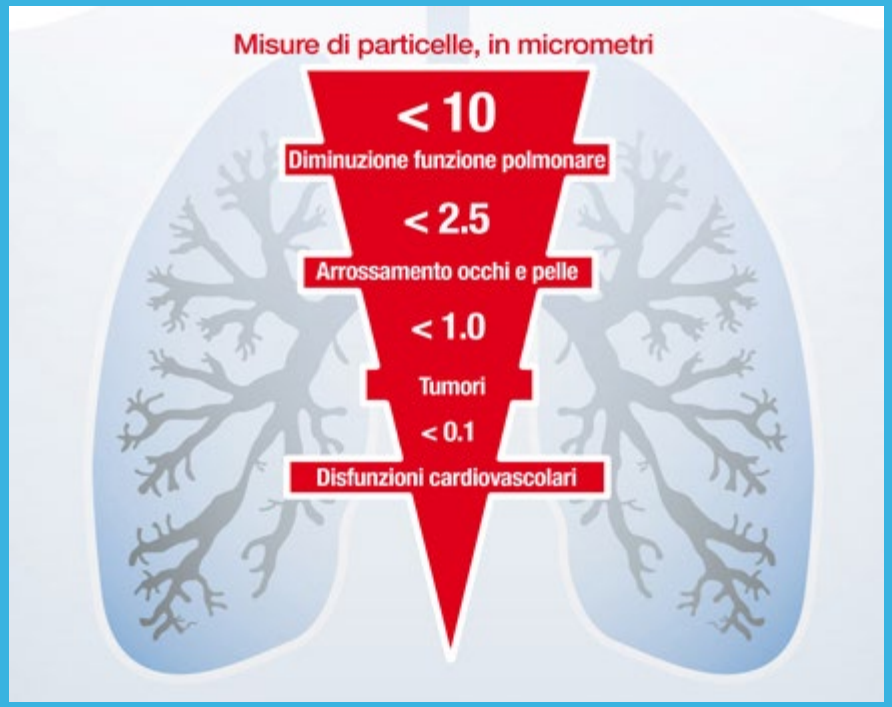
I QUADERNI DELL'ISEA: SALUTE E NANOMATERIALI



Termini e definizioni

I nanomateriali sono materiali prodotti appositamente che

- **presentano una, due o tre dimensioni in scala nanometrica* in (nano-oggetti)**
- **oppure la cui composizione interna o esterna presenta strutture in nanoscala (materiali nanostrutturati)**

**** nanoscala = dimensioni tra 1 e 100 nanometri (abbreviazione nm)***

ISEA Onlus

Termini e definizioni

Nano-oggetti con 3 misure esterne (=dimensioni) in scala nanometrica vengono denominati <u>nanoparticelle</u>

Per la protezione sul lavoro sono rilevanti in particolare polveri che contengono nanoparticelle granulari o nano-oggetti fibrosi (nanofibre, nanotubi, nanofilo) enthalten.

Le nanoparticelle possono unirsi per effetto di forze di legame forti o deboli, formando aggregati o agglomerati.

ISEA Onlus

"Nanopolveri" sono polveri che contengono nanoparticelle granulari oppure nano-oggetti fibrosi (nanofibre, nanotubi, nanofilo) nell'ordine di grandezza da 1 a 100 nm

