

# Nanoprodusele în industria europeană a construcțiilor

Stadiul actual al tehnologiei 2009  
Sumar executiv

Fleur van Broekhuizen  
Pieter van Broekhuizen

Amsterdam, Noiembrie 2009



## Colofon

**Titlu:** Nanotehnologia în industria europeană a construcțiilor – Stadiul actual al tehnologiei 2009 – Sumar executiv

**Autori:** F.A. van Broekhuizen și J.C. van Broekhuizen

**Grup de coordonare:** R. Gehring (EFBWW), D. Campogrande (FIEC), J. Gascon (FCC, Spania), U. Spannow (3F, Danemarca), J. Waage (FNV Bouw, Olanda)

Acest raport este realizat la comanda: EFBWW (Federația Europeană a Lucrătorilor din Construcții și Prelucrarea Lemnului) și a FIEC (Federația Europeană a Industriei Construcțiilor) în cadrul Dialogului Social European

### Mulțumiri

Studiul a fost subvenționat de Comisia Europeană, Directoratul General pentru Angajare, prin acordul de subvenționare Nr. VS/2008/0500 – SI2.512656, în contextul Dialogului Social European din industria construcțiilor.

Autorii doresc să adreseze mulțumiri întreprinderilor (firme de construcții, producători de materii prime, fabricanți, întreprinderi de prelucrare a deșeurilor), organizațiilor din ramură, institutelor de cercetare-dezvoltare și persoanelor fizice pentru contribuțiile lor valoroase la acest studiu, pentru analizele pertinente furnizate și atitudinea deschisă din cadrul discuțiilor.

Mai multe informații despre acest raport pot fi obținute de la:

IVAM UvA BV

Amsterdam-Olanda

Tel: +31 20 525 5080

[www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl)

Email: [office@ivam.uva.nl](mailto:office@ivam.uva.nl)

Detaliile conținute în acest raport pot fi folosite cu condiția menționării sursei. IVAM UvA b.v. nu își asumă responsabilitatea pentru nici un fel de prejudiciu rezultat în urma folosirii sau aplicării rezultatelor acestui raport.

## Sumar

Acest raport conține un studiu referitor la disponibilitatea, folosirea și chestiunile legate de sănătate și securitate asociate nanoproduselor folosite în industria europeană a construcțiilor a anului 2009. Rezultatele prezentate au fost obținute în urma unui sondaj european în rândul angajatorilor, lucrătorilor și reprezentanților lucrătorilor din sectorul construcțiilor, a unor interviuri în profunzime ale unui număr de factori interesați cheie din domeniu, precum și a studierii extensive a literaturii de specialitate.

Gradul de conștientizare a diferiților actori din industria construcțiilor cu privire la disponibilitatea și performanțele nanomaterialelor este foarte limitat. Acest lucru este valabil în cazul angajatorilor și angajaților din domeniul construcțiilor, ca și în cazul celor cu profesii asociate, cum ar fi arhitecții, inginerii constructori și beneficiari.

În prezent, doar o cantitate limitată de nanoproduse reușește să ajungă pe șantierele de construcții, din cauza lipsei de conștientizare și a faptului că ingredientele nanodimensionale sunt adesea prea costisitoare pentru a avea drept rezultat produse competitive. Principalele tipuri de produse identificate pe piață sunt materiale cementoase și betoane îmbunătățite cu nanoparticule, nano-izolații (învelișuri) și materialele izolante. Totuși, în prezent se desfășoară activități intensive de cercetare și dezvoltare și se așteaptă ca, pe viitor, cota de piață a nanoproduselor ca și diversitatea acestora să crească, datorită caracteristicilor unice pe care acestea le prezintă/se consideră că le prezintă.

Cu toate acestea, aceste produse pot prezenta riscuri legate de sănătatea și securitatea muncitorilor de pe șantier, pe care știința de-abia începe să le înțeleagă. Ne referim în special la activitățile care presupun generarea de nanoparticule sau aerosoli. Printre activitățile tipice care prezintă potențial de risc crescut de expunere la nanoparticule menționăm aplicarea de nanoproduse umede sau prăfoase, prelucrarea nanoproduselor uscate sau prefabricate și curățarea sau întreținerea materialelor și echipamentului folosite. Totuși, în general, se remarcă lipsa informațiilor detaliate referitoare la compoziția produselor și la chestiunile specifice produselor nano legate de sănătate și securitate, iar informațiile disponibile pentru producătorul de materiale brute se consideră că se pierd de-a lungul lanțului utilizatorilor.

În consecință, pentru o firmă *obișnuită* de construcții ar fi foarte dificil să realizeze o evaluare adecvată a riscurilor și să amenajeze un loc de muncă sigur pentru angajații săi. O posibilitate de a „trata” cu aceste necunoscute este adoptarea unei abordări precaute. Totuși, în vederea acoperirii lacunelor de cunoaștere, este recomandată dezvoltarea unui număr select de instrumente care să sprijine firmele de construcții în demersul lor de implementare a acestui mod de abordare (cum ar fi de exemplu dezvoltarea unui sistem de înregistrare și notificare, a unor valori de nano-referință sau bune practici pentru un anumit număr de activități de lucru cu nivel de risc crescut).

## Cuprins

<b>Sumar.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducere.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Nanotehnologia în sectorul construcțiilor .....</b>	<b>7</b>
2.1 Factorii care influențează folosirea nanoproductelor în domeniul construcțiilor .....	8
2.2 Activități în vederea asigurării securității ocupaționale .....	13
<b>3. Nanoprodusele pe șantierele de construcții .....</b>	<b>15</b>
3.1 Introducere.....	15
3.2 Cimenturi, betoane și mortar umed.....	16
3.3 Izolații și vopseluri .....	17
3.4 Nanotehnologia și infrastructura .....	19
3.5 Materiale izolante .....	20
<b>4. Riscuri pentru sănătate.....</b>	<b>22</b>
4.1 Introducere.....	22
4.2 Căile de expunere.....	23
4.3 Chestiuni legate de sănătate și securitate referitoare la mai multe nanoparticule ..	24
4.4 Abordări posibile pentru o folosire în siguranță a nanoproductelor .....	25
<b>5. Opțiuni pentru alte activități în vederea amenajării unui loc de muncă sigur.</b>	<b>29</b>

# 1. Introducere

În cadrul Dialogului Social European, FIEC (Federația Europeană a Industriei Construcțiilor) și EFBWW (Federația Europeană a Lucrătorilor din Construcții și Prelucrarea Lemnului) au luat inițiativa de a comisiona IVAM UvA BV cu realizarea unui studiu referitor la gradul actual de conștientizare a factorilor interesați și a unei prezentări de ansamblu a nanoproductelor existente în prezent pe piața europeană a construcțiilor. Acest sumar executiv sintetizează rezultatele unui studiu extensiv al situației „la zi” în anul 2009 privitoare la disponibilitatea, folosirea și aspectele legate de sănătate și securitate asociate nanoproductelor din sectorul european al construcțiilor. Raportul principal, intitulat „Nanotehnologia în industria europeană a construcțiilor, stadiul actual al tehnologiei 2009” descrie în detaliu rezultatele acestui studiu.

Datorită unei orientări constante a pieței către produse mai rezistente, mai durabile și mai ieftine, produsele folosite în industria construcțiilor fac obiectul unei activități continue de cercetare și dezvoltare. Unul din progresele tehnologice cele mai recente care pot fi aplicate în acest domeniu al cercetării și dezvoltării este nanotehnologia. Nanotehnologia înseamnă pur și simplu capacitatea de observare, monitorizare și influențare a materialelor (și a comportamentului acestora) până la detalii la scară nanometrică (nm) (de ex. dimensiuni de circa 10.000x mai mici decât grosimea unui fir de păr). Aceasta presupune tehnici imagistice avansate pentru studierea și îmbunătățirea comportamentului materialelor, dar și conceperea și producerea unor pulberi foarte fine, a unor materiale lichide sau solide care conțin particule cu dimensiunea cuprinsă între 1 și 100nm, așa-numitele nanoparticule. Companiile folosesc aceste nanoparticule pentru a-și înzestra produsele cu proprietăți noi sau îmbunătățite. Ca exemple putem menționa izolațiile transparente pentru ferestre care reflectă razele infraroșii, pentru menținerea unui climat interior mai bun, betoanele ultra rezistente care permit realizarea de construcții mai suple și mai ușoare și izolațiile cu auto-curățare care permit de asemenea și reducerea nivelului de poluare a aerului cu compuși organici.

Deși internetul găzduiește multe informații referitoare la aplicarea nanotehnologiei în domeniul construcțiilor și așteptările pentru viitor sunt mari, realitatea actuală este că numai un număr limitat de nanoproducte reușesc să ajungă efectiv pe șantierele de construcții pur și simplu din cauza faptului că tehnicile și nanoingredientele sunt prea costisitoare pentru a permite realizarea de produse care să poată concura cu cele deja existente. Potrivit afirmațiilor unor jucători cheie din domeniu: *“din acest punct de vedere industria construcțiilor a rămas cu circa 10 ani în urma industriei în general din cauza costurilor implicate și a standardelor tehnice și de securitate cerute pentru materialele utilizate.”*

În ciuda acestui fapt, este important de remarcat numărul lor din ce în ce mai mare. Nanoproductele pentru construcții sunt unice datorită caracteristicilor lor, dar pot de asemenea prezenta riscuri noi legate de sănătate și securitate pentru lucrătorii de pe șantier. Din cauza gradului de noutate a nanomaterialelor și nanoproductelor în general, aceste riscuri legate de sănătate și securitate de-abia încep să fie înțelese<sup>1</sup>. Toate acestea, împreună cu așteptările mari

---

<sup>1</sup> Există diverse întrebări deschise privitoare la riscurile pentru sănătate și cinetica expunerii la nanomateriale și nanoproducte. Pe de altă parte, există vaste cunoștințe și experiență în domeniul evaluării sănătății și securității ocupaționale și al managementului riscurilor de expunere. Provocarea pe care o prezintă lucrul cu nanoproducte constă în folosirea a ceea ce știm pentru a afla ceea ce nu știm.

privind potențialul pieței de nanoproducte în viitorul apropiat<sup>2</sup> conduc la importanța faptului de a urmări evoluțiile înregistrate în domeniul nanotehnologiei încă de la început și de a conștientiza existența unor incertitudini în ceea ce privește aspectele legate de sănătate și securitate asociate nanomaterialelor și nanoproductelor, pentru a lua măsuri adecvate atunci când este nevoie. Acest raport încearcă să ofere o mai bună cunoaștere a nano-productelor utilizate în prezent în domeniul construcțiilor, cât și a caracteristicilor acestora, în vederea facilitării unui proces de evaluare a riscurilor mai bine informat.

Atunci când vorbim despre nanomateriale și nanoproducte, este important să realizăm că nu există încă definiții unanim acceptate și prin urmare pot apărea ușor neînțelegeri. În prezentul raport se consideră că:

1. un nanomaterial este un material pe bază de particule, care conține nanoparticule sau aglomerări sau agregate de nanoparticule în stare solidă sau dispersate într-un lichid, sau nanostructuri interne sau externe sau domenii nanodimensionale.
2. un nanoproduct este orice produs în care a fost încorporat în mod deliberat un nanomaterial, cu scopul de a influența proprietățile produsului respectiv.

Nanoparticulele sunt definite ca particule „modificate genetic” (prin acțiunea agenților umani, spre deosebire de particulele „naturale” nanodimensionale care se formează de exemplu în urma erupțiilor vulcanice) cu dimensiuni cuprinse între 1 și 100nm. Aceste particule pot fi solubile sau insolubile. Deocamdată vom utiliza termenul de nanoparticule doar pentru particulele insolubile, deoarece particulele insolubile permanente sunt cele care prezintă un interes major vizavi de efectele potențiale asupra sănătății specifice nanocompușilor. Totuși, în prezent se poartă și discuții pe tema posibilelor efecte asupra sănătății specifice nanoparticulelor solubile datorită, prin altele, rolului lor nano-specific în mediu.

