

PROFILAKSES PASĀKUMI UN INSTRUMENTI NANOMATERIĀLU PĀRVALDĪBAI DARBAVIETĀ

Šajā e-faktu publikācijā ir sniegta informācija par vairākiem riska pārvaldības instrumentiem, kas sagatavoti, lai palīdzētu darbavietā izvēlēties piemērotus profilakses pasākumus, un varētu būt noderīgi uzņēmējiem, izvērtējot nanomateriālu radīto risku darbavietā.

1. Ievads

1.1 Kas ir nanomateriāli?

Nanomateriāli ir materiāli, ko veido daļiņas, kurām viens vai vairāki izmēri ir robežās no 1 nm līdz 100 nm ⁽¹⁾, proti, tie materiāli, kas pēc sava izmēra ir pielīdzināmi atomiem un molekulām. Nanomateriāli var rasties dabiski, piemēram, vulkānu izmešos, taču tie var būt arī netīši cilvēku darbības radīti blakusprodukti, piemēram, dīzeļmotoru izplūdes gāzes. Tomēr liela daļa nanomateriālu tiek apzināti ražoti un piedāvāti tirgū, un šajā e-faktu publikācijā lielākoties runa būs tieši par rūpnieciski ražotajiem nanomateriāliem.

Nanomateriāliem to mazā izmēra un lielās virsmas laukuma, kā arī formas, ķīmisko īpašību, virsmas funkcionalizācijas un tās apstrādes dēļ piemīt unikālas īpašības, ko var sekmīgi izmantot dažādās jomās. Tomēr minēto īpašību dēļ nanomateriāliem var būt arī toksiska iedarbība, kas var izpausties dažādos veidos pat tad, ja attiecīgais materiāls makroskopiskā līmenī nav toksisks [2, 3].

1.2 Nanomateriālu radītais veselības un drošības apdraudējums un iedarbības ceļi

Normālos ārējās vides apstākļos var veidoties nanomateriālu aglomerācijas vai sakopojumi, kas var būt lielāki par 100 nm. Attiecīgi arī šiem materiāliem nanoskopiskajā līmenī piemītošās īpašības var mainīties (taču nav teikts, ka materiāli attiecīgās īpašības zaudēs pavisam). Tomēr laika gaitā nanomateriāli var atkal izdalīties no aglomerācijām, kurās daļiņas ir salīdzinoši vāji saistītas savā starpā, un noteiktos apstākļos arī no sakopojumiem, kuros daļiņas ir saistītas daudz ciešāk. Pašlaik tiek pētīts, vai tas varētu notikt plaušu šķidrumā pēc attiecīgo aglomerāciju vai sakopojumu ieelpošanas [2, 3]. Tāpēc, izvērtējot risku darbavietā, būtu jāņem vērā arī aglomerācijas un sakopojumi, kas satur nanomateriālu daļiņas.

Nanomateriālu iekšējā iedarbība pēc nonākšanas organismā var ietvert to tālāku absorbciju, izplatīšanos un metabolismu. Daži nanomateriāli ir atrasti, piemēram, plaušās, aknās, nierēs, sirdī, reproduktīvajos orgānos, auglī, smadzenēs, liesā, kaulaudos un mīkstajos audos [2]. Joprojām nav atbildēti visi jautājumi par nanomateriālu bioakumulāciju un to izvadīšanu no šūnām un orgāniem. Papildu problēmas sagādā tas, ka nanomateriāls pats par sevi var nebūt toksisks, taču tas var darboties kā "Trojas zirgs", proti, šim nanomateriālam var pielipt arī toksiskāka materiāla daļiņas, kas tādējādi var nonākt organismā, orgānos vai šūnās [4].

Vislielāko kaitējumu nanomateriāli nodara plaušām – cita starpā tie var izraisīt iekaisumu, audu

¹ Saskaņā ar Eiropas Komisijas ieteikumu [1]:

- "Nanomateriāls" ir "dabisks, kā blakusprodukts radies vai rūpnieciski ražots materiāls, kas satur nesaistītas, aglomerācijās vai sakopojumos esošas daļiņas, ja ģeometrisko izmēru skaitliskajā sadalījumā vismaz 50 % daļiņu kāds no izmēriem ir diapazonā no 1 nm līdz 100 nm. Izmēru skaitliskais sadalījums ir noteikta izmēra diapazona objektu skaits, kas dalīts ar kopējo objektu skaitu."
- "Īpašos gadījumos, ja iemesls tam ir bažas vides, veselības, drošības vai konkurētspējas jomā, izmēru skaitliskā sadalījuma 50 % robežvērtību var aizstāt ar robežvērtību no 1 % līdz 50 %."
- "Atkāpjoties no iepriekš minētā, par nanomateriāliem jāuzskata fullerēni, grafēna pārslas un viensienas oglekļa nanocaurulītes, kam vismaz viens ģeometriskais izmērs ir mazāks par 1 nm."

bojājumus, oksidatīvo stresu, fibrozi un audzēju veidošanos un tiem var būt citotoksiska vai hroniski toksiska iedarbība. Daži nanomateriāli var ietekmēt arī sirds un asinsvadu sistēmu. Rūpnieciski ražoto nanomateriālu potenciāli bīstamās īpašības joprojām tiek pētītas [2, 3].

Izšķir trīs galvenos iedarbības ceļus, kādos organisms darbavietā var nonākt saskarē ar nanomateriāliem [2, 4–8].

- Gaisa nestas nanodaļiņas darbavietā visbiežāk tiek **ieelpotas**. Atkarībā no to formas un izmēra ieelpotās nanodaļiņas var nogulsneties elpceļos un plaušās. Pēc ieelpošanas nanodaļiņas var caur plaušu epitēliju nokļūt asinsritē un nonākt arī citos orgānos un audos. Konstatēts, ka daži nanomateriāli pēc ieelpošanas pa ožas nervu ir nonākuši arī smadzenēs.
- **Absorbcija caur muti** var notikt netīšām pieskaroties piesārņotām virsmām un pēc tam ar rokām pieskaroties mutei vai uzņemot inficētu ēdienu vai ūdeni. Nanomateriāli var tikt norīti arī pēc to ieelpošanas, jo ieelpotās daļiņas, ko no elpceļiem palīdz izvadīt gļotādas skropstiņepitēlija kustības, var tikt norītas. Pēc norīšanas daži nanomateriāli var caur zarnu epitēliju nokļūt asinsritē un nonākt arī citos orgānos un audos.
- Nanomateriālu nonākšana organismā **caur ādu** joprojām tiek pētīta [6, 8]. Šķiet, ka vesela āda labi aizsargā organismu no nanomateriālu uzņemšanas [9]. Bojāta vai savainota āda nespēj organismu pasargāt tikpat efektīvi, taču uzņemto nanomateriālu daudzums visdrīzāk būs mazāks nekā ieelpošanas gadījumā [9]. Tomēr arī ādas saskare ar nanomateriāliem būtu jākontrolē un jānovērš.

Tāpat nanomateriālu potenciālā iedarbība galvenokārt ir atkarīga no tā, vai attiecīgais materiāls var nonākt gaisā, un attiecīgi pulverveida vai izsmidzināmi materiāli rada lielāku risku nekā suspensijas, pastas, granulveida materiāli vai kompozītmateriāli. Šķidrie nanomateriāli savukārt rada lielāku risku nekā saistītas vai fiksētas nanostruktūras, piemēram, polimēra matricā [10].

Visbeidzot, bet ne mazāk svarīgi – drošības apdraudējumu var radīt arī dažu nanopulveru (pulverveida nanomateriālu), jo īpaši metālu nanopulveru, augstā sprādzienbīstamība, uzliesmojamība un iespējamā katalītiskā iedarbība.

1.3 Nanomateriālu radītā riska pārvaldība darbavietā

Darbavietā darba devējiem ir pienākums nodrošināt darba ņēmēju drošību un veselības aizsardzību visos ar darbu saistītajos aspektos, regulāri novērtējot iespējamo risku, kā noteikts Pamatdirektīvā 89/391/EEK [11], un riska novērtējumam būtu jāietver arī risks, ko varētu radīt nanomateriāli. Turklāt Direktīvā 98/24/EK par ķīmikāliju izmantošanu darbā [12] ir paredzēti stingrāki noteikumi par darbā izmantojamo vielu radītā riska pārvaldību, jo īpaši par profilakses pasākumu hierarhiju, saskaņā ar kuru bīstamo vielu izmantošanas izbeigšana vai aizstāšana ir uzskatāma par prioritāti, un šie noteikumi ir piemērojami arī nanomateriāliem, jo šie materiāli atbilst vielas definīcijai. Ja nanomateriāls vai tāda paša sastāva makromateriāls ir kancerogēns vai mutagēns, jāievēro arī prasības, kas noteiktas Direktīvā 2004/37/EK par kancerogēnu un mutagēnu iedarbību darbā [13]. Valsts tiesību aktos var būt paredzēti stingrāki noteikumi, tāpēc jebkurā gadījumā ir jāievēro arī šo tiesību aktu prasības.

Nanomateriāli ir uzskatāmi par vielām, tāpēc tiem piemēro arī *REACH* (ķīmikāliju reģistrēšana, vērtēšana un licencēšana) regulas [14] un *CLP* (vielu un maisījumu klasificēšana, marķēšana un iepakojšana) regulas [15] noteikumus.

Lai gan nepārtraukti tiek veikti dažādi pētījumi, nanotehnoloģiju nozare attīstās straujāk, nekā tiek iegūtas zināšanas par nanomateriālu izmantošanas drošības un veselības aizsardzības aspektiem. Joprojām trūkst zināšanu par to, kā nanomateriāli ietekmē darba ņēmēju veselību un drošību, un to, kā novērtēt iespējamo risku.

Tāpēc, uzsākot nanomateriālu radītā riska novērtēšanu darbavietā, darba devēji var saskarties ar grūtībām, kas ir saistītas ar:

1. nepietiekamu informāciju par nanomateriālu bīstamajām īpašībām;
2. atšķirīgiem uzskatiem par standartizētām metodēm un ierīcēm iedarbības līmeņa, nanomateriālu un emisijas avotu noteikšanai;
3. ierobežotu informāciju par dažādu riska samazināšanas pasākumu (filtru, cimdu utt.) efektivitāti un

4. informācijas trūkumu par nanomateriālu klātbūtni, jo īpaši maisījumos vai izstrādājumos, kā arī par citiem lietotāju ķēdes posmiem, kuros tiek izmantoti vai apstrādāti nanomateriāli vai tos saturoši produkti.

