



Vinnuvernd er
allra hagur -
ÁHÆTTUMAT
EFNA Á
VINNUSTAÐ



Framleidd nanóefni á vinnustaðnum

Helstu atriði

- Framleidd nanóefni eru efni þar sem 50% eða meira af efnisögnunum eru með þvermál frá 1 nm upp í 100 nm. Minnstu nanóagnirnar eru sambærilegar að stærð við frumeindir og sameindir.
- Heilbrigðisáhrif nanóefna fer eftir eiginleikum þeirra, til dæmis úr hvaða efni þau eru, stærð, lögun og leysni agnanna og yfirborðseiginleikum þeirra. Almennt gildir að nanóefni hafi sams konar heilbrigðisáhrif og grófari agnir úr sama efni, en önnur áhrif geta einnig komið til. Helstu vahrifaleiðir fyrir nanóefni eru í gegnum innöndun og snertingu við húð.
- Vahrifum frá nanóefnum þarf að stjórna og halda þarf vahrifum vel undir viðmiðunarmörkum fyrir efnið í föstu formi (sem saman stendur af stærri ögnum en gæti líka innihaldið nanóagnir) með varúðargrundvallarregluna að leiðarljósi.
- Í iðnaðarferlum er það kostur ef hægt er að meðhöndla nanóefni sem til dæmis grugglausn eða þykkni eða ef hægt er að geyma það í lokuðum rýmum til að minnka losun og vahrif sem starfsfólk verður fyrir af völdum nanóefna. Í flóknari aðstæðum er ráðlegt að leita aðstoðar sérfræðinga.
- Nanótækni þróast hratt sem og þekking á hættunni sem fylgir. Þar af leiðir að starfsfólk, vinnuveitendur og vinnuverndarsérfræðingar sem takast á við nanóefni á vinnustaðnum þurfa að tryggja að þeir fylgist með nýjustu þróun.

Vinnuvernd er allra hagur – áhættumat efna á vinnustað

Evrópska vinnuverndarstofnunin (EU-OSHA) verður með herferð í allri Evrópu frá 2018 til 2019 til að stuðla að forvörnum gegn áhættunni sem stafa af hættulegum efnum á vinnustað. Markmiðið er að draga úr nærveru og vahrifum frá hættulegum efnum á vinnustaðnum með því að auka vitund um hættunna og skilvirkar leiðir til að koma í veg fyrir þær.

Vandamálið

Vegna eiginleika sinna geta nanóefni haft mögulega margs konar eitruð áhrif. Sýnt hefur verið fram á að af sumum, en ekki öllum, framleiddum nanóefnum stafar meiri heilbrigðishætta heldur en af sama efni í föstu formi. Til dæmis hefur sýnt sig að ofurfínt titandíoxíð (sem getur innihaldið nanóagnir) hafi sterkari áhrif en grófari finar titandíoxíð agnir. Fjölveggja kolefnisnanópípur af gerðinni MWCNT-7 hafa verið flokkaðar sem mögulega krabbameinsvaldandi hjá mönnum, þrátt fyrir að aðrar kolefnisagnir séu það ekki. Flokkunin er mismunandi á milli mismunandi gerða kolefnisnanópípur.

ESB vinnuverndartilskipanir og reglugerðir sem tengjast nanóefnum

Tilskipanir og reglugerðir sem tengjast efnum ná yfir nanóefni, til dæmis:

Tilskipun 89/391/EBE (rammatilskipun) frá 12. júní 1989 um lögleiðingu ráðstafana er stuðla að bættu öryggi og heilsu starfsmanna á vinnustöðum

Tilskipun 98/24/EB (tilskipun um hvarfmiðla) frá 7. apríl 1998 varðandi verndun heilbrigðis og öryggis starfsfólks frá hættum sem tengjast hvarfmiðlum á vinnustað

