



Euroopa
Komisjon

Ohutu töötamine tehisnanomaterjalidega

Mittesiduvad suunised tööandjatele
ning tervishoiu ja ohutuse valdkonna
praktikutele

Dokument valmis 2013. aasta juunis.

Käesoleva dokumendi väljatöötamist on juhtinud Risk & Policy Analysts Ltd (Ühendkuningriik) ja kaastööd on teinud jätkusuutlikkuse valdkonna teadus- ja konsultatsiooniettevõtte IVAM UvA (Amsterdam, Madalmaad), organisatsioon Denehurst Chemical Safety Ltd. (Ühendkuningriik) ja Cranfieldi ülikooli (Ühendkuningriik).

Euroopa Komisjon ega ükski tema nimel tegutsev isik ei vastuta käesolevas dokumendis sisalduva teabe kasutamise eest.

Luxembourg: Euroopa Liidu Väljaannete Talitus, 2019

© Euroopa Liit, 2019

Euroopa Komisjoni dokumentide taaskasutamine on reguleeritud komisjoni otsusega 2011/833/EL (ELT L 330, 14.12.2011, lk 39).

ELi autoriõigusega hõlmamata fotode või muu materjali kasutamiseks ja taasesitamiseks tuleb küsida luba otse autoriõiguse valdaja käest.

Pildid: © Shutterstock, 2019

ISBN 978-92-79-46422-5 doi:10.2767/400960 KE-04-15-183-ET-N

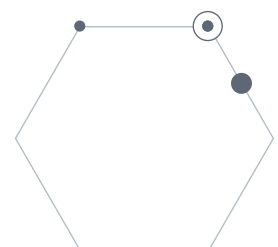
HOIATUS

Taaskasutamine on lubatud tingimusel, et viidatakse allikale.



Ohutu töötamine tehisnanomaterjalidega

Mittesiduvad suunised tööandjatele
ning tervishoiu ja ohutuse valdkonna
praktikutele



Lühendid

µm	Mikromeeter
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Saksamaa), töötervishoiu ja -ohutuse föderaalinstituut
CAD	keemiliste mõjurite direktiiv 98/24/EÜ)
CLP	määrus (EÜ) nr 1272/2008, mis käsitleb ainete ja segude klassifitseerimist, märgistamist ja pakendamist (CLP-määrus)
CMD	kantserogeenide ja mutageenide direktiiv 2004/37/EÜ
CMR	kantserogeen, mutageen ja/või reproduktiivtoksiline aine
CNT	süsiniknanotorud
CSA	kemikaaliohutuse hindamine
CSR	kemikaaliohutuse aruanne (milles kirjeldatakse üksikasjalikult kemikaaliohutuse hinnangut), nagu on ette nähtud REACH-määruse artiklis 14
DNEL	tuletatud mittetoimiv tase
EK	Euroopa Komisjon
EL	28 liikmesriiki hõlmav Euroopa Liit
GBP	teraliseid bioloogiliselt püsivad osakesed, mille puudub teadaolev spetsiifiline toksilisus
HARN	suure mõõdusuhtega nanoosakesed
HEPA	kõrgefektiivne õhufilter
HSE	tervise- ja ohutusamet
IARC	Rahvusvaheline Vähiuurimiskeskus
ISO	Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon
LEV	kohtäratõmme
MNM	tehisnanomaterjal; st tahtlikult toodetud nanomaterjal, mitte looduses esinev või inimtegevuse tahtmatul tagajärjel tekkinud nanomaterjal
MS	liikmesriik
MWCNT	mitmekihiline süsiniknanotoru
NIOSH	riiklik töötervishoiu ja -ohutuse instituut (USA)
nm	nanomeeter
NM	nanomaterjal, viidates komisjoni soovitusel 2011/696/EL nanomaterjali määratluse kohta, kui ei ole märgitud teisiti
OEL	ohtlike ainete piirnorm töökeskkonnas
OSH	töötervishoid ja -ohutus
PGNP	protsessi käigus tekkinud nanoosake; protsessi käigus tahtmatult tekitatud nanoosake
PM	tahked osakesed
PPE	isikukaitsevahendid
PSLT	halvasti lahustuvad vähetoksilised osakesed
REACH	määrus (EÜ) nr 1907/2006, mis käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (REACH-määrus)
REL	soovitavad kokkupuute piirnormid
RMM	riskijuhtimismeede
VKE	väike ja keskmise suurusega ettevõtja (vastavalt komisjoni soovitusel 2003/361/EÜ)
SWCNT	ühekihiline süsiniknanotoru
TWA	ajaliselt kaalutud keskmine
UFP	ülipeen osake
WHO	Maailma Terviseorganisatsioon

Table of contents

1	SISSEJUHATUS JA TAUST	6
2	JUHENDI STRUKTUUR JA VIITED DIREKTIIVILE 98/24/EÜ	9
3	TERMINOLOOGIA JA MÄÄRATLUSE	10
3.1	Mis on nanomaterjalid?	10
4	RISKIHINDAMIS- JA JUHTIMISPROTSES	12
4.1	I etapp: tehisnanomaterjalide kindlakstegemine	13
4.2	II etapp: ohu hindamine	13
4.2.1	Üldised riskikaalutlused	13
4.2.2	Ohtlikkusastme liigitamine – kuju ja lahustuvus	16
4.2.3	Ohtlikkusastme liigitamine – tolmusus ja süttivus	18
4.3	III etapp: kokkupuute hindamine	18
4.4	IV etapp: riski liigitamine (riskianalüüsi koostamine kontrollitasemetega kaupade puhul)	21
4.5	V etapp: üksikasjalik riskihindamine	22
4.6	VI etapp: riskijuhtimine	23
4.6.1	Üldpõhimõtted, kontrollide hierarhia ja riskijuhtimismeetmed	23
4.6.2	1. riskiaste	27
4.6.3	2. riskiaste	27
4.6.4	3. riskiaste	27
4.6.5	4. riskiaste	28
4.6.6	Teave, juhendamine ja koolitus	28
4.6.7	Tervisekontroll	28
4.7	VII etapp: läbivaatamine	29
I LISA	NANOMATERJALIDE OHTUDE JA RISKIDEGA SEOTUD PROBLEEMID	31
II LISA	TÄIENDAVAD JUHISED NANOMATERJALIDE KASUTAMISE KOHTA	33
III LISA	TEHISNANOMATERJALIDE KASUTUSVIISIDE NÄITED	37
IV LISA	NANOMATERJALIDE SUHTES KOHALDATAVAD ÕIGUSAKTI	38
V LISA	NANOMATERJALIDEGA KOKKUPUUTUMISE SEIREGA SEOTUD PROBLEEMID	41