---

<sup>2</sup> A se vedea de exemplu [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

## 2. Nanotehnologia în sectorul construcțiilor

Pentru a obține o imagine generală cuprinzătoare privind disponibilitatea actuală și utilizarea nanomaterialelor și nanoproduselor pe șantierele de construcții, pentru a oferi câteva informații referitoare la progresele care se înregistrează și care pot conduce la folosirea nanoproduselor în viitorul apropiat, și pentru a semnaliza și a plasa în perspectivă aspectele legate de sănătatea și securitatea ocupațională asociate nanoproduselor folosite, au fost urmate trei trasee:

1. Cercetarea extensivă a literaturii (științifice) de specialitate și a surselor internet a constituit baza pentru informațiile prezentate cu privire la nanomaterialele și nanoprodusele folosite în sectorul construcțiilor și la chestiunile legate de sănătatea și securitatea ocupațională care pot juca un rol în aplicarea acestor produse.
2. FIEC și EFBWW au realizat un sondaj în rândul membrilor lor din 24 de țări europene pentru a determina gradul general de conștientizare a angajatorilor (reprezentanților angajatorilor) și angajaților cu privire la aplicațiile nanoproduselor în sectorul construcțiilor (denumit în continuare sondajul pe 2009). Sondajul pe 2009 a avut drept scop relevarea unei prime impresii legate de experiențele în domeniu, motivațiile care stau la baza orientării către nanoproduse și aspectele legate de sănătate și securitate comunicate de către furnizorul produselor. În nici un caz nu s-a intenționat obținerea de informații extensive legate de detaliile privitoare la folosirea actuală și practicile de lucru cu nanoproduse în industria construcțiilor, deoarece acest lucru ar necesita un demers mult mai elaborat.
3. Au fost organizate interviuri în profunzime cu lucrători și angajatori din domeniul construcțiilor, arhitecți, fabricanți de produse și oameni de știință din domeniul cercetare-dezvoltare pentru materiale și produse pentru construcții, în vederea obținerii de informații mai amănunțite cu privire la activitățile în derulare din domeniul nanoproduselor pentru industria construcțiilor. Rezultatele acestor interviuri au fost importante pentru plasarea în perspectivă a rezultatelor sondajului pe 2009, a literaturii și cercetărilor efectuate pe internet și pentru reliefarea acelor direcții de dezvoltare în spiritul nano care pot fi în prezent catalogate ca fiind cele mai semnificative pentru sectorul construcțiilor.

Tabelul 0-1 Vedere generală asupra profilului tipic (profilul funcției) al respondenților la sondajul din 2009 și o privire de ansamblu asupra diferitelor tipuri de organizații abordate pentru interviurile în profunzime.

Respondenți <sup>3</sup>	Funcție	Interviuri în profunzime (%)	Tip de organizație
6	Angajator	21	Industria construcțiilor
4	Zugrav (lucrător, reprezentant al lucrătorilor)	21	Fabricanți de produse (brute)
4	Consilier pentru probleme de securitate (lucrător, reprezentant al lucrătorilor)	9	Organizații de ramură
3	Alți respondenți (lucrător, reprezentant al lucrătorilor)	4	Arhitecți
11	Nespecificată (lucrător, reprezentant al lucrătorilor)	42	Departamente universitare de cercetare-dezvoltare
38 <sup>4</sup>	Consilieri în probleme de sănătate și securitate ocupațională / Igienişti ocupaționali (numai din Olanda)		

<sup>3</sup> În total au fost primite 28 răspunsuri din partea a 14 țări europene diferite, plus 38 experți în probleme de sănătate ocupațională din Olanda, ale căror răspunsuri sunt abordate separat.

<sup>4</sup> Setul de răspunsuri din partea igieniștilor ocupaționali și a consilierilor în probleme de sănătate și securitate ocupațională din Olanda (38 respondenți în total) a fost un fapt unic în cadrul sondajului pe 2009. Prin urmare, acești respondenți au fost evaluați separat. Rezultatele obținute în urma evaluării lor s-au aliniat complet rezultatelor celorlalte răspunsuri.

Informațiile obținute sunt prezentate în secțiunile următoare. Tabelul 0-1 prezintă o privire generală asupra profilului funcției respondenților la sondajul pe 2009 și asupra tipului de organizații abordate pentru realizarea interviurilor în profunzime.

## **2.1 Factorii care influențează folosirea nanoproductelor în domeniul construcțiilor**

În anul 2003, specialiștii din domeniul cercetare-dezvoltare au împărtășit așteptări înalte legate de evoluția nanoproductelor pentru industria construcțiilor în viitorul apropiat. Cu toate acestea, doar puține dintre produsele de care se legau așteptările la acea dată au reușit efectiv să ajungă pe șantierele de construcții în prezent.<sup>5</sup> Motive variate pot fi invocate. Cele mai importante vor fi discutate în următoarele secțiuni.

### **Competiția prețurilor**

Primul motiv pentru care nanoproductele se bucură de succes în societate dar nu reușesc să ajungă în industria construcțiilor îl reprezintă costurile implicate. În prezent, nanomaterialele și prin urmare nanoproductele încă sunt considerabil mai costisitoare decât alternativele lor non-nano din cauza tehnologiei necesare pentru producerea lor. Pentru sectorul construcțiilor, acest lucru înseamnă că, încă din faza de cercetare și dezvoltare a unui produs, inițiativele sunt stopate în momentul în care se prevede că nanoproductele care urmează să fie realizate nu vor ajunge niciodată la prețuri competitive. În mare parte aceasta se datorează faptului că produsele pentru construcții sunt aproape întotdeauna distribuite în cantități importante și diferențele mici de preț pe kg duc la o creștere enormă a costurilor totale atunci când se ia în considerare volumul total al clădirii.

Ca urmare, producătorii de materiale de construcții sunt reticenți cu privire la dezvoltarea de nanoproducte, iar acele nanoproducte care sunt dezvoltate sunt aplicate numai în cazul unor solicitări specifice. Acest lucru este valabil în special în cazul produselor cu volum mai mare cum ar fi betonul sau mortarul și izolațiile pentru construcții. Totuși, spre exemplu, în cazul materialelor izolante și al izolațiilor din sticlă și arhitecturale, accentul pe care societatea îl plasează actualmente pe îmbunătățirea managementului energiei în contextul schimbărilor climatice și pe reducerea gazelor cu efect de seră stimulează introducerea acestora pe piață în continuare.

### **Performanța tehnică**

Performanța tehnică a produsului reprezintă un al doilea factor limitator pentru introducerea pe scară largă a nanoproductelor. Trebuie să se dovedească temeinic faptul că performanța tehnică îndeplinește standardele tehnice pentru materialul respectiv. Evident, acest lucru depinde de sectorul de piață. Pentru beton, spre exemplu, aceasta este o chestiune de importanță majoră. În cazul izolațiilor pentru ferestre cu auto-curățare, acest aspect este mult mai puțin important deoarece standardele de securitate sunt mult mai scăzute de exemplu.

### **Gradul de conștientizare din cadrul sectorului**

Gradul de conștientizare (sau lipsa conștientizării) reprezintă un alt element cheie care ridică un obstacol în calea introducerii nanoproductelor în lucrările de construcții. În lipsa conștientizării oamenii pur și simplu nu știu că există ceva nou care poate fi aplicat și studiat. În Europa cunoștințele referitoare la aplicarea nanotehnologiei în domeniul construcțiilor sunt foarte limitate și în prezent aceste cunoștințe sunt deținute de un număr mic de jucători cheie care contribuie la dezvoltarea pieței. Sondajul pe 2009 elaborat de FIEC și EFBWW în vederea monitorizării gradului de conștientizare a lucrătorilor din domeniul construcțiilor și a angajatorilor acestora a condus la rezultatele din Figura 0-1, care revelă faptul că majoritatea

---

<sup>5</sup> Bartos PJM 2009, Nanotechnology in Construction 3, Proceedings of the NICOM3. ISBN 978-3-642-00980-8



respondenților (~75%) nu conștientizează dacă lucrează cu nanoproducte. Acest rezultat se bazează pe interpretarea a 28 de chestionare completate, în contextul în care obiectivul era obținerea de 3 chestionare completate de la fiecare membru al FIEC sau al EFBWW din fiecare din cele 24 țări din UE abordate (un total țintă de 144 chestionare completate)<sup>6</sup>.

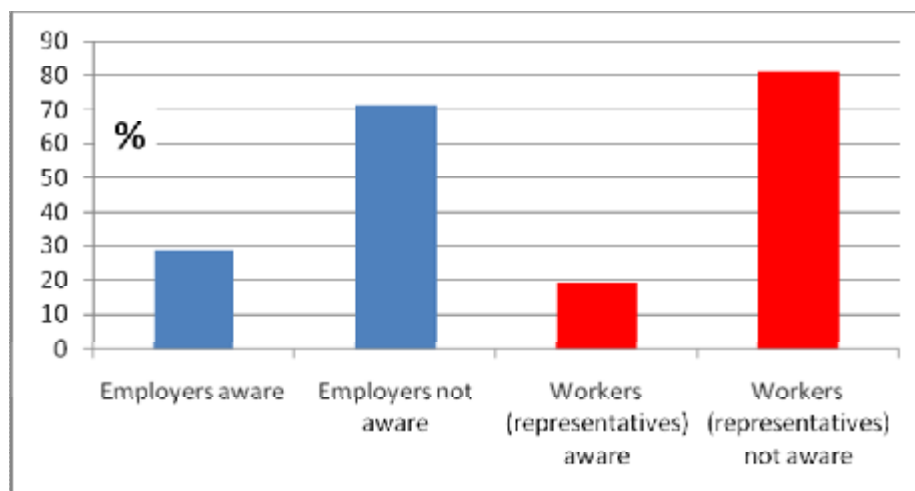


Figura 0-1 Răspunsurile la sondajul pe 2009 obținute din partea angajatorilor și lucrătorilor (reprezentanților lucrătorilor) care sunt sau nu sunt conștienți de prezența nanoproductelor la locul lor de muncă.

Totuși, rezultatele acestui sondaj ar trebui interpretate ca fiind doar indicative cu privire la starea actuală a cunoștințelor din sector referitoare la folosirea nanoproductelor în industria construcțiilor. De fapt, cei 25% dintre respondenții care sunt conștienți probabil supraestimează cifrele reale datorită selecției pozitive: acei respondenți care sunt conștienți de faptul că lucrează cu nanoproducte sunt mai dornici să răspundă. Fragmentele următoare sunt extrase din comentarii diferite primite din partea reprezentanților lucrătorilor și angajatorilor din domeniul construcțiilor ca reacție la sondajul pe 2009:

- "...Am vorbit cu mai multe companii în legătură cu acest subiect și nimeni nu știe de vreun material care să conțină astfel de produse. Am vorbit de asemenea cu mai multe persoane cu funcții de conducere pe probleme legate de sănătate și securitate și nici acestea nu sunt conștiente de existența acestor produse ... (UK)"
- "...am încercat să obținem informații din mai multe subsectoare din construcții, dar până în prezent nu am primit indicații utile. Această chestiune (și lucrul acesta nu ne miră foarte mult) este încă necunoscută (CH)"
- "...subiectul este pur și simplu prea abstract și nefamiliar pentru a putea răspunde în vreun fel la sondaj (NL)"

Aceste rezultate, coroborate cu constatările obținute în urma interviurilor în profunzime realizate în paralel cu sondajul pe 2009 la care au participat un număr de jucători cheie implicați în domeniul construcțiilor (de ex. BASF, Heidelberg Cement, Skanska) sugerează faptul că nanotehnologia nu a pătruns încă semnificativ în sectorul construcțiilor. O serie de contacte cu diferite IMM-uri vin în sprijinul ideii că nanotehnologia este doar o piață de nișă în contextul actualei industrii a construcțiilor. Totuși, regăsim și semnale contrare, în cazul unei companii de consiliere pe probleme de sănătate și securitate din industria instalațiilor electrice din

<sup>6</sup> Răspunsurile la chestionar au fost obținute din partea a 14 țări diferite, contabilizându-se în mod tipic 1 sau 2 răspunsuri per țară, cu excepția Olandei. Rata mult mai mare a răspunsurilor din partea Olandei se datorează derulării în paralel a unui proiect (național) referitor la nanoproductele din industria construcțiilor și expunerea ocupațională asociată acestor produse.

Danemarca, indicând că "...nu dețin nici o informație referitoare la folosirea vreunui nanoproduct în aceste sectoare, dar sunt foarte siguri că unele dintre produsele cu care lucrează sunt de fapt nanoproducte".

Respondenții la sondajul pe 2009 care lucrează cu nanoproducte au lucrat în general cu produse cementoase sau din beton, cu izolații sau materiale izolante (vezi Figura 0-2). Alte tipuri de produse, printre care produsele de pavaj pentru drumuri, materialele sau textilele rezistente la foc, au fost doar menționate de câțiva respondenți. Toți respondenții folosesc nanoproductele respective din motive legate de performanță (excluzând folosirea unui produs alternativ) și câteodată la solicitarea (suplimentară) expresă a clientului.