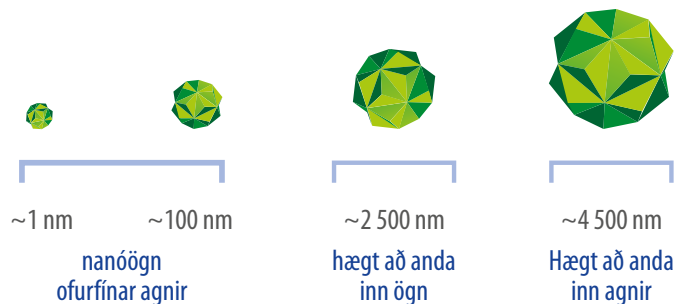
Tilskipun 2004/37/EB (tilskipun um efni sem eru krabbameinsvaldandi og stökkbreytandi) frá 29. apríl 2004 um verndun starfsfólks frá hættum sem tengjast váhrifum frá krabbameinsvaldandi eða stökkbreytandi efnum á vinnustaðnum

Reglugerð (EB) nr. 1907/2006 (REACH-reglugerðin) frá 18. desember 2006 varðandi skráningu, mat, leyfisveitingu og takmörkun á efnum

Reglugerð (EB) nr. 1272/2008 (CLP-reglugerðin) frá 16. desember 2008 um flokkun, merkingu og þökkun efna og efnablandna

Landslög gætu falið í sér strangari ákvæði heldur en tilskipanirnar og reglugerðirnar og ráðfæra ætti sig við þær.

Hvað eru framleidd nanóefni?



Framleidd nanóefni eru efni þar sem 50% eða meira af efnisögnunum eru með þvermál frá 1 nm upp í 100 nm. Minnstu nanóagnirnar eru sambærilegar að stærð við frumeindir og sameindir.

Agnir af þessari stærðargráðu gætu haft aðra eiginleika en grófari agnir úr sama efni. Þessir eiginleikar stafa af minni stærð þeirra en einnig vegna hlutfallslegra stærra yfirborðssvæðis, lögunar, leysanleika, efnasamsetningu, yfirborðsvirkni og yfirborðsmeðhöndlunar. Vegna þessara eiginleika hafa þau vakið æ meiri áhuga meðal vísindamanna og eru notuð í þróun nýrra vara og tækni.

Nokkur dæmi um nanóefni:

- Nanó-títandíoxíð er notað til að dempa útfjólublátt ljós í, t.d., snyrtivörum, málningu og húð á gluggarúður.
- Grafen er þunnt og gríðarlega sterkt einatómsþykkt lag af kolefni með mjög góðri leiðni og mikla möguleika í fjölbreyttum iðnaði, sérstaklega rafeindaiðnaði.
- Kolefnisnanópípur hafa eiginleika sem hafa vakið áhuga innan rafeindaiðnaðarins. Þær eru einnig notaðar til að styrkja ýmsar gerðir efna, til dæmis í byggingariðnaðinum, og þau eru notuð í OLED-tölvuskjái.
- Nanó-silfur er notað í t.d. lyf, snyrtivörur og matvæli og sem sótthreinsandi í ýmiss konar vörum, s.s. málningu, húðun, fatnað, skó og heimilisvörur.
- Kvantapunktur eru hálfleiðarar sem eru sérstaklega gagnlegir í tengslum við ýmsa notkun, til dæmis, læknisfræðilega myndgreiningu, greiningar og rafeindavörur.

Nanóefni hafa vakið athygli innan lyfjaiðnaðarins vegna, til dæmis, möguleikans á að nota þau sem burðarefni fyrir lyf til tiltekinna líffæra og í myndgreiningartilgangi (t.d. segulmagnaðar nanóagnir af járnóxiði). Nanóefni með nýjum eiginleikum eru þróuð með því að nota ýmiss konar húðun á yfirborð nanóagna.