ISEA Onlus

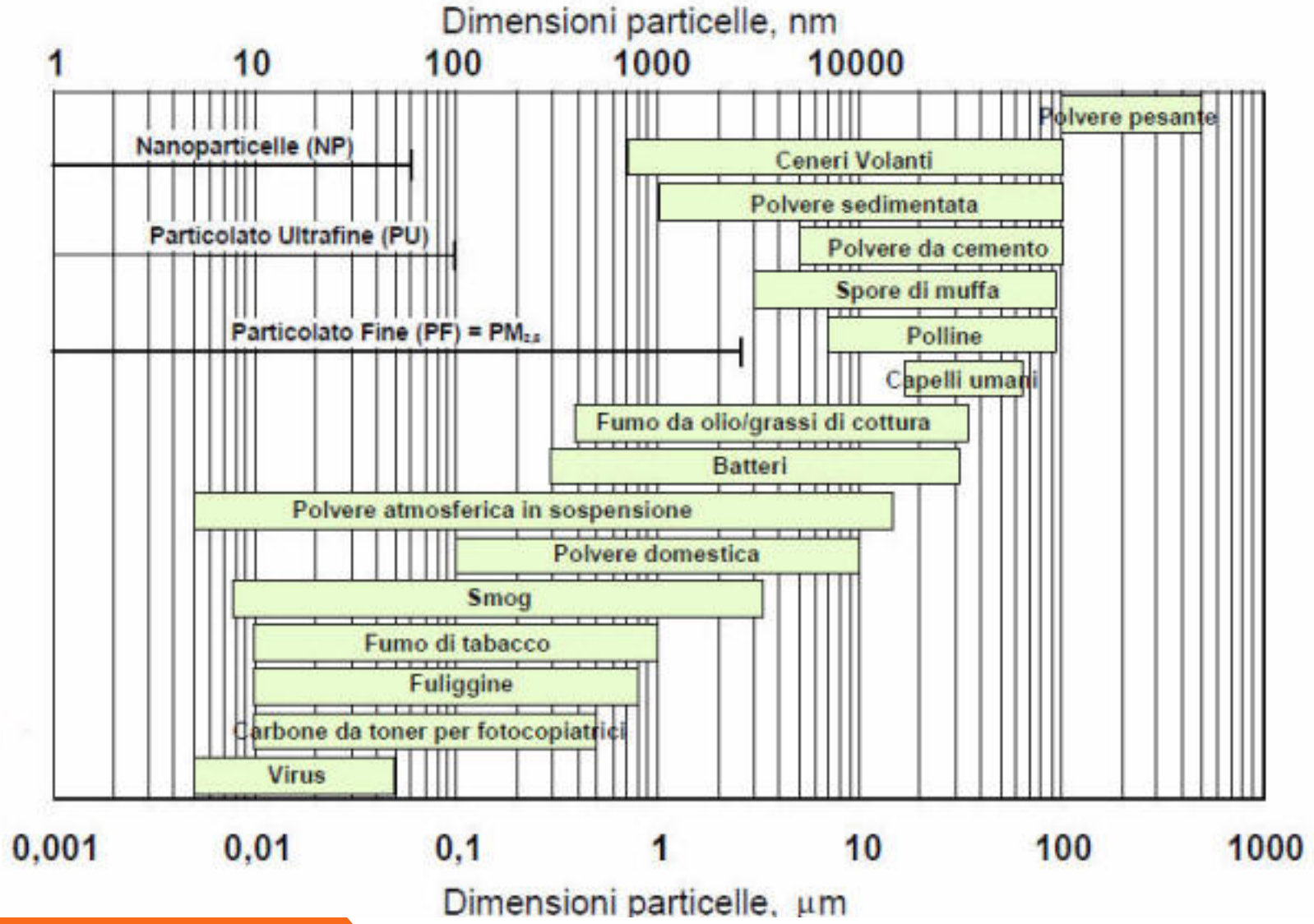
"Polveri ultrasottili" contengono anch'esse particelle nell'ordine di grandezza da 1 a 100 nm. Esse tuttavia, diversamente dalle nanopolveri si formano *in maniera accidentale*, ad esempio con processi termici (tra l'altro processi di saldatura) o lavorazione meccanica di materiali

ISEA Onlus

Per il termine "polvere sottile" vi sono diverse definizioni. Il termine "polvere sottile" è stato sostituito nella protezione sul lavoro dal termine "frazione di polvere alveolare" ("polvere A" sta per la frazione massica delle particelle inalabili che penetra negli alveoli).

