) ↗

(consultato il 18 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

O. US EPA, 2016a US EPA, Air Topics, (2016a).

[〈https://www.epa.gov/environmental-topics/air-topics〉](https://www.epa.gov/environmental-topics/air-topics) ↗(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

Oeko-Tex® Standard 100, 2023 Oeko-Tex® Standard 100, (2023).

[〈https://www.oeko-tex.com/importedmedia/downloadfiles/OTS100Standard\\_01.2023\\_en\\_de.pdf〉](https://www.oeko-tex.com/importedmedia/downloadfiles/OTS100Standard_01.2023_en_de.pdf) ↗

.

[Google Scholar ↗](#)

Oeko-Tex®. Oeko-Tex Service GmbH, 2023 Oeko-Tex®. Oeko-Tex Service GmbH, Genferstrasse 23, 8002 Zurigo, Svizzera., 2023.

[〈https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/oeko-tex-standard-100〉](https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/oeko-tex-standard-100) ↗ (consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

Oliveira et al., 2023 A.M. Oliveira, A.L. Patrício Silva, A.M.V.M. Soares, D. Barceló, A.C. Duarte, T. Rocha-Santos

Conoscenze attuali sulla presenza, la biodegradazione e la tossicità delle maschere facciali scartate nell'ambiente

J. Ambiente. Chimica. Ing., 11 (2023), articolo 109308,[10.1016/j.jece.2023.109308](https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109308) ↗



Visualizza PDF

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus ↗](#)

[Google Scholar ↗](#)

Orellano et al., 2020 P. Orellano, J. Reynoso, N. Quaranta, A. Bardach, A. Ciapponi

Esposizione a breve termine al particolato (PM10 e PM2.5), al biossido di azoto (NO2) e all'ozono (O3) e alla mortalità per tutte le cause e cause specifiche: revisione sistematica e meta-analisi

Ambiente. Int., 142 (2020), Articolo 105876,[10.1016/j.envint.2020.105876](https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105876) ↗



Visualizza PDF

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus ↗](#)

[Google Scholar ↗](#)

Servizi pubblici e appalti Canada, governo del Canada, 2002 Public Services and Procurement Canada, Government of Canada, Qualità dell'aria interna negli edifici per uffici: una guida tecnica: una relazione del Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health.: H46-2/93-166Erev-PDF - Government of Canada Publications - Canada.ca, (2002).

[⟨https://publications.gc.ca/collections/Collection/H46-2-93-166Erev.pdf⟩](https://publications.gc.ca/collections/Collection/H46-2-93-166Erev.pdf) ↗  
(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Palmieri et al., 2021](#) V. Palmieri, F. De Maio, M. De Spirito, M. Papi

## Maschere per il viso e nanotecnologia: tieni il lato blu in alto

Nano Today, 37 (2021), articolo 101077, [10.1016/j.nantod.2021.101077](https://doi.org/10.1016/j.nantod.2021.101077) ↗

 [Visualizza PDF](#)   [Visualizza l'articolo](#)   [Vista in Scopus](#) ↗   [Google Scholar](#) ↗

[Parashar e Hait, 2021](#) N. Parashar, S. Capelli

## Plastica ai tempi della pandemia di COVID-19: protettore o inquinatore?

Sci. Total Environ., 759 (2021), Articolo 144274, [10.1016/j.scitotenv.2020.144274](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144274) ↗

 [Visualizza PDF](#)   [Visualizza l'articolo](#)   [Vista in Scopus](#) ↗   [Google Scholar](#) ↗

[Park et al., 2022](#) A.-M. Parco, S. Khadka, F. Sato, S. Omura, M. Fujita, K. Hashiwaki, I. Tsunoda

## Isolamento batterico e fungino dalle mascherine sotto la pandemia di COVID-19

Sci. Rep., 12 (2022), Articolo 11361, [10.1038/s41598-022-15409-x](https://doi.org/10.1038/s41598-022-15409-x) ↗

 [Visualizza presso l'editore](#) ↗   [Vista in Scopus](#) ↗   [Google Scholar](#) ↗

[Patel et al., 2023](#) S. Patel, E. Mohapatra, A.K. Suganthy, S. Shah, J. Abraham, R. Nanda, A.K.

Behera, A. Gupta

## Uno studio pilota per valutare i cambiamenti nei parametri dei gas ematici venosi e dei biomarcatori di ipossia negli operatori sanitari che utilizzano diversi tipi di maschere

Lung India, 40 (2023), pp. 134-142, [10.4103/lungindia.lungindia\\_343\\_22](https://doi.org/10.4103/lungindia.lungindia_343_22) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗   [Google Scholar](#) ↗

[Patrício Silva et al., 2021](#) A.L. Patrício Silva, J.C. Prata, C. Mouneyrac, D. Barcelò, A.C. Duarte, T.