Drošības datu lapas (*SDS*) ir svarīgs informācijas avots, kas palīdz darbavietā novērst bīstamo vielu radīto risku. Tomēr šobrīd drošības datu lapās kopumā ir norādīts maz informācijas par nanomateriālu klātbūtni, to īpašībām, risku, ko šie materiāli rada darba ņēmējiem, un atbilstošajiem profilakses pasākumiem, vai arī šāda informācija vispār nav norādīta [17–19]. Tāpēc organizācijām būtu jāsažinās ar piegādātajiem un jālūdz papildu informācija. Paredzams, ka grozījumi *REACH* regulas II pielikumā [20], kurā noteikts drošības datu lapu sagatavošanas tiesiskais regulējums, un Eiropas Ķīmikāliju aģentūras (*ECHA*) vadlīnijas par drošības datu lapu sastādīšanu [21], kurās sniegti papildu norādījumi par to, kā aprakstīt nanomateriālu īpašības, uzlabos drošības datu lapās norādītās informācijas kvalitāti.

Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas (*ESAO*) pamatnostādnes [22] palīdz noteikt gaisa nesto nanomateriālu iespējamās emisijas avotus dažādu tehnoloģisko procesu un darba paņēmienu izmantošanas gaitā.

Provizorisks rādītājs liecina, ka, vērtējot iedarbības risku, īpaša uzmanība ir jāpievērš turpmāk norādītajām darbībām un darba paņēmieniem, kas ir saistīti ar nanomateriālu izmantošanu, savukārt, nosakot riska pārvaldības pasākumus, šīs darbības būtu jāuzskata par prioritārām.

- Darbības, kuru laikā tiek izmantoti nanomateriāli, kuriem piemīt šādas īpašības:
 - nanomateriāli, kuriem ir noteikta toksiska iedarbība (piemēram, arsēns un kadmijs un to savienojumi, vai kristāliskais silīcijs dioksīds), vai nanomateriāli, kuriem makroskopiskā līmenī ir noteikta toksiska iedarbība;
 - bionoturīgi bezšķiedru nanomateriāli (piemēram, titāna dioksīds, alumīnija oksīds) un bionoturīgi šķiedrainie nanomateriāli (piemēram, oglekļa nanocaurulītes) un
 - šķīstoši materiāli, kas ir bīstami veselībai vai attiecībā uz kuriem nav pierādīts, ka tie nav bīstami veselībai.
- Jebkura situācija, kurā nanomateriāli var nonākt gaisā, piemēram, nanomateriālu vai nanomateriālus saturošu ķīmikāliju iekraušanas smalcināšanas vai sajaukšanas iekārtās un izkraušanas no attiecīgajām iekārtām, ķīmikāliju pildīšana tvertnēs, saražoto ķīmikāliju paraugu ņemšana un ražošanas sistēmu atvēršana produkta iegūšanai.
- Darba iekārtu (tostarp slēgtu ražošanas sistēmu) un riska mazināšanas iekārtu, piemēram, vietējās nosūces ventilācijas sistēmas filtru, tīrīšana un tehniskā apkope.
- Nanomateriālus saturošu vielu, piemēram, kompozītmateriālu, izpēte un izstrāde.
- Nanomateriālus saturošu pulveru un izsmidzināmo maisījumu izmantošana. Darbs ar pulverveida vielām ļoti bieži ir saistīts ar paaugstinātu sprādzienbīstamību, pašuzliesmošanas un elektrostatiskās uzlādes risku, kas apdraud drošību. Turklāt pulverveida vielas var veidot putekļu mākoņus, kas rada ieelpošanas draudus.
- Nanomateriālus saturošu izstrādājumu mehāniska vai termiska apstrāde, kuras laikā varētu tikt atbrīvotas nanomateriālu daļiņas (piemēram, lāzerapstrāde, slīpēšana, griešana).
- Atkritumu apstrāde, ja atkritumi ietver nanomateriālus saturošus izstrādājumus.

Principā visas ar nanomateriāliem saistītās darbības, kas tiek veiktas ārpus slēgtām iekārtām, var uzskatīt par bīstamām, jo pastāv risks, ka darba ņēmēji varētu nonākt saskarē ar nanomateriāliem. Tomēr arī slēgtu iekārtu izmantošana ir saistīta ar nanomateriālu iedarbības risku, piemēram, noplūdes gadījumā vai iekārtu tīrīšanas un tehniskās apkopes laikā, kas būtu jāņem vērā, novērtējot iespējamo risku un veicot profilakses pasākumus.

Veicot riska pārvaldības pasākumus, ir svarīgi par prioritāriem uzskatīt ne tikai tos nanomateriālus, kuru ietekme uz veselību un drošību ir zināma, bet arī tos, par kuru bīstamību un iedarbību trūkst ziņu vai arī pieejamā informācija ir nepilnīga vai apšaubāma; tādā gadījumā, novēršot nanomateriālu iedarbību darbavietā, būtu jāievēro piesardzības princips.

Iepriekš minēto neskaidrību dēļ nanomateriāliem ne vienmēr var piemērot tradicionālās bīstamo vielu radītā riska novērtēšanas metodes, tāpēc kā alternatīvu var izmantot riska līmeņu pārvaldību (*control banding*). Tā ir vienkāršota metode vielu un ar tām saistīto darbību radīto risku novērtēšanai un

grupēšanai atbilstoši bīstamībai un iedarbības riskam konkrētajā darbavietā.

Šajā e-faktu publikācijā ir sniegta informācija par vairākiem riska līmeņu pārvaldības instrumentiem, kas izstrādāti, lai palīdzētu darbavietā izvēlēties piemērotus profilakses pasākumus, un kas, ņemot vērā iepriekš minētos ierobežojumus, varētu nodrošināt uzņēmējiem nepieciešamās riska novērtēšanas procedūras un pamatnostādnes.

2 Rokasgrāmatas un instrumenti nanomateriālu pārvaldībai darbavietā

Lai pārvarētu iepriekš minētos ierobežojumus un atvieglotu riska novērtēšanu un nanomateriālu pārvaldību darbavietā, ir sagatavotas vairākas noderīgas un informatīvas rokasgrāmatas un instrumenti.

Tāpat kā jebkurā citā riska novērtēšanas gadījumā, procesa sarežģītība un detalizētība ir atkarīga no attiecīgās bīstamās vielas un darbībām, kas tiek veiktas, tāpēc sarežģītākās situācijās vēlams lūgt speciālistu palīdzību, lai izmantotu minētos instrumentus.

Papildus turpmāk minētajām rokasgrāmatām un instrumentiem šā dokumenta sagatavošanas laikā Eiropas Komisija saistībā ar plašāku pētījumu, kura mērķis ir noteikt nanomateriālu un nanotehnoloģiju iespējamo ietekmi darbavietā un novērtēt attiecīgo ES darba drošības un veselības aizsardzības tiesību aktu iespējamo grozījumu nepieciešamību un darbības jomu, bija uzdevusi uzņēmumam "Risk & Policy Analysts Ltd" (<http://www.rpaltd.co.uk/>) sadarbībā ar uzņēmumu "IVAM UvA BV" (<http://www.ivam.uva.nl>) sagatavot praktiskus norādījumus par to, kā darbavietā droši izmantot nanotehnoloģijas un rūpnieciski ražotus nanomateriālus. (Papildu informācija atrodama:

<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=148&langId=lv&callId=311&furtherCalls=yes>).

2.1 Interaktīvie riska līmeņu pārvaldības instrumenti tīmeklī

Riska līmeņu pārvaldība ir kvalitatīva vai puskvantitatīva riska novērtēšanas un pārvaldības metode darba aizsardzības veicināšanai. Riska līmeņu pārvaldības mērķis ir līdz minimumam samazināt darba ņēmēju saskari ar bīstamām ķīmikālijām un citiem riska faktoriem darbavietā, jo īpaši situācijās, kurās nav pieejama pilnīga informācija par bīstamību, iedarbības līmeni un risku. Ja bīstamības līmenis, kas saistīts ar konkrēto darbību vai darba vidi, nav zināms, šie instrumenti ļauj pragmatiski un piesardzīgi novērtēt iespējamo risku. Citiem vārdiem sakot, situācijās, kurās trūkst pilnīgas informācijas, tiek ievērota piesardzīga pieeja.

Šo instrumentu mērķis ir atbalstīt organizācijas, piedāvājot saprotamu, praktisku veidu, kā novērtēt nanomateriālu radīto risku darbavietā, un palīdzēt tām izvēlēties piemērotus profilakses pasākumus un vairot izpratni par risku, kas ir saistīts ar nanomateriālu izmantošanu un apstrādi. Tāpēc šie instrumenti varētu būt īpaši noderīgi maziem un vidējiem uzņēmumiem (MVU) un jo sevišķi mikrouzņēmumiem, kuriem papildu grūtības varētu sagādāt līdzekļu nepietiekamība vai iekšējo speciālistu trūkums šajā jomā.

Lielākā daļa turpmāk minēto instrumentu tiek pastāvīgi pilnveidoti, lai tie atbilstu jaunākajām atziņām par nanomateriālu izmantošanas veselības aizsardzības un drošības aspektiem, iedarbības līmeņa noteikšanas metodēm un profilakses pasākumiem. Tomēr pašlaik pieejamā informācija šajā jomā nav pilnīga, tāpēc riska līmeņu pārvaldības pamatā ir vairāki pieņēmumi par nanomateriālu bīstamību un iedarbību un turpmāk minēto instrumentu izmantošanai ir daži ierobežojumi.

2.1.1 "Stoffenmanager Nano" (pieejams angļu, nīderlandiešu un somu valodā)

Pieejams: <http://nano.stoffenmanager.nl/Default.aspx>

"Stoffenmanager Nano Module 1.0" (versija 1.0) ir riska līmeņu pārvaldības instruments, ko izstrādājusi Nīderlandes Sociālo lietu un nodarbinātības ministrija sadarbībā ar Nīderlandes Lietišķo pētījumu organizāciju (TNO) un "Arbo Unie" un kas paredzēts ieelpotu nanomateriālu radītā arodveselības riska kvalitatīvai novērtēšanai un pārvaldībai [23]. "Stoffenmanager Nano" mērķis ir palīdzēt darba devējiem un darba ņēmējiem noteikt prioritātes attiecībā uz situācijām, kas ir saistītas ar nanomateriālu izmantošanu un kurās varētu notikt saskare ar nanomateriāliem, un palīdzēt izvēlēties piemērotus riska kontroles pasākumus. Šis instruments bez maksas pieejams tīmeklī

(nepieciešama reģistrācija).