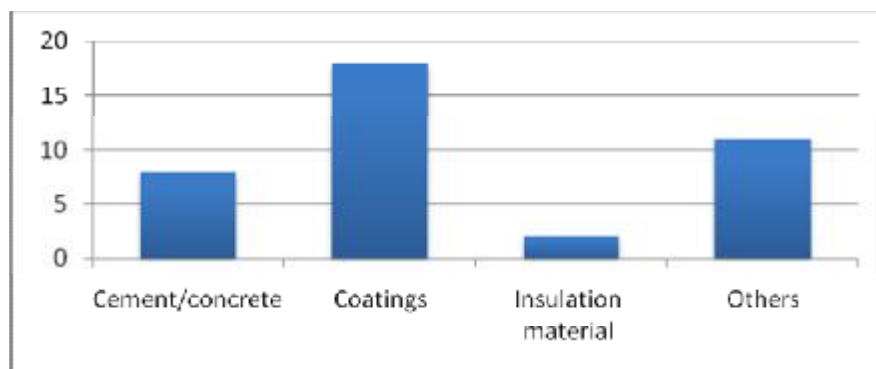


Figura 0-2 Nanoproductele menționate efectiv ca fiind folosite; numărul de produse per tip produs, așa cum rezultă din sondajul pe 2009

Este totuși interesant de remarcat faptul că unii dintre respondenții care au răspuns cu "*Nu, nu știu dacă lucrez cu nanoproducte*", atunci când li se pune în față o listă specifică de tipuri de produse, menționează că e posibil să lucreze cu unele tipuri de nanoproducte. (~18% din totalul respondenților: lucrători, reprezentanți ai lucrătorilor și angajatori). Tipurile de produse identificate în mod tipic de către acești respondenți coincid cu aceleași produse ale căror denumiri sunt menționate de către respondenții care sunt conștienți de faptul că lucrează cu nanoproducte (~21% din totalul respondenților: lucrători, reprezentanți ai lucrătorilor și angajatori). Acest fapt denotă o lipsă mai generală a cunoștințelor referitoare la natura produselor cu care se lucrează, dar ar putea fi interpretat și ca reflectând acele grupe de produse în cadrul cărora respondenții s-ar aștepta ca nanoproductele să apară mai întâi. În mod alternativ, totuși, răspunsul poate fi orientat de influențele activității de marketing, care asociază performanțele tehnice superioare ale unui produs cu prefixul *nano-*, sugerând faptul că toate produsele 'noi', 'unice', sau 'super rezistente' sunt susceptibile de a fi nanoproducte.

#### Avantaje ale nanotehnologiei pentru sectorul construcțiilor

Pentru folosirea nanotehnologiei în scopul studierii și dezvoltării unor materiale îmbunătățite este nevoie un departament de cercetare-dezvoltare puternic, cu posibilitatea de a folosi echipamente costisitoare și în care să lucreze personal de calitate. Totuși, deoarece industria construcțiilor nu a fost niciodată orientată puternic către cercetare-dezvoltare, activitățile de cercetare-dezvoltare pe tematica nano se desfășoară în principal în marile companii producătoare multinaționale cum ar fi BASF, AKZO-NOBEL, DuPont, Heidelberg și Italcementi sau în institute de cercetare specializate (din universități sau private). Aceasta înseamnă indirect că IMM-urile fie joacă un rol mic fie nu au nici un rol în activitățile curente de pionierat pe tematica nano desfășurate în cadrul sectorului construcțiilor. Excepție fac IMM-urile de tip spin-off care au un contract ce le permite să folosească facilitățile de cercetare ale companiei „mamă” de care aparțin, IMM-urile de tip *spin-off* din universități (și care se pot folosi de

facilitățile din cadrul universității) care-și concentrează atenția asupra anumitor nano-piețe de nișă cum ar fi spre exemplu producerea și proiectarea la cerere a unor nano-materiale specifice, și un număr mic de IMM-uri care au reușit să folosească succesele și descoperirile companiilor mai mari pentru a dezvolta în mod inovativ propriile linii de produse.

Totuși, în prezent, această situație este în curs de schimbare în sectorul izolațiilor. Izolațiile de tip nano sunt de obicei rămase 'în urmă' ca nivel de dezvoltare în raport cu alte produse pentru construcții cum ar fi betonul sau materialele izolante, iar metodele de aplicare a nanomaterialelor devin din ce în ce mai cunoscute în rândul fabricanților de produse. Prin urmare IMM-urile încep să joace un rol și în domeniul vopselurilor și materialelor izolante și să-și producă propriile linii de produse.

#### Comunicarea aspectelor *nano*-specifice de-a lungul lanțului utilizatorilor

Pentru lucrătorul obișnuit din domeniul construcțiilor, cunoașterea detaliată a naturii chimice a produsului cu care lucrează nu reprezintă prioritatea numărul 1. Informațiile tehnice și cele referitoare la sănătate și securitate sunt cele necesare. Acest lucru este valabil pentru produsele "normale" ca și pentru nanoproduse. Totuși, folosirea metodelor standardizate pentru identificarea riscurilor legate de sănătatea ocupațională care pot surveni în urma expunerii la nanoproduse reprezintă un subiect de dezbatere actual și se ridică o serie de întrebări deschise referitoare la aplicabilitatea acestor metode. În consecință, se manifestă o stare generală de incertitudine cu privire la riscurile legate de sănătate și securitate asociate nanoproduselor, care ar trebui tratate și utilizate cu anumită precauție.

Nanomaterialele pot fi mult mai reactive (per gram material) decât formele lor non-nano și se pot comporta în mod diferit. Prin urmare pot produce de asemenea efecte diferite asupra sănătății care pot fi mai severe. Limitele de siguranță stabilite, în afara cărora sunt necesare înregistrarea și comunicarea riscurilor legate de sănătate și securitate, sunt prin urmare prea înalte pentru asigurarea unui loc de muncă sigur și ar trebui scăzute. În Europa, lobby-ul realizat de către ETUI și ETUC își exercită acțiunea în sensul schimbării acestei situații printr-un amendament al regulamentului REACH care va solicita notificarea obligatorie privitoare la toate nanomaterialele adăugate în mod intenționat la un produs.

În prezent, situația este de așa natură încât nu există decât metode limitate de a afla detalii legate de natura chimică a oricărui nanoproduct. Nu mulți fabricanți de produse care folosesc ingrediente nanodimensionale sau nanomateriale își informează clienții despre acest lucru, deoarece Regulamentul privind clasificarea, etichetarea și ambalarea substanțelor și amestecurilor (CLP)<sup>7</sup> nu-i obligă să o facă. Așa cum reiese din sondajul pe 2009, doar pentru 7 din cele 41 nano-produse indicate ca fiind utilizate, respondenții afirmă că sunt informați în legătură cu caracteristicile produsului prin intermediul unei Fișe Tehnice de Securitate a Materialului (FTS) și dintre acestea 7, numai în 4 cazuri Fișa Tehnică de Securitate a Materialului recomandă măsuri de protecție pentru nanoproduse diferite față de măsurile recomandate în cazul produselor (non-nano) folosite înainte de aceeași firmă de construcții (vezi Figura 0-3). Răspunsurile obținute sugerează faptul că pentru majoritatea produselor, aspectele legate de sănătate și securitate sunt comunicate în mod neadecvat de-a lungul lanțului utilizatorilor (pentru 34 de produse nu există Fișă Tehnică de Securitate a Produsului disponibilă din câte cunosc respondenții, care pot fi fie lucrători fie angajatori din domeniul construcțiilor). În cazul

---

<sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/dansub/home\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/dansub/home_en.htm) ; versiunea în limba română a Regulamentului (CE) Nr 1272/2008: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:ro:PDF>

produselor pentru care se furnizează și Fișa Tehnică de Securitate a Produsului depinde de producător sau de furnizor dacă această fișă conține informații legate de sănătate și securitate asociate în mod specific nanoingredientelor. În cazul produselor menționate de respondenții la sondajul pe 2009, majoritatea Fișelor Tehnice de Securitate nu conțin informații cu privire la vreun nanoingredient, în timp ce în fișele tehnice se specifică uneori în mod clar, se sugerează câteodată, iar alteori pare că se sugerează (de exemplu prin denumirea produsului), că produsul respectiv conține de fapt cel puțin un nanomaterial. Informațiile nano-specifice furnizate în fișele tehnice variază de la informații detaliate: indicarea unei dimensiuni și imagine obținută la microscopul electronic cu scanare (MES)<sup>8</sup> a nanoparticulelor sau descrierea suprafeței active a nanomaterialului per gram, până la mențiunea "simplă" că produsul conține, de exemplu nano-cuarț (fără a se specifica cum anume arată acest tip de cuarț).

În toate cazurile în care se oferă mai multe informații cu privire la nanoproduct, producătorii specifică faptul că produsul nu este periculos dacă este utilizat conform indicațiilor, și în nici unul din cazuri nu se cer abilități de manipulare sau instructaj specific pentru nanoproducte în vederea folosirii corecte a nanoproductului. Mai mult, pentru majoritatea nanoproductelor menționate în sondajul pe 2009, măsurile de protecție recomandate sunt descrise ca '*nefiind diferite de cele aplicate înainte*' când se foloseau produse non-nano, și se specifică faptul că procesul de muncă nu este afectat de utilizarea acestor produse. Numai pentru două produse se prescriu mai multe măsuri de protecție decât pentru produsele non-nano utilizate pentru o aplicație similară. În cazul produselor menționate în sondajul pe 2009 aceste măsuri se aplică pentru două produse cementoase care conțin nano-silice. Totuși, există și indicii conform cărora nanoproductele pot ușura procesul de muncă.

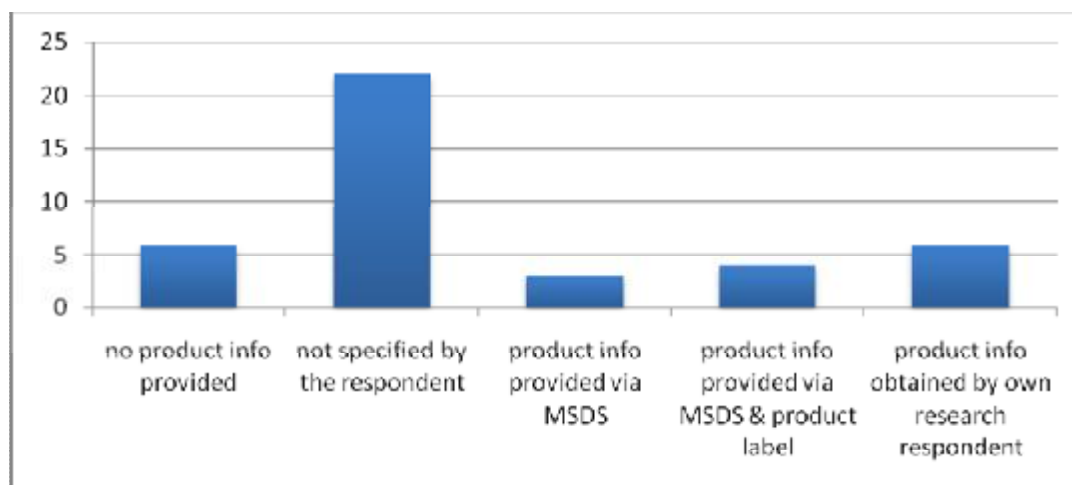


Figura 0-3 Specificarea informațiilor referitoare la produs în cazul nanoproductelor indicate ca fiind utilizate în sondajul pe 2009 (în cifre)

În prezent lanțul de furnizare a informațiilor se prezintă în linii mari după cum urmează (vezi și Figura 0-4). Producătorii de nanomateriale „în stare brută” furnizează detalii referitoare la proprietățile materialului (cum ar fi reactivitatea, caracteristici comportamentale specifice, dimensiune, formă, structură cristalină, masă și densitate) și specificații referitoare la aspectele legate de sănătatea și securitatea asociate produselor în cauză (în măsura în care aceste aspecte sunt cunoscute) către următorul utilizator din lanț (cel mai adesea fabricantul produsului). În funcție de relațiile de afaceri dintre cele două părți, aceste detalii pot fi minimul cerut prin lege sau informații mai detaliate, atunci când relația de afaceri se bazează pe încredere reciprocă. În

<sup>8</sup> Microscopie electronică cu scanare

orice caz, furnizarea de informații nano-specifice se oprește de regulă în acest punct al lanțului utilizatorilor. Fabricanții de produs folosesc cel mai adesea nanomaterialul ca aditiv cu concentrația mai mică decât limita în afara căreia se cere înregistrarea și comunicarea. Doar unii dintre acești fabricanți își informează clienții despre acest lucru, menționând uneori doar „realizat cu ajutorul nanotehnologiei”, fără a intra în detalii. Pentru client aceasta înseamnă să ghicească ce anume conține nanoproductul respectiv.