ISEA Onlus

Le dimensioni dell'ultrafine



ISEA Onlus

DIFFERENZA DEI TERMINI: NANOPARTICELLE E POLVERI ULTRASOTTILI

Polveri ultrasottili (dimensione particellare da 1 a 100 nm) …

- **non vengono prodotte in modo mirato; si formano come sottoprodotto nei processi (termici)**
- **vengono causate dall'uomo**

Esempi: lavorazione del metallo, motori a combustione, riscaldamenti

- **provengono da fonti naturali**

  Esempi: cenere vulcanica, incendi boschivi, cicloni
- **sono costituite da una miscela complessa di sostanze chimiche (metalli, idrocarburi, materiali inerti, ecc.)**

ISEA Onlus

DIFFERENZA DEI TERMINI: NANOPARTICELLE E POLVERI ULTRASOTTILI

Nanoparticelle (dimensione particellare da 1 a 100 nm) …

- **vengono prodotte in modo mirato**
- **hanno particolari proprietà e funzioni a causa delle dimensioni nanometriche. Hanno ad esempio un altro colore rispetto allo stesso materiale nella microforma (ad es. oro) o sono molto più reattive (ferro piroforico)**
- **possono unirsi per effetto di forze di legame forti o deboli, formando aggregati o agglomerati**

Esempi: fuliggine di origine industriale, biossido di titanio, ossido di zinco, nanotubi di carbonio (CNT)

ISEA Onlus

CLASSIFICAZIONE NANOMATERIALI

NANOMATERIALI

NANO OGGETTI

MATERIALE CON 3 DIMENSIONI TRA 1 E 100 nm

NANO PARTICELLE

(GRANULARI)

MATERIALE CON 2 DIMENSIONI TRA 1 E 100 nm

NANO OGGETTI FIBROSI

(NANOFIBRE)

MATERIALE CON 1 DIMENSIONE TRA 1 E 100 nm

NANO PIASTRINE

(GRANULARI)

MATERIALI NANO STRUTTURATI

NANOCOMPOSITO

NANOPARTICELLE / NANOBASTONCINI NEL COMPOSITO

ISEA Onlus

CLASSIFICAZIONE NANO-OGGETTI

NANO OGGETTI

MATERIALE CON 3 DIMENSIONI TRA 1 E 100 nm

NANO PARTICELLE

(GRANULARI)
Esempio nano particelle inorganiche

MATERIALE CON 2 DIMENSIONI TRA 1 E 100 nm

NANO OGGETTI FIBROSI

(NANOFIBRE)
Esempio nono fibre

MATERIALE CON 1 DIMENSIONE TRA 1 E 100 nm

NANO PIASTRINE

(GRANULARI)
Esempio ossido di cerio

ISEA Onlus

NANOPOLVERI, POLVERI SOTTILI E POLVERI ULTRASOTTILI

Che cosa significa polvere sottile?

La polvere è un componente naturale dell'aria e quindi è onnipresente. A seconda delle dimensioni delle particelle di polvere si parla di polvere sottile o ultrasottile.

Polvere sottile PM10, più piccola di 10 micrometri, raggiunge il tratto superiore del polmone.

