



# Materiali per la progettazione post-pandemia

Prospettive per il futuro  
dell' interior design





**Politecnico  
di Torino**

Collegio di Design

Corso di laurea in Design e Comunicazione visiva  
Design di Prodotto

Tesi di laurea triennale

# **Materiali per la progettazione post-pandemia**

## **Prospettive per il futuro dell'interior design**

Relatrice:  
F. Bondioli

Candidata:  
M. Guastelluccia

A.A 2021 - 2022



*Meravigliarsi di tutto è il primo passo  
della ragione verso la scoperta.*

*Louis Pasteur*



# INDICE

Introduzione .....	3
<b>1 - Nuovi scenari : premessa e contesto .....</b>	<b>5</b>
<b>2 - Nuove esigenze : igiene e sostenibilità .....</b>	<b>7</b>
2.1 - La fruizione degli spazi .....	8
2.2 - Soluzioni progettuali .....	9
<b>3 - Tipologie di materiali e di trattamenti superficiali antibatterici .....</b>	<b>11</b>
3.1 - Materiali fotocatalitici : uso del Biossido di Titanio .....	12
3.2 - Trattamento agli ioni d'Argento .....	16
3.3 - Rame e le sue leghe .....	19
3.4 - Polimeri e biopolimeri con proprietà antibatteriche .....	23
3.5 - Grafene .....	28
<b>4 - L'impiego di materiali antibatterici nell'interior design .....</b>	<b>33</b>
4.1 - Rivestimenti e pavimentazioni .....	34
4.2 - Complementi d'arredo .....	38
4.3 - Prodotti ed altri impieghi .....	42
<b>5 - Comparazione ed analisi .....</b>	<b>47</b>
5.1 - Analisi qualitativa .....	48
5.2 - Analisi SWOT .....	49
<b>6 - Conclusioni .....</b>	<b>53</b>

Bibliografia e sitografia

Ringraziamenti



# Introduzione

All'interno dello scenario generato dalla pandemia, e soprattutto in un'ottica post pandemia, è stato strutturato un percorso di analisi e di ricerca volto ad indagare le possibilità date dall'impiego di materiali antibatterici nella progettazione di spazi interni.

La spinta iniziale è derivata dalla riflessione dovuta alla condizione in cui tutti ci siamo ritrovati, ma anche dalla curiosità e dal tentativo di capire se fosse possibile migliorare ed agevolare la progettazione di spazi (e la loro fruizione), nonostante le circostanze avverse.

Una fonte di ispirazione è stata la lettura del white paper "Design Tech for future: design e tecnologia per progettare il mondo dopo il Covid-19", un documento nato dal contributo di numerosi studi di architettura e design, e dalla partecipazione di imprese e professionisti nazionali ed internazionali. La sensazione comune di trovarsi di fronte ad una sfida, ha spinto questa "Design Force" a tracciare le linee guida per una buona e corretta progettazione e gestione degli spazi e delle infrastrutture, ponendosi obiettivi e facendo previsioni sul futuro.

I primi due capitoli di questa tesi servono a dare descrizioni e spiegazioni di come le nuove esigenze, nate dal contesto sanitario, possano aver influenzato anche gli altri ambiti, tra cui quello dell'interior design, modificandone molti aspetti e modalità.

Il terzo capitolo è strutturato come una breve panoramica delle principali tecnologie e materiali antibatterici attualmente conosciuti e testati.

Nel quarto capitolo sono stati ricercati e selezionati alcuni esempi di prodotti realizzati con materiali o trattamenti antibatterici. Sono stati quindi suddivisi in base alla loro applicazione nel campo dell'arredo e dell'allestimento di spazi, fornendo per ciascuno una breve descrizione ed un elenco delle caratteristiche e delle certificazioni ottenute.

Il quinto capitolo prevede un momento di confronto tra materiali tradizionali ed antibatterici, si tratta di una breve analisi delle caratteristiche generali delle due classi di materiali.

Infine, il sesto ed ultimo capitolo, contiene riflessioni e conclusioni circa l'esito della ricerca e delle analisi svolte, con ipotesi e previsioni di possibilità per gli scenari futuri.



# 1 - Nuovi scenari: premesse e contesto

Agli inizi del 2020, un brusco ed improvviso evento ha destabilizzato gli equilibri della società; è stata coinvolta (per la prima volta dopo decenni), l'intera popolazione mondiale, chiamata ad affrontare un problema comune e a cercare soluzioni più rapidamente possibile.

Si tratta della pandemia: definita come un'epidemia che, anziché rimanere circoscritta ad un unico territorio, tende a diffondersi rapidamente verso tutti i continenti del globo. Il meccanismo e la velocità con cui avviene la diffusione sono condizionati dallo stile di vita attuale, che porta sempre più persone a spostarsi facilmente e velocemente in tutto il mondo; viceversa, in passato gli spostamenti erano meno frequenti ed avvenivano molto più lentamente (basti pensare alla differenza di un viaggio in aereo con la medesima tratta in treno o nave).

La diffusione del virus Sars-Cov-2, quindi della malattia ad esso collegata e definita COVID-19, è avvenuta principalmente per via aerea tramite goccioline e aerosol, direttamente da una persona infetta che starnutisce, tossisce, parla o respira mentre si trova in prossimità di altre persone. I sintomi sono numerosi, perlopiù respiratori, più o meno gravi, che in alcuni casi possono portare ad importanti complicazioni o addirittura al decesso; purtroppo è stato dimostrato che in molti casi i sintomi non sono evidenti (versione asintomatica della malattia), condizione che si è dimostrata pericolosa soprattutto per il fatto che, non potendo identificare la malattia con facilità, può esserne consentita inconsapevolmente la diffusione.

Sono stati registrati numerosi casi in quasi tutto il mondo (fatto salvo solo per alcune isole oceaniche o territori particolarmente ostili e difficili da raggiungere). Si tratta di un nuovo scenario che non si era mai verificato in epoca recente (ultimi cinquanta anni).

La popolazione mondiale è stata messa a dura prova con isolamento, interruzione di servizi, modalità di lavoro e didattica a distanza, tutti cambiamenti drastici ed improvvisi.

L'obbligo di adattarsi a nuove modalità in tutti gli ambiti, nonché la necessità di nuove soluzioni, soprattutto dal punto di vista della progettazione ed organizzazione degli spazi interni, ha aperto numerose riflessioni e prospettive per il futuro della progettazione.



# 2 - Nuove esigenze: igiene e sostenibilità

Durante l'ultimo decennio, la parola chiave, soprattutto nell'ambito della progettazione di beni, è divenuta la "sostenibilità ambientale". È stato necessario ripensare e riprogettare numerosi prodotti, stabilire quali fossero quelli "superflui", evitare (quando possibile) "l'usa e getta", nonché dare delle linee guida sui materiali consentiti e quelli da limitare (o addirittura vietare), al fine di salvaguardare l'ambiente e far fronte al consumo di risorse naturali divenuto pericolosamente esponenziale.

Con l'avvento della pandemia, accanto alla sostenibilità, è sopraggiunta una nuova parola chiave: "igiene". Per poter progettare uno spazio, che sia esso in ambito pubblico o privato, d'ora in avanti bisognerà tenere conto della problematica delle sanificazioni, quindi della necessità di avere superfici sempre pulite ed igienizzate, al fine di ottenere spazi fruibili da chiunque, in qualsiasi momento e in sicurezza.

Progettare in funzione delle nuove esigenze, significa fornire soluzioni in grado di favorire la fruizione dello spazio, semplificarne la manutenzione e ridurre l'impatto ambientale.

Mediante l'uso di materiali in grado di coniugare: elevate proprietà meccaniche (come ad esempio la resistenza a fatica, all'urto o alla compressione), proprietà antibatteriche, realizzazione e gestione attraverso processi eco-compatibili, è possibile ottenere prodotti più duraturi nel tempo, sicuri e sostenibili. L'obiettivo dei progettisti per il futuro è quello di usare sinergicamente tutte queste proprietà.

L'impiego di un materiale antibatterico, aiuta a rendere lo spazio immediatamente fruibile, evitando l'attuazione di processi di igienizzazione e/o disinfezione ad ogni accesso ed utilizzo da parte di nuove persone, in quanto, grazie alle proprietà del materiale, le operazioni di pulizia possono essere più rare o ridotte al minimo; di conseguenza diminuiranno i consumi, in quanto non sarà più necessario impiegare grandi quantità di prodotti e detergenti disinfettanti, ottenendo così degli spazi non solo più sicuri dal punto di vista igienico, ma anche più sostenibili dal punto di vista ambientale.

# 2.1 - La fruizione degli spazi



Durante l'ultimo biennio, sono cambiati velocemente e sono stati riadattati gli spazi e le destinazioni d'uso. Un evento improvviso e caratterizzato da un pericolo che non si conosce ancora bene, come è stato nel caso della pandemia, porta alla necessità di riorganizzare gli spazi e le relative modalità di fruizione.

L'approccio della prima ora, vista la scarsa conoscenza del virus in circolazione, ha condotto a soluzioni drastiche, come le chiusure di tutti i luoghi e attività considerati "non essenziali".

In molti casi ci si è trovati a svolgere funzioni lavorative o di studio nelle proprie abitazioni, anziché presso uffici o istituti scolastici; questo ha portato alla riorganizzazione dello spazio anche in ambito domestico.

Successivamente, con il graduale ritorno alla fruizione degli spazi (come scuole, luoghi di lavoro o luoghi di svago), si è assistito a nuove modalità e a capienze limitate.

Negli edifici pubblici, sono stati previsti percorsi d'accesso e di uscita separati, accessi contingentati con l'istituzione di un numero massimo di persone contemporaneamente (in base alla metratura, alle caratteristiche dello spazio e delle funzioni in esso svolte), tutto questo per evitare il sovraffollamento degli spazi.

Le postazioni di lavoro, i banchi scolastici o i tavoli nella ristorazione, sono stati posizionati a maggior distanza quando possibile, altrimenti sono state impiegate barriere fisiche per la separazione dello spazio (di solito in materiali polimerici leggeri come il plexiglass).



L'avvento della pandemia ha costretto i progettisti a pensare a nuove possibili soluzioni che comprendano spazi facilmente convertibili, nuove tecnologie e nuovi materiali.

Per l'ambito domestico, si è cercato di capire se fossero possibili soluzioni per ricavare potenziali postazioni di lavoro, che garantissero la privacy di chi le adopera, anche in caso di metrature molto ridotte e l'assenza di stanze convertibili totalmente.

Sono stati rivalutate tutte quelle soluzioni che prevedono complementi d'arredo dalla multifunzione, o quelli "salvaspazio", ovvero comprimibili quando non in uso.

Per gli ambiti pubblici, e per tutti quegli spazi condivisi e frequentati da molte persone, l'attenzione dei progettisti si è focalizzata sullo studio di nuovi possibili materiali, che contribuissero a facilitare non solo la fruizione da parte degli utenti, ma anche le operazioni di gestione e manutenzione.

I materiali antibatterici sono diventati immediatamente il maggior argomento di studi e ricerche, suscitando molto interesse anche in ambito commerciale.

Numerose aziende, hanno approfittato della spinta data dalla pandemia, per accelerare ricerche o sperimentazioni già in atto, così da riuscire a produrre e commercializzare prodotti antibatterici in un periodo storico dove la domanda è particolarmente alta.

## 2.2 - Soluzioni progettuali



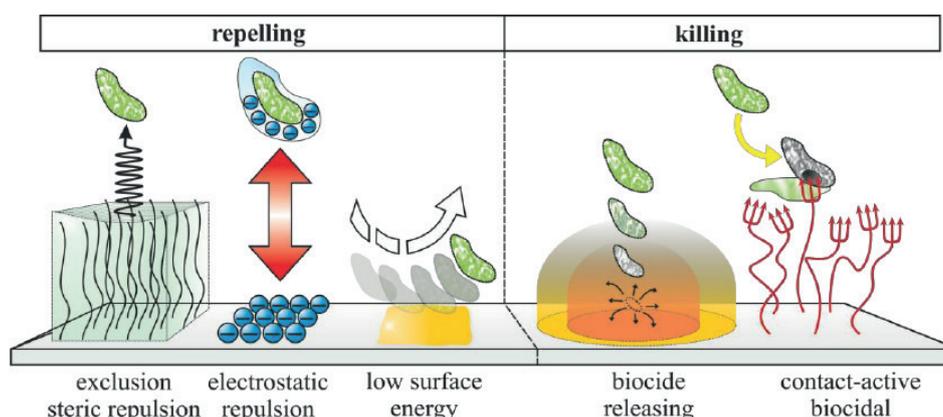
# 3 - Tipologie di materiali e di trattamenti superficiali antibatterici

Un materiale antibatterico, per poter essere definito tale, deve avere la capacità di uccidere o inibire la carica virale dei batteri che si depositano sulla sua superficie, impedendone l'adesione e di conseguenza lo sviluppo. Attualmente sono presenti sul mercato differenti materiali con proprietà antibatteriche intrinseche, ovvero che il materiale possiede di per sé senza essere stato addizionato, modificato o trattato in alcun modo.