Tas ir piemērots visiem rūpnieciski ražotajiem nešķīstošajiem nanomateriāliem, piemēram, ogleklīm, nešķīstošām metālu un metālu oksīdu nanodaļiņām un noturīgām nanošķiedrām. Ja attiecīgās nanodaļiņas ir šķīstošas, lietotājs tiek novirzīts uz vispārējā “Stoffenmanager” instrumenta vietni, kas paredzēta ar bīstamām vielām saistītā arodriskā pārvaldībai. “Stoffenmanager Nano” var izmantot tad, ja primārās nanodaļiņas ir mazākas par 100 nm vai ja nanopulvera specifiskais virsmas laukums ir lielāks par 60 m²/g. Šis instruments ir piemērojams gan atsevišķām daļiņām, gan daļiņu aglomerācijām vai sakopojumiem. Instrumenta darbības pamatā ir bīstamības un iedarbības līmeņu noteikšana, ņemot vērā dažādas pazīmes un katrai no tām piešķirot noteiktu vērtējumu. Apkopojot visus vērtējumus, iespējams noteikt konkrētu bīstamības līmeni (zems, vidējs, augsts, ļoti augsts vai ārkārtējs) un iedarbības līmeni (zems, vidējs, augsts vai ļoti augsts). Bīstamības un iedarbības līmenis ļauj noteikt vispārējo riska līmeni (zems, vidējs vai augsts).

Pazīmes, ko izmanto nanomateriālu iedalīšanai minētajos bīstamības līmeņos, ir saistītas ar nanomateriālu īpašībām un ziņām par to toksiskumu, kā arī ar īpašībām, kas šiem materiāliem piemīt rupjā formā. Visām nešķīstošajām nanošķiedrām tiek piemērots augstākais bīstamības līmenis, jo pastāv iespēja, ka to iedarbība pēc ieelpošanas varētu līdzināties azbesta iedarbībai.

Iespējamā iedarbība tiek vērtēta pakāpeniski, ņemot vērā dažādus aspektus, sākot ar nanomateriāla avotu un beidzot ar darba ņēmēja elpošanas zonu. Nosakot iedarbības līmeni, tiek ņemti vērā šādi faktori:

- varbūtība, ka nanomateriāls varētu nonākt gaisā (putēšana);
- nanomateriālu apstrādes process;
- izmantotie kontroles pasākumi;
- varbūtība, ka nanomateriālu varētu izkliedēt/mazināt tā koncentrāciju;
- darba ņēmēja norobežošana;
- virsmas piesārņojums;
- izmantotie respiratori;
- veicamā darba uzdevuma biežums un
- uzdevuma ilgums.

Procesa nobeigumā, apkopojot iedarbības un bīstamības līmeņa noteikšanas rezultātus, ar “Stoffenmanager Nano” instrumentu tiek izveidoti trīs riska (vai prioritātes) līmeņi. Pēc tam var sagatavot riska mazināšanas plānu. “Stoffenmanager Nano” attiecībā uz katru riska līmeni tiek piedāvāti iespējamie kontroles pasākumi, ko var veikt, lai samazinātu iespējamo nanomateriālu iedarbību un tādējādi mazinātu risku. Pēc tam automātiski tiek atkārtots riska novērtēšanas process. Tas ļauj lietotājam pārliecināties par izvēlēto kontroles pasākumu efektivitāti.

“Stoffenmanager Nano” ļauj izveidot un izdrukāt ziņojumu par riska novērtēšanas rezultātiem. Turklāt lietotāji var izveidot darbavietā/uzņēmumā izmantoto nanoproduktu sarakstu/bibliotēku, kā arī iepazīties ar izglītojošām faktu lapām, kurās norādīti labās prakses piemēri, un noskatīties *PIMEX* videoklipus ⁽²⁾.

2.1.2 “CB Nanotool 2.0” (pieejams angļu valodā)

Pieejams: <http://controlbanding.net/Services.html>

“CB Nanotool 2.0” ir interaktīva rīkkopa, kas paredzēta nanomateriālu radītā riska novērtēšanai un kuras pamatā ir riska līmeņu pārvaldības principi. Rīkkopa tika izstrādāta ASV Lorensa Livermora Nacionālajā laboratorijā (*Lawrence Livermore National Laboratory*), lai novērtētu risku un aizsargātu laboratorijā strādājošos pētniekus [24–26].

² *PIMEX (Picture Mixed Exposure)* ir īpaši videoklipi, ko var izmantot, lai gūtu priekšstatu par kontroles pasākumu iedarbību.

Šos videoklipus ir izstrādājusi Nīderlandes Sociālo lietu un nodarbinātības ministrija, lai papildinātu veselības aizsardzības un drošības politikas bīstamo vielu programmu. Papildu informācija atrodama:

<https://www.stoffenmanager.nl/Public/Pimex.aspx>

Šajā instrumentā riska līmeņa noteikšanai izmanto 4x4 riska matricu, kur uz vienas ass tiek norādīti iedarbības smaguma parametri, bet uz otras – iespējamības parametri. Aprēķinot iedarbības smagumu, tiek ņemti vērā šādi faktori:

- nanomateriāla īpašības: virsmas ķīmija;
 - daļiņas forma;
 - daļiņas diametrs;
 - šķīdība;
 - kancerogenitāte, mutagenitāte un toksiska ietekme uz reproduktīvo sistēmu (CMR) (trīs faktori);
 - ādas toksicitāte un
 - astmu izraisošas īpašības (astmas izraisītājs);
- pamatmateriāla īpašības:
 - toksicitāte, pamatojoties uz pamatmateriāla arodekspozīcijas robežvērtību (OEL);
 - kancerogenitāte, mutagenitāte un toksiska ietekme uz reproduktīvo sistēmu (CMR) (trīs faktori);
 - iespējamā iedarbība uz ādu un
 - astmu izraisošas īpašības (astmas izraisītājs).

Aprēķinot iedarbības iespējamību, tiek ņemti vērā šādi faktori, no kuriem ir atkarīgs iespējamās iedarbības līmenis:

- konkrētās darbības laikā izmantotais nanomateriāla daudzums;
- materiāla tendence putēt vai veidot miglu;
- līdzīgai iedarbībai pakļauto darba ņēmēju skaits;
- attiecīgās darbības biežums un
- attiecīgās darbības ilgums.

Instrumenta vietnē ir sniegti norādījumi par to, kā novērtēt katru no iepriekš minētajiem parametriem, un noteikts maksimālais vērtējums, ko katram no šiem parametriem var piešķirt.

Lai mazinātu neskaidrības, kas saistītas ar nanomateriālu radīto veselības apdraudējumu, šajā instrumentā informācija par nanomateriāliem tiek kombinēta ar ziņām par šiem pašiem materiāliem makroskopiskā līmenī. Ja attiecībā uz kādu no parametriem nepieciešamā informācija nav zināma, šim parametram piešķir ievades vērtību, kas atbilst 75 % no maksimālā vērtējuma, ko attiecīgajam parametram šajā instrumentā var piešķirt. Instrumenta autori norāda, ka, nosakot šādu vērtību, vienlīdz ņemts vērā gan piesardzības princips (konservatīvā pieeja), gan pamatoti zinātniskie aprēķini, kas ļauj turpināt izpēti, vienlaikus aizsargājot darba ņēmējus.

Nanomateriālu izmantošanas radītā riska līmeni nosaka, kombinējot iedarbības smaguma un iespējamības novērtējumu. Saskaņā ar šo metodi ir noteikti četri iespējamie riska līmeņi un četri atbilstošie kontroles pasākumu līmeņi, proti:

- vispārējās ventilācijas izmantošana (zemākais riska līmenis);
- dūmu nosūkšanas pārsega vai vietējās nosūces ventilācijas izmantošana;
- norobežošana un
- speciālistu iesaistīšana (augstākais riska līmenis).

2.1.3 “NanoSafer” (pieejams dāņu valodā)

Pieejams: <http://nanosafer.i-bar.dk/>

“NanoSafer” ir Dānijā izstrādāts riska līmeņu pārvaldības instruments, kas paredzēts nanomateriālu pārvaldībai darbavietā [27]. Šis riska līmeņu pārvaldības instruments ir piemērots tikai pulverveida nanomateriāliem. “NanoSafer” ir izstrādājuši Dānijas Tehnoloģiskā institūta (*Danish Technological*

Institute) un Nacionālā Darba vides izpētes centra (*National Research Center for the Working Environment*) speciālisti. Šis instruments bez maksas pieejams tīmeklī (nepieciešama reģistrācija), taču tikai dāņu valodā.

Vispirms ir jāidentificē attiecīgais nanomateriāls un jānosaka tā fizikālās īpašības (daļiņu izmērs, blīvums un virsmas laukums), arodekspozīcijas robežvērtība (*OEL*) (ja tā ir zināma), putēšanas indekss (ieelpojamiem putekļiem vai minerālu putekļiem) un ziņas par attiecīgā materiāla toksicitāti, kas norādītas drošības datu lapā.

Pēc tam jānorāda attiecīgais process (pulvera apstrāde vai nejauša nanomateriāla noplūde), izmantotā nanomateriāla daudzums, izmantošanas biežums un darba vide.

Saskaņā ar šo metodi dati par materiālu (kas ļauj novērtēt toksicitātes līmeni) tiek kombinēti ar ziņām par attiecīgo procesu (kas savukārt ļauj novērtēt iedarbības līmeni). Izmantojot šo instrumentu, tiek vērtēts riska līmenis, ko rada akūta iedarbība (15 minūtes) un iedarbība, kas ilgst astoņas stundas. Tiek vērtēts risks, ar kuru saskaras gan tie darba ņēmēji, kuri atrodas tuvu emisijas avotam, gan tie, kuri atrodas tālu no emisijas avota (attiecīgi iedarbība tuvā un tālā zonā). Turklāt lietotājiem saistībā ar katru riska līmeni tiek ieteikti piemēroti kontroles pasākumi un piedāvāti izglītojoši videomateriāli par šiem pasākumiem.