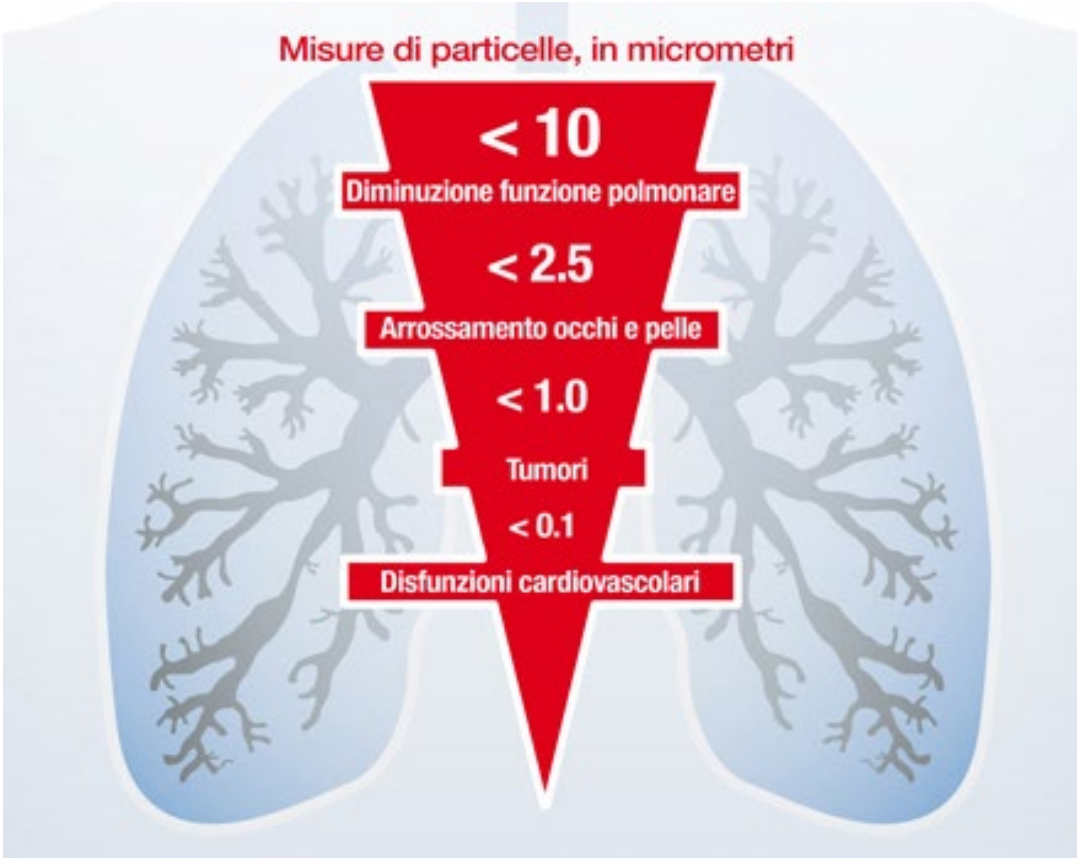
Polvere sottile PM2,5, più piccola di 2,5 µm, penetra in profondità nelle vie respiratorie fino ai bronchioli.

Polvere ultrasottile PM0,1 più piccola di 0,1 µm, è in grado di penetrare perfino negli alveoli polmonari

ISEA Onlus

VIE DI ASSORBIMENTO NELL'UOMO

- **PER INALAZIONE = attraverso le vie respiratorie e i polmoni**
- **PER INGESTIONE = attraverso stomaco / intestino**
- **PER VIA DERMICA = attraverso la cute**


Misure di particelle, in micrometri
< 10
Diminuzione funzione polmonare
< 2.5
Arrossamento occhi e pelle
< 1.0
Tumori
< 0.1
Disfunzioni cardiovascolari

ISEA Onlus

Le nanoparticelle vengono prevalentemente assorbite attraverso le vie respiratorie.

Le nanoparticelle inalate hanno la capacità di penetrare nei tessuti. Esse possono quindi giungere attraverso gli alveoli (= sacche d'aria dei polmoni) direttamente nella circolazione sanguigna e da qui negli organi bersaglio secondari (ad es. i reni).

Il polmone è l'organo più critico per l'assorbimento delle nanoparticelle nel corpo.

In sperimentazioni sugli animali è stato dimostrato che le nanoparticelle assorbite attraverso la mucosa olfattiva possono arrivare fino al cervello.

ISEA Onlus

Quando la via di penetrazione è quella inalatoria, l'apparato respiratorio rappresenta il primo organo bersaglio. Le nanoparticelle si depositano nelle vie respiratorie, attraverso un processo di diffusione che risulta essere facilitato dal fattore dimensionale delle stesse; le particelle più voluminose si depositano prevalentemente nel tratto naso-faringeo e tracheobronchiale, quelle più piccole sedi-mentano nella regione alveolare.

Gli Studi effettuati dimostrano come le dimensioni nanometriche consentano alle particelle, una volta depositate, di attraversare le membrane biologiche e interstizializzare. L incrementato accesso interstiziale delle particelle ultra fini induce un'intensa attivazione macrofaga, che si accompagna ad una severa risposta di flogosi polmonare.