Oltre a questa tipologia di materiali, esistono alcuni trattamenti ed additivi per rendere antibatterici numerosi materiali metallici, ceramici e polimerici. Le superfici che ricevono questo tipo di trattamenti vengono suddivise in due categorie a seconda dei loro meccanismi d'azione: superfici passive e superfici attive. (Fig. 1)

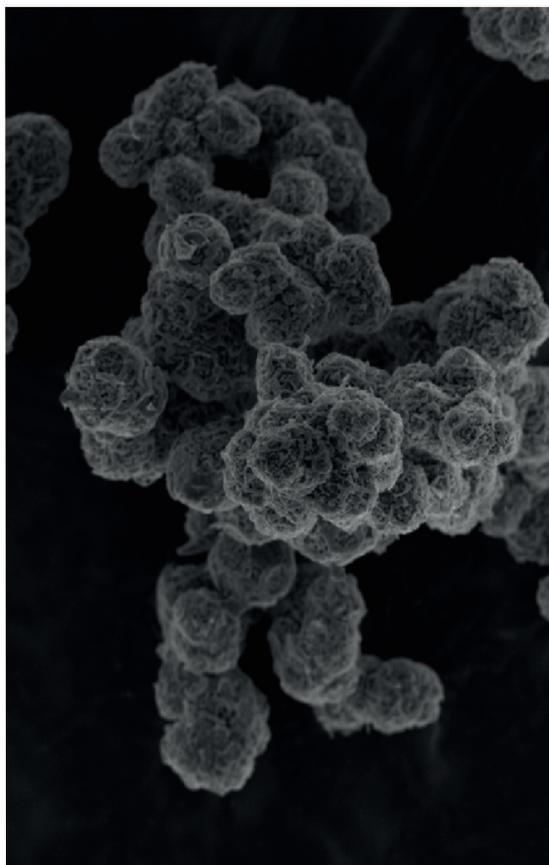
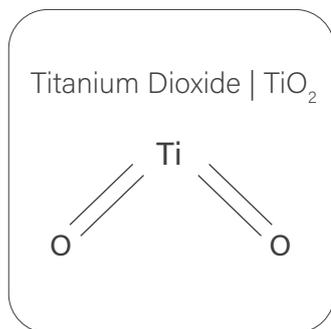
Le superfici passive, definite ad effetto antivegetativo, impediscono meccanicamente l'adesione dei microrganismi; infatti, le modifiche effettuate rendono queste superfici ostili e dall'effetto repellente. Esistono tre metodi per ottenere superfici passive. Uno dei metodi consiste nell'impiego di materiali di rivestimento (sottoforma di film), in grado di creare una barriera meccanica che impedisce l'insediamento dei microrganismi; un altro metodo sfrutta la repulsione elettrostatica, ovvero l'utilizzo di molecole con cariche elettriche repulsive rispetto alle cariche presenti sulle membrane batteriche; infine vi è un ultimo metodo nel quale, attraverso la creazione di superfici a bassa energia di tipo superidrofilo o superidrofobico, viene impedito il contatto diretto tra la superficie e i batteri, i quali non riusciranno a rimanervi ancorati e "scivoleranno via". Le superfici attive, definite ad effetto biocida, sono in grado di annientare i microrganismi uccidendoli. Esistono due metodi per ottenere superfici attive: uso di biocida presente nel materiale a rilascio controllato, oppure eliminazione per contatto diretto con la superficie, sulla quale è ancorato il biocida. I biocidi possono essere di tipo organico o di tipo inorganico.

Di seguito verranno descritti e presi in analisi i principali materiali e trattamenti superficiali antibatterici già in uso e presenti sul mercato, nonché impiegabili nel campo dell'interior design.



(Fig. 1) Nella parte sinistra vengono descritti i meccanismi d'azione delle superfici passive, a destra quelli delle superfici attive. Immagine tratta da: Siedenbiedel F, Tiller JC., "Antimicrobial Polymers in Solution and on Surfaces: Overview and Functional Principles." Review, 2012, DOI: 10.3390/polym4010046

# 3.1 - Materiali fotocatalitici : uso del Biossido di Titanio



Struttura e micrografia di molecole di  $\text{TiO}_2$

In natura esistono tre forme cristalline in cui si presenta il biossido di Titanio ( $\text{TiO}_2$ ): il rutilo, l'anatasio e la brookite. Nel rutilo, la forma più comune, la struttura degli atomi è di tipo tetragonale; nell'anatasio, la forma cristallina più fotoattiva, la struttura è di tipo tetragonale più allungata rispetto a quella del rutilo; infine, nella forma brookite, la struttura è ortorombica. In tutte e tre le forme, ciascun atomo di titanio è circondato ottaedricamente da sei atomi di ossigeno.

Si tratta di un composto molto stabile, con una notevole temperatura di fusione (oltre i  $1800\text{ }^\circ\text{C}$ ) ed un elevato indice di rifrazione (2,72 rutilo, 2,5 anatasio), motivo per cui è impiegato principalmente come pigmento bianco (da cui il nome "bianco di Titanio") per vernici, materie plastiche e cementi.

Il biossido di Titanio è un materiale semiconduttore che funge da catalizzatore durante il processo di fotocatalisi.

La fotocatalisi ha luogo quando il catalizzatore viene stimolato dalla luce, nello specifico dai raggi ultravioletti (UV), i quali costituiscono anche parte dello spettro della radiazione solare. Il catalizzatore, in questo il caso il biossido di Titanio, assorbe i fotoni incidenti innescando processi fotochimici, in grado di generare dei radicali e dei composti reattivi, i quali esercitano un'azione di degradazione nei confronti di organismi o sostanze chimiche presenti sulla superficie del materiale. Gli organismi e le sostanze contaminanti possono entrare in contatto con la superficie fotocatalitica in modo diretto (per deposizione) o per vicinanza (nello strato laminare di aria vicino alla superficie, definito come zona di interfaccia).



Un'altra importante proprietà, indotta dall'assorbimento di luce, è la super idrofilia. Il biossido di Titanio, che presenta generalmente caratteristiche idrofobe, se illuminato con luce ultravioletta diventa perfettamente idrofilo. In questo modo, l'acqua che viene a trovarsi in contatto con la superficie si stende completamente su di essa, formando uno strato sottile altamente uniforme (simile ad un film), anziché concentrarsi in forma di gocce.

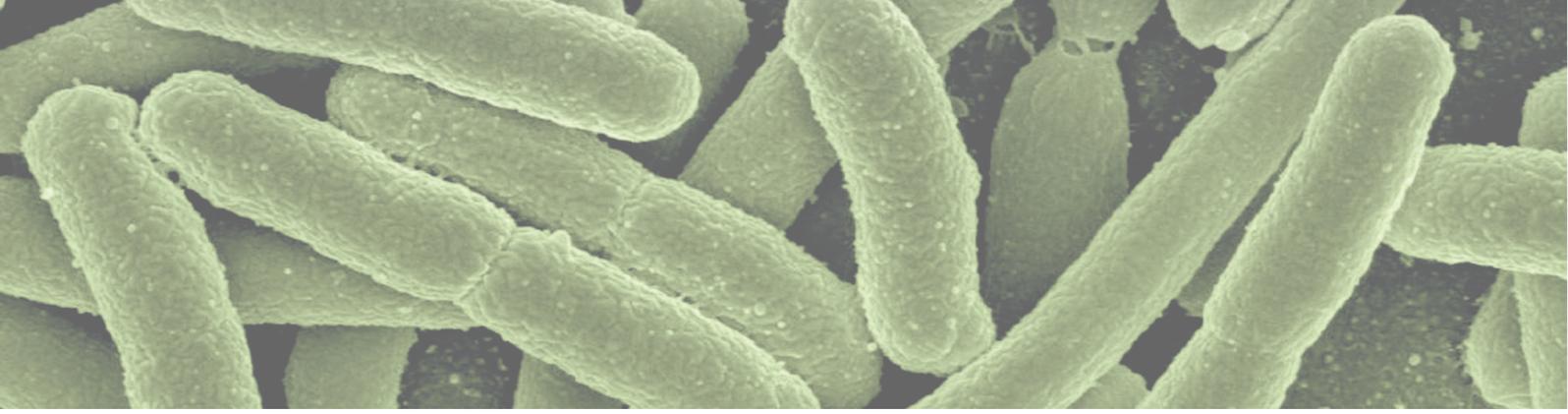
Dunque, per ottenere una superficie priva di batteri, non sarà necessario l'impiego di particolari prodotti o trattamenti disinfettanti, infatti in seguito alla fotocatalisi, i microrganismi decomposti (quindi già inibiti) sulla superficie del materiale potranno essere rimossi uniformemente usando semplicemente acqua. Nel caso di rivestimenti esterni, sarà sufficiente la pioggia a rendere queste superfici a tutti gli effetti "autopulenti".

L'efficacia di questa tipologia di materiali è stata testata da numerosi enti, laboratori ed università ed è attualmente regolamentata da certificazioni. Esiste una certificazione specifica per i materiali ceramici fotocatalitici che sfruttano l'effetto di semiconduttori (tra cui il  $TiO_2$ ): ISO 27447:2019 "Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials".

Per poter classificare con maggior precisione i livelli di funzionalizzazione dei materiali, dunque l'efficacia antibatterica delle superfici, la normativa attribuisce delle classi di valori R corrispondenti a soglie di valori % della riduzione batterica:

▪ R0: < 90%
▪ R1 : > 90%
▪ R2: > 99%
▪ R3: > 99,9%
▪ R4: > 99,99%
▪ R5: > 99,999%

I risultati di questi test sono espressi generalmente attraverso tabelle. Qui di seguito è mostrato un esempio di tabella esplicativa, circa il risultato di un test atto a valutare l'attività antimicrobica di provini di piastrelle di ceramica trattate con una dispersione fotocatalitica, rispetto a dei campioni non trattati, applicando un metodo secondo ISO 27447:2019 (E). [1]



Condizioni del test:

-Stoccaggio dei provini: T ambiente

-Caratteristiche lampada UV:  
irradiazione UV-A (intervallo lunghezze d'onda da 300 nm a 400nm), intensità UV 1.0mW/cm<sup>2</sup>

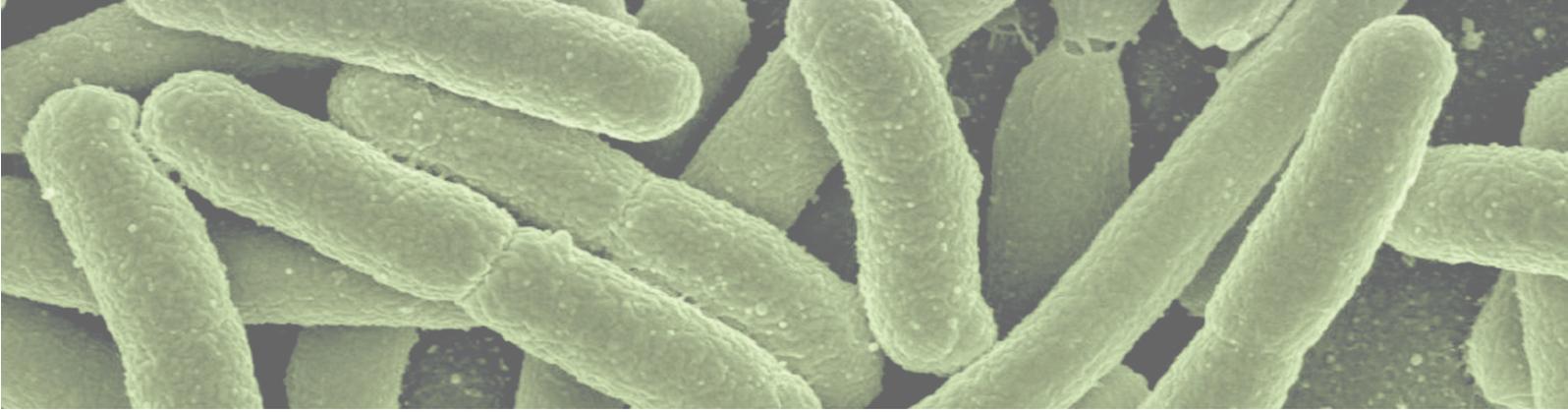
-Tempo di esposizione: 8 h

-Identificazione del ceppo batterico utilizzato: Pseudomonas aeruginosa ATCC 15442

Test di laboratorio	Unità di misura	Risultato
[N] - Microrganismi sospensione batterica iniziale	CFU*/ml	1,2 x 10 <sup>6</sup>
[A] - Valore medio microrganismi materiale non fotocatalitico dopo inoculo	CFU*/ml	1,0 x 10 <sup>6</sup>
[BL] - Valore medio microrganismi materiale non fotocatalitico dopo inoculo con irraggiamento UV	CFU*/ml	4,0 x 10 <sup>5</sup>
[CL] - Valore medio microrganismi materiale fotocatalitico dopo inoculo con irraggiamento UV	CFU*/ml	3,0 x 10 <sup>3</sup>
[RL] - Attività antibatterica materiale fotocatalitico con irraggiamento UV espresso in Logaritmo [RL = Log BL/CL]	Log <sub>10</sub>	2,1
Riduzione (%) batterica del materiale fotocatalitico (rispetto al materiale non fotocatalitico) con irraggiamento UV	%	99,7 %

(\* CFU= Unità formante colonia o cellule batteriche o batteri)

[1] - Informazioni tratte da: Test report N.009/Cfr AV2020 del Consorzio Futuro in Ricerca in collaborazione con il Prof. Pier Giorgio Balboni (Prof. cultore della materia "Microbiologia" dell'Università di Ferrara)



Per quanto riguarda i ceppi di coronavirus, recenti studi hanno dimostrato che l'uso di  $\text{TiO}_2$  combinato a raggi UV-C (considerati più efficaci, in questo particolare caso, rispetto agli UV-A) è in grado di inibire il coronavirus umano HCoV-NL63.

