



**Terveellinen työ –
TUNNISTA JA
HALLITSE
KEMIALLISTE
TEKIJÄT**



Teollisesti tuotetut nanomateriaalit työpaikoilla

Keskeiset kohdat

- Teollisesti tuotetut nanomateriaalit ovat materiaaleja, joiden hiukkasista vähintään puolet on ainakin yhdessä suunnassa kooltaan 1–100 nanometriä. Pienimpiä nanohiukkasia voidaan kooltaan verrata atomeihin ja molekyyleihin.
- Nanomateriaalien terveysvaikutukset riippuvat niiden ominaisuuksista, esimerkiksi siitä, mistä materiaalista ne koostuvat, hiukkasten koosta, muodosta ja liukoisuudesta sekä niiden pintaominaisuuksista. Yleisesti nanomateriaaleilla on samanlaisia terveysvaikutuksia kuin saman materiaalin hienommillakin hiukkasilla, mutta muitakin vaikutuksia voi olla. Nanomateriaaleille altistutaan tavallisesti hengittämisen ja ihon kautta.
- Nanomateriaalien parissa työskennellessä on sovellettava varovaisuusperiaatetta.
- Teollisissa prosesseissa on avuksi, jos nanomateriaaleja voidaan käsitellä esimerkiksi lietteenä, tahnana tai pitää rajatussa tilassa. Näin voidaan vähentää päästöjä ja työntekijöiden altistumista nanomateriaaleille. Monimutkaisemmissa tilanteissa suositellaan pyytämään apua asiantuntijoilta.
- Nanoteknologia kehittyy nopeasti, kuten myös tietämys siihen liittyvistä riskeistä. Siksi työpaikalla nanohiukkasia käsittelevien työntekijöiden, työnantajien ja työsuojelun ammattilaisten on varmistettava, että he pysyvät ajan tasalla kehityksessä.

Terveellinen työ – Tunnista ja hallitse kemialliset tekijät

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto (EU-OSHA) järjestää vuosina 2018–2019 Euroopan laajuisen kampanjan, jonka tarkoituksena on edistää vaarallisten aineiden työpaikoilla aiheuttamien riskien ehkäisemistä. Tavoitteena on vähentää vaarallisia aineita ja niille altistumista työpaikoilla lisäämällä tietoisuutta riskeistä ja tehokkaista tavoista ehkäistä niitä.

Ongelma

Ominaisuuksiensa vuoksi nanomateriaaleilla voi olla erilaisia vaikutuksia. Esimerkiksi ultrapienellä titaanidioksidilla (joka voi sisältää nanohiukkasia) on osoitettu olevan voimakkaampia vaikutuksia kuin karkeammilla titaanidioksidihiuksilla. Tyypin MWCNT-7 moniseinäiset hiilinanoputket on luokiteltu mahdollisesti ihmisille syöpää aiheuttaviksi aineiksi, kun taas muita hiilihiukkasia ei ole luokiteltu tällaisiksi. Luokitus on erilainen erityyppisille hiilinanoputkille.

Nanomateriaaleja koskevat EU:n työsuojeludirektiivit ja -asetukset

Kemikaaleja koskevia direktiivejä ja asetuksia sovelletaan myös nanomateriaaleihin. Esimerkiksi seuraavia:

Direktiivi 89/391/ETY (puitedirektiivi), annettu 12 päivänä kesäkuuta 1989, toimenpiteistä työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden parantamisen edistämiseksi työssä

Direktiivi 98/24/EY (kemiallisia tekijöitä koskeva direktiivi), annettu 7 päivänä huhtikuuta 1998, työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelemisesta työpaikalla esiintyviin kemiallisiin tekijöihin liittyviltä riskeiltä