ISEA Onlus

Le nanoparticelle possono anche essere assorbite attraverso le mucose del tratto gastro-intestinale.

Anche qui vale il principio per cui: più piccole sono le particelle, maggiore è la probabilità che si possa verificare un deposito delle particelle assorbite in determinati tessuti e organici, con conseguente danneggiamento degli stessi.

Se il funzionamento della barriera intestinale è compromesso da patologie infiammatorie, le velocità di trasporto possono essere maggiori rispetto ad un intestino sano.

ISEA Onlus

Le particelle nanometriche possono entrare nell'organismo anche per via digestiva, in seguito all'ingestione di cibi o acque contaminati o all'uso di cosmetici e prodotti farmaceutici che li contengano; diversi studi mostrano che particelle di latex, polisti-rene e copolimeri di acido poliacetico e poliglicolico, una volta ingerite per via orale, possono essere assorbite attraverso le placche linfatiche di Peyer e da qui possano traslocare nei tessuti non linfatici dell'intestino. Questi studi hanno mostrato che il processo di traslocazione è strettamente correlato a due fattori intrinseci alle nanoparticelle: la dimensione fisica e la composizione fisiochimica; ciò vuol dire che le particelle di piccole dimensioni e quelle aventi caratteristiche di idrofobicità vengono assorbite più facilmente .

Una volta assorbite le particelle dalle placche linfatiche di Peyer e dai linfonodi mesenterici possono migrare in altri organi e tessuti, quali fegato, milza, sangue, rene e midollo osseo.