A seconda del tempo di irradiazione ( $T_{\text{irr}}$ ), dell'intensità ( $I$ ), della lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) e del dosaggio dei raggi UV applicati durante il processo di fotocatalisi, è possibile ottenere, anche in questo caso, valori percentuali che ne esprimono l'efficacia.

Di seguito è riportato un estratto proveniente da uno studio condotto sull'attività fotocatalitica di superfici a base di  $\text{TiO}_2$ , rispetto ai principali virus attualmente in circolazione. [2]

Ceppo virale	Fotocatalizzatore	Parametri della luce	Tempo di irradiazione ( $T_{\text{irr}}$ )	Efficacia antivirale	Dosaggio UV minimo stimato
Virus influenzale H1N1	$\text{TiO}_2$ su substrato ceramico poroso	$\lambda = 365 \text{ nm}$ (UV-A) $I = 1 \text{ mW cm}^{-2}$	4 min 10 min 15 min 30 min	100% $T_{\text{irr}} \geq 5 \text{ min}$	$0.3 \text{ J cm}^{-2}$
Virus influenzale H3N2	$\text{TiO}_2$ / $\text{TiO}_2$ e Pt su vetro	$\lambda = 350\text{--}400 \text{ nm}$ (UV-A) $I = 0.65 \text{ mW cm}^{-2}$	10 min 20 min 30 min	99.8% $T_{\text{irr}} \geq 30 \text{ min}$	$1.1 \text{ J cm}^{-2}$
Escherichia virus T4 (batteriofago)	$\text{TiO}_2$ su schiuma in carburo di Silicio $\beta$	$\lambda = 392 \text{ nm}$ (UV-A) $I = 11.7 \text{ mW cm}^{-2}$	15 min 30 min 45 min 60 min	99.9% $T_{\text{irr}} \geq 60 \text{ min}$	$42.12 \text{ J cm}^{-2}$
Virus dell'influenza aviaria H9N2	$\text{TiO}_2$ su Capsula di Petri	$\lambda = 365 \text{ nm}$ (UV-A) $I = 0.5 \text{ mW cm}^{-2}$ $I = 1 \text{ mW cm}^{-2}$ $I = 1.5 \text{ mW cm}^{-2}$	30 min 1.5 h 2.5 h	100% $T_{\text{irr}} = 2.5 \text{ h}$	$4.5 \text{ J cm}^{-2}$
Coronavirus umano HCoV-NL63	$\text{TiO}_2$ su vetro	$\lambda = 254 \text{ nm}$ (UV-C) $I = 2.9 \text{ mW cm}^{-2}$ $I = 4.3 \text{ mW cm}^{-2}$ $I = 13 \text{ mW cm}^{-2}$	1 min 5 min 10 min	100% $T_{\text{irr}} = 1 \text{ min}$ con $I = 2.9 \text{ mW cm}^{-2}$	$0.17 \text{ J cm}^{-2}$

[2] - Bono N, Ponti F, Punta C, Candiani G, "Effect of UV Irradiation and  $\text{TiO}_2$ -Photocatalysis on Airborne Bacteria and Viruses: An Overview", review, 2021, DOI: 10.3390/ma14051075

I risultati ottenuti confermano l'efficacia circa l'uso del  $\text{TiO}_2$ . Secondo quanto riportato in tabella, esponendo una data superficie trattata con  $\text{TiO}_2$  all'illuminazione UV-A (o UV-C), con un'intensità della radiazione nell'ordine di decimi fino a dieci  $\text{mW cm}^{-2}$ , per un periodo di tempo da pochi minuti a qualche ora (a seconda del microrganismo), è possibile raggiungere un'attività antimicrobica ottimale, con un'efficacia che raggiunge in alcuni casi anche il 100%.

## 3.2 - Trattamento agli Ioni d'Argento

47	2,1
<b>Ag</b>	
Argento	
107.9	1.93



*Immagine rappresentativa della galena argentifera*

L'Argento (Ag) è il metallo conosciuto come miglior conduttore di elettricità e calore.

Si tratta di un metallo di transizione bianco e lucente, molto duttile e malleabile. In natura è presente sia allo stato puro che all'interno di minerali quali ad esempio: argentite ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), proustite ( $3\text{Ag}_2\text{S}\cdot\text{As}_2\text{S}_3$ ) o chervargirite ( $\text{AgCl}$ ); è possibile inoltre estrarlo dalla galena, di cui sono presenti diversi giacimenti.

L'argento non subisce alterazioni se esposto all'aria e all'acqua in forma pura, ma ossida (assumendo una colorazione scura) quando è esposto all'ozono, all'acido solfidrico o all'aria contenente tracce di zolfo.

È un materiale conosciuto ed utilizzato fin dall'antichità, dove era impiegato perlopiù nella produzione di gioielli, stoviglie e monete; oggi è presente in numerose leghe, tra cui quelle di Rame (Cu) e Oro (Au), ed è impiegato allo stato nativo (Ag), sottoforma di nanoparticelle ( $\text{AgNPS}$ ) o sottoforma di ione ( $\text{Ag}^+$ ).

Negli ultimi cinquant'anni, con la scoperta di ceppi batterici divenuti antibiotico-resistenti, si è riscoperto il potenziale antibatterico dell'Argento, studiandone e promuovendone l'impiego in campo biomedicale, nella produzione di prodotti per la purificazione di aria e acqua e in campo cosmetico.

Sono stati condotti numerosi test circa l'efficacia data dall'impiego di Ioni d'Argento (Ag<sup>+</sup>) nei confronti di svariate tipologie di germi, batteri e virus. Di seguito è riportato un estratto proveniente da uno studio condotto per valutare l'attività antibatterica e il meccanismo d'azione dello ione d'argento nei confronti di alcuni tra i batteri più diffusi. [3]

Condizioni del test:

- Caratteristiche del provino: tessuto 100% cotone (5cm x 5cm)

- Identificazione del ceppo batterico utilizzato: Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 25923

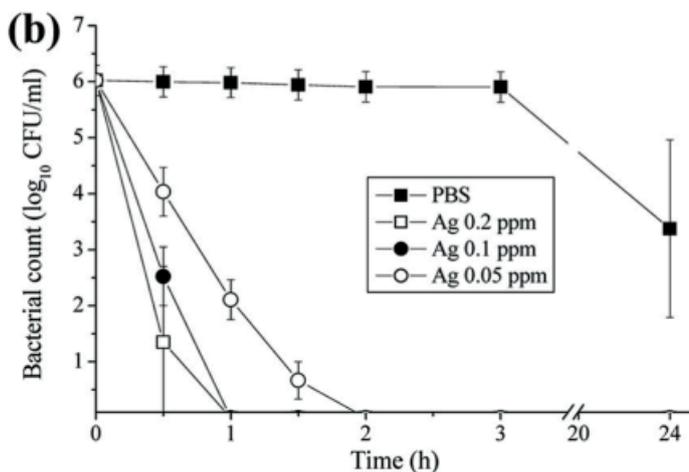
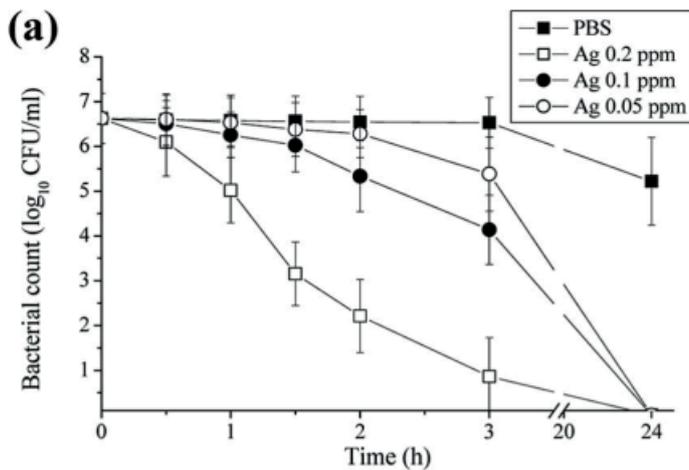
- Caratteristiche della formulazione antibatterica: soluzione a base di Ag<sup>+</sup> in tampone fosfato salino (PBS) (pH 7,4)

Ogni provino è stato sterilizzato in autoclave ed asciugato, prima di essere messo a contatto con i batteri.

I batteri sono stati diluiti (da 10<sup>9</sup> a 10<sup>10</sup> CFU/ml) utilizzando lo 0,85% di soluzione fisiologica sterile.

È stato inoculato 1 ml di ciascuna cultura batterica sui tessuti di prova (incubazione a 37°C).

I campioni di tessuto sono stati esposti a soluzioni a base di Ag<sup>+</sup> con tre diverse concentrazioni: 0,05 mg/l, 0,1 mg/l - 0,2 mg/l. Come controllo è stato utilizzato una soluzione PBS non addizionata con Ag<sup>+</sup>.



[3] - grafico (a) riferito al test con *Staphylococcus aureus*, grafico (b) riferito al test con *Escherichia coli*

Informazioni, dati e immagine tratti da: W. K. Jung, H. C. Koo, K. W. Kim, S. Shin, S. H. Kim, Y. H. Park, "Antibacterial Activity and Mechanism of Action of the Silver Ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*", articolo in "Applied and Environmental Microbiology", 2008, Vol. 74, No. 7, [pp. 2171-2178]



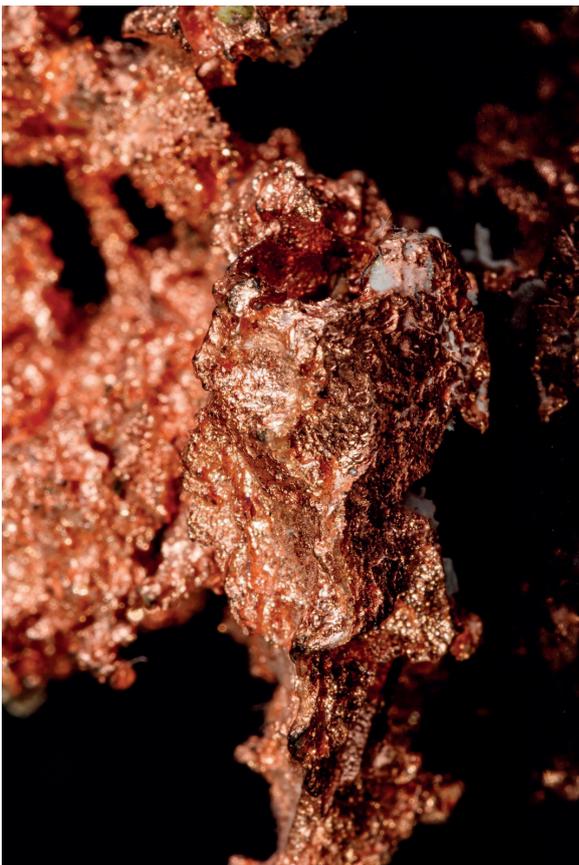
Per determinare l'effetto antibatterico degli ioni d'argento, è stato utilizzato il metodo convenzionale del conteggio batterico su piastra. Il conteggio di controllo è avvenuto a intervalli di 30 minuti (a partire da 30 fino a 180), poi un ultimo dopo 24h.

Il grafico (a) riferito al test contro lo *S. aureus*, evidenzia una riduzione batterica di oltre 5  $\log_{10}$  CFU/ml in 90 minuti, dopo il trattamento con la soluzione avente Ag 0,2 mg/l, al contrario il trattamento di controllo con il solo PBS presenta una riduzione batterica quasi irrilevante ( $< 0,05$ ).

Per quanto riguarda il test contro l'*E. coli* presentato nel grafico (b), l'attività antibatterica risulta ancora più evidente, infatti già dopo 30 minuti si ha una riduzione significativa. Entro 2 ore, anche il campione trattato con la soluzione avente minor concentrazione di  $\text{Ag}^+$  (0,05 mg/l), presenta una riduzione quasi totale, con una conta batterica al limite della rilevabilità.

## 3.3 - Rame e le sue leghe

29	2,1
<b>Cu</b>	
Rame	
63.55	1.90



*Immagine rappresentativa del rame nativo*

Il Rame (Cu) è un metallo duttile conosciuto e sfruttato perlopiù a causa della sua ottima conducibilità elettrica e termica. In natura è presente in quantità relativamente abbondanti, ma non omogenea su tutta la superficie terrestre (per esempio sul territorio italiano ne è presente una minima quantità).

Di solito si trova all'interno di minerali, molto più raramente sottoforma di pepite; i minerali a base di rame si dividono in due gruppi principali: ossigenati e solforati. Tra gli ossigenati sono presenti la cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) e pietre rare come azzurrite  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$  e malachite  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ; tra i solforati è possibile trovare la calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ), la bornite ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), l'enargite ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) e la tetraedrite  $\text{Cu}_{12}(\text{SbS}_3)_4\text{S}$ .

La caratteristica colorazione rossastra del Rame è data dalla sua capacità di riflettere la luce nelle lunghezze d'onda del rosso e dell'arancione, assorbendo quelle delle altre frequenze dello spettro visibile.

