



**Zdravé pracoviská
KONTROLUJÚ
NEBEZPEČNÉ
CHEMICKÉ LÁTKY**



Vyrábané nanomateriály na pracovisku

Hlavné body

- Vyrábané nanomateriály sú materiály, v ktorých najmenej 50 % častíc má jeden alebo viac rozmerov od 1 do 100 nm. Najmenšie nanočastice sú veľkosťou porovnateľné s atómami a molekulami.
- Účinky nanomateriálov na zdravie závisia od ich vlastností, napríklad z akého materiálu pozostávajú, veľkosti, tvaru a rozpustnosti častíc a ich povrchových vlastností. Účinky nanomateriálov na zdravie sú rovnakého typu ako v prípade väčších častíc identického materiálu, môže však dochádzať aj k iným účinkom. Hlavné formy expozície v prípade nanomateriálov sú vdýchnutie a dermálna expozícia.
- Expozíciu nanomateriálom je potrebné kontrovať a expozície sa musia udržiavať hlboko pod prahovými limitnými hodnotami, ktoré platia pre materiál v rozmernej forme (pozostávajúci z väčších častíc, ktorý však môže obsahovať aj nanočastice) pri uplatňovaní zásady predbežnej opatrnosti.
- V priemyselných procesoch je výhodou, ak sa s nanomateriálmi dá manipulovať napríklad v kašovitej forme alebo vo forme pasty, alebo ak ich možno uchovávať v uzavretých priestoroch na zníženie emisií a expozície pracovníkov nanomateriálmi. V zložitejších situáciách sa odporúča požiadať o odbornú pomoc.
- Nanotechnológie sa rýchlo rozvíjajú, rovnako ako aj poznatky o rizikách, ktoré zahŕňajú. Pracovníci, zamestnávateľi a odborníci v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia, ktorí sa zaoberajú nanočasticami na pracovisku, musia preto držať krok s týmto vývojom.

Zdravé pracoviská kontrolujú nebezpečné chemické látky

Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA) uskutočňuje v rokoch 2018 až 2019 celoeurópsku kampaň na podporu prevencie pred rizikami, ktoré predstavujú nebezpečné látky na pracoviskách. Cieľom je znížiť prítomnosť nebezpečných látok a mieru expozície týmito látkami na pracoviskách na základe zvyšovania povedomia o rizikách a účinných spôsoboch, ako im predchádzať.

Problematika

Nanomateriály môžu mať na základe svojich vlastností celý rad potenciálne toxických účinkov. Ukázalo sa, že niektoré vyrábané nanomateriály, aj keď nie všetky, predstavujú väčšie zdravotné riziká ako rovnaký materiál v rozmernej forme, napríklad ultrajemný oxid titaničitý (ktorý môže obsahovať nanočastice) má silnejšie účinky ako väčšie častice oxidu titaničitého. Viacstenné uhlíkové nanorúrky typu MWCN-7 boli klasifikované ako potenciálne karcinogénne pre ľudí, zatiaľ čo iné uhlíkové častice neboli takto klasifikované. Klasifikácia sa líši podľa jednotlivých typov uhlíkových nanorúrok.

Smernice a nariadenia EÚ v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci týkajúce sa nanomateriálov

K smerniciam a nariadeniam, ktoré sa týkajú chemických látok a zahŕňajú nanomateriály, patrí napríklad:

Smernica 89/391/EHS (rámcová smernica) z 12. júna 1989 o zavádzaní opatrení na podporu zlepšenia bezpečnosti a ochrany zdravia pracovníkov pri práci

Smernica 98/24/ES (smernica o chemických faktoroch) zo 7. apríla 1998 o ochrane zdravia a bezpečnosti pracovníkov pred rizikami súvisiacimi s chemickými faktormi pri práci