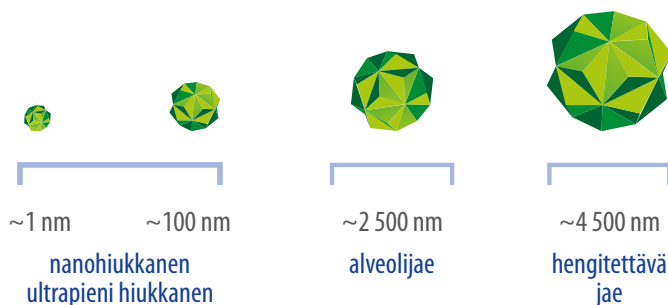
Direktiivi 2004/37/EY (syöpävaarallisia ja perimälle vaarallisia aineita koskeva direktiivi), annettu 29 päivänä huhtikuuta 2004, työntekijöiden suojelemisesta syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville tekijöille tai perimän muutoksia aiheuttaville aineille altistumiseen työssä liittyviltä vaaroilta

Asetus (EY) N:o 1907/2006 (REACH-asetus), annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH)

Asetus (EY) N:o 1272/2008 (CLP-asetus), annettu 16 päivänä joulukuuta 2008, aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta.

Kansallisessa lainsäädännössä voi olla direktiivejä ja asetuksia tiukempia säännöksiä, ja niihin olisi perehdyttävä.

Mitä ovat teollisesti tuotetut nanomateriaalit?



Teollisesti tuotetut nanomateriaalit ovat materiaaleja, joiden hiukkasista vähintään puolet on ainakin yhdessä suunnassa kooltaan 1–100 nanometriä. Pienimpiä nanohiukkasia voidaan kooltaan verrata atomeihin ja molekyyliin.

Tämän kokoluokan hiukkasilla voi olla erilaisia ominaisuuksia kuin saman materiaalin karkeammilla hiukkasilla. Nämä ominaisuudet johtuvat sekä niiden pienestä koosta että niiden suhteellisen suuresta pinta-alasta, muodosta, liukoisuudesta, kemiallisesta koostumuksesta, pinnan toiminnalliseksi tekemisestä ja pintakäsittelystä. Näiden ominaisuuksien vuoksi ne kiinnostavat tutkijoita koko ajan enemmän ja niitä käytetään uusien tuotteiden ja teknologian kehittämisessä.

Joitakin esimerkkejä nanomateriaaleista:

- Nanotitaanidioksidia käytetään ultraviolettisäteiden absorbointiin esimerkiksi kosmetiikassa, maaleissa ja ikkunalasin pinnoitteissa.
- Grafeeni on ohut ja erittäin vahva yhden atomin hiilikerros, jonka johtavuus on erittäin hyvä ja jolla on eri käyttömahdollisuuksia useilla teollisuudenaloilla, erityisesti elektroniikassa.
- Hiilinanoputkien ominaisuudet kiinnostavat elektroniikka-alalla. Niitä käytetään myös erityyppisten materiaalien vahvistamisessa esimerkiksi rakennusalaalla sekä tietokoneiden OLED-näytöissä (Organic Light Emitting Diode).
- Nanohopeaa käytetään esimerkiksi lääketieteessä, kosmetiikassa ja elintarvikkeissa sekä antiseptisenä aineena monissa käyttötarkoituksissa, kuten maaleissa ja pinnoitteissa, vaatteissa, kengissä ja kodinkoneissa.
- Kvanttipisteet ovat puolijohteita, jotka ovat erityisen mielenkiintoisia erilaisissa käyttötarkoituksissa, esimerkiksi lääketieteen kuvantamisessa, diagnostiikassa ja elektroniikassa.

Lääketieteessä nanomateriaalit ovat kiinnostaneet muun muassa siksi, että niiden avulla lääkettä voidaan välittää kohde-elimiin ja niitä voidaan käyttää kuvantamisessa (esim. rautaoksidin magneettiset nanohiukkaset). Kun nanohiukkasten pintaan lisätään erilaisia pinnoitteita, pystytään kehittämään nanomateriaaleja, joilla on uusia ominaisuuksia.

Työsuojelulainsäädännössä edellytetyt toimenpiteet

Nanomateriaalien hallintaa työpaikalla koskevat vaatimukset ovat samoja kuin muiden kemiallisten tekijöiden hallintaa koskevat vaatimukset. Niitä ovat muun muassa opetuksen ja ohjauksen antaminen työntekijöille, riskinarviointien tekeminen ja toimenpiteiden toteuttaminen turvallisen työpaikan takaamiseksi. Nanomateriaaleihin liittyvistä riskeistä ei tiedetä paljon. On sovellettava varovaisuusperiaatetta, jotta altistuminen voitaisiin pitää tasolla, jolla riskin voidaan odottaa olevan hallittavissa, vaikka nanomateriaalit osoittautuisivatkin nykytietämystä vaarallisemmiksi.

