

Università degli Studi di Napoli Federico II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN

INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE

***Applicazione dei Nanotubi in carbonio
nel campo del trattamento delle acque***

RELATORE

Prof. Ing. Francesco Pirozzi

CORRELATORE

Ing. Antonio Panico

CANDIDATA

Annalisa Reale

Matr. N49/168

Anno Accademico 2013/2014

INTRODUZIONE

"La carenza di acqua, la sua mancata potabilizzazione, l'assenza di servizi igienici e sanitari provocano più vittime di tutte le guerre."¹

- Aumento della **popolazione** e delle **aree urbanizzate**;
- Diminuzione delle riserve di acqua di elevata qualità a causa dell'**inquinamento** legato all'attività antropica;
- **Emergenza Sanitaria.**



Trovare tecnologie più **efficaci** per il trattamento delle acque anche di non elevata qualità all'origine:

I nanomateriali

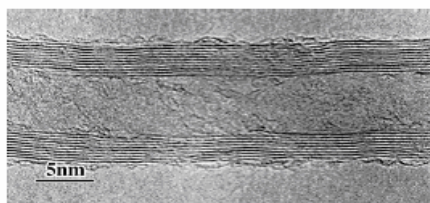
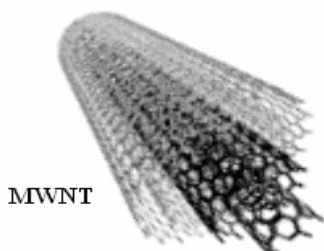
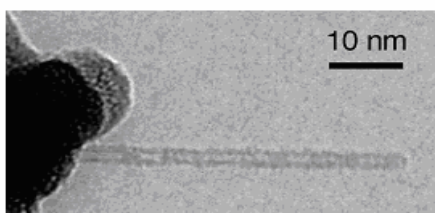
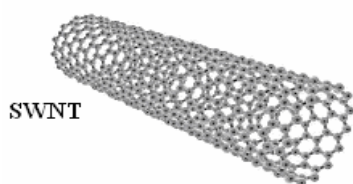
- Nanoparticelle di Argento (NAg);
- Biossido di Titanio (TiO₂);
- Nanotubi in carbonio (CTNs).

¹ direttore della United Nations University

DESCRIZIONE DEI CNT

Cosa sono: una **forma allotropica** del carbonio, configurazione di cilindro cavo.

Classificazione: in base alla **struttura** costituita da uno o più strati di grafene coassiali.



(b)

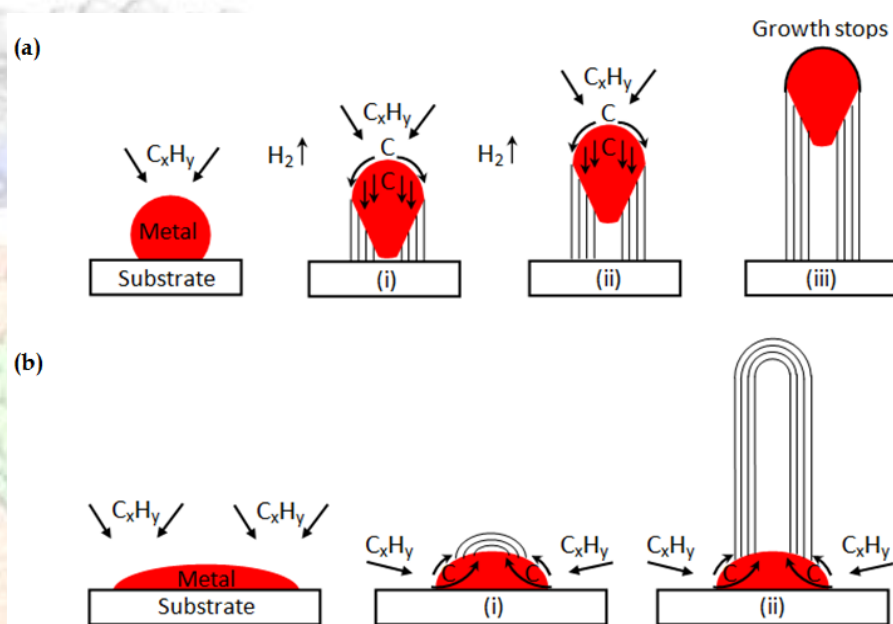
- Single Walled Carbon Nanotubes: un singolo strato di grafene. Dimensionalmente la base 2-3 nm e lunghezza varia fino al 2,3 mm.
- Multi Walled Carbon Nanotubes: due o più strati di grafene coassiali con diametro di 10 nm e lunghezza simile alle precedenti.

