

IVAM UvA BV

NANOTECNOLOGIE NEL SETTORE DEL MOBILE

A che punto siamo nel 2012 – Riepilogo esecutivo

Fleur van Broekhuizen

30-5-2012



IVAM UvA BV

NANOTECNOLOGIE NEL SETTORE DEL MOBILE

A che punto siamo nel 2012 – Riepilogo esecutivo

Fleur van Broekhuizen
30-5-2012

COLOPHON

TITOLO

Nanotecnologie nel settore del mobile – A che punto siamo nel 2012 – Riepilogo esecutivo

AUTORI

F. A. van Broekhuizen (IVAM UvA BV, NL)

COMITATO DI CONTROLLO

R. Gehring (FETBB), C. Ravazzolo (EFIC), M. Eirup (EFIC), B. de Turck (UEA), R. Rodriguez (UEA), U. Spannow (BAT, DK), J. Waage (FNV Bouw, NL) e J. Moratalla (AIDIMA, ES)

LA PRESENTE RELAZIONE È STATA COMMISSIONATA DA

FETBB (Federazione Europea dei Lavoratori dell'Edilizia e del Legno), EFIC (Federazione Europea dell'Industria dell'Arredamento) e UEA (Federazione europea del mobile), nell'ambito del Dialogo sociale europeo



RINGRAZIAMENTI

Lo studio è stato sovvenzionato dalla Commissione europea, Direzione generale Occupazione, con il contratto di sovvenzione n. VS/2011/0134 – SI2-596685 nell'ambito del Dialogo sociale europeo per il settore del mobile.

Gli autori desiderano ringraziare le aziende (mobiliari, produttori di materie prime, fabbricanti), le organizzazioni settoriali, gli istituti di ricerca e le tutte le persone che hanno partecipato allo studio per i loro preziosi contributi e intuizioni, e per la loro franchezza e disponibilità.

PER MAGGIORI INFORMAZIONI SULLO STUDIO CONTATTARE

IVAM UvA BV
Amsterdam - NL
Tel: +31 20 525 5080
www.ivam.uva.nl
Email: office@ivam.uva.nl

Si autorizza l'uso di estratti della presente relazione purché ne sia correttamente citata la fonte. IVAM UvA BV non si assume alcuna responsabilità per danni o lesioni derivanti dall'uso o applicazione dei risultati della presente relazione.

SOMMARIO

4	INTRODUZIONE
5	MERCATO E PROSPETTIVE
5	Potenziale di mercato
8	Fattori che limitano l'impiego dei nanomateriali nei mobili
8	Rapporto costi/benefici
8	Prestazioni a lungo termine
8	Preoccupazioni relative alla salute e alla sicurezza
9	CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA SALUTE E SICUREZZA
9	Introduzione
9	Effetti nocivi per la salute dei nanomateriali
9	Effetti nocivi del nano-TiO ₂
9	Effetti nocivi del nano-SiO ₂
10	Effetti nocivi del nano-Ag
10	Valori limite di esposizione professionale
12	Vie di esposizione
12	Esposizione per inalazione e considerazioni sulla salute
13	Esposizione per via cutanea
13	Esposizione per ingestione
13	Esposizione dell'utente finale
14	ORGANIZZARE UN LUOGO DI LAVORO SICURO
14	Scenari di esposizione sul luogo di lavoro per il settore del mobile
17	Comunicazione trasparente del rischio e tracciabilità
18	Iniziative per la regolamentazione dei nanomateriali e nanoprodotti
20	OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

INTRODUZIONE

NELL'AMBITO DEL DIALOGO SOCIALE EUROPEO, la FETBB

(Federazione Europea dei Lavoratori dell'Edilizia e del Legno), l'EFIC (Federazione Europea dell'Industria dell'Arredamento) e l'UEA (Federazione europea del mobile) hanno preso l'iniziativa di chiedere all'IVAM UvA BV di investigare quale sia attualmente la consapevolezza sulle nanotecnologie dei soggetti interessati e di presentare una panoramica dei nanoprodotto attualmente impiegati a livello di mercato europeo del mobile. Il presente riepilogo esecutivo riassume i risultati descritti in modo più dettagliato nella relazione "Nanotecnologie nel settore del mobile – A che punto siamo nel 2012". Le principali questioni affrontate sono le seguenti:

- Quali tipi di nanomateriali sono attualmente utilizzati nei processi di fabbricazione di mobili?
- Quali sono le prospettive per l'uso nel prossimo futuro di nanomateriali nei processi di fabbricazione di mobili?
- Quali problemi potrebbero porsi per i lavoratori in termini salute e la sicurezza sul luogo di lavoro?
- Come potrebbe essere organizzato in termini di prevenzione l'ambiente di lavoro?

Il prefisso "Nano" specifica un ordine di grandezza. Nanotecnologia significa semplicemente la capacità di osservare, monitorare e influire sui materiali (e sul loro comportamento) fino al livello di dettaglio del nanometro o nm (un nanometro è circa

10.000 volte inferiore allo spessore di un capello umano). Sono necessarie tecniche avanzate di imaging per studiare e migliorare il comportamento dei materiali, ma anche la progettazione e produzione di polveri finissime, liquidi o solidi contenenti particelle di dimensioni comprese tra 1 e 100 nm, le nanoparticelle. Un nanomateriale (MNM) è un materiale composto per almeno il 50% di nanoparticelle¹. Le aziende ricorrono ai nanomateriali per conferire ai loro prodotti nuove o migliori proprietà (nanoprodotto). Il settore del mobile non utilizza nanoprodotto ma fa ampio uso di nanomateriali come materia prima. Citeremo le lacche ad alta resistenza antigraffio, rivestimenti antibatterici, autopulenti e facili da pulire e materiali ultrasensibili utilizzati per cucine e per arredamento urbano.

Nello stesso tempo, vi sono serie preoccupazioni riguardo agli aspetti connessi alla salute e alla sicurezza degli MNM. Gli MNM potrebbero risultare più pericolosi per l'uomo rispetto ai loro equivalenti tradizionali su microscala perché:

- sono così piccoli che possono penetrare più facilmente nell'organismo (p.es. attraverso le vie nasali, i polmoni o la pelle);
- sono così piccoli che le loro polveri possono comportarsi come gas;
- possono indurre tossicità specifica a causa della loro forma e dell'elevata area superficiale specifica;
- possono presentare differenti proprietà fisiche e chimiche, p.es. conducibilità elettrica.

Solo di recente si cominciano a comprendere i meccanismi di tossicità degli MNM. Al contempo, gli esatti meccanismi in gioco possono variare in funzione dei singoli MNM e molti di questi sono sconosciuti e vanno aggiornati. Tuttavia, è lecito aspettarsi che il profilo di tossicità sia almeno in parte correlato al loro unico comportamento chimico e fisico, che è proprio quello che li rende interessanti ai fini dell'innovazione dei prodotti. I tipici effetti nocivi osservati vanno dall'infiammazione, alle malattie cardiovascolari, alla morte delle cellule, alla formazione di cicatrici (ad esempio nei polmoni) e a disfunzioni negli embrioni, fino allo sviluppo di cellule cancerogene nei tessuti colpiti. Gli effetti nocivi osservati per gli MNM dipendono fortemente dalla dose e dalla durata dell'esposizione. Dipendono anche dalla modalità di esposizione agli MNM. I risultati preliminari suggeriscono che gli MNM possono essere altamente tossici in forma pura, pur non mostrando necessariamente questa tossicità durante l'esposizione, quando l'MNM è incorporato in una matrice.

Il presente riepilogo esecutivo riassume la situazione dell'uso di nanomateriali nell'industria del mobile nel 2012, il potenziale per il prossimo futuro, i problemi di salute e sicurezza e buone prassi per l'organizzazione di un sano e sicuro ambiente di lavoro nel settore europeo del mobile.

¹ Definizione adottata dalla Commissione europea il 18 ottobre 2011. Per maggiori dettagli: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/11/704&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

MERCATO E PROSPETTIVE

LA NANOTECNOLOGIA potrebbe avere implicazioni enormi per il futuro del settore del mobile e delle sue varie applicazioni; non solo sulla qualità e le funzionalità ma anche per gli aspetti ambientali, occupazionali e per il suo impatto sulla salute dei cittadini. Tuttavia, considerando la situazione di mercato nel 2012, l'uso di nanomateriali (MNM) nei processi e prodotti d'arredo è ancora alle prime fasi di sviluppo. Le prime esperienze sul campo indicano i rivestimenti (nano-rivestimenti) come il principale settore di applicazione, con una quota di mercato probabilmente inferiore all'1% di tutti gli altri "non-nano" rivestimenti applicati. Il mercato MNM per il settore del mobile è caratterizzato dalla mancanza di tracciabilità, dall'incompetenza riguardo alla disponibilità o all'uso, da attività di ricerca e sviluppo circondate da segretezza e dalla riluttanza dei produttori di mobili a esporsi in prima persona come utilizzatori di MNM; questo a seguito del dibattito sociale su scala mondiale riguardo alle questioni di salute e sicurezza e alle relative incertezze.

POTENZIALE DI MERCATO

All'inizio del nuovo millennio, gli MNM sono stati rappresentati come l'innovazione più significativa che avrebbe caratterizzato il futuro delle attività R&D nel settore del mobile. Le aspettative erano elevate, ma ad oggi solo in pochi casi la ricerca ha portato a prodotti di successo sul mercato. In conseguenza della crisi economica mondiale, negli ultimi anni gli investimenti in R&D si sono interrotti, rallentando gli ulteriori sviluppi.

Un'area dove l'uso di MNM ottiene successi è quella del miglioramento della qualità del mobile, allo scopo di ridurre le esigenze di assistenza e manutenzione. Ospedali e uffici

(residenziali) sono esempi di luoghi dove questi prodotti possono costituire un valore aggiunto. La nano-SiO₂, il vetro solubile, è uno degli MNM più menzionati in questo contesto. Il vetro solubile è utilizzato per rivestimenti facili da pulire, idrorepellenti, oleorepellenti e antigraffiti. Anche applicato nelle lacche antigraffio e nei rivestimenti a protezione di metallo, legno o pietra contro i processi di erosione e usura. Può proteggere il legno contro la crescita di alghe e l'attacco di altri organismi, come tarli o termiti. Inoltre, la nano-SiO₂ è utilizzata per ottenere calcestruzzo di resistenza molto elevata e ad alta densità, ottimale per l'uso nei mobili da cucina o negli arredi urbani. Il contatto diretto con i produttori di mobili e i loro fornitori suggerisce un aumento graduale della quota di mercato per queste applicazioni.