Aðgerðir sem heilsu- og vinnuverndarlöggjöfin krefst

Kröfur til stjórnunar á nanóefnum á vinnustöðum eru þær sömu og stjórnunar á öðrum hættulegum efnum, þ.m.t. að veita starfsfólki upplýsingar og þjálfun, framkvæma áhættumat og grípa til aðgerða til að tryggja öruggan vinnustað. Hins vegar eru forkröfurnar fyrir uppfyllingu þessara krafna mismunandi fyrir nanóagnir en fyrir flest önnur efni. Þekking á hættunni sem tengist nanóefnum er enn takmörkuð og það eru engin viðmiðunarmörk um váhrif (ennþá) frá nanóefnum, þó að stungið hafi verið upp á viðmiðunargildum. Þar af leiðir þarf að nota varúðargrundvallarregluna til að halda váhrifum á stigi sem hægt er að ætla að áhættunni sé stjórnað, jafnvel ef það kemur í ljós að nanóefnið sé hættulegra en vitað er núna.

Þetta upplýsingablað gefur almennar gagnlegar upplýsingar um hvernig á að nota varúðargrundvallarregluna við stjórnun nanóefna. Frekari upplýsingar má fá í OSHwiki greininni „Nanóefni“.

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

Heilbrigðishættur nanóefna

Heilbrigðishættur eru mismunandi eftir því úr hverju nanóefnin eru. Almenn gildir að nanóefni hafi sams konar heilbrigðisáhrif og grófar agnir úr sama efni, en önnur áhrif geta einnig komið til. Nanóefni sem komast inn í líkamann geta (eins og önnur efni) frásogast, dreifst og umbrotið. Nanóefni hafa til dæmis fundist í lungum, lifur, nýrum, hjarta, æxlunarfærum, heila, milta, beinagrind og mjúkvef, auk fóstura.

Ekki er enn vitað að fullu hverjar heilbrigðishættur eru, en búið er að einangra sumar þeirra.

- Sum nanóefni gætu valdið ýmiss konar lungnaskemmdum, svo sem bráðum eða krónískum bólgu, en hættan á þeim virðist aukast eftir því sem agnastærðin minnkar, og einnig vefjaskemmdum, oxunarálagi, krónískum eitursáhrifum, frumueitursáhrifum, netjuhersli og æxlismyndun. Sum nanóefni gætu einnig haft áhrif á hjarta- og æðakerfið.
- Vegna þess hversu smágerð þau eru geta þau komist inn í líkamann á vegu sem grófar efni getur ekki. Til dæmis hefur verið sýnt fram á að málmur og málmoxíð fari inn í lyktarklumbuna í gegnum lyktartaugina, og að kolefnisnanópípur fari í gegnum fylgjuna og yfir í fóstrið.
- Trefjakenndar, langar, þunnar og óuppleysanlegar nanótrefjar svo sem kolefnisnanópípur gætu valdið lungnaskemmdum svo sem bólgu, myndun átfrumuhnúða og netjuhersla. Áhrif af þessu tagi sást ekki hjá músum sem voru útsettar fyrir kinroki (sama efni en á formi nanóagna í stað nanótrefja). Vegna þessa hefur verið ályktað að a.m.k. sumar gerðir nanópípa gætu orsakað heilbrigðisáhrif sem svipar til þeirra sem asbest veldur. Alþjóðakrabbameinsrannsóknastofnunin (IARC) hefur flokkað MWCNT-7 kolefnisnanópípur sem mögulega krabbameinsvaldandi fyrir fólk (Flokkur 2B). Hins vegar hefur líka verið sýnt að það eru ekki allar kolefnisnanópípur sem valda sömu heilbrigðisáhrifum. Vegna yfirborðseiginleika þeirra valda sumar kolefnisnanópípur ekki átfrumuhnúðum eða netjuherslum og einnig hefur verið sýnt fram á að við vissar aðstæður geta kolefnisnanópípur umbrotið og þeim skilað út með úrgangsefnum.

//
*Framleidd nanóefni
valda meiri áhættu fyrir
heilbrigði heldur en sama
efnið í föstu formi*

Váhrif og váhrifaleiðir

Áhætta gæti komið til vegna mikillar sprengifimi, eldfimi og hvatamöguleika sumra nanóefna á þúðurformi; sérstaklega málmanópúður sem ryk á mikróskala eru líklegri til að valda því kröftugri sprengingum og vera því kveikjunæmari eftir því sem agnirnar eru finni. Hitastig sjálfkveikju lækkar einnig eftir því sem agnirnar minnka.