Tässä tiedotteessa annetaan yleisiä käytännön neuvoja siitä, miten nanomateriaalien hallinnassa voidaan soveltaa varovaisuusperiaatetta. Lisätietoja on esimerkiksi OSHwikiin artikkelissa nanomateriaaleista.

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

Nanomateriaalien terveysriskit

Terveysriskit vaihtelevat sen mukaan, mistä nanomateriaali koostuu. Yleisesti nanomateriaaleilla on samanlaisia terveysvaikutuksia kuin saman materiaalin karkeammillakin hiukkasilla, mutta muitakin vaikutuksia voi olla. Kehoon tulevat nanomateriaalit voivat imeytyä, levitä ja metaboloitua. Nanomateriaaleja on löydetty esimerkiksi keuhkoista, maksasta, munuaisista, sydäimestä, lisääntymiselimistä, aivoista, pernasta, luustosta ja pehmytkudoksista sekä sikiöistä.

Terveysriskien taustalla olevia mekanismeja ei vielä täysin ymmärretä, mutta joitakin niistä on pystytty määrittämään:

- Jotkin nanomateriaalit voivat aiheuttaa erilaisia keuhkovaurioita, kuten akuutteja tai kroonisia tulehduksia, joiden riski näyttää kasvavan hiukkaskoon pienentyessä, sekä kudosaivourioita, oksidatiivista stressiä, kroonista toksisuutta, sytotoksisuutta, fibroosia ja kasvainten muodostumista. Jotkin nanomateriaalit voivat vaikuttaa myös sydämeen ja verisuoniin.
- Nanomateriaalit pääsevät pienen kokonsa vuoksi kehoon tavalla, joka ei ole mahdollista karkeammille hiukkasille. Esimerkiksi metallien ja metallioksidien on osoitettu pääsevän hajukäämiin hajuhermon kautta, ja hiilinanoputkien on osoitettu kulkevan istukan kautta sikiöön.
- Hiilinanoputkien kaltaiset kuituiset, pitkät, ohuet ja liukenemattomat nanokuidut voivat aiheuttaa keuhkoille sellaisia haittoja kuin tulehdukset, granulooman muodostuminen ja fibroosi. Näitä vaikutuksia ei havaittu hiirissä, jotka altistettiin kasvahiilelle (sama materiaali mutta nanokuitujen sijasta nanohiukkasina). Tämän perusteella on päätelty, että ainakin jotkin hiilinanoputket voivat vaikuttaa terveyteen samalla tavalla kuin asbesti. Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on luokitellut MWCNT-7-hiilinanoputket ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi aineiksi (ryhmä 2B). On kuitenkin myös osoitettu, että kaikki hiilinanoputket eivät vaikuta terveyteen samalla tavalla. Pintaominaisuuksiensa vuoksi jotkin hiilinanoputket eivät aiheuta granuloomaa tai fibroosia. Lisäksi on osoitettu, että tietyissä oloissa hiilinanoputket voivat metaboloitua ja erittyä.

//
*Teollisesti valmistetut
nanomateriaalit
aiheuttavat suurempia
terveysriskejä kuin sama
materiaali massamuodossa*



Altistuminen ja altistumisreitit

Turvallisuusvaaroja voivat aiheuttaa myös joidenkin jauheena olevien nanomateriaalien suuri räjähdysherkkyys, syttyvyys ja mahdollinen katalyyttisyys. Tällaisia materiaaleja ovat erityisesti metalliset nanojauheet, koska mikromittakaavan pöly räjähtää tavallisesti rajummin, ja niiden syttymisherkkyys näyttää kasvavan sitä mukaa, mitä hienompia hiukkaset ovat. Myös itsesyttymislämpötila laskee hiukkasten hienonemisen myötä.