Un altro settore di successo per gli MNM è quello dei rivestimenti battericidi o autopulenti. Nano-argento e nano-TiO₂ sono due MNM molto studiati per questa funzione. Entrambi sono relativamente costosi e trovano applicazione nel trattamento della superficie dei mobili nei centri medici o in altri ambienti dove occorre prevenire le infezioni, p.es. il settore alimentare, le piscine, le saune e persino i trasporti pubblici.

Un ultimo settore dove gli MNM sono stati introdotti riguarda la prevenzione

della decolorazione e della degradazione UV dei materiali. Le nano-argille sono MNM utilizzati per stabilizzare pigmenti. Nano-TiO₂, nano-ZnO e nano-CeO₂ sono MNM utilizzati come agenti bloccanti UV, ad esempio nei rivestimenti a protezione del legno.

E molte altre applicazioni sono state descritte nelle pubblicazioni scientifiche o sono presenti sul mercato, p.es. vetro intelligente, tessuti e adesivi a base di nano-cellulosa. Invitiamo a consultare la relazione integrale "Nanotecnologie nel settore del mobile - A che punto siamo nel 2012" per un excursus dettagliato dei diversi nanomateriali disponibili per il settore del mobile. Nel 2012, queste applicazioni appaiono ancora più o meno inutilizzate. In un prossimo futuro, gli MNM potranno svolgere un ruolo chiave nello sviluppo di mobili più performanti e di un settore del mobile più sostenibile. Gli MNM possono facilitare:

- la produzione di materiali più leggeri, resistenti e durevoli;
- l'introduzione di nuove funzionalità nei materiali;
- la sostituzione di ritardanti di fiamma pericolosi con sistemi innovativi a base di MNM;
- l'uso di nuove tecniche di incollamento e la formulazione di adesivi a base di MNM;
- la progettazione di arredi intelligenti, come gli armadietti da cucina che vi



Tessuto di nylon trattato con un rivestimento idrorepellente, facile da pulire, a base di vetro liquido.

TABELLA 1 Panoramica dei gruppi di prodotti di nanomateriali funzionalizzati disponibili per l'uso nel settore del mobile nel 2012

GRUPPI DI PRODOTTI	DESCRIZIONE	RELATIVO UTILIZZO NEL SETTORE DEL MOBILE ²
Vetro	Nel corso degli anni la nanotecnologia è stata applicata per mettere a punto e produrre diversi tipi di vetro, p. es. vetri antiriflessi, privacy glass, vetri per isolamento termico (che riflettono o assorbono i raggi infrarossi) e vetri biocidi. Molte sono le loro possibili applicazioni. Pensiamo all'uso che ne può fare: teche, p. es. nei musei, lampade, tavoli, mobili per uffici o per ambulatori. Tuttavia, a dire degli attori del mercato, la loro penetrazione nel settore del mobile è bassa.	Basso – non rilevabile
Materiali compositi	A livello di Ricerca & Sviluppo, c'è una grande attività nel campo dei nanocompositi. Questo vale sia per i compositi in plastica che per quelli in legno. Per questi ultimi, sono state individuate potenziali applicazioni che impiegano nanofibre di legno per ottimizzare la resistenza e le prestazioni dei materiali compositi. I primi contatti con questa industria suggeriscono tuttavia che questa applicazione non è ancora arrivata sul mercato. Alcuni esempi: <ul style="list-style-type: none"> • nuovi sistemi ritardanti di fiamma • nanocellulosa come fibra di rinforzo • nanosilice per migliorare la resistenza 	Basso – non rilevabile
Legno	Nella silvicoltura (la fase di produzione del legno), la nanotecnologia è impiegata per ottimizzare i sistemi biocidi per la preservazione del legno e per una produzione più sostenibile. Prima di utilizzare del legno per un prodotto, la nanotecnologia può servire a studiare più dettagliatamente le prestazioni di quel legno e quindi a sfruttarne al meglio il potenziale. Nella fase di utilizzo del legno si stanno mettendo a punto nuove tecniche per modificare la superficie del legno al fine di migliorarne la durata di vita e la resistenza ai raggi UV.	Basso – non rilevabile
Metallo	L'uso della nanotecnologia per migliorare i metalli avviene a livello di modifica della struttura del metallo stesso o della sua superficie. La galvanostegia è un esempio di tecnica che ricorre a nanomateriali. Un altro esempio è la tempra dell'acciaio.	Basso – non rilevabile
Tessile	Numerose potenziali applicazioni per i nanomateriali nell'industria tessile sono state individuate e si trovano già in alcuni prodotti. Tuttavia per il settore del mobile è stato rilevato solo l'impiego di tessuti antimacchia, antibatterici e facili dal pulire. Una quarta applicazione che si sta facendo strada sono i tessuti ad alto assorbimento in nanocellulosa.	Basso ma in aumento
Cemento	Il cemento è utilizzato principalmente per gli spazi pubblici all'aperto. La micro silice (o silica fume) utilizzata per la produzione degli UHPC (Ultra High Performance Concrete – calcestruzzi ad altissime prestazioni), e il nano-TiO ₂ , impiegato per conferire al cemento una superficie "autopulente" sono due possibili applicazioni di nanomateriali che potrebbero costituire un valore aggiunto per il settore. Prima-Marina, di Escofet®, è l'esempio di una linea di prodotti per panchine e tavoli da esterno che utilizza l'UHPC, detto anche pietra liquida. Si stanno attualmente esplorando i nanotubi in carbonio come MNM capaci di migliorare la resistenza dei compositi di cemento e l'applicazione potrebbe essere prossima.	Medio e sempre più diffuso
Adesivi	I nanomateriali adesivi descritti per il settore del mobile sono basati su composti di silice o silano che fungono da agenti leganti nella struttura del polimero adesivo o come stabilizzante di adesivi a base acqua per ottimizzare la viscosità del prodotto. La dispersione additiva Dermocoll@S prodotta da Bayer è un esempio di quest'ultima applicazione e consiste in una dispersione di silice-poliuretano. Un altro tipo di sviluppo agisce a livello della ruvidezza della superficie. La superficie nano-irruvida migliora la forza adesiva e riduce la quantità di adesivo necessaria.	Basso – non rilevabile
Rivestimenti; idro/olio repellenti	L'idro/olio repellenza può essere ottenuta grazie a diverse nanotecnologie. È utilizzabile su tessuti, legno e metalli per ridurre l'erosione e l'usura e proteggere contro macchie, impronte, ecc. Peraltro è utile anche nei compositi in legno per prevenirne l'espansione a seguito di assorbimento d'acqua. La tecnologia del vetro liquido, per esempio, applica un rivestimento idrorepellente poroso che permette al materiale sottostante di respirare.	Relativamente diffuso e in aumento
Rivestimenti; antigraffio	Un mercato in crescita sono i nanoprodotto per vernici o lacche ad alte prestazioni antigraffio. Può trattarsi di prodotti in legno come tavoli, sedie, porte o pavimenti ma possono essere impiegati anche per qualsiasi altro materiale "morbido" utilizzato intensivamente nel settore, pensiamo alle plastiche o ai compensati. Vi sono diversi sistemi di rivestimenti utilizzati a questo scopo e possono essere a base acqua o di altro tipo.	Relativamente diffuso e in aumento

² Dati il carattere pionieristico e la ridotta penetrazione sul mercato degli MNM utilizzati nel settore, non è stato possibile determinare quantitativamente l'uso degli MNM per gruppi di prodotto. La presenza e le prospettive di mercato degli MNM nei prodotti per il mobile sono pertanto indicate relativamente. "Elevato" dovrebbe essere interpretato come *relativamente elevato rispetto a tutti i gruppi di prodotti trattati con MNM disponibili sul mercato* "Basso" dovrebbe essere interpretato come *non rilevabile* anche se si può ipotizzare che venga utilizzato senza comunicarne l'uso in quanto nanoprodotto. "Poco" significa *poco ma rilevato*.

Rivestimenti; anti graffiti	I rivestimenti anti graffiti sono descritti per le loro applicazioni esterne come l'arredamento urbano. Si possono peraltro impiegare anche nel mobilio per bambini o nelle cucine, o multiuso per mobili e lavagne bianche.	Medio e in aumento
Rivestimenti; facili da pulire	La resistenza allo sporco è una delle applicazioni in cui si impiegano nanomateriali per migliorare le superfici dei materiali nell'industria del mobile. Questa tecnica si basa sovente sul principio della "foglia di loto", che è composta di minuscoli peluzzi che riducono la tensione superficiale e impediscono l'assorbimento di olio e acqua. Di conseguenza lo "sporco" si rimuove con grande facilità. Quando questo principio è applicato ai materiali di fabbricazione dei mobili, le loro superfici diventano "facili da pulire". Ne consegue tra l'altro un minore utilizzo di detergenti, anche nel caso di materiali tessili.	Relativamente diffuso e in aumento
Rivestimenti; protezione UV	I mobili da esterno sono costantemente esposti alle intemperie e alle radiazioni UV. Queste ultime favoriscono il deteriorarsi dei materiali e dei rivestimenti. Un modo per ritardare questo processo è l'aggiunta di agenti UV assorbenti. Sono stati descritti in particolare i benefici dei nano additivi per favorire tale assorbimento nelle superfici di legno. Gli additivi UV assorbenti servono anche a prolungare la durata e la tenuta del colore delle vernici o rivestimenti che si deteriorano a seguito dell'esposizione ai raggi UV.	Basso ma in aumento
Rivestimenti; autopulenti	I rivestimenti autopulenti decompongono attivamente il materiale organico (agenti inquinanti e organismi). Può esser interessante esplorarne l'uso per i mobili da cucina dove ogni giorno si depositano sottilissimi strati di oli e altri contaminanti legati al cibo (proteine, carboidrati). Anche per ospedali, saune, piscine, ecc. questi rivestimenti possono risultare interessanti benché non sostituiscano le normali operazioni di pulizia.	Basso, in aumento in determinate aree
Rivestimenti; battericidi	Questi rivestimenti uccidono i batteri e altri microorganismi quali alghe o funghi che cercano di insediarsi sulla superficie rivestita. Questa può essere una funzionalità importante per l'arredamento di grandi spazi pubblici come stazioni metro, treni, uffici, day-care, ospedali o l'industria biologica dove il rivestimento può contribuire a ridurre il rischio di infezione da una persona o da un animale all'altro e prevenire così il diffondersi di epidemie.	Basso, in aumento in determinate aree

TABELLA 2 Principali nanomateriali presenti nei nanoprodotto utilizzati nel settore del mobile nel 2012

Apporto al prodotto →	Antigraffio	Facili da pulire	Anti-graffiti	Stabilità UV	Proprietà autopulenti	Anti microbi
Nanomateriale						
SiO ₂	X	X	X			
TiO ₂ /ZnO				X	X	X
CeO ₂				X		
Ag						X
CuO						X

avvertono quando la pasta è quasi finita, o una sedia che cambia colore ogni giorno, secondo la volontà del cliente.