Rocha-Santos

## Rischi delle mascherine Covid-19 per la fauna selvatica: esigenze di ricerca presenti e future

Sci. Total Environ., 792 (2021), Articolo 148505, [10.1016/j.scitotenv.2021.148505](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148505) ↗

 [Visualizza PDF](#)   [Visualizza l'articolo](#)   [Vista in Scopus](#) ↗   [Google Scholar](#) ↗

[Pavlova et al., 2023](#) M.A. Pavlova, C.-C. Carbonio, Y. Coello, A.A. Sokolov, A.M. Proverbio

## Editoriale: Impatto della copertura del viso sulla cognizione sociale e sull'interazione

Front Neurosci., 17 (2023), Articolo 1150604, [10.3389/fnins.2023.1150604](https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1150604) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Peltonen e Hirvonen, 2008](#) L. Peltonen, J. Hirvonen

## Caratterizzazione fisico-chimica di nano- e microparticelle

Curr. Nanosci., 4 (2008), pp. 101-107, [10.2174/157341308783591780](https://doi.org/10.2174/157341308783591780) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Sostanze per- e polifluoroalchiliche \(PFAS\) - ECHA, 2023](#) Sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) - ECHA, (2023).

[⟨https://echa.europa.eu/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas⟩](https://echa.europa.eu/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas) ↗ (consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Pezzullo et al., 2023](#) A.M. Pezzullo, C. Axfors, D.G. Contopoulos-Ioannidis, A. Apostolatos, J.P.A. Ioannidis

## Tasso di mortalità per infezione stratificata per età da COVID-19 nella popolazione non anziana

Ambiente. Res, 216 (2023), articolo 114655, [10.1016/j.envres.2022.114655](https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114655) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Idrocarburi aromatici policiclici \(IPA\), 2021](#) Idrocarburi policiclici aromatici (IPA): quali sono gli standard e i regolamenti per l'esposizione agli IPA? | Medicina ambientale | ATSDR, (2021).

[⟨https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/standards\\_and\\_regulations\\_for\\_exposure.html⟩](https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/standards_and_regulations_for_exposure.html) ↗ (consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Potluri e Needham, 2005](#) P. Potluri, P. Needham

## 6 - Tessuti tecnici per la protezione

R.A. Scott (Ed.), Textiles for Protection, Woodhead Publishing (2005), pp. 151-175, [10.1533/9781845690977.1.151](https://doi.org/10.1533/9781845690977.1.151) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Prata, 2018](#) J.C. Prata

## Microplastiche sospese nell'aria: conseguenze per la salute umana?

Ambiente. Pollut., 234 (2018), pp. 115-126, [10.1016/j.envpol.2017.11.043](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

**Prata et al., 2019** J.C. Prata, A.L.P. Silva, J.P. da Costa, C. Mouneyrac, T.R. Walker, A.C. Duarte, T. Rocha-Santos

## Soluzioni e strategie integrate per il controllo e la mitigazione dell'inquinamento da plastica e microplastica

Int. J. Ambiente. Res. Sanità pubblica, 16 (2019), p. 2411,[10.3390/ijerph16132411](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**Prata et al., 2020** J.C. Prata, J.P. da Costa, I. Lopes, A.C. Duarte, T.Rocha-Santos

## Esposizione ambientale alle microplastiche: una panoramica dei possibili effetti sulla salute umana

Sci. Total Environ., 702 (2020), Articolo 134455,[10.1016/j.scitotenv.2019.134455](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

**Proverbio e Cerri, 2022** A.M. Proverbio, A. Cerri

## Il riconoscimento delle espressioni facciali sotto le maschere chirurgiche: il primato della rabbia

Davanti. Neurosci., 16 (2022)

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2022.864490> ↗

(consultato il 14 ottobre 2023).

[Google Scholar ↗](#)

**PubMed, 2023** PubMed, PubMed. (2023). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

**Qian et al., 1998** Y. Qian, K. Willeke, S.A. Grinshpun, J. Donnelly, C.C.Coffey

## Prestazioni dei respiratori N95: efficienza di filtrazione per particelle microbiche e inerti trasportate nell'aria

Sono. Ind. Hyg. Assoc. J., 59 (1998), pp. 128-132,[10.1080/15428119891010389](#) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

**Rahman et al., 2021** A. Rahman, A. Sarkar, O.P. Yadav, G. Achari, J.Slobodnik

## Potenziati rischi per la salute umana dovuti all'esposizione ambientale alle nano- e microplastiche e lacune nella conoscenza: una revisione dell'ambito

Sci. Total Environ., 757 (2021), Articolo 143872,[10.1016/j.scitotenv.2020.143872](#) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Raval e Sangani, 2021](#) H. Raval, H. Sangani

**Alcune maschere per il viso contengono sostanze chimiche tossiche, la cui inalazione ha il potenziale di influenzare il sistema respiratorio superiore.**

J. Trop. Dis., 9 (2021)

<https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/certain-face-masks-contain-toxic-chemicals-inhalation-of-which-has-the-potential-to-affect-the-upper-respiratory-system.pdf> ↗

[Google Scholar ↗](#)

[Redlich et al., 1997](#) C.A. Redlich, J. Sparer, M.R. Cullen

**Sindrome da malattia**

Lancet, 349 (1997), pp. 1013-1016, [10.1016/S0140-6736\(96\)07220-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)07220-0) ↗

[Visualizza PDF](#)[Visualizza l'articolo](#)[Vista in Scopus ↗](#)[Google Scholar ↗](#)

[Regolamento \(CE\) n. 1272/2008, 2008](#) Regolamento (CE) n. 1272/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2008, relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele, che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che modifica il regolamento (CE) n. 1907/2006 (Testo rilevante nel SEE), 2008.