2.2 Citi riska līmeņu pārvaldības instrumenti nanomateriālu radītā riska novērtēšanai

2.2.1 Francijas Pārtikas, vides, arodveselības un drošības aģentūras (ANSES) riska līmeņu pārvaldības instruments nanomateriāliem (pieejams angļu un franču valodā)

Pieejams: <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=2820&parentid=805>

Šo riska līmeņu pārvaldības instrumentu nanomateriāliem ir izstrādājuši Francijas Pārtikas, vides, arodveselības un drošības aģentūras (*Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail, ANSES*) speciālisti sadarbībā ar Francijas Nacionālā pētniecības un drošības institūta (*National Research and Safety Institute, INRS*), Kanādas Robēra Sovē veselības aizsardzības un darba drošības pētniecības institūta (*Institut de Recherche Robert Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail, IRSST*), Beļģijas Sabiedrības veselības zinātniskā institūta (*Scientific Institute of Public Health, ISP-WIV*) un Šveices Darba drošības un veselības aizsardzības institūta (*Institute for Work and Health, IST*) speciālistu grupu. *ANSES* riska līmeņu pārvaldības instruments ir pieejams tikai papīra formātā [28].

Šo instrumentu var izmantot jebkurā darba vidē, kur tiek ražoti vai izmantoti nanomateriāli, piemēram, rūpnieciskās ražotnēs, pētniecības laboratorijās un eksperimentālās iekārtās.

Instrumenta autori norāda, ka šī metode ir jāiekļauj kopējā arodveselības un darba drošības pārvaldības sistēmā, un būtībā tas pats attiecas arī uz visiem pārējiem instrumentiem, kas minēti šajā e-faktu publikācijā. Šā instrumenta izmantošana tomēr ir saistīta ar dažiem ierobežojumiem:

- konkrētā metode izmantojama tikai saistībā ar materiālu ikdienas apstrādi darbavietā, kas tiek veikta uzņēmuma parastās darbības ietvaros;
- nanomateriālu koncentrācija nedrīkstētu būt pārāk maza, bet to apjoms – pārāk liels;
- ar šo metodi var noteikt tikai veselības apdraudējumu – tā nav paredzēta drošības riska (t. i., ugunsbīstamības/sprādzienbīstamības) vai vides apdraudējuma noteikšanai.

Turklāt būtu vēlams, lai šā instrumenta lietotājiem būtu pietiekami plašas zināšanas ķīmiskā riska novērtēšanas jomā (piem., ķīmijā un toksikoloģijā), kā arī nanozinātnē un nanotehnoloģiju jomā. Visbeidzot autori norāda, ka šīs metodes izmantošana bez speciālām zināšanām un spējas kritiski izvērtēt rezultātus vai bez attiecīga atbalsta var novest pie kļūdainiem pieņēmumiem, kuru dēļ tiek veikti nepiemēroti profilakses pasākumi, kas palielina iedarbības risku.

Lai noteiktu bīstamības līmeni, vispirms jānoskaidro:

- vai darba procesā izmantojamais produkts vai materiāls satur nanomateriālus;

- vai nanomateriāls vai to saturošais produkts ir klasificēts kā bīstama viela; un
- vai konkrētais produkts satur bionoturīgus šķiedrainus nanomateriālus.

Ja attiecīgais nanomateriāls vai produkts ir klasificēts saskaņā ar tiesību aktiem par ķīmikālijām un to marķēšanu, klasifikācijas informācija būtu jāizmanto bīstamības līmeņa noteikšanai. Ja toksikoloģiskie dati ir nepilnīgi vai to nav vispār, bīstamības līmeni nosaka provizoriski, pamatojoties uz pieejamo informāciju par pamatmateriālu vai analogu materiālu (t. i., citu tās pašas ķīmiskās kategorijas vielu, kuras sastāvs un/vai kristāliskā fāze, un dokumentētās fizikāli ķīmiskās īpašības līdzinās izvērtējamā materiāla īpašībām). Ja tiek izmantota pamatmateriāla vai analogā materiāla toksikoloģiskā informācija, šajā instrumentā ir aprakstīti bīstamības līmeņa palielināšanas faktori, kuri ļauj mazināt nenoteiktību, kas saistīta ar izmantoto analogiju. Ja ir pieejama informācija gan par pamatmateriālu, gan par analogo materiālu, par prioritāru uzskata to informāciju, kura attiecas uz pamatmateriālu. Visbeidzot, ja ir pieejami vairāki viena un tā paša pamatmateriāla (analogā materiāla) varianti, riska novērtēšanai būtu jāņem vērā vistoksiskākais no tiem.

Šo instrumentu nevar izmantot, ja nanomateriāla toksicitāte nav zināma un ja to nevar novērtēt, izmantojot pamatmateriālu vai analogu materiālu.

Lai noteiktu iedarbības līmeni, ko varētu radīt nanomateriālu izmantošana, jānovērtē emisiju risks, kas ir saistīts ar attiecīgo darbību. Šajā ziņā viens no svarīgākajiem parametriem ir izmantojamā nanomateriāla fizikālā forma. Vērtējot emisiju risku, ņem vērā četras fizikālās kategorijas: cietu vielu, šķidrumu, pulveri un aerosolu. Atsevišķos gadījumos noteiktas fizikālās formas radītā emisiju riska vērtējums tiek mainīts, ņemot vērā materiāla dabisko tendenci izplatīties gaisā [piemēram, drupanas cietas vielas (cietas vielas, ko var sadrupināt vai saberzt pulverī, saspiežot ar rokām), ļoti gaistoši šķidrumi vai pulveri, kuriem raksturīgs augsts vai vidēji augsts putēšanas līmenis] un noteiktus apstrādes procesus (piemēram, kausēšana un smidzināšana).

Riska kontroles līmeni nosaka, kombinējot bīstamības un emisiju riska līmeni. Katram no pieciem šajā instrumentā noteiktajiem riska kontroles līmeņiem (CL) ir ieteikti atbilstoši tehniskie risinājumi:

- dabiska vai mehāniska vispārējā ventilācija (CL1);
- vietējā ventilācija (CL2);
- noslēgta ventilācijas sistēma (CL3);
- pilnīga norobežošana (CL4) un
- pilnīga norobežošana un speciālista veikta pārbaude (CL5).

2.2.2 Norādījumi par nanomateriālu un nanoproduktu drošu izmantošanu – rokasgrāmata darba devējiem un darba ņēmējiem (pieejama angļu valodā)

Pieejams:

<http://www.industox.nl/Guidance%20on%20safe%20handling%20nanomats&products.pdf>

Šie riska līmeņu pārvaldības norādījumi, kuru sagatavošanu finansējusi Nīderlandes Sociālo lietu un nodarbinātības ministrija, sagatavoti, Nīderlandes darba devējiem un darba ņēmējiem sadarbojoties ar sociālajiem partneriem FNV, VNO-NCV un CNV. Šie norādījumi galvenokārt paredzēti darba devējiem un darba ņēmējiem, lai viņi varētu izveidot drošu vidi darbam ar nanomateriāliem un nanomateriālus saturošiem produktiem, kā arī izstrādāt piemērotus kontroles pasākumus un ieviest labas darba prakses piemērus. Norādījumi ir pieejami tikai papīra formātā [29].

Rokasgrāmatā ir aprakstīti astoņi secīgi pasākumi un iekļautas atbilstošas veidlapas nepieciešamās informācijas apkopošanai:

- ražoto vai izmantoto nanomateriālu saraksta sagatavošana;
- iespējamā veselības apdraudējuma noteikšana saistībā ar ražotajiem vai izmantotajiem nanomateriāliem (trīs kategorijas);
- ar nanomateriālu izmantošanu saistīto darbību saraksta sagatavošana;
- ar veicamajām darbībām saistītā nanodaļiņu iedarbības riska novērtēšana (trīs kategorijas);

- atbilstošā riska kontroles līmeņa noteikšana attiecībā uz katru veicamo darbību (trīs kategorijas);
- rīcības plāna sagatavošana, paredzot attiecīgus riska kontroles pasākumus;
- to darba ņēmēju reģistra sagatavošana, kuri darbā izmanto 2. vai 3. bīstamības kategorijas nanomateriālus, un
- izpēte, lai pārliecinātos, vai ir iespējama profilaktiska medicīniskā uzraudzība, un attiecīgu pasākumu veikšana.

Šie riska līmeņu pārvaldības norādījumi ir vienkārši un ērti izmantojami, un tajos ir sniegti ieteikumi par to, kādi riska pārvaldības pasākumi būtu jāveic, lai uzlabotu drošību, strādājot ar rūpnieciski ražotiem nanomateriāliem. Norādījumu autori uzsver, ka vienmēr jāievēro esošie tiesību akti, kas reglamentē darbu ar bīstamām vielām; ja attiecīgajam nanomateriālam piemīt kancerogēnas un mutagēnas īpašības un toksiska ietekme uz reproduktīvo sistēmu (CMR) vai šā nanomateriāla pamatmateriāls ir klasificēts kā kancerogēns, mutagēns un toksisks reproduktīvajai sistēmai (CMR), noteikti jāievēro attiecīgo tiesību aktu prasības. Šajos norādījumos nav iztirzāta netīši radīto nanomateriālu, piemēram, dīzeļmotoru izplūdes gāzu vai metināšanas dūmu, radītā riska pārvaldība.

2.2.3 *Kvīnslendas Arodveselības un darba drošības aģentūras (Workplace Health and Safety Queensland) nanomateriālu riska līmeņu pārvaldības darba lapa (pieejama angļu valodā)*

Pieejams: <http://www.deir.qld.gov.au/workplace/subjects/nanotechnology/controlbanding/index.htm>

Šīs darba lapas riska līmeņu pārvaldības sadaļa ir līdzīga instrumentam “CB Nanotool 2.0”. Darba lapā tiek ņemta vērā nanomateriālu uzliesmojamība, tomēr tajā nav iekļauta visa informācija, kas nepieciešama, lai novērtētu nanomateriālu ugunsbīstamību un sprādzienbīstamību.