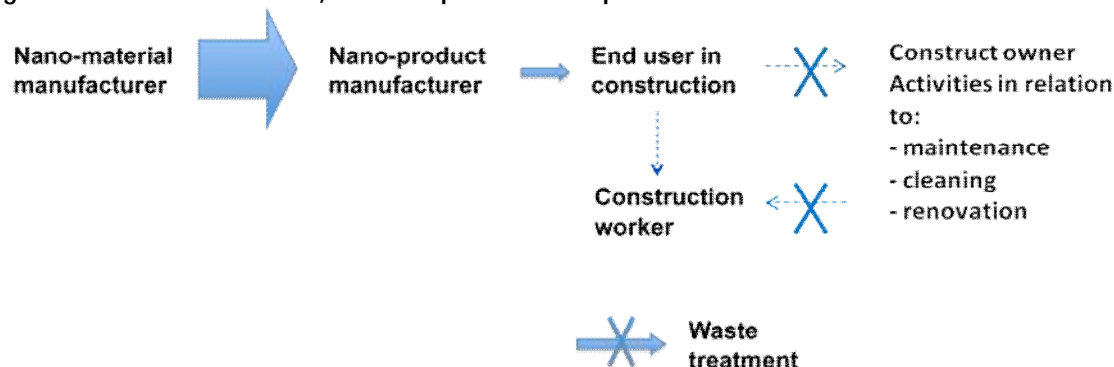


Figura 0-4 Intensitatea furnizării de informații nano-specifice de-a lungul lanțului de utilizatori, de la furnizorul de material brut până la cei care manipulează materialele reziduale. Grosimea săgeții reprezintă în mare cantitatea de informații nano-specifice furnizate către următorul utilizator din lanț.

### Vânzările de nanoproducte

Nanotehnologia și produsele realizate cu ajutorul acestei tehnologii sunt percepute ca fiind capabile să rezolve multe din problemele actuale de înaltă prioritate cum ar fi epuizarea resurselor minerale, poluarea mediului, consumul de energie și emisiile de gaze cu efect de seră, și chiar aspecte legate de securitate cum ar fi atacurile teroriste și pacea la nivel mondial. Aceste așteptări înalte au condus la plasarea sintagmei *nano-* alături de cuvinte-cheie precum *succes*, *performanțe înalte* și *dezvoltare durabilă*. Prin urmare, companiile, dar și cercetătorii, au început să-și vândă produsele activității lor sub denumirea de *nano-* pentru a atrage clienți sau a obține finanțare. Această tendință a început să se manifeste în urmă cu circa 10 – 15 ani și chiar și în prezent, când tendința aceasta este în declin din cauza aspectelor legate de sănătate și securitate implicate, dar și din cauza presiunii din partea organizațiilor de ramură în sensul evitării confuziei cu privire la tematica nano<sup>9</sup>, termenul *nano-* se mai folosește încă pentru a sublinia performanțele tehnice deosebite ale unui produs sau designul subtil, inteligent.

Acest lucru nu se întâmplă numai în cazul produselor care conțin nanomateriale. Chiar și produse standard care conțin enzime (care au dimensiuni tipice în regim nano) sau dispersiile uleioase (care conțin picături mici de ulei cu diametru nanometric) au fost catalogate drept *nano-*. La fel se întâmplă și în cazul produselor care pot fi considerate „de graniță”, care conțin materiale precursore produse cu ajutorul nanomaterialelor sau al proceselor de producție axate pe nanotehnologii, dar ale căror ingrediente actuale nu mai sunt nanomateriale. Situația care rezultă din aceste date este una confuză, nanoproductele fiind câteodată vândute ca non-nanoproducte, în timp ce se produce și reversul: produsele non-nano sunt câteodată vândute ca nanoproducte.

## 2.2 Activități în vederea asigurării securității ocupaționale

În ciuda aspectelor menționate mai sus, din ce în ce mai mulți fabricanți de nanoproducte au devenit conștienți de problemele potențiale și în mare parte necunoscute legate de sănătate și

<sup>9</sup> Comunicări private cu o serie de companii diferite producătoare de materiale

securitate asociate folosirii și manipulării nanoparticulelor. Pe șantierele de construcții oamenii se pot confrunta cu expunerea la nanoparticule în urma:

1. Folosirii primare a unui nanoproduct: lucrul cu un nanoproduct (un produs gata-de-utilizare sau produs multi-component care este amestecat pe șantierul de construcție)
2. Folosirii secundare a unui nanoproduct: prelucrarea unui nanoproduct (de exemplu prin activități de foraj, de sablare sau de curățare)

Este necesară o evaluare atentă a riscurilor în special atunci când aceste activități presupun manipularea de materiale lichide sau sub formă de pulbere sau generarea de praf sau aerosoli. Printre exemplele tipice menționăm: pulverizarea unei nano-izolații, adăugarea de fum de silice în mortarul umed, sablarea unei fațade de beton foto active, sau curățarea unui perete antibacterian (care conține argint). Pe de altă parte, riscurile de expunere la nanoparticule în urma manipulării nanoproductelor în stare solidă (prefabricate) cum ar fi ceramică, sticlă, oțel, plastic, compozite, materiale izolante, beton sau lemn realizate cu ajutorul nanotehnologiilor, fără a implica nici o activitate de prelucrare, este de așteptat să fie mici (sau să nu existe deloc) deoarece este de așteptat ca nanoparticulele să rămână conținute în matricea solidă. Totuși se poate produce expunerea în timp, atunci când materialul se uzează, când construcția este renovată sau demolată.

Într-o primă încercare de a amenaja un loc de muncă sigur este recomandată o abordare precaută de către diferite tipuri de organizații cum ar fi producători importanți de materiale și Comisia Europeană. Ca urmare a sublinierii constante a importanței unei abordări precaute promovate prin diferite coduri de conduită și sprijinite de Comisia Europeană și de companii mai mari care se constituie ca factori interesați cheie, cum ar fi BASF și Dupont, majoritatea nanoparticulelor și nanomaterialelor sunt produse în stare lichidă (sub formă de suspensie sau soluție), în condiții de ‘sub presiune’ sau în condiții de etanșare, pentru a maximiza controlul particulelor și a minimiza riscurile de expunere. Din aceste motive și spre deosebire de ce se întâmpla acum câțiva ani, aditivii nanodimensionali sunt cel mai adesea livrați sub formă de suspensie sau soluție, gata-de-utilizare de către producător. Atunci când acest lucru nu este posibil, de exemplu în cazul fumului de silice pentru betoanele de ultra înaltă performanță, și aditivii trebuie să rămână în stare de pulbere, sunt inventate alte soluții pentru a evita expunerea, cum ar fi utilizarea unui material de ambalaj (saci de mari dimensiuni) care se dizolvă în apă, materialul respectiv neafectând caracteristicile prevăzute ale produsului (în cazul nostru, beton)

Cu toate acestea, este foarte greu de stabilit dacă o anume practică de lucru și măsurile de protecție luate sunt sau nu suficiente pentru a lucra în condiții de siguranță. Aparatele de măsurare în vederea determinării gradului efectiv de expunere la locul de muncă sunt foarte costisitoare, dificil de manipulat, și furnizează doar răspunsuri limitate cu privire la nivelurile de expunere. Conform modului de înțelegere actual, există pe piață diverse tipuri de materiale de protecție personală care sunt echipate pentru a proteja împotriva expunerii la nanoparticule. Informații referitoare la materialele de protecție personală pot fi găsite într-un studiu recent publicat de către OCED, care prezintă o imagine comparativă cuprinzătoare a îndrumărilor referitoare la alegerea echipamentului de protecție pentru piele și a echipamentului de protecție respiratorie, pentru protecția lucrătorilor împotriva expunerii posibile la nanomaterialele fabricate.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> OECD Environment, Health and Safety Publications Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 12 (2009) ENV/JM/MONO(2009)17



### 3. Nanoprodusele pe șantierele de construcții

#### 3.1 Introducere

Cota de piață totală a nanoproduselor în industria construcțiilor este mică și se consideră a fi aplicată pe piețele de nișă.<sup>11</sup> Totuși se așteaptă ca această cotă să crească în viitorul apropiat,<sup>12</sup> iar nanoparticulele să joace un rol important ca bază a proiectării, dezvoltării și producției de materiale pentru industria construcțiilor<sup>13</sup>. Nanoprodusele pot fi deja găsite în principiu în aproape fiecare parte a unei case sau construcții obișnuite. (vezi Figura 0-5).

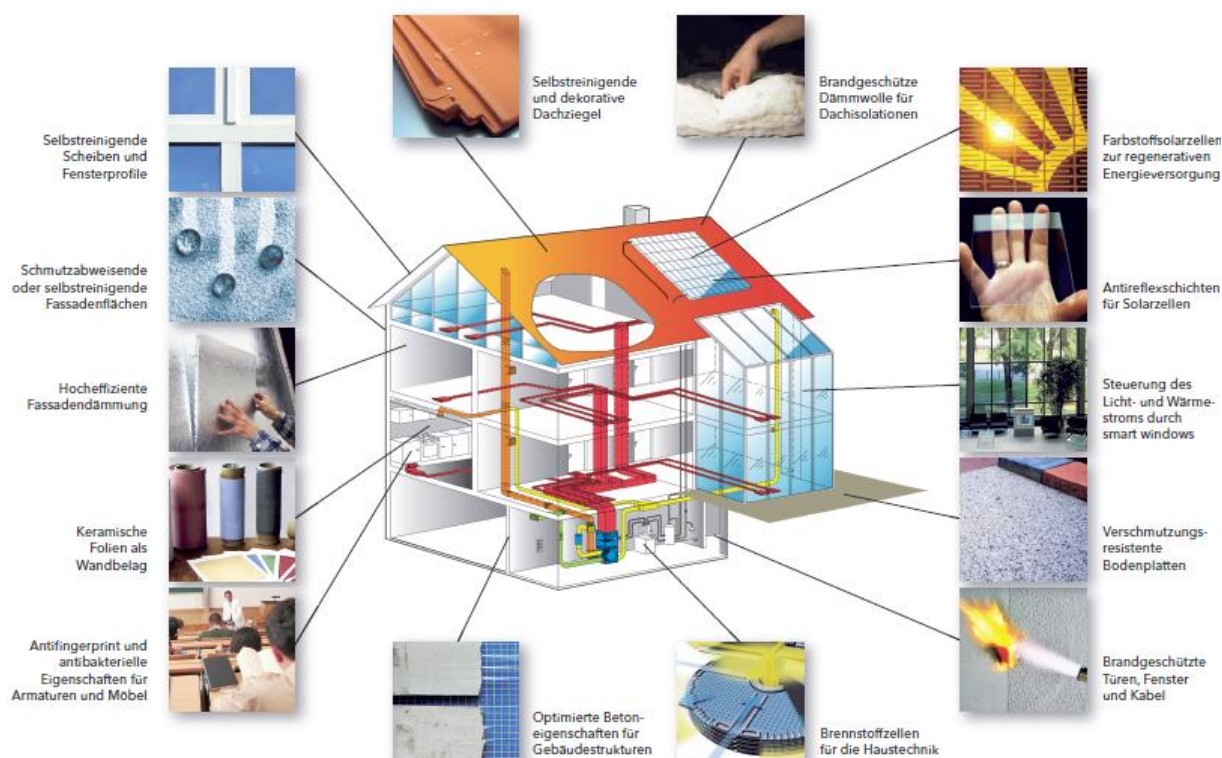


Figura 0-5 Imagine schematică de ansamblu a unei case tipice din zilele noastre, indicând unde pot fi găsite nanoproduse<sup>14</sup>.

Nanoprodusele indicate în răspunsurile la sondajul pe 2009 se refereau în general la cimenturi și betoane, izolații și materiale izolante. S-a constatat că acestea corespundeau cu tipurile de produse evidențiate în interviurile de profunzime, sugerând faptul că izolațiile și materialele de betoane și cimenturi probabil domină cota de piață a nanoproduselor din industria construcțiilor din prezent, urmate de materialele izolante. Aceste fapte se aliniază de asemenea constatărilor în urma cercetării extensive a literaturii de specialitate realizată în contextul acestui raport. În consecință, cimenturile și betoanele, izolațiile și materialele izolante au fost selectate ca priorități asupra cărora trebuie să se concentreze atenția. În acest context, s-a constatat că nanoparticulele menționate cel mai des sunt polimerii de fluorură de carbon (CF-), dioxid de titaniu ( $\text{TiO}_2$ ), oxid de zinc ( $\text{ZnO}$ ), silicați (sau fum de silice;  $\text{SiO}_2$ ), argint (Ag), și oxid de

<sup>11</sup> Comunicare personală

<sup>12</sup> de la 20 milioane \$ (SUA) în 2007 la ~ 400 milioane \$ (SUA) înainte de finalul anului 2017; Freedonia Group Inc. *Nanotechnology in Construction* –Pub ID: FG1495107; May 1, 2007

<sup>13</sup> Nanotechnology and Construction 2006; [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

<sup>14</sup> extras din broșura "Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen" publicată de HA Hessen Agentur 2007, surse: Schrag GmbH VDI TZ

aluminii ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Este interesant de remarcat că nu s-au găsit dovezi ale utilizării nanotuburilor de carbon (NTC) în aceste produse, deși multe publicații arată dovezi ale activităților de cercetare în derulare și dezvoltării de produse în această direcție.

Polimerii de fluorură de carbon (polimerii-CF) sunt molecule asemănătoare teflonului care sunt aplicate pe suprafețe pentru a le face rezistente la apă și la ulei. Aplicațiile de acest tip sunt caracteristice suprafețelor de sticlă.