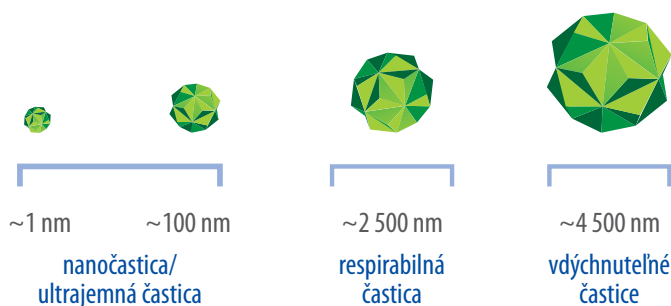
Smernica 2004/37/ES (smernica o karcinógenoch a mutagénach) z 29. apríla 2004 o ochrane pracovníkov pred rizikami súvisiacimi s vystavením karcinógenom alebo mutagénom pri práci

Nariadenie (ES) č. 1907/2006 (nariadenie REACH) z 18. decembra 2006 o registrácii, hodnotení, autorizácii a obmedzovaní chemických látok

Nariadenie (ES) č. 1272/2008 (nariadenie CLP) zo 16. decembra 2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí, ktoré sa týkajú klasifikácie, označovania a balenia látok a zmesí

Vnútroštátne právne predpisy môžu obsahovať prísnejšie ustanovenia ako smernice a nariadenia a je potrebné sa s nimi oboznámiť.

Čo sú vyrábané nanomateriály?



Vyrábané nanomateriály sú materiály, v ktorých najmenej 50 % častíc má jeden alebo viac rozmerov od 1 do 100 nm. Najmenšie nanočastice sú veľkosťou porovnateľné s atómami a molekulami.

Častice v tomto rozsahu veľkostí môžu mať odlišné vlastnosti ako väčšie častice rovnakého materiálu. Tieto vlastnosti vyplývajú z ich malých rozmerov, ale aj z ich pomerne veľkej povrchovej plochy, tvaru, rozpustnosti, chemického zloženia, funkcionalizácie povrchov a povrchovej úpravy. Vďaka týmto vlastnostiam sú pre vedu stále zaujímavejšie a používajú sa pri vývoji nových výrobkov a technológií.

Niektoré príklady nanomateriálov:

- Nanooxid titaničitý sa používa ako UV absorbér napríklad v kozmetických výrobkoch, farbách a náteroch na okenných sklách.
- Grafén je tenká a mimoriadne pevná monoatómová vrstva uhlíka s veľmi dobrou vodivosťou a veľkým potenciálom v niektorých priemyselných oblastiach, najmä v elektronike.
- Uhlíkové nanorúrky majú vlastnosti, ktoré sú zaujímavé v elektrotechnickom priemysle. Používajú sa aj na posilnenie rôznych druhov materiálov, napríklad v stavebníctve, a používajú sa v obrazovkách počítačov založených na organických svetlo emitujúcich diódach (OLED).
- Nanostriebro sa používa napríklad v medicíne, kozmetike, potravinách a ako antiseptická látka v rôznych aplikáciách, ako napríklad farby a nátery, odevy, obuv a výrobky pre domácnosť.
- Kvantové body sú polovodiče, ktoré sú obzvlášť zaujímavé v súvislosti s rôznymi aplikáciami, napríklad lekárske zobrazovanie, diagnostika a elektronické výrobky.

V oblasti medicíny nanomateriály vzbudili záujem napríklad z hľadiska ich potenciálu ako nosiča na doručenie liekov k cieľovým orgánom a na účely zobrazovania (napr. magnetické nanočastice oxidu železitého). Vyvíjajú sa nanomateriály s novými vlastnosťami aplikovaním rôznych druhov náterov na povrch nanočastíc.

Opatrenia požadované v právnych predpisoch v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci

Požiadavky na kontrolovanie nanomateriálov na pracovisku sú rovnaké ako v prípade kontrolovania iných nebezpečných chemických látok vrátane poskytovania informácií a odbornej prípravy pre pracovníkov, vykonávania hodnotení rizík a prijímania opatrení na zaistenie bezpečného pracoviska. Predpoklady na splnenie týchto požiadaviek sú však v prípade nanočastíc odlišné od väčšiny iných chemických látok. Poznatky o rizikách spojených s nanomateriálmi sú stále obmedzené a v prípade nanomateriálov neexistujú (zatiaľ) žiadne expozičné limity v pracovnom prostredí, aj keď referenčné **hodnoty boli navrhnuté**. Z tohto dôvodu je potrebné uplatňovať zásadu predbežnej opatrnosti na udržanie expozície na úrovni, pri ktorej možno očakávať, že riziko je pod kontrolou, aj keď sa ukazuje, že nanomateriál je bezpečnejší, ako je v súčasnosti o ňom známe.

