

ANDREA ROTTA



COME SANIFICARE  
IN MODO PERMANENTE h24  
SENZA CHIMICA E SENZA OZONO

con la prefazione del dott. Claudio Muccioli

Titolo dell'opera: Come sanificare in modo permanente h 24 senza chimica e  
senza ozono

Autore: Andrea Rotta

Prima edizione Maggio 2020

Tutti i diritti sono riservati

[www.andrearotta.com](http://www.andrearotta.com)

Direzione artistica: Matteo Meleddu

**Quest'opera è protetta dalla legge sul Diritto d'autore. Legge n. 633/1941**

Tutti i diritti, relativi alla traduzione, alla citazione, alla riproduzione in qualsiasi forma, all'uso delle illustrazioni, delle tabelle e del materiale software a corredo, alla trasmissione radio-fonica-televisiva, alla registrazione analogica o digitale, alla pubblicazione e diffusione attraverso la rete Internet sono riservati, anche nel caso di utilizzo parziale. La riproduzione di quest'opera, anche se parziale o in copia digitale, è ammessa solo ed esclusivamente nei limiti stabiliti dalla Legge ed è soggetta all'autorizzazione scritta dell'Autore.

La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge dello Stato Italiano. L'utilizzo in questa pubblicazione di denominazioni generiche, nomi commerciali e marchi registrati, anche se non specificatamente identificabili, non implica che tali denominazioni o marchi non siano protetti dalle relative leggi o regolamenti.









COME SANIFICARE  
IN MODO PERMANENTE h24  
SENZA CHIMICA E SENZA OZONO

ANDREA ROTTA





*L'uomo "ruba"  
ancora una volta  
alla natura  
i suoi migliori brevetti*

*Andrea Rotta*



*Improvvisamente il virus ha accelerato il tempo  
e mi ha portato in sincronia con la sensibilità  
che le persone stanno maturando  
per vivere all'interno di ambienti  
con aria sana, pulita, salubre e sanificata*

*Andrea Rotta*



PREFAZIONE  
a cura del Dott. Claudio Muccioli

Questo periodo di forte limitazione della libertà individuale ci ha portato a vivere in uno stato di impotenza e di paura che la nostra generazione (cioè tutti coloro che sono nati dopo il 1945) non avevano mai vissuto prima.

L'improvviso cambiamento delle nostre abitudini ha portato ad apprezzare l'importanza della qualità dei nostri ambienti di vita e di lavoro, dei nostri momenti di socializzazione e di vita in comune.

La necessità di mantenere ambienti salubri e di mettere in atto nuovi comportamenti sociali ci ha fatto ritornare indietro nel tempo a quando, in mancanza di farmaci o altri rimedi, la principale azione che si poteva mettere in campo era l'igiene personale e la prevenzione.

In questo periodo in cui i media continuamente passano il messaggio dell'importanza del lavaggio delle mani, forse un atto che troppi di noi hanno dimenticato o solamente ricondotto ad alcuni momenti, mi viene in mente la scena del film *Biancaneve e i sette nani* del 1937 in cui Biancaneve richiama i sette nani a quella buona abitudine di lavarsi le mani prima di mangiare.

Le buone abitudini e l'attenzione per la qualità dell'aria, non solo verso all'inquinamento atmosferico esterno (e mi permetto di sottolineare il documento della S.I.M.A. che correla la capacità di contagio del virus con la concentrazione del particolato), ma anche e soprattutto per la presenza dei numerosi inquinanti presenti nelle nostre case e nei nostri uffici dovuta all'uso eccessivo di prodotti chimici falsamente indicati come "purificatori".

La ripresa delle varie attività, lavorative, sociali, ludiche, sportive ecc. prossimamente potranno essere effettuate solamente nel rispetto della massima attenzione sulla sanifica-

zione degli ambienti frequentati.

A questo proposito, nel sottolineare l'importanza della sanificazione, è fondamentale porre l'attenzione sugli operatori che lavorano in questo settore. La sanificazione deve essere effettuata da personale qualificato e da aziende di servizio che agiscono secondo specifici protocolli per la pulizia e sanificazione.

È necessario ricordare che la sanificazione non può avvenire se prima non c'è stata un'adeguata pulizia. La sanificazione e la sterilizzazione devono sempre essere preceduti da un'accurata pulizia che elimini il materiale organico, cioè quell'azione diretta sullo strato di biofilm, che diminuisce la carica microbica e favorisce la penetrazione del principio attivi. Lo sporco infatti impedisce al disinfettante di raggiungere i microrganismi e di esplicare la sua azione. Per cui è fondamentale procedere partendo sempre dalla decontaminazione, pulizia ed infine alla sanificazione.

Non dimentichiamo gli effetti tossici di molti disinfettanti o dei diversi metodi di sanificazione quando utilizzati in maniera impropria, fra cui mi preme segnalare la Sindrome da Sensibilità Chimica Multipla (MCS): una nuova importante e particolarmente invalidante patologia che colpisce sempre più persone che inconsapevolmente sono esposte alle sostanze chimiche presenti nelle nostre case.

Considero ammirevole lo sforzo dell'autore, che nella sintesi di un lavoro che sarebbe stato oltremodo immenso, è riuscito a mostrare ad un pubblico più ampio i pregi ed i difetti dei vari sistemi di sanificazione maggiormente in uso e riconosciuti.

Scrivere di un argomento così "delicato", soprattutto in questo particolare momento storico, è sicuramente l'impegno più sincero che un professionista del benessere abitativo potesse mettere in campo per sensibilizzare i non addetti ai la-

vori sui rischi dell'uso improvvisato di tantissimi prodotti e sistemi di sanificazione che si trovano in commercio.

Ritengo questa pubblicazione il proseguo di quell'attività informativa che attraverso vari passaggi cerca di portare le maggiori conoscenze possibili in un ambito sempre più vasto, con informazioni chiare e semplici con l'intento di creare e progettare ambienti più sani in cui respirare aria pulita non abbia un prezzo troppo grande da scontare per le future generazioni.





## AVVERTENZA

Questo libro è adatto a chi:

- Vuole conoscere meglio il tema della sanificazione
- Vuole conoscere quali siano le tecniche di sanificazione
- Vuole capire quale sia la tecnica migliore per sanificare il proprio luogo di lavoro
- Vuole saperne di più

Questo libro non è adatto a chi:

- Pensa che il COVID-19 non abbia cambiato nulla nell'abitudine dei consumatori
- Pensa che un rimedio vale l'altro
- Ha molto tempo da perdere per informarsi da diversi fonti e verificarne la veridicità
- Non ci tiene alla propria salute
- Non ci tiene alla salute degli altri
- Vuole assicurarsi un vantaggio per tornare il più velocemente possibile i clienti all'interno della propria attività



## CAPITOLO I

### SANIFICARE È UNA COSA SERIA

I due mesi di isolamento nelle nostre case ci hanno portato ad immaginare molte volte come le nostre abitudini dovranno adattarsi ad un nuovo stile di vita in sicurezza, nel momento in cui dovremo gestire la cosiddetta Fase 2.

Questi cambiamenti radicali riguarderanno in modo allargato tutti quanti, coinvolgendo la società civile, le realtà imprenditoriali, gli amministratori locali e il mondo del lavoro. Infatti, il nostro vivere quotidiano ci porrà quali *soggetti responsabili gli uni verso gli altri*, qualsiasi ruolo rivestiamo nella comunità a cui apparteniamo. Ciascuno dovrà operare scelte e compiere azioni tutelanti la salute pubblica, sia che esso rappresenti istituzioni o poli produttivi sia in veste di semplice attore del proprio territorio (nei trasporti pubblici, amministrazione di condominio, esercizi di ristorazione e bar, gastronomie, ecc). Insomma, come sarà possibile garantire la nostra sicurezza e quella di chi ci circonda, che sia un collega, un familiare o un compagno di classe?

Un'attenzione speciale dovrà essere posta agli ambienti confinati comuni, come mezzi di trasporto, uffici pubblici, negozi, centri commerciali, stazioni e aeroporti, che necessiteranno di una costante e meticolosa opera di sanificazione per evitare di essere luoghi di potenziale diffusione del coronavirus, per contatto incrociato.

Facciamo chiarezza sui termini

Pulizia, sanificazione, disinfezione: si è comunemente portati a definire i termini in modo confuso e ad utilizzarli indistintamente come sinonimi, in particolare si ha la tendenza a definire come *pulizia* anche stadi di igiene più avanzati.

Non è così.

La *pulizia* è l'insieme di operazioni che occorre praticare per rimuovere lo "sporco visibile" di qualsiasi natura (polvere, grasso, liquidi, materiale organico...) da qualsiasi tipo di ambiente, superficie, macchinario ecc. La pulizia si ottiene con la rimozione manuale o meccanica dello sporco anche, eventualmente, con acqua e/o sostanze detergenti (detersione). La pulizia è un'operazione preliminare e si perfeziona ed è indispensabile ai fini delle successive fasi di sanificazione e disinfezione.

La *sanificazione* è un intervento mirato ad eliminare alla base qualsiasi batterio ed agente contaminante che con le comuni pulizie non si riescono a rimuovere. La sanificazione si attua, avvalendosi di varie tecniche che vedremo nel corso di questo libro, per riportare il carico microbico entro standard di igiene accettabili ed ottimali che dipendono dalla destinazione d'uso degli ambienti interessati. La sanificazione deve comunque essere preceduta dalla pulizia.

La *disinfezione* invece, consiste nell'applicazione di agenti disinfettanti, quasi sempre di natura chimica o fisica (calore), che sono in grado di ridurre, tramite la distruzione o l'inattivazione, il carico microbiologico presente su oggetti e superfici da trattare. La disinfezione deve essere preceduta dalla pulizia per evitare che residui di sporco possano comprometterne l'efficacia. La disinfezione consente di distruggere i microrganismi patogeni.

Per completezza di informazioni inseriamo la definizione di bonifica meglio utilizzata in ambito aeraulico (es. bonifica degli impianti aeraulici, unità di trattamento aria (UTA) e canalizzazioni aerauliche).

La bonifica è una procedura di pulizia e disinfezione mirata a privare un ambiente, un'apparecchiatura, un impianto, di qualsiasi traccia di materiale contenuto o trattato precedentemente all'interno dello stesso. L'operazione garantisce l'abbattimento delle contaminazioni.

Quanti stanno cavalcando la paura del momento e si improvvisano esperti?

Per questo motivo non è possibile improvvisarsi, su un tema che riguarda così da vicino la nostra salute.

E il virus ha aperto gli occhi, a tutti.

Stiamo per questo affrontando la crisi peggiore di sempre.

Il coronavirus è il nemico che ci ha tolto la libertà e fatto perdere molte vite umane.

Non sappiamo ancora quando potremo dire la parola fine, sto infatti scrivendo queste righe ancora in quarantena (9 marzo - 4 maggio 2020).

Sto scrivendo questo libro perché voglio rassicurarti e dirti con ancora più forza che sono in prima linea ogni giorno per sconfiggerlo.

Il mio obiettivo è quello di ridefinire gli standard di qualità di vita e sicurezza all'interno delle abitazioni e degli spazi aperti al pubblico nella battaglia al contenimento di questa calamità naturale.

Da più di 20 anni progetto il risparmio energetico negli edifici e sono specializzato nel comfort abitativo, aiuto cioè le persone a respirare aria più sana, pulita e salubre all'interno case, negozi, uffici e strutture ricettive utilizzando sistemi innovativi.

Molti si stanno improvvisando per cavalcare la paura di tutti in un momento di forte crisi.

Ho scritto questo libro per fare chiarezza su un tema che è entrato improvvisamente nella nostra vita, l'ha sconvolta e non per questo ancora distrutta. In ogni situazione anche brutta, c'è sempre un modo per trovare le strade per migliorare qualcosa che prima non volevamo vedere.

Questo qualcosa oggi si chiama benessere abitativo e leggendo queste pagine, saprai come meglio orientarti per affrontare questo periodo e valutare la soluzione migliore che potrà finalmente farti ripartire velocemente, migliorare la tua vita, respirare aria sana, pulita e salubre e non ammalarti più.

Buona lettura.



## CAPITOLO II

### FACCIAMO UN PO' DI CHIAREZZA SUL COVID-19: LA PAROLA A SIMA

Un fattore fondamentale da sottolineare è la contagiosità dell'attuale coronavirus. Bisogna ricordare infatti che i virus non sono microrganismi in senso stretto, ma "acidi nucleici impacchettati" che vivono trasferendosi nell'ambito della biosfera in genere in equilibrio simbiotico con delle specie-serbatoio (ad esempio gli uccelli migratori per i virus influenzali) e che in genere per situazioni di particolare stress/pressione ambientale, possono fare il "salto di specie" invadendo altre specie animali i cui sistemi immunocompetenti inevitabilmente faticano a raggiungere un equilibrio (tolleranza) con essi .

Quello che è avvenuto a partire dagli anni '90 del secolo scorso è che molti virus animali sono passati dal loro serbatoio animale/naturale all'uomo: gran parte delle malattie acute emergenti sono infatti zoonosi. In questo caso è sufficiente accennare al SIV/HIV e ad altri retrovirus e soprattutto ai tanti sottogruppi di orthomyxo-virus influenzali che sono passati dai volatili (sia migratori, sia stanziali in allevamenti e mercati) all'uomo in genere a causa delle condizioni di "pressioni" non naturali. Ed è estremamente importante sottolineare che se questi virus non sono, almeno fino a oggi, diventati pandemici, è essenzialmente perché, per nostra fortuna, non hanno acquisito le mutazioni chiave, in particolare nel gene codificante per la proteina in grado di agganciarsi ai recettori delle vie aeree superiori umane (HA-emoagglutinina).

È per questo motivo che alcuni virus influenzali ricombinanti hanno fin qui determinato solo casi sporadici e gravi, caratterizzati da polmoniti emorragiche e shock sistemici, soltan-

to in soggetti direttamente esposti a grandi cariche virali per motivi professionali.

Una caratteristica tipica di questo tipo di agenti patogeni è infatti che in un primo momento si assiste ad un adattamento molecolare parziale/progressivo alla nuova specie, seguito da un adattamento migliore (che paradossalmente rappresenta il momento di maggior pericolo): solo così infatti, adattandosi ai recettori delle vie respiratorie, il nuovo virus può con facilità penetrare e diffondersi all'interno dell'organismo ospite: è quello che accadde nel caso della grande Pandemia Spagnola di inizio '900 allorquando ad un primo periodo di mortalità significativa ma non drammatica, fece seguito dopo alcuni mesi il vero e proprio picco. A questo punto dobbiamo ricordare che le principali pandemie virali del secolo scorso sono state:

- la cosiddetta Spagnola (1920), quella di gran lunga più drammatica con 50-100 milioni di morti stimati (e una letalità maggiore del 2,5%) che fece un numero di morti 5/10 volte più della "grande guerra" mondiale che l'aveva preceduta (e almeno in parte co-determinata);
- la cosiddetta asiatica (1952) che avrebbe causato circa 1-2 milioni di decessi;
- la cosiddetta Hong Kong (1968), probabilmente di dimensioni minori.

È grazie a questa grande capacità di trasformazione, che i virus influenzali continuano a rimanere patogeni pericolosi mietendo ogni anno centinaia di migliaia di morti, generalmente tra le persone più fragili. Ed è anche noto come alcune ondate epidemiche dovute a sottotipi aggressivi avrebbero fatto in alcune annate probabilmente più vittime che quella del 1968.

Rimane il fatto che da decenni ci si aspetta una nuova pandemia e a questo proposito possiamo sottolineare che anche quanto successo nel 2009 richiede un chiarimento: il famoso triplice ricombinante della discussa pandemia messicana circolava infatti già da almeno due anni, che avrebbe fatto un discreto numero di vittime pur essendosi trattato di una pan-



demia che si è autolimitata. Per quanto concerne infine il Coronavirus della SARS 2002/2003, si trattò probabilmente di un virus ricombinante piuttosto instabile, forse emerso da deprecabili sperimentazioni in ambito veterinario (ancora una volta in Cina), che diventò rapidamente contagioso, ma fece tutto sommato poche vittime: probabilmente un migliaio, essenzialmente tra Cina e Canada, colpendo soprattutto il personale medico e paramedico (rischio gravissimo che dovremmo assolutamente cercare discongiurare anche oggi e in futuro, in una situazione in cui si sta diffondendo nel mondo un virus abbastanza simile).

Con queste semplici, ma necessarie premesse, possiamo capire quanto sia sbagliato paragonare ai “comuni virus influenzali” l’attuale coronavirus che deve essere definito un “pandemico potenziale” perché in grado di determinare sia polmoniti gravi iper-reattive, sia di uccidere persone immunodepresse, sia di diffondere orizzontalmente da uomo a uomo e che è oltretutto caratterizzato da due ulteriori fattori di rischio: il lungo periodo di incubazione (fino a due o anche tre settimane secondo alcune osservazioni in Cina) che ne rendere praticamente difficilissimo il confinamento, per via del possibile stato di portatore-sano dei contagiati asintomatici, lievemente sintomatici o non ancora sintomatici.

## ELEMENTI DI CONOSCENZA SCIENTIFICA

Riguardo agli studi sulla diffusione dei virus nella popolazione vi è una solida letteratura scientifica che correla l’incidenza dei casi di infezione virale con le concentrazioni di particolato atmosferico (es.  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ ). È noto che il particolato atmosferico funziona da carrier, ovvero da vettore di trasporto, per molti contaminanti chimici e biologici, inclusi i virus.

I virus si “attaccano” (con un processo di coagulazione) al particolato atmosferico, costituito da particelle solide e/o liquide in grado di rimanere in atmosfera anche per ore, giorni o settimane, e che possono diffondere ed essere trasportate

anche per lunghe distanze. Il particolato atmosferico, oltre ad essere un carrier, costituisce un substrato che può permettere al virus di rimanere nell'aria in condizioni vitali per un certo tempo, nell'ordine di ore o giorni. Il tasso di inattivazione dei virus nel particolato atmosferico dipende dalle condizioni ambientali: mentre un aumento delle temperature e di radiazione solare influisce positivamente sulla velocità di inattivazione del virus, un'umidità relativa elevata può favorire un più elevato tasso di diffusione del virus cioè di virulenza.

Nel caso di precedenti casi di contagi virali, le ricerche scientifiche hanno evidenziato alcune caratteristiche della diffusione dei virus in relazione alle concentrazioni di particolato atmosferico. Di seguito alcuni risultati e conclusioni:

- (2010) l'influenza aviaria può essere veicolata per lunghe distanze attraverso tempeste asiatiche di polveri che trasportano il virus. I ricercatori hanno dimostrato che vi è una correlazione di tipo esponenziale tra le quantità di casi di infezione e le concentrazioni di  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- (2016) esiste una relazione tra la diffusione del virus respiratorio sinciziale umano (RSV) nei bambini e le concentrazioni di particolato. Questo virus causa polmoniti in bambini e viene veicolato attraverso il particolato in profondità nei polmoni. La velocità di diffusione del contagio è correlata alla concentrazione di  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- (2017) il numero di casi di morbillo su 21 città cinesi nel periodo 2013-2014 varia in relazione alle concentrazioni di  $PM_{2.5}$ . I ricercatori dimostrano che un aumento delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$  pari a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  incide significativamente sull'incremento del numero di casi di virus del morbillo. I ricercatori suggeriscono di ridurre le concentrazioni di  $PM_{2.5}$  per ridurre la diffusione dell'infezione.
- (2020) uno dei maggiori fattori di diffusione giornaliera del virus del morbillo in Lanzhou (Cina) sono i livelli di inquinamento di particolato atmosferico. In relazione all'evidenza che l'incidenza del morbillo sia associata all'espo-

sizione a  $PM_{2.5}$  ambientale in Cina, i ricercatori suggeriscono che politiche efficaci di riduzione dell'inquinamento atmosferico possono ridurre l'incidenza del morbillo.