Dioxidul de titan ( $\text{TiO}_2$ ) absoarbe lumina ultravioletă și este folosit ca strat protector împotriva degradării UV. Unele forme de  $\text{TiO}_2$  sunt foto-catalitice și catalizează degradarea poluanților organici cum ar fi algele, HAP-urile, formaldehidele și oxidul de azot ( $\text{NO}_x$ ) sub influența luminii ultraviolete. Aplicațiile de acest tip sunt întâlnite pe practic aproape orice tip de suprafață care trebuie să fie protejată împotriva radiațiilor ultraviolete, transformată în suprafață cu auto-curățare sau care trebuie să ajute la reducerea poluării aerului.

Oxidul de zinc ( $\text{ZnO}$ ) prezintă proprietăți foto-active similare cu cele ale  $\text{TiO}_2$  și poate fi folosit pentru aplicații similare.

Fumul de silice ( $\text{SiO}_2$  amorf) compactează betonul, făcându-l mai rezistent și mai durabil în condiții alcaline cum ar fi mediile marine. Poate fi de asemenea adăugat în beton pentru a stabiliza materialele de umplutură cum ar fi cenușa zburătoare, într-un material de izolație pentru a realiza o matrice foarte puternică, sau poate fi folosit ca agent de întârziere a focului. Printre aplicațiile tipice se numără UHPC-urile (Betoanele de ultra înalte performanțe), izolațiile rezistente la zgârieturi, și sticla ignifugă.

Argintul (Ag) acționează ca bactericid și poate fi adăugat la toate tipurile de materiale. În construcții se găsește în general în izolații. De fapt, ionul de argint, format atunci când argintul se dizolvă în apă, este responsabil de activitatea antibacteriană.

Oxidul de aluminiu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) se folosește în izolații pentru a interacționa cu materialul liant și pentru a conferi izolațiilor respective rezistență deosebită la zgârieturi.

### 3.2 Cimenturi, betoane și mortar umed

Pentru betoane, combinarea unor performanțe bune deja existente disponibile la un preț scăzut presupune o provocare de amploare pentru orice aplicație de succes a nanotehnologiei.<sup>15</sup> Unul din domeniile pentru care nanotehnologia se dovedește extrem de valoroasă în prezent și în viitorul apropiat este studierea (și optimizarea printr-o mai bună înțelegere) proprietăților sale materiale.<sup>16</sup>

Folosirea nanoparticulelor în materiale cementoase și betoane se bazează pe  $\text{TiO}_2$  și fum de silice. Totuși, ambii aditivi sunt folosiți în cantități mici sau într-un sistem în două straturi și numai atunci când acest lucru este cerut în mod expres, din motive legate de performanță, din cauza costurilor implicate. Ca exemple de produse pe bază de fum de silice prezente actualmente pe piață menționăm Chronolia<sup>TM</sup>, Agilia<sup>TM</sup> și Ductal<sup>TM</sup> produse de Lafarge și EMACO®Nanocrete produs de BASF<sup>17</sup>. Ca exemple de ciment fotocatalitic reținem TioCem TX Active (Heidelberg Cement<sup>18</sup>), NanoGuardStone-Protect produs de Nanogate AG<sup>19</sup> și TX Arca și TX Aria (Italcementi), care sunt fabricate ca liant pentru o gamă largă de materiale de izolații

<sup>15</sup> NICOM3, lucrările conferinței 2009

<sup>16</sup> Prezentări variate și comunicări private cu o serie de companii și oameni de știință din universități în cadrul NICOM3, Praga 2009

<sup>17</sup> Conform informațiilor furnizate de producător, materialul folosit inițial a fost de fapt un fum de silice aglomerat în cursul procesului de producție în particule mai mari.

<sup>18</sup> Conform informațiilor furnizate de producător,  $\text{TiO}_2$  din acest produs nu este de dimensiuni nanometrice, ci mai mari - dimensiuni micronice

<sup>19</sup> <http://www.nanogate.de/en/>



cum ar fi pereți exteriori, tuneluri, podele de beton, pavele, dale de pardoseală, țigle de acoperiș, vopsele pentru marcarea șoselelor, panouri din beton, vopsele cu adaos de ipsos<sup>20</sup>.



Figura 0-6 Stânga: Gama de produse "EMACO" Nanocrete. Dreapta: Biserica Jubileului din Roma, unul din cel mai des amintite succese în materie de construcții care folosesc betonul foto-catalitic cu aditivi din  $\text{TiO}_2$ . Material: TX Active (TX Arca) produs de grupul Italcementi.

Nu au fost găsite indicii privitoare la folosirea efectivă a betonului armat pe bază de nanotuburi de carbon. Motivele țin de costurile ridicate ale nanotuburilor de carbon și dificultatea dispersării acestora într-o matrice. Totuși, studierea posibilităților de aplicare ale nanotuburilor de carbon în compoziția betonului reprezintă un domeniu activ de cercetare.

Din cauza cerințelor stricte privind calitatea, dezvoltarea materialelor durează în general între 5 și 10 ani. În viitorul apropiat se așteaptă progrese în domeniul fumului de silice folosit pentru stabilizarea betonului care conține fracțiuni importante de agregate din beton reciclat<sup>15</sup> și aditivi încapsulați pentru a regla în mod optim procesul de întărire.

### 3.3 Izolații și vopseluri

Dintre toate nanoprodusele introduse în industria construcțiilor, izolațiile și vopselurile au înregistrat până acum probabil cel mai mare succes în ceea ce privește cucerirea unei poziții pe piață: *"În cazul în care se va găsi vreun nanoproduct pe vreun șantier de construcții obișnuit, șansele de a găsi nano-vopseluri sau nano-izolații sunt de departe cele mai mari."*<sup>21, 22</sup>. Izolațiile decorative sunt cele mai răspândite, dar se întâlnesc și izolații de înaltă performanță pentru clădiri cum ar fi izolațiile de pardoseli industriale. Nanotehnologia își croiește drum în domeniul vopselurilor și izolațiilor din următoarele motive:

1. Nanoparticulele interacționează mai bine cu suprafața pe care sunt aplicate decât formele lor de dimensiuni mai mari, printr-o penetrare mai adâncă, acoperire îmbunătățită sau o interacțiune sporită dintre izolanți și suprafața izolată, ceea ce duce la o acoperire mai durabilă a suprafeței.
2. Nanoparticulele sunt transparente la lumina vizibilă.
3. Transparența deschide calea unor aditivi noi care conferă unor izolații în mod normal netransparente caracteristici noi cum ar fi rezistență mare la zgârieturi sau raze ultraviolete, capacitate de absorbție sau reflectare a razelor infraroșii, rezistență la foc, conductivitate electrică, și proprietăți antibacteriene și de auto-curățare.

Aceste caracteristici se coroborează în dezvoltarea de noi sisteme de izolații pentru aproape orice tip de suprafață posibilă, de la plastic la oțel. În cadrul grupului de produse de nano-izolații se pune accentul pe izolațiile antibacteriene (prin adăugarea de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  sau  $\text{Ag}$ ), izolațiile cu proprietăți foto-catalitice și de „auto-curățare” ( $\text{TiO}_2$  sau  $\text{ZnO}$ ), izolațiile care reflectă sau absorb

<sup>20</sup> <http://www.italcementigroup.com/ENG/Italcementi+Group/>

<sup>21</sup> Comunicare personală

<sup>22</sup> <http://www.soci.org/Chemistry-and-Industry/Cnl-Data/2009/16/Nanocoatings-incognito>

razele ultraviolete și infraroșii ( $\text{TiO}_2$  sau  $\text{ZnO}$ ), izolații cu proprietăți de întârziere a focului ( $\text{SiO}_2$ ) și izolații rezistente la zgârieturi ( $\text{SiO}_2$  sau  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Aceste tipuri de funcționalități se aplică în mod tipic izolațiilor pentru pereți (interiori sau exteriori), fațade de lemn, sticlă și diferite materiale pentru pavarea drumurilor.

#### Vopseluri de pereți foto-catalitice, antibacteriene și cu auto-curățare

Majoritatea nano-vopselurilor de pereți care se găsesc sunt comercializate pentru proprietățile lor foto-catalitice, antibacteriene și de auto-curățare. Ca exemple de izolații foto-catalitice și cu auto-curățare menționăm Arctic Snow Professional Interior Paint produsă de Arctic paint LTD ( $\text{TiO}_2$ ), Cloucryl produsă de Alfred Clouth Lack-fabrik GmbH&Co KG<sup>23</sup> ( $\text{ZnO}$ ) și Amphisilan produsă de Caparol<sup>24</sup>. Un exemplu de izolație antibacteriană bazată pe nano-argint este Bioni Hygienic produsă de Bioni CS GmbH (vezi și Figura 0-7)<sup>25</sup>. O izolație ușor de curățat care este rezistentă atât la apă cât și la ulei este Fluowet ETC100 (bazată pe polimeri-CF), produsă de Clariant.



Figura 0-7 Izolație pentru pereți antibacteriană care conține particule de argint nanodimensionale pentru utilizare în clinici și spitale

#### Nanoizolații pentru suprafețe din lemn

Nanoizolațiile pentru produse din lemn sunt dezvoltate pentru pereți și fațade (exterioare), dar și pentru sistemele de podele parchetate și mobilă (de interior) și pun accentul pe rezistența la apă (și într-o mai mică măsură la ulei), rezistența la zgârieturi și protecție împotriva razelor ultraviolete. Deși există mai multe produse pe piață, se manifestă o anumită reticență în legătură cu durabilitatea izolațiilor protectoare împotriva apei și razelor ultraviolete, din cauza calității unora din produsele de primă generație<sup>26</sup>. Prin urmare, noile generații de izolații întâmpină dificultăți în a-și demonstra calitățile, iar exemplele de aplicații efective ale acestor produse pe șantierele de construcții sunt puține.

BYK Additives and Instruments<sup>27</sup> reprezintă un exemplu de companie care promovează prin publicitate o nouă generație de izolații care protejează împotriva razelor ultraviolete. Aceste izolații se pot baza pe absorbânți organici ai razelor ultraviolete<sup>28</sup> sau pe oxizii metalici  $\text{ZnO}$  și  $\text{CeO}_2$ .  $\text{TiO}_2$  este mai puțin folosit din motive legate de proprietățile foto-catalitice și transparență.

Ca exemple de lacuri de lemn foarte rezistente la zgârieturi care conțin nano- $\text{SiO}_2$  menționăm Bindzil CC30 (Baril Coatings), Nanobyk 3650 (de la BYK Additives and Instruments) și Pall-X Nano (de la Pallmann). Nanobyk 3600 (BYK Additives and Instruments) reprezintă un exemplu de

<sup>23</sup> [http://www.clou.de/frontend\\_live/start.cfm](http://www.clou.de/frontend_live/start.cfm)

<sup>24</sup> produs care conține, din motive legate de cost,  $\text{TiO}_2$  la scară micro, dar și nano- $\text{SiO}_2$  pentru a obține rezistență mare la zgârieturi

<sup>25</sup> <http://www.bioni.de/index.php?lang=en>

<sup>26</sup> Comunicare personală cu diferiți producători de izolații și persoane din domeniul construcțiilor din lemn

<sup>27</sup> <http://www.byk.com>

<sup>28</sup> De ex., hidroxifenilbenzotriazoli, hidroxibenzofenone, hidroxifenil-S-tiazine sau anilide oxalice

izolație foarte rezistentă la zgârieturi, bazată pe adăugarea de particule de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanodimensionale.

Spre deosebire de factorii externi de deteriorare precum razele ultraviolete sau zgârieturile, printre proprietățile lemnului regăsim decolorarea unor substanțe chimice complexe cum ar fi taninul care, în timp, produce decolorarea suprafeței lemnoase. Prin tratarea suprafeței din lemn cu o nano-argilă care conține izolații (de ex. hidrotalcit  $\text{Mg}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; Nuplex), acest proces poate fi întârziat. Produsele din această gamă sunt de asemenea fabricate de BYK.

Nanoizolațiile care protejează lemnul împotriva apei și uleiului sunt, spre exemplu, 2937 GORI Professional Transparent comercializat de Dyrup Denmark<sup>29</sup>, Percenta Nano Wood & Stone Sealant<sup>30</sup> (protecția materialelor din lemn și piatră împotriva apei și a uleiului, care se bazează cel mai probabil pe polimeri-CF), Pro-Sil 80 produs de NanoCer<sup>31</sup> și Nanowood produs de Nanoprotect<sup>32</sup>. Totuși, printre aceste produse, unele izolații se bazează pe 'micele' nanodimensionale de grăsime în apă. Deși aceste produse sunt fabricate cu ajutorul nanotehnologiei, micellele nu ar trebui considerate nanoparticule și prin urmare izolațiile respective nu ar trebui considerate drept nanoizolații.