[⟨http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj/eng⟩](http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj/eng) ↗(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar ↗](#)

[Rengasamy et al., 2009](#) S. Rengasamy, A. Miller, B.C. Eimer, R.E. Shaffer

**Prestazioni di filtrazione delle maschere chirurgiche con approvazione della FDA**

J. Int Soc. Respira. Prot., 26 (2009), pp. 54-70

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7357397/> ↗

[Google Scholar ↗](#)

[Riediker et al., 2019](#) M. Riediker, D. Zink, W. Kreyling, G. Oberdörster, A. Anziano, U. Graham, I. Lynch, A. Duschl, G. Ichihara, S. Ichihara, T. Kobayashi, N. Hisanaga, M. Umezawa, T.-J. Cheng, R. Handy, M. Gulumian, S. Tinkle, F. Cassee

**Tossicologia delle particelle e salute - dove siamo?**

Parte Fibra Tossicol., 16 (2019), Articolo 19, [10.1186/s12989-019-0302-8](https://doi.org/10.1186/s12989-019-0302-8) ↗

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Roberge et al., 2010](#) R.J. Roberge, E. Bayer, J.B. Powell, A. Coca, M.R.Roberge, S.M. Benson  
**Effetto dell'umidità espirata sulla resistenza alla respirazione dei respiratori facepiece filtranti N95**

Ann. Occupare. Hyg., 54 (2010), pp. 671-677,[10.1093/annhyg/meq042 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Rowan, 2011](#) D.D. Rowan

**Metaboliti volatili**

Metaboliti, 1 (2011), pp. 41-63,[10.3390/metabo1010041 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Ryu e Kim, 2023](#) H. Ryu, Y.-H. Kim

**Misurare la quantità di composti organici volatili nocivi inalati attraverso le maschere**

Ecotoxicol. Ambiente. Saf., 256 (2023), Articolo 114915,[10.1016/j.ecoenv.2023.114915 ↗](#)



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Sachdev et al., 2020](#) R. Sachdev, K. Garg, G. Singh, V. Mehrotra

**La salvaguardia è compromessa? Maschera chirurgica per la bocca che ospita microrganismi pericolosi nella pratica dentale**

J. Fam. Med Prim. Care, 9 (2020), pp. 759-763,[10.4103/jfmpc.jfmpc\\_1039\\_19 ↗](#)

[Google Scholar ↗](#)

[Salthammer, 2022](#) T. Salthammer

**TVOC - Rivisitato**

Ambiente. Int., 167 (2022), Articolo 107440,[10.1016/j.envint.2022.107440 ↗](#)



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Samaranayake et al., 2020](#) L.P. Samaranayake, K.S. Fakhruddin, H.C.Ngo, J.W.W. Chang, C. Panduwawala

**L'efficacia e l'efficacia dei dispositivi di protezione respiratoria (RPE) in odontoiatria e in altri contesti sanitari: una revisione sistematica**

Acta Odontol. Scand., 78 (2020), pp. 626-639,[10.1080/00016357.2020.1810769 ↗](#)

[Vista in Scopus ↗](#) [Google Scholar ↗](#)

[Sandlund et al., 2023](#) J. Sandlund, R. Duriseti, S.N. Ladhani, K. Stuart, J. Nobile, T.B. Høeg

## Mandati di mascherine per bambini per COVID-19: una revisione sistematica

Arco. Dis. Bambino. (2023),[10.1136/archdischild-2023-326215](https://doi.org/10.1136/archdischild-2023-326215) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Sangkham et al., 2022](#) S. Sangkham, O. Faikhaw, N. Munkong, P.Sakunkoo, C. Arunlertaree, M. Chavali, M. Mousazadeh, A.Tiwari

## Una revisione sulle microplastiche e le nanoplastiche nell'ambiente: la loro occorrenza, le vie di esposizione, gli studi tossici e i potenziali effetti sulla salute umana

Mar. Inquinato. Boll., 181 (2022), articolo 113832,[10.1016/j.marpolbul.2022.113832](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113832) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Schönweitz et al., 2022](#) F. Schönweitz, J. Eichinger, J. Kuiper, F.Ongolly, W. Spahl, B. Prainsack, B. Zimmermann

## I significati sociali dei manufatti: maschere per il viso nella pandemia di COVID-19

Davanti. Salute pubblica, 10 (2022)

[〈https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.829904〉](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.829904) ↗

(consultato il 14 ottobre 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Schwarz et al., 2021](#) S. Schwarz, E. Jenetzky, H. Krafft, T. Maurer, D.Martin

## Corona child studies “Co-Ki”: primi risultati di un registro in tutta la Germania sulla copertura della bocca e del naso (maschera) nei bambini

Lun. Kinder, 169 (2021), pp. 353-365,[10.1007/s00112-021-01133-9](https://doi.org/10.1007/s00112-021-01133-9) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Seifert, 1999](#) B. Seifert