Sulla base di questa sintetica introduzione e rassegna scientifica, storicamente ricostruita, si può quindi dedurre che il particolato atmosferico ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) costituisce un efficace vettore per il trasporto, la diffusione e la proliferazione delle infezioni virali.

#### ANALISI SULLA DIFFUSIONE DEL COVID-19 IN ITALIA IN RELAZIONE AI SUPERAMENTI DEI LIMITI DI $PM_{10}$

Per valutare una possibile correlazione tra i livelli di inquinamento di particolato atmosferico e la diffusione del COVID-19 in Italia, sono stati analizzati per ciascuna Provincia:

- i dati di concentrazione giornaliera di  $PM_{10}$  rilevati dalle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA) di tutta Italia. Sono stati esaminati i dati pubblicati sui siti delle ARPA relativi a tutte le centraline di rilevamento attive sul territorio, considerando il numero degli eventi di superamento del limite di legge ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per la concentrazione giornaliera di  $PM_{10}$ , rapportato al numero di centraline attive per Provincia (n° superamenti limite  $PM_{10}$  giornaliero/n° centraline Provincia)
- i dati sul numero di casi infetti da COVID-19 riportati sul sito della Protezione Civile (COVID-19 ITALIA) evidenziano una relazione tra i superamenti dei limiti di legge delle concentrazioni di  $PM_{10}$  registrati nel periodo 10 febbraio -29 febbraio e il numero di casi infetti da COVID-19 aggiornati al 3 Marzo (considerando un ritardo temporale intermedio relativo al periodo 10-29 Febbraio di 14 gg approssimativamente pari al tempo di incubazione del virus fino alla identificazione della infezione contratta).

Tale analisi sembra indicare una relazione diretta tra il numero di casi di COVID-19 e lo stato di inquinamento da  $PM_{10}$  dei territori, coerentemente con quanto ormai ben descritto dalla più recente letteratura scientifica per altre infezioni virali. La relazione tra i casi di COVID-19 e  $PM_{10}$  suggerisce un'interessante riflessione sul fatto che la concentrazione dei maggiori focolai si è registrata proprio in Pianura Padana mentre minori casi di infezione si sono registrati in altre zone d'Italia.

Considerando il tempo di latenza con cui viene diagnosticata l'infezione da COVID-19 mediamente di 14 giorni, allora significa che la fase virulenta del virus, monitorata dal 24 febbraio (dati della Protezione Civile COVID-19) al 15 marzo, si può posizionare intorno al periodo tra il 6 febbraio e il 25 febbraio. Le curve di espansione dell'infezione nelle regioni presentano andamenti perfettamente compatibili con i modelli epidemici, tipici di una trasmissione persona-persona, per le regioni del sud Italia mentre mostrano accelerazioni anomale proprio per quelle ubicate in pianura padana in cui i focolai risultano particolarmente virulenti e lasciano ragionevolmente ipotizzare ad una diffusione mediata da carrier ovvero da un veicolante.

Le fasi in cui si evidenziano questi effetti di impulso ovvero di boost sono concomitanti con la presenza di elevate concentrazioni di particolato atmosferico che in regione Lombardia ha presentato una serie di andamenti oscillanti caratterizzati da tre importanti periodi di sfioramenti delle concentrazioni di  $PM_{10}$  ben oltre i limiti.

Tali analisi sembrano quindi dimostrare che, in relazione al periodo 10-29 Febbraio, concentrazioni elevate superiori al limite di  $PM_{10}$  in alcune Province del Nord Italia possano aver esercitato un'azione di boost, cioè di impulso alla diffusione virulenta dell'epidemia in Pianura Padana che non si è osservata in altre zone d'Italia che presentavano casi di contagi nello stesso periodo. A questo proposito è emblematico il caso di Roma in cui la presenza di contagi era già manifesta

negli stessi giorni delle regioni padane senza però innescare un fenomeno così virulento. Oltre alle concentrazioni di particolato atmosferico, come fattore veicolante del virus, in alcune zone territoriali possono inoltre aver influito condizioni ambientali sfavorevoli al tasso di inattivazione virale.



### CAPITOLO III

#### IL BUSINESS ILLEGALE DELLA SANIFICAZIONE: “ECCO CHI È AUTORIZZATO E COSA SERVE”

Dall’inizio dell’emergenza coronavirus, troppi operatori senza i requisiti di legge propongono a datori di lavoro, amministratori di condominio, semplici privati, interventi di sanificazione senza alcuna certificazione e senza nessuna garanzia per la salute dei cittadini e dell’ambiente.

Solo le imprese iscritte nell’apposito Albo speciale possono svolgere questo tipo di intervento e sono le uniche ad essere autorizzate per legge. Marco Benedetti è il presidente dell’Anid, l’Associazione nazionale delle imprese di disinfestazione, che rappresenta oltre 400 imprese dell’intera filiera, dai produttori ai distributori di prodotti sanificanti fino alle aziende di servizio (intervista fatta per *ilsalvagente.it*)

L’uso “spettacolare” della tossica varechina sulle strade

Il suo è un punto di vista privilegiato per capire come nel momento del bisogno si possono scatenare appetiti oppure risposte sbagliate a esigenze concrete: “Prendiamo la sanificazione delle strade, ci spiega fino al 13 aprile quando sono state pubblicate le linee guida da parte dell’Iss, Istituto superiore di sanità, e del ministero della Salute, abbiamo sparso nelle strade migliaia di litri ogni giorno di ipoclorito di sodio, la varechina, una sostanza tossica per l’uomo se non usata in modo corretto, e per l’ambiente visto il potenziale corrosivo che ha sulle superfici ferrose. Noi da subito ai nostri associati abbiamo detto di non usare in ambiente aperto questo prodotto e ci siamo rivolti alle autorità sanitarie per chiedere un parere. Bene, il 13 aprile sono state pubblicate le linee guida che dicono due cose molto semplici: non c’è evidenza che il virus possa essere presente sul manto stradale e che non esistono prodotti efficaci per il trattamento”. Risultato per far

star tranquilli i concittadini, i sindaci hanno autorizzato un trattamento dannoso, inutile e costoso. Come si puliscono le strade? "Con i soliti trattamenti: acqua a pressione", ci risponde il presidente di Anid.

Chi è in regola per la sanificazione?

Come si riconosce un'azienda certificata per un'attività di sanificazione? "Innanzitutto, prosegue Benedetti, deve essere iscritta a un elenco speciale presso la Camera di commercio competente che attesta il rispetto dei requisiti stabiliti dalla legge 82/94, attuata con il Dm 274/97; deve avere un responsabile tecnico che adegua il tipo di intervento e i prodotti da impiegare alla situazione; deve avere personale preparato e l'iscrizione alla nostra associazione è garanzia del rispetto di tutto questo".

Come si sanifica un condominio?

"La sanificazione, spiega il presidente di Anid, è composta da due passaggi: la pulizia della superficie e poi la disinfezione della stessa che può essere fatta con alcol, che non ha bisogno di risciacquo, con etanolo, varechina o acqua ossigenata". In un ambiente come quello condominiale cosa deve essere sanificato? "Tutte le parti comuni di contatto, ci risponde l'esperto, ovvero pulsantiera, citofono, maniglie, corrimano, specchi, cassette postali e via elencando. Naturalmente nella scelta dell'impresa, l'amministratore di condominio è obbligato a chiedere la certificazione e l'iscrizione all'albo".

Quante volte va ripetuto l'intervento? E quali sono i costi?

Il Dpcm del 10 aprile scorso stabilisce delle procedure per sanificare gli ambienti di lavoro e ha anche previsto la possibilità per i datori di lavoro di scaricarsi il 50% dei costi di sanificazione fino a 20.000 euro all'anno. "Ragione ulteriore, denuncia Benedetti, per capire come tanti operatori senza scrupoli, avendo fiutato l'affare, si stanno proponendo pur non avendo i requisiti di legge per operare". Invece in un



condominio “L’attività di disinfezione va ripetuta due volte al giorno, aggiunge Benedetti, e un intervento del genere svolto da operatori professionali in un condominio non può avere che un costo di 100-150 euro”.

L’uso dell’ozono è sempre raccomandato?

Presentata l’arma killer contro agenti patogeni e simili, l’ozono viene molto reclamizzato. A torto o a ragione, chiediamo al nostro interlocutore? “Quando sento parlare gli ‘esperti’ in TV su questo tipo di trattamento mi viene da rabbrivire: l’ozono è un gas da utilizzare con molta cura. Serve per sanificare le acque, per contrastare la legionella e in ambito alimentare viene usato per combattere le muffe negli alimenti stagionati. Detto questo non capisco come si fa a proporla in ambienti diversi con una certa disinvoltura. Ricordiamoci, come ha denunciato il Centro antiveleni, che in questo periodo le intossicazioni da ambienti interni sono aumentate del 130%”.

In un altro articolo sul *salvagente.it*, il Ministero dell’Interno: “Non ci sono evidenze della sua efficacia”

Una prima significativa risposta arriva dalla direzione centrale di Sanità del ministero dell’Interno che in una nota del 7 aprile ribadisce “l’assenza di evidenze nella letteratura scientifica sull’efficacia dell’ozono quale presidio per la prevenzione della trasmissione dell’infezione da Sars-CoV-2. Di conseguenza i dispositivi di disinfezione mediante ozono, al momento non sono da ritenersi efficaci ai fini della sanificazione dei veicoli (evidentemente il riferimento è a quelli della Pubblica sicurezza, ndr) nella contingente emergenza Covid-19”.

Nella nota poi la Direzione ribadisce quali sono “i disinfettanti capaci di inattivare il virus, ovvero “l’etanolo (alcol etilico) al 70%, il perossido di idrogeno (acqua ossigenata) al 0,5% e l’ipoclorito di sodio (candeggina, varechina) allo 0,1%”.

Benedetti, Anid, aggiunge: “L’ozono non è autorizzato nell’uso civile in quanto non è ancora classificato né come biocida né come presidio medico-chirurgico. L’iter è in fase di approvazione. Altra questione quella delle ‘macchinette’, i compressori, che vengono venduti come la soluzione contro il Covid-19: al massimo possono pulire l’aria, eliminare i cattivi odori, ma non sanificano gli ambienti. La sanificazione ricordo può essere fatta solo da aziende regolarmente iscritte all’elenco speciale presso la Camera di commerciale competente che attesta il rispetto dei requisiti stabiliti dalla legge 82/94, attuata con il Dm 274/97”.

I compressori in vendita anche a poche centinaia di euro sul web, sono macchine non professionali non in grado di emettere l’ozono in concentrazioni tali da eliminare batteri e virus ma a quel punto nocivo per l’uomo. “Alle concentrazioni in cui è usato l’ozono per usi industriali, prosegue Benedetti, è tossico per l’uomo e per questo va maneggiato con estrema cura e solo da personale qualificato”. Ricordiamo che in ambito industriale l’ozono è usato per sanificare le acque, per contrastare la legionella e in ambito alimentare viene usato per combattere le muffe negli alimenti stagionati. “Aggiungo, conclude Benedetti, che l’ozono non può essere usato in presenza di persone proprio per la sua pericolosità”.

## CAPITOLO IV

### TIPI DI SANIFICAZIONE

Quali sono le principali tecniche di sanificazione che permettono di annullare la carica virale (anche di Covid-19) negli ambienti?

Il Ministero della Salute con la Circolare n. 5443 del 22/02/2020 spiega dettagliatamente le modalità di sanificazione da applicare contro il Covid-19. Vi è la distinzione tra ambienti sanitari e non sanitari (stanze, uffici, mezzi di trasporto, scuole, ...). Come previsto anche dalla Circolare sopra citata, regole fondamentali sono la particolare attenzione a tutti i punti di contatto, da disinfettare meticolosamente, e l'utilizzo di panni monouso, da sostituire ad ogni elemento per evitare la contaminazione incrociata.

La procedura di sanificazione prevede, nel caso non sia necessaria una prima attività di decontaminazione (da fare in presenza di materiale organico), inizialmente un'accurata spolveratura e detersione di tutte le superfici e arredi presenti, eliminando così i corpi estranei. Tale attività preliminare, che si ottiene mediante l'utilizzo di apposite attrezzature e prodotti detergenti dedicati, rappresenta la base e lo step fondamentale, in quanto prepara delle superfici allo step successivo. A superficie asciutta, si procede con la disinfezione, attraverso l'impiego di disinfettante "Presidio Medico Chirurgico".

Risulta doveroso attenersi a quanto previsto dalla normativa. Tuttavia, al fine di ottimizzare i processi, adattandoli alle specifiche esigenze di ogni cliente/ambiente target di riferimento, per ottenere risultati di efficacia maggiore in ottica di miglioramento continuo, ci sono diverse procedure innovative.

È il caso del sistema di irradiazione germicida ultravioletta

(UV) in grado di uccidere la quasi totalità dei microrganismi come batteri, virus, muffe e altri agenti patogeni, che però potrebbe arrecare danni alla pelle se vi si espone per lunghi periodi esseri umani.

Un altro progetto prevede l'ozono, un gas naturale che però lascia residui chimici di reazione, che come vedremo successivamente può causare effetti dannosi alle vie respiratori.

Dove sono presenti soggetti infetti è fondamentale attivare immediatamente procedure di sanificazione frequenti e adeguate, al fine di abbattere la carica batterica e virale. La prevenzione è altrettanto fondamentale, soprattutto per la reale e potenziale presenza di persone asintomatiche.

Questa emergenza ha fatto comprendere ancora di più quanto la Disinfezione e Sanificazione ambientale siano fondamentali per rendere sicuri gli spazi in cui viviamo. La sanificazione non dovrebbe essere più considerata come una attività di carattere straordinario, ma una procedura di tipo ordinario con frequenza costante e periodica.

E questo dovrebbe valere per ogni tipologia di ambiente con qualsiasi destinazione d'uso.

La durata dell'effetto della sanificazione dipende dalla tipologia di ambiente e dalle caratteristiche delle persone che lo frequentano. È fondamentale procedere con trattamenti frequenti, intensificando anche tutte le attività ordinarie di detersione, la pulizia di base, prestando particolare attenzione anche ai punti di contatto e alle zone con più afflusso di utenti.

Attraverso apparecchi specifici è possibile verificare la carica batterica presente sulle superfici, così da monitorare il livello di salubrità degli ambienti oltre che l'efficacia delle attività di sanificazione.

È necessario comprendere che la pulizia e la sanificazione degli ambienti stanno alla base del benessere di tutta la collettività. Si tratta di un servizio primario che risponde ad un bisogno primario. L'attenzione e la cura di questi servizi fondamentali devono essere elevatissimi, in quanto i destinatari

di questa filiera sono gli utilizzatori finali, i frequentatori degli spazi, il cittadino o il collaboratore di quell'azienda.

Dopo aver accennato alla sanificazione con raggi UV, chimica e Ozono, ne abbiamo altri tre, che sono il vapore, la ionizzazione e sistemi innovativi di tipo naturale (senza chimica e ozono) di derivazione spaziale che utilizzano la fotocatalisi di un materiale semiconduttore, il biossido di titanio.

Li vediamo nel dettaglio, ma prima rispondiamo a questa domanda:

In mancanza della possibilità di far intervenire un'azienda specializzata, il cittadino può operare in proprio una sanificazione all'interno della propria abitazione?

È difficile che determinate attrezzature siano a disposizione di un comune cittadino, in quanto molto costose e altamente specializzate. Il know-how del professionista della sanificazione rappresenta una sicurezza nelle modalità, tecniche e nelle attrezzature utilizzate.

La sanificazione adotta metodi professionali, strutturati e più incisivi di pulizia degli spazi, con protocolli stabiliti e comprovati per ogni esigenza specifica: spazi interni ed esterni, arredi, superfici di varia natura.

Anche perché il rischio del fai da te è quello di intossicarsi.

Infatti la paura di contrarre il coronavirus sta generando comportamenti pericolosi tra le mura domestiche. Nell'ultimo mese, le intossicazioni da disinfettante sono aumentate del 65%, raggiungendo picchi del 135% nella fascia di età inferiore ai 5 anni. L'alert arriva dal centro antiveneni dell'ospedale Niguarda di Milano, tra i più importanti riferimenti italiani per la diagnosi e il trattamento di intossicazioni acute.

Con la diffusione incrementata dei disinfettanti in casa, sia per la detersione delle mani che per la detersione delle superfici, spiega il Dott. Ferruzzi, è aumentata l'esposizione a questi prodotti in maniera incongrua. E mi riferisco soprat-

tutto a quei preparati prodotti a domicilio mischiando sostanze diverse. Si tratta di composti chimici che hanno caratteristiche di farmaci a tutti gli effetti e devono essere tassativamente tenuti lontani dalla portata dei bambini e non vanno travasati in contenitori anonimi, perché questo espone al rischio di esposizioni e di gestioni improprie. Occorre sapere cosa si mischia, perché composizioni incongrue possono determinare la formazione di fumi estremamente irritanti. In particolare, è bene evitare la disinfezione con candeggina e ammoniaca di mascherine che vengono poi riutilizzate.

Ma cosa fare in caso di intossicazione?

Occorre evitare di indurre il vomito, risponde il Dott. Ferruzzi, e di somministrare liquidi come latte e acqua o cibo, che può a sua volta innescare il vomito. Soprattutto, occorre evitare di correre in Pronto soccorso allorché l'evento si sia verificato. Allo stesso modo non è utile recarsi dal pediatra o dal medico di medicina generale. È importante invece chiamare il centro antiveleni che può gestire il problema a distanza.

## CAPITOLO V

### SANIFICAZIONE CON IL VAPORE

#### **Cos'è il vapore**

Quando l'acqua si trasforma dallo stato liquido a quello gassoso diventa vapore. Il vapore è invisibile perché non ha colore. Il fumo che si vede a circa 2 cm di distanza dal beccuccio di una teiera non è vapore. Il vero vapore è nello spazio subito all'uscita del beccuccio.