#### Nanoizolații pentru sticlă

Pe lângă izolațiile pentru sticlă cu auto-curățare, foto-catalitice, rezistente la căldură, cu proprietăți anti-reflectorizante și anti-ceață, evoluții interesante se înregistrează în domeniul controlului climatului interior (blocarea razelor infraroșii sau a luminii vizibile). Au fost găsite soluții atât (re-) active cât și pasive. Cele pasive se prezintă sub forma unor pelicule fine care acționează permanent.<sup>33</sup> Soluțiile active de control al climatului interior apelează la ajutorul tehnologiilor termocromice, fotocromice sau electrocromice, care acționează asupra temperaturii, intensității luminii sau a tensiunii electrice prin modificarea proprietăților de absorbție a luminii infraroșii pentru a menține o temperatură răcoroasă în clădire. Acesta din urmă este singurul sistem care poate fi reglat manual. Prin activarea tensiunii prin sticlă prin simpla atingere a unui dispozitiv asemănător cu un întrerupător, un strat de oxid de wolfram aplicat pe suprafața de sticlă devine mai opac, absorbind mai multă lumină infraroșie. (vezi de ex. Figura 0-88).



Figura 0-8 (stânga) Fațadele de sticlă pentru clădiri formează un domeniu vast pentru inovațiile nanotehnologice din industria construcțiilor (dreapta) Sticlă electrocromică.

### 3.4 Nanotehnologia și infrastructura

<sup>29</sup> [www.dyrup.com](http://www.dyrup.com)

<sup>30</sup> <http://en.percenta.com/nanotechnology-wood-stone-sealing.php>

<sup>31</sup> <http://www.intelcoats.com/nanop%20Indnanocer%20engl.html>

<sup>32</sup> <http://www.nanoprotect.co.uk/wood-protection.html>

<sup>33</sup> Printre companiile care promovează aceste produse menționăm Econtrol®-Glas GmbH & Co, 3M și Saint-Gobain

În domeniul durabilității și al controlului poluării mediului, activitățile de cercetare și dezvoltare explorează posibilitatea reducerii poluării aerului cu gaze de eșapament cu ajutorul unei infrastructuri activate pe bază de  $\text{TiO}_2$ . În acest scop au fost dezvoltate produse cum ar fi plăcile de pavaj din beton pentru drumuri NOxer<sup>®34</sup> și KonwéClear<sup>35</sup>, o izolație cimentoasă de asfalt (vezi Figura 0-9). Oricum, diferite companii cum ar fi Italcementi și Heidelberg Cement produc materiale cu acest tip de activitate sub formă de cărămizi, plăci, panouri, dale și bariere fonice.



Figura 0-9 De la stânga la dreapta: un trotuar din Japonia pavat cu NOxer<sup>®</sup>, pavaje TX Aria pentru drumuri și izolații pentru tuneluri (Italcementi), un drum realizat cu KonwéClear (Bouwend Nederland Podium 22, 14 Dec. 2006).

### 3.5 Materiale izolante

Printre nanoprodusele folosite în industria construcțiilor, materialele izolante sunt puțin mai ieșite din comun datorită faptului că, adesea, aceste materiale nu conțin nanoparticule ci sunt făcute dintr-o nano-spumă (sau aerogel) din nano-bule sau nano-goluri. În special din punct de vedere al sănătății ocupaționale, această diferență este foarte importantă, sugerând faptul că nu sunt de așteptat riscuri nano-specifice pentru sănătate dacă se lucrează cu acest material.

Materialele izolante nanoporoase precum aerogelurile și anumite nanospume polimerice pot fi de 2 până la 8 ori mai eficiente decât materialele izolante tradiționale. (Figura 0-10). Aerogelurile pentru izolație termică care se găsesc în prezent sunt cel mai adesea bazate pe silice sau carbon, aproximativ 96% din volumul lor fiind aer<sup>36</sup>. Ca exemplu reținem păturile izolatoare cu gel nanoporos Insulair<sup>®</sup> NP de la Insulcon B.V.<sup>37</sup> (Figura 0-10) care sunt flexibile și concepute special pentru aplicații la temperaturi extreme.



Figura 0-10 De la stânga la dreapta: izolații îmbunătățite prin materiale bazate pe aerogel; aerogel: nanopori eliberați în matrice de  $\text{SiO}_2$ <sup>38</sup>; păaturi izolatoare nanoporoase flexibile produse de Insulcon B.V. (2x)

Printre alte produse din acest domeniu găsim Roof Acryl Nanotech (bazat pe un liant poliuretanic din fluor nanostructurat în combinație cu un strat superior de oxid de fier fotocatalitic)<sup>39</sup> produs de BASF și Relius Benelux pentru protecția acoperișurilor împotriva căldurii excesive și a frigului, PCI Silent produs de BASF pentru izolare fonică, Spaceloft (conceput

<sup>34</sup> <http://www.eurovia.com/en/produit/136.aspx>

<sup>35</sup> <http://hbo-kennisbank.uvt.nl/cgi/av/show.cgi?fid=3698>

<sup>36</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel>

<sup>37</sup> [http://www.insulcon.com/page/products/Microporous\\_and\\_Nanoporous\\_products.htm](http://www.insulcon.com/page/products/Microporous_and_Nanoporous_products.htm)

<sup>38</sup> <http://www.spaceflightnow.com>

<sup>39</sup> <http://www.relius.nl/ViewDocument.asp?DocumentId=419&MenuId=90&MenuLabel=News>

special pentru industria construcțiilor) și Pyrogel XT produse de Aspen Aerogels<sup>40</sup>, bazate pe o structură nanoporoasă de silice, Pyrogel XTF și Pyrogel 2250 produse de Aspen Aerogels, bazate pe o structură nanoporoasă de silice care este concepută special pentru protecție excepțională împotriva focului, Cryogel Z produs de Aspen Aerogels bazat pe o structură nanoporoasă de silice care este concepută special pentru izolare împotriva temperaturilor extrem de scăzute.

---

<sup>40</sup> <http://www.aerogel.com/>

## 4. Riscuri pentru sănătate

### 4.1 Introducere

Există din ce în ce mai multe dovezi ale faptului că nanomaterialele ar putea prezenta mai multe riscuri pentru organismele umane decât echivalenții lor la scară micro. Totuși, accentul ar trebui să cadă pe cuvântul '*ar putea*' deoarece în acest moment (anul 2009) deținem prea puține cunoștințe pentru a putea generaliza. Prin urmare este recomandată o abordare precaută vizavi de lucrul cu aceste materiale. Cei doi factori principali care influențează toxicitatea nouă a nanomaterialelor sunt *dimensiunea* și *forma*.

Datorită dimensiunilor reduse ale nanoparticulelor (fie bidimensionale, nanorozi, sau tridimensionale, nanoparticule), proprietățile lor electronice se comportă în mod diferit, fapt care se reflectă în reactivitatea lor chimică, făcându-le să devină mai agresive în raport cu funcționarea normală a corpului uman. De exemplu, o serie de nanomateriale studiate induc efecte inflamatoare mai pronunțate (printr-un mecanism numit stres oxidativ), se aglomerează sau se leagă mai eficient de anumite părți ale corpului omenesc, împiedicându-le să funcționeze normal. Mai mult, datorită dimensiunilor lor reduse, suprafața lor este relativ mult mai mărită în raport cu volumul particulelor componente (și cu masa), făcându-le mult mai reactive per unitate de masă.

Reducerea dimensiunilor și modificarea proprietăților electronice influențează de asemenea și comportamentul lor fizic. Pentru a oferi doar câteva exemple:

- Nanoparticulele pot fi atât de mici încât să se comporte precum gazele,
- Nanoparticulele pot fi atât de mici încât să penetreze mai adânc plămânii și să fie preluate mai ușor de fluxul sanguin,
- Spre deosebire de majoritatea altor substanțe chimice, nanoparticulele pot fi preluate prin sistemul nervos nazal și transportate „ușor” către creierul uman<sup>41</sup>,
- unele nanoparticule pot fi capabile să treacă prin placentă și să ajungă la făt<sup>42</sup>,
- datorită dimensiunii și proprietăților lor de suprafață pot ajunge în locuri (celule, organe) din corpul uman care erau bine protejate împotriva unei astfel de invazii de către formele de dimensiuni mai mari.
- și datorită dimensiunii și proprietăților lor de suprafață penetrează mai ușor pielea decât formele lor de dimensiuni mai mari, în special atunci când pielea este ușor deteriorată (cu leziuni, uscată, arsă de soare, zgâriată).

Pe lângă dimensiune, forma specifică a nanoparticulelor joacă un rol cheie în ceea ce privește comportamentul toxic al materialelor. De exemplu, acolo unde particulele pot fi relativ netoxice, nanorozii se pot comporta ca niște veritabile ace care perforază țesutul uman. Cu toate acestea, se observă și contrariul: nanoparticule care (datorită dimensiunii și proprietăților lor de suprafață) pot trece bariere umane specifice.

Alți factori care s-au dovedit a juca un rol important în producerea unor riscuri de sănătate nano-tipice sunt starea de agregare și aglomerare a materialului și morfologia acestuia (amorfă sau cristalină) care influențează șansele efective de a fi expus la materiale nanodimensionale, precum și intensitatea oricăror riscuri potențiale asociate materialului în cauză. Totuși,

---

<sup>41</sup> Oberdorster G et al. 2004, Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicology* 16 (6-7): 437-445

<sup>42</sup> Hagens WI et al. 2007, What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body? *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 49: 217-229



indiferent de riscurile intrinseci, cheia oricărui risc pentru sănătate pe care îl prezintă nanomaterialele este șansa de expunere.

## 4.2 Căile de expunere

Referindu-ne la expunerea la nanoparticule, lucrătorii din construcții vor fi în primul rând (aproape fără excepție) expuși la nanoproducte. Acest fapt se reflectă în expunerea efectivă a lucrătorului la nanoparticulele din produsul respectiv. De exemplu, atunci când un muncitor inhalează praf care conține nanoparticule, dozele efective de nanoparticule la care este expus muncitorul depind de solubilitatea prafului. Dacă praful este insolubil, o parte din nanoparticule vor rămâne încorporate în matrice și se va produce doar expunerea la acele nanoparticule expuse la suprafața firului de praf. Totuși, dacă praful este solubil, se va produce expunerea la întregul număr de nanoparticule conținute de firul de praf.

Datorită înseși naturii activităților zilnice efectuate de lucrătorii din construcții și a produselor cu care aceștia lucrează în mod normal, expunerea prin inhalarea de nanomaterial care produce praf (rezultat în urma tăierii, sablării, excavării sau prelucrării) sau de aerosoli proveniți din pulverizarea vopselurilor sunt cauzele predominante asociate cu riscurile pentru sănătate. Penetrarea pielii poate de asemenea juca un rol (deși mult mai mic) și poate deveni problematică atunci când părți mai mari ale corpului sunt neacoperite.<sup>43</sup> Expunerea prin ingerare primară nu este de așteptat să devină o problemă atâta vreme cât igiena personală este respectată. Expunerea prin ingerare secundară (produsă în urma inhalării de nanomateriale datorită mecanismelor naturale de curățare a căilor respiratorii) prezintă totuși un risc atunci când are loc inhalarea.

### Expunerea prin inhalare

Ca regulă generală cu privire la inhalarea prafului și aerosolilor: cu cât particulele sunt mai mici, cu atât mai adânc pot penetra plămânii până când se depun, și cu atât mai grav poate fi efectul lor asupra sănătății. Printre efectele tipice asupra sănătății care au fost observate menționăm (NEAA 2005 și referințele asociate)<sup>44</sup>:

- Inflamarea căilor respiratorii
- Bronșite
- Astm
- Efecte cardiovasculare

Oricum, pentru nanoparticule, această regulă generală nu mai este valabilă și o parte importantă a nanoparticulelor inhalate se depozitează în nas<sup>45</sup>. În ceea ce privește transportarea ulterioară în corp, s-a observat că unele dintre aceste nanoparticule se transmit către sistemul nervos, țesuturile creierului și alte organe cum ar fi sângele, inima și ficatul și măduva osoasă, unde pot cauza efecte inflamatorii care pot conduce la o cascadă de efecte secundare asupra

---

<sup>43</sup> Pielea este considerată în mod tradițional o barieră bună în calea particulelor. Cu toate acestea, în prezent, această afirmație este pusă sub semnul întrebării de activitățile mai recente de cercetare care furnizează indicii conform cărora anumite nanoparticule reușesc să penetreze pielea din zonele flexate (de exemplu pielea de la încheietura mâinii) sau țesuturile de piele intactă, în funcție de natura lor chimică, de dimensiunea lor, de formă și de matricea în care intră în contact cu pielea (Muller-Quernheim, 2003, <http://www.orpha.net/data/patho/GB/uk-CBD.pdf>; Tinkle et al. 2003, *Environ. Health Perspect.* 111:1202-8; and Ryman-Rasmussen et al. 2006 *Toxicol. Sci.* 91:159-65).