Nanóefni hafa tilhneigingu til að safnast saman (mynda lauslega tengda klumpa) sem eykur stærð þeirra, en samsöfnun hefur ekki mikil áhrif á heildaryfirborðssvæði. Yfirborðssvæði er talið hafa áhrif á heilbrigðisáhrif, a.m.k. fyrir sumar gerðir nanóagna. Það er ekki ljóst hvort og á hvaða hátt samsöfnun hefur áhrif á heilbrigðishættur sem stafa af nanóefnum.

Þrátt fyrir aukna þekkingu á þessu efni er ennþá gríðarleg þörf á að skilja meira um hvernig og hvers vegna nanóefni hafa áhrif á heilsu. Í millitiðinni þurfum við að taka tillit til sönnunargagnanna um að minnsta kosti sum nanóefni eru eitraðri en grófari agnir af sama efni og grípa til varúðarráðstafana.

Þó nokkrar rannsóknir hafa verið gerðar um hvernig nanóefni geta haft áhrif á heilbrigði, en þær hafa aðallega verið gerðar í frumuræktun og dýrum á rannsóknarstofum. Það eru litlar sannanir þegar kemur að áhrifum á heilbrigði manna eftir váhrif frá framleiddum nanóefnum. Engu að síður eru viðtækar sannanir fyrir því að váhrif frá mengunarefni í lofti sem innihalda nanóefni sem eru ekki framleiddar — til dæmis logsuðugufur, díselútblastur og aðrar tegundir reyks — geta verið hættulegar á ýmsan hátt. Engu að síður er ónæg þekking á því hvort heilbrigðisáhrifin stafa af nanóefnunum eða hinum mengunarefnum sem eru með þeim í loftinu.

Heilbrigðishætturnar gætu valdið umkvörtunum eða veikindum sem koma aðeins til eftir váhrif frá nanóefnum. Helstu váhrifaleiðir fyrir nanóefni eru í gegnum innöndun og snertingu við húð, en inntaka getur líka átt sér stað.

Váhrif frá framleiddum nanóefnum geta átt sér stað á hvaða stigi lífsferils nanóefnisins sem er, þ.m.t. á meðan á framleiðslu nanóefnis eða nanóvirkjaðra vara, á meðan á notkun nanóvirkjaðra vara stendur eða á meðan á endurvinnslu þeirra eftir að notkunartíma líkur, auk vinnslu og förgunar nanóvirkjaðra vara.

Innöndun

Ef þurrt nanóefni er meðhöndlað í höndum í opnu rými — til dæmis ef því er hellt úr poka, hlaðið í eða tekið úr fláti eða því hellt niður óvart — er mikil hættu á váhrifum frá nanóefninu. Jafnvel þegar nanóefni eru meðhöndluð í lokuðum kerfum geta váhrif komið til vegna leka eða slysa. Váhrif geta líka komið til við meðhöndlun úrgangs sem inniheldur nanóefni.

Mörg nanóefni eru meðhöndluð sem gruggblanda, þykkni eða smáhorn, eða sem órjúfanlegur hluti af föstu efni. Váhrif í gegnum innöndun eru takmörkuð en geta gerst ef, til dæmis, grugglausnin er meðhöndluð á þannig hátt að úði geti myndast, til dæmis ef henni er úðað eða ef korn eru meðhöndluð þannig að þau myljist niður í minni agnir og losi nanóagnir. Váhrif gætu líka átt sér stað ef grugglausnin eða þykknið þornar upp og skilur eftir sig þurrt nanóefni sem getur þyrlast upp og losnað í andrúmsloftið. Jafnvel þegar nanóefni er meðhöndlað sem grugglausn, geta váhrif átt sér stað, til dæmis, á meðan á þrifum og viðhaldi stendur.