V tomto informačnom letáku sa uvádzajú praktické rady o tom, ako uplatňovať zásadu predbežnej opatrnosti pri kontrolovaní nanomateriálov. Ďalšie informácie sa uvádzajú v článku **OSHWiki „Nanomaterials“**.

<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

Zdravotné riziká nanomateriálov

Zdravotné riziká sa budú líšiť v závislosti od toho, z čoho nanomateriál pozostáva. Účinky nanomateriálov na zdravie sú rovnakého typu ako v prípade väčších častíc identického materiálu, môže však dochádzať aj k iným účinkom. Nanomateriály, ktoré vstupujú do tela, môžu byť (podobne ako iné látky) absorbované, distribuované a metabolizované. Nanomateriály boli nájdené napríklad v pľúcach, pečeni, obličkách, srdci, reprodukčných orgánoch, mozgu, slezine, kostre a mäkkých tkanivách, **ako aj v plodoch**.

Mechanizmy v pozadí zdravotných rizík nie sú zatiaľ úplne známe, ale niektoré boli identifikované.

- Niektoré nanomateriály môžu spôsobiť rôzne typy poškodenia pľúc, ako napríklad akútne alebo chronické zápalové reakcie, pričom riziko týchto ochorení, ako sa ukazuje, sa zvyšuje **zmenšovaním** rozmerov častíc. Môžu viesť aj k poškodeniu tkaniva, oxidatívne stresu, chronickej toxicite, cytotoxicite, fibróze a tvorbe nádorov. Niektoré nanomateriály môžu mať vplyv aj na kardiovaskulárny systém.
- Malé rozmery umožňujú nanomateriálom vniknúť do organizmu spôsobom, ktorý v prípade väčších častíc nie je možný. Dokázalo sa napríklad, že kovy a oxidy kovov prenikli do čuchového bulbu cez **čuchový nerv** a uhlíkové nanorúrky prešli cez placentu do **plodu**.
- Vlákňité, dlhé, tenké a nerozpustné nanovlákná, ako napríklad uhlíkové nanorúrky, môžu spôsobovať poškodenie pľúc prostredníctvom zápalu, vytvorením **granulómu a fibrózy**. Tieto účinky neboli pozorované u myší vystavených účinkom sadzí (rovnaký materiál, ale vo forme nanočastíc namiesto **nanovláknien**), čo viedlo k záveru, že prinajmenšom niektoré druhy uhlíkových nanorúrok môžu mať podobné účinky na zdravie ako v prípade azbestu. Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) klasifikovala uhlíkové nanorúrky MWCN-7 ako pravdepodobne karcinogénne pre ľudí (**skupina 2B**). Ukázalo sa však, že nie všetky uhlíkové nanorúrky majú rovnaké účinky na zdravie. Vzhľadom na svoje povrchové vlastnosti niektoré uhlíkové nanorúrky nespôsobia granulóm ani fibrózu a ukázalo sa tiež, že uhlíkové nanorúrky môžu byť za určitých podmienok **metabolizované a vylúčené**.

Vyrábané nanomateriály predstavujú väčšie zdravotné riziká ako rovnaký materiál v rozmernej forme

Bezpečnostné riziká môžu vznikať v dôsledku vysokej výbušnosti, horľavosti a katalytického potenciálu niektorých nanomateriálov v práškovej forme, najmä kovové nanoprášky, napr. prach mikroskopickej veľkosti, majú tendenciu prudko vybuchovať a ich vznietivosť sa spravidla zvyšuje zvýšenou jemnosťou častíc. Zvýšenou jemnosťou častíc sa znižuje aj teplota samovznietenia.