<sup>44</sup> NEAA 2005. Particulate Matter: a Closer Look, [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl), Netherlands Environmental Assessment Agency, E. Buijsman, J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, R. Thomas și K. Wieringa.

<sup>45</sup> ICRP 1995. Comisia Internațională de Protecție Radiologică

sănătății (Oberdorster et al. 2004 și referințele asociate<sup>41</sup>; și pentru o trecere în revistă mai recentă a subiectului de către Politis et al. 2008<sup>46</sup>), cum ar fi iritații, inflamații, moartea celulelor, creșterea extraordinară a celulelor, deteriorarea ADN-ului și modificări hormonale (Donaldson et al., 1996; Zang et al., 1998).

#### **4.3 Chestiuni legate de sănătate și securitate referitoare la mai multe nanoparticule**

Deși mai sunt multe lucruri de aflat cu privire la toxicitatea nanoparticulelor, activitățile de cercetare sunt în plină desfășurare, iar primele rezultate încep să fie disponibile. Nanoparticule precum NTC, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> și argintul sunt printre cele mai bine studiate până la această dată.

##### **Profiluri individuale de toxicitate**

NTC-urile au intrat recent în vizorul mass mediei datorită studiilor de toxicitate care au oferit prime indicii referitoare la un comportament similar cu cel al azbestului în țesutul ficatului.<sup>47</sup> S-a observat totuși că toxicitatea depinde de raportul lungime-diametru, starea de aglomerare, caracteristicile de suprafață și prezența unor mici impurități ale catalizatorilor metalici<sup>48</sup>.

TiO<sub>2</sub> –ul se poate aplica sub formă de anatază sau rutil, prima formă (cel mai adesea folosită pentru aplicațiile foto-catalitice) fiind considerată în general ca fiind cea mai toxică.<sup>49</sup> Consiliul Internațional de Guvernare a Riscului conchide că expunerea la TiO<sub>2</sub> –ul nanodimensionat a pielii intacte nu afectează sănătatea<sup>50</sup>, dar penetrarea prin pielea deteriorată ar putea-o afecta.<sup>51</sup> O privire cuprinzătoare asupra efectelor asupra sănătății este oferită de NIOSH<sup>52</sup>. Nano-TiO<sub>2</sub> –ul ar putea (în anumite condiții) prezenta potențial genotoxic și cauzează efecte inflamatorii în urma inhalării. Mai mult, expunerea îndelungată la TiO<sub>2</sub> anatază prezintă semne care indică efecte carcinogene, deteriorarea ADN-ului, precum și efecte legate de dezvoltarea sistemului nervos central al fătului, care sugerează posibilitatea unor efecte reprotoxice la oameni.<sup>53</sup>

SiO<sub>2</sub> –ul poate fi amorf sau cristalin. Conform IRGC<sup>54,55</sup>, nano-SiO<sub>2</sub> -ul amorf produs pe cale sintetică este solubil în apă, netoxic, și este în mod normal tratat ca factor de risc uman legat de toxicitate similar cu praful de silice non-nano amorf. Oricum, în funcție de metoda de fabricare, SiO<sub>2</sub> -ul amorf poate fi contaminat cu SiO<sub>2</sub> cristalin, care, în funcție de fracția de cristalinitate, afectează toxicitatea întregului eșantion. Silicele cristaline sunt foarte toxice și se știe că provoacă silicoză în urma expunerii ocupaționale.

---

<sup>46</sup> Politis M, Pilinis C, Lekkas TD 2008. Ultra Fine Particles and Health Effects. Dangerous. Like no Other PM? Review and Analysis, *Global NEST Journal*. Vol 10(3), pp.439-452

<sup>47</sup> De exemplu: Poland CA, et al. 2008, *Nature Nanotechnology*, Vol 3, July 2008, p.223; Pacurari M et al 2008 *Environmental Health Perspectives*, Vol 116, Nr. 9, 1211; Kostaleros K 2008., *Nature Biotechnology*, Vol 26, Nr. 7, 774-776

<sup>48</sup> Pulskamp K et al 2006 *Toxicology Letters*, 168, 58-74; Wick P et al. 2007 *Toxicology Letters*, 168, 121-131

<sup>49</sup> Sayes CM et al 2006 *Toxicol. Sciences* 92(1), 174-185

<sup>50</sup> IRGC 2008. Risk Governance of Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics, ISBN 978-2-9700631-4-8

<sup>51</sup> SCCP 2007. Opinion on the Safety of Nanomaterials in Cosmetic Products, adoptată la 18 Decembrie 2007

<sup>52</sup> NIOSH Draft 2005. Evaluation of Health Hazards and Recommendations for Occupational Exposure to Titanium Dioxide, *Draft Nov. 22, 2005*

<sup>53</sup> Simizu M et al. 2009 *Part. Fibre. Toxicol.* Vol 6, 20; Bhattacharya K et al. 2008 *Part. Fibre. Toxicol.* Vol 6, 17

<sup>54</sup> Consiliul Internațional de Guvernare a Riscului, 09-2008; ISBN 978-2-9700631-4-8

<sup>55</sup> Mergat R et al. 2002 *Arch. Toxicol.* 75:625



Se cunosc puține informații despre toxicitatea nano-argintului pentru organismul uman. Wijnhoven *et al.* (2009)<sup>56</sup> au trecut revăzut lacunele de informații și au ajuns la concluzia că, deși argintul obișnuit este relativ netoxic, nano-argintul inhalat sau înghițit poate pătrunde în fluxul sanguin și ajunge în sistemul nervos central unde poate provoca efecte adverse mai severe decât cele cauzate de argintul obișnuit. Unul din motivele pentru care ne putem aștepta la efecte mai severe se datorează suprafeței mari a nanoparticulelor, care va duce la eliberarea unei concentrații relativ mai mari de ioni de argint dizolvați (și reactivi).

#### Riscuri de expunere ocupațională

Există doar puține informații disponibile pentru evaluarea riscului de expunere ocupațională la nanoparticule la care sunt expuși lucrătorii din construcții. Expunerea la nanoproducte prin inhalarea prafului sau aerosolilor este evidentă într-o anumită măsură. Cu toate acestea, evaluarea riscurilor de expunere asociate cu prelucrarea sau manipularea unui nanoproduct este mult mai puțin ușoară. Unele indicii primare pot fi extrase din lucrările realizate de Vorbau *et al.* (2009, Koponen *et al.* (2009) și Kaegi *et al.* (2008)<sup>57</sup>. Primul studiu a arătat că adăugarea de nanoparticule la o izolație nu trebuie să conducă neapărat la uzura sporită a filmului izolator rezultat. Cel de-al doilea studiu a arătat că, în urma sablării, nu au fost găsite nanoparticule individuale generate din izolațiile studiate, (deși dimensiunea prafului produs este percepută ca fiind afectată la scară micronică) și că, prin contrast, particulele ultra fine provenite de la mașinile de sablare domină emisiile de particule <50 nm. Iar cel de-al treilea studiu oferă indicii legate de faptul că nano-TiO<sub>2</sub> –ul nu curge dintr-o izolație uscată dar ajunge în mediu atunci când „se rupe” de materialul liant atunci când intervine uzura. Aceste prime rezultate în această direcție par promițătoare în sensul că nu s-au observat nanoparticule eliberate *pur și simplu*. Totuși studiile realizate cu privire la acest subiect sunt încă prea puține pentru a trage mai multe concluzii referitoare la riscurile de expunere la nanoparticulele din nanoproducte cu care se lucrează în general. De asemenea, nu există nici informații suficiente pentru a putea extrapola constatările lui Koponen, Vorbau și Kaegi pentru estimarea riscurilor de expunere la alte tipuri de nanoparticule decât cele studiate.

#### 4.4 Abordări posibile pentru o folosire în siguranță a nanoproductelor

Amenajarea unui loc de muncă sigur necesită cunoștințe legate de pericolozitatea posibilă a nanoparticulelor și de comportamentul lor atunci când sunt aplicate produse care conțin nanoparticule. Însă, așa cum s-a remarcat, cunoștințele actuale referitoare la proprietățile toxicologice ale nanoparticulelor (anul 2009) sunt destul de limitate. Același lucru este valabil și pentru eliberarea posibilă a nanoparticulelor din nanoproducte în timpul utilizării, curățării sau întreținerii. Acest fapt complică procesul de evaluare solidă a riscurilor.

Cu toate acestea, utilizarea nanoproductelor în industria construcțiilor este un fapt real care se așteaptă să ia amploare în viitorul apropiat. Acest lucru impune o abordare responsabilă; în acest sens putem învăța din dezbaterile la nivel european privind nanotehnologiile.<sup>58</sup> Abordarea precaută despre care se discută aici poate fi explicată ca o strategie de a „trata” cu incertitudinile într-o manieră alertă, atentă, rezonabilă și transparentă care este adecvată

<sup>56</sup> Wijnhoven SWP *et al.* 2009 *Nanotoxicology*, 1-30

<sup>57</sup> Vorbau M *et al.* 2009 *Aerosol Science* 40:209-217; Koponen IK *et al.* 2009 *Journal of Physics Conference Series*, 151, 012048; Kaegi R *et al.* 2008. *Environ. Pollut.* doi:10.1016/j.envpol.2008.08.004

<sup>58</sup> Vezi în special Raportul de Consiliere al Consiliului Economic și Social din Olanda: „*Nanoparticulele la locul de muncă, precauții cu privire la sănătate și siguranță*” („*Nanoparticles in the Workplace, health and safety precautions*”), 2009 Sociaal Economische Raad, Haga; Olanda. Parte din abordarea precaută sugerată se bazează pe acest raport de consiliere.

situației, strategie care ar trebui implementată în contextul politicii referitoare la condițiile de muncă (în cadrul activității de inventariere și evaluare a riscurilor și a planului de acțiune asociat). Pe scurt, această strategie arată după cum urmează: (vezi și Tabelul 0-2)

#### *Concentrarea atenției asupra activităților de maximă prioritate*

Ca ajutor practic pentru companii se preferă să fie dezvoltate bune practici pentru locurile de muncă în care se poate produce expunerea la nanoparticule. Împărțirea nanoparticulelor în funcție de riscurile asociate lor poate fi prin urmare utilă pentru identificarea activităților asupra cărora ar trebui să se concentreze atenția și a seriozității măsurilor care urmează să fie luate. Un sistem simplu format din trei categorii (cu riscurile așteptate în descreștere pe o scală de la I la III) poate fi folosit ca bază<sup>59</sup>:

- I Nanoparticule fibroase insolubile (lungime > 5 μm).
- II Nanoparticule cunoscute ca fiind carcinogene, mutagene, astmagene, sau o toxină reproductivă, sub formă de particule moleculare sau de dimensiuni mai mari.
- III Nanoparticule insolubile sau greu solubile (care nu fac parte din nici una din categoriile de mai sus).

Recomandarea generală este evitarea expunerii prin inhalare sau contact cu pielea. În cazul industriei construcțiilor, activitățile prioritare includ sablarea, excavarea, amestecarea, prelucrarea, tăierea

Tabel 0-2 Repere de bază pentru o abordare precaută

Repere de bază pentru o nano-abordare precaută
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nici o informație --- nici un fel de expunere <ul style="list-style-type: none"> <li>Împiedicarea expunerii conform strategiei de igienă ocupațională (inclusiv substituirea eventuală a nanoparticulelor cu grad potențial de pericolozitate ridicată)</li> </ul> </li> <li>Notificările cu privire la compoziția nanoprodusului oferite producătorilor și furnizorilor <ul style="list-style-type: none"> <li>Declararea conținutului nano al produsului de-a lungul lanțului de producție</li> <li>Declararea conținutului nano al produsului la un sediu al administrației centrale sub forma unui tip de baze de date</li> </ul> </li> <li>Înregistrarea expunerii la locul de muncă <ul style="list-style-type: none"> <li>În mod analog înregistrării efectelor carcinogene în cazul nano-fibrelor și nano-materialelor CMR (cancerigene, mutagene și toxice pentru reproducere)</li> <li>În mod analog înregistrării efectelor dăunătoare pentru reproducere în cazul altor nanomateriale insolubile</li> </ul> </li> <li>Comunicarea transparentă a riscurilor <ul style="list-style-type: none"> <li>Informații pe fișele tehnice de securitate referitoare la nano-riscurile cunoscute, management și lacunele de cunoaștere</li> <li>Solicitarea unui Raport de Securitate Chimică (REACH) pentru substanțele &gt;1 tonă/an/companie</li> </ul> </li> <li>Stabilirea unor limite de expunere ocupațională (LEO) sau de valori de nano-referință <ul style="list-style-type: none"> <li>Pentru nanoparticulele care pot fi eliberate pe șantierele de construcții</li> </ul> </li> </ul>

și pulverizarea nanomaterialelor și nanoproduselor, ca și curățarea locului de muncă și a echipamentului folosit. Pentru a identifica măsurile și a evita expunerea, poate fi adoptată strategia clasică privitoare la igiena ocupațională, aplicată la activitățile care implică nanoparticule.