In ambiente secco il rame non subisce alterazioni, mentre se esposto all'umidità tende a formare una patina verdastra di carbonato basico di rame (il cosiddetto verderame), che funge da strato protettivo contro l'ulteriore ossidazione.

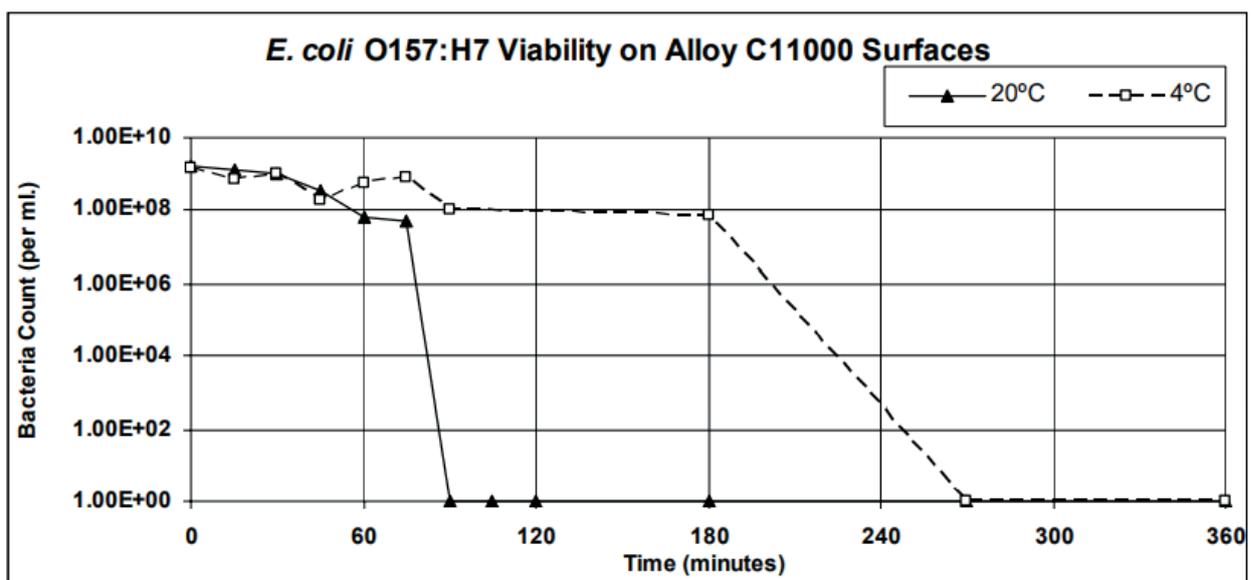
Attualmente le applicazioni del Rame sono soprattutto legate alla produzione di materiale elettrico, impiego nel settore edile e produzione di componenti per macchinari industriali.

Spesso il rame è sostituito dalle sue leghe, in quanto consentono di ottenere alcune caratteristiche meccaniche migliori rispetto al metallo in purezza. Le leghe di Rame principali e più impiegate commercialmente sono:

- Ottoni (leghe Rame-Zinco)
- Bronzi (leghe Rame-Stagno)
- Cupronichel (leghe Rame-Nichel)
- Cuproallumini (leghe Rame-Alluminio)

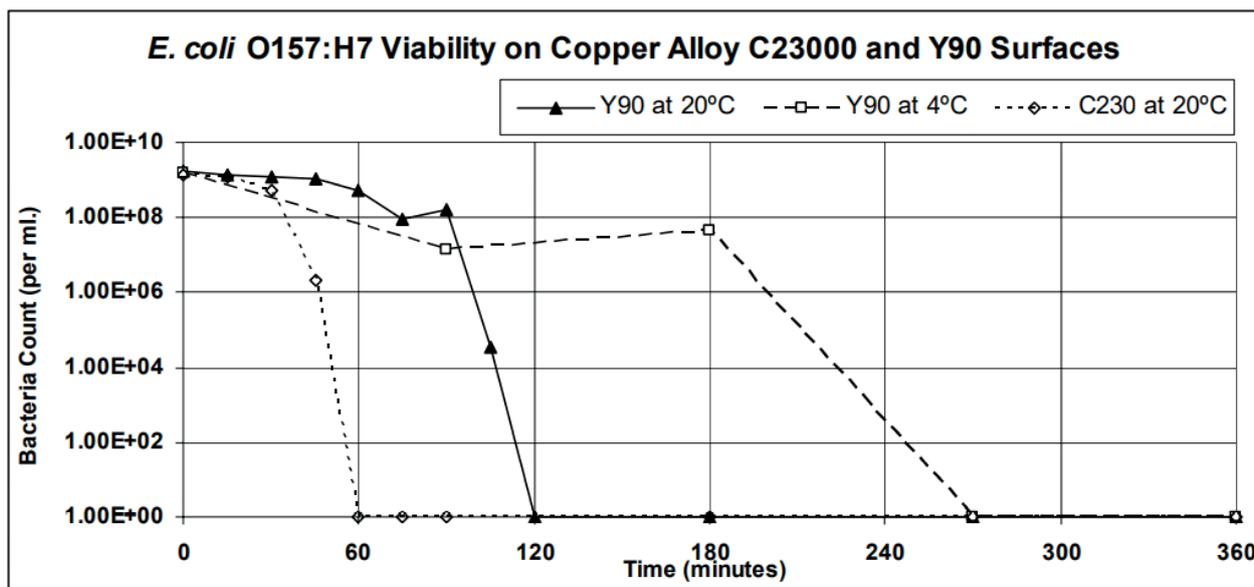
Nella successiva parte del paragrafo, sono riportati alcuni grafici tratti da uno studio volto ad indagare l'efficacia antibatterica di rame e leghe di rame, nonché il loro possibile impiego per il controllo delle malattie infettive umane.

Sono stati testati campioni di Rame (puro al 99,9%) e poi di svariate leghe a confronto, contro il batterio E coli O157:H7. I test sono avvenuti sia a temperatura ambiente (20°C), che alla temperatura di refrigerazione di 4°C. (Fig. 2), (Fig. 3), (Fig. 4), [4].



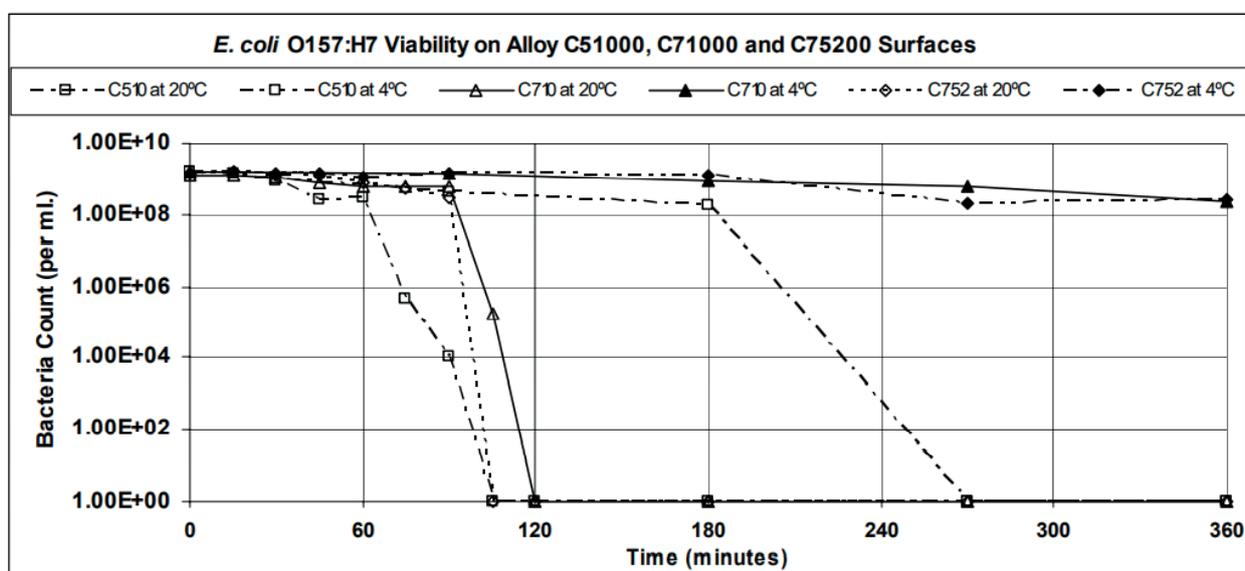
(Fig. 2) Il grafico in figura rappresenta il comportamento del C11000 (Rame al 99,9%) rispetto al batterio E.Coli O157:H7

La conta batterica è espressa in  $\log_{10}$  CFU/ml, mentre il tempo di contatto in minuti. Alla temperatura di 20°C, la conta batterica diminuisce di circa 1  $\log_{10}$  CFU/ml trascorsi 60 minuti, per poi diminuire rapidamente fino a raggiungere lo zero a 90 minuti. Alla temperatura di 4°C i tempi sono più lunghi (il decadimento significativo si verifica tra 180 minuti e 270 minuti), a dimostrazione del fatto che il tasso di inattività diminuisce al diminuire della temperatura.



(Fig. 3) Il grafico in figura rappresenta il comportamento di due leghe della famiglia dell'Ottone: C23000 (85%Cu - 15% Zn) e Y90 (78%Cu - 12% Zn - 3%Ni - 7% Mn) rispetto al batterio E.Coli O157:H7

La lega di Ottone C23000 dimostra un comportamento analogo a quello del Rame visto in precedenza, mentre la lega Y90 necessita di maggior tempo per ottenere un'inibizione quasi totale dei batteri (raggiungendo lo zero tra i 120 e i 180 minuti a 20°C). Questo comportamento evidenzia il fatto che, riducendo la presenza di Cu ed aumentando quella di altri elementi all'interno della lega, diminuisce l'efficacia antibatterica.



(Fig. 4) Il grafico in figura rappresenta il comportamento di una lega della famiglia del Bronzo: C51000 (94,8% Cu - 5% Sn - 0,2% P) confrontandola con due a base di Rame e Nichel C71000 (79%Cu - 21%Ni) e C75200 (65% Cu - 17% Zn - 18% Ni) rispetto al batterio E.Coli O157:H7

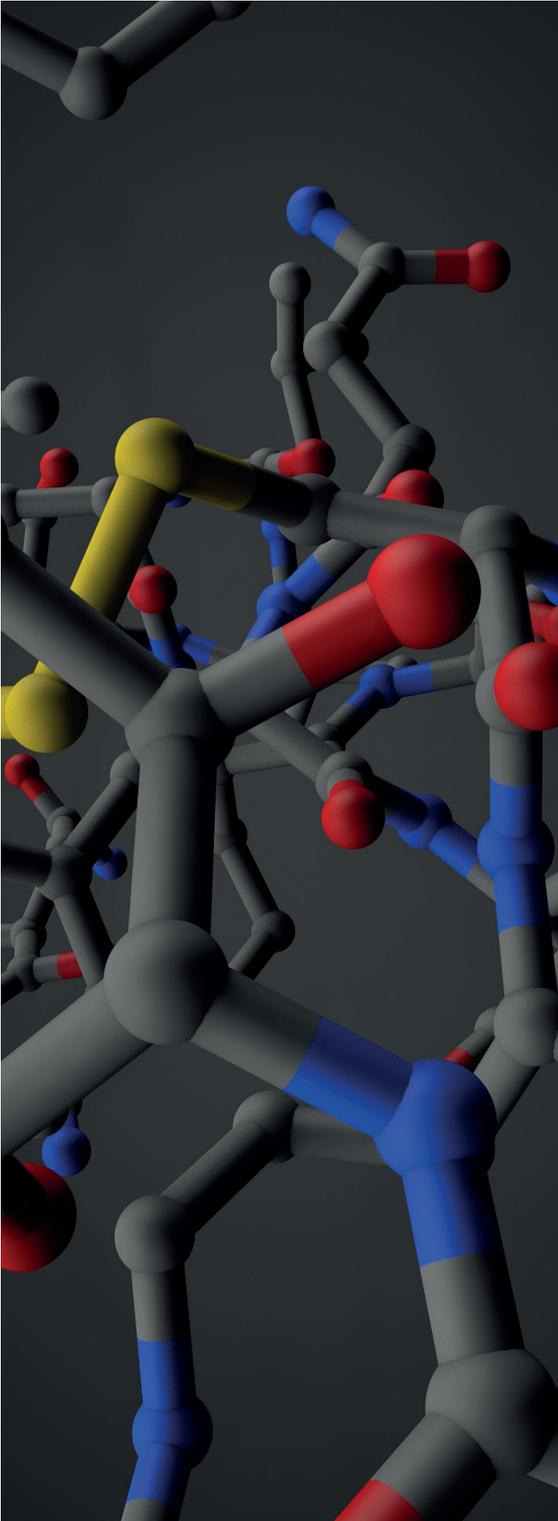


Alla temperatura di 20°C, il Bronzo è in grado di diminuire la conta batterica di 1 log<sub>10</sub> CFU/ml nei primi 60 minuti, per poi scendere rapidamente a zero (riduzione di 9 log<sub>10</sub> CFU/ml) entro 105 minuti. Le due leghe C71000 e C75200, mostrano riduzioni molto lente nei primi 90 minuti, per poi raggiungere lo zero rapidamente la prima a 120 minuti e la seconda a 105.