Šis nanomateriālu radītā riska novērtēšanas instruments ir īpaši piemērots pētniecības iestādēm, kur visdrīzāk tiks izmantoti nelieli nanomateriālu daudzumi. Tomēr to var izmantot jebkurā darbavietā, kur tiek izmantoti nanomateriāli. Paredzams, ka laika gaitā, palielinoties pieejamās informācijas apjomam par nanomateriālu bīstamību un ar tiem saistīto risku, šis instruments kļūs arvien precīzāks.

2.3 Citi instrumenti

2.3.1 “GoodNanoGuide” (“GNG”) (pieejams angļu valodā)

Pieejams: <http://www.goodnanoguide.org>

“GoodNanoGuide” (“GNG”) ir interaktīva tīmekļa sadarbības platforma, ko ASV Raisa universitātē (*Rice University*) izstrādājuši Starptautiskās Nanotehnoloģiju padomes (*International Council on Nanotechnology*) speciālisti. Tīmekļa vietnē ir izveidota platforma ideju apmaiņai par nanomateriālu izmantošanu darbavietā. Turpat atrodami arī norādījumi par to, kā darbavietā visdrošāk izmantot nanomateriālus, kas paredzēti gan lietotājiem, kuriem šajā jomā ir tikai pamatzināšanas, gan tiem, kuriem ir vidējas vai ļoti labas zināšanas [30].

Pamatinformācijas sadaļa īsumā izskaidrots, kas ir nanomateriāli, nanotehnoloģijas un nanotehnoloģiju drošība, un norādītas saites uz citiem interneta resursiem.

Vidējā līmeņa informācijas sadaļa ir paredzēta lietotājiem, kuri jau pārzina nanotehnoloģijas un nanomateriālus un kuriem nepieciešamas vadlīnijas vai protokoli darbam ar konkrētiem rūpnieciski ražotiem nanomateriāliem. Šajā sadaļā piedāvātas trīs atšķirīgas nanomateriālu kategorizācijas metodes. Lietotāji var izvēlēties metodi, kura, viņuprāt, vislabāk atbilst situācijai darbavietā.

- Pirmās metodes pamatā ir vienkāršots riska līmeņu pārvaldības princips, saskaņā ar kuru nanomateriāli tiek klasificēti atbilstoši tam, cik plaša informācija pieejama par šo nanomateriālu bīstamību (materiāls ir inerts/reaģējošs/nav zināms). Saistībā ar šo metodi sniegti norādījumi par to, kā iespējams kontrolēt nanomateriālu iedarbību, pamatojoties uz iedarbības ilgumu (īslaicīga/vidēji ilga/ilga) un attiecīgā nanomateriāla spēju nonākt gaisā (saistīti materiāli/iespējama nanomateriāla daļiņu izdalīšanās/nesaistīti materiāli).

- Saskaņā ar otro piedāvāto metodi, kuras autori ir Lielbritānijas Standartizācijas iestādes (*British Standards Institution, BSI*) speciālisti, nanomateriāli tiek kategorizēti atbilstoši apdraudējuma veidam (šķīdains materiāls/kancerogēns, mutagēns, astmas izraisītājs vai toksisks reproduktīvajai sistēmai/nešķīstošs/šķīstošs) [31]. Metodes autori uzskata, ka nanomateriālu bīstamības novērtēšanu ir lietderīgi sākt ar šādu kategorizāciju. Saistībā ar šo metodi nav sniegti nekādi norādījumi par iedarbības novērtējumu/kontroli.
- Trešās metodes pamatā ir nanomateriālu ķīmiskā struktūra (fulerēni/oglekļa nanocaurulītes (CNT)/metāli/oksīdi/kvantu punkti/pusvadītāju nanomateriāli). Vietnē sniegta informācija par šo materiālu radīto risku un protokoli šo materiālu drošai izmantošanai.

Plašākas informācijas sadaļā atrodami vides aizsardzības, veselības aizsardzības un darba drošības protokoli drošai nanomateriālu izmantošanai. Šajā sadaļā atrodama arī matrica, kurā norādītas darbības, kas varētu būt bīstamas, un dažādas nanomateriālu fizikālās formas (sauss pulveris, šķīdumā izkliedētas nanodaļiņas, cieta polimēru matrica un nepolimēru matrica).

- Uzsākot riska pārvaldības procesu, pirmām kārtām jānosaka **iespējamais apdraudējums**. Nosakot iespējamo apdraudējumu, būtu jāņem vērā nanomateriālu fizikāli ķīmiskās, toksikoloģiskās un ekotoksikoloģiskās īpašības (piemēram, daļiņu izmērs, virsmas laukums, virsmas ķīmija, reaģētspēja, morfoloģija, bionoturība, mijiedarbība ar biomolekulām un antimikrobiālā iedarbība, kā arī iespējamās izmaiņas, ko varētu izraisīt, piemēram, nanomateriāla novecošana vai mijiedarbība ar citām molekulām). Platformas autori iesaka izmantot arī Lielbritānijas Standartizācijas iestādes klasifikācijas shēmu [31].
- Otrkārt, jānosaka, cik liels ir iedarbības risks. Instrumentā ir sniegta informācija par iespējamo iedarbību dažādos nanomateriālu izmantošanas un apstrādes posmos.
- Procesa trešais posms ir saistīts ar piemērotu kontroles pasākumu izvēli. Instrumentā ir sniegta informācija par ieteicamajiem kontroles pasākumiem saistībā ar dažādiem darba uzdevumiem, kuru laikā tiek izmantoti nanomateriāli.

Lai palīdzētu lietotājiem noteikt un samazināt nanomateriālu radīto risku, pieredzējušiem lietotājiem paredzētajā vietnes sadaļā ir iekļauta arī rediģējama darba aizsardzības rokasgrāmata.

2.4 Aprakstīto instrumentu salīdzinošs pārskats

1. tabula. Pieejamo riska pārvaldības instrumentu un to īpašību pārskats

Riska pārvaldības instruments	Riska pārvaldības metode	Izmantošanas joma	Ierobežojumi
“Stoffenmanager Nano” (angļu, nīderlandiešu un somu valodā)	(1) Nanomateriāla identifikācija un nanomateriālu īpašību saraksta sagatavošana (2) Tehnoloģisko procesu aprakstīšana (3) Darba zonas aprakstīšana (4) Ieviesto kontroles pasākumu aprakstīšana (5) Izrietošā riska novērtēšana (6) Rīcības plāna sagatavošana, paredzot attiecīgus riska kontroles	(Ūdenī) nešķīstoši rūpnieciski ražoti nanomateriāli, kuru daļiņas ir mazākas par 100 nm un kuru specifiskais virsmas laukums ir lielāks par 60 m ² /g. Instruments ir piemērots primāro nanodaļiņu, aglomerāciju un sakopojumu radītā riska novērtēšanai.	(a) Attiecībā uz īpaši bīstamiem materiāliem šajā instrumentā tiek izmantota piesardzīga pieeja, tātad, ja attiecīgais nanomateriāls ir klasificēts kā īpaši bīstams (bīstamības klase E), tā radītais risks neatkarīgi no iespējamās iedarbības tiks uzskatīts par prioritāru. (b) Visi šķīdmainie materiāli tiek klasificēti kā īpaši bīstami (bīstamības klase E).

Riska pārvaldības instruments	Riska pārvaldības metode	Izmantošanas joma	Ierobežojumi
	pasākumus		(c) Izraudzītie kontroles pasākumi reti samazina faktisko instrumentā norādīto riska līmeni.
“CB Nanotool 2.0” (angļu valodā)	Tipiska riska līmeņu pārvaldības sistēma, kurā kopējā riska līmeņa noteikšanai (četri līmeņi) vispirms novērtē noteiktas darbības bīstamību (iedarbības smaguma vērtējums) un iedarbības līmeni (iespējamības vērtējums). Iespējamās iedarbības smagumu aprēķina, pamatojoties uz nanomateriāla un atbilstošā makromateriāla īpašībām. Instrumentā ir norādīta ieteicamā kontroles stratēģija katram riska līmenim.	Darbs laboratorijā; situācijas, kurās tiek izmantots neliels nanomateriālu daudzums	Instrumentā izmantotie toksicitātes parametri ir maz pētīti; nosakot iedarbības līmeni, tiek ņemti vērā tikai daži faktori.
“NanoSafer” (dāņu valodā)	(1) Nanomateriāla un makromateriāla īpašību (daļiņu izmērs, blīvums un virsmas laukums), ieelpojamu putekļu vai minerālu putekļu arodekspozīcijas robežvērtību (OEL), putēšanas indeksa un drošības datu lapā norādītās toksicitātes informācijas noteikšana (2) Attiecīgā procesa raksturošana (pulvera apzināta izmantošana vai nejauša noplūde) (3) Riska novērtēšana (4) Norādījumu sniegšana par nepieciešamajiem kontroles pasākumiem	Darbavietas, kurās tiek izmantoti pulverveida nanomateriāli, kā arī situācijas, kurās notikusi nejauša nanomateriālu noplūde	Bīstamības novērtējuma pamatā ir fizikāli parametri un informācija, kas norādīta drošības datu lapās, kur reti atrodamas ziņas par nanomateriālu toksicitāti; instruments ir piemērots tikai pulverveida nanomateriāliem; instruments ir pieejams tikai dāņu valodā
“ANSES Control Banding” (angļu un franču valodā)	Riska līmeņu pārvaldība, kas atbilst OHSAS 18001 (arodveselības un darba drošības pārvaldības	Jebkura darba vide	Informācija, kas nepieciešama bīstamības līmeņa noteikšanai (piemēram, par reaģējošu

Riska pārvaldības instruments	Riska pārvaldības metode	Izmantošanas joma	Ierobežojumi
	sistēmu standarts) struktūrai: (1) pieejamās informācijas analīze (produkts un darbavieta); (2) bīstamības līmeņa noteikšana; (3) emisiju riska līmeņa noteikšana; (4) rīcības plāna sagatavošana; (5) rīcības plāna īstenošana; (6) regulāra pārraudzība; (7) periodiska riska līmeņu pārskatīšana; (8) zinātniska un tehnoloģiska izpēte zināšanu bāzes papildināšanai; (9) iegūto datu dokumentēšana.		skābekļa formu aktivitāti), var būt grūti iegūstama. Pieejams tikai papīra formātā
Norādījumi par nanomateriālu un nanoproduktu drošu izmantošanu (angļu valodā)	(1) Ražoto vai izmantoto nanomateriālu saraksta sagatavošana (2) Iespējamā ražoto vai izmantoto nanomateriālu radītā veselības apdraudējuma klasificēšana	Paredzēts darba devējiem un darba ņēmējiem, kuri izmanto nanomateriālus	Pieejams tikai papīra formātā
	(3) Ar nanomateriālu izmantošanu saistīto darbību saraksta sagatavošana (4) Iedarbības riska klasificēšana (5) Atbilstošā riska kontroles līmeņa noteikšana attiecībā uz katru darbību, kas saistīta ar nanomateriālu izmantošanu (6) Rīcības plāna sagatavošana (7) To darba ņēmēju reģistra uzturēšana, kuri darbā izmanto nanomateriālus		