Il fumo che vediamo è composto da microgocce d'acqua che dallo stato gassoso si sono riconvertite in liquido. Il vapore si forma per evaporazione o per ebollizione. Al livello del mare l'acqua inizia a bollire alla temperatura di 100° C. L'acqua evapora anche a temperature più basse, ma il vapore di evaporazione non è caldo. Quello che si forma con l'ebollizione ha la stessa temperatura dell'acqua bollente. Normalmente si intende come vapore solo quello caldo. Quando l'acqua raggiunge il punto di ebollizione, bolle di vapore iniziano a salire per disperdersi nell'aria. La temperatura del liquido rimane costante fino a quando non si è trasformato completamente in gas. Con 100 calorie si riscalda un grammo d'acqua dal punto di surgelo (0° C) al punto di ebollizione. Il vapore occupa uno spazio superiore rispetto all'acqua. Al momento della trasformazione da liquido in gas, questo occupa un volume di 1,67 volte rispetto al precedente stato liquido e viene anche chiamato "vapore saturo".

Se viene riscaldato ulteriormente il vapore occupa ancora più volume e viene chiamato "vapore surriscaldato".

#### **Vapore saturo secco**

Il vapore saturo secco sarà definito partendo da conoscenze comuni.

1) Sappiamo che la materia esiste in varie forme fisiche: soli-

do, liquido, gassoso. Queste forme diverse sono chiamate stati di aggregazione della materia. Il cambiamento da uno stato ad un altro viene definito con le seguenti parole: fusione, evaporazione, solidificazione.

Sappiamo anche che riscaldando un corpo, questo cambia temperatura e stato fisico. Ciò succede perché l'energia cinetica (movimento) delle particelle aumenta la loro distanza, allentando così la forza di coesione. Un corpo solido cambia il suo stato diventando liquido (fusione) e diventando successivamente gas (evaporazione). Al contrario, riducendola temperatura, le particelle aumentano lo stato di aggregazione: il vapore diventa liquido (condensazione) e successivamente solidifica (solidificazione). Alcune sostanze possono trasformarsi direttamente dallo stato solido in gas (sublimazione) e viceversa (condensazione).

2) I tre stati dell'acqua e la trasformazione da uno stato all'altro si incrociano in un punto. La temperatura di evaporazione, con una pressione di un'atmosfera, è  $100^{\circ}\text{C}$ . La fase nella quale viene aggiunto calore senza che la temperatura dell'acqua aumenti, viene definita infatti "fase del calore latente". In questa fase l'energia aggiunta serve esclusivamente per cambiare lo stato dell'acqua da solido a liquido o da liquido a gassoso. Il calore latente è perciò la quantità di energia che serve per trasformare un liquido completamente in gas quando questo ha raggiunto la temperatura di ebollizione.

Vogliamo osservare ora in dettaglio il cambiamento di fase di 1 litro d'acqua in un contenitore ad una temperatura iniziale di  $5^{\circ}\text{C}$  che mantiene la pressione costante di 1 atm. Iniziamo a riscaldare l'acqua: la temperatura sale ed il volume aumenta leggermente mantenendo la pressione costante.

a) Pochi minuti prima che inizi la trasformazione del liquido in gas, questo viene definito "satturo". Un leggero aumento di temperatura determina l'inizio del processo.

b) Al momento della trasformazione, la temperatura e la pressione vengono definiti rispettivamente temperatura e pressione di saturazione o di evaporazione.



c) Durante la trasformazione da liquido a gas, questo viene chiamato “vapore saturo”. In questa fase microgocce d’acqua sono ancora presenti.

d) Quando tutto il liquido è stato trasformato in vapore, questo viene chiamato “vapore saturo secco” e non è più presente nessuna microgoccia d’acqua.

e) Se viene ancora aggiunto calore, la temperatura e il volume del vapore aumentano. Se la pressione viene mantenuta costante questo viene chiamato vapore surriscaldato perché la sua temperatura è più alta della temperatura di saturazione di 100° C ad 1 atm che era la temperatura d’inizio del processo.

3) Come abbiamo visto, la temperatura di evaporazione dipende dalla pressione.

### **Il rapporto di umidità del vapore secco le fasi da liquido a vapore**

Vapore saturo umido viene definito come vapore nel quale l’acqua è presente nello stato liquido sotto forma di microgocce. In questo caso il rapporto viene indicato con valori tra zero e uno.

Vapore saturo secco viene definito come vapore esente da microgocce d’acqua. In questo caso il rapporto viene indicato come 1. Possiamo parlare di vapore saturo secco anche quando il rapporto è vicino al valore 1, per esempio 0,94 - 0,95. Questo rapporto si ottiene con caldaie che generano vapore a temperature tra 140° C e 180° C a pressioni tra 6 e 10 bar. In questo caso le microgocce d’acqua presenti sono circa il 5%.

Questo vapore ha:

- un forte potere di sanificazione: uccide microrganismi e batteri tramite shock termico.
- un’alta capacità di pulizia: grazie alla combinazione del potere assorbente delle microgocce d’acqua con la pressione, pulisce ogni superficie. Possiamo dire che il vapore saturo secco è semplicemente vapore ad alta temperatura, generalmente superiore a 140° C. A queste temperature il vapore acquista straordinarie capacità di sanificazione e di profonda pulizia.

Inoltre offre vantaggi ecologici per la possibilità di ridurre dra-

sticamente il consumo di acqua e detersivi. Il vapore saturo secco si forma in caldaie che operano ad una pressione compresa da 6 a 10 bar a temperature tra 140 ° e 185 ° C.

Per la pulizia e la sanificazione di superfici complesse, il vapore saturo secco rappresenta uno strumento potente che combina i seguenti agenti:

- temperatura
- umidità
- pressione

#### *Temperatura*

L'alta temperatura rompe i legami tra lo sporco e la superficie trattata, uccidendo batteri e microrganismi mediante shock termico. Il forte calore, inoltre facilita le reazioni chimiche, riducendo drasticamente il consumo di detersivi ed il tempo di azione.

#### *Umidità*

L'acqua è il solvente universale. Anche le montagne si sciolgono nell'acqua. Il vapore secco contiene microgocce d'acqua, che sollevano lo sporco dalle superfici trattate, tenendolo in sospensione ed evitando che si disperda in aria.

#### *Pressione*

Anche se, in questo caso, la pressione non gioca un ruolo primario nella pulizia, svolge un ruolo sinergico con gli altri due fattori.

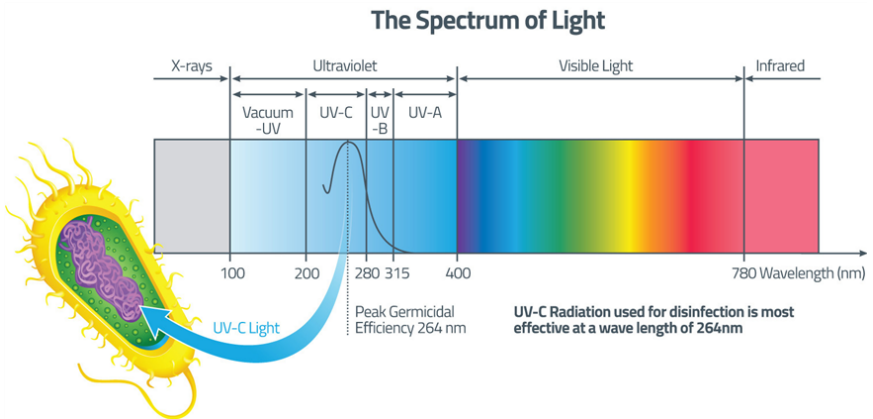
#### *Effetti negativi del vapore*

Proprio per questo è necessario utilizzare ditte specializzate con macchinari idonei perché il grande svantaggio di questo sistema è che sui tessuti può rimanere vapore e creare umidità con formazione di muffe e deterioramento dei tessuti stessi

## CAPITOLO VI

### SANIFICAZIONE CON RAGGI UV

Per i passati 100 anni la scienza ha riconosciuto gli effetti battericidi dell'area ultravioletta dello spettro elettromagnetico. Le specifiche lunghezze d'onda responsabili di questa reazione sono situate tra 240 e 280 nanometri (nm) con un picco alla lunghezza d'onda di 264 nm e sono note come UV-C. L'assorbimento di fotoni in questa lunghezza d'onda causa la morte della cellula batterica. Con l'andare del tempo si è confermato che l'assorbimento sufficiente di fotoni di luce UVC da parte del DNA o dell'RNA dei microrganismi causa una distruzione, per reazione fotochimica, di questa parte che è vitale nel processo di riproduzione di questi microrganismi rendendoli quindi inattivi.



Quando un microrganismo è esposto a LTV-C i nuclei delle cellule, a causa del processo fotovoltaico, sono modificate a

tal punto che la divisione cellulare e quindi la riproduzione sono inibiti.

La sorgente UV è praticamente un tubo di quarzo fuso, tipicamente di diametro compreso tra 5 e 20 mm e lunghezza tra i 100 ed i 1200 mm. Il gas inerte con cui il tubo viene riempito, fornisce la scarica primaria e la necessaria azione per eccitare e vaporizzare i minuscoli depositi di mercurio all'interno.

La lampada UV a bassa pressione è soltanto capace di produrre linee tra 185 e 254 nm. Un aumento della corrente fornita causa un rapido riscaldamento della lampada che consente alla pressione del mercurio di aumentare per produrre il tipico spettro a media pressione.

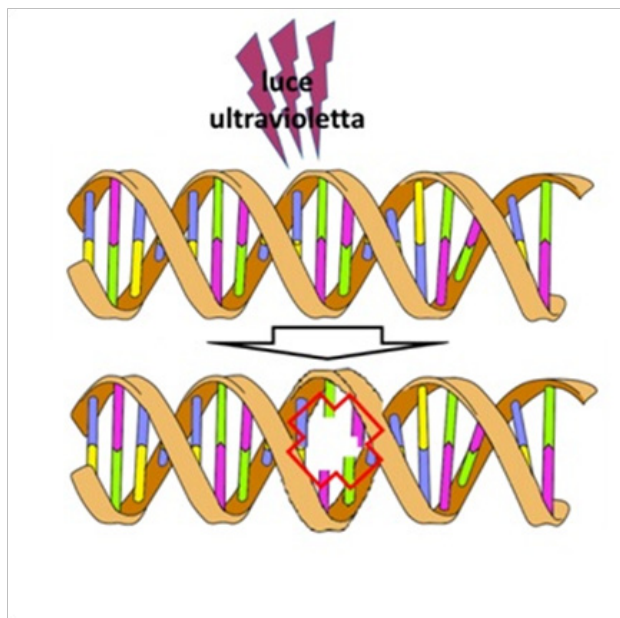


Figura 1 - La luce ultravioletta UVC agisce sulle eliche del DNA e del RNA distruggendone i legami

Questa in figura è il meccanismo fondamentale alla base del-

la disinfezione o sanificazione che nel tempo è stata confermata essere valido e funzionante su moltissimi tipi di microrganismi. Come batteri, virus, spore e protozoi, causa di diverse tipologie di malattie nell'uomo e negli animali.

Possono gli UVC prevenire la trasmissione del COVID-19?

La risposta a questa e ad altre domande viene dal documento "IUVA FactSheet on UV Disinfection for COVID-19" (*Studio sull'uso degli UV nella disinfezione e sanificazione da Covid-19*) pubblicato dalla International Ultraviolet Association (IUVA).

La luce UVC è ampiamente usata soprattutto da quando le lampade a vapori di mercurio, che hanno una buona emissione in questa parte dello spettro, sono diventate accessibili e sono usate nei sistemi per la bonifica e disinfestazione di acqua, aria, prodotti farmaceutici e superfici per contrastare tutta una serie di patogeni umani.

Tutti i batteri e virus testati fino a oggi (diverse centinaia nel corso degli anni), comprendendo altri coronavirus, rispondono alla disinfezione degli UVC. La luce UV, specificatamente tra 200 e 280 nm, inattiva (ovvero uccide) almeno altri due parenti prossimi del virus COVID-19:

SARS CoV-1 (causa della SARS);

MERS-CoV (responsabile della Sindrome Respiratoria medio-orientale).

L'infezione da COVID-19 può essere causata dal contatto con superfici contaminate quindi toccando bocca, occhi, naso. Ridurre al minimo questo rischio è una necessità perché questo virus può rimanere fino a tre giorni su superfici di plastica e acciaio.

Le lampade a mercurio, oggi ampiamente utilizzate nei sistemi di disinfezione, hanno una emissione UV nella lunghezza d'onda di 254 nm, mentre il picco di efficacia germicida si colloca tra 260 e 270 nm, al confine spettrale con gli UVB. Esi-

stono anche lampade LED UVC sono selezionabili tra 275 e 280 nm ovvero sono centrati sulla lunghezza d'onda di massima efficacia.

Contrariamente alle lampade ai vapori di mercurio, che hanno una emissione spaziale quasi in ogni direzione, i LED sono una sorgente luminosa pressoché puntiforme. Nel loro caso, l'area di illuminamento può essere adattata facilmente a ogni esigenza applicando lenti adeguate.

Inoltre, la potenza del fascio luminoso di un LED UVC varia al variare della lunghezza d'onda.

Il comitato scientifico per la salute, l'ambiente e rischi emergenti (SCHEER) ha pubblicato il parere preliminare sugli effetti biologici rilevanti delle radiazioni UVC per la salute, con particolare riferimento alle lampade UVC. Il parere esamina i rischi connessi all'uso di lampade che emettono radiazioni UVC.

## **I danni da UV**

Gli effetti negativi per occhi e pelle sono segnalati principalmente a causa di un'esposizione acuta ed accidentale ad alti livelli di radiazioni. A causa della modalità di azione e dei danni al DNA che possono indurre, le lampade UVC possono essere considerate cancerogene per l'uomo. Tuttavia, i dati attualmente disponibili non consentono una valutazione quantitativa.

In generale, la capacità di penetrazione e quindi la "pericolosità" per l'uomo dei raggi UV aumenta al diminuire della lunghezza d'onda e, di conseguenza, all'aumentare della frequenza.

La maggior parte dei raggi UV che raggiungono la superficie terrestre sono UVA e, in piccola parte, UVB, mentre gli UVC sono totalmente assorbiti dall'atmosfera. Inoltre, i livelli di UV sono più alti al crescere dell'altitudine (ogni 1000 m di altezza i livelli di UV crescono del 10-12%) e dell'altezza del

Sole (specialmente verso mezzogiorno nei mesi estivi) e al diminuire della latitudine e della nuvolosità.

Altri fattori ambientali che influenzano i livelli di UV sono lo strato di ozono e la capacità riflettente della superficie terrestre (per esempio, la neve riflette circa l'80% delle radiazioni UV, la sabbia asciutta della spiaggia circa il 15% e la schiuma del mare il 25%).

Sulla base della letteratura scientifica, l'Oms ha identificato nove malattie strettamente legate all'esposizione a radiazioni ultraviolette:

- melanoma cutaneo, tumore maligno dei melanociti, cellule della pelle che producono il pigmento cutaneo (melanina)
- carcinoma squamoso della pelle, tumore maligno che, rispetto al melanoma, ha un'evoluzione più lenta ed è associato a minore morbilità e mortalità
- carcinoma basocellulare (basalioma), tumore cutaneo che si sviluppa prevalentemente in età avanzata e si diffonde lentamente e localmente
- carcinoma squamoso della cornea o della congiuntiva, raro tumore oculare
- cheratosi, malattie croniche della pelle che in rare occasioni possono generare lesioni pretumorali
- scottature
- cataratta corticale, degenerazione del cristallino, che diventa sempre più opaco fino a compromettere la vista e che, in certi casi, può portare anche alla cecità
- pterigio, ispessimento della congiuntiva che porta a opacizzazione della cornea o a una limitazione dei movimenti oculari
- riattivazione dell'herpes labiale, a causa dell'immunosoppressione indotta dall'eccesso di UV.

## Prevenzione

Limitare il più possibile l'esposizione alla luce solare nelle ore più calde, tra le 10 e le 14.

Stare all'ombra nelle ore più calde, ricordando che alberi, ombrelli e tettoie non proteggono completamente dalla luce solare.

Indossare vestiti protettivi: un cappello a falda larga protegge adeguatamente occhi, orecchie, faccia e retro del collo; gli occhiali da sole ad alta protezione riducono enormemente i rischi per gli occhi; abiti aderenti e coprenti offrono un'ulteriore protezione dalla luce solare.

Usare creme solari protettive (almeno +15), applicandole nuovamente ogni due ore oppure dopo aver lavorato, nuotato, fatto attività fisica all'aperto. Ricordare che le creme solari non servono per stare di più al Sole, ma per proteggersi quando l'esposizione è inevitabile.

Evitare l'uso di lampade o lettini abbronzanti, soprattutto prima dei 18 anni.

Tenere conto dell'indice UV, scala internazionale che correla il livello di radiazione UV con il grado di rischio: quando l'indice è superiore a 3, occorre mettere in atto le misure preventive.

Proteggere in particolar modo i bambini, perché sono più a rischio degli adulti: uno degli elementi chiave in proposito è l'educazione sanitaria a scuola.



## CAPITOLO VII

### SANIFICAZIONE CON AEROSOL

Questa tecnica trova applicazione in ambienti dove il rischio che si sviluppino patologie, anche contagiose, è estremamente alto. Si pensi, ad esempio, alle ambulanze o ai mezzi di soccorso in genere. Anche in questo caso, la tecnica è molto semplice e ha un elevato potere sanificante. Attraverso l'aerosolizzatore si immette nell'aria un aerosol secco che non bagna le suppellettili e non forma patine, inducendo virus e batteri alla distruzione.

Questa tecnica prevede l'uso di un generatore a secco che consente la disinfezione dell'ambiente con prodotti disinfettanti specifici, senza arrecare danni ai materiali presenti.



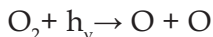
## CAPITOLO VIII

### SANIFICAZIONE CON L'OZONO

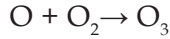
L'ozono, forma allotropica dell'ossigeno, è una sostanza conosciuta principalmente per il suo importantissimo ruolo nell'equilibrio ecologico. Sapevi che è in grado di assorbire la maggior parte delle radiazioni ultraviolette provenienti dal sole e impedisce loro di raggiungere la superficie terrestre?

L'ozono (dal greco ozein, odore) è una molecola costituita da 3 atomi di ossigeno ( $O_3$ ). La sua struttura chimica è un ibrido di risonanza tra tre formule limite possibili.