Anche in questo caso, la lega che dimostra di agire efficacemente nel minor tempo è quella con il contenuto più alto di Cu al suo interno (Bronzo C51000), mentre le due leghe di Rame e Nichel seguono schemi simili tra loro con minime differenze.

[4] - Informazioni e tabelle tratte da: H.T. Michels, S.A. Wilks, J.O. Noyce, C.W. Keevil, "Copper Alloys for Human Infectious Disease Control", studio presentato alla conferenza "Materials Science and Technology Conference", 2005, Pittsburgh, PA.

## 3.4 - Polimeri e biopolimeri con proprietà antibatteriche



*Rappresentazione di una struttura polimerica*

Polimero: etimologia dal greco antico poli- (πολυ-) molte, e -mero (μέρος) parte. Un polimero può essere definito come il risultato dell'aggregazione di monomeri (processo definito polimerizzazione). Si tratta di una macromolecola caratterizzata da una struttura "a catena" e da legami intracatena di tipo covalente, mentre i legami secondari si differenziano in base alla tipologia di polimero.

I polimeri sono caratterizzati da bassi valori del modulo elastico (0,1- 5 GPa), i quali aumentano all'aumentare del grado di cristallinità; si può affermare che, in linea di massima, i polimeri con maggiore cristallinità siano più fragili (ovvero giungono a rottura senza mostrare deformazione plastica visibile), mentre i polimeri amorfi siano più duttili (possono subire deformazioni plastiche più o meno significative prima di giungere a rottura).

Le proprietà meccaniche dei polimeri sono strettamente collegate alla temperatura; infatti, in base ad essa, possono variare i valori del modulo elastico, il carico di rottura ed il loro comportamento duttile o fragile. Un'altra caratteristica peculiare dei polimeri è la temperatura di transizione vetrosa ( $T_g$ ), essa assume valori differenti per ciascun tipo di polimero e rappresenta il punto in cui avviene un cambiamento di fase: al di sotto di tale temperatura avviene un passaggio da un comportamento amorfo (plastico) ad uno solido vetroso (rigido e fragile), mentre al di sopra porta il polimero ad uno stato simile ad un liquido ad alta viscosità. Durante questo passaggio di fase non avviene nessuna modifica nella disposizione di atomi/molecole nello spazio, ma un cambiamento nelle forze di coesione.



I materiali polimerici sono largamente impiegati e commercializzati; si tratta di materiali relativamente recenti, infatti la loro diffusione è avvenuta quasi esclusivamente a partire dalla seconda metà del 1900 con numerose sperimentazioni e brevetti.

È possibile suddividere i materiali polimerici in tre classi:

- Polimeri termoindurenti
- Polimeri termoplastici
- Elastomeri

I polimeri termoindurenti sono generalmente fragili e presentano scarsissime deformazioni di tipo plastico. Alcuni esempi di questi polimeri sono: PU (poliuretano), resine epossidiche e polifenoli.

I polimeri termoplastici hanno comportamento fragile al di sotto della  $T_g$  e duttile al di sopra. Alcuni esempi di questi polimeri sono: PET (polietilente-reftalato), PVC (polivinilcloruro), PP (polipropilene) e PMMA (polimetilmetacrilato).

Gli elastomeri sono caratterizzati da notevoli deformazioni di tipo elastico (reversibile) prima di giungere a rottura, che possono arrivare anche all' 800% di allungamento. Alcuni esempi di elastomeri sono: gomma SBR (Styrene Butadiene Rubber) e Caucciù (poliisoprene naturale).

Attualmente sono in uso due certificazioni principali per valutare le proprietà antibatteriche di tessuti, plastiche e materie non porose: ISO 21702:2019 "Measurement of antiviral activity on plastics and other non-porous surfaces" ed ISO 18184:2019 "Textiles - Determination of antiviral activity of textile products". Come già visto per i materiali ceramici, anche in questo caso, la scala di valori di R va da:  $R_0 < 90\%$  fino a  $R_5 > 99,999\%$ ; generalmente, per queste classi di materiali, si considerano ottimi i valori a partire da  $R_3$  ( $>99.9\%$ ).

Classificazione e tipologie dei principali polimeri e biopolimeri con proprietà antibatteriche:

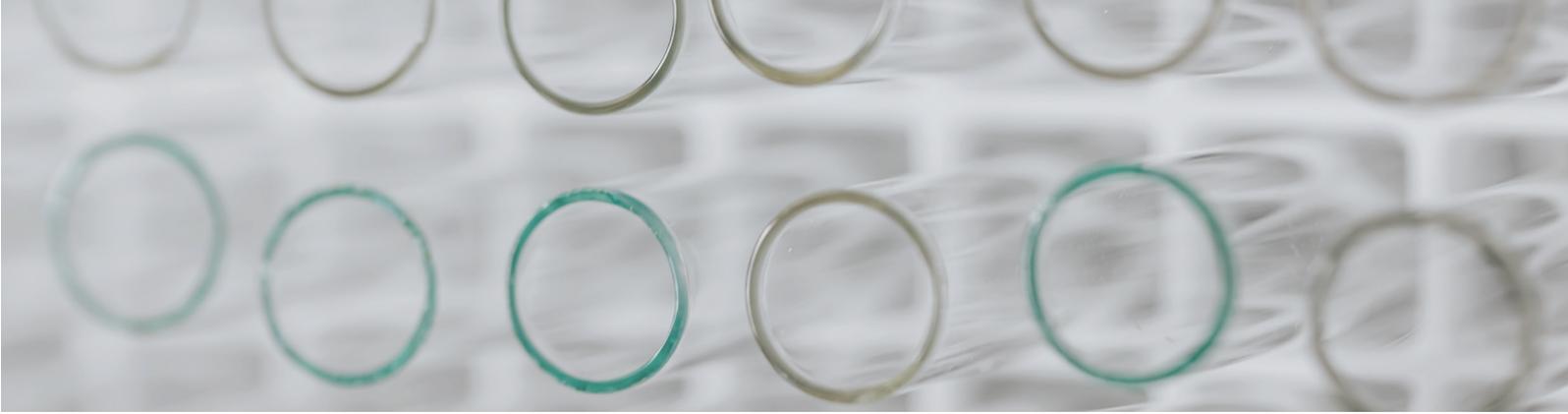
- Polimeri naturali e sintetici con intrinseche proprietà antimicrobiche:

- . Peptidi naturali antimicrobici (AMPs)
- . Peptidomimetici sintetici (SMAMPs)

- Polimeri modificati chimicamente:

- . Nella parte bulk ("in massa", a livello strutturale)
- . In superficie

I peptidi naturali (AMPs) sono classificati in base alla loro origine (animale o vegetale), alla loro composizione e struttura di aminoacidi ed in base al loro meccanismo d'azione.



Generalmente gli AMPs hanno strutture primarie con sequenze di aminoacidi che variano dai 12 ai 50, e strutture secondarie di tipologia  $\alpha$ -elicoidale tridimensionali. Il meccanismo d'azione può essere "di membrana", il quale avviene con AMPs in grado di destabilizzare e rompere le membrane batteriche, o ad azione "non di membrana", con AMPs che sono in grado di traslocare attraverso le membrane e destabilizzare le funzioni cellulari batteriche.

È stato dimostrato che questa tipologia di peptidi naturali antimicrobici è in grado di agire efficacemente contro diversi batteri Gram-positivi, Gram-negativi, funghi e virus.

Nonostante la loro efficacia, le strutture polimeriche a base di AMPs non trovano applicazione nel mercato dei materiali antibatterici principalmente a causa della loro limitata biodisponibilità, degli alti costi di produzione e soprattutto a causa della possibile degradazione ad opera di enzimi proteolitici (in grado di spezzare i legami peptidici), per questi motivi sono stati messi a punto i polimeri sintetici peptidomimetici.

Questa tipologia di polimeri sintetici, possiede caratteristiche chimico-fisiche analoghe a quelle dei polimeri naturali, ma grazie ad un triplo legame (che sostituisce il legame peptidico), non è più possibile la rottura dei legami ad opera di enzimi proteolitici, il che rende questi polimeri più resistenti, dunque più facilmente impiegabili.

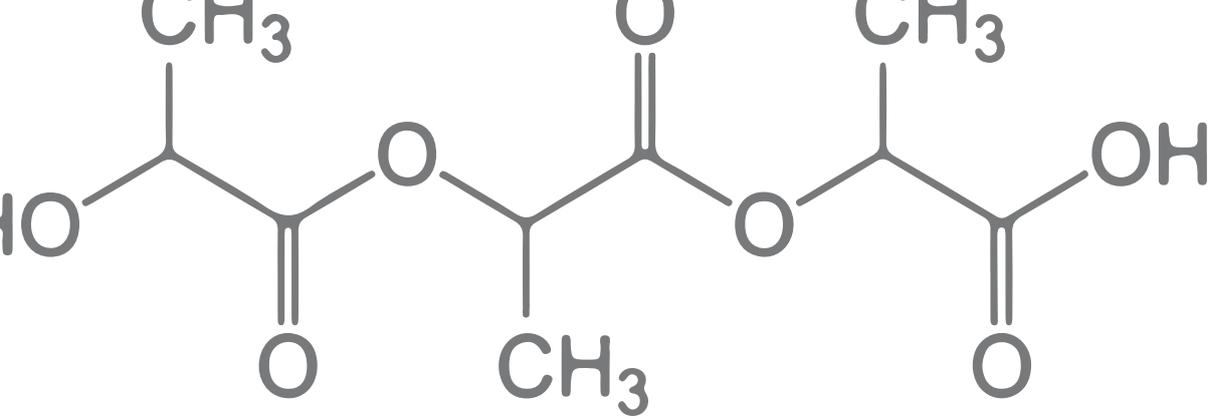
I peptidomimetici sono attualmente in uso quasi esclusivamente per applicazioni in campo biomedicale; non sono ancora stati resi noti progetti commerciali volti ad impiegare polimeri sintetici peptidomimetici nel campo dell'interior design o dell'edilizia, tuttavia, essendo continuamente oggetto di studi e di ricerche, potrebbero esserci i presupposti per future applicazioni anche in questi campi.

La seconda classe di polimeri presa in esame è costituita da tutti quei polimeri che possiedono proprietà antibatteriche conferite da modifiche chimiche a livello strutturale o superficiale.

I polimeri modificati a livello strutturale, sono funzionalizzati attraverso l'impiego di nanoparticelle (di tipo organico o inorganico) che consentono di ottenere ulteriori proprietà o di migliorare caratteristiche intrinseche.

Per ottenere dei polimeri antibatterici, è necessario selezionare nanoparticelle con caratteristiche antimicrobiche o battericide da incorporare nelle matrici polimeriche; una volta avvenuta la modifica, la produzione di tali polimeri si esegue attraverso le stesse tecniche di quelli tradizionali (estrusione, stampaggio ad iniezione, termoformatura, ecc.).

Le nanoparticelle maggiormente impiegate per ottenere un'elevata efficacia antibatterica sono di tipo metallico, le più diffuse sono quelle di: ossido di zinco (ZnO), biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) e argento (Ag-NPs).



Negli ultimi anni, sta aumentando esponenzialmente l'utilizzo di questo sistema su matrici polimeriche di tipo biodegradabile (come il PLA o il PLGA).

Un altro metodo per ottenere questo tipo di polimeri antibatterici è la modifica della superficie attraverso la reazione chimica a diverse sostanze o a radiazioni elettromagnetiche, le alternative sono: funzionalizzare lo strato più superficiale del polimero (rompendo legami polimerici per consentire la successiva modifica chimica), oppure creare un coating (sottilissimo strato che funge da rivestimento superficiale).

È possibile ottenere buoni risultati mediante l'uso di gas ionizzato (plasma); questa tecnica consente di modificare lo strato più superficiale con uno spessore compreso tra 1 e 10 nm circa, richiede una bassa pressione (0,1-100 Pa) e la presenza di gas quali ad esempio N<sub>2</sub>, Ar o CF<sub>4</sub>.

L'efficacia antibatterica dei polimeri modificati chimicamente dipende dalla tipologia di processo e di materiale antibatterico di cui si è fatto uso per ottenerli.

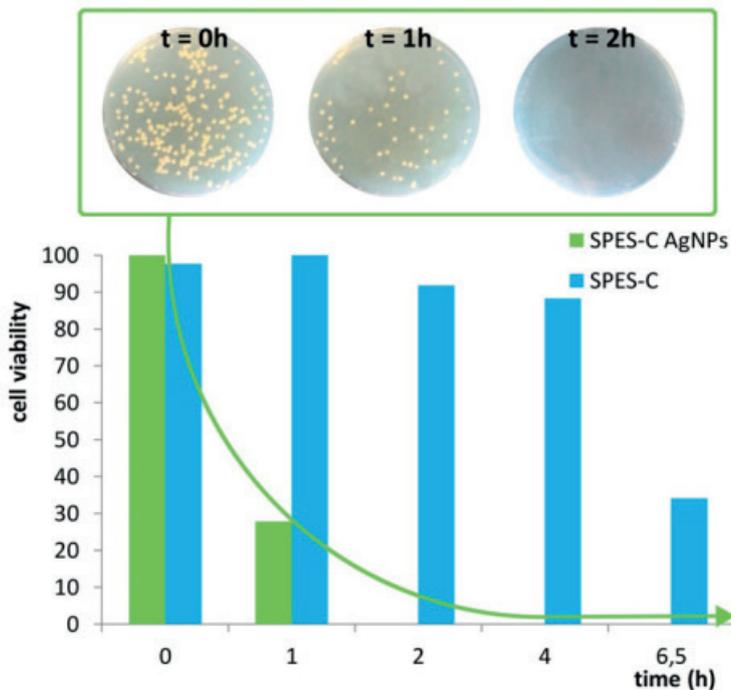
Qui di seguito è riportato un estratto da un test antibatterico effettuato su polimero funzionalizzato con nanoparticelle di argento. [5]



Condizioni del test:

- Caratteristiche dei provini: due campioni della grandezza di 1 cm<sup>2</sup>
- Materiali testati: membrana polimerica nanocomposita di polietersulfone solfonato (SPES-C) con nanoparticelle di Argento (AgNPs); membrana polimerica di SPES-C a matrice nuda (senza nanoparticelle)
- Identificazione del ceppo batterico utilizzato: Escherichia coli

Ciascun campione è stato immerso in 20 ml di sospensione batterica e incubato a 37°C con leggera agitazione (300 giri al minuto); ad intervalli regolari (prima di 1h, poi 2h, infine dopo 2,5h) è stato effettuato il controllo della vitalità (con conta batterica) prelevando 100 µl di sospensione da ciascun campione.