La tabella 1 fornisce una panoramica dei diversi gruppi di prodotti disponibili e utilizzati nei prodotti del settore del mobile.

Nel 2012, l'elenco dei nanomateriali utilizzati nei diversi gruppi di prodotti per mobili è dominato da nano-SiO₂, nano-TiO₂ e nano-Ag. La tabella 2 raggruppa i 6 nanomateriali che più spesso sono stati rilevati nei diversi nanoprodotto per il mobile. La stessa tabella fornisce una panoramica delle

principali funzionalità che apportano al prodotto. In linea di principio, questi nanomateriali potrebbero essere aggiunti praticamente a qualsiasi prodotto di base. Per esempio, una modifica relativamente minore del nanomateriale permette di trasformare un rivestimento a base solvente in un rivestimento a base acqua, o un rivestimento per legno in un rivestimento per metallo. E cambiando la concentrazione un rivestimento idrorepellente diventa un rivestimento facile da pulire.

Esempi di nanomateriali o prodotti si possono trovare in varie banche dati di prodotti contenenti nanomateriali

disponibili sul mercato. Molte di queste banche dati sono rivolte a un pubblico di consumatori (p. es. Woodrow Wilson institute³, Nanowerk⁴, Nanodaten⁵, Bund⁶ e Nanodatenbanken⁷). Nessuna di queste riguarda specificamente materiali o prodotti destinati al settore del mobile. Ci sono comunque numerosi ostacoli da superare prima che il mercato possa sfruttare gli MNM su vasta scala.

³ <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>

⁴ www.nanowerk.com

⁵ www.nanodaten.de

⁶ <http://bund.net/nanodatenbank>

⁷ www.nano.taenk.dk



Superficie levigata di un pannello MDF con uno strato superiore di bambù trattato con lacca antigraffio a base di Nano-SiO₂.

FATTORI CHE LIMITANO L'IMPIEGO DEI NANOMATERIALI NEI MOBILI

Sebbene il potenziale degli MNM nel settore del mobile sia promettente, l'introduzione su vasta scala dei nanomateriali nei mobili è ostacolata da un certo numero di fattori. I più importanti al momento presente sono riepilogati qui di seguito.

RAPPORTO COSTI/BENEFICI

Molti MNM sono sostanze relativamente recenti. I volumi di produzione annuali sono ancora bassi e i costi di conseguenza alti. Come risultato, gli MNM sono spesso troppo costosi per sostituirsi ai materiali esistenti. Tuttavia, la situazione sta cambiando dal momento che i volumi di produzione aumentano gradualmente. Il nano-TiO₂ è un esempio di MNM che è appena diventato efficiente in termini di costi come bloccante UV nei rivestimenti.

PRESTAZIONI A LUNGO TERMINE

Per la loro novità, molti MNM devono ancora dimostrare la loro sostenibilità a lungo termine. Potrebbe essere

necessario adattare i processi di produzione convenzionali e sia i fabbricanti che i consumatori dovranno fidarsi del risultato prima che i produttori procedano a investire in queste nuove tecniche. Pertanto gli MNM sono usati principalmente nei rivestimenti. Con lo svilupparsi dell'esperienza e della fiducia, gli MNM potranno trovare applicazioni in materiali sempre più complessi ed esigenti. Le fibre di nano-cellulosa sono un esempio di MNM che può essere impiegato in un prossimo futuro per rinforzare sia i rivestimenti che i materiali compositi.

PREOCCUPAZIONI RELATIVE ALLA SALUTE E ALLA SICUREZZA

Si sa ancora poco sugli aspetti legati alla salute e alla sicurezza dei singoli MNM. Vi sono comunque motivi sufficienti per sospettare effetti avversi più critici rispetto ai materiali più "grossi", in conseguenza delle piccole dimensioni e della reattività nano-specifica degli MNM. L'incertezza sugli aspetti connessi alla salute e alla sicurezza degli MNM ne limita l'uso tra i produttori di mobili. Questa incertezza porta a interrogarsi sulla salute e la sicurezza dei lavoratori del

settore, i consumatori e l'ambiente. E induce anche a interrogarsi sui rischi di esposizione agli MNM e sulle misure di controllo adeguate, durante l'applicazione, l'uso e a fine vita. È pertanto essenziale trasmettere le informazioni sull'applicazione e l'uso sicuri degli MNM attraverso la catena del valore del mobile: dal produttore di materie prime al fabbricante di mobili, fino all'utente finale. Un'informazione seria e onesta del fornitore responsabilizza il datore di lavoro ad adempiere i propri obblighi per proteggere i lavoratori dai rischi associati agli MNM. Quando le informazioni sull'applicazione e l'uso saranno accuratamente comunicate fra tutti i soggetti della catena del valore, il settore del mobile sarà in condizione di utilizzare in modo sicuro gli MNM e trarre vantaggio dal loro potenziale.

CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA SALUTE E SICUREZZA

INTRODUZIONE

I nanomateriali potrebbero comportarsi in modo più pericoloso per l'uomo rispetto ai loro equivalenti su scala micro:

- Perché potrebbero penetrare più facilmente nei tessuti del corpo umano;
- Perché in forma di polveri possono comportarsi come dei gas, cosa che influisce sul loro profilo di migrazione e di esposizione;
- Perché potrebbero passare attraverso il sistema nervoso o la placenta, o penetrare la cute;
- Perché la loro forma potrebbe indurre specifiche reazioni tossiche quali infiammazioni o stress da ossidazione;
- Perché hanno un tasso superficie/volume (o superficie/massa) maggiore che ne potenzia la reattività chimica;
- Perché potrebbero rivelare proprietà chimiche differenti, per esempio essere cataliticamente attivi;
- Perché potrebbero rivelare proprietà chimiche diverse, per esempio conduttività elettrica o maggiore solubilità.

Benché lo stato attuale delle conoscenze sia ancora insufficiente per predire una tossicità in base alla composizione e alla morfologia dei nanomateriali, è lecito aspettarsi che il profilo di tossicità sia almeno in parte correlato al loro unico comportamento chimico e fisico, che è proprio quello che li rende interessanti ai fini dell'innovazione dei prodotti. Tuttavia, indipendentemente dai pericoli intrinseci, la chiave di qualsiasi rischio che i nanomateriali o i nanoprodotti possano presentare è l'esposizione agli stessi. Se si previene efficacemente l'esposizione non vi sarà rischio per la salute.

EFFETTI NOCIVI PER LA SALUTE DEI NANOMATERIALI

Non esiste un generale "effetto nocivo dei nanomateriali". Ogni nanomateriale presenterà i suoi specifici effetti nocivi per la salute. Fra gli MNM che attualmente predominano nei nanoprodotti in uso nel settore del mobile, solo la tossicità del nano-TiO₂ è relativamente ben conosciuta. Al contrario, si sa molto meno della tossicità del nano-SiO₂ e del nano-Ag (nanoargento), gli altri due MNM predominanti, e per i rimanenti MNM i dati sulla tossicità sono scarsi o inesistenti.

Date le numerose incognite sugli effetti nocivi dei singoli nanomateriali, appare sensato mettere insieme quanto si sa e vedere se vi sono delle tendenze generali. Gli effetti sulla salute più osservati sono infiammazione e stress da ossidazione. In dose sufficiente, infiammazione e stress da ossidazione possono comportare la morte delle cellule o la formazione di cicatrici, per esempio nei polmoni. Crescita cellulare abnorme, danni al DNA o turbe ormonali sono altri possibili effetti. Una rassegna completa delle conoscenze esistenti sui problemi di salute e sicurezza legati ai nanomateriali è fornita da Aschberger et al. (2011)⁸. Questi effetti generali sulla salute possono eventualmente manifestarsi sotto forma di infiammazione delle vie respiratorie, bronchite, asma, malattie cardiovascolari, cancro o problemi di sviluppo dell'embrione. Anche la sensibilizzazione della pelle esposta è indicata come possibile effetto nocivo, per esempio degli MNM biocidi applicati alle superfici quali nano-TiO₂,

nano-Ag, o nano-SiO₂ (vedi oltre).

I dati attualmente a disposizione sono peraltro insufficienti per confermare gli effetti sensibilizzanti degli MNM.

EFFETTI NOCIVI DEL NANO-TiO₂

Nel 2011, il NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) ha effettuato una revisione di tutti i dati scientifici disponibili sul profilo salute – sicurezza del nano-TiO₂. Il NIOSH⁹ ha concluso che vi sono prove sufficienti per classificare il nano-TiO₂ come potenziale sostanza professionale cancerogena. Ma è ancor più interessante il fatto che il NIOSH conclude che l'effetto cancerogeno osservato per il nano-TiO₂ è indotto attraverso un meccanismo secondario, in altre parole l'effetto non è specifico alla sua chimica bensì alle particelle ed è dovuto al fatto che il nano-TiO₂ è non solubile e appunto "nano". Si può dunque presupporre un effetto analogo anche per altri MNM non solubili. Il NIOSH conclude per di più che l'applicazione di un fine rivestimento intorno a ciascuna particella di nano-TiO₂ sembra aumentarne la virulenza cancerogena e che la morfologia (sia esso amorfo o cristallino) non sembra avere un effetto significativo sulla cancerogenicità.