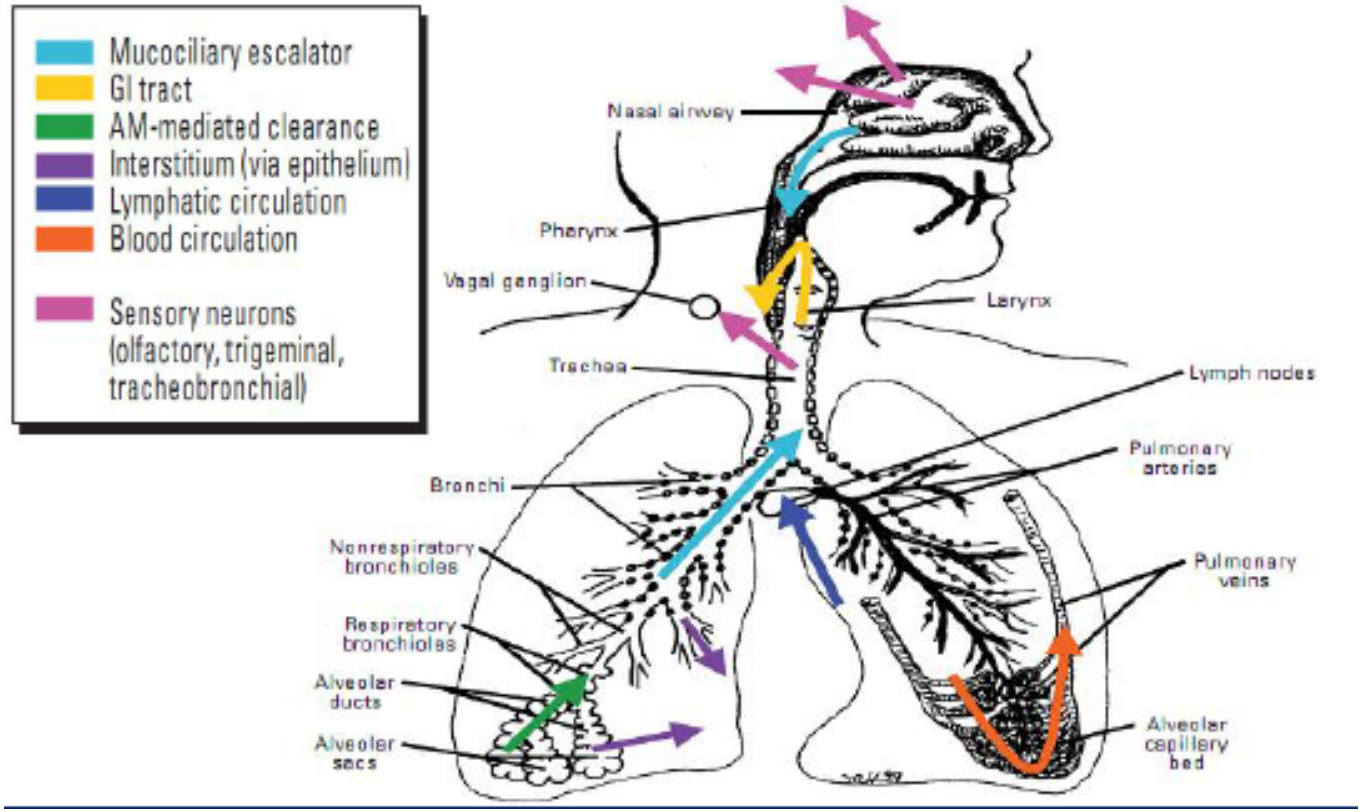
ISEA Onlus

Il rischio per la salute di un assorbimento delle nanoparticelle sotto forma di polveri attraverso la cute al momento viene considerato ridotto.

La cute sana sembra essere una barriera efficace contro la penetrazione delle nanoparticelle.

ISEA Onlus

EFFETTI DEI NANOMATERIALI: APPARATO RESPIRATORIO



Gli effetti avversi a carico del polmone sono tra quelli maggiormente studiati *in vivo* ed evidenziano l'induzione di un processo infiammatorio, la presenza di danno tissutale, di stress ossidativo e di fibrosi.

ISEA Onlus

EFFETTI DEI NANOMATERIALI: SISTEMA CARDIOVASCOLARE

Il razionale per la valutazione dei possibili effetti cardiovascolari delle nanoparticelle ingegnerizzate deriva dalla conoscenza della stretta associazione tra elevati livelli del particolato atmosferico di dimensioni nanometriche (particelle ultra fini) ed eventi cardiovascolari quali l'ictus, l'infarto del miocardio, l'aritmia e la morte improvvisa.

I potenziali meccanismi attraverso cui le nanoparticelle ingegnerizzate potrebbero determinare effetti sfavorevoli sull'apparato cardiovascolare sono:

- ✓ **Effetto diretto: conseguente alla capacità di oltrepassare il parenchima polmonare e giungere a contatto con cellule (es. cellule endoteliali e piastrine) e con prodotti solubili (es. proteine della coagulazione) rilevanti ai fini del possibile instaurarsi del danno cardiovascolare.**
- ✓ **Effetto indiretto: secondario alla bio-persistenza delle particelle a livello polmonare con conseguente:**
  - **persistente processo infiammatorio cronico locale;**
  - **rilascio nella circolazione generale di mediatori infiammatori;**
  - **persistente infiammazione sistemica di lieve entità.**