## Richtwerte für die Innenraumluft

Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, Springer, Berlino, Heidelberg (1999), pp.270-278,[10.1007/978-3-662-38283-7\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-662-38283-7_45) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Sezer et al., 2023](#) H. Sezer, D. Çınar, N. Kılıç Akça

## L'effetto dell'uso prolungato di mascherine chirurgiche durante l'insegnamento faccia a faccia sui parametri cognitivi e fisiologici degli

## studenti infermieri: uno studio trasversale e descrittivo

Infermiera Educ. Pratica, 72 (2023), articolo 103779,[10.1016/j.nepr.2023.103779](https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103779) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Shah et al., 2021](#) Y. Shah, J.W. Kurelek, S.D. Peterson, S. Yarusevych

### Indagine sperimentale sulla dispersione e l'accumulo di aerosol al coperto nel contesto del COVID-19: effetti delle mascherine e della ventilazione

Phys. Fluids, 33 (2021), articolo 073315,[10.1063/5.0057100](https://doi.org/10.1063/5.0057100) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Shaldon e Vienken, 2009](#) S. Shaldon, J. Vienken

### Oltre il paradigma attuale: recenti progressi nella comprensione della gestione del sodio – Guest Editors: Stanley Shaldon e Joerg Vienken: Salt, the Neglected Silent Killer

Semin. Dial., 22 (2009), pp. 264-266,[10.1111/j.1525-139X.2009.00606.x](https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.2009.00606.x) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Shen et al., 2021](#) M. Shen, Z. Zeng, B. Canzone, H. Yi, T. Hu, Y. Zhang, G.Zeng, R. Xiao

### Inquinamento trascurato da microplastiche nel COVID-19 globale: mascherine chirurgiche monouso

Sci. Total Environ., 790 (2021), articolo 148130,[10.1016/j.scitotenv.2021.148130](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148130) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Shobako, 2022](#) N. Shobako

### Lezioni dalle politiche sanitarie per i bambini durante la pandemia in Giappone

Davanti. Salute pubblica, 10 (2022)

[〈https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.1015955〉](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.1015955) ↗

(consultato il 25 settembre 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Shrubsole et al., 2019](#) C. Shrubsole, S. Dimitroulopoulou, K. Foxall, B.Gadeberg, A. Doutsis

### Linee guida IAQ per i composti organici volatili (VOC) selezionati nel Regno Unito

Costruire. Environ., 165 (2019), Articolo 106382,[10.1016/j.buildenv.2019.106382](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106382) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

- [Silva et al., 2014](#) T. Silva, L.R. Pokhrel, B. Dubey, T.M. Tolaymat, K.J.Maier, X. Liu  
Dimensione delle particelle, carica superficiale ed ecotossicità  
dipendente dalla concentrazione di tre nanoparticelle d'argento organo-  
rivestite: confronto tra tossicità generale predetta dal modello lineare e  
osservata  
Sci. Total Environ., 468–469 (2014), pp. 968-976,[10.1016/j.scitotenv.2013.09.006](#) ↗  
 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗
- [Smith et al., 2016](#) J.D. Smith, C.C. MacDougall, J. Johnstone, R.A.Copes, B. Schwartz, G.E. Garber  
Efficacia dei respiratori N95 rispetto alle mascherine chirurgiche nella  
protezione degli operatori sanitari dalle infezioni respiratorie acute: una  
revisione sistematica e una meta-analisi  
CMAJ, 188 (2016), pp. 567-574,[10.1503/cmaj.150835](#) ↗  
[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗
- [Sönnichsen et al., 2022](#) R. Sönnichsen, G. Llorach Tó, S. Hochmuth, V.Hohmann, A. Radeloff  
Come le maschere facciali interferiscono con la comprensione del  
discorso degli individui con un udito normale: la visione fa la differenza  
Otol. Neurotol., 43 (2022), pp. 282-288,[10.1097/MAO.000000000000003458](#) ↗  
[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗
- [Sorg et al., 2022](#) A.-L. Sorg, M. Hufnagel, M. Doenhardt, N. Diffloth, H. Schrotten, R. von Kries, R.  
Berner, J. Armann  
Rischio di esiti gravi di COVID-19 e PIMS-TS nei bambini con infezione da  
SARS-CoV-2 in Germania  
Eur. J. Pedia, 181 (2022), pp. 3635-3643,[10.1007/s00431-022-04587-5](#) ↗  
[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗
- [Spira, 2022](#) B. Spira  
Correlazione tra la conformità alla maschera e i risultati del COVID-19 in  
Europa  
Cureus, 14 (2022), Articolo e24268,[10.7759/cureus.24268](#) ↗  
[Google Scholar](#) ↗
- [Sukul et al., 2022](#) P. Sukul, J. Bartels, P. Fuchs, P. Trefz, R. Remy, L.Rührmund, S. Kamysek, J.K.  
Schubert, W. Miekisch  
Effetti delle mascherine protettive COVID-19 e delle durate di usura sulla

## fisiologia emodinamica respiratoria e sui costituenti dell'alito espirato

Eur. Respira. J., 60 (2022), [10.1183/13993003.00009-2022](https://doi.org/10.1183/13993003.00009-2022) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Sullivan et al., 2021](#) G.L. Sullivan, J. Delgado-Gallardo, T.M. Watson, S. Sarp