EFFETTI NOCIVI DEL NANO-SiO₂

Sappiamo molto meno a proposito del profilo di tossicità del secondo nanomateriale, il nano-SiO₂. Il Nano-SiO₂ può essere prodotto in forma amorfa o cristallina e in una grande varietà di forme e morfologie. Secondo l'esatta struttura, la reattività fisica e chimica può variare e anche il profilo di tossicità può essere differente.

⁸ Aschberger A, Micheletti C, Sokull-Kluttgen B e Christensen FM (2011) Analysis of currently available data for characterizing the risks of engineered nanomaterials to the environment and human health – Lessons learned from four case studies, *Environment International*, 37, 1143 – 1156

⁹ Occupational Exposure to Titanium Dioxide, NIOSH, Current Intelligence Bulletin 63, aprile 2011

Napiersky et al. (2010)¹⁰ hanno passato in rivista le diverse forme e vie di sintesi, descrivendo le conoscenze disponibili sul funzionamento dei meccanismi di tossicità. La loro conclusione è che la tossicità del nano-SiO₂ sembra maggiormente collegata alla sua struttura cristallina. Il nano-SiO₂ è risultato causare stress da ossidazione e di conseguenza danni al DNA e alla membrana. Peraltro la forma di nano-SiO₂ più usata nel settore per migliorare le prestazioni dei prodotti è quella amorfa. Un esempio è l'impiego nella lacche antigraffio. La tossicità del nano-SiO₂ amorfo è considerata assai inferiore a quella del nano-SiO₂ cristallino e di conseguenza pochi studi si sono avventurati ad approfondirne il profilo esatto. I pochi lavori disponibili suggeriscono che il nano-SiO₂ non è coinvolto nella fibrosi polmonare progressiva dei polmoni ma ad alte dosi potrebbe indurre un'inflammatione polmonare acuta. Peraltro potrebbe emergere che questo quadro dovrebbe essere più diversificato, sulla base dell'esatto del nano-SiO₂ amorfo. Vi sono sempre più studi che indicano una forte interazione fra il nano-SiO₂ e i peptidi, il notevole effetto dell'area della superficie sulla reattività di questo nanomateriale e la dipendenza della tossicità da eventuali modifiche della superficie. L'interazione con i peptidi per esempio potrebbe indicare una virulenza allergenica (simile agli epossidi) e, cosa altrettanto importante, studi diversi rilevano tossicità diverse in base a test diversi.

Tuttavia, Napiersky et al. (2010) e i riferimenti nel loro lavoro suggeriscono che i tipici rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori posti dai nanomateriali si verificano principalmente nella produzione e

manipolazione di nano polveri. In sospensione o in matrice solida, affermano, il nano-SiO₂ è fissato e si può presupporre che l'esposizione mediante inalazione sia assai limitata.

EFFETTI NOCIVI DEL NANO-AG

La tossicità dell'argento è stata intensivamente studiata in passato ed è provato che l'argento è relativamente non tossico per l'uomo ma può essere estremamente tossico per gli organismi nell'ambiente. In contrasto con l'argento "macroscopico", del profilo di tossicità del nano-Ag si conosce assai meno. In ambedue i casi, la tossicità è determinata dall'emissione di ioni d'argento (Ag⁺). Ma nel caso del nano-Ag potrebbe essere la particella stessa a dare adito a una maggiore tossicità poiché, in caso di esposizione, potrebbe rivelare una diversa dispersione nel corpo umano (o nell'ambiente) rispetto alle particelle di argento normale. Per esempio, negli studi di tossicità ambientale si è osservato che il nano-Ag agisce come una "bomba Ag" sui microorganismi. Una panoramica dei dati disponibili per descrivere il profilo di tossicità del nano-Ag compare in un recente studio di TNO (2011)¹¹.

Tuttavia, nonostante l'attuale mancanza di un profilo completo di tossicità per il nano-Ag, i segnali sono abbastanza chiari per indurre alla prudenza nell'applicazione del nano-Ag nel settore del mobile. Una delle applicazioni essenziale del nano-Ag riguarda il trattamento medico di ferite particolarmente dolorose, infezioni di origine batterica o come disinfettante per ceppi batterici particolarmente persistenti e/o che hanno sviluppato una resistenza agli antibiotici. L'uso improprio peraltro può contribuire allo

sviluppo di una resistenza batterica all'argento (vedi TNO 2011 e i riferimenti in esso contenuti), le cui conseguenze sulla salute umana possono essere enormi.

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE

Per valutare la sicurezza del luogo di lavoro, si fa spesso ricorso agli OEL (valori limite di esposizione professionale). Le attuali conoscenze scientifiche sono troppo scarse per proporre degli OEL basati sulla salute per la maggior parte dei nanomateriali. Solo per pochi nanomateriali sono proposti dai produttori stessi o da organizzazioni di ricerca degli OEL basati sulla salute, dei REL (limiti di esposizione raccomandati) o DNEL (livelli derivati senza effetto). La tabella 3 ne propone una sintesi.

Come alternativa, fino a che non siano sviluppati dei valori limite sicuri basati sulla salute per le nano sostanze, si potrebbero usare dei riferimenti provvisori come benchmark pragmatico. Diverse iniziative hanno investigato la possibilità di mettere a punto uno schema dal quale derivare dei valori di riferimento generici per gli MNM, fra queste quella dell'IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) in Germania e del BSI (British Standard Institute) nel Regno Unito. Nei Paesi Bassi, le associazioni dei datori di lavoro e dei lavoratori hanno convenuto di usare come livelli benchmark di esposizione professionale i cosiddetti NRV (nano reference values, o valori di riferimento per i nanomateriali/prodotti). Nel marzo 2012, uno schema di NRV è stato pubblicato dal Consiglio

¹⁰ Napiersky D, Thomassen LCJ, Lison D, Martens JA and Hoet PH (2010) The Nanosilica Hazard: another variable entity, *Particle and Fibre Toxicology*, 7, 39

¹¹ van Manen - Vernooij B, le Feber M, van Broekhuizen FA, van Broekhuizen P (2011) Pilot "Kennisdelen Nano in de verketen", TNO Report V20123 | 1

TABELLA 3 Proposte di OEL, REL e DNEL per specifiche nanoparticelle

SOSTANZA		OEL o REL mg/m ³	DNEL mg/m ³	Riferimento
MWCNT (Baytubes) *	8-ore TWA**	0,05		Pauluhn, 2010
MWCNT (Nanocyl)	8-ore TWA	0,0025		Nanocyl 2009
CNT (SWCNT and MWCNT) *	8-ore TWA	0,007		NIOSH 2010
Fullerene		0,8		NEDO-2 2009
Ag (18-19nm)	DNEL		0,098	Stone et al2009
TiO ₂ (10 -100 nm) (REL) **	10 ore/giorno, 40 ore/sett.	0,3		NIOSH 2011

* CNT= Nanotubo di carbonio; SWCNT= CNT a parete singola; MWCNT= CNT a parete multipla

** REL = Recommended exposure limit (valore limite di esposizione raccomandato); TWA = Time-weighted average (media ponderata nel tempo)

TABELLA 4 Lo schema olandese di valori preliminari di riferimento per i nanomateriali/ prodotti (NRV) secondo il parere espresso dal SER nel marzo 2012

CLASSE	DESCRIZIONE	DENSITÀ (kg/m ³)	NRV (TWA 8h)	ESEMPI
1	Nanotubi rigidi, bioresistenti, nanofibre e nano vergella per i quali non sono da escludere effetti simili all'amianto	-	0,01 fibre/cm ³ (= 10.000 fibre/m ³)	SWCNT, MWCNT o fibre in ossido di metallo per i quali non sono da escludere effetti simili all'amianto secondo il fabbricante.
2	Nanomateriali granulari, bioresistenti nella gamma da 1 a 100 nm	> 6.000	20.000 particelle/cm ³	Ag, Au, CeO ₂ , CoO, Fe, Fe ₃ O ₄ , La, Pb, Sb ₂ O ₅ , SnO ₂
3	Nanomateriali granulari, bioresistenti nella gamma da 1 a 100 nm	< 6.000	40.000 particelle/cm ³	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiN, TiO ₂ , ZnO, nanoargilla Nerofumo, C ₆₀ , dendrimeri, polistirene nanotubi, nanofibre e nano vergella per i quali non sono da escludere effetti simili all'amianto
4	Nanomateriali granulari, non bioresistenti nella gamma da 1 a 100 nm	-	OEL applicabile	p. es. grassi, silossani, sale (=NaCl)

economico dei Paesi Bassi (SER)¹² come parere ufficiale rivolto al Ministero degli Affari sociali dell'Occupazione, come illustra la Tabella 4.

Gli NRV ricavati sono da utilizzare come livelli benchmark pragmatici: non garantiscono che un'esposizione ai nanomateriali al di sotto di tali valori sia sicura. Gli NRV possono essere utilizzati fintantoché l'UE o i singoli Stati membri non abbiano creato delle tabelle di nano-OEL, o fintantoché non siano disponibili HBR-OEL (Valori limite di esposizione raccomandati per la salute sul luogo di lavoro) o DNEL (livelli derivati senza effetto) dalla documentazione REACH. L'attività di

collaborazione fra le parti sociali olandesi che ha portato alla creazione dello schema NRV e alla sua approvazione come parere ufficiale del SER si distingue dagli altri approcci ed è unica anche per la misurazione definita: il numero di nanoparticelle per cm³, che esprime l'attuale comprensione del fatto che la reattività dei nanomateriali è legata all'area della superficie piuttosto che alla massa. L'applicazione dello schema NRV è incoraggiata dalla CES (Confederazione Europea dei Sindacati) e si sta studiando la desiderabilità della sua applicazione a livello di Unione europea.