[5] - Immagine di un grafico rappresentante l'attività battericida di un campione di SPES-C con AgNPs (in verde) rispetto al polimero privo di nanoparticelle (in blu).

Grafico e dati tratti da: B. Domènech, M. Muñoz, D.N. Muraviev, J. Macanás, "Polymer-Silver Nanocomposites as Antibacterial materials", capitolo dal libro "Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education", 2013, Vol.1, [pp.630-640]

La membrana di SPES-C con AgNPs è in grado di eliminare oltre i 2/3 dei batteri già durante la prima ora, per poi arrivare ad un'efficacia pari al 100% in 2h; mentre per lo SPES-C senza AgNPs, la vitalità delle cellule batteriche rimane pressoché inalterata per le prime 4h, per poi iniziare ad avere un calo significativo solo una volta trascorse 6,5h.

## 3.5 - Grafene



*Rappresentazione della struttura del grafene*

Il grafene è descrivibile come un monostrato di atomi di carbonio dallo spessore irrisorio di un solo atomo, dunque caratterizzato da una struttura bidimensionale; la struttura è rappresentata da celle esagonali (struttura derivante dalla grafite).

Si tratta di un materiale di recente scoperta, i primi a descriverne la struttura, e ad applicarlo nella realizzazione di un transistor, sono stati i due fisici A. Gejm e K. Novosëlov nel 2004; queste scoperte hanno permesso ai due fisici di vincere il premio Nobel per la fisica nel 2010.

Ad oggi sono noti diversi metodi per produrre il grafene, tutti prevedono di estrarlo dalla grafite ma con modalità diverse tra loro, i principali sono:

- Esfoliazione meccanica
- Esfoliazione in fase liquida
- Ossidoriduzione

Tramite esfoliazione meccanica, è applicata una forza sulla superficie di cristalli di grafite che consente di staccare e separare gli strati cristallini fino all'ottenimento del singolo strato.

A. Gejm ha messo a punto un metodo molto semplice, ma non applicabile al settore industriale. Attraverso l'uso del nastro adesivo (metodo scotch-tape) messo a contatto con la grafite, è possibile far aderire e quindi staccare strati di materiale. Questo tipo di metodo è facilmente applicabile, ma consentendo di isolare solo piccolissime porzioni di materiale, resta utile solo nel campo della ricerca.



Durante il processo di esfoliazione in fase liquida, si crea una sospensione a base di grafite in polvere mescolata insieme ad un solvente. Tale sospensione è sottoposta ad onde ultrasoniche o mixer ad alta forza di taglio; in questo modo avviene la rottura dei cristalli di grafite, che consente di arrivare ad ottenere i singoli strati. Tramite il passaggio della sospensione in ultracentrifuga, è possibile separare nuovamente il solvente dalle molecole di grafite, estraendo gli strati di grafene.

L'ossido di grafite ha una struttura lamellare in cui la distanza tra gli strati di grafene aumenta a causa dell'ingombro dell'ossigeno, questo consente, attraverso l'impiego di onde acustiche ultrasoniche o l'intercalazione di molecole d'acqua, di ottenere per esfoliazione l'ossido di Grafene, il quale a sua volta verrà sintetizzato in rGO (ossido di grafene ridotto).

Essendo un materiale di recente scoperta, sono in atto numerosi studi per conoscerne meglio le caratteristiche e proprietà, nonché per valutarne i possibili impieghi.

La tabella seguente [6] esprime le caratteristiche battericide di diverse forme di grafene: ossido di grafene (GO) e ossido di grafene ridotto (rGO), a contatto con alcuni tra i batteri maggiormente diffusi; è stato messo a confronto il loro impiego come unico materiale antibatterico rispetto al loro utilizzo all'interno di materiali nanocompositi funzionalizzati con AgNPs.

Tipologia materiale	Specie batterica	Metodo di valutazione	Concentrazione	Inibizione batterica
GO	S. aureus	ADA (metodo di diffusione dell'agar)	300 µg/ml	93.7 %
rGO	E. coli	Conteggio su piastra	100 µg/ml	88%
GO-AgNPs	E. coli/S. aureus	Conteggio su piastra	10 µg/ml	100%
rGO-AgNPs	E. coli	Conteggio su piastra	40 µg/ml	100%

[6] - Informazioni tratte da: P. Kumar, P. Huo, R. Zhang, B. Liu, "Antibacterial properties of graphene-based materials", articolo dalla rivista "Nanomaterials", 2019, Vol. 9, No. 5, doi:10.3390/nano9050737

Appare subito evidente che l'impiego di GO e di rGO è efficace a concentrazioni tra i 100 e i 300 µl/ml, mentre nel caso di funzionalizzazione con AgNPs sono sufficienti concentrazioni molto inferiori per ottenere un'efficacia addirittura superiore.





# 4 - L'impiego di materiali antibatterici nell'interior design

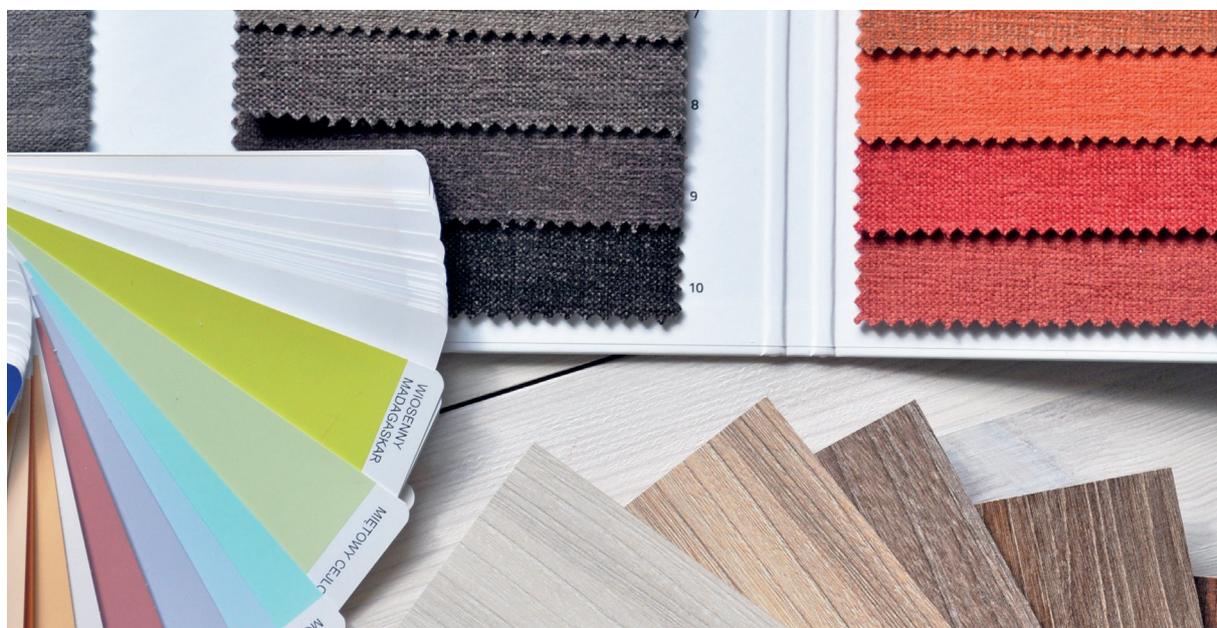
Gli spazi interni sono caratterizzati da molteplici elementi: complementi d'arredo, accessori e rivestimenti, tutti realizzabili con svariati materiali, forme, colori e finiture superficiali. Ciascun elemento può variare anche in base alla destinazione d'uso, alle dimensioni e alla tipologia d'utenza a cui è destinato lo spazio, creando una moltitudine di possibili combinazioni e soluzioni.

Che si tratti di spazi pubblici o privati, luoghi di svago o di lavoro, luoghi di permanenza o di transito, l'impiego di materiali antibatterici consente di semplificare, e talvolta ridurre al minimo, le operazioni di pulizia e sanificazione, rendendo più funzionale e sicuro qualsiasi tipo di ambiente.

Negli ultimi anni è cresciuto il numero di aziende, nel settore del design e dell'edilizia, che ha deciso di commercializzare linee di prodotti antibatterici, rivolgendosi ad un mercato ampio e variegato, e non più quasi esclusivamente a laboratori e strutture sanitarie come accadeva in precedenza.

Nei successivi paragrafi del capitolo, saranno descritti e classificati alcuni esempi di rivestimenti, pavimentazioni, complementi d'arredo, tessuti e prodotti, realizzati con diverse tipologie di materiali o di trattamenti antibatterici.

I casi studio selezionati, provengono da aziende italiane che hanno già brevettato, certificato e messo in commercio ciascuno di questi prodotti, dimostrando attenzione verso la sicurezza e la salute della persona, nonché la capacità di fornire soluzioni in grado di agevolare la fruizione degli spazi.



# 4.1 - Rivestimenti e pavimentazioni

## Caso studio per pavimentazioni :

**Azienda:** Iris Ceramica

**Sede:** Castellarano (RE), Italia

**Prodotto:** ceramiche linea Active Surfaces®

**Certificazioni:** ISO 27447 e ISO 22196 (per i batteri)  
ISO 18061 e ISO 21702 (per i virus)

## Descrizione caratteristiche e tipologia di materiale:

Ceramica fotocatalitica con tecnologia Active Surfaces® a base di Biossido di Titanio. Questo tipo di trattamento risulta efficace con qualsiasi tipo di illuminazione: naturale ed artificiale (anche di tipo LED).

## Applicazioni:

Ambiente domestico

Strutture ricettive e centri benessere

Uffici e spazi co-working

Attività commerciali e ristorazione

Strutture ospedaliere

Stazioni e aeroporti

Spazi espositivi e museali



Logo aziendale



Logo linea Active



Logo certificazioni ISO



## Collezioni :

### Pietra Basalto Active



Basalto beige



Basalto bianco



Basalto grigio



Basalto moro



Basalto nero

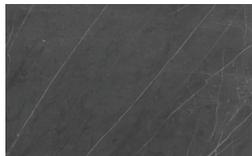
### Marble Active



Calacatta



Calacatta Statuario



Pietra grey

### Uni Active



Ice

### Urban Active



Dove



Grey



Ivory



White

# Panaria

ceramica

Logo aziendale

**PROTECT**<sup>®</sup>  
Antibacterial for Life.

Logo linea Protect



Logo certificazioni UNI



Logo certificazioni EN



Logo certificazioni ISO

## Caso studio per rivestimenti murali o piani d'appoggio :

**Azienda:** Panaria Ceramica

**Sede:** Finale Emilia (MO), Italia

**Prodotto:** collezioni Stone Trace e Iqoniqa - linea PROTECT<sup>®</sup>

**Certificazioni:** ISO 22196 – UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:201

### Descrizione caratteristiche e tipologia di materiale:

Gres porcellanato laminato (Stone Trace) e monoporosa (Iqoniqa) che sfruttano la tecnologia Microban<sup>®</sup> a base di ioni d'Argento per ottenere un'azione antibatterica con efficacia fino al 99,9%.

### Applicazioni:

Ambiente domestico

Strutture ricettive e centri benessere

Uffici e spazi co-working

Attività commerciali e ristorazione

Strutture ospedaliere

Stazioni e aeroporti

Spazi espositivi e museali



## Collezioni :

### Stone Trace



Glade

Creek

Crest

Abyss

Hollow

### Iqoniqa



Silk

Skin

Velvet

Touch



Brix silk

Brix skin

Brix velvet

Brix touch



Blossom  
silk

Blossom  
skin

Blossom  
velvet

Blossom  
touch



Spectrum



Stalks  
cold

Stalks  
warm

Poppy  
cold

Poppy  
warm

# 4.2 - Complementi d'arredo



technow  
TECHNICAL TEXTILE GENERATION

Logo aziendale



GRAPHENE™  
INSIDE THE FUTURE

Logo della linea  
Graphene Inside the Future



OEKO-TEX®  
CONFIDENCE IN TEXTILES  
STANDARD 100

Logo certificazione  
STANDARD 100



ISO

Logo certificazioni ISO

## Caso studio per complementi tessili :

**Azienda:** Technow SA

**Sede:** Coldrerio, Svizzera

**Prodotto:** tessuti progetto "Graphene Inside the Future"

**Certificazioni:** ISO 18184:2019  
STANDARD 100 by OEKO-TEX®

## Descrizione caratteristiche e tipologia di materiale:

Tessuti e filati funzionalizzati attraverso l'impiego di grafene a livello strutturale. Questa modifica consente di migliorare ed implementare le proprietà del tessuto tradizionale, senza perderne le caratteristiche originarie. È sufficiente una minima percentuale di grafene nella composizione del tessuto (tra lo 0,5% e il 3%) per ottenere proprietà antibatteriche, antistatiche, anti-odore e di tipo termico.