### Un'indagine sulla lisciviazione di micro e nano particelle e inquinanti chimici dalle mascherine monouso - legata alla pandemia di COVID-19

Water Res., 196 (2021), Articolo 117033, [10.1016/j.watres.2021.117033](https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117033) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Sun et al., 2021](#) K. Sun, Y. Canzone, F. Lui, M. Jing, J. Tang, R. Liu

### Una revisione dell'esposizione umana e animale agli idrocarburi policiclici aromatici: rischio per la salute ed effetti negativi, tossicità fotoindotta ed effetto regolatore delle microplastiche

Sci. Total Environ., 773 (2021), Articolo 145403, [10.1016/j.scitotenv.2021.145403](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145403) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Sunderland et al., 2019](#) E.M. Sunderland, X.C. Hu, C. Dassuncao, A.K. Tokranov, C.C. Wagner, J.G. Allen

### Una revisione delle vie di esposizione umana alle sostanze poli- e perfluoroalchiliche (PFAS) e una presente comprensione degli effetti sulla salute

J. Esposizione. Sci. Ambiente. Epidemiol., 29 (2019), pp. 131-147,

[10.1038/s41370-018-0094-1](https://doi.org/10.1038/s41370-018-0094-1) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Tenenbaum et al., 2022](#) T. Tenenbaum, M. Doenhardt, N. Diffloth, R. Berner, J.P. Armann

### Elevato carico di ricoveri per RSV in Germania 2021-2022

Infezione, 50 (2022), pp. 1587-1590, [10.1007/s15010-022-01889-6](https://doi.org/10.1007/s15010-022-01889-6) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Tesfaldet e Ndeh, 2022](#) Y.T. Tesfaldet, N.T. Ndeh

### Maschere facciali pubbliche che indossano durante la pandemia di COVID-19: è necessaria un'analisi completa per le potenziali implicazioni

J. Pericolo. Mater. Adv., 7 (2022), Articolo 100125, [10.1016/j.hazadv.2022.100125](https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100125) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Thomas, 2013](#) R.J. Thomas

## Dimensione delle particelle e patogenicità nel tratto respiratorio

Virulenza, 4 (2013), pp. 847-858,[10.4161/viru.27172](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Thomson, 2022](#) S. Thomson

### Mandati di maschera per i bambini durante la pandemia di COVID-19: una prospettiva internazionale dei diritti umani

Scansione. J. Sanità pubblica, 50 (2022), pp. 683-685,[10.1177/14034948221081087](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Torres-Agullo et al., 2021](#) A. Torres-Agullo, A. Karanasiou, T. Moreno, S. Lacorte

### Panoramica sulla presenza di microplastiche nell'aria e le implicazioni dell'uso di mascherine durante la pandemia di COVID-19

Sci. Totale Environ., 800 (2021), Articolo 149555,[10.1016/j.scitotenv.2021.149555](#) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Truong et al., 2021](#) T.L. Truong, S.D. Beck, A. Weber

### L'impatto delle maschere facciali sul richiamo delle frasi pronunciate

J. Acoust. Soc. Am., 149 (2021), pp. 142-144,[10.1121/10.0002951](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Tsai, 2019](#) W.-T. Tsai

### Una panoramica dei rischi per la salute dei composti organici volatili regolamentati come inquinanti dell'aria interna

Rev. Ambiente. Salute, 34 (2019), pp. 81-89,[10.1515/reveh-2018-0046](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Tuomi e Vainiotalo, 2016](#) T. Tuomi, S. Vainiotalo

### Le linee guida e i valori target per le concentrazioni totali di composti organici volatili negli ambienti interni industriali in Finlandia

Indoor Built Environ., 25 (2016), pp. 424-434,[10.1177/1420326X14554270](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Stati Uniti Food & Drug Administration \(FDA\), 2023](#) Stati Uniti Food & Drug Administration (FDA)

### Respiratori N95, maschere chirurgiche, maschere per il viso e coperture per il viso a barriera

FDA (2023)

<https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-face-masks-and-barrier-face-coverings> ↗  
accesso 8 settembre 2023

[Google Scholar](#) ↗

Umweltbundesamt, 2007 Umweltbundesamt

## Beurteilung von Innenraumluftkontaminanten mittels Referenz- und Richtwerten

Bundesgesundheitsbl, 50 (2007), pp. 990-1005, [10.1007/s00103-007-0290-y](https://doi.org/10.1007/s00103-007-0290-y) ↗

[Google Scholar](#) ↗

Umweltbundesamt, 2013 Umweltbundesamt

## Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten

Umweltbundesamt (2013)

accesso 19 marzo 2023

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-zur-gesundheitlichen-bewertung-von> ↗

[Google Scholar](#) ↗

EPA degli Stati Uniti, 1989 US EPA, Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) Vol 1: Human Health Evaluation Manual, Part A, Interim Final, Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/1-89-002., Stati Uniti Agenzia per la protezione dell'ambiente. Washington D.C., 1989.

[https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags\\_a.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf) ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

EPA degli Stati Uniti, 2003 US EPA, Acrolein CASRN 107-02-8 | IRIS | US EPA, ORD, 2003.