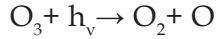
L'ozono è presente in natura come un gas blu dall'odore acre pungente e la sua concentrazione nell'atmosfera è di circa 0,04 ppm (1 ppm  $\sim$  2 mg/m<sup>3</sup>). Tale gas si forma naturalmente nella stratosfera e in particolare nell'ozonosfera, concentrandosi a circa 25 km al di sopra del livello del mare. La quantità di ozono è mantenuta costante mediante un equilibrio dinamico fra la reazione di formazione e quella di fotolisi. Potenti scariche elettriche e radiazioni UV ( $h_\nu$ ) aventi lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) inferiore ai 242 nm dissociano l'ossigeno molecolare, in ossigeno atomico mediante la reazione di Chapman:



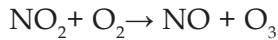
L'ossigeno atomico si combina rapidamente con un'altra molecola di ossigeno formando la molecola triatomica dell'ozono ( $O_3$ ). L'effetto netto della reazione è la conversione di tre molecole di ossigeno in due molecole di  $O_3$ . Le molecole di  $O_3$  assorbono a loro volta la radiazione solare di lunghezza d'onda compresa fra 240 e 320 nm, subendo fotolisi e rilasciando ossigeno molecolare  $O_2$  ed ossigeno atomico. La grande reattività dell'ossigeno atomico fa sì che esso reagisca con altre molecole di  $O_2$  secondo la seguente reazione:



La reazione di dissociazione a sua volta è causata dalle medesime radiazioni elettromagnetiche secondo la seguente reazione:



Di conseguenza, le reazioni di formazione e fotolisi dell' $\text{O}_3$  hanno come effetto quello di schermare la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta. Tuttavia, in vicinanza della superficie terrestre, nella troposfera, i raggi UV con energia necessaria a formare l' $\text{O}_3$  sono totalmente schermati, pertanto la reazione di formazione di  $\text{O}_3$  non avviene. I minimi livelli di  $\text{O}_3$  rilevabili a livello troposferico derivano dallo scambio tra ozonosfera e troposfera e dalla minima quantità prodotta dalle reazioni fotochimiche che coinvolgono direttamente l'ossigeno atmosferico. In particolare, il processo di formazione e dissociazione dell'ozono troposferico avviene principalmente mediante il ciclo fotolitico dell'azoto, secondo cui:



Tale reazione è amplificata dagli inquinanti immessi in atmosfera dall'uomo (veicoli a motore, centrali termoelettriche, solventi chimici,...). I livelli basali di ozono corrispondono a circa  $40\text{-}70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0,02\text{-}0,035$  ppm), ma nelle aree più inquinate possono raggiungere livelli più alti fino a  $120\text{-}140 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0,06\text{-}0,07$  ppm) [Fonti: ARPA (Agenzia Regionale Prevenzione ed Ambiente ed EEA (Agenzia Europea Ambientale)].

La formazione d'ozono può avvenire anche industrialmente attraverso gli ozonizzatori, particolari strumenti che lo generano da una corrente gassosa ricca di ossigeno, cui viene apportata energia in forma elettrica, elettrochimica o fotochimica.

È un gas instabile con un elevatissimo potere ossidante, secondo solo al fluoro che per la sua tossicità non può trovare utilizzo. L'ozono grazie al suo potere ossidante, a seguito di saturazione dell'ambiente e dopo soli 15 o 20 minuti è in grado di eliminare il 99,98% dei microrganismi presenti. Tutti i tipi di muffe e alcuni parassiti come gli acari non avranno scampo. Inoltre, è in grado di abbattere i cattivi odori all'interno dell'ambiente. L'ozono, essendo instabile, viene prodotto sul posto da generatori in grado di saturare gli ambienti. Attualmente questa tecnologia trova applicazione soprattutto nel settore sanitario, ma sta prendendo piede anche in altri settori come quello alimentare.

L'ozono, infatti, decomponendosi rapidamente in fase acquosa può dare origine ad una serie di specie reattive dell'ossigeno (ROS), quali l'anione radicale superossido ( $O_2^-$ ), il radicale idrossilico (HO $\cdot$ ) ed il perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ ), che causano alterazioni della struttura e funzione delle macromolecole biologiche (Laisk et al. 1989; Sarti et al., 2002). Il principale meccanismo di azione dell'ozono, e più in particolare dei ROS, è la perossidazione lipidica, che genera composti biologicamente attivi che a livello cellulare causano danni ai fosfolipidi di membrana. La tossicità dell'ozono dipende, inoltre, dalla sua capacità di ossidare gli amminoacidi alterando irreversibilmente la struttura e la funzione delle proteine. Gli amminoacidi più sensibili all'azione dei radicali liberi sono prolina, istidina, quelli contenenti gruppi tiolici (cisteina e metionina) e gruppi aromatici (fenilalanina, tirosina, triptofano) (Menzel et al., 1971).

L'inattivazione dei virus è stata finora meno studiata di quella dei batteri; è comunque noto che anch'essa avviene rapidamente in seguito ad ozonizzazione, anche se richiede una somministrazione di gas a concentrazioni superiori rispetto a quella necessaria per i batteri (Kim et al., 1999). Si è osservato, infatti, che le curve di inattivazione mostrano un rapido abbattimento delle colture fino al 99%; il restante 1% richiede un tempo maggiore per la totale inattivazione.

Vari studi effettuati sulla sensibilità dei virus all'ozono hanno dimostrato che i virus provvisti di membrana sono nettamente più sensibili di quelli che ne sono sprovvisti. Il meccanismo di azione dell'ozono sui virus non è sicuramente quello di una distruzione, come nel caso dei batteri, ma di un'inattivazione; l'azione dell'ozono consisterebbe in un'ossidazione, e conseguente inattivazione, dei recettori virali specifici utilizzati per la creazione del legame con la parete della cellula da invadere. Verrebbe così bloccato il meccanismo di riproduzione virale a livello della sua prima fase: l'invasione cellulare.

Tuttavia, l'utilizzo dell'ozono per gli interventi di disinfezione non è particolarmente indicato soprattutto negli ambienti dove sono presenti materiali e/o apparecchiature in genere, poiché, essendo un agente ossidante incredibilmente potente, può danneggiare quanto eventualmente presente negli ambienti da trattare.

Molte aziende approfittando di questa calamità stanno proponendo servizi di sanificazione che utilizzano ozono, e forse non sai che è pericolosissimo per la tua salute, quella dei bambini e animali.

Vista la sua breve emivita, l'ozono non può essere prodotto e conservato, ma è necessario che venga generato in situ al momento dell'utilizzo attraverso gli ozonizzatori. Tuttavia, sebbene a basse concentrazioni non sia particolarmente tossico, ad alte concentrazioni può avere effetti gravi.

I principali danni sono a carico delle vie respiratorie per alterazione della permeabilità degli epitelii, con conseguente riduzione della funzionalità polmonare (fino ad edema); può inoltre determinare un peggioramento in soggetti con bronchite od asma. L'ozono è anche causa di altri disturbi quali bruciore agli occhi, mal di testa, debolezza. Pertanto, la tossicità dell'ozono richiede che gli addetti al suo utilizzo siano continuamente monitorati e protetti. In conformità Dgls 81, chi ne fa utilizzo non deve essere esposto a più di 0,1 ppm di ozono in 8 ore o più di 0,3 ppm due volte/die per 15 minuti

(si noti che la soglia di percettibilità olfattiva per l'uomo è a concentrazioni tra 0,02 e 0,05 ppm, pari a circa 1/20 della soglia di concentrazione definita sicura per un tempo di esposizione di 15 minuti ed a circa  $\frac{1}{4}$  della soglia di esposizione definita sicura negli ambienti di lavoro).

Continua a leggere, perché ti svelerò il terrificante segreto che si nasconde dietro l'ozono usato come rimedio universale dalle ditte di pulizie per sconfiggere il virus:

I ricercatori stanno studiando gli effetti dell'ozono da diversi anni; a tutt'oggi, essi hanno dimostrato che l'ozono provoca vari tipi di effetti a carico delle vie respiratorie:

L'ozono può irritare il sistema respiratorio: quando succede si può cominciare a tossire, sentire un senso di irritazione in gola e nei polmoni. Questi sintomi possono continuare per alcune ore dopo una esposizione ad alti livelli di ozono e possono essere anche dolorosi.

L'ozono può ridurre la funzione polmonare: significa che diminuisce la quantità di aria che si riesce a respirare. L'ozono può rendere più difficile respirare profondamente, e se si sta facendo una attività faticosa all'aperto ci si rende conto di respirare più in fretta e meno profondamente che di norma.

L'ozono può aggravare l'asma e altre patologie respiratorie: quando i livelli di ozono sono alti, diventa più probabile che gli asmatici possano avere un attacco, che richiede un uso di farmaci o una visita medica. Infatti l'ozono rende gli asmatici più sensibili agli allergeni che scatenano l'attacco. Inoltre gli asmatici sono più sensibili alla riduzione della funzione polmonare e all'irritazione che l'ozono provoca nel sistema respiratorio. L'ozono può aggravare le malattie croniche del polmone, quali enfisemi e bronchiti.

L'ozono può provocare l'infiammazione del sottile strato di cellule che riveste le vie respiratorie.

Questo effetto è stato paragonato a quello di una scottatura da raggi solari sulla pelle. Si determina un danno sulle cellule e in pochi giorni quelle danneggiate sono rimpiazzate e vi è una esfoliazione come per la pelle dopo una scottatura so-

lare. Se succede frequentemente vi possono essere dei danni a lungo termine, con una riduzione della qualità della vita.

### **Altri effetti sulla salute**

Alcuni studi su animali hanno suggerito che l'ozono possa ridurre le capacità del sistema immunitario a combattere le infezioni dell'albero respiratorio.

La maggior parte di questi effetti sono considerati a breve termine e cessano una volta che gli individui non sono più esposti a elevati livelli di ozono. Ci si preoccupa però che danni derivati da ripetute esposizioni di breve durata possano portare a cambiamenti permanenti del polmone.

Per esempio, ripetute esposizioni all'ozono dei polmoni in fase di sviluppo dei bambini possono portare ad una riduzione della funzione polmonare una volta adulti. In bambini ed in giovani adulti sono state osservate riduzioni transitorie della funzionalità respiratoria, a livelli inferiori di ozono, a partire da 0,12 mg/m<sup>3</sup> (media oraria).

Inoltre, l'esposizione ad ozono può accelerare il naturale processo di invecchiamento della funzione polmonare.

[Fonte: Descrizione dei sintomi riscontrabili, a cura del Servizio di Sanità pubblica della Regione Emilia-Romagna e con la collaborazione dei Dipartimenti di Sanità pubblica delle Aziende Usl]



## CAPITOLO IX

### SANIFICAZIONE CON LA IONIZZAZIONE

La Ionizzazione è un processo che serve a purificare l'aria di un ambiente, consiste nell'immissione nell'aria di ioni negativi, che catturano quelli positivi.

La ionizzazione dell'aria è un fenomeno naturale che interviene spontaneamente ogni qualvolta una molecola è sottoposta all'azione di un processo energetico in cui la quantità totale di energia è superiore a quella della molecola stessa. In pratica quando additiviamo di energia una molecola questa "estrae" un elettrone dall'orbita più esterna della molecola, e a causa dello squilibrio elettrico la molecola (atomo) assume la carica elettrica positiva.

L'elettrone "liberato" dall'orbita esterna si fissa immediatamente su altro tomo che assume carica elettrica negativa. Ogni atomo ha una probabilità ben definita di diventare atomo negativo e positivo in funzione della saturazione della corona periferica. Gli ioni in natura vengono prodotti dalle radiazioni solari, dallo sfregamento dei venti sulla superficie terrestre, da temporali, piogge ed eventi atmosferici, dall'assorbimento dei raggi cosmici, dalle collisioni dei corpuscoli dotati di energia cinetica.

Gli ioni sono particelle d'aria (atomi) con cariche elettriche positive e negative.

L'aria "sporca", come quella degli ambienti chiusi o delle città inquinate, è costituita da ioni positivi mentre quella "pulita", come quella di montagna o dei grandi spazi vicini a fonti d'acqua, è costituita da ioni negativi.

Le particelle di sporco, invece di rimanere in sospensione, tendono a legarsi alle superfici (pavimenti, pareti, tappeti). Gli ioni negativi si legano alle particelle di sporco presenti nell'aria (polveri, fumo, pollini), caricandole elettrostatica-

mente e distruggendole.

Quindi si può dire che il processo di ionizzazione produce ossigeno di qualità, molto importante soprattutto nei luoghi chiusi ed affollati. Gli ioni negativi immessi nell'ambiente purificano l'aria, eliminando i cattivi odori e migliorando il benessere delle persone.

Questo tipo di soluzione è indicata nei sistemi di ventilazione, perché una parte residua della reazione di ionizzazione, rilascia come prodotto di scarto l'ozono, che oltre ad essere limitato nelle quantità, deve essere portato via da un sistema di ventilazione.

Le norme danno come limite di produzione di ozono pari 0,05 ppm.

La modularità dei dispositivi installati sulle centrali di trattamento, per esempio aria consente il dimensionamento in funzione della destinazione d'uso, sia in termini di applicazione che in termini di portate d'aria in gioco, infatti, i sistemi di sanificazione dell'aria sono particolarmente indicati per l'inserimento nei sistemi di ventilazione, sia per impianti ad uso civile abitativo, che terziario, uffici, sale mostre o sale riunioni, centri commerciali, che per impianti in applicazioni in ambito ospedaliero ed alimentari. Vengono consigliati per la decontaminazione microbica delle superfici interne delle centrali trattamento aria (e rooftop) e di tutte le componenti interne, quali: filtri, batterie, ventilatori.

Sono indicati per la prevenzione dello sviluppo di legionella nelle vasche di raccolta condensa e sistemi di umidificazione ad acqua. Vengono, altresì, consigliati per la sanificazione delle pareti interne dei canali di distribuzione dell'aria che, altrimenti, difficilmente vengono ispezionati e puliti anche solo una volta nel corso di tutta la vita di un impianto.

## CAPITOLO X

SANIFICAZIONE CON LA CHIMICA  
(ipoclorito di sodio (0.1% -0,5%), etanolo (62-71%))

Per parlare di chimica voglio riportare un articolo apparso su "Sanità e Informazione" il 26 marzo 2020:

«In aumento le intossicazioni da disinfettante per proteggersi dal Coronavirus».

L'allarme è del centro antiveleni che sottolinea il fatto che la paura di contrarre il coronavirus sta generando comportamenti pericolosi tra le mura domestiche. Nell'ultimo mese, le intossicazioni da disinfettante sono aumentate del 65%, raggiungendo picchi del 135% nella fascia di età inferiore ai 5 anni. L'allarme arriva dal centro antiveleni dell'ospedale Niguarda di Milano, tra i più importanti riferimenti italiani per la diagnosi e il trattamento di intossicazioni acute. «Con la diffusione incrementata dei disinfettanti in casa, sia per la detersione delle mani che per la detersione delle superfici, spiega il dottor Marcello Ferruzzi, è aumentata l'esposizione a questi prodotti in maniera incongrua. E mi riferisco soprattutto a quei preparati prodotti a domicilio mischiando sostanze diverse. Si tratta di composti chimici che hanno caratteristiche di farmaci a tutti gli effetti e devono essere tassativamente tenuti lontani dalla portata dei bambini e non vanno travasati in contenitori anonimi, perché questo espone al rischio di esposizioni e di gestioni improprie. Occorre sapere cosa si mischia, perché composizioni incongrue possono determinare la formazione di fumi estremamente irritanti. In particolare, è bene evitare la disinfezione con candeggina e ammoniaca di mascherine che vengono poi riutilizzate. Questo è il messaggio che vogliamo dare».

Ma cosa fare in caso di intossicazione?

«Occorre evitare di indurre il vomito, risponde Ferruzzi, e di somministrare liquidi come latte e acqua o cibo, che può a sua volta innescare il vomito. Soprattutto, occorre evitare di correre in Pronto soccorso allorché l'evento si sia verificato. Allo stesso modo non è utile recarsi dal pediatra o dal medico di medicina generale. È importante invece chiamare il centro antiveleni che può gestire il problema a distanza».

Per contattare il centro antiveleni del Niguarda è necessario comporre il numero 02 66 10 10 29.

Ecco cosa penso della chimica: funziona molto bene, la chimica stermina tutto, anche noi.

## CAPITOLO XI

### SANIFICAZIONE CON PEROSSIDO DI IDROGENO

Una delle metodiche attualmente utilizzate per la bio-decontaminazione degli ambienti, è l'uso di perossido di idrogeno come agente sterilizzante. Questa tecnica è tra le predilette nel settore farmaceutico perché rappresenta una valida alternativa alle sostanze che sono state più largamente utilizzate ma oramai riconosciute come molto pericolose per la salute umana (fumigazione con formaldeide, acido peracetico, diossido di cloro, ozono).

#### **Perossido di idrogeno**

Il perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ ) è un forte ossidante con un elevato potere antimicrobico sia nei confronti di un'ampia quantità di batteri sia per le spore batteriche, notoriamente le più resistenti alla bio-decontaminazione.

#### **La storia**

La sua introduzione risale alla fine degli anni '80 associata all'innovativa tecnica del Gas Plasma, applicabile soprattutto alla sterilizzazione di prodotti chirurgici e Dispositivi Medici, anche se con precise limitazioni a causa di incompatibilità con alcuni comuni materiali di confezionamento. Nell'ultimo decennio si sono sviluppate e affermate tecniche che sfruttano il potere bio-decontaminante dei vapori di  $H_2O_2$ .

#### **Perossido di idrogeno vaporizzato (VPHP)**

Il vapor-PhaseHydrogenPeroxide (VPHP) è registrato dalla Environmental Protection Agency (EPA) come agente sterilizzante. Inoltre è riconosciuto dalle maggiori linee guida del mondo farmaceutico e si presenta in diverse forme.

VPHP secco: il vapore acqueo/perossido (al 35%) è generato

in flash, non necessariamente nelle vicinanze della zona di sterilizzazione, a una concentrazione che sia mantenuta al di sotto di quella corrispondente al punto di rugiada, trasportato abbastanza semplicemente nelle canalizzazioni. La buona diffusione interna del vapore e l'assenza di condensazione che riducono l'aggressività sui materiali, sono bilanciati da un ciclo più lungo e un pretrattamento deumidificante.

VPHP umido: il vapore viene generato e immesso in fase microcondensata in condizioni di sovrasaturazione dell'aria, e quindi per evitare condensazioni nei circuiti di ventilazione è preferibile generarlo nelle vicinanze. L'assenza di fase di deumidificazione e una maggiore velocità di sterilizzazione sono bilanciati da una maggiore difficoltà nel raggiungere uniformità di distribuzione e una fase di aerazione e lavaggio più lunga.

### **Uso degli impianti HVAC**

Per la bio-decontaminazione di ambienti si prevede la stretta integrazione tra il generatore di perossido d'idrogeno e il sistema di condizionamento dell'aria dell'area da trattare. Grazie all'uso di un sistema HVAC ben funzionante (Heating, Ventilation and Air Conditioning, requisito necessario per il controllo dei processi di produzione farmaceutica) è possibile avere una distribuzione omogenea di  $H_2O_2$  in tutta l'area da trattare. Questo senza l'installazione di ventilatori ausiliari da inserire in ambiente per favorire la diffusione dell'agente sterilizzante e con la possibilità di bio-decontaminare le canalizzazioni, se e quando necessario.

## CAPITOLO XII

### SANIFICAZIONE CON FOTOCATALISI DI BISSIDO DI TITANIO E ACQUA

La tecnologia innovativa che presento in questa sezione sfrutta un principio molto noto: la fotocatalisi, la stessa che avviene durante la fotosintesi clorofilliana. In appendice ho riportato una sintesi del fenomeno fisico che ha straordinarie proprietà sull'ambiente, perché abbate l'inquinamento.