Nanomateriaaleilla on tapana agglomeroitua eli muodostaa löysästi toisiinsa liittyviä ryhmiä. Se kasvattaa niiden kokoa, mutta kasaantuminen ei vaikuta suuresti niiden kokonaispinta-alaan. Pinta-alan oletetaan vaikuttavan terveysvaikutuksiin, ainakin tietäntyyppisissä nanohiukkasissa. Selvää ei ole, onko agglomeroitumisella vaikutusta nanomateriaalien aiheuttamiin terveysvaaroihin ja minkälainen vaikutus on.

Joitakin mekanismeja on saatu selville, mutta on tiedettävä vielä paljon enemmän siitä, milloin ja miksi nanomateriaalit vaikuttavat terveyteen. Sillä välin on otettava huomioon näyttö, jonka mukaan ainakin jotkin nanomateriaalit ovat haitallisempia kuin saman materiaalin karkeammat hiukkaset, ja ryhdyttävä varotoimiin.

Useita tutkimuksia on tehty siitä, miten nanomateriaalit voivat vaikuttaa terveyteen, mutta ne on pääosin tehty soluviljelyissä ja laboratorioeläimillä. Teollisesti tuotetuille nanomateriaaleille altistumisen terveysvaikutuksista ihmisillä on vain vähän näyttöä. Siitä on kuitenkin kattavaa näyttöä, että luonnollisesti syntyneitä nanohiukkasia sisältävät ilmansaasteet – kuten hitsaushuurut, dieselpakokaasu ja muut vastaavat savut – voivat olla monin tavoin vaarallisia. Vielä ei kuitenkaan tiedetä riittävän hyvin, johtuvatko terveysvaikutukset nanohiukkasista vai muista niiden kanssa yhdessä esiintyvistä ilmansaasteista.

Terveysriskien tuloksena voi olla vaivoja tai sairauksia, joita esiintyy vain nanomateriaaleille altistumisen jälkeen. Nanomateriaaleille altistutaan tavallisesti hengittämisen ja ihon kautta, mutta myös nieleminen on yksi reitti.

Teollisesti tuotetuille nanomateriaaleille voidaan altistua missä tahansa nanomateriaalin elinkaaren vaiheessa, muun muassa nanomateriaalien tai nanomateriaaleja hyödyntävien tuotteiden valmistuksessa, nanomateriaaleja hyödyntävien tuotteiden käytön (käyttöiän) aikana tai nanomateriaaleja hyödyntävien tuotteiden käyttöiän jälkeisessä kierrättämisessä, käsittelyssä ja hävittämisessä.

Sisäänhengittäminen

Jos kuivaa nanomateriaalia käsitellään käsin avoimessa tilassa – esimerkiksi säkistä kaadettuna, säiliöön täytettynä tai säiliöstä purettuna tai tahattomasti läikytettynä – nanomateriaalille altistumisen riski on suuri. Silloinkin, kun nanomateriaaleja käsitellään suljetuissa systeemeissä, altistumista voi tapahtua vuotojen tai onnettomuuksien vuoksi. Altistumista voi tapahtua myös nanomateriaaleja sisältäviä jätteitä käsiteltäessä.

Monia nanomateriaaleja käsitellään lietteenä, tahnana tai rakeina tai kiinteän aineen olennaisena osana. Altistumista sisäänhengittämisen kautta voi tapahtua, vaikkakin vähäisesti, esimerkiksi silloin, kun lietettä käsiteltäessä muodostuu sumua, kuten suihkutettaessa tai ruiskutettaessa. Altistua voi myös silloin, kun rakeita käsitellään siten, että ne jauhetaan pienemmiksi hiukkasiksi, jolloin niistä vapautuu nanohiukkasia. Altistuminen on mahdollista myös lietteen tai tahnan kuivuessa, koska silloin kuiva nanomateriaali voi pölyä ja päästä ilmaan. Silloinkin kun nanomateriaalia käsitellään lietteenä, altistumista voi tapahtua esimerkiksi puhdistamisen ja huollon aikana.