[https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance\\_nmbr=364](https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=364) ↗ (consultato il 7 settembre 2023).

[Google Scholar](#) ↗

EPA degli Stati Uniti, 2005 US EPA, Linee guida per la valutazione del rischio di cancerogeni, 2005.

[https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-09/documents/cancer\\_guidelines\\_final\\_3-25-05.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-09/documents/cancer_guidelines_final_3-25-05.pdf) ↗

, <https://www.epa.gov/risk/guidelines-carcinogen-risk-assessment> ↗.

[Google Scholar](#) ↗

EPA degli Stati Uniti, 2020 US EPA, Domande e risposte: Consigli sulla salute dell'acqua potabile per PFOA, PFOS, GenX Chemicals e PFBS, 2020.

<https://www.epa.gov/sdwa/questions-and-answers-drinking-water-health-advisories-pfoa-pfos-genx-chemicals-and-pfbs> ↗

(consultato il 19 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

Centro nazionale per la valutazione ambientale dell'EPA degli Stati Uniti, 2003 Centro nazionale dell'EPA degli Stati Uniti per la valutazione ambientale, Acrolein; CASRN 107-02-8, 2003.

[https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/subst/0364\\_summary.pdf](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0364_summary.pdf) ↗

.

[Google Scholar](#) ↗

Vakharia et al., 2021 R.J. Vakharia, I. Jani, S. Yadav, T. Kurian  
Studiare i cambiamenti acuti nell'ossigenazione cerebrale sulla risonanza magnetica negli operatori sanitari utilizzando la maschera N95 e i kit DPI per sei ore al giorno

Indiano J. Radio. Imaging, 31 (2021), pp. 893-900, [10.1055/s-0041-1741086](https://doi.org/10.1055/s-0041-1741086) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

Verleysen et al., 2022 E. Verleysen, M. Ledecq, L. Siciliani, K. Cheyng, C. Vleminckx, M.-N. Blaude, S. De Vos, F. Brassinne, F. Van Steen, R. Nkenda, R. Machiels, N. Waegeneers, J. Van Loco, J.Mast

Le particelle di biossido di titanio frequentemente presenti nelle maschere per il viso destinate all'uso generale richiedono un controllo normativo

Sci. Rep., 12 (2022), articolo 2529, [10.1038/s41598-022-06605-w](https://doi.org/10.1038/s41598-022-06605-w) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

Verordnung zum Schutz vor Neuinfisierungen mit dem Coronavirus SARS-CoV-2, 2023

Verordnung zum Schutz vor Neuinfisierungen mit dem Coronavirus SARS-CoV-2 (Coronaschutzverordnung – CoronaSchVO) Vom 24. Gennaio 2023, 2023.

[https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_vbl\\_detail\\_text?anw\\_nr=6&vd\\_id=20867](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=6&vd_id=20867) ↗.

[Google Scholar](#) ↗

[Villani et al., 2022](#) C. Villani, S. D'Ascenzo, E. Scerrati, P. Ricciardelli, R. Nicoletti, L. Lugli  
**Indossare la maschera facciale influisce sulla nostra attenzione sociale  
sullo spazio**

Davanti. Psicol., 13 (2022)

[〈https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.923558〉](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.923558) ↗

(consultato il 14 ottobre 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Vimalkumar et al., 2022](#) K. Vimalkumar, H. Zhu, K. Kannan

**Presenza diffusa di plastificanti ftalati e non ftalati in mascherine  
monouso raccolte negli Stati Uniti**

Ambiente. Int., 158 (2022), Articolo 106967, [10.1016/j.envint.2021.106967](https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106967) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Vincent ed Edwards, 2016](#) M. Vincent, P. Edwards

**Mascherine chirurgiche monouso per prevenire l'infezione chirurgica  
della ferita in chirurgia pulita**

Sistema di database Cochrane. Rev., 4 (2016), p. CD002929,

[10.1002/14651858.CD002929.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD002929.pub3) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Walach et al., 2022](#) H. Walach, H. Traindl, J. Prentice, R. Weikl, A. Diemer, A. Kappes, S. Hockertz

**L'anidride carbonica supera i livelli di sicurezza accettabili nei bambini  
sotto la copertura del naso e della bocca: risultati di uno studio  
sperimentale di misurazione in bambini sani**

Ambiente. Res., 212 (2022), Articolo 113564, [10.1016/j.envres.2022.113564](https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113564) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Wang et al., 2022](#) X. Wang, E.D. Okoffo, A.P. Banche, Y. Li, K.V. Thomas, C. Rauert, L.L. Aylward,  
J.F. Mueller

**Esteri di ftalati nelle mascherine facciali e rischio associato di  
esposizione per inalazione**

J. Pericolo. Mater., 423 (2022), Articolo 127001, [10.1016/j.jhazmat.2021.127001](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127001) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Wang e Qian, 2021](#) Y. Wang, H. Qian

**Gli ftalati e il loro impatto sulla salute umana**

Sanità, 9 (2021), p. 603, [10.3390/assistenza sanitaria9050603](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Quali sono le linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS?, 2021](#) Quali sono le linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS?, (2021).