Tuttavia, un nanomateriale utilizzato in un prodotto non è necessariamente una particella "immutabile". In molti prodotti il nanomateriale reagirà o si legherà con la matrice del prodotto. Fra gli esempi citiamo la micro silice nelle lacche antigraffio, il nanoargento in tessuti di alta qualità o come nanomateriale per la galvanizzazione. In altri prodotti il nanomateriale è incorporato nella matrice del prodotto in modo più sciolto, come il nano biossido di titanio nei rivestimenti autopulenti. La destinazione finale dei nanomateriali nei prodotti influisce sui loro effetti nocivi per la salute e sulle probabilità di esposizione. Di conseguenza è importante rendersi

¹² SER Advies 12/01, marzo 2012, Voorlopige nanoreferentiewaarden voor synthetische nanomaterialen, Annex 1

conto che la loro tossicità può cambiare durante le varie fasi di vita: da potenzialmente pericolosi in quanto materie prime a prodotti non tossici per uso del consumatore a rifiuti pericolosi nella fase finale o se dispersi nell'ambiente. Nel dibattito sulla salute e sicurezza per i nanomateriali la questione della destinazione finale è cruciale:

Che cosa succede ai nanomateriali una volta applicati e che cosa succede alle loro specifiche nano caratteristiche?

VIE DI ESPOSIZIONE

Nel settore del mobile, i lavoratori saranno esposti (quasi senza eccezione) a nanoprodotti (sia nella forma in cui sono acquistati sia nelle forme sviluppate per l'uso o la lavorazione) e non a nanomateriali puri, il che significa che l'esposizione avviene principalmente nei confronti di:

Prodotti in cui nanoparticelle (o nanomateriali) sono incorporate (in una matrice solida, in una polvere, in un liquido o in un impasto semiliquido), e la polvere o gli aerosol di questi prodotti che si sviluppano sul luogo di lavoro durante le operazioni di lavorazione a macchina e spruzzatura o altre applicazioni.

Questo ha un impatto sull'esposizione effettiva del lavoratore al nanomateriale presente nel prodotto. Il lavoro di Saber et al. (2011a¹³,b¹⁴), indica che potrebbe esserci una differenza significativa tra l'esposizione a nanomateriali puri e nanomateriali incorporati in un rivestimento. Studiando diversi rivestimenti (rivestimenti acrilici e smalto trattato con UV) trattati con differenti nanomateriali (nano-TiO₂, nano-SiO₂, nano-Argilla e Carbon Black), hanno trovato che i nanomateriali puri mostravano effetti nano-specifici infiammatori e dannosi per il DNA, mentre una volta incorporati nel rivestimento o nello smalto, il profilo di

tossicità della polvere di carteggiatura di questi nanoprodotti era simile alla tossicità degli stessi prodotti privi di nanomateriali. In altre parole, il lavoro scientifico preliminare mostra che i nanomateriali integrati in una matrice non devono necessariamente esibire il profilo di tossicità nano-specifico che presentano nella loro forma pura. Questo è un primo risultato molto promettente di estrema importanza per la valutazione del rischio derivante dal lavorare con nanomateriali e prodotti del settore del mobile, e incoraggia ulteriori studi volti a determinare se un effetto simile sia osservato con altri materiali e prodotti.

Un MNM può essere parte integrante del nanoprodotti secondo tre diverse modalità:

1. Un MNM può essere chimicamente inerte ma in grado di interagire fisicamente. Ciò comporta una matrice in cui l'MNM è incorporato ma non reagisce chimicamente con la matrice del prodotto. In questo modo, il nanomateriale resta "sciolto" e potrebbe in principio lisciviare fuori.
2. Un MNM può essere chimicamente reattivo. Ciò comporta un legame chimico tra l'MNM e la matrice, rendendo improbabile la lisciviazione del nanomateriale.
3. Un MNM può essere chimicamente e fisicamente reattivo e legarsi chimicamente alla superficie della matrice. In questo modo è improbabile che il nanomateriale liscivi fuori, ma si può verificare esposizione attraverso contatto diretto con la superficie. Le superfici battericide sono esempi di ciò.

Nelle tre sottosezioni seguenti verrà fatta luce su tre diversi modi in cui i lavoratori del settore del mobile potrebbero esporsi a nanomateriali a causa dei prodotti con i quali lavorano. Per la natura specifica delle loro attività quotidiane e dei prodotti con cui sono soliti lavorare, l'esposizione attraverso inalazione di polvere di nanomateriali (taglio, carteggiatura, trapanatura, cucitura o lavorazione

meccanica) o di aerosol generati dalla spruzzatura di vernice o colla sono quelli che con maggior probabilità comportano i rischi più alti per la salute. Anche la penetrazione cutanea può avere un certo ruolo (anche se di molto inferiore), ad esempio con sostanze reattive in superficie come i battericidi ci si potrebbero aspettare problemi connessi alla salute sul luogo di lavoro. C'è da attendersi anche l'esposizione attraverso ingestione. I nanomateriali che sono rimossi dai polmoni o dalla cavità nasale verranno ingeriti con il muco, e vi è la possibilità di ingerire ad esempio nanomateriali contenenti polvere o vernice durante la pausa pranzo o caffè nel caso le mani e il viso non siano stati adeguatamente lavati.

L'esposizione a nanoparticelle durante il trasporto di componenti di mobili (solidi) come ceramica, vetro, acciaio, plastica, materiali compositi, materiali isolanti, calcestruzzo legno o superfici trattate con rivestimenti induriti, tutti migliorati con nanomateriali, dovrebbe solitamente essere assai bassa per il fatto che in questi casi i nanomateriali dovrebbero essere incorporati nella matrice solida. Ciò nondimeno, in tali situazioni si consiglia di evitare il contatto con la pelle indossando guanti nei casi dubbi.

ESPOSIZIONE PER INALAZIONE E CONSIDERAZIONI SULLA SALUTE

L'esposizione a nanomateriali per inalazione può avvenire quando vengono prodotte particelle aerotrasportate sul luogo di lavoro, sia perché i processi coinvolti generano polvere o aerosol, sia per il trattamento delle polveri di nanomateriali. Nel settore del mobile, la maggior parte dei nanomateriali entra nel luogo di lavoro come parte (ingrediente) di un nanoprodotti come un rivestimento o un tessile trattato. Il trattamento di nanomateriali grezzi non è stata osservato in questo progetto particolare. L'aggiunta di

¹³ Saber AT, Jensen KA, Jacobsen NR, Birkedal R, Mikkelsen L, Moller P, Loft S, Wallin H e Vogel U (2011a) Inflammatory and genotoxic effects of nanoparticles designed for inclusion in paints and lacquers, *Nanotoxicology, Early Online*, 1 – 9

¹⁴ Saber AT, Koponen IK, Jensen KA, Jacobsen NR, Mikkelsen L, Moller P, Loft S, Vogel U e Wallin H (2011b) Inflammatory and genotoxic effects of sanding dust generated from nanoparticle-containing paints and lacquers, *Nanotoxicology, Early Online*, 1 – 13

agenti opacizzanti a base di nano-silice per rivestimenti o smalti e di certi pigmenti (forniti in sospensione) è stata osservata in questo settore.

Vari studi hanno indicato che le nanoparticelle possono penetrare nel tessuto polmonare e raggiungere il flusso sanguigno. Le nanoparticelle possono anche essere in grado di raggiungere il cervello attraverso il nervo nasale. Qui, possono attraversare la barriera sangue-cervello o essere trasportate attraverso il sistema nervoso. Questi due meccanismi possono giocare un ruolo importante nello sviluppo di certe patologie cardiache o del sistema nervoso centrale.

Un gruppo di nanomateriali che merita un'attenzione speciale sono i nanomateriali tubolari. Alcuni anni fa, nanotubi a base di carbonio hanno attirato l'attenzione del mondo per il loro sospetto effetto mesotelioma (tumore di una zona specifica del polmone e peritoneo). Un altro studio su questo argomento ha indicato che la tossicità dei nanotubi di carbonio (e di altri nanotubi) dipende fortemente dalla forma e dalla funzionalità esatte del nanomateriale. Uno studio accurato delle conoscenze attuali relative a questo argomento è fornito da Zhao e Liu (2012)¹⁵. In un primo approccio preventivo è pertanto consigliabile evitare qualsiasi esposizione a nanotubi, barre o fibre, a meno che il produttore del nanomateriale non escluda espressamente effetti simili all'amianto.

I nanomateriali tubolari (o sotto forma di barre) meritano davvero un'attenzione speciale nella valutazione dei problemi connessi alla salute e alla sicurezza dei lavoratori e dei consumatori, nonché dei problemi ambientali. L'uso di nanotubi a base di carbonio non è stato osservato nell'odierno settore del mobile. Tuttavia, considerate le loro eccezionali proprietà elettriche e il loro potenziale come fibre di rinforzo, ritardanti di fiamma alternativi o repellenti per la crescita delle alghe, se ne potrebbe prevedere l'impiego in futuro.

ESPOSIZIONE PER VIA CUTANEA

La pelle è solitamente considerata una buona barriera contro le particelle. Tuttavia, quando la pelle è compromessa (p.es. spaccata, danneggiata) o sotto stress (come sulle articolazioni), le nanoparticelle possono penetrarla. E anche i follicoli piliferi del cuoio capelluto e i pori sono sedi dove può avvenire la penetrazione da parte delle nanoparticelle. Non appena una nanoparticella attraversa la barriera cutanea, dovrebbe essere chiaro che il tessuto cutaneo sottostante e il flusso sanguigno sono i suoi primi bersagli. Attraverso il sangue, la nanoparticella potrebbe essere trasportata verso altri organi. Anche la stessa pelle può essere l'organo bersaglio. A oggi, lo sviluppo di una sensibilizzazione cutanea in conseguenza dell'esposizione a MNM non è stato studiato molto nei dettagli. Considerata la funzionalità di alcuni MNM, progettati ad esempio per disaggregare materiale organico o per fungere da biocida, un sensibilizzante potenziale non può essere del tutto escluso senza ulteriori studi. Riguardo alla nano-SiO₂, la sua reazione con i peptidi suggerisce un eventuale sensibilizzante potenziale che dovrebbe essere studiato in modo più approfondito. La pelle come via di esposizione merita pertanto un'attenzione speciale nel settore del mobile, ad esempio quando il lavoro comporta la generazione di polvere contenente nanomateriali, o quando residui di detta polvere permangono sul luogo di lavoro.