**Nanomateriaaleille
altistumista on
valvottava.**

Iho

Nanomateriaaleille voidaan altistua ihon kautta, esimerkiksi iholla käytettävien kosmetiikkatuotteiden ainesosina. Joidenkin nanomateriaalien osalta iho on yleisin altistumisreitti. Tällä hetkellä katsotaan, että nanomateriaalien imeytyminen ihon kautta on epätodennäköisempää kuin niille altistuminen sisäänhengityksen kautta. Esimerkiksi haavan tai ihottuman vuoksi vaurioitunut iho voi kuitenkin päästää läpi erittäin pieniä määriä nanomateriaalia. Tämän katsotaan tällä hetkellä olevan merkityksettömän pieni tai erittäin vähäinen riski, mutta varotoimenä on vältettävä ihoaltistusta. Siten voidaan myös estää tahaton nieleminen ja altistuminen aineille, jotka voivat imeytyä ihon läpi ja joita ei ole vielä tunnistettu.

Nieleminen

Työpaikoilla tapahtuu todennäköisesti harvoin nielemistä, vaikka huono hygienia voikin aiheuttaa altistumista esimerkiksi jos työntekijä ei pese käsiään tai vaihda vaatteitaan työskenneltyään nanomateriaalien kanssa ja pitää elintarvikkeita tai juomia likaantuneissa käsissä tai levittää nanohiukkaspölyä ympäristöön, jossa syödään ja juodaan. Altistumista voi tapahtua myös tahattomasti, esimerkiksi kädestä suuhun siirtymisen kautta.

Työn ulkopuolella nanomateriaaleja voidaan niellä elintarvikkeiden myötä, koska pakkauksissa saatetaan käyttää nanomateriaaleja. Kuten yleensäkin, nanomateriaalien vaikutus terveyteen riippuu siitä, mistä nanomateriaalit koostuvat. Hiljattain tehdystä tutkimuksesta kävi ilmi, että hopeananohiukkasten nieleminen ei aiheuttanut tutkituilla 60 ihmisellä mitään kliinisesti havaittavissa olevia vaikutuksia.

Riskinarviointi

Periaatteessa kaiken toiminnan, johon liittyy kuivien nanomateriaalien käsittelyä suljetun tilan ulkopuolella, voidaan katsoa aiheuttavan työntekijöille altistumisriskin. Suljettua tilaa käytettäessäkin altistuminen on kuitenkin mahdollista, esimerkiksi silloin, kun tapahtuu vuoto, tai puhdistus- ja huoltotoimien yhteydessä. Nämä altistumiset olisi otettava huomioon riskinarvioinneissa ja toteutettava ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä. Koska nanomateriaalit koostuvat erittäin pienistä hiukkasista, nanohiukkaspölyä ei ole mahdollista nähdä samalla tavalla kuin muunlaista pölyä. Myös tämä on otettava huomioon riskinarvioinneissa.

Riskit vaihtelevat nanomateriaalin tyyppin mukaan. Suurimpien riskien katsotaan johtuvan altistumisesta liukenemattomille tai vähäliukoisille nanokuiduille, jotka ovat viittä mikrometriä pidempiä ja joiden pituuden ja leveyden suhde on yli 3:1. Riskit ovat suuria myös muiden vähäliukoisten tai liukenemattomien nanokuitujen ja nanohiutaleiden osalta (esim. grafeenin kaltaiset nano-ohutlevyt). Vesiliukoisille nanomateriaaleille altistumisen ei katsota olevan niin riskialtista.

Riskejä arvioidaan usein altistumismittausten perusteella. Tällaisia mittauksia voidaan tehdä, vaikka ne eivät ole suoraan tai helposti sovellettavissa. Ne myös edellyttävät kehittyneitä suoraan osoittavia mittalaitteita. Tutkimuksissa mitataan pääosin ilmakuljetteisia nanohiukkasia. Mittausstrategiaa on

kehitetty yhdistämällä mittauksia, joissa käytetään erilaisten hiukkasjakeiden osalta erityyppisiä suoraan osoittavia mittalaitteita, mittauksiin, joissa käytetään suodatintekniikoita ja pyyhkäisyelektronimikroskoopin (SEM) avulla tehtäviä analyysejä. Suodattimia analysoidessa riskinä on kuitenkin se, että monet hiukkaset voivat jäädä suodattimen huokosiin eivätkä siten näy SEM-mikroskooppia käytettäessä. Myös suoraan osoittavissa mittalaitteissa on rajoituksia. Niillä esimerkiksi voidaan analysoida erikokoisia hiukkasia, mutta ei materiaaleja, joista ne muodostuvat. Ei ole myöskään päästy yksimielisyyteen siitä, mikä suure on merkityksellisin nanomateriaalien terveysvaikutusten kannalta. Ei ole olemassa standardia sille, mitä mittaussparametria – esimerkiksi ilmakuljetteisten nanomateriaalien massapitoisuutta, lukumääräpitoisuutta tai pinta-alapitoisuutta – käytetään terveysvaikutusten arviointiin. Se, mikä suure on soveltuvin, voi riippua nanomateriaalin ja terveysvaikutuksen lajista.