Nanomateriály majú tendenciu vytvárať aglomeráty (tvoria slabo viazané zhluky), čím sa zvyšuje ich veľkosť, aglomerácia však nemá veľký vplyv na ich celkovú povrchovú plochu. Predpokladá sa, že povrchová plocha ovplyvňuje účinky na zdravie, aspoň v prípade niektorých typov nanočastíc. Nie je jasné, či a akým spôsobom aglomerovanie ovplyvňuje zdravotné riziká spôsobené nanomateriálmi.

Aj keď niektoré mechanizmy boli odhalené, stále je ešte potrebné porozumieť mnohému, aby bolo možné vysvetliť, kedy a prečo majú nanomateriály vplyv na zdravie. Zatiaľ musíme zvážiť dôkazy, že prinajmenšom niektoré nanomateriály sú toxickéjšie ako väčšie častice rovnakého materiálu a prijať preventívne opatrenia.

Niekoľko štúdií bolo zameraných na zistenie, akým spôsobom nanomateriály vplyvajú na zdravie. Tieto štúdie sa však uskutočnili prevažne na bunkových kultúrach a laboratórnych zvieratách. Existuje len málo dôkazov týkajúcich sa vplyvu na zdravie ľudí po expozícii vyrábaným nanomateriálom. Existuje však množstvo dôkazov o tom, že expozícia látkami znečisťujúcimi ovzdušie, ktoré obsahujú prirodzene vytvorené nanočastice – napríklad zväračské dymy, výfukové plyny zo vznetrových motorov a iné druhy dymu – môže byť rôznym spôsobom nebezpečná. Poznatky o tom, či účinky na zdravie spôsobujú nanočastice, alebo iné znečisťujúce látky, ktoré sa vyskytujú zároveň s nimi, sú však nedostatočné.

Expozícia a spôsoby expozície

Zdravotné riziká môžu viesť k problémom alebo chorobám, ktoré sa objavujú až po expozícii nanomateriálom. Hlavné formy expozície v prípade nanomateriálov sú vdýchnutie a dermálna expozícia, môže však dôjsť aj k ich požitiu.

K expozícii vyrábaným nanomateriálom môže dôjsť v priebehu ktorejkoľvek fázy životného cyklu nanomateriálu, a to aj počas výroby nanomateriálov alebo výrobkov na báze nanomateriálov alebo počas používania (životnosti) výrobkov na báze nanomateriálov alebo počas recyklácie po skončení životnosti, spracovania a likvidácie výrobkov na báze nanomateriálov.

Vdýchnutie

Ručná manipulácia so suchým nanomateriálom v otvorenom priestore, napríklad ak sa presýpa z vreca, vkladá do nádoby alebo vykladá z nádoby alebo sa náhodne vysype, predstavuje vysoké riziko expozície nanomateriálom. K expozícii môže dôjsť dokonca aj pri manipulácii s nanomateriálmi v uzavretých systémoch v dôsledku únikov alebo nehôd. K expozícii môže dôjsť aj pri nakladaní s odpadom, ktorý obsahuje nanomateriály.

S mnohými nanomateriálmi sa manipuluje, keď sú vo forme kaše, pasty alebo granúl, alebo keď sú integrálnou súčasťou pevného materiálu. K expozícii vdýchnutím dochádza zriedkavo, ale môže k nej dôjsť napríklad vtedy, keď sa s kašou pracuje takým spôsobom, že tvorí aerosól, napríklad sa sprejuje alebo strieka, alebo ak sa s granulami pracuje tak, že sa melú na menšie častice a uvoľňujú sa nanočastice. K expozícii môže dôjsť aj po vyschnutí kaše alebo pasty a zanechaní suchého nanomateriálu, ktorý sa môže zvíříť a uniknúť do okolitého ovzdušia. K expozícii môže dôjsť dokonca aj pri práci s nanomateriálom vo forme kaše, napríklad počas čistenia a údržby.