ESPOSIZIONE PER INGESTIONE

L'ingestione non riguarda solo i nanomateriali che sono direttamente ingeriti (attraverso la bocca), ma può anche interessare nanoparticelle inalate e rimosse dai polmoni con il muco e successivamente ingerite (la cosiddetta ingestione secondaria). Le nanoparticelle possono essere assorbite nell'intestino ed entrare nel flusso sanguigno come fanno solitamente i nutrienti.

ESPOSIZIONE DELL'UTENTE FINALE

Anche se l'utilizzatore finale di un mobile con molta probabilità non si occuperà mai in modo attivo della lavorazione del prodotto (produzione), è tuttavia possibile considerare l'esposizione a nanomateriali. Soprattutto perché può esserci contatto prolungato (pelle) con lo strato superiore del prodotto (sedia, tavolo, ...). Tuttavia, l'esposizione può verificarsi solo se il nanomateriale è in qualche modo "mobile", ad esempio, come nel caso dei plastificanti, o se il nanomateriale si trova nella parte superiore della matrice, come nel caso dei battericidi. Quando si valutano questi rischi per l'esposizione a nanomateriali, si dovrebbe considerare che i nanomateriali sono spesso destinati ad essere legati o incorporati nel materiale della matrice. Per questo motivo, l'esposizione dell'utilizzatore finale sarà bassa in molte applicazioni. Ciò nondimeno, l'eventuale esposizione degli utilizzatori finali dovrebbe costituire un argomento di attenta valutazione nella progettazione di un mobile.

¹⁵ Zhao X and Liu R (2012) Recent progress and perspectives on the toxicity of carbon nanotubes at organism, organ, cell, and biomacromolecule levels, *Environment International*, 40, 244–256

ORGANIZZARE UN LUOGO DI LAVORO SICURO

LAVORARE CON I NANOMATERIALI

in modo responsabile rientra nel principio precauzionale raccomandato dalla Commissione europea e dalle parti sociali del settore del mobile. Non si tratta tanto di un principio regolatorio quanto di un principio di lavoro composto di 5 elementi:

e *nanoprodotti*, messa a punto dalle parti sociali olandesi è un esempio in questo senso. Altri strumenti riguardano le derivazioni di valori limite di esposizione professionale (OEL). Nel loro insieme, la *Guida* e lo schema NRV possono essere visti come una buona prassi per

SCENARI DI ESPOSIZIONE SUL LUOGO DI LAVORO PER IL SETTORE DEL MOBILE

Negli ultimi anni è stato pubblicato un numero sempre maggiore di studi sulla possibile esposizione dei lavoratori ai nanomateriali in condizioni reali di lavoro. Il principale oggetto di tali studi è la possibile esposizione nelle fasi di carteggiatura o spruzzatura e nel lavoro con polveri contenenti nanomateriali. I risultati preliminari puntano tutti nella stessa direzione concludendo che l'esposizione a nanomateriali liberi si osserva unicamente quando si lavora con nanomateriali puri o con polveri contenenti nanomateriali. Una volta incorporato un nanomateriale in una matrice non si rileva più esposizione al nanomateriale puro. Per quanto riguarda invece l'esposizione osservata nelle attività di carteggiatura o spruzzatura, questa consiste principalmente nella matrice di prodotto con il nanomateriale incorporato in tale matrice. Le misurazioni sul luogo di lavoro effettuate nel quadro del presente studio sono in linea con questi risultati preliminari.

In un primo approccio, il lavoro con gli MNM nel settore del mobile può essere categorizzato in tre "zone" di rischio:

ZONA A RISCHIO ELEVATO

per le attività in cui vengono manipolate polveri di MNM puri. I primi interventi per ridurre l'esposizione dovrebbero essere:

- (1) investigare la fattibilità della sostituzione con un prodotto alternativo i cui rischi per la salute e la sicurezza sono conosciuti;
- (2) chiedere al proprio fornitore di fornire gli MNM in forma liquida o pastosa;

TABELLA 5 Elementi per la costruzione di un approccio precauzionale al lavoro con i nanomateriali (MNM) nel settore del mobile

1. In caso di insufficienza di dati per determinare i rischi per la salute e la sicurezza degli MNM occorre prevenire l'esposizione dei lavoratori.
 - Evitare l'esposizione agli MNM conformemente alla strategia di prevenzione.
2. Data l'incertezza sui rischi che gli MNM presentano per la salute e la sicurezza, fabbricanti e fornitori dovrebbero informare i loro utenti a valle del settore del mobile in merito agli MNM utilizzati nei loro materiali o prodotti.
 - Dichiarazione del contenuti di MNM e delle possibili emissioni da un prodotto o materiale lungo tutta la catena di produzione.
 - Notifica del contenuti di MNM e delle possibili emissioni da un prodotto o materiale presso un registro centrale.
3. La registrazione dell'esposizione sul luogo di lavoro permette un monitoraggio preventivo e un esame retrospettivo degli effetti avversi degli MNM sulla salute dei lavoratori
 - Equivalente alla registrazione delle sostanze cancerogene: nanofibre ed MNM cancerogeni, mutagenici, reprotossici o sensibilizzanti
 - Equivalente alla registrazione delle sostanze reprotossiche: tutti gli altri MNM non solubili.
4. Una comunicazione trasparente dei rischi è essenziale affinché lavoratori e datori di lavoro del settore possano organizzare un luogo di lavoro sicuro quando lavorano con gli MNM.
 - Informazione sulle schede di sicurezza MSDS sui rischi conosciuti e su come gestirli, nonché sulle carenze o mancanze di conoscenza
 - Informazione per un'applicazione e uso sicuri, p. es. sotto forma di manuale di istruzioni.
 - Chiedere un rapporto di sicurezza chimica (REACH) per le sostanze >1 tonnellata/anno/azienda
5. Per valutare la sicurezza del luogo di lavoro è necessario derivare i valori limite di esposizione (OEL) o valori di riferimento.
 - per le nanoparticelle questo può essere fatto sul luogo di lavoro.

Rendere operativo l'approccio precauzionale è un'operazione complessa. Per coadiuvare i datori di lavoro e i lavoratori in questo processo sono stati messi a punto vari strumenti. Uno strumento mira ad assistere i lavoratori e i datori di lavoro nel valutare il rischio professionale del lavoro con gli MNM e aiutarli a mettere in atto misure di prevenzione per evitare i rischi o ridurli al minimo. La *Guida al lavoro in sicurezza con i nanomateriali*

organizzare un luogo di lavoro precauzionale. Iniziative analoghe sono in atto sia a livello comunitario che in diversi Stati membri e negli USA



FIGURA 1. Posizione del lavoratore nella cabina durante le attività di spruzzatura e rispetto al flusso d'aria dell'impianto di ventilazione rappresentato dalla freccia: il verde indica un basso tasso di NP, il rosso un tasso elevato di NP.

- (3) prevenire qualsiasi esposizione (schermato il lavoratore, mediante ventilazione, preferibilmente utilizzando una cappa per i fumi o con braccia robotiche in un processo completamente chiuso e automatizzato, o mediante misure di protezione personale).

ZONA A RISCHIO MEDIO per le attività in cui si utilizzano materiali contenenti MNM (liquidi o solidi) p. es. vernici, lacche, adesivi, composti o tessuti. Spruzzo, carteggio, lucidatura, taglio o altre lavorazioni a macchina di materiali contenenti MNM sono esempi di attività ad alto rischio di esposizione che possono già essere in atto nel settore del mobile. In questi casi ci si può aspettare, e occorre evitare, un'esposizione a polveri o aerosol contenenti MNM. Le prime attività per controllare eventuali rischi di esposizione dovrebbero essere:

- (1) prevenire il più possibile la formazione di polveri o aerosol in base alla tecnica di applicazione,
- (1) installare un sistema di ventilazione efficace
- (3) adottare misure di protezione personale per evitare l'inalazione o il contatto con la pelle.

ZONA A BASSO RISCHIO per le attività come la manipolazione di materiali solidi o liquidi contenenti MNM senza produzione di polveri o aerosol. Un esempio di tali attività può essere il trasporto di un pannello con un rivestimento in MNM o di un barattolo di vertice MNM dal punto A al punto B. Gli MNM sono contenuti nella matrice ed è difficile che possano migrare al solo contatto. È comunque consigliabile indossare guanti di protezione per evitare il contatto con la pelle, per esempio nel trasportare prodotti trattati con rivestimenti battericidi reattivi in superficie.

In caso di attività ad alto e medio rischio con MNM o materiali contenenti MNM è inoltre consigliabile monitorare l'effettiva esposizione alla nanoparticella del(dei) lavoratore(i) interessato(i). Di preferenza questo si dovrebbe fare prima e dopo l'adozione di misure aggiuntive di riduzione dell'esposizione, per verificare l'efficacia delle misure stesse e l'eventuale necessità di misure ulteriori.

Più avanti sono riportati i principali risultati delle misurazioni dell'esposizione sul luogo di lavoro effettuate nel quadro del presente studio. Tali misurazioni sono state eseguite utilizzando contatori time-resolved (NanoTracer, Philips Aerasense) che misurano la quantità di nanoparticelle presenti nell'aria e il loro diametro medio. La composizione delle nanoparticelle presenti nell'aria è stata analizzata mediante una SEM (microscopia elettronica a scansione) combinata con una spettroscopia EDX (Energy Dispersive X-ray) (SEM/EDX¹⁶). Vi sono diverse tecniche di analisi disponibili sul mercato per valutare l'esposizione ai nanomateriali sul luogo di lavoro. Per una valutazione accurata è importante come minimo:

1. quantificare l'esposizione in termini di nanoparticelle risultanti dall'attività lavorativa
2. determinare la composizione chimica di tali nanoparticelle

Le seguenti casistiche sono basate su osservazioni a breve termine. Servono solo da ispirazione per l'elaborazione di misure preventive da adottare nel luogo di lavoro specifico.