[〈https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines〉](https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines) ↗

(consultato il 17 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[OMS, 2001](#) CHI

Associazione Medica Mondiale (WMA): Dichiarazione di Helsinki.  
Principi etici per la ricerca medica che coinvolge soggetti umani.

Toro. Organo Mondiale della Sanità., 79 (2001), pp. 373-374

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2566407/> ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[OMS, 2005](#) Aggiornamento globale delle linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS  
Relazione del 2005 su una riunione del gruppo di lavoro, Bonn, Germania, (2005).

[〈https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/147851/E87950.pdf〉](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf) ↗.

[Google Scholar](#) ↗

[Wieland et al., 2022](#) S. Wieland, A. Balmes, J. Bender, J. Kitzinger, F. Meyer, A.F. Ramsperger, F. Roeder, C. Tengemann, B.H. Wimmer, C. Laforsch, H. Kress

Dalle proprietà alla tossicità: confronto delle microplastiche con altre microparticelle sospese nell'aria

J. Pericolo. Mater., 428 (2022), Articolo 128151, [10.1016/j.jhazmat.2021.128151](#) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Willeke et al., 1996](#) K. Willeke, Y. Qian, J. Donnelly, S. Grinshpun, V. Ulevicius

Penetrazione di microrganismi trasportati nell'aria attraverso una maschera chirurgica e un respiratore di polvere/nesta

Sono. Ind. Hyg. Assoc. J., 57 (1996), pp. 348-355, [10.1080/15428119691014882](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Organizzazione mondiale della sanità, 2000](#) Organizzazione Mondiale della Sanità

Squadra per la salute del lavoro e dell'ambiente, Linee guida per la qualità dell'aria

Organizzazione Mondiale della Sanità, (2000)

[〈https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66537/WHO\\_SDE\\_OEH\\_00.02-eng.pdf?sequenza=18&isAllowed=y〉](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66537/WHO_SDE_OEH_00.02-eng.pdf?sequenza=18&isAllowed=y) ↗

accesso 18 marzo 2023

[Google Scholar](#) ↗

[Organizzazione Mondiale della Sanità, 2010](#) Organizzazione Mondiale della Sanità  
Ufficio regionale per l'Europa, linee guida dell'OMS per la qualità dell'aria  
interna: inquinanti selezionati

Organizzazione Mondiale della Sanità. Ufficio regionale per l'Europa (2010)

accesso 18 marzo 2023

<https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134> ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Organizzazione Mondiale della Sanità, 2019](#) Organizzazione Mondiale della Sanità  
Ufficio regionale per l'Europa, le malattie non trasmissibili e  
l'inquinamento atmosferico: conferenza europea ad alto livello dell'OMS  
sulle malattie non trasmissibili: è tempo di consegnare – soddisfare gli  
obiettivi di non trasmissibili per raggiungere gli obiettivi di sviluppo  
sostenibile in Europa: 9-10 aprile 2019

Organizzazione Mondiale della Sanità. Ufficio regionale per l'Europa, Ashgabat,  
Turkmenistan (2019)

[〈https://apps.who.int/iris/handle/10665/346416〉](https://apps.who.int/iris/handle/10665/346416) ↗

accesso 18 marzo 2023

[Google Scholar](#) ↗

[Organizzazione Mondiale della Sanità, 2020](#) Organizzazione Mondiale della Sanità, OMS -  
Consigli sull'uso delle mascherine nel contesto del COVID-19: guida provvisoria, 5  
giugno 2020, (2020). [〈https://apps.who.int/iris/handle/10665/332293〉](https://apps.who.int/iris/handle/10665/332293) ↗  
(consultato il 7 novembre 2020).

[Google Scholar](#) ↗

[Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\), 2020](#) Organizzazione Mondiale della Sanità  
(OMS), Uso della mascherina nel contesto del COVID-19: guida provvisoria, 1  
dicembre 2020, (2020). [〈https://apps.who.int/iris/handle/10665/337199〉](https://apps.who.int/iris/handle/10665/337199) ↗  
(consultato il 13 maggio 2021).

[Google Scholar](#) ↗

[Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\), 2021](#) Organizzazione mondiale della sanità (OMS), linee guida globali sulla qualità dell'aria dell'OMS. Particolato (PM2.5 e PM10), ozono, biossido di azoto, anidride solforosa e monossido di carbonio, 2021. [〈https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228〉](https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228) ↗(consultato il 18 marzo 2023).

[Google Scholar](#) ↗

[Associazione Medica Mondiale, 2013](#) Associazione Medica Mondiale, WMA - The World Medical Association-Dichiarazione di Helsinki, 2013.

[〈https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/〉](https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/) ↗ (consultato l'8 novembre 2021).