**Expozíciu
nanomateriálom
je potrebné
kontrolovať**

Koža

Vyskytovať sa môže dermálna expozícia nanomateriálom a v prípade niektorých nanomateriálov ide o bežný spôsob expozície, pretože sú zložkami kozmetických výrobkov, ktoré sú určené na použitie na kožu. V súčasnosti sa usudzuje, že absorbovanie nanomateriálov cez kožu je menej pravdepodobné než vdýchnutím. Veľmi malé množstvá nanomateriálu však môžu preniknúť cez porušenú pokožku, napríklad v dôsledku poranenia alebo ekzému. Aj keď v súčasnosti sa toto považuje za zanedbateľné alebo veľmi malé riziko, v rámci prevencie by sa malo zabrániť dermálnej expozícii, čím sa zabráni aj náhodnému požitiu a expozícii látkami, ktoré môžu byť absorbované cez kožu, aj keď to ešte o nich nie je známe.

Požitie

K požitiu nanomateriálov na pracoviskách dochádza s menšou pravdepodobnosťou, aj keď nedostatočná hygiena môže viesť k expozícii, napríklad ak si pracovníci neumyjú ruky alebo nevymenia oblečenie po práci s nanomateriálmi a potom chytajú potraviny alebo nápoje kontaminovanými rukami alebo roznesú prach s nanočasticami do prostredia, v ktorom sa konzumujú potraviny a nápoje. K expozícii môže dôjsť aj náhodne, napríklad prenosom z rúk do úst.

Mimo práce môže dôjsť k požitiu nanomateriálov spolu s potravinami, pretože v obaloch sa môžu nachádzať zámerne pridané nanomateriály. Tak, ako je tomu v prípade nanomateriálov vo všeobecnosti, vplyv na zdravie závisí od toho, z čoho nanomateriály pozostávajú. Z nedávnej štúdie vyplynulo, že požitie nanočastíc striebra nemalo žiadne klinicky pozorovateľné účinky u 60 osôb, ktoré sa zúčastnili na pokuse.

Hodnotenie rizík

V zásade všetky činnosti, pri ktorých dochádza k manipulácii so suchými nanomateriálmi mimo uzavretého zariadenia, možno považovať za činnosti zahŕňajúce riziko expozície pracovníkov. K expozícii však môže dôjsť aj v prípade, keď sa používa uzavreté zariadenie, a to napríklad pri úniku alebo počas čistenia a údržby. Pri hodnotení rizík by sa takéto expozície mali posúdiť a zaviesť by sa mali preventívne opatrenia. Keďže nanomateriály pozostávajú z mimoriadne malých častíc, prach z nanočastíc sa nedá vidieť rovnakým spôsobom ako iné druhy prachu. Pri hodnotení rizík je potrebné zohľadniť aj túto skutočnosť.

Riziká sa líšia v závislosti od druhu nanomateriálu. Za najväčšie riziko sa považuje expozícia nerozpustnými alebo slabo rozpustnými nanovláknami, ktoré sú dlhšie ako 5 µm a ktorých pomer dĺžky k šírke (stranový pomer) je väčší ako 3 : 1. Riziká sú vysoké aj v prípade iných slabo rozpustných alebo nerozpustných nanovláken a nanodoštičiek (napr. v nanotených vrstvách, ako napr. grafén). Expozícia nanomateriálmi, ktoré sú rozpustné vo vode, sa považuje za menej rizikových.

Riziká sa často hodnotia na základe meraní expozície. Takéto merania sú možné, aj keď nie sú jednoznačné a jednoduché a vyžadujú si sofistikované nástroje na priame odčítanie. V rámci výskumu sa vykonávajú hlavne merania nanočastíc

v ovzduší. Vypracovaná bola stratégia merania, v ktorej sa skombinovali merania uskutočnené pomocou rôznych typov nástrojov na priame odčítanie rôznych frakcií častíc s meraniami uskutočnenými za použitia techník filtrovania a s analýzou za použitia **skenovacieho elektrónového mikroskopu**. Pri analyzovaní filtrov však existuje riziko, že v póroch filtra sa môže zachytiť množstvo častíc, ktoré pri použití **skenovacieho elektrónového mikroskopu** nebudú viditeľné. Navyše nástroje na priame odčítanie majú obmedzenia, napríklad analyzujú sice častice rôznych veľkostí, ale nie materiály, z ktorých tieto častice pozostávajú. Okrem toho neexistuje žiadny konsenzus týkajúci sa toho, ktorá premenná má najväčší význam v prípade účinkov nanomateriálov na zdravie. Neexistuje žiadna norma týkajúca sa toho, na ktorom parametri – napríklad hmotnostná koncentrácia, početná koncentrácia alebo povrch vzduchom prenášaného nanomateriálu – má byť založené meranie účinkov na zdravie. Najrelevantnejší parameter by mohol závisieť od druhu nanomateriálu a vplyvu na zdravie.