PRODUZIONE CNT

Chemical Vapour Deposition (CVD) è una delle tecniche di produzione, che consiste nella **dissoluzione** del carbonio in un catalizzatore metallico:

- Letto di catalisi: un **substrato** in silicio;
- **Catalizzatore** metallico in ferro o nichel;
- Gas inerte (idrogeno, azoto) come **stabilizzatore** del flusso;
- Gas contenente carbonio (metano, etilene, anidride carbonica) è la **sorgente** del composto.

Due possibili schemi di formazione: “di testa” e “di base”.



PROPRIETA'

- Hanno una **superficie specifica**, generalmente $> 150 \text{ m}^2/\text{g}$. La superficie specifica è utile per l'adsorbimento degli inquinanti;
- Potrebbero essere facilmente **funzionalizzati** con trattamento acido;
- La struttura **porosa uniforme** dei CNT riduce le limitazioni di trasferimento di massa dei reagenti;
- Hanno una buona **stabilità termica** e resistenza all'ambiente di base acido;
- Hanno un'ottima **resistenza** a trazione e una buona **flessibilità**.

Applicazioni:

- Tessile: per produrre indumenti altamente resistenti a lacerazione;
- Elettrico: in sostituzione del rame;
- Energetico: associati al silicio nei pannelli fotovoltaici;
- Medico: per la distruzione selettiva delle cellule tumorali;
- Ambientale: per il trattamento delle acque.

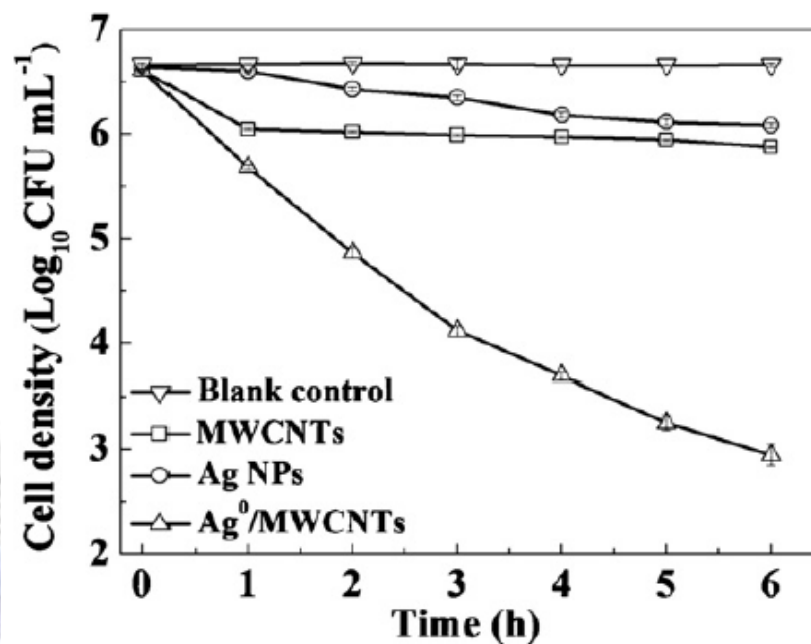
CNT NEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE

- Nei *processi di adsorbimento* di composti organici e inorganici al posto dei carboni attivi:
 - ~ Una migliore cinetica di assorbimento per la **struttura ordinata dei pori**;
 - ~ La **funzionalizzazione** migliora le proprietà adsorbenti.
- Nei processi di separazione come *membrane*:
 - ~ La maggiore velocità del processo dovuta alle **pareti lisce e idrofobe**;
 - ~ Maggiore **durata** delle membrane perché più resistenti;
 - ~ La selettività del processo è garantita senza compromessi, da:
 - Esclusione di ioni.
 - Rigetto per dimensione.
- Nei processi di *fotocatalisi*:
 - ~ Possono assorbire efficacemente anche le lunghezze d'onda dello spettro visibile;
 - ~ Non sono soggetti a fenomeni di foto-corrosione.

DISINFEZIONE DELLE ACQUE: ESEMPIO DI UN'APPLICAZIONE DEI CNT DROGATI CON ARGENTO

MWCNT drogati con una soluzione di AgNO_3 impiegati nella disinfezione di un campione di acqua contaminata da *Escherichia Coli*, esposti ad un'irradiazione fluorescente. Rispetto alla disinfezione con il *cloro* abbiamo il vantaggio di una buona efficienza senza sottoprodotti nocivi.

Monitorare l'efficacia:



I Risultati:

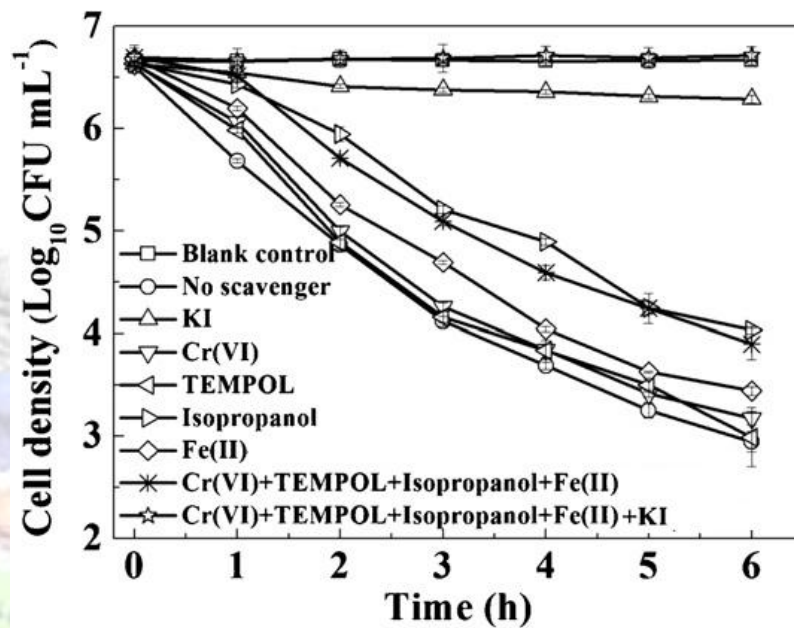
- Ag NP, 72% di inattivazione batterica;
- MWCNTs, 75% di inattivazione batterica;
- Ag/MWCNTs, **99,98%** di inattivazione batterica.

L'effetto battericida:

- Rilascio di ioni Ag^+ ;
- Specie reattive con l'ossigeno (ROS): $\bullet\text{OHs}$, $\bullet\text{OHb}$, H_2O_2 , $\bullet\text{O}_2^-$, H^+ , ed e^- .