La fotocatalisi stata proposta storicamente per soluzioni di "self-cleaning" nell'edilizia (mantenimento della pulizia delle superfici), ma soprattutto per applicazioni disinfettanti (abbattimento di composti inorganici ed organici presenti in ambienti particolarmente inquinati), sfruttando composti specifici inseriti all'interno di materiali e prodotti da costruzione o applicati sulle superfici tramite composti nanotecnologici (es. materiali cementizi, pitture, piastrelle ceramiche). È stata anche ampiamente studiata la fotocatalisi in sistemi acquosi, contenenti inquinanti o altre sostanze chimiche, oltre a microrganismi. In misura minore, è stata data una valenza più commerciale ed applicativa alle caratteristiche fotocatalitiche degli stessi materiali e delle superfici che, in condizioni ottimali di utilizzo, possono dare un contributo in certi casi significativo anche in termini di abbattimento di microrganismi biologici più o meno complessi. Molti studi di disinfezione fotocatalitica con  $\text{TiO}_2$  hanno riguardato batteri e funghi, pochi i virus.

Il biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ) in presenza di luce ultravioletta (UV) produce un forte effetto ossidativo e può quindi essere usato come disinfettante fotocatalitico.

La tecnologia della fotocatalisi si basa sull'attivazione in superficie, in presenza di luce, di un composto detto appunto fotocatalizzatore, in grado di generare dei radicali e dei com-

posti reattivi che vanno ad interagire con organismi o sostanze chimiche presenti nell'ambiente, che possono venire a contatto con la superficie fotocatalitica in modo diretto (per deposizione) o per vicinanza (nello strato laminare di aria vicino alla superficie, che possiamo definire come zona di interfaccia).

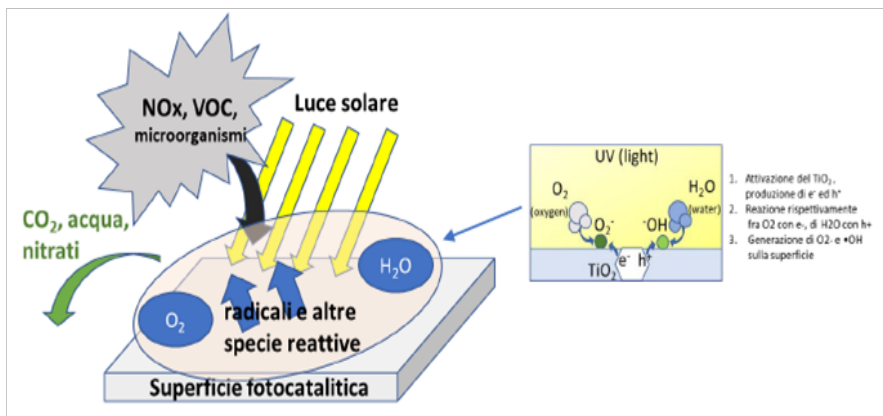


Figura 2 – Schema di meccanismo della fotocatalisi

Occorre quindi mettere subito in evidenza i quattro elementi indispensabili perché si attivi la reazione:

- fotocatalizzatore
- luce (solare)
- ossigeno
- umidità.

La reazione di fotocatalisi sarà tanto più efficace quanto maggiore il tempo di contatto fra superficie attiva e sostanza da aggredire, e quindi essa sarà più efficace quando si ha la sostanza depositata sulla superficie, piuttosto che quando la sostanza stessa circola nell'atmosfera circostante sotto forma



di gas, particella sospesa o aerosol (reazione solido-gas). I fotocatalizzatori classici sono rappresentati da composti metallici quali il biossido di titanio ( $TiO_2$ , il più attivo e più utilizzato, in forma anatasio e rutilo), ossidi di metallo o solfuri come  $ZnO$ ,  $ZnS$ ,  $CdS$ ,  $Fe_2O_3$  e  $SnO_2$ . Tutti questi composti sono attivi nella banda di luce UV, normalmente attorno ai 370 nm. Vi sono anche dei fotocatalizzatori a base di  $TiO$  anatasio, ma dopati con elementi chimici o ossidi, quali ad esempio carbonio (C), azoto (N), carbonio (C), tungsteno (W), ferro (Fe), Argento (Ag), rame (Cu), Manganese (Mn), che sono attivi in luce visibile (banda di assorbimento superiore ai 400 nm).

L'attivazione del fotocatalizzatore avviene con luce solare o meglio, come nel caso più comune del biossido di titanio ( $TiO_2$ ), con la componente UV dello spettro solare che corrisponde al 10-15% dello spettro totale, del quale solo un 5-8% arriva sulla superficie terrestre sotto forma di radiazione UV-A (95%) e UV-B (5%).

È stato provato che la fotocatalisi può indurre una degradazione nel caso di composti semplici (proteine e DNA), un effetto inibitore nel caso dei virus e dei batteri, un effetto anticancerogeno nel caso di cellule più complesse, addirittura nei riguardi dei pollini e delle spore che provocano allergie.




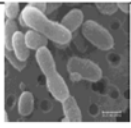

<b>Obiettivo</b>	 Composto organico a basso peso molecolare	 Macromolecole (proteine, DNA)	 Virus	 Batteri	 Cellule
<b>Effetto della fotocatalisi con <math>TiO_2</math></b>	Degradazione	Degradazione	Degradazione	Effetto batteriostatico ed antibatterico	Effetto anticancerogeno

Figura 3 - Effetti della fotocatalisi su organismi molto semplici

Gli studi relativi alla trasformazione di virus tramite fotocatalisi sono stati eseguiti in ambiente acquoso o comunque liquido oppure con metodo di contatto diretto organismo/superficie e si può parlare di due livelli di attacco fotocatalitico:

1. FOTOINATTIVAZIONE o FOTODISATTIVAZIONE con effetto risultante DISINFETTANTE

2. DECOMPOSIZIONE/UCCISIONE delle cellule virali con effetto risultante STERILIZZANTE

Il meccanismo di inattivazione dei virus mediante fotocatalisi è ancora da chiarire in modo definitivo, pur essendo già stata dimostrata l'efficacia del sistema con prove di laboratorio, utilizzando numerosi tipi di microrganismi ed avendo anche quantificato il risultato pressoché completo dell'attacco.

Questo sembra venga avviato sulle particelle di virus attraverso il loro adsorbimento sulle superfici del catalizzatore seguita dall'attacco al capsido proteico e ai siti di legame dei virus (attacco diretto di tipo Redox).

Secondo altre fonti, il comportamento di inattivazione dei virus è mediato da radicali ossidrilici  $\bullet\text{O}_2^-$  e  $\text{OH}\bullet$  o anche (ed in aggiunta) da Specie Reattive dell'Ossigeno (ROS) come  $\bullet\text{O}_2^-$ ,  $\text{OH}\cdot$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\bullet\text{HO}_2$  e libere nella fase massa e non da quelle legate alla superficie del catalizzatore. Il meccanismo di successiva decomposizione comporta il degrado della parete cellulare e della membrana citoplasmatica, sempre a causa della produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS). Questo inizialmente porta alla fuoriuscita del contenuto cellulare, quindi alla lisi cellulare e fino ad una completa mineralizzazione dell'organismo. L'uccisione è tanto più efficace quanto vi è il più stretto contatto tra il virus e il catalizzatore.

Pur dovendo tener conto delle condizioni ambientali all'interfaccia, le specie reattive hanno un raggio di azione che

può arrivare a 2 mm dalla superficie attiva.

Sfruttando questa opportunità, è quindi possibile adottare soluzioni con effetto disinfettante all'interno di locali pubblici molto frequentati ed in particolar modo negli ospedali dove, si riscontrano presenze di numerosi patogeni aero dispersi, soprattutto virus di dimensioni particellari molto ridotte.

La superficie fotocatalitica che si sfrutta per la reazione è quindi costituita da una matrice o substrato che contiene particelle del fotocatalizzatore omogeneamente disperse, oppure da un film sottile di rivestimento che ricopre completamente il substrato.

Non tutti i materiali sono idonei per questa applicazione, perché entra in gioco la stabilità chimica degli agenti a contatto con la superficie o la matrice ove sono inseriti. Essi hanno stabilità chimica su materie plastiche, fibre e tessuti e metalli (valori di pH pressoché neutro), ma non nel caso dei materiali cementizi (che hanno una alta basicità). Si deve anche tenere presente che la loro durata e la loro efficacia nel tempo sono limitate, trattandosi fisicamente di composti a lento rilascio di ioni reattivi.

D'altra parte, l'acidità o basicità della superficie possono essere determinanti per favorire o meno la disattivazione di un virus. In particolare, è stato osservato che il virus della SARS-CoV è rapidamente disattivato dopo 1 ora, per elevati valori di pH (>12) del sistema. Risultati analoghi sono stati pubblicati da altri ricercatori, anche se viene dichiarato che la velocità di disattivazione (sempre abbastanza elevata) dipende dal tipo di virus che si considera. La proprietà di inibizione da parte dei materiali cementizi è stata anche dimostrata nei confronti di microrganismi di complessità molecolare maggiore (batteri).

Come è stato già ribadito, il fotocatalizzatore si attiva in presenza di luce normalmente di tipo UV ( $\text{TiO}_2$ ). Vi sono numerose apparecchiature proposte su mercato, che sfruttano il principio dell'irraggiamento con lampade per la disattiva-

zione e la sterilizzazione (che funzionano però con UV-C a lunghezza d'onda 254 nm - visto in qualche paragrafo precedente). Nel caso particolare dei coronavirus, l'effetto disattivante può essere ottenuto con valori di potenza di sola luce UV-C (nella lunghezza d'onda 100-280 nm) irradiata espressa con  $D_{90}$  Dose (dosaggio per avere il 90% di disattivazione) fra 7 e 241 J/m<sup>2</sup>.

<u>microbe</u>	D90 Dose J/m <sup>2</sup> (Watt/m <sup>2</sup> .sec)
Coronavirus	7
Berne Virus ( <u>Coronaviridae</u> )	7
Murine Coronavirus (MHV)	15
Canine Coronavirus (CCV)	29
Murine Coronavirus I (MHV)	29
SARS Coronavirus COV-P9	40
Murine Coronavirus II (MHV)	103
SARS Coronavirus (Hanoi)	134
SARS Coronavirus (Urbani)	241

Non sembra che sia altrettanto efficace la sola luce di tipo UV-A, perché ad esempio è stato osservato che per tempi di irraggiamento sull'ordine dei 15 minuti, si ha solo effetto uti-

lizzando luce UV-C e non UV-A (motivando il risultato con il fatto che la radiazione UV-A viene solo debolmente assorbita dal DNA e RNA). Ed è per questo che in presenza di un fotocatalizzatore la reazione può essere decisamente accelerata o, come alternativa, si potrebbe sfruttare una potenza di luce UV-A inferiore.

In condizioni di adeguato irraggiamento UV, si può quindi avere un effetto fotocatalitico disinfettante nel giro di poco tempo (variabile da qualche decina di minuti a qualche ora), e questo è molto più rapido all'esterno ove si sfrutta la radiazione solare. All'interno l'effetto dipende da diversi fattori, quali il tipo di sorgente illuminante installata, l'intensità luminosa della stessa, la lunghezza d'onda di luce che si utilizza [da Ingenio - Gian Luca Guerrini]

La NASA ha brevettato un sistema che viene utilizzato su alcuni dispositivi costituiti da una precamera filtrante seguito da una camera di reazione fotocatalitica interna.

Questo è il cuore pulsante del dispositivo: una camera in cui si generano processi antibatterici che si traducono in un'importante eliminazione degli odori, virus, batteri e muffe che proliferano nell'ambiente.

Esistono anche sistemi di questo tipo che si possono utilizzare sui canali dell'aria o all'interno della VMC (ventilazione meccanica controllata).



## APPENDICI

### Appendice 1

#### Il meraviglioso mondo del Biossido di Titanio $\text{TiO}_2$

##### **Introduzione**

Il crescente livello di inquinamento delle aree urbane costituisce un'importante minaccia per la salute dell'uomo, indirizzando così la ricerca verso l'impiego di sostanze capaci di abbattere le sostanze nocive presenti nell'atmosfera. I tradizionali metodi di decontaminazione dell'aria e dell'acqua sono spesso energeticamente e chimicamente dispendiosi e i residui provenienti da tali processi spesso ne incrementano il problema.

Un'alternativa allo sfruttamento petrolifero e del nucleare a fini energetici è l'energia solare: la quantità di questa energia rinnovabile e pulita che raggiunge la superficie terrestre è pari a circa 10.000 volte il consumo energetico mondiale annuo, costituendo così una delle più importanti opportunità per lo sviluppo tecnologico ecosostenibile. Il bisogno di un ambiente più pulito e di una migliore qualità della vita esortano a pensare ad un uso eco-compatibile della luce e del sole ed in questo contesto la fotochimica applicata ai materiali di costruzione potrebbe trasformarsi in una soluzione molto interessante tanto da diventare parte integrante della strategia mirante a ridurre l'inquinamento ambientale attraverso l'uso di materiali di costruzione che contengono fotocatalizzatori. Da tempo immemore le piante e le erbe sfruttano l'energia del Sole per trasformare anidride carbonica, acqua e sali in composti più o meno complessi, come zucchero, amido e ossigeno; il processo si chiama fotosintesi clorofilliana, dove per "foto" si intende proprio il contributo della luce solare. L'uomo "ruba" ancora una volta alla natura i suoi migliori

brevetti: il “furto” avviene nel 1972 per mano di Fujishima e Honda, due scienziati giapponesi che cercano di dividere l’acqua in idrogeno e ossigeno con la luce del Sole, proprio come fanno le piante. L’esperimento riesce, ma il vero dato interessante è che una particolare miscela di composti del titanio (Anatasio e Rutilo, due diverse forme cristalline del biossido di titanio -  $TiO_2$ ) è capace di promuovere come nessun altro questa reazione chimica, la fotocatalisi.

La fotocatalisi si presenta come un metodo alternativo ai classici processi di decomposizione degli inquinanti e di eliminazione di batteri e muffe, contribuendo in modo efficace al miglioramento della qualità dell’aria. Questi metodi si basano su composti altamente reattivi chimicamente, i fotocatalizzatori, che sono in grado di degradare molte molecole inquinanti, organiche e inorganiche. I materiali fotocatalitici, se opportunamente irradiati con luce di una opportuna lunghezza d’onda (raggi UV-A), consentono un maggior abbattimento delle sostanze organiche e inorganiche nocive con le quali vengono a contatto: NOX, SOX,  $NH_3$ , CO, composti organici volatili (VOCs), composti organici clorati, aldeidi e composti aromatici condensati, responsabili dell’inquinamento atmosferico. I risultati sperimentali mostrano, inoltre, come i materiali fotocatalitici siano in grado grazie alla loro spiccata idrofilia di conservare inalterato nel tempo il loro aspetto estetico: tramite una semplice pioggia sono in grado di rimuovere polveri e sporco dalle superfici esterne degli edifici.

Il connubio ingegneria e chimica ha creato dunque materiali fotocatalitici contenenti al loro interno particelle di  $TiO_2$ , il principale fotocatalizzatore in commercio, che, applicati non solo agli ambiti urbani e edilizi ma anche in ospedali, ambulatori, scuole e laboratori, possono generare effetti positivi in termini sia di antinquinamento che di antibattericità.

Negli ultimi il biossido di titanio, prevalentemente nella forma nanometrica, ha guadagnato grande interesse da parte del settore delle costruzioni, dove è utilizzato prevalentemente



mente per rivestimenti, pitture, rimescolato in pasta di malte o masselli autobloccanti, pitture o piastrelle antisettiche e vetri autopulenti.

Nonostante le enormi potenzialità riconosciute al  $\text{TiO}_2$  nel settore delle costruzioni, ci sono ancora molte domande aperte per quanto concerne la sua efficacia nelle applicazioni reali al variare del materiale di supporto, la sua efficacia nel lungo termine, il reale effetto autopulente nell'ambiente reale (l'abilità di autopulirsi viene spesso testata con test di laboratorio che necessariamente semplificano le condizioni di esposizione) e nel suo impatto sull'ambiente e sulla salute dell'uomo, è per questo che molti articoli scientifici hanno e stanno tutt'ora investigando questi aspetti.

### **Gli inquinanti e lo smog fotochimico**

I principali responsabili dell'inquinamento atmosferico sono i veicoli a motore, le industrie, le raffinerie e le grandi centrali elettriche, i combustibili usati per il riscaldamento domestico e gli inceneritori di rifiuti, soprattutto se non sono dotati di abbattitori di polveri e sistemi di depurazione dei gas di scarico. Gli agenti inquinanti possono anche derivare dall'uso di pesticidi in ambito rurale e dalla produzione di polveri generate da attività minerarie e agricole. Inoltre l'inquinamento prodotto dai gas naturali può essere causato da esplosioni vulcaniche, fumarole, acquitrini o processi di decomposizione.

I principali inquinanti sono: il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), gli ossidi di azoto (NOX), il monossido di carbonio (CO), l'ozono, il benzene, gli idrocarburi policiclici aromatici, il  $\text{PM}_{10}$  (materiale particellare con diametro inferiore a 10  $\mu\text{m}$ ), e il piombo.

Il particolato (PM) è un inquinante di grande impatto ambientale nelle aree urbane, le sue particelle sospese sono sostanze allo stato solido o liquido che, a causa delle loro piccole dimensioni, restano sospese in atmosfera per tempi più o

meno lunghi; le polveri totali sospese, o PTS, vengono anche indicate come PM (ParticulateMatter).

Il particolato nell'aria può essere costituito da diverse sostanze: sabbia, ceneri, polveri, fuliggine, sostanze silicee di varia natura, sostanze vegetali, composti metallici, fibre tessili naturali e artificiali, sali, elementi come il carbonio o il piombo. Il  $PM_{10}$ , che ha destato molto interesse da parte delle autorità mediche e scientifiche negli ultimi tempi, è la frazione più piccola di tali particelle; precisamente sono tutte le particelle con diametro inferiore ai 10 micrometri. Allo stesso modo il  $PM_{2,5}$  è particolato con dimensioni inferiori ai 2,5 micrometri, quindi una frazione del  $PM_{10}$  che, per le sue dimensioni, è nettamente più pericoloso, riuscendo a passare ancora più facilmente le barriere del nostro sistema respiratorio.

È nota già da tempo la pericolosità delle polveri sottili nei confronti dell'uomo e dell'ambiente; sono stati effettuati studi che dimostrano l'esistenza di un collegamento tra un'alta concentrazione di  $PM_{10}$  e un aumento dei casi di malattie respiratorie più o meno gravi, di intossicazioni e soprattutto di cancro.

Le sostanze inquinanti possono essere naturali o prodotte dall'uomo e possono presentarsi disciolte in acqua oppure nell'aria; esse si presentano sotto forma di particelle solide, goccioline di liquido o gas. Gli inquinanti vengono distinti in primari e secondari; quelli primari sono definiti come gli inquinanti che vengono immessi direttamente nell'ambiente in seguito al processo che li ha prodotti, sono poi soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione.