Suoraan osoittavilla mittalaitteilla mitataan hiukkasten esiintymistä riippumatta hiukkasen materiaalista. Nämä laitteet ovat herkkiä muiden kuin mittauksen kohteena olevien teollisesti tuotettujen nanohiukkasten vaikutukselle. Nanohiukkasten mittauksiin voivat esimerkiksi vaikuttaa erilaisten palamisprosessien pakokaasujen, kuten tupakansavun tai hitsaus-, juotto- ja kuumasamaussavujen, sisältämät nanohiukkaset. Nanohiukkasia voi päästä myös esimerkiksi palavista kynttilöistä, kuorittavista sitrushedelmistä ja tiivistyvästä vesihöyrystä.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että työpaikan nanomateriaaleja koskevassa riskinarvioinnissa on seuraaviin tekijöihin liittyviä vaikeuksia:

1. riittämättömät tiedot nanomateriaalien ominaisuuksista
2. rajoitukset menetelmissä ja laitteissa, joita voidaan käyttää altistumistasojen mittaamiseen ja nanomateriaalien ja päästölähteiden tunnistamiseen.



Toimenpiteiden toteuttaminen ja riskien hallinta

Tietoa ei ehkä myöskään ole riittävästi nanomateriaalien esiintymisestä erityisesti seoksissa tai esineissä ja myöhemmin kuluttajaketjussa, jossa nanomateriaaleja tai niitä sisältäviä tuotteita käytetään tai käsitellään.

Teollisesti tuotettujen nanomateriaalien riskinarviointiin pitäisi kuulua

1. työpaikalla säilytettävien ja käytettävien nanomateriaalien kartoitus
2. nanomateriaalien terveysriskejä koskevat tiedot, jotka tavallisesti annetaan käyttöturvallisuustiedotteissa
3. sisäänhengittämisen, ihon ja nielemisen kautta tapahtuvan altistumisen arviointi
4. päätökset toimenpiteistä, joita tarvitaan altistumisen vähentämiseksi, ja toimintasuunnitelma, jossa määritetään, mitä toimenpiteitä on toteutettava, kenen on toteutettava toimenpiteet ja milloin ne on toteutettava
5. riskialttiille työntekijöille, kuten nuorille työntekijöille ja raskaana oleville tai imettäville aiheutuvien riskien ja heidän suojelemisekseen mahdollisesti tarvittavien erityistoimenpiteiden huomioon ottaminen
6. riskinarvioinnin säännöllinen tarkistaminen
7. arviointi toteutetuista toimista ja tarvittaessa toimintasuunnitelman parannuksista.

Riskinarviointien on perustuttava varovaisuusperiaatteeseen, ja niissä on otettava huomioon seuraavat näkökohdat:

- Onko nanomateriaali tyyppiä, jonka katsotaan aiheuttavan suuren riskin?
- Onko työpaikalla todennäköisesti korkea nanomateriaalille altistumisen taso tai voiko sille altistua tahattomasti?

Suuren riskin nanomateriaalit ja altistumisen korkea taso aiheuttavat erittäin suuren riskin ja vaativat välittömiä toimenpiteitä altistumisen vähentämiseksi. Vähäisen riskin nanomateriaalit ja altistumisen matala taso eivät edellytä niin välittömiä toimia tai eivät lainkaan toimia.

Nanomateriaalien riskinarviointia varten on saatavilla erilaisia työkaluja ja tukea.

Niistä on yleiskatsaus **Euroopan komission ohjeissa** työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelemisesta työpaikan nanomateriaaleihin liittyviltä mahdollisilta riskeiltä.