## Applicazioni:

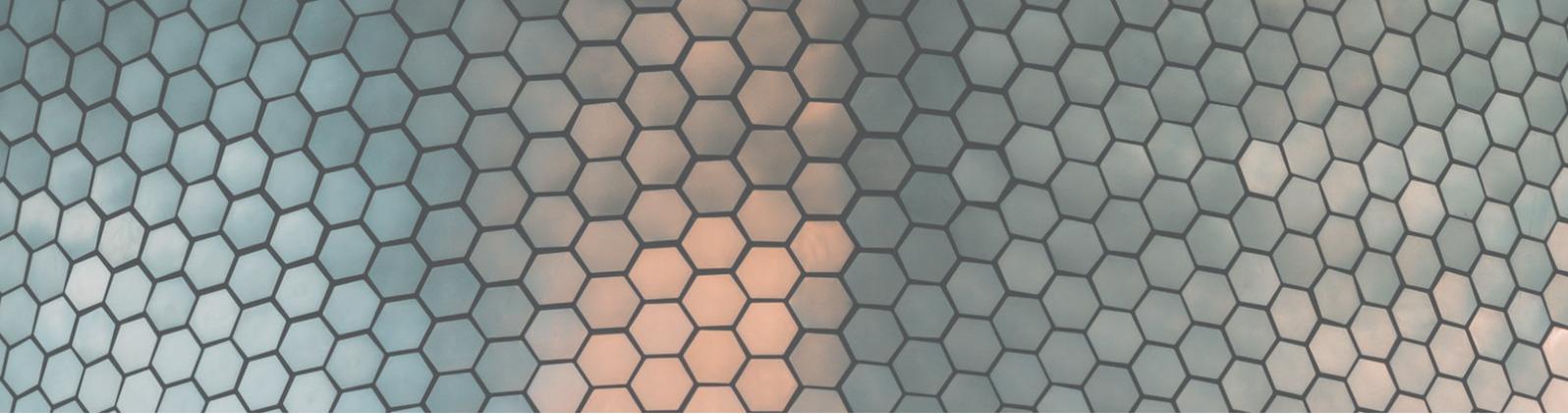
Rivestimenti di sedute e divani

Tendaggi e tappeti

Divise e tenute da lavoro per vari ambiti

Complementi tessili per la ristorazione

Complementi tessili per il settore ospedaliero



## Gamma di prodotti :

### Tessuti e filati



- Poliestere: con 0,5% - 1% di Grafene
- Nylon: con 0,5% - 1% di Grafene
- Cotone: con 0,5% - 2,5% di Grafene
- Rayon: con 0,5% - 2,5% di Grafene

### Imbottiture in foglio per vari impieghi



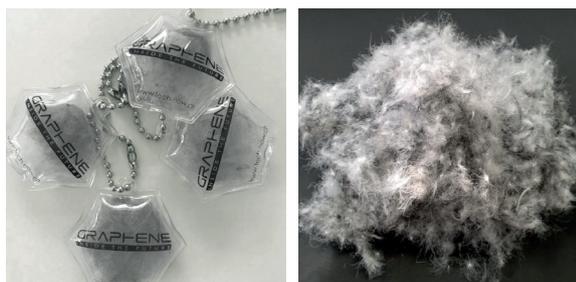
0,5% - 1,5% Grafene  
99,5% - 98,5% Poliestere riciclato

### Imbottiture in fiocchi per vari impieghi



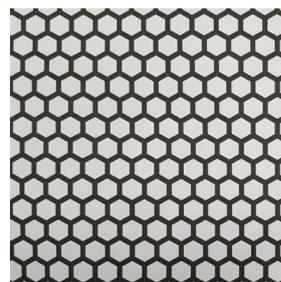
0,5% - 1,5% Grafene  
99,5% - 98,5% Poliestere riciclato

### Imbottitura per piumino



0,5% - 1,5% Grafene  
99,5% - 98,5% Poliestere riciclato

### Membrane



0,5% - 3% Grafene

(Immagine rappresentative tratte dal sito dell'azienda)

# DECASTELLI

Logo aziendale

**ALPHA**  
*Rame at home*

Logo linea e prodotto



Logo certificazioni UNI



Logo certificazioni EN



Logo certificazioni ISO

## Caso studio per sedute e piani d'appoggio :

**Azienda:** De Castelli

**Sede:** Crocetta del Montello (TV), Italia

**Prodotto:** Alpha – collezione "Rame at Home"

**Certificazioni:** UNI EN ISO 9001:2015  
UNI EN ISO 3834  
UNI EN 1090:2009

### Descrizione caratteristiche e tipologia di materiale:

Tavolo contenitore modulare, utilizzabile anche come seduta; soluzione utile e versatile per spazi comuni condivisi, per occasioni di ritrovo o di relax.

Il rivestimento in rame naturale lavorato con tecnica DeErosion, crea un effetto grafico tridimensionale mantenendo intatte le proprietà antibatteriche del materiale.

### Applicazioni:

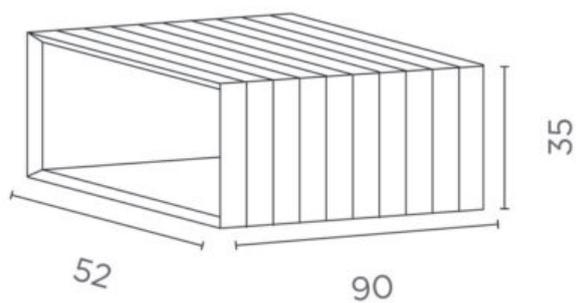
Ambiente domestico

Strutture ricettive e centri benessere

Sale d'attesa e spazi comuni

Attività commerciali

Spazi espositivi e museali



*Il disegno assonometrico mostra le dimensioni in cm del tavolo Alpha*



*Immagini tratte dal sito dell'azienda. Sono rappresentate diverse configurazioni del tavolo Alpha*

# 4.3 - Prodotti ed altri impieghi

## Caso studio di prodotto per l'interior design :

**Azienda:** Vimar

**Sede:** Marostica (VI), Italia

**Prodotto:** linea di interruttori luci, prese e pulsantiere Plana Antibacterial

**Certificazioni:** EN ISO 9001:2015  
EN ISO 14001:2015

### Descrizione caratteristiche e tipologia di materiale:

I pulsanti e le placche di questa linea sono realizzati in materiale polimerico addizionato con Biomaster (un biocida a base di ioni d'argento ad ampio spettro). L'efficacia del trattamento è stata verificata anche da analisi condotte dal Dipartimento di Medicina Molecolare dell'Università di Padova. I test hanno evidenziato un'efficacia biocida che va oltre il 90% (nell'arco di 24h) su oltre 50 specie di batteri.

### Applicazioni:

- Ambiente domestico
- Strutture ricettive e centri benessere
- Uffici e spazi co-working
- Attività commerciali e ristorazione
- Strutture ospedaliere
- Stazioni e aeroporti
- Edifici scolastici
- Spazi espositivi e museali



# VIMAR

Logo aziendale



## ANTIBACTERIAL

Logo della linea



Logo certificazioni EN



Logo certificazioni ISO



## Gamma di prodotti :



Placca disponibile in 24 varianti cromatiche



Presa di corrente di tipo schuko disponibile in 4 varianti cromatiche



Interruttore standard per placca



Interruttore bipolare per placca



Presa di corrente per placca

*(Immagine rappresentative tratte dal catalogo online dell'azienda)*



Logo aziendale



Logo linea



Logo certificazioni ISO

## Caso studio di prodotto per l'interior design :

**Azienda:** SIA snc

**Sede:** Cusago (MI), Italia

**Prodotto:** maniglie antibatteriche per porte e finestre serie ASEPTIKA

**Certificazioni:** ISO 22196:2011

### Descrizione caratteristiche e tipologia di materiale:

Maniglie in materiale polimerico addizionato con trattamento antibatterico a base di ioni d'argento. Dotate di alta resistenza all'abrasione, antistatiche, materiale completamente riciclabile.

I test effettuati hanno evidenziato un'efficacia fino al 99,8% per l'eliminazione di germi, virus e batteri (in particolare quelli di tipo MRSA).

### Applicazioni:

- Ambiente domestico
- Strutture ricettive e centri benessere
- Uffici e spazi co-working
- Attività commerciali e ristorazione
- Strutture ospedaliere
- Stazioni e aeroporti
- Edifici scolastici
- Spazi espositivi e museali



## Gamma di prodotti :



Rappresentazione di una maniglia completa per entrambi i lati di una porta



*Varianti cromatiche disponibili*



Maniglia su rosetta tonda con bocchetta tonda e foro patent



Maniglia su rosetta tonda con bocchetta tonda e foro yale



Maniglia su rosetta tonda con nottolino libero/occupato per WC

*(Immagini tratte dal sito dell'azienda)*



# 5 - Comparazione ed analisi

Esistono svariati metodi di analisi ed aspetti da prendere in considerazione per un confronto tra materiali "tradizionali" ed antibatterici.

Analizzare le diverse caratteristiche e prestazioni fornite da queste due famiglie di materiali, è un approccio che consente di comprendere quali siano le rispettive possibilità di impiego attuali e future. Conoscere i limiti e i punti di forza del materiale, rispetto alle esigenze e requisiti dati dall'ambito e dall'utenza, aiuta a valutarne la fattibilità circa l'utilizzo e dona strumenti utili al progettista.



# 5.1 - Analisi qualitativa

Sono state prese in considerazione le principali caratteristiche e proprietà dei materiali antibatterici rispetto ai cosiddetti tradizionali, ovvero tutti quei materiali che non presentano capacità di uccidere o inibire germi, batteri e virus.

	MATERIALE ANTIBATTERICO	MATERIALE TRADIZIONALE
Operazioni di pulizia e sanificazione delle superfici ridotte al minimo		
Idoneità all'impiego in spazi condivisi e ad alta frequentazione		
Minor consumo di risorse (per le operazioni di pulizia e manutenzione)		
Incremento della sicurezza (in termini di igiene e salute della persona)		
Contenimento dei costi (in termini di materie prime, produzione e prezzo dei prodotti finali)		

I materiali antibatterici sono generalmente caratterizzati da costi più elevati rispetto alla maggior parte dei materiali tradizionali, in quanto vengono sottoposti a specifici trattamenti o addizionati con particolari sostanze, il che rende le operazioni di produzione più complesse e costose, facendo aumentare di conseguenza anche il prezzo del prodotto finale.

L'aspetto economico incide particolarmente sulla scelta del materiale da impiegare in un progetto; malgrado i numerosi benefici ed aspetti positivi dati dall'impiego di materiali antibatterici nell'interior design, il loro costo potrebbe scoraggiare l'utente (specialmente in ambito privato) facendo ricadere la scelta su materiali tradizionali.

Tuttavia, è opportuno considerare che il potenziale risparmio economico dato dall'uso di un materiale tradizionale rispetto ad uno antibatterico, è condizionato dal fatto che il primo necessiterà di maggior impiego di risorse per la pulizia, sanificazione e manutenzione rispetto al secondo, facendone aumentare il costo e lo spreco di risorse.

## 5.2 - Analisi S.W.O.T

L'analisi di tipo SWOT deve il suo nome all'acronimo delle parole chiave che la identificano: Strengths (punti di forza), Weaknesses (punti di debolezza), Opportunities (le opportunità) e Threats (le minacce). Si tratta di una metodologia molto semplice ma efficace, consente di valutare aspetti positivi e negativi che sono certi, ma anche quelli potenziali, in modo tale da ottenere un riscontro immediato in termini qualitativi e quantitativi. Una volta stilati gli elenchi per ciascuna categoria di materiali, è possibile confrontare e soppesare le varie voci, al fine di ricavarne una valutazione sugli effettivi benefici dati dall'impiego di una categoria di materiali piuttosto che dall'altra.