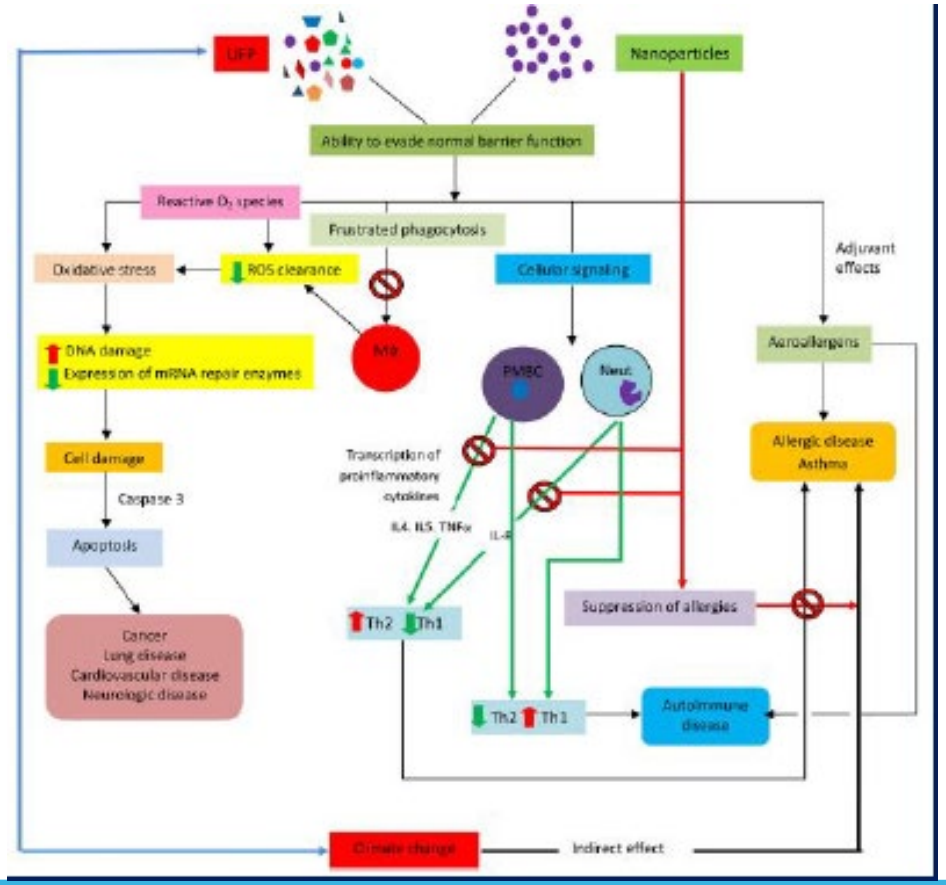
La presenza di infiammazione cronica è un fattore di predisposizione all'aterosclerosi e ai conseguenti eventi acuti (infarto del miocardio ed ictus) correlabili con questo processo degenerativo.

ISEA Onlus

EFFETTI DEI NANOMATERIALI: SISTEMA NERVOSO CENTRALE

A livello del sistema nervoso centrale, il principale meccanismo di tossicità è rappresentato dall'induzione di un importante stress ossidativo e dalla modulazione dell'espressione di molteplici geni coinvolti nella risposta infiammatoria.

EFFETTI DEI NANOMATERIALI: SISTEMA IMMUNITARIO



ISEA Onlus

Le attuali informazioni riguardanti gli effetti tossici dai nanomateriali Ingegnerizzati provengono esclusivamente da studi in vitro e in vivo

Causa la loro recente produzione e diffusione e delle oggettive difficoltà per la valutazione dell'esposizione non sono ancora disponibili studi epidemiologici ed informazioni riguardanti gli effetti avversi dei nanomateriali ingegnerizzati su popolazioni esposte

ISEA Onlus

PROBLEMI AMBIENTALI

Il termine nano-inquinamento è genericamente riferito a tutti i rifiuti generati da nanodispositivi o durante il processo di lavorazione di nanomateriali. Questi tipi di rifiuti possono essere molto pericolosi a causa della loro grandezza; possono fluttuare nell'aria e penetrare così facilmente cellule di piante e animali causando effetti sconosciuti. La maggior parte delle nanoparticelle prodotte dall'uomo non appaiono in natura, perciò gli organismi viventi non possiedono mezzi appropriati per trattare nano-rifiuti. Sembra che si appresti per la nanotecnologia una grande sfida [sul come trattare i suoi nano inquinanti e suoi nano rifiuti.

ISEA Onlus

PROBLEMI AMBIENTALI

Per stimare adeguatamente i rischi per la salute causabili dalle nanoparticelle progettate, necessita una valutazione del loro intero ciclo di vita, compresa la loro fabbricazione, immagazzinamento e distribuzione, applicazione e abuso potenziale, ed eliminazione. L'impatto sugli esseri umani o sull'ambiente può variare nei differenti stadi del ciclo di vita. La valutazione ambientale è giustificata dal fatto che le nanoparticelle presentano insoliti impatti ambientali. **Attualmente non è possibile "prevedere o controllare con precisione gli impatti ecologici del rilascio di questi nano-prodotti nell'ambiente".**