**Váhrifum frá
nanóefnum þarf
að stjórna**

Húð

Snerting nanóefna við húð getur átt sér stað og hjá sumum nanóefnum er þetta algeng váhrifaleið, þar sem þau eru innihaldsefni í snyrtivörum sem ætluð eru til notkunar á húð. Eins og stendur, er talið að nanóefni séu ólíklegri til að vera frásoguð í gegnum húð heldur en með innöndun. Engu að síður gæti rofin húð, til dæmis vegna sárs eða exems, hleypt í gegn mjög litlu magni af nanóefni. Þrátt fyrir að þetta sé núna talin vera óveruleg eða mjög lítil hættu og til öryggis ætti að forðast að láta efnin koma í snertingu við húð sem ætti líka að koma í veg fyrir slysainntöku og váhrif frá efnum sem geta frásogast í gegnum húðina án þess að hættan á því sé þekkt núna.

Inntaka

Inntaka er ólíkleg á vinnustað, þó að lélegt hreinlæti gæti orsakað váhrif, til dæmis ef starfsfólk þvær sér ekki um hendurnar eða skiptir um fót eftir að hafa unnið með nanóefni og heldur síðan á mat eða drykkjum með menguðum höndum eða dreifði nanóagnaryki út í umhverfi þar sem matar og drykkjar er neytt. Váhrif gæti einnig orðið fyrir tilviljun, til dæmis flutningur á milli handar og munns.

Utan vinnu geta nanóefni verið inntekin með mat, þar sem umbúðir geta innihaldið nanóefni af ásettu ráði. Eins og á við um nanóefni almennt, fara áhrif á heilsu eftir því úr hverju nanóefnin eru. Nýleg rannsókn sýndi að inntaka silfurnanóagna leiddi ekki til klínískt sjáanlegra áhrifa á 60 manns sem voru viðfangsefni tilraunarinnar.

Áhættumat

Í meginatriðum má líta á allar aðgerðir sem fela í sér meðhöndlun þurra nanóefna fyrir utan lokuð kerfi þannig að hættu sé á váhrifum á starfsfólk. Engu að síður jafnvel þegar lokuð kerfi eru notuð eru váhrif möguleg, til dæmis þegar leki gerist eða á meðan á þrífum og viðhaldi stendur. Þessi váhrif ætti að taka til greina í áhættumati og við innleiðingu forvarna. Þar sem nanóefni saman stendur af gríðarlega litlum ögnum, er ekki mögulegt að sjá nanóagnaryk á sama hátt og annað ryk. Þessa þarf einnig að taka tillit til við áhættumat.

Áhætta er mismunandi eftir því hvernig nanóefni er um að ræða. Stærstu hættur eru taldar stafa af váhrifum frá óleysanlegum eða illa leysanlegum nanótrefjum sem eru lengri en 5 µm og eru með hærra lengdar-breiddar hlutfall en 3:1. Áhættan er líka mikil í tengslum við aðrar leysanlegar eða óleysanlegar nanótrefjar og nanóblóðtrefjar (t.d. í nanópynnum eins og grafeni). Váhrif frá nanóefnum sem eru leysanleg í vatni eru talin vera áhættuminni.

Áhætta er oft metin út frá váhrifamælingum. Slíkar mælingar eru mögulegar, þó þær séu ekki einfaldar eða auðveldar og krefjast háþróaðra mælitækja með beinum álestri. Mælingar á nanósvifögnum eru venjulega aðeins gerðar vegna rannsókna. Mæliáætlanir hafa verið þróaðar með því að sameina mælingar sem gerðar eru með ýmiss konar mælitækjum með beinum álestri fyrir mismunandi agnabrot með mælingum sem tekin eru með

síunartækni og greiningu með skimrafeindasmásjá (SEM). Engu að síður, þegar síurnar eru greindar, er hættu á að margar agnirnar festist í opunum á síunni og séu ekki sjáanlegar í gegnum SEM. Þar að auki eru mælitæki með beinum álestri háð takmörkunum. Til dæmis greina þau agnir af mismunandi stærðum en ekki úr hvaða efnum agnirnar eru. Enn fremur er ekki einhugur um hvaða breytur hafa mest vægi þegar kemur að heilbrigðisáhrifum nanóefna. Það er enginn staðall fyrir hvaða breytur — til dæmis massastyrkur, fjöldabéttleika á yfirborði loftborinna nanóefna — á að mæla, til að leggja mat á heilbrigðisáhrif. Þær breytur sem mestu máli skipta gætu farið eftir hvers konar nanóefni og heilbrigðisáhrif er um að ræða.