Nástroje na priame odčítanie merajú prítomnosť častíc bez ohľadu na to, aký materiál je v časticiach. Tieto nástroje bývajú citlivé na interferencie iných nanočastíc, ako sú vyrábané nanočastice, ktoré sú predmetom záujmu. Merania nanočastíc môžu byť napríklad ovplyvnené prítomnosťou nanočastíc vo výfukových plynch z rôznych typov spaľovania, ako napr. cigaretový dym a zvrátenie, spájkovanie a výpary z tepelného spájania. Nanočastice môžu byť uvoľňované pri spaľovaní sviečok, lúpaní citrusových plodov a kondenzácii vodnej pary.

Aby sme to zhrnuli, pri hodnotení rizík týkajúcich sa nanomateriálov na pracovisku sa vyskytujú ťažkosti súvisiace:

1. s nedostatočnými informáciami o nebezpečných vlastnostiach nanomateriálov;
2. s obmedzeniami, pokiaľ ide o metódy a prístroje, ktoré možno použiť na meranie úrovni expozície a na identifikáciu nanomateriálov a zdrojov emisií.



Informácie môžu chýbať aj o prítomnosti nanomateriálov, najmä v zmesiach alebo výrobkoch a aj ďalej v smere užívateľského reťazca, v ktorom sa nanomateriály alebo výrobky s obsahom nanomateriálov používajú alebo spracovávajú.

Hodnotenie rizík vyrábaných nanomateriálov by malo zahŕňať:

1. zoznam nanomateriálov uchovávaných a používaných na pracovisku;
2. informácie o zdravotných rizikách nanomateriálov, ktoré sa obvykle uvádzajú v kartách bezpečnostných údajov;
3. vyhodnotenie expozície vdýchnutím, preniknutím kožou alebo požitím;
4. rozhodnutia o opatreniach potrebných na zníženie expozície a akčný plán, v ktorom je uvedené, čo sa má vykonať, kto to má vykonať a kedy;
5. posúdenie rizík pre zraniteľných pracovníkov, ako napríklad mladí pracovníci a tehotné alebo dojčiace ženy, a či sú potrebné osobitné opatrenia na ich ochranu;
6. pravidelnú revíziu hodnotenia rizík;
7. hodnotenie prijatých opatrení a v prípade potreby vylepšenia akčného plánu.

Hodnotenia rizík musia byť založené na zásade predbežnej opatrnosti so zreteľom na tieto hľadiská:

- Ide o taký typ nanomateriálu, o ktorom sa usudzuje, že predstavuje vysoké riziko?
- Je pravdepodobné, že sa vysoká úroveň expozície nanomateriálom vyskytne na pracovisku alebo ide o náhodný výskyt?

Vysokorizikové nanomateriály a vysoké úrovne expozície predstavujú veľmi vysoké riziko a vyžadujú si okamžité opatrenia na zníženie expozície. Nanomateriály s nízkymi úrovňami rizika a expozície si nevyžadujú okamžité opatrenia, alebo dokonca nie sú potrebné žiadne opatrenia.

Na hodnotenie rizika nanomateriálov sú k dispozícii rôzne druhy nástrojov a podpory.

Prehľad sa nachádza v dokumente [Európskej komisie](#) [Usmernenie týkajúce sa ochrany zdravia a bezpečnosti pracovníkov pred potenciálnymi rizikami súvisiacimi s nanomateriálmi v práci](#).

Ďalšie informácie sú k dispozícii na webových sídlach [Európskej chemickej agentúry](#), [Svetovej zdravotníckej organizácie](#) a [Organizácie pre hospodársku spoluprácu a rozvoj](#).