Gli inquinanti secondari, che spesso risultano più tossici e di più vasto raggio d'azione dei composti originari, sono invece quelle sostanze che si formano dagli inquinanti primari a seguito di trasformazioni chimico-fisiche che, spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la luce. Fra i processi di formazione degli inquinanti secondari, particolare importanza è assunta dalla serie di reazioni che avvengono fra gli ossidi di

azoto e gli idrocarburi in presenza di luce solare. Questa catena di reazioni porta all'ossidazione del monossido di azoto (NO) a biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), alla produzione di ozono (O<sub>3</sub>) ed all'ossidazione degli idrocarburi, vi è così formazione di aldeidi, perossidi, di acidi nitriloperacetici (PAN), acido nitrico, nitrati e nitroderivati in fase particellare. L'insieme dei prodotti di queste reazioni viene definito smog fotochimico, che rappresenta una delle forme di inquinamento più dannose per l'ecosistema; tale termine deriva dal fatto che per attivare un processo di inquinamento fotochimico, è necessaria la presenza di luce solare, oltre che di ossidi di azoto e composti organici volatili (VOC); inoltre, il processo viene favorito dalla elevata temperatura.

Oltre agli inquinanti esterni, è però necessario tenere conto anche dei livelli di inquinamento dell'aria all'interno delle case, che sono spesso dalle 5/6 volte più elevati rispetto ai livelli esterni di inquinamento. Le fonti di inquinamento interno sono: i prodotti per la casa come pitture, lucidanti per legno, spray per la deodorazione della casa, disinfettanti, detersivi, fumi di automobili intrappolati all'interno degli ambienti domestici.

### **Il meccanismo di fotocatalisi**

La fotocatalisi è un fenomeno naturale in cui una sostanza, il fotocatalizzatore (come il TiO<sub>2</sub>), accelera la velocità di una reazione chimica attraverso l'azione della luce, naturale o artificiale. Ogni reazione infatti necessita di una certa energia di attivazione per potersi attivare, ma poiché alcune reazioni sono talmente lente da non avvenire, un modo per accelerare questo processo è quello di abbassare l'energia di attivazione sfruttando appunto il catalizzatore, che si combina con i reagenti rendendoli così più facilmente trasformabili.

Il catalizzatore favorisce la reazione senza esaurirsi, infatti esso avvia una reazione chimica, senza però che esso si trasformi, rimanendo dunque uguale come reagente e come

prodotto della reazione, a meno che non venga dilavato via per abrasione o dilavamento. Il prefisso “foto” significa che la sostanza che funge da catalizzatore (o acceleratore) viene attivata tramite la luce, ovvero l’abbassamento dell’energia di attivazione della reazione avviene grazie alla presenza di luce.

Grazie all’energia luminosa, i fotocatalizzatori provocano la creazione di reagenti fortemente ossidanti che sono in grado di decomporre le sostanze organiche e parte delle sostanze inorganiche presenti nell’atmosfera favorendo così la più rapida decomposizione degli inquinanti presenti nell’ambiente e evitandone l’accumulo.

Quando una particella di inquinante viene a contatto con il biossido di titanio, essa viene decomposta e si trasforma in anidride carbonica, azoto e qualche sale (che verrà poi lavato via dalla pioggia).

### **Il biossido di titanio - $\text{TiO}_2$**

Il biossido di titanio è un semiconduttore dotato di una elevata reattività per cui può essere chimicamente attivato dalla luce solare ultravioletta in banda UV-A1 naturalmente presente nella radiazione solare. Questa proprietà è dovuta al fatto che tale ossido è un semiconduttore, ovvero un materiale con proprietà di conduzione elettriche intermedie tra quelle tipiche di un metallo (conduttore) ed un isolante (non conduttore).

Il fotocatalizzatore ideale deve avere le seguenti caratteristiche:

- Elevato tasso di reattività quando irradiati da energia di gap (o superiori)
- Foto-stabilità
- Inattività rispetto a sostanze chimiche e biologiche
- Bassi costi e facile reperibilità

Molti semiconduttori come  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CdS}$ ,  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{WO}_3$ , sia allo stato puro che drogati, sono stati esami-

nati e sperimentati come fotocatalizzatori per la decomposizione degli inquinanti nell'aria e nell'acqua, ma il  $\text{TiO}_2$  è stato così largamente sviluppato perché economico e perché presenta una fotostabilità davvero molto elevata.

Le ricerche in merito ai materiali fotocatalitici hanno dimostrato infatti che allo stato attuale il biossido di titanio rimane il materiale di riferimento nel campo della fotocatalisi.

Il biossido di titanio esiste in tre diverse strutture cristalline (rutilo, anatasio e brookite) e in fase amorfa. Le sequenze di trasformazioni che portano alle tre diverse forme cristalline, dipendono dalle dimensioni iniziali delle particelle, fattore che determina la stabilità.

La brookite ha una struttura ortorombica, le altre due forme invece hanno una struttura tetragonale contenente tre ottoedri distorti, in particolare la struttura tetragonale del rutilo contiene due molecole di  $\text{TiO}_2$  per cella primitiva. Il rutilo e l'anatasio sono le forme più diffuse in natura.

Riassumendo le caratteristiche della titania sono:

- trasparenza nella regione del visibile;
- alta porosità;
- alta affinità superficiale;
- bassi costi e facile produzione in grandi quantità;
- inerzia chimica, non tossicità, biocompatibilità.

### **Applicazioni in edilizia**

Nel tentativo di migliorare le condizioni ambientali si sono intraprese ricerche per lo sviluppo di processi e tecnologie innovative eco-compatibili, che purifichino le emissioni gassose di origine industriale o prodotte da veicoli utilizzando la luce solare, fonte rinnovabile e pulita di energia.

I nuovi materiali in grado di "mangiare" gli inquinanti atmosferici organici e inorganici applicano il processo della fotocatalisi, che consiste nell'uso di semiconduttori solidi in grado di ossidare sostanze nocive fino a completa mineralizzazione.

In questo contesto la fotocatalisi applicata ai materiali da costruzione potrebbe trasformarsi in una soluzione molto interessante, tanto da diventare parte integrante della strategia volta a ridurre l'inquinamento ambientale.

Il biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ) è uno dei materiali fotocatalitici più frequentemente utilizzati per la preparazione di diversi prodotti.

In ambito edilizio, combinando il biossido di titanio con il cemento è stato possibile ottenere un legante, che alle tradizionali caratteristiche di resistenza meccanica e durabilità associa proprietà legate al rispetto dell'ambiente e alla conservazione del valore estetico dei manufatti.

E' stato, quindi, ottenuto un mix innovativo in grado di accelerare l'ossidazione dei componenti organici inquinanti che si depositano sulle pareti esterne dei palazzi.

Si è sviluppato un cemento amico dell'uomo e dell'ambiente concepito per degradare i molteplici agenti chimici presenti nell'aria, che aggrediscono le vie respiratorie e lasciano tracce distinguibili su edifici e monumenti.

Le prime applicazioni sono state fatte nel settembre del 2002 a Milano, dove 7000 metri quadrati di superficie stradale sono stati coperti con un materiale fotocatalitico simile al cemento e si è registrata una riduzione fino al 60% nella concentrazione di ossidi di azoto al livello della strada.

Stessi risultati sono stati raggiunti in Giappone. Nel 2003 sono stati condotti test anche a Parigi, Atene, Copenaghen e Napoli.

Questi nuovi materiali edili e rivestimenti apporteranno un contributo al conseguimento dell'obiettivo dell'UE di ridurre i livelli di  $\text{NO}_x$  a meno di 21 parti per miliardo all'anno entro il 2010.

L'importanza pratica del biossido di titanio è dimostrata dal suo utilizzo in processi elettro-chimici e come pigmento per pitture e polimeri. Le proprietà ottiche ed elettroniche del  $\text{TiO}_2$  hanno numerose applicazioni nei sensori di gas, nei rivestimenti antiriflettenti per celle solari e nei processi di con-

versione dell'energia foto-chimica.

Il diossido di titanio,  $\text{TiO}_2$ , ampiamente utilizzato come pigmento di colore bianco, è uno dei materiali più studiati nell'ambito della ricerca per le sue proprietà fotocatalitiche. Esso, infatti, contribuisce alla fotodegradazione di sostanze inquinanti, motivo per cui è utilizzato nel settore della purificazione dell'aria e dell'acqua e per la realizzazione di vetri autopulenti, disponibili commercialmente.

### **Il biossido di titanio e suo utilizzo**

Il biossido di titanio è ampiamente utilizzato sia in campo industriale, come pigmento bianco, che in numerosi settori di ricerca anche a causa delle sue proprietà fotocatalitiche. Delle sei milioni di tonnellate prodotte globalmente ogni anno, il 99% è usato come pigmento bianco non solo nel settore delle pitture, in cui viene utilizzato sin dai primi anni del '900, ma anche nelle plastiche, nelle gomme, nell'industria della carta, nel settore della cosmetica e dei prodotti farmaceutici. Infatti, è presente nel dentifricio che usiamo quotidianamente, nella chewing gum che mastichiamo o nella crema solare di cui ci cospargiamo, o, ancora, nella compressa che occasionalmente ci capita di ingerire. Il colore bianco deriva dal fatto che le particelle, di dimensioni maggiori rispetto alla lunghezza d'onda della luce, diffondono tutte le componenti della luce bianca in egual misura. Poiché il processo si ripete moltissime volte all'interno del mezzo, la direzione di provenienza della luce non è più riconoscibile ed il mezzo assume un colore bianco.

Sebbene largamente usato come pigmento, dagli anni '70 il diossido di titanio attira l'attenzione dei ricercatori anche per le sue qualità di fotocatalizzatore, ossia di sostanza capace di modificare la velocità di una trasformazione chimica indotta dalla radiazione luminosa. È il più attivo e il più utilizzato tra i composti metallici che possono dar luogo alla fotocatalisi per la sua non tossicità, biocompatibilità, inerzia chimica

in assenza di luce, basso costo, facile lavorabilità e facile produzione in grandi quantità su larga scala.

Per queste sue proprietà, il biossido di titanio è utilizzato in vari settori di grande interesse, quali la purificazione dell'aria e dell'acqua e nel settore dell'edilizia, come per esempio la produzione di materiali autopulenti, soprattutto vetri per le finestre. Alcune applicazioni emergenti, ancora in fase di studio, riguardano i materiali cementizi (pitture, pavimentazioni o masselli autobloccanti) con lo scopo di ridurre l'inquinamento urbano causato dagli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) prodotti dai gas di scarico delle automobili; la produzione di idrogeno mediante water-splitting fotoelettrochimico, la conversione di energia solare mediante celle solari a pigmenti.

Le proprietà fotocatalitiche derivano dal fatto che tale ossido è un semiconduttore, ovvero dotato di proprietà di conduzione elettriche intermedie tra quelle tipiche di un metallo (conduttore) ed un isolante (non conduttore). A differenza di un conduttore, in cui gli elettroni sono liberi di muoversi, un semiconduttore può condurre in determinate condizioni, per esempio se illuminato o riscaldato.

Una descrizione semplificata dei meccanismi responsabili delle proprietà di conduzione di un generico materiale solido può essere ottenuta facendo riferimento alla Figura 1. La sovrapposizione fra livelli energetici esterni di atomi contigui causa la delocalizzazione degli elettroni di legame con la conseguente formazione della così detta banda di valenza. Analogamente, la sovrapposizione di livelli a energie superiori porta alla formazione di una banda, normalmente vuota, nota come banda di conduzione. Il comportamento elettrico del materiale è determinato dalla differenza energetica fra la banda di valenza e quella di conduzione. Nei conduttori le due bande sono sovrapposte (vedi Figura 1.a) e, di conseguenza, gli elettroni possono agevolmente trasferirsi nella banda di conduzione in cui sono liberi di muoversi. Negli altri casi (vedi Figura 1.b) le due bande sono separate da un



energy gap ( $E_g$ ). Quando tale differenza di energia è molto grande gli elettroni non possono trasferirsi nella banda di conduzione e il materiale è un isolante. Per alcuni materiali invece, il gap energetico è tale che è possibile trasferire elettroni dalla banda di valenza a quella di conduzione mediante semplice riscaldamento o, come nel caso del diossido di titanio, radiazioni di energia almeno pari al gap energetico (di solito nell'UV-Visibile). Il trasferimento di un elettrone nella banda di conduzione lascia in quella di valenza una vacanza (buco). I materiali dotati di queste caratteristiche sono noti come semiconduttori.

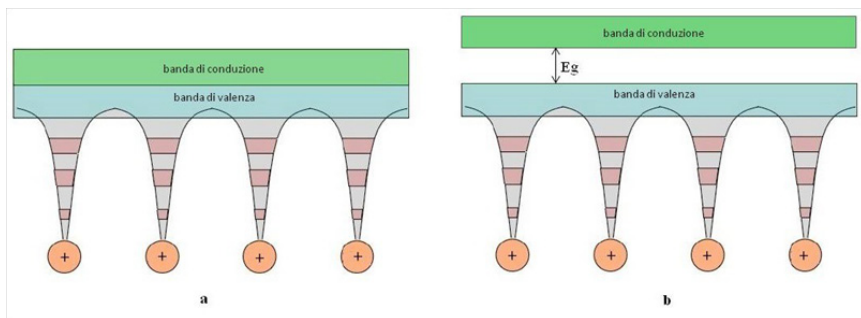


Figura 4 – Rappresentazione schematica della banda di valenza e della banda di conduzione in: (a) un conduttore, (b) un isolante o semiconduttore. In quest'ultimo caso  $E_g$  indica l'energia di separazione fra le due bande.

### Le proprietà fotocatalitiche del $TiO_2$

Il  $TiO_2$  è un semiconduttore con un gap fra la banda di valenza e la banda di conduzione di circa 3 eV (elettronVolt), energia corrispondente a quella di radiazioni nel campo dell'ultravioletto. Sia gli elettroni disponibili nella banda di conduzione, sia le vacanze generate in quella di valenza, come sarà meglio descritto in seguito, sono responsabili delle proprietà fotocatalitiche di questo materiale.

Nella purificazione dell'aria o delle acque o nel caso di utilizzo di superfici autopulenti, gli elettroni resi disponibili a seguito dell'illuminazione del  $TiO_2$  vengono trasferiti a specie

ossidanti che subiscono un processo di riduzione, mentre le specie riducenti cedono un elettrone alla banda di valenza dove si trovano le vacanze, subendo un processo di ossidazione.

Affinché il fotocatalizzatore sia efficiente, queste reazioni devono risultare preponderanti rispetto ai processi di ricombinazione vacanza-elettrone che possono avvenire nella massa o sulla superficie stessa.

Nel settore della purificazione delle acque, la fotocatalisi rientra tra i trattamenti più avanzati di depurazione, i così detti AOPs, processi di ossidazione avanzata, ossia quei processi di degradazione di inquinanti organici presenti in soluzione acquosa dove vengono trasformati in composti innocui. Questi processi sono basati sulla generazione di specie fortemente ossidanti come i radicali idrossilici OH generati dalle molecole d'acqua, con il vantaggio di degradare gli inquinanti organici direttamente in soluzione.

Come schematizzato nella Figura 2, l'acqua dona elettroni alla banda di valenza dove risiede la vacanza, generando radicali .OH, mentre l'ossigeno adsorbito sulla superficie, acquista elettroni, riducendosi all'anione superossido  $O_2^-$  fonte anch'esso di radicali OH.

Queste due specie, fortemente reattive, sono in grado di decomporre le sostanze organiche, sia adsorbite sia in soluzione.

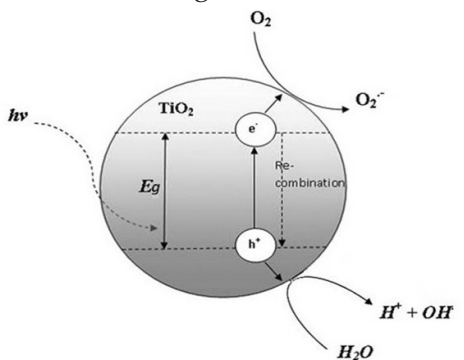


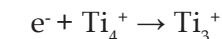
Figura 5 - Descrizione dei processi redox in acqua indotti dall'assorbimento di radiazione  $h\nu$  da parte del  $TiO_2$ .

### E se i vetri si pulissero da soli?

Nelle applicazioni dell'ossido di titanio come materiale attivo nei vetri autopulenti, una lastra di vetro è ricoperta da un sottilissimo strato del semiconduttore. L'assorbimento della radiazione solare e la conseguente promozione di elettroni nella banda di conduzione, analogamente a quanto precedentemente descritto, consente la decomposizione di sostanze organiche adsorbite sulla superficie e, allo stesso tempo, un meccanismo di idrofilia foto-indotta facilita lo scorrimento dell'acqua sulla superficie che trasporta con sé le sostanze estranee. Le caratteristiche super-idrofile della superficie possono essere schematicamente riassunte a partire dai processi

redox che avvengono a seguito della irradiazione.

Gli elettroni generati a seguito dell'assorbimento di radiazione riducono il catione  $Ti_4^+$  a  $Ti_3^+$ , mentre le vacanze ossidano gli anioni  $O_2^-$ , secondo i processi (dove  $h^+$  rappresenta una vacanza elettronica):



In questo processo viene espulso ossigeno e si crea la cosiddetta "vacanza di ossigeno". Le vacanze di ossigeno sono rimpiazzate da molecole di acqua producendo gruppi ossidrilici adsorbiti e quindi siti idrofili superficiali, mentre il resto della superficie mantiene caratteristiche idrofobiche. Quanto maggiore è l'esposizione alla radiazione luminosa, tanto maggiore sarà il numero di siti idrofili che si generano sulla superficie e, di conseguenza, più piccolo diventa l'angolo di contatto fra la superficie e ulteriore acqua che si aggiunge. Come risultato, l'acqua piovana, anziché raccogliersi in gocce, tende a formare un film continuo sulla superficie del materiale che, scivolando più agevolmente, trasporta con sé lo sporco. La presenza del  $TiO_2$  nei vetri delle finestre assi-

cura non solo proprietà autopulenti, ma anche anti-nebbia, antimicrobica, deodorante e purificatrice dell'aria.

Questa proprietà molto interessante della titania è definita super-idrofilicità, che si manifesta sulla superficie del materiale dopo l'esposizione a luce UV. La super-idrofilicità e l'idrofobicità sono i due principali modi per realizzare materiali autopulenti. Il bagnare un solido con l'acqua, dove l'aria è il mezzo circostante, dipende dalla relazione esistente tra le tensioni superficiali all'interfaccia (acqua-aria, acqua-solido, solido-aria). Il rapporto tra queste due tensioni, determina un angolo di contatto.

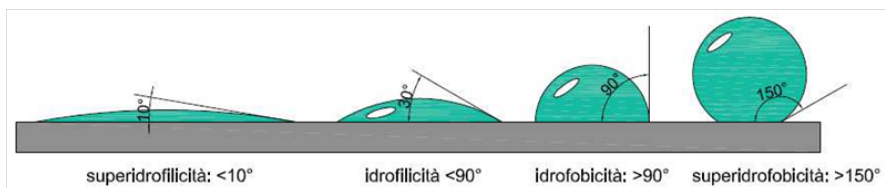


Figura 6 - Definizione di idrofilia, idrofobia, superidrofilia e superidrofofobia. L'alternanza luce-ombra si comporta così da "scopare", e permette alla superficie del manufatto di liberarsi più efficacemente dello sporco depositato. Questa reazione è del tutto reversibile.