Mælitæki með beinum álestri mæla nærveru agna, burtséð frá efninu í ögninni. Þessi mælitæki eru viðkvæm fyrir truflunum frá nanóögnum öðrum en þeim sem verið er að leita eftir. Til dæmis gætu mælingar á nanóögnum orðið fyrir áhrifum frá nærveru nanóagna í útblæstri frá ýmiss konar bruna, s.s. sigarettureyk og logsuðu-, tinlóðunar- og hitalokunarreyk. Nanóagnir geta komið frá brennandi kertum, sítrusávöxtum sem verið er að flysja og vatnsdropum sem eru að þéttast.

Í samantekt þegar áhættumat er gert á nanóefni á vinnustað, eru til staðar erfiðleikar sem tengjast:

1. Ónægum upplýsingum um hættulega eiginleika nanóefna;
2. Takmörkunum á aðferðum og tækjum sem hægt er að nota við að mæla stig váhrifa og einangra nanóefni og upptök losunar.



Einnig gæti verið skortur á upplýsingum um nálægð nanóefna, sérstaklega í blöndum eða hlutum neðar í notkunarkerfinni þar sem nanóefni eða -vörur sem innihalda nanóefni eru notuð eða unnið er með þau.

Áhættumat fyrir framleidd nanóefni ætti að innihalda:

1. skrá yfir nanóefni sem geymd eru og notuð á vinnustaðnum;
2. upplýsingar um heilbrigðisáætlun sem stafa af nanóefnunum, venjulega á öryggisblöðum;
3. mat á váhrifum í gegnum innöndun, snertingu við húð og inntöku;
4. ákvarðanir um aðgerðir sem nauðsynlegar eru til að draga úr váhrifum og aðgerðaáætlun sem tiltekur hvað þarf að gera, hver þarf að gera það og hvenær;
5. skoðun á áhættunni fyrir berskjaldað starfsfólk, svo sem ungt starfsfólk og ófrískar konur eða konur með barn á brjósti og hvort þurfi að grípa til sérstakra aðgerða til að vernda það;
6. reglulegt endurmat á áhættumatinu;
7. mat á aðgerðum sem teknar eru og ef þess er þörf umbætur á aðgerðaáætluninni.

Áhættumat þarf að vera byggt á varúðargrundvallarreglunni sem tekur tillit til eftirfarandi íhugunarefna:

- Er nanóefnið af gerð sem er talin stafa mikil hætta af?
- Er líklegt að stig váhrifa frá nanóefninu komi til á vinnustaðnum eða af slysn?

Mjög hættuleg nanóefni og hátt stig váhrifa teljast mjög mikil áhætta og krefjast tafarlausrar aðgerða til að draga úr váhrifum. Nanóefni með lítilli hættu og lágt stig váhrifa krefjast minni eða jafnvel engra aðgerða.

Ýmiss konar verkfæri og stuðningur fyrir áhættumat á nanóefnum er tiltækur.

Yfirlit er að finna í **Handbók Framkvæmdastjórnar Evrópusambandsins** um verndun heilbrigðis og öryggis starfsfólks frá mögulegum áhættum sem tengjast nanóefnum á vinnustaðnum.

Frekari upplýsingar má finna á heimasíðum **Efnastofnunar Evrópu, Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar** og **Efnahags- og framfarastofnunarinnar**.

Gripið til aðgerða og áhættustjórnun

Vinnuveitendum er skyldugt að sjá starfsfólki fyrir öruggu og heilbrigðu starfsumhverfi sem felst meðal annars í að vernda þá gegn áhættu sem stafar af nanóefnum.