Spruzzatura di vernici, lacche o adesivi

Nella spruzzatura di nanoprodotti l'inalazione di aerosol costituisce potenzialmente il più importante rischio di esposizione e per questo si dovrebbe evitare il più possibile di spruzzare e lavorare con materiali in polvere. I rischi di esposizione sono ridotti quando si usa un pennello o un rullo piuttosto che una pistola a spruzzo. L'esposizione professionale è ridotta anche laddove la fase di spruzzatura è automatizzata, robotizzata e in ambiente chiuso piuttosto che eseguita a mano.

CASO OSSERVATO N. 1: SPRUZZO AD ALTA PRESSIONE DI LACCA CONTENENTE MNM su pannelli di legno nella cabina di spruzzatura alla fig.1. Non sono state prese misure particolari per prevenire l'esposizione agli MNM, salvo la normale protezione per lacca ad elevato tenore di solvente. È stato osservato un elevato gradiente di esposizione agli MNM, indicato dalla freccia alla fig. 1. Vicino al lavoratore il livello di esposizione agli MNM era molto basso. Vicino alla parete sotto vuoto le concentrazioni misurate erano molto più elevate. Questa osservazione suggerisce che un sistema di ventilazione ben progettato è efficace per rimuovere gli MNM dalla zona di respirazione del lavoratore. Tuttavia per questo MNM non è stato definito nessun OEL atto a valutare l'esposizione del lavoratore. Come esempio di buona prassi, raffrontando questa attività lavorativa con gli NRV non sarebbero richieste ulteriori strette misure di controllo dell'esposizione. Si consiglia comunque di portare l'equipaggiamento di protezione personale del caso. L'incertezza che permane sugli effetti avversi a lungo

¹⁶ Le analisi SEM/EDX sono state effettuate presso l'Università di Utrecht (NL), Dipartimento di microscopia elettronica, con l'assistenza di JA Post e JW Geus.



termini dell'esposizione a picchi improvvisi o a basse dosi è un buon motivo per evitare per quanto possibile l'esposizione agli MNM.

Laddove vi sia un rischio di esposizione a polveri o aerosol contenenti MNM, è importante dotare l'impianto di ventilazione con un filtro HEPA, portare una maschera di respirazione progettata per filtro FFP3, occhiali e guanti in nitrile (preferibilmente due paia) e tuta in Tyvek® (o equivalenti non tessuti) per la protezione della pelle.

CASO OSSERVATO N. 2:
SPRUZZO A BASSA PRESSIONE DI UN RIVESTIMENTO MNM eseguito con vaporizzatore a mano. L'attività è illustrata alla fig. 2. Lo spruzzo era utilizzato per inumidire un panno con il quale viene trattata la superficie di un cuscino. Il locale non era ventilato. Lo spruzzo era applicato all'altezza

dell'anca. Nessuna esposizione a MNM rilevata. Questo caso suggerisce che una cauta spruzzatura a bassa pressione può comportare un'esposizione bassa, non rilevabile e quindi non sono richieste ulteriori misure per prevenire l'inalazione di MNM. Si dovrebbe comunque adottare una protezione della pelle.

Fra gli altri fattori l'esposizione gli MNM dipende dal comportamento del lavoratore nella sua attività con gli MNM e dall'intensità e durata del lavoro. Si consiglia di valutare sempre l'efficacia della misurazioni di controllo dell'esposizione, preferibilmente a mezzo di analisi quantitative e qualitative.

Carteggiatura e lucidatura di vernici e lacche

CASO OSSERVATO N. 3:
CARTEGGIATURA DI PANNELLI DI LEGNO TRATTATI CON LACCA AD ALTA RESISTENZA AI GRAFFI.
 Nella fase di carteggiatura vengono prodotte delle nanoparticelle come frazione della polvere totale risultante dalla carteggiatura. Ulteriori nanoparticelle sono prodotte dal motore della carteggiatrice. I dati disponibili dimostrano che una carteggiatura a bassa energia produce meno nanoparticelle. Una carteggiatura ad alta energia produce più nanoparticelle. I dati suggeriscono inoltre un'emissione simile di nanoparticelle da rivestimenti contenenti o non contenenti additivi sotto forma di nanomateriali. Uno studio di Saber et al. (2011) suggerisce inoltre che la polvere di carteggiatura di vernici contenenti nanomateriali potrebbe avere la stessa tossicità della polvere di carteggiatura della stessa vernice non contenente nanomateriali. Tuttavia si tratta di un'ipotesi incerta e la ricerca futura dovrà chiarire questo punto. Pertanto, in base alle conoscenze attuali, non si può ipotizzare un ulteriore rischio di esposizione a nanoparticelle prodotte da frattura/abrasione di superfici trattate con nanorivestimenti. Tuttavia, a seconda della matrice e il tempo durante il quale particella ultrafine inalata rimane nei polmoni, resta la possibilità che la matrice si dissolva nel liquido polmonare esponendo i nanomateriali incorporati nella matrice stessa.

Nel caso di nanoprodotto solido (non in polvere), la probabilità di esposizione al nano ingrediente dipende dalla sua interazione con la matrice in cui è contenuto o applicato. Quando un MNM è inerte ma capace di interagire fisicamente, ne risulta una matrice in cui il nanomateriale è incorporato ma

FIGURA 2. Rivestimento del cuscino di una sedia da dentista utilizzando un vaporizzatore a mano e un panno morbido.





FIGURA 3. Due esempi di misure di controllo dell'esposizione per prevenire l'esposizione agli MNM durante le attività di carteggiatura o lucidatura di materiali contenenti MNM . Sinistra: un piano di lavoro con ventilazione ad aspirazione; destra: protezione ottimale grazie all'uso di guanti al nitrile, tuta Tyvek e maschera respiratoria con filtro FFP3.

legato chimicamente. In questo modo l'MNM rimane "sciolto" e potrebbe in via di principio "percolare", aumentando il rischio di esposizione per contatto. Si può anche pensare a un MNM chimicamente legato alla superficie e reattivo, per esempio in caso di superficie battericida. Anche in questo caso l'esposizione all'MNM potrebbe avere effetti avversi. L'esposizione è improbabile solo quando l'MNM è incorporato e fissato dentro la matrice.

La carteggiatura di pannelli di legno del caso 3 è avvenuta su un piano di lavoro non ventilato. Il macchinario era dotato di ventilazione a scappamento. È stata osservata esposizione agli MNM durante la sabbatura a secco e durante la lucidatura. Quando le attività si fermavano l'esposizione risultava rapidamente ridotta. Nella lavorazione a umido non è stata rilevata alcuna esposizione agli MNM. Queste misurazioni suggeriscono che la sabbatura e lucidatura a secco possono portare a un'esposizione che può essere superiore a quella consigliata dallo schema olandese NRV, specialmente se il processo richiede un'intera giornata lavorativa. In questo caso, lavorare in un ambiente non ventilato non è certo una misura efficace di controllo dell'esposizione e si dovrebbero adottare ulteriori misure. Esempi di un tavolo di lavoro o di parete ad aspirazione e di misture di protezione personale sono illustrati alla fig. 3.

Anche una volta terminato il lavoro resta importante evitare il contatto cutaneo con polveri o liquidi a base di MNM. Per esempio quando c'è ancora polvere contenente MNM sul pannello lavorato. Non si deve mai utilizzare aria a pressione per rimuovere queste polveri. Per pulire la postazione di lavoro si dovrebbe utilizzare un aspiratore professionale con filtro

HEPA e panni umidi per evitare la diffusione di nanoparticelle. Si dovrebbe evitare l'uso di scope, spazzole o aspirapolvere per uso domestico. Gli sversamenti, imballaggi vuoti o cascami dovrebbero essere etichettati e smaltiti come rifiuti chimici tossici.

Taglio di tessuti

CASO OSSERVATO N. 4:
UN TESSUTO IN NYLON trattato con un nanorivestimento idrorepellente è tagliato con delle normali forbici. Nessuna esposizione a nanoparticelle è stata rilevata. Si dovrebbe prestare particolare attenzione ad evitare possibili esposizioni a nano fibre. Benché non sia stata rilevata esposizione alle fibre contenenti MNM, è consigliabile lavorare di fronte a una parete aspirante o su un piano di lavoro con aspiratore laddove vi sia rischio di esposizione a fibre contenenti MNM.

L'effettiva esposizione varia notevolmente e dipende da fattori quali il prodotto specifico, le esatte condizioni ambientali e la concreta situazione di lavoro dei lavoratori interessati.

I QUATTRO ESEMPI di attività presentati in questa sede per il settore del mobile non dovrebbero essere generalizzati per altre analoghe procedure di lavoro. Per ogni nuovo caso specifico si dovrebbe procedere a una valutazione del rischio per giudicare l'efficacia delle misure di controllo dell'esposizione e identificare le misure di prevenzione da adottare per proteggere la salute dei lavoratori. Le quattro casistiche osservate suggeriscono peraltro che le attuali misure di controllo dell'esposizione prescritte per il settore del mobile potrebbero nei fatti essere efficaci ai

fini della protezione dei lavoratori contro l'esposizione agli MNM contenuti nei prodotti con i quali lavorano.

COMUNICAZIONE TRASPARENTE DEL RISCHIO E TRACCIABILITÀ

Vi è un enorme problema quando si tratta di "condividere informazioni sui nanomateriali" lungo tutta la catena del valore dei prodotti in cui sono utilizzati, non solo nel settore del mobile ma anche in molti altri settori. Nel 2012, c'è ancora poca trasparenza sulla presenza degli MNM nei materiali e prodotti destinati all'uso nei mobili. Questo principalmente perché la legislazione europea non richiede (ancora) nessuna comunicazione nano-specifica sugli MNM presenti nei materiali o i prodotti, in aggiunta ai requisiti stabiliti per tutte le sostanze dal regolamento REACH e dalla direttiva CLP. Attualmente a livello europeo si sta dibattendo sulla possibilità e le modalità di organizzazione di detta comunicazione.