Prijímanie opatrení a riadenie rizík

Zamestnávateľia sú povinní zabezpečiť pre svojich pracovníkov bezpečné a zdravé pracovné prostredie, ktoré zahŕňa ich ochranu pred rizikami, ktoré predstavujú nanomateriály.

Európske právne predpisy v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci určujú tzv. hierarchiu opatrení na zabránenie alebo zníženie vystavenia pracovníkov nebezpečným látkam (článok 6 smernice o chemických faktoroch). Toto „poradie dôležitosti“, ako sa nazýva v smernici, je známe tiež ako zásada STOP:

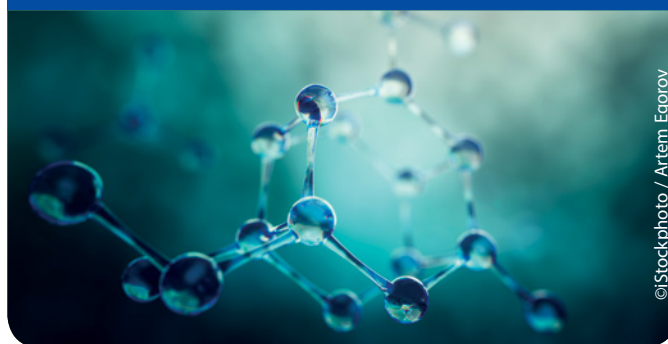
S = Substitution – nahradenie (pokrýva tiež úplné odstránenie nebezpečnej látky)

T = Technological measures – technologické opatrenia

O = Organisational measures – organizačné opatrenia

P = Personal protective measures – osobné ochranné opatrenia.

S = Substitution measures – nahradenie



Nanomateriály sa často používajú pre svoje jedinečné technické vlastnosti, takže nahradenie môže byť zložité. Aj keď použitie nanomateriálu nemožno eliminovať, môže sa s ním dať manipulovať vo forme s minimalizovanou expozíciou, napríklad keď je v tekutej forme ako kaša alebo pasta, alebo keď je viazaný v tuhej látke. Významne sa tým zníži expozícia, najmä vdýchnutím. Potrebné je však zabrániť sprejovaniu nanomateriálov v tekutom médiu, pretože nanomateriály v aerosóle možno vdýchnuť.

//
*Hlavné formy expozície
v prípade nanomateriálov
sú vdýchnutím a dermálnou
expozíciou*

T = Technological measures – technologické opatrenia



©iStockphoto / Stevanovicigor

Nanomateriály prenášané vzduchom v zásade možno porovnať s aerosólmi a kontrolovať sa dajú pomocou podobných opatrení, ako sa používajú na **kontrolu aerosólov**. Avšak vzhľadom na malú hmotnosť nanočastíc je ich kinetická energia veľmi nízka, takže na základe správania nanočastice možno považovať skôr za plyn než za prach. Výber technológie závisí od rozsahu expozície, ktorá zase závisí od prašnosti a úrovne emisií nanomateriálu. Na kontrolu expozície a rizika môže byť potrebné použiť kombináciu viacerých metód. Účinným spôsobom zníženia expozície je opúzdrenie a odvetrávanie procesu. Potrebne je kontrolovať riziká úniku a posúdiť, ako aj kontrolovať tiež riziká spojené s údržbou, opravou a čistením.

Pre procesy, pri ktorých sa spracúvajú nanomateriály, sa často volia uzavreté systémy s cieľom chrániť proces pred kontamináciou. Uzavretý systém je výhodný a predstavuje dobré technologické opatrenie, pretože bráni aj emisiám z nanomateriálov do okolitého prostredia a ich pôsobeniu na pracovníkov. Uzavretie sa odporúča hlavne v prípade takých činností, ako je napríklad meranie vyrábaných nanomateriálov, ich nalievanie do zariadení na výrobu alebo spracovanie (vrátane ich miešania) alebo vyberanie z takýchto zariadení, čistenie nádob a spracovanie odpadu (vrátane ich premiešavania) alebo ich zachytávanie, až pokiaľ neexistuje žiadna možnosť expozície.