Riska pārvaldības instruments	Riska pārvaldības metode	Izmantošanas joma	Ierobežojumi
	(8) Izpēte, lai pārliecinātos, vai ir iespējama profilaktiska medicīniskā uzraudzība		
Kvīnslendas riska līmeņu pārvaldības darba lapa (angļu valodā)	Riska līmeņu pārvaldības sadaļa līdzinās "CB Nanotool", bet darba lapā ir iekļauti arī uzliesmojamības aspekti	Skat. "CB Nanotool"; tiek ņemta vērā materiālu uzliesmojamība	Skat. "CB Nanotool" Instruments neļauj pilnīgi novērtēt nanomateriālu ugunsbīstamību un sprādzienbīstamību. Pieejams tikai papīra formātā
"GoodNanoGuide" (angļu valodā)	Norādījumi tiek sniegti, ievērojot lietotāju zināšanu līmeni (pamatzināšanas, vidējas vai ļoti labas zināšanas). Pieredzējušiem lietotājiem paredzētajā sadaļā aprakstīta riska pārvaldības metode, saskaņā ar kuru vispirms tiek noteikts iespējamais apdraudējums, pēc tam tiek novērtēts iedarbības risks un visbeidzot tiek ieteikti piemēroti kontroles pasākumi.	Izmantotā metode ir ļoti vispārīga un piemērojama daudzās ar nanomateriālu izmantošanu saistītās situācijās.	Daudzas šā instrumenta tīmekļa lapas joprojām nav pabeigtas. Norādījumu pamatā ir ASV tiesību aktu noteikumi (piemēram, attiecībā uz individuālo aizsardzības līdzekļu izmantošanu).

3 Profilakses pasākumi

Pēc tam, kad ir novērtēts nanomateriālu radītais risks, darba devējiem ir jādara viss iespējamais, lai nanomateriālu iedarbību novērstu vai vismaz to atbilstoši kontrolētu.

3.1 Izmantošanas izbeigšana un materiālu aizstāšana

Tāpat kā visu pārējo bīstamo vielu gadījumā, par prioritāriem profilakses pasākumiem būtu jāuzskata izmantošanas izbeigšana un attiecīgo materiālu aizstāšana. Šo pasākumu mērķis ir pasargāt visus darba ņēmējus no nanomateriālu iedarbības. Tomēr, ja rūpnieciski ražotie nanomateriāli tiek izmantoti vai ražoti specifisku īpašību dēļ, kas, iespējams, nepiemīt citiem, mazāk bīstamiem materiāliem, to aizstāšana vai izmantošanas izbeigšana var būt neiespējama. Vēlamais efekts un materiālu īpašības vienmēr būtu jāsamēro ar iespējamo veselības apdraudējumu, un attiecīgi būtu ļoti rūpīgi jāapsver bīstamo materiālu izmantošanas izbeigšana vai šo materiālu aizstāšana.

Jebkurā gadījumā būtu jāizvairās no tādu nanomateriālu izmantošanas vai ražošanas, kas var nonākt gaisā (piemēram, pulveri). Šīs nanomateriālu formas būtu jāaizstāj ar mazāk bīstamām formām, piemēram, šķīdumiem vai šķidrumiem, granulām vai pastām, vai arī ar nanomateriāliem, kas piesaistīti cietai vielai.

Iespējams, ka nanomateriāla radīto risku var samazināt, pārklājot to ar citu vielu, t. i., mainot tā virsmu.

3.2 Tehniskie pasākumi

Tehniskie profilakses pasākumi būtu jāveic emisijas vietā. Visefektīvākais tehniskais profilakses pasākums ir emisijas avota norobežošana, izmantojot slēgtas ražošanas sistēmas, iekārtas un tehnoloģiskos procesus, t. i., norobežojumus un izolācijas līdzekļus, kas ļauj izveidot fizisku barjeru starp attiecīgo personu un nanomateriālu. Tomēr arī tad, ja šādi drošības pasākumi ir veikti, ir svarīgi ņemt vērā iespējamās noplūdes risku. Ja tehnoloģisko procesu nav iespējams pilnīgi norobežot, standarta profilakses pasākumi ietver tādu vietējās nosūces ventilācijas sistēmu izmantošanu, kas satur daļiņu filtrus, piemēram, augstas efektivitātes daļiņu gaisa filtru (HEPA) vai sevišķi zemas caurlaidības gaisa filtru, un ir iebūvētas dūmu nosūkšanas pārsegos vai kabīnēs ar lejup vērstu gaisa plūsmu.

Ja slēgtās iekārtas tiek atvērtas, piemēram, lai iekrautu/izkrautu materiālus, ņemtu paraugus, iekārtas tīrītu vai veiktu to tehnisko apkopi, papildus tehniskajiem aizsargpasākumiem nepieciešami īpaši drošības līdzekļi. Šādos gadījumos par piemērotu kontroles stratēģiju uzskata respiratoru izmantošanu (skat. 3.4.1. sadaļu).

3.3 Organizatoriskie pasākumi

Vissvarīgākais organizatoriskais pasākums, kas palīdzēs līdz minimumam samazināt darba ņēmēju iespējamo saskari ar bīstamām vielām, ir darba zonu nodalīšana jeb, citiem vārdiem sakot, bīstamo vielu iedarbībai pakļauto cilvēku skaita samazināšana. Attiecīgajos uzņēmumos būtu jāizveido īpašas zonas, kurās tiek ražoti vai izmantoti nanomateriāli un tāpēc varētu notikt šo materiālu noplūde, un šīs zonas būtu jāizolē vai jānodala no citām darbavietām, piemēram, ar sienu. Šīs darba zonas būtu skaidri jāmarķē, izmantojot atbilstošus apzīmējumus, lai norādītu, ka tajās var uzturēties tikai attiecīgi pilnvaroti un apmācīti darbinieki.

Svarīgi norādīt, ka šobrīd drošības zīmju lietošanas vai nanomateriālu tvertņu un attiecīgo darbavietu marķēšanas jomā trūkst standartizētas pieejas. Vēlams ievērot pienācīgu rūpību, izmantojot esošās riska un drošības frāzes (Eiropas Regula (EK) Nr. 1272/2008 par vielu un maisījumu klasificēšanu, marķēšanu un iepakojšanu [15]) un brīdinājuma zīmes, lai sniegtu atbilstošu, piemērotu un pietiekami konkrētu informāciju par faktisku vai iespējamu veselības un drošības apdraudējumu, kas saistīts ar nanomateriālu izmantošanu un apstrādi.

Papildus nanomateriālu iedarbībai pakļauto darba ņēmēju skaita samazināšanai ir svarīgi veikt arī šādus organizatoriskos pasākumus:

- līdz minimumam samazināt iespējamās iedarbības ilgumu;
- līdz minimumam samazināt vienlaicīgi izmantoto daļiņu nanomateriālu daudzumu;
- pārbaudīt gaisa koncentrācijas līmeni;
- regulāri tīrīt darba zonas (noslaucīt ar mitru drānu);
- darba ņēmēji, kuri izmanto potenciāli bīstamus nanomateriālus, būtu jāiesaista medicīniskās uzraudzības programmās, un iespējamās iedarbības apstākļi būtu sīki jādokumentē.

Turklāt visiem darba ņēmējiem, kuri darbavietā var nonākt saskarē ar nanomateriāliem, būtu jāsaņem pietiekami norādījumi un informācija, kā arī atbilstoša apmācība, lai saprastu, kādu apdraudējumu drošībai un veselībai var radīt nanomateriāli un kādi piesardzības pasākumi būtu jāveic, lai no nanomateriālu iedarbības izvairītos vai to samazinātu. Darba ņēmēji būtu jāinformē arī par neskaidrībām, kas saistītas ar nanomateriālu ietekmi uz veselību un drošību, un tādā gadījumā būtu jāievēro piesardzības princips.

3.4 Individuālie aizsardzības līdzekļi

Saskaņā ar kontroles pasākumu hierarhiju individuālie aizsardzības līdzekļi (PPE) būtu jāizmanto kā galējais līdzeklis. Ja, veicot riska novērtējumu, konstatēts, ka ir nepieciešami individuālie aizsardzības līdzekļi ⁽³⁾, būtu jāizstrādā atbilstoša individuālo aizsardzības līdzekļu lietošanas programma [32]. Rūpīgi sagatavota individuālo aizsardzības līdzekļu lietošanas programma aptver šādus elementus:

⁽³⁾ Eiropas Direktīvas 89/686/EEK [32] noteikumi attiecas uz individuālo aizsardzības līdzekļu uzbūvi un lietošanu un nodrošina šo līdzekļu atbilstību paredzētajām funkcijām, proti, darba ņēmēju aizsardzībai pret noteiktu risku.

piemērotu individuālo aizsardzības līdzekļu izvēli, pielaiakošanu un pielāgošanu, lietotāju apmācību un individuālo aizsardzības līdzekļu apkopi.

Noteikti jānovērtē papildu fiziskā slodze, kas ir saistīta ar individuālo aizsardzības līdzekļu izmantošanu, lai pārliecinātos, ka lietotājs ir pietiekami fiziski sagatavots, lai izmantotu attiecīgos līdzekļus. Lai pārliecinātos par to, ka individuālie aizsardzības līdzekļi netraucē darba ņēmējiem droši veikt darba pienākumus un izmantot citas iekārtas un instrumentus, piemēram, brilles, varētu veikt atbilstošus izmēģinājumus. Jāpatur prātā, ka individuālo aizsardzības līdzekļu nodrošinātais aizsardzības līmenis var samazināties, ja vienlaicīgi tiek izmantoti dažādi individuālie aizsardzības līdzekļi. Individuālo aizsardzības līdzekļu efektivitāti var samazināt arī papildu apdraudējums, ko rada, piemēram, šķīdinātāja izgarojumi. Tāpēc, novērtējot iespējamo risku un izvēloties individuālos aizsardzības līdzekļus, papildus nanomateriālu radītajam apdraudējumam jāņem vērā arī visi pārējie riska faktori. Visiem individuālajiem aizsardzības līdzekļiem jābūt marķētiem ar CE zīmi, tie jāizmanto atbilstoši ražotāja instrukcijām, un tos nedrīkst pārveidot.