La comunicazione su base volontaria riguardo agli MNM nei materiali o i prodotti ha avuto scarso successo. I principali motivi di questa mancanza di comunicazione evidenziata da diversi soggetti interessati del settore sono riassunti nella presente relazione. La catena della comunicazione inizia tipicamente dal produttore di MNM, che informa il produttore di materiali, che informa il fornitore, che informa il produttore di mobili. Il produttore di mobili informa i suoi lavoratori sugli MNM utilizzati e gli utenti a valle di questo processo. La catena di fornitura dei produttori di materiali può essere lunga. La catena tessile, ad esempio, può consistere di un produttore di fibre che rifornisce un produttore di filati, che vende il filato a un tessitore.

Tuttavia, la produzione del mobile può anche essere costituita da più subappaltatori diversi che contribuiscono all'assemblaggio di un unico prodotto. Lungo questa catena, un sempre maggior numero di preziose informazioni sugli MNM tende a perdersi.

Nella comunicazione tra il fornitore e il produttore di mobili, quattro fattori regolano la mancanza di tracciabilità degli MNM nei materiali. Concorrenza e diritti di proprietà intellettuale sono un aspetto che porta alla segretezza. Il marketing è un altro aspetto. Per alcuni materiali, la "nanotecnologia" vende. Si insinua che questi contengano MNM, anche quando paiono non contenerne affatto. Per altri materiali, questo argomento è meno seducente. Pertanto spesso non sono "etichettati" come nano. Solo un numero selezionato di materiali o prodotti sono correttamente etichettati e contengono informazioni specifiche sugli MNM. Un terzo importante motivo che limita la tracciabilità degli MNM nei materiali è il dibattito sociale sugli aspetti incerti legati alla salute e alla sicurezza degli MNM. Questa incertezza, invece di rappresentare un incentivo a fornire informazioni, è diventata un motivo di riservatezza per non sollevare "questioni inutili". Il quarto fattore che limita la comunicazione è l'incompetenza. I fornitori di materiali spesso non sono bene informati e di conseguenza possono fornire solo scarse informazioni al produttore di mobili.

Il produttore di mobili è responsabile della salute e la sicurezza dei suoi lavoratori. Oltre a ciò, deve garantire la sicurezza dei prodotti nell'uso di destinazione. Per la comunicazione sugli MNM, ciò implica:

1. ottenere informazioni (p.es. dal fornitore o dal subappaltatore);
2. organizzare la prevenzione sul luogo di lavoro e informare/ addestrare i lavoratori coinvolti;
3. informare in modo adeguato gli utenti a valle.

I produttori di mobili indicano che è proprio l'incertezza sugli aspetti legati alla salute e la sicurezza a limitarli nell'uso degli MNM nei loro prodotti. Oltre a ciò, la questione di *come comportarsi riguardo alle informazioni ricevute sugli MNM* li stimola a saperne di più sugli MNM che potrebbero già utilizzare. Alcuni produttori di mobili preferiscono non sapere, perché quando si sa, occorre agire. Altri hanno già intrapreso azioni, chiedendo semplicemente ai loro fornitori e subappaltatori di riferire sull'eventuale presenza di MNM nei loro prodotti.

Questa situazione merita seria attenzione. È preferibile che i produttori di mobili chiedano ai fornitori se i loro materiali contengono MNM e si informino su come applicarli in modo responsabile. Nello stesso tempo, i produttori di mobili dovrebbero essere sicuri di avere la possibilità di provvedere alla sicurezza del luogo di lavoro quando lavorano con gli MNM. Sono disponibili varie misure di controllo dell'esposizione, come sistemi di ventilazione specifici ed equipaggiamenti protettivi individuali, che si sono dimostrati efficaci anche per prevenire l'esposizione agli MNM. Inoltre, sono disponibili vari strumenti per aiutare i datori di lavoro e i lavoratori ad eseguire un'analisi e una valutazione dei rischi, che include un piano d'azione per lavorare in sicurezza con gli MNM. Datori di lavoro e lavoratori

dovrebbero inoltre essere informati sul fatto che la tossicità nano-specifica degli MNM dipende dal rischio di esposizione. Incorporati e fissati in una matrice, gli MNM possono essere usati in sicurezza. Tuttavia, anche quando gli MNM sono fissati, l'esposizione per contatto diretto con la superficie del materiale può dare adito a effetti avversi qualora gli MNM presentino proprietà superficiali reattive, come nel caso per esempio dei rivestimenti biocidi. L'industria del mobile dovrebbe essere stimolata a trovare le condizioni che le consentirebbero di avvantaggiarsi in modo responsabile delle potenzialità offerte dagli MNM per l'innovazione del settore.

INIZIATIVE PER LA REGOLAMENTAZIONE DEI NANOMATERIALI E NANOPRODOTTI

Al pari di ogni altra sostanza chimica, la registrazione, valutazione, autorizzazione e limitazione dei nanomateriali sono regolate nel quadro di REACH¹⁷. La relazione della Commissione europea *Nanomaterials in REACH* (2008) offre una panoramica dell'impatto di REACH sulla regolamentazione dei nanomateriali¹⁸. L'altro importante regolamento per le normali sostanze e miscele è il CLP (Chemical Labelling and Packaging)¹⁹. I nanomateriali che rientrano nei criteri di classificazione come sostanze pericolose ai sensi del regolamento CLP devono essere classificati ed etichettati. La relazione della Commissione europea *Regulation, Classification, Labelling and Packaging of nanomaterials under REACH and CLP* (2009) fornisce una panoramica dell'impatto di REACH e del CLP sui

¹⁷ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_en.htm

¹⁸ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanomaterials_en.pdf

¹⁹ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/classification/index_en.htm

nanomateriali²⁰. Si sta attualmente studiando la necessità di ulteriori specificazioni per i nanomateriali in queste legislazioni e della messa punto di ulteriori linee guida. La Francia ha avviato una prima iniziativa concreta per rendere obbligatoria l'informazione sull'uso di nanomateriali nel quadro giuridico della cosiddetta *Loi Grenelle*²¹. Al 1° gennaio 2013 dovrebbe essere obbligatorio riferire su tutte le sostanze prodotte, importate o distribuite a partire dal 2012 in poi. Il regolamento si applica a tutti i prodotti chimici, biocidi e sostanze considerate nanoparticelle (articolo 1) se prodotte, importate o distribuite in Francia in quantità pari a 100 grammi o più/anno. Altri paesi come Italia, Germania e Belgio stanno considerando l'instaurazione di un programma di notifica dei nanomateriali per avere una migliore visione del loro mercato nazionale.

²⁰ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanos_in_reach_and_clp_en.pdf

²¹ <http://www.nanonorma.org/>

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

LO STUDIO APPROFONDITO

del settore europeo del mobile e le interviste con le imprese e con i fornitori di materiali dimostrano che il mercato dei nanomateriali da utilizzare per i prodotti del settore è, nel 2012, ancora in fase di sviluppo. La nanotecnologia potrebbe avere implicazioni enormi per il futuro della produzione di mobili; non solo sulla qualità e sulle funzionalità ma anche per gli aspetti ambientali, occupazionali e per l'impatto della fabbricazione e dei prodotti finali sulla salute dei cittadini. Un esempio di quanto sopra sono i rivestimenti battericidi, idrorepellenti, antigraffio e anti UV. Nonostante il grande potenziale di innovazione per il settore, vi sono diversi ostacoli in termini di costi, prestazioni qualitative (sul lungo termine), incertezza per la salute e la sicurezza e accettazione da parte dei consumatori. Sono state peraltro osservate diverse applicazioni di nanomateriali che hanno avuto un buon riscontro sul mercato. Ricordiamo per esempio i rivestimenti a base di vetro liquido per ottenere un'elevata resistenza antigraffi, idrorepellenza, effetti antibatterici e facilità di pulitura, i rivestimenti anti, tessuti battericidi e facili da pulire e i calcestruzzi ad altissime prestazioni.

Lo studio evidenzia anche un elevato livello di ignoranza nel settore europeo del mobile. In genere i fabbricanti di

mobili non sono bene informati in merito ai nanomateriali eventualmente utilizzati e le informazioni comunicate sono sovente di difficile interpretazione. Questa situazione merita seria attenzione. È opportuno che i produttori di mobili chiedano ai fornitori se i loro materiali contengono nanomateriali e si informino su come applicarli in modo responsabile.

I nanomateriali possono essere più tossici dei loro equivalenti su micro scala e potrebbero presentare effetti nocivi per la salute dovuti alle loro nano caratteristiche specifiche, fra cui malattie cardiovascolari, infiammazioni polmonari, effetti sul sistema nervoso centrale, formazione di cicatrici (ad esempio nei polmoni) e disfunzioni negli embrioni, fino allo sviluppo di cellule cancerogene nei tessuti colpiti. Allo stesso tempo, i fabbricanti devono allestire un ambiente di lavoro mirato alla prevenzione nel momento in cui lavorano con nanomateriali. Sono disponibili vari strumenti per aiutare i datori di lavoro e i lavoratori ad eseguire una valutazione dei rischi, compreso un piano d'azione per lavorare in sicurezza con nanomateriali. In genere ci si possono aspettare rischi di esposizione allorché si producono polveri o aerosol contenenti nanomateriali. L'applicazione a spruzzo di vernici o adesivi, la carteggiatura di superfici

rivestite e la lucidatura o segatura di materiali solidi sono altri esempi di attività lavorative a rischio. Sono disponibili varie misure di controllo dell'esposizione, come sistemi di ventilazione specifici ed equipaggiamenti protettivi individuali, che si sono dimostrati efficaci anche per prevenire l'esposizione ai nanomateriali. Un altro metodo per evitare l'esposizione dei lavoratori è l'automazione dei processi di produzione, con l'uso di braccia robotiche in ambiente chiuso. Dei risultati preliminari indicano che i nanomateriali contenuti nella polvere potrebbe non presentare più la loro specifica nano tossicità. Per i lavoratori che entrano in contatto con tali materiali incorporati in una matrice fissa si può ipotizzare un basso livello di esposizione.

Nell'esplorare i potenziali degli MNM i produttori di mobili dovrebbero prendere delle misure di prevenzione per la tutela della salute dei lavoratori basate sulle informazioni fornite dai fornitori di MNM, effettuare una valutazione generale del rischio e adottare i principi generali di prevenzione associati alle specifiche sostanze chimiche.