Introduzione di reagenti detti "scavengers":

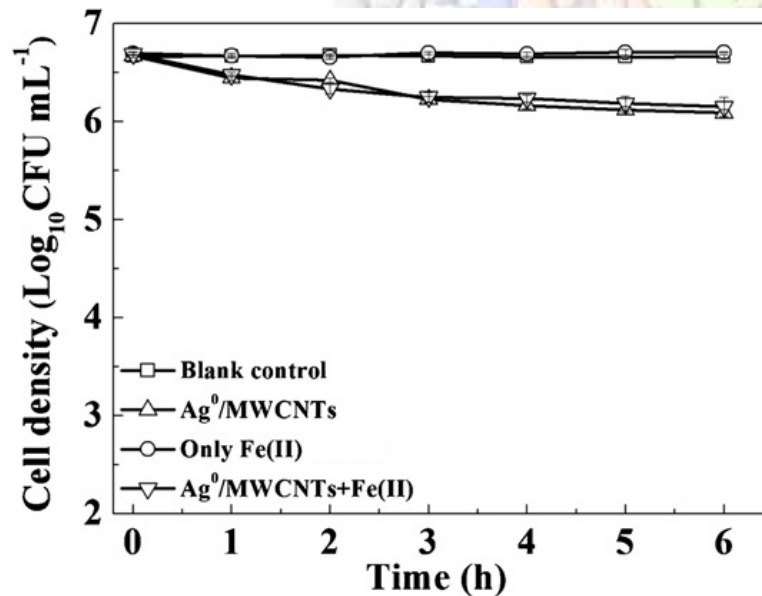
KI	H^+ ; $\bullet\text{OHs}$
TEMPOL	$\bullet\text{O}_2^-$
Cr(IV)	e^-
Fe(II)	H_2O_2
Isopropanolo	$\bullet\text{OHb}$



Risultati:

- KI ha diminuito l'efficacia da 3,67logCFU a 0,34logCFU;
- L'isopropanolo ha diminuito l'efficacia di disinfezione.

Sistema di partizione: la soluzione infetta è separata da quella contenente Ag/MWCNTs per mezzo di una **membrana**: solo H₂O₂ e OHb possono contribuire alla disinfezione.

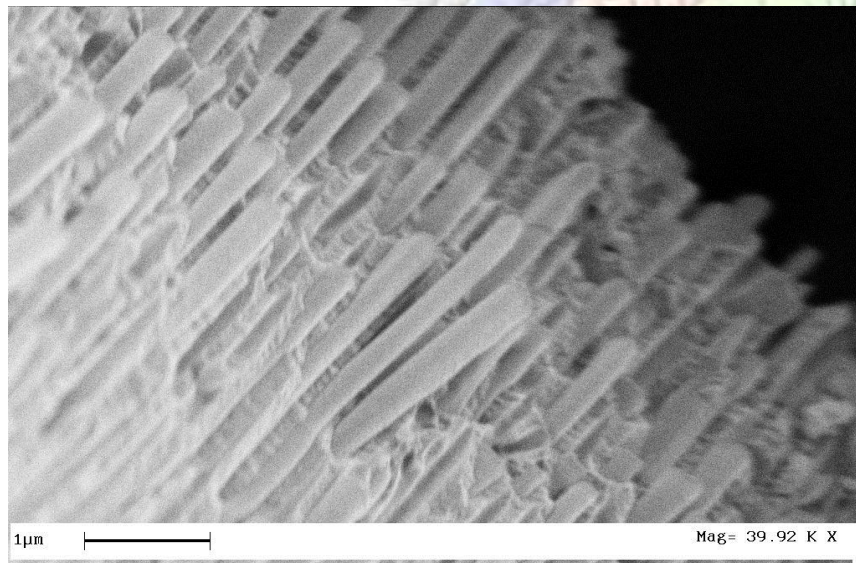


Risultati:

- Riduzione 0,5logCFU;
- L' H₂O₂ non influisce sulla disinfezione.

Dal sistema di non-partizione: il **contatto diretto** delle batteri con Ag/MWCNTs comporta la decomposizione la membrana dei batteri.

CONCLUSIONI



Vantaggi:

- Facilmente riproducibili;
- Costi contenuti grazie al loro crescente impiego nell'edilizia;
- Versatilità;
- Integrazione con altri materiali.

Svantaggi:

- Possibili interazioni col corpo umano.