Technické kontroly (napr. uzavretie, lokálne podtlakové vetranie, **celkové odvetrávanie**) na zníženie expozície by sa mali zväžiť v prípade, keď nemožno použiť nahradenie alebo uzavretie. Technické kontrolné opatrenia budú závisieť od požiadaviek každého pracoviska a mali by zohľadňovať zdroj emisií, riziko, potrebu znížiť emisie a expozíciu, a tiež množstvo a fyzikálnu formu nanomateriálu, trvanie úloh a ich frekvenciu.

Lokálne odvetrávanie aj celkové odvetrávanie pomáha zabrániť rozptýleniu vzduchom prenášaných nanomateriálov v pracovnej oblasti a do príľahlých priestorov. Na odstránenie nanočastíc z odpadového vzduchu sa musí použiť vhodný filtračný systém. Môže sa použiť viacstupňový systém s vysokoúčinnými filtermi vzduchových častíc (HEPA) alebo filtermi s veľmi nízkou penetráciou vzduchu (ULPA).

Optimalizácia návrhu procesu a prevádzkových postupov tak, aby sa minimalizovalo používanie nebezpečných vedľajších produktov a vznik odpadu na pracovisku.

Zníženie rizika **výbuchu** spôsobeného nanočasticami možno dosiahnuť použitím štyroch „špecifických **bezpečnostných bariér**“:

- preventívna bariéra: zníženie pravdepodobnosti nehody posilnením postupov údržby, ktoré zabraňujú vzniku prchavých emisií, náhodnému vytváraniu výbušnej atmosféry, vytváraniu statickej elektriny a náhodných zdrojov vznietenia,
- zmierňovacia bariéra: zníženie rizikových faktorov súvisiacich s procesmi znížením teploty a tlakov v rámci procesu,
- zmierňovacia bariéra: zníženie parametrov závažnosti výbuchu nanopráškov nahradením alebo riedením,
- ochranná bariéra: zvýšenie stupňa ochrany ohrozených pracovníkov.



O = Organisational measures – organizačné opatrenia



Organizačné opatrenia zahŕňajú napríklad informovanie pracovníkov o rizikách, preventívnych opatreniach, ktoré je potrebné uplatňovať, a o pravidlách, ktoré sa musia dodržiavať. Informácie pre pracovníkov by mali zahŕňať aj informácie o nebezpečnosti nanomateriálov a o význame zásady predbežnej opatrnosti vzhľadom na ešte stále obmedzené poznatky týkajúce sa nebezpečnosti nanomateriálov pre zdravie a bezpečnosť. Zdokumentovanie bezpečných postupov a pracovných pokynov pre procesy zahŕňajúce nanomateriály a ich sprístupnenie na pracovisku poslúži ako základ pre vhodné pracovné postupy a ako referenčný bod na účely sústavného zlepšovania.

Organizačné opatrenia by mohli zahŕňať aj minimalizáciu počtu pracovníkov na pracoviskách vystavených nanomateriálom a skrátenie pracovného času s možnou expozíciou nanomateriálom. Prístup do oblastí, v ktorých môže dôjsť k expozícii, by sa mal obmedziť a vhodným spôsobom by sa mali používať bezpečnostné a výstražné značky.



P = Personal protective measures – osobné ochranné opatrenia



V krajnom prípade, ak uvedené opatrenia nemožno uplatniť, alebo ak sú nedostatočné, je potrebné použiť osobné ochranné prostriedky. V mnohých odvetviach sa vždy, keď je to potrebné, používa pracovný odev spolu s rukavicami a ochrannými okuliarmi.

V prípade chemických výrobkov obsahujúcich nanomateriály by sa informácie o odporúčaných osobných ochranných prostriedkoch mali uvádzať v kartách bezpečnostných údajov. Ak sa vyberie správny typ osobných ochranných prostriedkov, môžu tieto prostriedky poskytnúť účinnú ochranu pred nanomateriálmi.



Ďalšie informácie

Všetky odkazy a podrobnejšie informácie sa uvádzajú v článku o nanomateriáloch na webovom sídle OSHwiki:

<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

[#Euhealthyworkplaces](#)