	STRENGTHS Punti di forza	WEAKNESSES Punti di debolezza	OPPORTUNITIES Opportunità	THREATS Minacce
MATERIALI ANTIBATTERICI	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idoneità all'impiego in luoghi ad alta frequentazione o che necessitano di alti standard igienici (cliniche e studi medici, strutture ospedaliere, RSA, laboratori)</li> <li>-È garantita e certificata la sicurezza e l'efficacia antibatterica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costi mediamente più elevati rispetto ai materiali tradizionali</li> <li>-Operazioni di produzione più complesse</li> <li>-Alcuni materiali antibatterici non possono essere riciclati (o necessitano di operazioni più complesse per farlo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Possibilità di impiego in ambito domestico, luoghi di lavoro, luoghi di svago e mezzi di trasporto, per migliorarne le condizioni igieniche e di sicurezza per la salute della persona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alcuni trattamenti superficiali o additivi antibatterici potrebbero rivelarsi tossici o poco sostenibili dal punto di vista ambientale</li> </ul>
MATERIALI TRADIZIONALI	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Vasta scelta e facile reperibilità</li> <li>-Contenimento dei costi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-È necessaria la sanificazione e frequenti operazioni di pulizia</li> <li>-Non è garantita la sicurezza o l'efficacia contro germi, batteri e virus</li> <li>-Alcune tipologie di materiali non possono essere riciclate (o necessitano di operazioni più complesse per farlo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Molti materiali tradizionali possono essere riciclati o riutilizzati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alcuni materiali potrebbero rivelarsi tossici o poco sostenibili dal punto di vista ambientale</li> </ul>

Il quadro delineato dall'analisi porta a diverse riflessioni; le potenziali minacce, quindi i possibili aspetti negativi, per entrambe le categorie sono i medesimi. Questo risultato conduce ad una riflessione di carattere generale, infatti a prescindere dal requisito di antibattericità, da ambo le parti possono esistere materiali non sostenibili a causa dei loro processi di estrazione, lavorazione, produzione e modalità d'impiego, o addirittura potenzialmente tossici, quindi dannosi per la salute della persona.

Guardando agli altri aspetti, si può notare come il requisito di riciclabilità e riutilizzo sia presente in entrambe le categorie, ma con accezioni diverse; mentre per i materiali tradizionali compare sia come punto debole che come opportunità, in quanto esistono alcune tipologie non riciclabili, ma anche molte riciclabili (e che sfruttano già questo tipo di processi), per i materiali antibatterici appare una questione più complessa. Ad esclusione di materiali come ad esempio il Rame puro, che sono formati da un unico elemento e possono essere riciclati e reimpiegati, la maggior parte dei materiali antibatterici è caratterizzata dalla presenza di additivi strutturali o superficiali che ne rendono complessa la suddivisione in distinti materiali, dunque ne compromettono il riciclo.

Allo stesso modo la voce dei "costi" appare come un punto di forza per i materiali tradizionali, che possono vantare metodi e tecnologie di creazione e sviluppo consolidati, tanti produttori e tanta concorrenza, i quali hanno portato, nella maggioranza dei casi, via via ad un abbattimento dei costi.

Viceversa, i costi sono un punto debole per i materiali antibatterici, i quali sono prodotti solo da alcuni decenni, richiedono operazioni più complesse, specifiche certificazioni, esistono meno produttori specializzati e di conseguenza meno concorrenza, facendoli rimanere una tipologia di materiali meno diffusi e dal prezzo superiore alla media dei tradizionali. Tuttavia, la recente pandemia ha risvegliato l'interesse per questi materiali e per le loro specifiche caratteristiche, aumentandone la richiesta, e di conseguenza dando una spinta alla produzione e alla ricerca in questo campo.

Infine, i punti di forza dei materiali antibatterici diventano automaticamente punti deboli per i tradizionali; il fatto di necessitare di trattamenti di sanificazione, o di più frequenti operazioni di pulizia, li rende meno sicuri e meno adatti in primis agli ambienti ospedalieri, ma in generale a qualsiasi ambiente ad alta frequentazione o condiviso, complicandone la fruizione da parte degli utenti e la gestione generale.





# 6 - Conclusioni

Attualmente, la maggior parte dei materiali e trattamenti superficiali presi in esame in questo lavoro di tesi, è impiegata perlopiù in campo biomedico, per specifiche applicazioni in ambito tecnologico oppure in quello industriale. Il motivo principale per cui la loro diffusione è ancora modesta nel campo dell'interior design, è il loro costo, generalmente più elevato rispetto ai materiali tradizionali, ma anche, in secondo luogo, per i loro processi produttivi, lavorazioni e/o trattamenti che risultano più complessi ed articolati.

Un altro aspetto importante, di cui tenere conto, sono i dosaggi di alcune tipologie di nanoparticelle e materiali che, se impiegati al di sotto di un certo range, assicurano buone prestazioni antibatteriche, ma nel caso in cui si dovesse superare il dosaggio limite testato, il loro rilascio può condurre ad intossicazioni più o meno gravi. In tal senso, i materiali di recente scoperta o applicazione, come le nanoparticelle metalliche e il grafene, creano pareri contrastanti all'interno del mondo scientifico circa il loro impiego su superfici di contatto e dispositivi biomedicali.

Risultano in atto diversi studi in grado di fornire nuovi dati scientifici e maggiori conoscenze sul rilascio, l'esposizione e i potenziali pericoli dati da diverse tipologie di nanoparticelle, che consentirebbero di giungere a risultati concreti, e soprattutto ad una reale conoscenza, circa l'interazione tra nanomateriali e organismi ed ecosistemi.

Per questi motivi si può ritenere che il design, unito alla tecnologia, ha il compito di continuare a creare, sviluppare e diffondere sul mercato materiali che coniughino sostenibilità e prestazioni antibatteriche, studiando metodologie per semplificarne i processi produttivi, dunque abbatterne i costi, ed assicurando l'assenza di tossicità per la persona o rilascio di sostanze dannose per l'ambiente, così da poter rispondere al meglio ad esigenze attuali e future.



# Bibliografia

- Design Tech Hub, MIND Milano Innovation, *"Design Tech for Future: design e tecnologia per progettare il mondo dopo il Covid-19"*. White paper, Milano, 2020.
- Beverina L., *"Futuro materiale"*, il Mulino, Bologna, 2020.
- Del Curto B., Marano C., Pedferri M., *"Materiali per il design"*. 2ª edizione, Rozzano (MI), Casa Editrice Ambrosiana, 2015.
- Siedenbiedel F., Tiller J.C., *"Antimicrobial Polymers in Solution and on Surfaces: Overview and Functional Principles"*. Review, 2012, doi: 10.3390/polym4010046.
- Benedix, R.; Dehn, F.; Quaas, J.; Orgass, M., *"Application of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning building materials"*. Lacer, vol. 5, 2000, (pp. 157-168)
- Bono N., Ponti F., Punta C., Candiani G., *"Effect of UV Irradiation and TiO<sub>2</sub>-Photocatalysis on Airborne Bacteria and Viruses: An Overview"*, Review, 2021, doi: 10.3390/ma14051075
- Lin N., Verma D., Saini N., Arbi R., Munir M., Jovic M., Turak A., *"Antiviral nanoparticles for sanitizing surfaces: A roadmap to self-sterilizing against COVID-19"*, Review, 2021, doi: 10.1016/j.nantod.2021.101267
- Jung W.K, Koo H.C., Kim K.W, Shin S., Kim S.H., Park Y.H., *"Antibacterial Activity and Mechanism of Action of the Silver Ion in Staphylococcus aureus and Escherichia coli"*, articolo in *"Applied and Environmental Microbiology"*, 2008, Vol. 74, No. 7, (pp. 2171–2178)

- Michels H.T., Wilks S.A., Noyce J.O., Keevil C.W., *"Copper Alloys for Human Infectious Disease Control"*, studio presentato alla conferenza *"Materials Science and Technology Conference"*, 2005, Pittsburgh, PA
  
- Domènech B., Muñoz M., Muraviev D.N., Macanás J., *"Polymer-Silver Nanocomposites as Antibacterial materials"*, capitolo dal libro *"Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education"*, 2013, Vol.1, (pp.630-640)
  
- Ahmadi Y., Moeini N., Yadav M., Ahmad S., *"Antimicrobial polymer nanocomposite films and coatings"*, cap. 12 tratto da *"Handbook of Polymer Nanocomposites for Industrial Applications"*, Elsevier, 2021, (pp. 379-397)
  
- Kumar P., Huo P., Zhang R., Liu B., *"Antibacterial properties of graphene-based materials"*, articolo dalla rivista *"Nanomaterials"*, 2019, Vol. 9, No. 5, doi:10.3390/nano9050737
  
- Zamboni S., *"L'Italia della green economy: idee, aziende e prodotti nei nuovi scenari globali"*, Milano, Edizioni Ambiente, 2011

# Sitografia

## Per l'argomento generale:

- <https://www.matrix4design.com/it/architettura/come-cambia-lo-spazio-del-lavoro-intervista-a-livia-comes/?rm=1>
- <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=24070>
- [https://milano.corriere.it/notizie/cronaca/20\\_giugno\\_20/gli-uffici-versione-smart-4a502d66-b323-11ea-8839-7948b9cad8fb.shtml](https://milano.corriere.it/notizie/cronaca/20_giugno_20/gli-uffici-versione-smart-4a502d66-b323-11ea-8839-7948b9cad8fb.shtml)
- <https://blog.accademiamoda.it/la-lotta-alla-pandemia-coinvolge-anche-il-mondo-del-design-e-delledilizia/>
- <https://www.unife.it/it/notizie/2021/scienza-cultura-e-ricerca/covid-19-studio-unife-polimero-superfici-contaminate>
- <https://www.salute.gov.it/portale/home.html>

## Per i materiali presi in esame:

- <https://www.researchgate.net/>
- <https://www.polimerica.it/>
- <https://www.treccani.it/enciclopedia/titanio>
- <https://www.treccani.it/enciclopedia/argento>

- <https://it.wikipedia.org/wiki/Argento>
- <https://www.treccani.it/enciclopedia/rame>
- <https://thecopperhub.com/risorse/>
- <https://www.treccani.it/vocabolario/polimero/>
- <https://www.microbiologiaitalia.it/batteriologia/materiali-inorganici-e-biopolimeri-con-propriet%C3%A0-antibatteriche/>
- [https://wikiita.com/antimicrobial\\_peptides](https://wikiita.com/antimicrobial_peptides)
- <https://www.treccani.it/enciclopedia/grafene/>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Grafene>

### Per applicazioni interior design (casi studio):

- <https://www.vimar.com/it/it>
- [https://www.vimar.com/irj/go/km/docs/z\\_catalogo/DOCUMENTI/B\\_D20015-vimar-Plana-Antibacterial-depliant-IT.90021.pdf](https://www.vimar.com/irj/go/km/docs/z_catalogo/DOCUMENTI/B_D20015-vimar-Plana-Antibacterial-depliant-IT.90021.pdf)
- [https://www.irisceramica.it/active-surfaces?\\_gl=1\\*aq58eb\\*\\_up\\*MQ.\\*\\_ga\\*MTQ4Mzc0OTU0Ni4xNjYxMDE2MDg0\\*\\_ga\\_CHER6SYSE5\\*MTY2MTAxNjA4My4xLjAuMTY2MTAxNjA4My4wLjAuMA](https://www.irisceramica.it/active-surfaces?_gl=1*aq58eb*_up*MQ.*_ga*MTQ4Mzc0OTU0Ni4xNjYxMDE2MDg0*_ga_CHER6SYSE5*MTY2MTAxNjA4My4xLjAuMTY2MTAxNjA4My4wLjAuMA)

- <https://www.panaria.it/collezione/zero3-stonetrace>
- <https://www.panaria.it/collezione/iqoniga>
- <http://www.siamaniglie.it/produzione-vendita-maniglie-antibatteriche-aseptika.html>
- <https://www.decastelli.com/collection/product/de-castelli-alpha/>

**Per certificazioni di prodotti e processi:**

- <https://www.uni.com/>
- <https://www.en-standard.eu/>
- <https://www.iso.org/home.html>
- <https://www.active-surfaces.com/>
- <https://protect.panariagroup.it/>
- <https://www.microban.com/it/>
- <https://www.hpcitalia.it/biomaster/>



# Ringraziamenti

Grazie alla mia famiglia, ai miei genitori e mia sorella, ma anche agli zii, alle mie cugine e a mia nonna, perché hanno accolto con sincero entusiasmo la decisione di iscrivermi al Politecnico, non hanno mai smesso di incoraggiarmi e supportarmi durante tutto il percorso, ed infine hanno atteso con trepidazione la tesi.

Grazie a Beppe, mio compagno di vita, sempre presente e disponibile al confronto e al dialogo, dispensatore di consigli e mio maggior sostenitore.

Grazie alle amiche e agli amici di sempre, coloro che ci sono stati e che continuano ad esserci e a dimostrarmi il loro affetto, nonostante l'università ed il lavoro mi abbiano resa meno presente durante gli ultimi anni.

Grazie ai compagni di corso (alcuni divenuti anche amici), ed in particolare a Carmen, Francesco, Giorgia, Antonio e Simone, per aver condiviso con me questa esperienza, dimostrando fiducia e rispetto durante il lavoro in team, ma anche al di fuori dell'ateneo.

Grazie a tutti i datori di lavoro e ai colleghi che si sono susseguiti in questi anni; a coloro che si sono dimostrati attenti e disponibili nei miei confronti attraverso cambi di turni ed orari ("perché lo studio è importantissimo"), ma anche a tutti quelli che non lo hanno fatto, per i quali mi sono ritrovata ad affrontare turni di notte, prima di lezioni importanti o appelli d'esame, arrivando così la mattina successiva senza aver potuto dormire (o ripassare), perché, "a modo loro", mi hanno ricordato che per raggiungere gli obiettivi bisogna essere sempre pronti a fare dei sacrifici.

Grazie alla professoressa Bondioli, che ha accettato di essere la mia relatrice e guida durante quest'ultimo gradino della mia carriera universitaria.

Infine, grazie a tutti i docenti del collegio di Design, ciascuno di loro ha saputo lasciare un'impronta durante il mio percorso formativo.





**Politecnico  
di Torino**