Lisätietoa saa Euroopan kemikaaliviraston, Maailman terveysjärjestön, Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön ja Työterveyslaitoksen verkkosivuilta.

Työnantajien on tarjottava työntekijöilleen turvallinen ja terveellinen työympäristö. Siihen kuuluu myös heidän suojelemisensa nanomateriaalien aiheuttamilta riskeiltä.

EU:n työsuojelulainsäädännössä esitetään työntekijöiden vaarallisille aineille altistumista ehkäisevien tai vähentävien toimenpiteiden ensisijaisuus (kemiallisten tekijöiden direktiivin 6 artikla). Tämä hierarkia tunnetaan myös STOP-periaatteena:

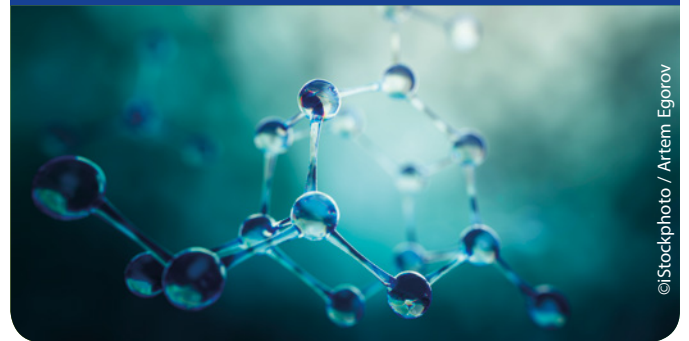
S = Substitution (korvaaminen, jos mahdollista) (kattaa myös vaarallisen aineen poistamisen kokonaan)

T = Technological measures (tekniset toimenpiteet)

O = Organisational measures (organisatoriset toimenpiteet)

P = Personal protective measures (henkilökohtaiset suojatoimenpiteet, henkilönsuojaimet).

S = Substitution (korvaaminen)



Nanomateriaaleja käytetään usein niiden ainutlaatuisten teknisten ominaisuuksien vuoksi, joten niiden korvaaminen voi olla vaikeaa. Nanomateriaalia voidaan kuitenkin käsitellä siten, että altistumista tapahtuu mahdollisimman vähän. Sitä voidaan esimerkiksi käsitellä nesteinä, lietteinä tai tahnana tai sidottuna kiinteässä muodossa. Tämä vähentää erityisesti sisäänhengittämisen kautta tapahtuvaa altistumista huomattavasti. Nanomateriaalien suihkuttamista nesteinä pitäisi kuitenkin välttää, koska nanomateriaaleja voidaan hengittää sisään sumuna.

//
*Nanomateriaaleille
altistutaan tavallisesti
hengittämisen ja ihon
kautta*

T = Technological measures (tekniset toimenpiteet)



Ilmakuljetteisia nanomateriaaleja voidaan periaatteessa verrata aerosoleihin, ja niitä voidaan hallita samankaltaisilla toimenpiteillä, joita käytetään aerosolien hallinnassa. Nanohiukkasten erittäin pienen massan vuoksi niiden liike-energia on kuitenkin hyvin pieni, joten niiden voidaan katsoa käyttäytyvän pikemminkin kaasun kuin pölyn lailla. Teknologian valinta riippuu altistumisen laajuudesta, joka puolestaan riippuu nanomateriaalin pölyävyydestä ja päästöjen tasosta. Altistumisen ja riskin hallinnassa on tarvittaessa käytettävä useita eri menetelmiä. Altistumista voidaan vähentää tehokkaasti eristämällä prosessi ja huolehtimalla tuuleutuksesta. Vuotoriskejä on kuitenkin hallittava, ja myös huoltoon, korjaukseen ja puhdistamiseen liittyvät riskit on otettava huomioon ja niitä on hallittava.

Nanomateriaalien käsittelyprosesseja varten valitaan usein suljettu systeemi, koska prosessia on suojeltava saastumiselta. Suljettu systeemi on hyödyllinen ja hyvä tekninen toimenpide myös siksi, että se estää nanomateriaalien pääsemisen ympäristöön ja työntekijöihin. Suljetun systeemin käyttöä suositellaan erityisesti toimissa, joissa mitataan teollisesti valmistettuja nanomateriaaleja, kaadetaan niitä tuotanto- tai käsittelylaitteisiin (myös sekoitetaan niissä) ja puhdistussäiliöihin tai kerätään niistä sekä jätteenkäsittelyssä, ellei altistuminen ole mahdotonta.