Evrópsk vinnuverndarlöggjöf fyrirskipar stigveldi ráðstafana til að koma í veg fyrir eða draga úr váhrifum sem starfsfólk verður fyrir frá hættulegum efnum (6. gr. tilskipunar um hvarfmiðla). Þessi forgangsöröðun — eins og hún er kölluð í tilskipuninni — er einnig þekkt undir nafninu STOP-grundvallarreglan:

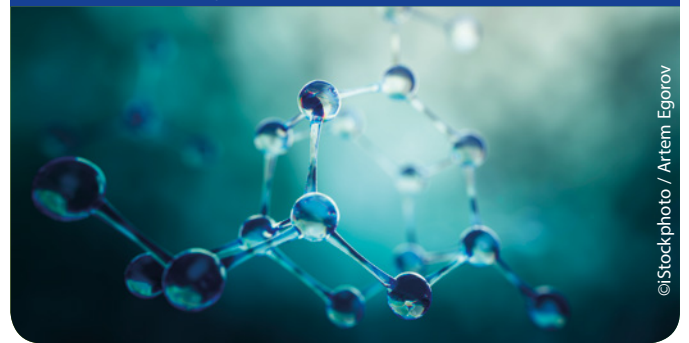
Ú = útskipting (e. substitution) (nær einnig yfir algjöra útrýmingu hættulegs efnis)

T = tæknilegar (e. Technological) ráðstafanir

S = skipulags (e. organisational) ráðstafanir

H = Hlíðarþátta (e. personal protective measures).

Ú = Útskipting



Oft eru nanóefni notuð vegna einstakra tæknilegra eiginleika þeirra, þannig að erfitt getur reynst að skipta þeim út. Engu að síður, jafnvel þó að ekki sé hægt að útrýma nanóefninu, getur verið að hægt sé að meðhöndla nanóefnið á forni sem lágmarkar váhrif, til dæmis á fljótandi forni, sem grugglausn eða þykkni, eða í föstu forni. Það dregur verulega úr váhrifum, sérstaklega frá innöndun. Hinsvegar ætti að forðast að úða nanóefnum í fljótandi forni, þar sem hægt er að anda nanóefnum í úðanum að sér.

//
Helstu váhrifaleiðir fyrir nanóefni eru í gegnum innöndun og snertingu við húð

T = tæknilegar (e. technological) ráðstafanir



©iStockphoto / Stevanovicigor

Í meginatriðum er hægt að bera loftborin nanóefni saman við úða og þeim er hægt að stjórna með svipuðum ráðstöfunum og þeim sem notaðar eru til að stjórna úða. Hins vegar er hreyfiorka þeirra mjög lítil, vegna lítils massa nanóagnanna, þannig að hægt er að líta svo á að þær hegði sér eins og gas frekar en ryk. Tæknin sem valin er veltur á magni váhrifa sem veltur síðan á hversu mikið ryk er í útblæstrinum og hversu mikill útblástur nanóefnisins er. Það gæti verið nauðsynlegt að nota sambland aðferða til að stjórna váhrifum og áhættu. Lokun og loftræsting ferlisins er áhrifarík leið til að draga úr útblæstri. Engu að síður þarf að stjórna hættum á leka og einnig þarf að taka tillit til áhættu í tengslum við viðhald, viðgerðir og þríf.

Lokuð kerfi eru oft valin fyrir ferli þar sem nanóefni eru meðhöndluð þar sem nauðsynlegt er að vernda ferlið frá mengun. Lokað kerfi er hagstæð og góð tæknileg ráðstöfun, þar sem það kemur líka í veg fyrir losun nanóefnis út í umhverfið og til starfsfólks. Sérstaklega er mælt með lokun fyrir starfsemi eins og mælingar á framleiddum nanóefnum, umhellingu þeirra (þ.m.t. blöndun þeirra) eða söfnun þeirra frá framleiðslu eða vinnslubúnaði, hreinsun íláta og úrgangsvinnsla, nema það sé enginn möguleiki á váhrifum.