#### *Notificările cu privire la nanoproduse*

<sup>59</sup> BSI 2007 (31 decembrie), "Public Document" PD 6694-2:2007, "Nanotechnologies -- Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials." În acest document este inclusă o a patra categorie: nanoparticulele solubile. Însă, deoarece accentul principal aici se pune pe nanoparticulele insolubile, această categorie este lăsată deoparte.

Rezultatele obținute în urma sondajului pe 2009 și a interviurilor în profunzime au dus la concluzia că majoritatea lucrătorilor și angajatorilor din domeniul construcțiilor nu sunt prea conștienți sau bine informați cu privire la de nanoprodusele cu care s-ar putea să lucreze. Deci, cum ar putea să realizeze o evaluare adecvată a riscurilor?

Informarea reprezintă o primă cerință și se prezintă ca cerere în continuă creștere din partea pieței care pistonează în vederea stabilirii unei anumite obligativități de informare (de ex, în Olanda (Consiliul Economic și Social -SER), Franța și Elveția). Notificările sunt necesare în special în cazul nanoproductelor cu cel mai mare grad de pericolozitate și risc. Fișele tehnice de securitate a materialului ar putea fi folosite pentru transmiterea acestor informații de la producător la utilizatorul produselor. Printre activitățile angajatorilor și angajaților din domeniul construcțiilor ar putea să se regăsească referirile la aceste inițiative și solicitarea activă de informații explicite referitoare la conținutul nanoparticulelor din produsele utilizate și măsurile de precauție care vor trebui luate pentru a evita posibilele efecte adverse asupra sănătății datorate expunerii la nanoparticule.

### Valori de nano-referință

În condiții normale, limitele de expunere ocupațională bazate pe starea de sănătate (LEO) indică nivelul de expunere sub care munca se consideră a se desfășura în siguranță. Totuși, în cazul nanoparticulelor, aceste limite de expunere nu există. *Valorile de nano-referință* (VNR), definite ca valori limită de expunere de precauție, derivate din adoptarea unei abordări precaute, pot oferi o soluție până când vor fi stabilite limitele de expunere ocupațională. Ca exemplu reținem „*nivelurile de expunere-reper*” prezentate în Tabel 0-3 (bazat pe BSI 2007)<sup>59</sup>.

Tabel 0-3 Gradele de risc asociat nanoparticulelor insolubile și valori de nano-referință

Cat	Descriere	VNR	Remarci
I	Fibros; nanomaterial insolubil cu raport mare lățime-înălțime <sup>a</sup>	0,01 fibre/ml	Analog fibrelor de azbest
II	Orice nanomaterial care este deja clasificat sub forma sa de particulă moleculară sau de dimensiuni mai mari ca având potențial carcinogen, mutagen, toxic pentru reproducere sau sensibilizant (CMR)	0,1 x LEO existente pentru forme moleculare sau particule de dimensiuni mai mari	Rata de dizolvare potențial ridicată a acestor materiale în formă de nanoparticule poate duce la o biodisponibilitate crescută. Prin urmare este introdus un coeficient de siguranță de 0,1
III	Nanomateriale insolubile sau greu solubile, care nu aparțin categoriei particulelor fibroase sau de tip CMR	0,066 x LEO existente pentru forme moleculare sau particule de dimensiuni mai mari	Prin analogie cu INSSO <sup>60</sup> , se recomandă un coeficient de siguranță de 0,066 (=15x mai mic). Ca nivel-reper alternativ se sugerează: 20.000 particule/ml, care se disting de concentrația de particule din mediul ambiental

<sup>a</sup> O fibră este definită ca o particulă cu un raport lățime >3:1 și cu lungime mai mare de 5000nm.

### Registrul de evidență al companiilor și înregistrarea expunerii

O altă posibilitate de implementare a unei abordări precaute prezentată de către Consiliul Economic și Social din Olanda (SER) este stabilirea unui sistem de înregistrare a expunerii pentru companiile care lucrează cu nanoprodusele care conțin cele mai periculoase nanoparticule. (ex. categoriile I și II). Pentru lucrătorul de pe șantierele de construcții va fi greu de judecat dacă, și

<sup>60</sup> Pe baza abordării descrise de Institutul Național de Sănătate și Securitate Ocupațională (INSSO) pentru nano-TiO<sub>2</sub>-ul insolubil: NIOSH 2005, Draft NIOSH current intelligence bulletin: Evaluation of Health Hazard and Recommendations for Occupational Exposure to Titanium Dioxide, 22 noiembrie, 2005

în ce circumstanțe, monitorizarea riscurilor legate de sănătate și securitate este adecvată și utilă. În lipsa cunoștințelor, se sugerează totuși ca în registrul privind expunerea să se consemneze cine (de ex. ce angajați) (se poate să fi fost) au fost expuși la ce (de ex. ce nanoparticule), când anume (de ex. pe ce durată de timp) și unde anume (de ex. în ce circumstanțe), în cadrul unui sistem care poate fi conceput astfel încât să se alinieze la practicile curente valabile în cazul formelor de azbest și al substanțelor CMR. Acest tip de înregistrare se poate integra bine în practicile comerciale ale micilor companii și, cu ajutorul acestui tip de consemnare, este posibilă depistarea persoanelor care au fost expuse și estimarea gradului în care au fost expuși în cazul în care, în viitor, se va dovedi că un anumit nanomaterial este periculos, sau în cazul în care se va constata un anumit efect asupra sănătății.

#### *Banda de control*

O altă modalitate de abordare a riscurilor incerte în cadrul unui loc de muncă și activitate anume, și de estimare pragmatică și precaută a riscurilor potențiale la îndemână este folosirea unei așa-zise *benzi de control*. Există diferite tipuri de benzi de control folosite de IMM-uri din întreaga lume (vezi Tischer et al. 2009 și referințele asociate<sup>61</sup>). Banda de control oferă un sfat referitor la luarea de măsuri de protecție generale, bazate pe pericolozitatea materialului respectiv, gradul de prăfuire și nanocaracteristici cum ar fi dimensiunea, forma și reactivitatea suprafeței nanomaterialelor, cantitatea de material folosit și probabilitatea de expunere. Un exemplu de astfel de metodă care folosește banda de control a fost dezvoltat de Paik et al. (2008)<sup>62</sup>.

---

<sup>61</sup> Tischer M, Bredendiek-Kamper S, Poppek U, Packroff R 2009. How Safe is Control Banding? Integrated Evaluation by Comparing OELs with Measurement Data and Using Monte Carlo Simulation, *Ann Occup. Hyg.* Vol 53(5):449-462

<sup>62</sup> Paik SY, Zalk DM, Swuste P. 2008. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. *Ann Occup. Hyg.* Vol 52(6):419-428

## 5. Opțiuni pentru alte activități în vederea amenajării unui loc de muncă sigur

În prezent, riscurile pentru sănătate asociate cu lucrul cu, aplicarea și prelucrarea nanoproductelor sunt incerte și de-abia încep să fie mai bine înțelese. Aceste riscuri implică profilurile legate de sănătate și securitate ale nanoproductelor în sine, ca și riscurile efective de expunere la aceste nanoparticule în urma lucrului cu produsul respectiv. Însă, datorită unei valori mărite a raportului suprafață-volum, a unor proprietăți electronice noi, a unei cinetici a transportului și destin biologic diferite și a unei reactivități chimice modificate observate la o serie de nanoparticule comparate cu materialul macroscopic din care provin, s-a ivit suspiciunea că nanoparticulele pot prezenta riscuri pentru sănătate încă necunoscute și potențial severe. Acest lucru complică activitatea adecvată de evaluare a riscurilor și managementul riscurilor, și până în prezent nu au fost elaborate coduri de conduită sau bune practici pentru industria construcțiilor care să vină în sprijinul „tratării” cu aceste necunoscute. Totuși, în funcție de ceea ce se cunoaște despre lucrul cu chimicale (periculoase) pot fi elaborate măsuri de precauție în vederea abordării necunoscutelor actuale privitoare la riscurile pentru sănătate asociate nanoproductelor într-o manieră responsabilă. În general această strategie este cunoscută sub denumirea de abordare precaută. Un punct de plecare în această abordare este prevenirea expunerii la nanoparticule prin aplicarea strategiei care se referă la igiena ocupațională. Atunci când se realizează prevenirea eficientă a expunerii (în cazul în care nu există informații suficiente privitoare la riscuri) are loc alinierea la principiul REACH care coroborează *inexistența informațiilor-cu-- inexistența pieței*. În cadrul unei abordări precaute, sunt propuse următoarele repere posibile pentru a veni în sprijinul amenajării unui loc de muncă sigur:

- Nici o informație --- nici un fel de expunere
  - Împiedicarea expunerii conform strategiei de igienă ocupațională (inclusiv substituirea eventuală a nanoparticulelor cu grad potențial de periculozitate ridicată)
- Notificările cu privire la compoziția nanoproductului oferite producătorilor și furnizorilor
  - Declararea conținutului nano al produsului de-a lungul lanțului de producție
  - Declararea conținutului nano al produsului la un sediu al administrației centrale sub forma unui tip de baze de date
- Înregistrarea expunerii la locul de muncă
  - În mod analog înregistrării efectelor carcinogene în cazul nano-fibrelor și nano-materialelor CMR (cancerigene, mutagene și toxice pentru reproducere)
  - În mod analog înregistrării efectelor dăunătoare pentru reproducere în cazul altor nanomateriale insolubile
- Comunicarea transparentă a riscurilor
  - Informații pe fișele tehnice de securitate referitoare la nano-riscurile cunoscute, management și lacunele de cunoaștere
  - Solicitarea unui Raport de Securitate Chimică (REACH) pentru substanțele >1 tonă/an/companie
- Stabilirea unor limite de expunere ocupațională (LEO) sau de valori de nano-referință
  - Pentru nanoparticulele care pot fi eliberate pe șantierele de construcții

Ceea ce complică și mai mult evaluarea corespunzătoare a riscurilor este faptul că, în multe cazuri, informațiile nano-specifice care sunt disponibile pentru producătorul de materiale brute se pierd de-a lungul lanțului utilizatorilor și numai o mică parte din aceste informații ajung de fapt la lucrătorul din construcții de pe șantier. Această situație poate fi și mai gravă în cazul lucrătorilor din construcții implicați (spre exemplu) într-un proiect de renovare a unei clădiri

care conține nanoproduse (din cauza ignoranței proprietarului construcției respective). Rolul autorităților și al furnizorilor de nanomateriale ar fi acela de a remedia această situație.

Deoarece operaționalizarea individuală a acestor măsuri de protecție va constitui o sarcină laborioasă, în special pentru IMM-urile din cadrul industriei construcțiilor, se recomandă sprijinirea instituirii unor practici de lucru bune pentru un număr select de activități de maximă prioritate în cadrul cărora este de așteptat să aibă loc expunerea, cum ar fi lucrul cu nano-izolații și nano-cimenturi/betoane. Printre aceste activități menționăm pulverizarea nano-izolațiilor, manipularea nanoparticulelor care conțin mortar umed, prelucrarea nanoproduselor (de ex. sablarea sau excavarea) sau curățarea și întreținerea echipamentului folosit în aceste circumstanțe. Un instrument care poate fi de ajutor în dezvoltarea acestor bune practici este Banda de Control. Aceasta generează o gradare a riscurilor bazată pe informațiile despre nanoparticulele respective, materialul din care provin (forma macroscopică), practicile de lucru și condițiile efective de lucru. Gravitatea riscurilor potențiale și probabilitatea expunerii ocupaționale sunt estimate și asociate cu un nivel de risc pe o scală de la 1 la 4. În funcție de nivelul de risc, se sugerează o strategie generală de management al riscului, care poate varia de la *'executați ventilația'* până la *'purtați echipament de protecție personală'* sau *'lucrați într-un mediu închis'*.

Există echipamente de măsurare a expunerii în timp real la nanoparticule la locul de muncă dar aceste echipamente sunt în general costisitoare și dificil de manevrat. Au fost elaborate dispozitive portabile și mai ușor de folosit, iar modele mai puțin scumpe vor fi aduse pe piață în următorii ani, fapt ce va face aceste dispozitive accesibile pentru publicul larg. Activitățile de măsurare a expunerii individuale la nanoparticule în industria construcțiilor sunt încă foarte limitate. Primele măsurători realizate pentru suprafețe abrazive vopsite cu nano-vopseluri nu au putut detecta expunerea la nanoparticule modificate genetic dar sunt prea limitate pentru a putea trage concluzii generale privitoare la expunerea la nanoparticulele generate pe șantierele de construcții.