Altistumista vähentävät tekniset torjuntatoimenpiteet (esim. rajaaminen, kohdepoistojen käyttö, yleinen ilmanvaihto) olisi otettava huomioon, jos korvaaminen tai suljetun systeemin käyttö ei ole mahdollista. Tekniset torjuntatoimenpiteet riippuvat kunkin työpaikan vaatimuksista, ja niissä olisi otettava huomioon päästölähde, riski ja päästöjen ja altistumisen vähentämisen tarve sekä nanomateriaalien määrä ja fyysinen muoto sekä myös tehtävän kesto ja toistumistiheys.

Kohdepoistoilla ja yleisellä ilmanvaihdolla autetaan estämään ilmakuljetteisten nanomateriaalien leviämistä työpaikalla ja lähialueille. Nanohiukkasten suodattamiseen poistoilmasta on käytettävä asianmukaista suodatinjärjestelmää. Se voi olla monivaiheinen järjestelmä, jossa käytetään HEPA- tai ULPA-suodattimia.

Työpaikalla altistumista voidaan vähentää myös parantamalla prosessisuunnittelua ja toimintakäytäntöjä siten, että vaarallisia sivutuotteita ja jätettä tulee mahdollisimman vähän.

Nanohiukkasten aiheuttamien räjähdysten riskiä voidaan vähentää neljällä niin sanotulla turvaesteellä:

- ehkäisevä este: vähennetään tapaturman todennäköisyyttä vahvistamalla huoltomenettelyjä, joilla ehkäistään hajapäästöjä, räjähdyskelpoisen ilmaseoksen tahatonta muodostumista, staattisen sähkön muodostumista ja tahattomien syttymislähteiden muodostumista
- lieventävä este: vähennetään prosessiin liittyviä riskitekijöitä alentamalla prosessin lämpötilaa ja paineita
- lieventävä este: vähennetään nanojauheen räjähdysten vakavuutta korvaamalla ja laimentamalla
- suojaava este: nostetaan riskille alttiiden työntekijöiden suojaustasoa.



O = Organisational measures (organisatoriset toimenpiteet)



Organisatorisiin toimenpiteisiin kuuluvat esimerkiksi työntekijöille tiedottaminen riskeistä, sovellettavat ennalta ehkäisevät toimenpiteet ja noudatettavat säännöt. Työntekijöille tiedottamiseen pitäisi kuulua myös tiedottaminen nanomateriaalien vaaroista ja varovaisuusperiaatteesta, koska nanomateriaalien terveys- ja turvallisuusvaaroista tiedetään vähän. Nanomateriaaleja sisältävien prosessien turvamenettelyjen ja työskentelyohjeiden dokumentointi ja niiden toimittaminen saataville työpaikalla ovat asianmukaisten työskentelykäytäntöjen perusta. Ne ovat myös vertailukohta jatkuvalla parantamiselle.

Organisatorisilla toimenpiteillä voidaan myös minimoida nanomateriaaleille työpaikalla altistuvien työntekijöiden määrä ja lyhentää aikaa, jolloin työssä voidaan altistua nanomateriaaleille. Pääsyä alueille, joilla altistuminen on mahdollista, olisi rajoitettava, ja turvallisuus- ja vaaramerkkejä olisi käytettävä asianmukaisesti.



P = Personal protective measures (henkilökohtaiset suojatoimenpiteet)



Jos edellä mainittuja toimenpiteitä ei voida käyttää tai ne eivät ole riittäviä, viimeisenä vaihtoehtona on käyttää asianmukaisia henkilönsuojaimia. Henkilönsuojainten on oltava kullekin työntekijälle ergonomialtaan sopivia ja niitä tulee säilyttää ja huoltaa huolella ja hyvin.



Lisätietoa

Kaikki viitteet ja lisätiedot ovat OSHwikiin artikkelissa nanomateriaaleista:
<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

#Euhealthyworkplaces