Vélrænar ráðstafanir (t.d. afmörkun, staðbundin loftræsting, almenn loftræsting) til að draga úr váhrifum ætti að taka til skoðunar ef ekki er hægt að beita útrýmingu eða lokun. Vélrænar ráðstafanir munu fara eftir kröfum hvers vinnustaðar og ættu að taka tillit til losunaruppruna, áhættunnar og þarfarinnar á að draga úr losun og váhrifum, auk magns og efnislegs forms nanóefnisins, og tímalengd og tíðni verkefnisins.

Staðbundin loftræsting og almenn loftræsting hjálpa til við að koma í veg fyrir dreifingu loftborinna nanóefna á vinnustaðnum og nærliggjandi svæðum. Til að fjarlægja nanóagnir úr útblástursloftinu, þarf að nota viðeigandi síunarkerfi. Það gæti verið fjölskrækakerfi með HEPA-síum eða ULPA-síum.

Bestun framleiðsluhönnunar og öruggra starfsvenja þannig að hættulegar aukaafurðir og myndun úrgangs séu lágmörkuð mun draga úr váhrifum á vinnustaðnum.

Hægt er að draga úr hættunni á váhrifum af völdum nanóagna með því að nota fjögur atriði þ.e.a.s. „sérstaka öryggistálma“:

- Forvarnatálmi: dregur úr líkum á slysi með því að styrkja viðhaldsferli sem koma í veg fyrir óætlaða losun, tilviljunarkennda framleiðslu sprengifims andrúmslofts, samsöfnun stöðurafragns og óviljandi kveikjugjafa;
- mildunartálmi: dregur úr vinnslutengdum áhættuþáttum með því að lækka hita og þrýsting við vinnsluna;
- mildunartálmi: dregur úr alvarleika á sprengibreytum nanópúðurs með útskiptingum eða útpynningum;
- varnatálmi: eykur vernd fyrir starfsfólk í áhættu.



S = skipulagsráðstafanir (e. organisational)



Skipulagsráðstafanir eru meðal annars, til dæmis, upplýsingar til starfsmanna um áhættuna, forvarnirnar sem þarf að beita og reglurnar sem þarf að fylgja. Upplýsingar til starfsmanna ættu einnig að innihalda upplýsingar um hættuna sem stafar af nanóefnunum og um mikilvægi varúðargrundvallarreglunnar að því gefnu hversu takmörkuð þekkingin er um heilbrigðis- og öryggishættur sem stafa af nanóefnum. Skráning öruggra verkferla og vinnuleiðbeiningar fyrir vinnslu sem inniheldur nanóefni og hafa þau tiltæk á vinnustaðnum gefa grunn fyrir viðeigandi vinnuferli og viðmiðunarpunkt fyrir stöðugar umbætur.

Skipulagsráðstafanir ættu einnig að innihalda lágmörkun fjölda starfsmanna sem verða fyrir váhrifum frá nanóefnum á vinnustaðnum og draga úr vinnutímum með mögulegum váhrifum frá nanóefnum. Takmarka ætti aðgang að svæðum þar sem váhrif geta komið fyrir; nota ætti öryggis- og hættuskilti á viðeigandi hátt.



Frekari upplýsingar

Allar tilvísanir og ítarlegri upplýsingar má finna í OSHwiki-greininni um nanóefni:
<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

#EUhealthyworkplaces

H = Hlíððarbúnaður (e. personal protective measures)



Ef allt annað þrýtur og ekki er hægt að nota ráðstafanirnar sem lýst er að ofan eða ef þær eru ekki nægjanlegar, ætti að nota hlífðarbúnað. Í mörgum atvinnugreinum er vinnufatnaður notaður ásamt hönskum og hlífðarglæraugum þegar þess þarf.

Upplýsingar um ráðlagðan hlífðarbúnað ættu að vera tilgreindar á öryggisgagnablöðunum fyrir efnavörur sem innihalda nanóefni. Að því gefnu að rétt gerð hlífðarbúnaðar sé valin, getur það veitt góða vörn gegn nanóefnum.