3.4.1 Elpceļu aizsardzība

Ja iepriekš minētie pasākumi nav piemēroti gaisa nesto nanomateriālu (piemēram, nanopulveru vai nanomateriālus saturošu aerosolu) iedarbības novēršanai vai neļauj minēto iedarbību pietiekami samazināt, ieteicams izmantot attiecīgās iedarbības novēršanai piemērotus elpceļu aizsardzības līdzekļus (RPD). Tas būtu jā dara, piemēram, tad, ja tiek veikts tehnisko kontroles līdzekļu remonts vai tehniskā apkope.

Izvēloties elpceļu aizsardzības līdzekļus, jāņem vērā šādi faktori:

- gaisa nesto nanomateriāla daļiņu tips, izmērs un koncentrācija;
- elpceļu aizsardzības līdzekļa aizsardzības koeficients (kas atspoguļo filtrēšanas efektivitāti un to, cik labi aizsardzības līdzeklis pieguļ lietotāja sejai) un
- darba apstākļi.

Izraudzītie elpceļu aizsardzības līdzekļi var būt pusmaskas vai pilnas sejas maskas ar P3/FFP3 vai P2/FFP2 filtru, daļiņu filtrēšanas ierīces ar ventilatoru un aizsargķiveri (TH2P vai MH3P) vai daļiņu filtrēšanas ierīces ar ventilatoru un pusmasku vai pilnu sejas masku (TM2P un TM3P) ⁽⁴⁾. Pilnai sejas maskai ar gaisa pievadu un motorizētu filtrēšanas ierīci parasti ir augstāks aizsardzības koeficients.

Elpceļu aizsardzības līdzekļu filtru efektivitāte noteiktos apstākļos un darbā ar noteiktiem nanomateriāliem būtu jāpārbauda, konsultējoties ar individuālo aizsardzības līdzekļu ražotāju, jo izmēģinājumu rezultātus nedrīkst vispārināti attiecināt uz visiem nanomateriāliem. Jāņem vērā, ka HEPA filtri, respiratoru filtri un maskas ar šķiedrainu filtrēšanas materiālu nodrošina efektīvu aizsardzību pret nanomateriālu daļiņām (efektivitātes līmenis ir pat augstāks nekā lielāku daļiņu gadījumā [34]).

Aizsardzības līdzekļu efektivitāti var ietekmēt arī citi faktori, piemēram, tas, cik labi attiecīgais aizsardzības līdzeklis pieguļ lietotāja sejai, tas, vai elpceļu aizsardzības līdzekļi ir uzturēti pienācīgā kārtībā, un tas, cik ilgi tie tiek izmantoti. Sejas masku gadījumā lielākais risks ir saistīts ar to, ka maska nepieguļ lietotāja sejai pietiekoši stingri [34]. Lietotāji būtu jāapmāca, kā izmantot elpceļu aizsardzības līdzekļus, un būtu jāorganizē regulāras pārbaudes, lai pārliecinātos, ka visiem lietotājiem ir pieejamas piemērotas maskas, kas hermētiski piekļaujas lietotāja sejai. Jāatceras, ka bīstamo vielu iedarbības samazināšana vienmēr ir atkarīga no filtru efektivitātes un respiratora lietošanas īpatnībām, ko dažās ES valstīs dēvē par elpošanu ietekmējošajiem faktoriem.

Ja elpceļu aizsardzības līdzekļi neaizsargā acis, būtu jāizmanto arī acu aizsardzības līdzekļi (cieši pieguļošas aizsargbrilles).

3.4.2 Cimdi

Cimdiem jābūt mehāniski izturīgiem, un aizsardzībai pret ķīmisku vielu iedarbību būtu jāizmanto tikai cimdi, kas atbilst EN 374 standartu sērijas prasībām. Ir konstatēts, ka darbā ar nanomateriāliem

⁽⁴⁾ Skat. [33]: Kālija hlorīda nanodaļiņu gadījumā P2 filtru caurlaidība ir 0,2 %, savukārt P3 filtru caurlaidība ir 0,011 %. Veicot izmēģinājumus ar dažāda izmēra grafitā daļiņām, pierādīts, ka caurlaidība var sasniegt maksimāli 8 %. Tas liecina par to, ka P3 filtri nodrošina labāku aizsardzību, taču šos rezultātus nevar vispārināti attiecināt uz visām nanodaļiņām.

efektīvu aizsardzību nodrošina lateksa, nitrila vai neoprēna cimdi [33]. Cimdu aizsardzības efektivitāte, strādājot ar konkrētu nanomateriālu, ir atkarīga no darbavietā izmantotā nanomateriāla fizikālās formas (putekļi, šķidrums utt.). Efektivitāte būtu jāpārbauda un jāapstiprina attiecīgo cimdu piegādātājiem. Viens no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē nanomateriālu iesūkšanās ātrumu, ir cimdu materiāla biezums, tāpēc vēlams vienlaicīgi izmantot divus cimdu pārus, lai nodrošinātu pietiekamu aizsardzību [34].

3.4.3 Aizsargapģērbs

Izvēloties aizsargapģērbus, būtu jāņem vērā riska novērtējums. Vēlams izvēlēties nevis austus, bet gan neaustus tekstilmateriālus (gaisa necaurlaidīgus materiālus), piemēram, augsta blīvuma polietilēnu (materiālus, kas neput un nepievelk putekļus). Ieteicams izvairīties no tādu aizsargapģērbu lietošanas, kuru izgatavošanai izmantots kokvilnas audums [34].

Ja tiek izmantoti atkārtoti lietojami aizsargapģērbi, piemēram, kombinezoni, būtu jāparedz regulāras aizsargapģērba mazgāšanas iespējas un jānovērš sekundārās iedarbības risks [35]. Jānodrošina iespēja uzvilkt tīrus kombinezonus un virsvalkus un novilkt netīro aizsargapģērbus, nenonākot saskarē ar bīstamajām vielām un nepiesārņojot darbavietu.

3.5 Sprādzienu un/vai ugunsgrēku novēršana

Mazā izmēra un lielā virsmas laukuma dēļ pulverveida daļiņu nanomateriāli var būt sprādzienbīstami, lai gan atbilstošie rupjie pamatmateriāli tādi nav ⁽⁵⁾ [36]. Tāpēc ražojot vai apstrādājot nanopulverus, tostarp maļot, slīpējot vai pulējot nanomateriālus saturošus materiālus, būtu jāievēro piesardzība.

Saistībā ar pulverveida nanomateriāliem būtībā ir jāveic tādi paši profilakses pasākumi kā saistībā ar jebkuru citu sprādzienbīstamu un viegli uzliesmojošu rupjo materiālu un sprādzienbīstamiem putekļu mākoņiem, un šiem pasākumiem būtu jāatbilst prasībām, kas noteiktas Direktīvā 99/92/EK par minimālajām prasībām to darba ņēmēju drošības un veselības aizsardzības uzlabošanai, kas pakļauti sprādzienbīstamas vides riskam. Šie pasākumi ir šādi:

- ja iespējams, materiālu apstrādei būtu jānotiek tikai īpašās sprādzienbīstamās zonās (EX zonās) un tā būtu jāveic inertā atmosfērā;
- materiāli būtu jāšķīdina, samitrinot darba virsmu (lai novērstu putēšanu);
- darbavietā nedrīkstētu būt iekārtas, kuru izmantošana saistīta ar kaut nelielu dzirksteļu veidošanās risku, un citi aizdegšanās avoti vai apstākļi, kas veicina elektrostatisko uzlādi; tā vietā, ja vien iespējams, būtu jāizmanto drošas iekārtas (zemsprieguma un vājstrāvas signalizācijas un vadības ķēdes);
- putekļu kārtā būtu jānoslauka ar mitru drānu;
- sprādzienbīstamu vai uzliesmojošu materiālu glabāšana darbavietās būtu jāsamazina līdz minimumam. Materiālu glabāšanai var izmantot antistatiskus maisus.

Ja nanomateriāli darba procesā tiek izmantoti, nevis ražoti, būtu jāievēro drošības datu lapā norādītie ražotāja ieteikumi. Tomēr jāpatur prātā arī iepriekš minētie vispārīgie komentāri par drošības datu lapu kvalitāti attiecībā uz nanomateriāliem.

3.6 Profilakses pasākumu efektivitātes pārbaude

Riska novērtējums būtu regulāri jāpārskata, un riska pārvaldības pasākumu izvēle, īstenošana un efektivitāte būtu regulāri jāpārbauda. Tas nozīmē, ka jāpārlicinās par to, vai pienācīgi darbojas visi aizsardzības līdzekļi, piemēram, darbgaldi ar ventilācijas sistēmu vai laminārie boksi, un regulāri jāpārbauda visas ventilācijas iekārtas un to filtrēšanas sistēmas. Jāpārbauda individuālo aizsardzības līdzekļu piemērotība un derīgums un, ja nepieciešams, jāveic atbilstošas korekcijas.

Riska samazināšanas pasākumu efektivitāti var novērtēt, analizējot nanomateriālu koncentrāciju gaisā pirms un pēc profilakses pasākumu veikšanas. Nanomateriālu iedarbības līmenim pēc riska

⁽⁵⁾ Samazinoties daļiņu izmēram, gandrīz visu organisko vielu un daudzu metālu putekļu sprādzienbīstamība palielinās. Šķiet, ka sprādzienbīstama putekļu mākoņa daļiņas maksimālais izmērs ir 500 µm. Šobrīd nav noteikta minimālā izmēra robežvērtība, zem kuras putekļi vairs nav sprādzienbīstami.

pārvaldības pasākumu piemērošanas nevajadzētu būtiski atšķirties no fona koncentrācijas bez rūpnieciski ražotu nanomateriālu avota. Var izmantot arī citus netiešus tehnisko profilakses pasākumu efektivitātes rādītājus, piemēram, dūmu testus un/vai gaisa plūsmas ātruma noteikšanu.