ISEA Onlus

PROBLEMI AMBIENTALI

Per stimare adeguatamente i rischi per la salute causabili dalle nanoparticelle progettate, necessita una valutazione del loro intero ciclo di vita, compresa la loro fabbricazione, immagazzinamento e distribuzione, applicazione e abuso potenziale, ed eliminazione. L'impatto sugli esseri umani o sull'ambiente può variare nei differenti stadi del ciclo di vita. La valutazione ambientale è giustificata dal fatto che le nanoparticelle presentano insoliti impatti ambientali. **Attualmente non è possibile "prevedere o controllare con precisione gli impatti ecologici del rilascio di questi nano-prodotti nell'ambiente".**

ISEA Onlus

LA TOSSICITA' DEI NANOMATERIALI SULL'UOMO

CRITICITA' DEGLI STUDI

- ✓ Relazione causale non dimostrata
- ✓ Mancanza di un adeguato monitoraggio ambientale
- ✓ Informazioni indirette relative all'esposizione professionale
- ✓ Assenza di un'appropriata caratterizzazione delle NPs
- ✓ Difficoltà a stabilire la fonte delle nanoparticelle

DOMANDE IRRISOLTE

- ✓ Gli effetti riscontrati nei pazienti sono causati da specifici nanomateriali o dai nanomateriali in genere?
- ✓ E' possibile considerare questi casi come casi isolati o è ipotizzabile che possano verificarsi episodi simili?
- ✓ Quali potrebbero essere gli effetti su altri lavoratori che impiegano analoghi nanomateriali nella loro attività?
- ✓ Quali sono gli effetti di esposizioni a nanomateriali nel lungo termine?

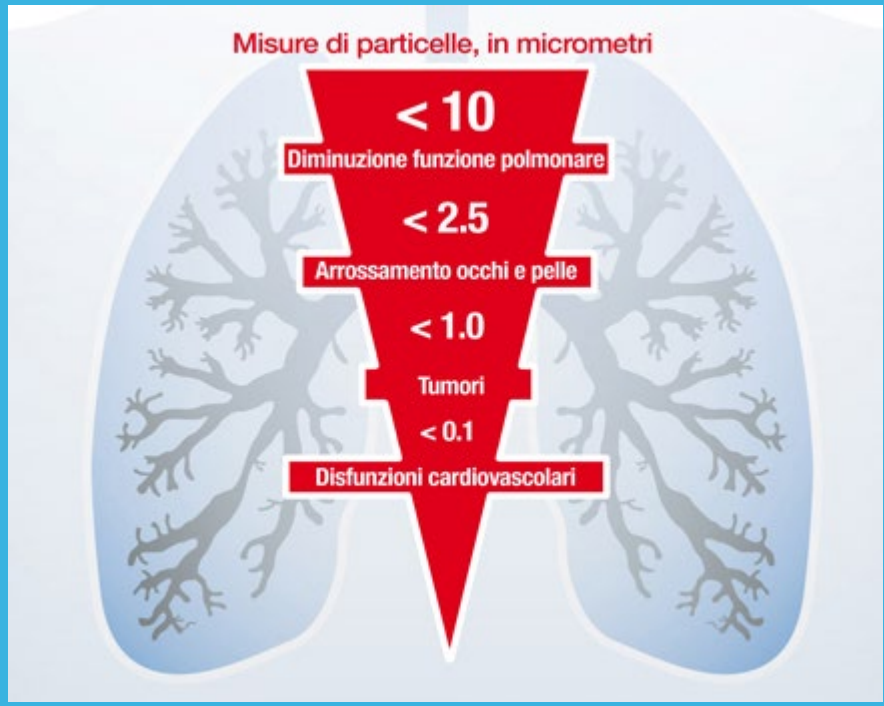
ISEA Onlus

IL RISCHIO DELL'ESPOSIZIONE AI NANOMATERIALI



ISEA Onlus

I QUADERNI DELL'ISEA: SALUTE E NANOMATERIALI



Grazie per l'attenzione