Se l'angolo è nullo la bagnatura è completa, se invece assume un valore di  $180^\circ$  abbiamo la non completa bagnatura. Più è elevato l'angolo di contatto più è bassa l'adesione. Per ottenere superfici idrofile deve diminuire l'angolo con conseguente aumento del lavoro di adesione. L'idrorepellenza posseduta dalle superfici delle piante è nota da tempo. Recentemente si sta studiando la correlazione esistente tra microstruttura, bagnabilità e inquinanti in particolare usando le foglie di loto. Questa superficie con le sue micro-irregolarità mostra angoli di contatto più alti di  $130^\circ$ , quindi l'adesione dell'acqua risulta particolarmente ridotta. Trasferendo tale microstruttura su materiali utilizzati per applicazioni pratiche, si possono sviluppare superfici super-idrofobe. Quando l'acqua viene a contatto con tali superfici si contrae, immediatamente, in goccioline. Le particelle di inquinanti

aderiscono alla superficie delle goccioline e vengono rimosse quando queste rotolano.

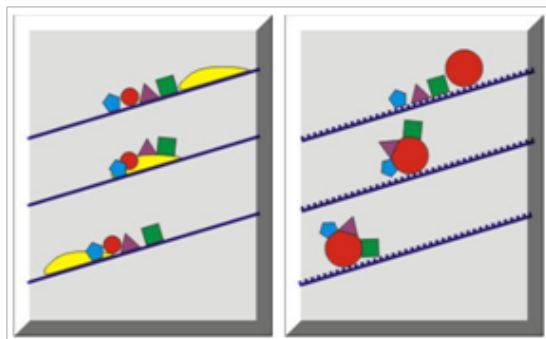


Figura 7 - Effetto "lotus", rispettivamente, su una superficie ordinaria e su una idrofobica

Se il  $\text{TiO}_2$  nella forma cristallina dell'anatasio viene esposto alla luce UV si ottengono angoli di contatto molto bassi ( $<1^\circ$ ). Questi materiali hanno la rara proprietà di attirare piuttosto che respingere l'acqua. Proprio questa caratteristica viene definita super-idrofilicità. L'acqua rimane piatta sulla superficie invece di formare delle goccioline. Se si interrompe l'illuminazione il comportamento super-idrofilo rimane per circa due giorni. Inoltre l'illuminazione UV del biossido di titanio porta alla formazione di potenti agenti con la capacità di ossidare e decomporre molti tipi di batteri e materiali organici ed inorganici.

Note all'appendice 1

I raggi ultravioletti hanno una lunghezza d'onda compresa tra 400 nm e 10 nm e tutta la banda dell'ultravioletto viene divisa in quattro sottobande: UVA, UVB, UVC e ultravioletto spinto o da vuoto (VUV). L'UVA, a volte detto anche "luce nera", si estende da 400 a 320 nm, l'UVB si estende da 320 a 280 nm, l'UVC va da 280 a 100 nm. L'ultravioletto da vuoto (VUV) invece è caratterizzato da una lunghezza d'onda compresa tra 100 e 10 nm.

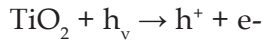


## Appendice 2 I radicali ossidrilici

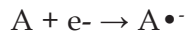
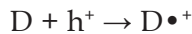
I passaggi chiave della reazione fotocatalitica in una particella di semiconduttore si riassumono in questi passaggi:

Se il fotone in entrata ha un'energia  $h\nu$  superiore al valore di  $E_g$  (energy gap o band gap), un elettrone ( $e^-$ ) può essere promosso dalla banda di valenza a quella di conduzione lasciando dietro una buca ( $h^+$ ). Queste coppie elettrone-buca diffondono sulla superficie della particella catalitica e prendono parte alla reazione chimica con le molecole adsorbite: donatore (D) o accettore (A).

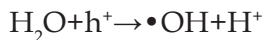
Il processo primario e la generazione di un portatore di carica:



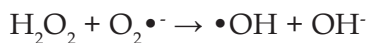
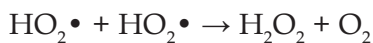
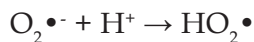
Le buche interagiscono con le molecole del donatore determinandone l'ossidazione, mentre gli elettroni della banda di conduzione sono in grado di ridurre le molecole dell'accettore di elettrone.



Quando le reazioni sono condotte in soluzione acquosa, le buche possono interagire con l'acqua adsorbita sulla superficie del semiconduttore, generando così dei radicali ossidrilici:



Se, inoltre, nell'ambiente di reazione è presente  $O_2$ , questo si comporta da accettore di elettroni con la conseguente formazione dello ione superossido che, dopo alcuni passaggi, evolve velocemente a radicale ossidrilico



I radicali ossidrilici sono delle specie altamente reattive in grado di ossidare il materiale organico presente nell'ambiente di reazione.

Una caratteristica della fotocatalisi eterogenea è quella di essere un processo poco selettivo e quasi tutte le specie organiche ed inorganiche possono essere sottoposte a completa degradazione.



## Appendice 3

### Che cos'è il filtro per l'aria HEPA?

#### **Definiamo HEPA**

Alta efficienza nella capacità di arresto" potrebbe sembrare un termine poco chiaro, ma questa sigla fa riferimento ai filtri che usano una combinazione di tre metodi per accumulare e rimuovere la polvere ed altri elementi contaminanti presenti nell'aria. Creato in America, lo standard HEPA richiede che i filtri rimuovano efficacemente il 99,7% delle particelle fino alla grandezza di 0,3 micron. Se ci spostiamo sopra il punto decimale è facile vedere che questi filtri permettono solo a 3 particelle su 10.000 di passare.

#### **Terminologia HEPA**

"Euro HEPA" è un altro termine che viene utilizzato spesso, ma non lasciare che questa parola ti disorienti. Paragonato alla standard americano, la definizione europea dei filtri d'aria HEPA è più tollerante, esigendo che i filtri rimuovano solo l'85% di particelle di grandezza pari a 0,3 micron.

#### **Come funziona un filtro HEPA?**

In passato, i purificatori d'aria con i veri filtri HEPA furono utilizzati in edifici come laboratori e strutture sanitarie. Come però le continue ricerche dimostrano, i rischi di salute associati alla qualità dell'aria sono più alti nelle aree condivise, dove quindi questi nuovi strumenti dovrebbero essere introdotti.

I filtri d'aria HEPA non catturano semplicemente le particelle come se fossero pesci bloccati in una rete. I filtri, infatti, utilizzano il flusso d'aria per catturare le particelle attraverso tre diversi metodi: l'occlusione, l'intercettazione e la diffusione.

*Intercettazione:* Le particelle di media dimensione seguiranno in parte il flusso di corrente intorno le fibre del filtro, ma alcune di loro sfuggiranno leggermente alla traiettoria a causa della loro inerzia. Le fibre del filtro così intercettano queste particelle che cercano di passare.

*Diffusione:* Le più piccole particelle sbattono l'una contro l'altra e si comportano in modo più irregolare, muovendosi in modo da far sì che sia molto improbabile che riusciranno a passare le fibre del filtro senza toccarle.

Ciò significa che le particelle più piccole non sono necessariamente le più difficili da filtrare. In un vero filtro HEPA, questi metodi uniscono le forze per rimuovere il 99,97% degli elementi contaminanti incluso polvere, allergeni, germi e pericolosi composti organici.

### **La normativa di riferimento**

Quando venne introdotto, il nuovo standard EN 1822 costituì un passo importante verso il miglioramento della tecnologia delle camere bianche in Europa.

Le 5 parti della norma definiscono le caratteristiche salienti per i filtri HEPA e ULPA: classificazione, prove di prestazione, ricerca delle perdite, e determinazione della efficienza di cattura del particolato.

È altresì possibile ottenere misure ripetibili per i parametri di maggior interesse: caduta di pressione alla portata nominale del filtro ed efficienza di cattura al minimo valore di efficienza.

Il pregio principale della norma è stato quello di aver sostituito, in un unico standard, una molteplicità di metodi distinti che generavano confusione nel determinare l'efficienza dei filtri.

Per molti utilizzatori di questo tipo di filtri, è importante verificare l'integrità e l'applicabilità dei filtri HEPA/ULPA relativamente alle effettive condizioni di utilizzo.

Ad esempio, mentre in settori quali la *microelettronica* e la *produzione alimentare* i test “in situ” vengono effettuati allo scopo di assicurare il livello desiderato di qualità del prodotto, in settori quali quello dell’*industria farmaceutica*, i test sono obbligatori per legge allo scopo di evitare qualsiasi tipo di danno per la salute umana.

In molti casi è stato verificato che gli utilizzatori di questi filtri non possiedono le informazioni sufficienti su come effettuare i test “in situ” o su come riadattare i valori di alcuni parametri forniti dal produttore del filtro, rispetto alle effettive condizioni di esercizio.

### **Le prove dei filtri HEPA/ULPA nel laboratorio del produttore**

Le prestazioni di un filtro HEPA/ULPA vengono determinate attraverso specifici test predisposti appositamente per questo tipo di filtri e definiti nella norma EN 1822.

I test principali sono:

- caduta di pressione alla portata d’aria nominale;
- efficienza di cattura complessiva (integrale) relativa alla dimensione delle particelle con maggior penetrazione (MPPS = dimensione della particella più penetrante, most penetrating particle size) alla portata d’aria nominale;
- efficienza di cattura locale relativa alla dimensione delle particelle con maggior penetrazione (MPPS) alla portata d’aria nominale;
- assenza di perdite.

La nuova norma EN 1822 sostituisce tutti gli standard nazionali quali ad es. la BS 3928 (inglese), la DIN 24184 (tedesca) o l’AFNOR NF X44-013 (francese).

Tra le maggiori innovazioni della norma, si annoverano l’uso di una moderna tecnologia per il conteggio particellare e le procedure per la determinazione dell’efficienza minima di cattura.

Tutte le misure vengono effettuate con il filtro nuovo e alle condizioni di portata d'aria nominale, che deve sempre essere specificata.

Il filtro testato viene scansionato per mezzo di ugelli mobili che spruzzano localmente aerosol, spostandosi su tutta la superficie; apposite sonde effettuano i rilievi locali di efficienza che poi vengono riportati sul grafico finale.

Ci sono delle specifiche condizioni che devono essere raggiunte per poter ottenere risultati significativi da queste sofisticate operazioni di misura.

Generalmente tali condizioni sono relative ad un continuo monitoraggio della portata d'aria, del profilo della velocità dell'aria sulla faccia anteriore del filtro (che deve sempre risultare uniforme), della concentrazione del particolato di prova (che deve essere mantenuta costante nel tempo).

Per ragioni statistiche, deve essere mantenuta una concentrazione sufficiente di gas filtrato (a valle del filtro), al fine di avere un numero elevato di eventi che possano essere rilevati dal contatore particellare.

Ciò è strettamente legato alla concentrazione di gas di prova (a monte del filtro), che deve essere conseguentemente elevata.

Per contro, va definita una fase di diluizione di questo gas, quando inviato alla strumentazione di analisi (contatori a nuclei di condensazione o contatori laser di particolato), affinché possa rientrare nei limiti di rilevazione dello strumento.

## POSTFAZIONE

Gli studi mostrano che la diffusione del virus, avviene oltre che attraverso le vie respiratorie anche e soprattutto per contatto. La pulizia e l'utilizzo delle corrette misure di sanificazione degli ambienti, pubblici e privati, rappresentano un punto centrale nella prevenzione della diffusione delle contaminazioni microbiche e del virus.

Pertanto è fondamentale scegliere i disinfettanti e le procedure di sanificazione più idonei a rendere i nostri ambienti più "puliti" ma anche più sani.

Ricordo a tutti che una efficace sanificazione deve sempre essere preceduta da una buona pulizia e detersione delle superfici. Il sapone liquido, detersivi enzimatici e detersivi combinati con lo strofinamento e la frizione rimuovono il materiale organico (biofilm), i disinfettanti successivamente agiscono per la disinfezione ma solo dopo la pulizia e non sono sostituti della pulizia.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) raccomanda per la pulizia-sanificazione dei nostri ambienti:

- alcol etilico 70% o altro disinfettante a provata attività virucida saggiate in accordo con la norma ISO EN 14476 per gli strumenti e i dispositivi medici;
- detersione con acqua e detergente comune seguita da disinfezione con ipoclorito di sodio a 0,1% di cloro attivo per i pavimenti
- detersione con acqua e detergente comune seguita da disinfezione con ipoclorito di sodio a 0,5% di cloro libero per le superfici ad alta frequenza di contatto: tavoli, porte, maniglie piani di appoggio, pulsantiere, letti e tutte le superfici dei bagni.

Preparazione di soluzione disinfettante di ipoclorito di sodio a circa 1000 ppm (0,1% cloro attivo)

1. Utilizzare uno spruzzatore da 1 litro;
2. Aggiungere 34 ml di ipoclorito di sodio al 3% di cloro attivo;
3. Aggiungere acqua e portare ad 1 litro.

Preparazione di soluzione disinfettante di ipoclorito di sodio a circa 5000 ppm (0,5% cloro attivo)

1. Utilizzare uno spruzzatore da 1 litro;
2. Aggiungere 170 ml di ipoclorito di sodio al 3% di cloro attivo;
3. Aggiungere acqua e portare ad 1 litro.

Ma attenzione, come abbiamo visto, l'uso sconsigliato e le scelte di prodotti chimici aggressivi e tossici hanno determinato in questi ultimi mesi numerosi casi di intossicazione, è stato segnalato all'ospedale Niguarda di Milano un aumento del 30% di intossicazioni negli adulti e del 135% nei bambini.

Alle gravi conseguenze determinate dalle intossicazioni si aggiungono inoltre i numerosi problemi di dermatite, soprattutto alle mani, e di ipersensibilità respiratoria che colpiscono sempre più persone esposte a loro insaputa a questi prodotti "igienizzanti".

Infine una raccomandazione, il ritorno alla vita di comunità attiva, la richiesta alle aziende di introdurre ovunque sistemi di sanificazione, sta muovendo un mercato nuovo e spesso inesperto dove persone impreparate propongono interventi di pulizia miracolosi. Diffidate da tutti coloro che vi propongono trattamenti spettacolari. Vi segnalo il caso dell'ozono, da molti presentato come trattamento risolutivo mentre sul sito del Ministero della Salute, nella sezione COVID 19 -fake news si riporta come falso al punto 8: "l'ozono sterilizza l'aria e gli ambienti e non mi fa infettare dal nuovo coronavirus? Non ci sono attualmente evidenze che l'ozono svolga una funzione sterilizzante nei confronti del nuovo coronavi-

rus e che conseguentemente metta al riparo dal contrarre l'infezione".

In questo testo trovate tutte quelle indicazioni essenziali per poter scegliere il migliore intervento per le vostre esigenze: per la vostra casa, ufficio o stabilimento ad un costo contenuto e soprattutto senza dover mettere in pericolo la vostra salute.

### **Covid-19 e fake-news: le nuove bufale smentite dal ministero** [[www.salute.gov.it](http://www.salute.gov.it)]

L'azione del ministero contro disinformazione e fake-news prosegue. Dal latte che proteggerebbe dal virus, alla presunta azione curativa dell'acqua e bicarbonato, all'azione preventiva del peperoncino. Queste sono solo alcune delle bufale smentite questa settimana.

Di seguito le nuove fake news smentite sulla base delle attuali evidenze scientifiche.

1. Bere latte protegge e cura l'infezione da nuovo coronavirus: **FALSO!**

Non ci sono attualmente evidenze scientifiche che il latte abbia un'azione protettiva o curativa nei confronti dell'infezione da nuovo coronavirus.

2. È possibile disinfettare mani o aree della pelle con i raggi UV: **FALSO!**

Le lampade a raggi ultravioletti (UV) non devono essere utilizzate per disinfettare le mani o altre aree della pelle. Le radiazioni UV possono causare irritazione alla pelle e danneggiare gli occhi. Lavarsi le mani con acqua e sapone o con soluzioni a base alcolica (igienizzanti per mani) sono i modi più efficaci per rimuovere il virus.

3. Mangiare peperoncino protegge dal nuovo coronavirus:  
FALSO!

Non ci sono evidenze scientifiche che mangiare o aggiungere peperoncino ai cibi prevenga o curi Covid-19. Il modo migliore per evitare di infettarsi con il nuovo coronavirus è quello di tenersi alla distanza di almeno 1 metro dagli altri e di lavarsi frequentemente e accuratamente le mani con acqua e sapone oppure con disinfettanti a base alcolica.

4. Le mosche possono diffondere l'infezione da coronavirus:  
FALSO!

Ad oggi non ci sono evidenze scientifiche che indichino che le mosche possano diffondere il nuovo coronavirus. Il virus si diffonde principalmente attraverso le goccioline che si generano quando una persona parla, tossisce o starnutisce (droplets). Ci si può infettare anche toccando superfici contaminate e poi toccandosi occhi, naso e bocca prima di lavarsi le mani. Per proteggersi dall'infezione si raccomanda di disinfettare le superfici toccate frequentemente, lavarsi spesso le mani e mantenere la distanza di almeno 1 metro dagli altri.

5. Il nuovo coronavirus si cura con acqua e bicarbonato:  
FALSO!

Non ci sono evidenze che il bicarbonato disciolto in acqua abbia una azione curativa, né protettiva, nei confronti della malattia da nuovo coronavirus.

6. Gli oli essenziali delle piante aromatiche come basilico, rosmarino, origano, proteggono dal nuovo coronavirus:  
FALSO!

Non ci sono evidenze che le piante aromatiche, né gli oli essenziali da queste derivanti, svolgano un ruolo protettivo nei confronti dell'infezione da nuovo coronavirus.



7. Le zecche possono trasmettere il coronavirus: FALSO!

Il virus responsabile della COVID-19 è un virus respiratorio e si trasmette da uomo a uomo principalmente attraverso le minuscole goccioline emesse con starnuti o colpi di tosse o portando le mani alla bocca, al naso o agli occhi dopo aver toccato superfici od oggetti contaminati di recente. Ad oggi non c'è alcuna evidenza scientifica di una trasmissione attraverso artropodi vettori, quali zecche, zanzare o altri insetti che invece possono veicolare altri tipi di virus (detti arbovirus), responsabili di malattie completamente diverse dalla COVID-19, come ad esempio la dengue e la febbre gialla.

8. L'ozono sterilizza l'aria e gli ambienti e non mi fa infettare dal nuovo coronavirus: FALSO!

Non ci sono evidenze che l'ozono svolga una funzione sterilizzante nei confronti del nuovo coronavirus e che conseguentemente metta al riparo dal contrarre l'infezione.