[Google Scholar](#) ↗

[Wyszyńska et al., 2022](#) M. Wyszyńska, A. Czelakowska, P. Rosak, E. Białożyt-Bujak, O. Gruca, J. Rosak-Szyrocka, J. Kasperski, M. Skucha-Nowak

**Cambiamenti nella superficie mucosa della cavità orale sotto l'influenza dell'uso di maschere protettive - Analisi della concentrazione di ossido nitrico - Rapporto preliminare**

Rivestimenti, 12 (2022), p. 1164, [10.3390/rivestimenti12081164](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Xie et al., 2021](#) H. Xie, J. Du, W. Han, J. Tang, X. Li, J. Chen

**Presenza e rischi per la salute dei composti organici semi-volatili nelle maschere per il viso**

Sci. Boll., 66 (2021), pp. 1601-1603, [10.1016/j.scib.2021.04.009](#) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Xie et al., 2022](#) H. Xie, W. Han, Q. Xie, T. Xu, M. Zhu, J. Chen

**Maschera facciale: una potenziale fonte di esposizione agli ftalati per l'uomo**

J. Pericolo. Mater., 422 (2022), articolo 126848, [10.1016/j.jhazmat.2021.126848](#) ↗



[Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Xu e Ren, 2021](#) E.G. Xu, Z.J. Ren

**Impedire che le maschere diventino il prossimo problema di plastica**

Ambiente anteriore. Sci. Eng., 15 (2021), Articolo 125, [10.1007/s11783-021-1413-7](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Yang et al., 2022](#) Y. Yang, P. Chen, S. Ma, S. Lu, Y. Yu, T. An

## Una revisione critica dell'esposizione interna umana e dei rischi per la salute dei ritardanti di fiamma dell'estere organofosfato e dei loro metaboliti

Crit. Rev. Ambiente. Sci. Technol., 52 (2022), pp. 1528-1560,

[10.1080/10643389.2020.1859307](https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1859307) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Yee et al., 2021](#) M.S.-L. Yee, L.-W. Ciao, C.K. Looi, W.-M. Lim, S.-F. Wong, Y.-Y. Kok, B.-K. Tan, C.-Y.

Wong, C.-O. Leong

## Impatto delle microplastiche e delle nanoplastiche sulla salute umana

Nanomateriali, 11 (2021), p. 496, [10.3390/nano11020496](https://doi.org/10.3390/nano11020496) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Zannoni et al., 2022](#) N. Zannoni, P.S.J. Lakey, Y. Vinto, M. Shiraiwa, D.Rim, C.J. Weschler, N. Wang,

L. Ernle, M. Li, G. Bekö, P.Wargocki, J. Williams

## Il campo di ossidazione umano

Scienza, 377 (2022), pp. 1071-1077, [10.1126/science.abn0340](https://doi.org/10.1126/science.abn0340) ↗

[Google Scholar](#) ↗

[Zaynab et al., 2021](#) M. Zaynab, M. Fatima, Y. Sharif, K. Sughra, M.Sajid, K.A. Khan, A.H.

Sneharani, S. Li

## Effetti sulla salute e sull'ambiente dei killer silenziosi Organocloro pesticidi e policloro bifenile

J. Re Saud. Univ. - Sci., 33 (2021), Articolo 101511, [10.1016/j.jksus.2021.101511](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101511) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Zhiqing et al., 2018](#) L. Zhiqing, C. Yongyun, C. Wenxiang, Y.Mengning, M. Yuanqing, Z. Zhenan,

W. Haishan, Z. Jie, D.Kerong, L. Huiwu, L. Fengxiang, Z. Zanjing

## Maschere chirurgiche come fonte di contaminazione batterica durante le procedure operative

J. Ortop. Traduzione, 14 (2018), pp. 57-62, [10.1016/j.jot.2018.06.002](https://doi.org/10.1016/j.jot.2018.06.002) ↗

 [Visualizza PDF](#) [Visualizza l'articolo](#) [Vista in Scopus](#) ↗ [Google Scholar](#) ↗

[Zhou et al., 2022](#) S.-Y.-D. Zhou, C. Lin, K. Yang, L.-Y. Yang, X.-R. Yang, F.-Y. Huang, R. Neilson, J.-Q.

Su, Y.-G. Zhu

## Maschere scartate come punti caldi dei geni di resistenza agli antibiotici durante la pandemia di COVID-19

J. Pericolo. Mater., 425 (2022), Articolo 127774, [10.1016/j.jhazmat.2021.127774](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127774) ↗



[Visualizza PDF](#)

[Visualizza l'articolo](#)

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

Zuri et al., 2022 G. Zuri, B. Oró-Nolla, A. Torres-Agulló, A. Karanasiau, S. Lacorte

## Migrazione di microplastiche e ftalati dalle mascherine all'acqua

Molecole, 27 (2022), p. 6859, [10.3390/molecole27206859](https://doi.org/10.3390/molecole27206859) ↗

[Visualizza presso l'editore](#) ↗

[Vista in Scopus](#) ↗

[Google Scholar](#) ↗

Pdf by:  
<https://www.pro-memoria.info>

### Citato da (1)

## Valutazione completa del rischio dell'inalazione di plastificanti dall'uso di mascherine

2024, Ambiente Internazionale

[Mostra abstract](#) ▼

© 2023 L'autore/i. Pubblicato da Elsevier Inc.



ELSEVIER

Tutti i contenuti di questo sito: Copyright © 2024 Elsevier B.V., i suoi licenziatari e collaboratori. Tutti i diritti sono riservati, compresi quelli per il text e data mining, la formazione sull'IA e tecnologie simili. Per tutti i contenuti ad accesso aperto, si applicano i termini di licenza Creative Commons.

RELX™