Iespējams, ka nākotnē tiks papildinātas arodekspozīcijas robežvērtības (OEL), tomēr riska pārvaldības pasākumu galvenajam mērķim darbavietā būtu jābūt iedarbības samazināšanai līdz minimumam, tāpēc ar minēto robežvērtību ievērošanu nepietiek. Šobrīd pastāv vairākas pieejas nanomateriālu standarta līmeņu noteikšanai [37, 38].

Atsauces

1. Eiropas Komisija (EK), Komisijas 2011. gada 18. oktobra lēmums par nanomateriālu definīciju, OV L 275, 38.–40. lpp., 2011. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:LV:PDF>.
2. Eiropas Komisija (EK), Komisijas dienestu darba dokuments: Nanomateriālu veidi un izmantojums, ieskaitot drošības aspektus (*Types and Uses of Nanomaterials, Including Safety Aspects*). Dokuments, kas papildina Komisijas paziņojumu Eiropas Parlamentam, Padomei un Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai par nanomateriālu tiesiskā regulējuma otro pārskatīšanu (*Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials*), SWD(2012) 288 final, Briselē, 2012. gada 3. oktobrī. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
3. Eiropas Darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra (EU-OSHA), Nanodaļiņas darbavietās (*Workplace Exposure to Nanoparticles*), Eiropas Riska observatorija, literatūras apskats, 2009. Pieejams: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles
4. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, "Allianz" Tehnoloģiju centra (*Allianz Center for Technology*) un ESAO ziņojums. Pieejams: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>
5. Murashov, V., 'Occupational exposure to nanomedical applications', *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: 203.–213. lpp.
6. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L. A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively*, ASV Vides aizsardzības aģentūra (*U.S. Environmental Protection Agency*), ziņojums Nr. 12-P-0162, 2011. Pieejams: <http://www.epa.gov/oig/reports/2012/20121229-12-P-0162.pdf>
7. Nacionālais darba drošības un veselības aizsardzības institūts (*National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH*), *Approaches to Safe Nanotechnology—Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials*, Veselības aizsardzības un sociālo pakalpojumu departaments (*Department of Health and Human Services*), Slimību kontroles un profilakses centrs (*Centers for Disease Control and Prevention*), publikācija Nr. 2009-125, 2009.
8. Gratieri, T., Schaefer, U. F., Jing, L., Gao, M., Kostka, K. H., Lopez, R. F. V., Schneider, M., 'Penetration of quantum dot particles through human skin', *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): 586.–595. lpp.
9. Nacionālais darba drošības un veselības aizsardzības institūts, *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, Veselības aizsardzības un sociālo pakalpojumu departaments, Slimību kontroles un profilakses centrs, publikācija Nr. 2012-147, 2012.
10. Senjen, R., *Nanomaterials Health and Environmental Concerns*, Eiropas Vides birojs (*European Environmental Bureau*), 2009. Pieejams: <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>
11. Padomes 1989. gada 12. jūnija Direktīva par pasākumiem, kas ieviešami, lai uzlabotu darba ņēmēju drošību un veselības aizsardzību darbā (89/391/EEK), OV L 183, 1989. gada 29. jūnijs. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1989L0391:20081211:LV:PDF>

12. Padomes 1998. gada 7. aprīļa Direktīva 98/24/EK par darba ņēmēju veselības un drošības aizsardzību pret risku, kas saistīts ar ķīmikāliju izmantošanu darbā (četrpadsmitā atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē). Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:LV:PDF>
13. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2004/37/EK par darba ņēmēju aizsardzību pret risku, kas saistīts ar kancerogēnu vai mutagēnu iedarbību darbā (Sestā atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē). Pieejams: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R\(01\):EN:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R(01):EN:NOT)
14. Eiropas Parlamenta un Padomes 2006. gada 18. decembra Regula (EK) Nr. 1907/2006, kas attiecas uz ķīmikāliju reģistrēšanu, vērtēšanu, licencēšanu un ierobežošanu (REACH) un ar kuru izveido Eiropas Ķīmikāliju aģentūru, groza Direktīvu 1999/45/EK un atceļ Padomes Regulu (EEK) Nr. 793/93 un Komisijas Regulu (EK) Nr. 1488/94, kā arī Padomes Direktīvu 76/769/EEK un Komisijas Direktīvu 91/155/EEK, Direktīvu 93/67/EEK, Direktīvu 93/105/EK un Direktīvu 2000/21/EK, OV L 396, 2006. gada 30. decembris. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:lv:NOT>
15. Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (EK) Nr. 1272/2008 par vielu un maisījumu klasificēšanu, marķēšanu un iepakojšanu (CLP regula), OV L 353, 2008. gada 31. decembris. Pieejams: <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/clp/legislation>
16. Nygren, O., Skaug, V., Thomassen, Y., Tossavainen, A., Tuomi, T., Wallin, H., 'Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles', TemaNord, 2007: 581, Ziemeļvalstu Ministru padome (Nordic Council of Ministers), Kopenhāgena (Copenhagen), 2007. Pieejams: http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/at_download/publicationfile
17. Borm, P., Houba, R., Linker, F., Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands, 2008. Pieejams: <http://www.nano4all.nl/Reporsshortsummary.pdf>
18. Austrijas Galvenais darba inspektorāts (Austrian Central Labour Inspectorate, ACLI), Use of Nano at the Workplace, 2009. Pieejams: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano_Untersuchung.pdf
19. SafeWork Australia, An Evaluation of MSDS and Labels Associated with the Use of Engineered Nanomaterials. Pieejams: <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>
20. Komisijas 2010. gada 20. maija Regula (ES) Nr. 453/2010, ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (EK) Nr. 1907/2006, kas attiecas uz ķīmikāliju reģistrēšanu, vērtēšanu, licencēšanu un ierobežošanu (REACH), OV L 133, 2010. gada 31. maijs.
21. Eiropas Ķīmikāliju aģentūra (European Chemicals Agency, ECHA), Vadlīnijas par drošības datu lapu sastādīšanu (Guidance on the Compilation of Safety Data Sheets), 2011. gada decembris. Pieejams: http://echa.europa.eu/documents/10162/17235/sds_lv.pdf
22. Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija (ESAO), 'Emission assessment for the identification of sources and release of airborne manufactured nanomaterials in the workplace: compilation of existing guidance', ENV/JM/MONO, sērija par rūpnieciski ražoto nanomateriālu drošību, Nr. 11, 2009.
23. Van Duuren-Stuurman, B., Vink, R., Verbist, K. J. M., Heussen, H. G. A., Brouwer, D. H., Kroese, D. E. D., Van Niftrik, M. F. J., Tieleman, E., Fransman, W., 'Stoffenmanager Nano Version 1.0: A web-based tool for risk prioritization of airborne manufactured nano objects', Ann Occup Hyg, 2012, 56(5): 525.–541. lpp.
24. Paik, S. Y., Zalk, D. M., Swuste, P., 'Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures', Ann Occup Hyg, 2008, 52(6): 419.–428. lpp.
25. Zalk, D. M., Paik, S. Y., Swuste, P., 'Evaluating the control banding nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures', J Nanoparti Res, 2009, 11(7): 1685.–1704. lpp.
26. Zalk, D. M., Paik, S. Y., 'Control banding and nanotechnology', The Synergist, 2010, 3(10): 26.–

29. lpp.
27. Teknologisk Institut, *Nanopartikler i arbejdsmiljøet - Viden og inspiration om håndtering af nanomaterialer*, Center for Arbejdsliv/Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, 2010.
 28. ANSES, *Development of a Specific Control Banding Tool for Nanomaterials*, ziņojums, 2010. Pieejams: <http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407EN.pdf> (vietne apmeklēta 2012. gada 26. jūnijā).
 29. FNV, VNO-NCV, CNV, *Guidance Working Safely with Nanomaterials and Nanoproducts-The Guide for Employers and Employees*, redakcija 1.0, 2011. Pieejams: <http://www.industox.nl/Guidance%20on%20safe%20handling%20nanomats&products.pdf>
 30. Starptautiskā Nanotehnoloģiju padome (*International Council on Nanotechnology, ICON*), *GoodNanoGuide*, 2010. Pieejams: <http://www.goodnanoguide.org/tiki-index.php?page=HomePage>
 31. Lielbritānijas Standartizācijas iestāde (*British Standards Institution, BSI*), *Nanotechnologies - Part 2: Guide to Safe Handling and Disposal of Manufactured Nanomaterials*, PD 6699-2:2007.
 32. 1989. gada 30. novembra Direktīva 89/656/EEK par drošības un veselības aizsardzības minimālajām prasībām, lietojot individuālos aizsardzības līdzekļus darba vietās (trešā atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē). Pieejams: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/workplaces-equipment-signs-personal-protective-equipment/osh-directives/4>
 33. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, 'Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden', *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech, Band 11*, 2009. Pieejams: http://www.hessen-nanotech.de/mm/Betriebsleitfaden_sichere_Verwendung_Nanomaterialien_Lack_Farbenbranche.pdf
 34. Golanski, L., Guillot, A., Tardif, F., *Are Conventional Protective Devices such as Fibrous Filter Media, Respirator Cartridges, Protective Clothing and Gloves also Efficient for Nanoaerosols?*, DR-325/326-200801-1, *Nanosafe2*, 2008. Pieejams: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf
 35. UK NanoSafety Partnership Group (UKNSPG), *Working Safely with Nanomaterials in Research & Development*, 2012. gada augusts. Pieejams: http://www.liv.ac.uk/media/livacuk/safety/documentsguidance/Working_Safely_with_Nanomaterials_-_Release_1.0_-_Aug2012.pdf
 36. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben (Explosion Protection: Need for Action for Nano Dusts)*, bez datuma. Pieejams: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (vietne apmeklēta 2012. gada 3. decembrī).
 37. Nīderlandes sociālo un ekonomisko lietu padome (*The Social and Economic Council of the Netherlands, SER*), *Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials*, 2012. Pieejams: http://www.ser.nl/en/sitecore/content/Internet/en/Publications/Publications/2012/2012_01.aspx (vietne apmeklēta 2012. gada 20. oktobrī).
 38. Nanowerk, *SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials*, 2012. Pieejams: <http://www.nanowerk.com/news/newsid=4136.php>