9. Se pulisco pavimenti e superfici con il vapore li sterilizzo dal nuovo coronavirus e mi proteggo dall'infezione: FALSO!

Non ci sono evidenze che il vapore svolga un'azione sterilizzante nei confronti del nuovo coronavirus. Le azioni più efficaci per la pulizia della casa e degli ambienti in cui soggiorniamo sono quelle di pulire pavimenti e altre superfici prima con acqua e sapone o altri detergenti per rimuovere lo sporco e poi disinfettarle con una soluzione di cloro attivo allo 0,1% . Per la pulizia dei servizi igienici e delle superfici toccate più frequentemente, tipo maniglie delle porte e delle finestre, cellulari, tastiere dei p.c., etc., la percentuale di cloro attivo sale allo 0,5%. Per la decontaminazione delle superfici che potrebbero essere danneggiate dall'ipoclori-

to di sodio, dopo la pulizia con un detergente neutro, è possibile utilizzare un disinfettante a base di alcol. Sia durante che dopo le operazioni di pulizia delle superfici è necessario arieggiare gli ambienti.

Dott. Claudio Muccioli

## SITOGRAFIA

[ilsalvagente.it](http://ilsalvagente.it)

[promisalute.it](http://promisalute.it)

[sima.it](http://sima.it)

[andrearotta.com](http://andrearotta.com)



## BIBLIOGRAFIA

Biossido di titanio e alcune sue applicazioni.

Serena Randazzo, Anna Caronia, Michele A. Floriano - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche(STEBICEF), Università degli Studi di Palermo

Scienza e tecnologia dei materiali ceramici - Prof. Antonio Licciulli - Materiali fotocatalitici

UNIVERSITA' DI BOLOGNA SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA - Attività fotocatalitica del biossido di titanio applicato ai materiali da costruzione. Analisi delle prestazioni in funzione della tipologia di supporto e della tecnica di Deposizione - Valentina Guerra

Corso di Laurea magistrale (ordinamento ex D.M. 270/2004) in Chimica e Tecnologie Sostenibili - Biossido di titanio promosso da metalli per processi fotocatalitici innovativi e sostenibili - Paolina Pascalicchio

Value Relations Cristina Depaoli - Position Paper SIMA

“Global Solar UV Index. A Practical Guide”, Oms 2002

Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione

Leonardo Setti - Università di Bologna Fabrizio Passarini - Università di Bologna Gianluigi de Gennaro - Università di Bari Alessia Di Gilio - Università di Bari Jolanda Palmisani - Università di Bari Paolo Buono - Università di Bari Gianna Fornari - Università di Bari Maria Grazia Perrone- Università

di Milano Andrea Piazzalunga - Esperto Milano Pierluigi Barbieri - Università di Trieste Emanuele Rizzo - Società Italiana Medicina Ambientale Alessandro Miani - Società Italiana Medicina Ambientale

Ministero della Salute DIPARTIMENTO DELLA SANITÀ PUBBLICA VETERINARIA DELLA SICUREZZA ALIMENTARE E DELLA NUTRIZIONE SEGRETARIATO NAZIONALE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO - CNSA -27 ottobre2010

E. Davles, The whitestuff, Chemistryworld, 2016.

A. Mills, M. McGrady, J. Wang, and J. Hepburn, A Rapid Method of Assessing the Photocatalytic Activity of Thin Films Using an Ink Based on the Redox Dye 2,6 Dichloroindophenol, International Journal of Photoenergy, 2008.

A. Fujishima, T. N. Rao, D. A. Tryk, Titanium dioxide photocatalysis, Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews 1(2000) 1-21.

B. O'Regan and M. Gratzel, A low-cost, high-efficiency solar cell based on dyesensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films, Nature 353, 737 - 740 (1991).

La Chimica e l'Industria I anno XCVII n°5 I settembre/ottobre, 2015

A. Mills, J. Wang and M. McGrady, Method of Rapid Assessment of Photocatalytic Activities of Self-Cleaning Films, J. Phys. Chem. B, 2006, 110, 18324-18331.

A. Eisenkraft, Expanding the 5E Model, Science Teacher, Vol. September, 2003, 57-59

R.W. Bybee et al., *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*, 2006

Cienciewicki J et al., 2007. "Air Pollution and Respiratory Viral Infection" *Inhalation Toxicology*,

Sedlmaier N., et al., 2009 "Generation of avian influenza virus (AIV) contaminated fecal fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>): Genome and infectivity detection and calculation of immision" *Veterinary Microbiology*

Despres V.R., et al., 2012 "Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review" *Tellus B*, 64,

Chen P-S., et al., 2010 "Ambient Influenza and Avian Influenza Virus during Dust Storm Days and Background Days" *Environmental Health Perspectives*,

Ye Q., et al., 2016 "Haze is a risk factor contributing to the rapid spread of respiratory syncytial virus in children" *Environmental Science and Pollution Research*,

Chen G., et al., 2017 "Is short-term exposure to ambient fine particles associated with measles incidence in China? A multi-city study." *Environmental Research*

Peng L., et al., 2020 "The effects of air pollution and meteorological factors on measles cases in Lanzhou, China" *Environmental Science and Pollution Research*

Ren H., Koshy P., Chen W., Qi S., Sorrell C.C., "Photocatalytic materials and technologies for air purification" *Journal of Hazardous Materials* 325 (2017) 340-366, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.08.072>

Serpone N., "Heterogeneous Photocatalysis and Prospects of TiO<sub>2</sub>-Based Photocatalytic DeNO<sub>x</sub>ing the Atmospheric Environment", *Catalysts* 8(11):553, November 2018. <https://doi.org/10.3390/c8110553>

doi:10.3390/catal8110553

Folli, A.; Pade, C.; Hansen, T.B.; De Marco, T.; Macphee, D.E. TiO<sub>2</sub> photocatalysis in cementitious systems: Insights into self-cleaning and depollution chemistry. *Cem. Concr. Res.* 2012, 42, 539–548. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.12.001>

Guerrini G.L., De Marco T., Mathew J., “Use of Photocatalytic Cements for Architectural Purposes”, in book: “Proceedings of the 4th Asian Conference on Ecstasy in Concrete ICI-ACECON 2015”, October 2015, pp.105-113, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3137.4162>

Guerrini G.L., “Photocatalytic performances in a city tunnel in Rome”. *J. Construction and Building Materials*, vol. 27, issue 1, February 2012. pp. 165-175, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.07.065>

Shereen M.A., Khan S., Kazmi A., Bashir N., Siddique R., “COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses” *Journal of Advanced Research* Volume 24, July 2020, Pages 91-98, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>

Cascella M, Rajnik M, Cuomo A, et al. Features, Evaluation and Treatment Coronavirus (COVID-19) [Updated 2020 Mar 20]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>

van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, Harcourt JL, Thornburg NJ, Gerber SI, Lloyd-Smith JO, de Wit E, Munster VJ, “Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1”, in *The New England Journal of Medicine*, March 2020, <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>



Warnes S.L., Little Z.R., Keevil C.W., "Human Coronavirus 229E Remains Infectious on Common Touch Surface Materials", *mBio* Nov 2015, 6 (6) e01697-15; <https://doi.org/10.1128/mBio.01697-15>

Yadav S. Jaiswar G. "Review on Undoped/Doped TiO<sub>2</sub> Nanomaterial; Synthesis and Photocatalytic and Antimicrobial Activity", *Journal of the Chinese Chemical Society*, Volume 64, Issue 1, January 2017, Pages 103-116, <https://doi.org/10.1002/jccs.201600735>

Binas V. Venieri D., Kotzias D., Kiriakidis G., "Modified TiO<sub>2</sub> based photocatalysts for improved air and health quality" *J Materiomics* 3 (2017) 3-16, <https://dx.doi.org/10.1016/j.jmat.2016.11.002>

Capilli G., Costamagna M. Sordello F., Minero C., "Synthesis, characterization and photocatalytic performances of p-type Carbon Nitride", *Applied Catalysis B: Environmental*, Volume 242, March 2019, Pages 121-131, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.09.057>

Wen J., Xie J., Chen X. Lia X., "A review on g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-based photocatalysts", *Applied Surface Science*, Volume 391, Part B, 1 January 2017, Pages 72-123 <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.07.030>

Tang B, Chen H, Peng H, Wang Z, Huang W. Graphene Modified TiO<sub>2</sub> Composite Photocatalysts: Mechanism, Progress and Perspective. *Nanomaterials* (Basel). 2018;8(2):105. <https://doi.org/10.3390/nano8020105>

Sapiña, M., Jimenez-Relinque, E., Nevshupa, R., Roman, E. and Castellote, M. (2017), Degradation of pollen on nanofunctionalized photocatalytic materials. *J. Chem. Technol. Bio-technol.*, 92: 210-216. <https://doi.org/10.1002/jctb.4932>

Zhang C., Li Y., Shuai D., Shen Y., Wang D., "Progress and challenges in photocatalytic disinfection of waterborne Viruses: A review to fill current knowledge gaps", *Chemical Engineering Journal*, Volume 355, 1 January 2019, Pages 399-415 <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.158>

Gomes J., Matos A., Gmurek M., Quinta-Ferreira R. and Martins R., "Ozone and Photocatalytic Processes for Pathogens Removal from Water: A Review", *Catalysts* 2019, 9, 46; <https://doi.org/10.3390/catal9010046>

Gerrity D., Ryu H., Crittenden J., Abbaszadegan M. (2008) Photocatalytic inactivation of viruses using titanium dioxide nanoparticles and low-pressure UV light, *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 43:11, 1261-1270, <https://doi.org/10.1080/10934520802177813>

Zhang C., Li Y., Shua D., Shen Y., Xiong W., Wang L. "Graphitic carbon nitride (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)-based photocatalysts for water disinfection and microbial control: A review", *Chemosphere* 214 (2019), 462-479, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.137>

Foster H.A., Ditta I.B., Varghese S, Steele A., "Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: spectrum and mechanism of antimicrobial activity", *Appl Microbiol Biotechnol.* 2011 Jun;90(6):1847-68. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3213-7>

Nakano R., Ishiguro H., Yao Y., Kajioka J., Fujishima A., Sunada K., Minoshima M., Hashimoto K., Kubota Y., "Photocatalytic inactivation of influenza virus by titanium dioxide thin film", *May 2012, Photochemical and Photobiological Sciences* 11(8):1293-8, <https://doi.org/10.1039/c2pp05414k>

Bogdan, J., Zarzyńska, J. Pławińska-Czarnak, J. "Comparison of Infectious Agents Susceptibility to Photocatalytic Effects of Nanosized Titanium and Zinc Oxides: A Practical Approach", *Nanoscale Res Lett* 10, 309 (2015). <https://doi.org/10.1186/s11671-015-1023-z>

Murugesan P., Moses J.A., and Anandharamakrishnan C., "Photocatalytic disinfection efficiency of 2D structure-graphitic carbon nitride-based nanocomposites: a review", *J Mater Sci* (2019) 54:12206-12235, <https://doi.org/10.1007/s10853-019-03695-2>

Kowalski W.J., "Air-Treatment Systems for Controlling Hospital-Acquired Infections", *HPAC Engineering*, 79(1) January 2007, pp. 2-22

Gamage J. and Zhang Z., "Applications of Photocatalytic Disinfection", *International Journal of Photoenergy*, Volume 2010, Article ID 764870, 11 pages, <https://doi.org/10.1155/2010/764870>

Galdiero S., Falanga A., Vitiello M., Cantisani M., Marra V. and Galdiero M, "Silver Nanoparticles as Potential Antiviral Agents", *Molecules* 2011, 16, 8894-8918; <https://doi.org/10.3390/molecules16108894>

Pollini M. Paladini F. Licciulli A., Maffezzoli A., Sannino A. "Engineering Nanostructured Silver Coatings for Antimicrobial Applications", April 2012, in book: *Nanoantimicrobials Progress and Prospects* Publisher: Springer Editors: Cioffi N, Rai M, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-24428-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-642-24428-5_11)

Guerrini G.L., "Proprietà batteriostatiche dei materiali cementizi fotocatalitici" *Rapporto Heidelberg Cement GPI/115.1* (2017), 19 pag.

Darnell M.E.D., Subbarao K., Feinstone S.M., Taylor D.R., "Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV", *Journal of Virological Methods* 121 (2004) 85-91, <https://doi:10.1016/j.jviromet.2004.06.006>

Cameron R. and Smith K, "Virus clearance methods applied in bioprocessing operations: an overview of selected inactivation and removal methods", *Pharm. Bioprocess.* (2014) 2(1), 75-83, doi:10.4155/pbp.13.61  
[www.andrearotta.com](http://www.andrearotta.com)

Nims R, Zhou SS, Plavsic M. Identification of worst-case model viruses for low and high pH inactivation. *BioProcess J*, 2017; 16(1): 7-14. <https://doi.org/10.12665/J161.Nims>.  
<http://www.iuva.org/COVID-19>, accessed on 09/April/2020

Kowalsky W., "2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility", March 2020, <https://doi:10.13140/RG.2.2.22803.22566>

US Patent 6,761,859 "Air cleaner" by Yasuhiro Oda, Daikin Industries, 2004

Boyjoo Y., Sun H., Liu J., Pareek V.K., Wang S., "A review on photocatalysis for air treatment: From catalyst development to reactor design", *Chemical Engineering Journal* 310 (2017) 537-559, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.06.090>

Kim J. and Jang J., "Inactivation of airborne viruses using vacuum ultraviolet photocatalysis for a flow-through indoor air purifier with short irradiation time", *Aerosol Science and Technology*, 2018, VOL. 52, NO. 5, 557-566, <https://doi.org/10.1080/02786826.2018.1431386>

Enea D., Guerrini G.L., "Photocatalytic Properties of Cement-Based Plasters and Paints Containing Mineral Pigments", Journal of the Transportation Research Board, Dec 2010, 10 pages

Guerrini G.L., "Some observations regarding in-service performances. Photocatalytic paving blocks surfaces", BFT (Betonwerk Fertigteilechnik), 05/2009, pp. 16-25

Wang J., Zhao J., Sun L. and Wang X., "A review on the application of photocatalytic materials on textiles", Textile Research Journal Volume: 85 issue: 10, page(s): 1104-1118, <https://doi:10.1177/0040517514559583>

CEN-TS 16980-1 "Photocatalysis - Continuous flow test methods - Part 1: Determination of the degradation of nitric oxide (NO) in the air by photocatalytic materials"

EN 16845-1:2017 "Photocatalysis - Anti-Soiling Chemical Activity Using Adsorbed Organics Under Solid/Solid Conditions - Part 1: Dyes On Porous Surfaces"

ISO 18061:2014 "Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Determination of antiviral activity of semiconducting photocatalytic materials – test method using bacteriophage Q-beta"

ISO 18071:2016 "Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Determination of antiviral activity of semiconducting photocatalytic materials under indoor lighting environment – Test method using bacteriophage Q-beta"

ISO 27447:2019 "Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials"



# INDICE

PREFAZIONE	13
AVVERTENZA	17
CAPITOLO I SANIFICARE È UNA COSA SERIA	19
CAPITOLO II FACCIAMO UN PO' DI CHIAREZZA SUL COVID-19: LA PAROLA A SIMA	23
CAPITOLO III IL BUSINESS ILLEGALE DELLA SANIFICAZIONE: "ECCO CHI È AUTORIZZATO E COSA SERVE"	31
CAPITOLO IV TIPI DI SANIFICAZIONE	35
CAPITOLO V SANIFICAZIONE CON IL VAPORE	39
CAPITOLO VI SANIFICAZIONE CON RAGGI UV	43
CAPITOLO VII SANIFICAZIONE CON AEROSOL	49
CAPITOLO VIII SANIFICAZIONE CON L'OZONO	51
CAPITOLO IX SANIFICAZIONE CON LA IONIZZAZIONE	57

CAPITOLO X	
SANIFICAZIONE CON LA CHIMICA (ipoclorito di sodio (0.1% -0,5%), etanolo (62-71%))	59
CAPITOLO XI	
SANIFICAZIONE CON PEROSSIDO DI IDROGENO	61
CAPITOLO XII	
SANIFICAZIONE CON FOTOCATALISI DI BIOSSIDO DI TITANIO E ACQUA	63
APPENDICI	71
APPENDICE 1	
Il meraviglioso mondo del Biossido di Titanio TiO <sub>2</sub>	71
APPENDICE 2	
I radicali ossidrilici	87
APPENDICE 3	
Che cos'è il filtro per l'aria HEPA?	89
POSTFAZIONE	93
SITOGRAFIA	99
BIBLIOGRAFIA	101



## TERMINI E CONDIZIONI

Il contenuto, le informazioni e tutto quanto pubblicato in questo documento hanno esclusivamente scopo informativo e non assumono alcun carattere di ufficialità. L'autore non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori o omissioni di qualsiasi tipo e per qualsiasi tipo di danno diretto, indiretto o accidentale derivante dalla lettura o dall'utilizzo delle informazioni pubblicate, o di qualsiasi forma di contenuto presente nel documento.

Per questo si consiglia una consulenza personalizzata a riguardo.

Ogni diritto sul presente lavoro è riservato ai sensi della normativa vigente.

Il documento potrebbe inoltre contenere opinioni o pareri dell'autore, che non assumono carattere probatorio né in alcun modo vincolante e restano considerazioni personali sulle informazioni trattate. Le informazioni riportate sono fornite senza alcuna garanzia esplicita o implicita di alcun tipo.

Il presente documento ha l'esclusivo obiettivo riportato in precedenza e non può essere in nessun modo divulgato, anche solo in parte, senza preventiva autorizzazione scritta dell'autore e non può essere esibito ad alcun titolo, tantomeno in giudizio.

Il contenuto di questo documento così come il modo in cui i contenuti sono presentati e formati sono di esclusiva proprietà dell'autore e sono protetti dalle leggi italiane ed internazionali a tutela del diritto d'autore.



[www.andrearotta.com](http://www.andrearotta.com)

Progetto grafico e impaginazione:  
Matteo Meleddu

Andrea Rotta svolge la professione di ingegnere da più di vent'anni nell'ambito della progettazione, costruzione e gestione di impianti di climatizzazione con attenzione allo sviluppo delle energie rinnovabili e risparmio energetico. Nel 2017 ha scritto *Era meglio fare l'idraulico!* e nel 2019 *SmartHome e ARIA PULITA*. Oggi insieme al GRUPPO LANZARO e SOLUZIONI ECOCREATIVE promuove la costruzione di edifici in bioedilizia e la riqualificazione energetica del patrimonio esistente. Un lavoro che ormai è diventata pura passione nel veder realizzato il sogno della sostenibilità ambientale che da una singola abitazione, come una goccia nel mare, farà la differenza nel nostro futuro come descritto nell'introduzione al libro. La prossima realizzazione sarà la tua?



Il Dottor. Claudio Muccioli è medico specialista in medicina del lavoro e in radioprotezione medica, attualmente Responsabile della sicurezza sul lavoro presso l'ospedale di stato di San Marino.

Specialista in Omeopatia ed Ecologia clinica, da oltre 30 anni si interessa delle relazioni fra inquinanti ambientali, indoor e out door, e salute pubblica.