1

Sissejuhatus ja taust

Juhendi eesmärk

1 Rohkem üldist teavet nanomaterjalide kohta võib leida Euroopa Komisjoni veebisaidilt http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/en/index.htm#i1

2 CM = kantserogeenne, mutageenne aine vastavalt CLP-määrusele (EÜ) nr 1272/2008.

Juhendi eesmärk on aidata tööandjatel ning tervishoiu- ja ohutusvaldkonna töötajatel täita töötajate tervise ja ohutuse piisava kaitse tagamiseks oma õiguslikke kohustusi, konkreetsemalt raamdirektiivist 89/391/EMÜ ja keemiliste mõjurite direktiivist 98/24/EÜ tulenevaid kohustusi olukorras, kus ametiülesannete täitmisel puututakse teadaolevalt või tõenäoliselt kokku tehisnanomaterjalidega või kasutatakse nanotehnoloogiat.

Juhend on ette nähtud üldiseks rakendamiseks nanotehnoloogiat kasutavates ELi käitistes¹. See ei asenda erinõudeid ega võimalikke riigi tasandil kehtivaid suuniseid, mida tuleks samuti arvesse võtta. Teadmiseks tuleks võtta ka nanotehnoloogia kiire areng. Seepärast tehti juhendi koostamisel mõistete, terminoloogia ja meetodika suhtes valikuid, mida mujal ei tarvitseta järgida. Asjaomaseid arengusuundi arvesse võttes võib edaspidi kaalumisele tulla juhendi muutmine.

Pärast juhendi väljaandmist võib avalikuks tulla uut, töötajate tervise ja ohutuse kaitse seisukohast olulist teavet. On oluline, et tööandjad võtaksid seda uut teavet töökohtades rakendatavate asjakohaste riskihindamis- ja riskijuhtimisühendustega seotud otsuseid tehes arvesse.

Käesolev dokument on koostatud Euroopa Komisjoni jaoks uuringu teenuslepingu raames, et hinnata ELi asjaomaste töötervishoidu ja tööohutust käsitlevate õigusaktide võimalike muudatuste ulatust ja vajadusi ning töötada vastavate riskide ja probleemide

arvessevõtmiseks välja juhenddokument (leping nr VC/2011/0521).

Juhenddokumendis antakse ülevaade küsimuste kohta, mis on seotud tehisnanomaterjalide ohutu kasutamisega töökohas, kirjeldatakse üldjoontes ennetusmeetmeid ja antakse praktilisi juhiseid töötajate ohutuse tagamise konkreetsete tahkude kohta (nt riskihindamine ja riskijuhtimine). See võib osutada eriti kasulikuks isikute jaoks, kel ei pea olema asjaomastes küsimustes põhjalikke tehnilisi teadmisi, ning aidata tehisnanomaterjalidega tegelemise korral tagada kooskõla töötervishoidu ja -ohutust käsitlevate õigusaktidega. Eeskätt peaks juhend aitama ohjata spetsiifilisi nanomaterjalidega seotud ohte ja probleeme ning seega tagada nende piisavat kontrollimist töökohas.

Oluline on see, et juhendis soovitatud menetlused ja meetmed mitte ei asenda, vaid neid rakendatakse lisaks riskihindamismenetlustele ja riskijuhtimismeetmetele, mida keemiliste mõjurite direktiivile 98/24/EÜ töökohas tavaliselt rakendatakse. Seega tuleks kõiki soovitatud meetmeid rakendada, ilma et see piiraks juba kehtivaid või asjaomaste õigusaktidega ettenähtud rangemaid meetmeid. Näiteks kui tavasuurusjärgus on tehisnanomaterjal klassifitseeritud kantserogeeneks või mutageenseks², tuleks rakendada kõiki asjakohaseid meetmeid vastavalt kantserogeenide ja mutageenide omadustega ainetega töötamisel ettenähtud tööalastele õigusaktidele (täpsemalt kantserogeenide ja mutageenide direktiiv 2004/37/EMÜ, direktiiv 92/85/



EMÜ rasedate, hiljuti sünnitanud ja rinnaga toitvate töötajate kohta ning direktiiv 94/33/EÜ noorte kaitse kohta tööl).

Tuleb märkida, et kui tehisnanomaterjal kuulub keemiliste mõjurite direktiivi kohaldamisalasse, tuleks korraldada riskihindamine (keemiliste mõjurite direktiivi artikkel 4). Keemiliste mõjurite direktiivi kohaldamisalasse kuulumisel on määrav, kas tehisnanomaterjal vastab määruses (EÜ) nr 1272/2008 (CLP-määrus) sätestatud ohtlikuks klassifitseerimise kriteeriumidele või kujutab endast vastavalt keemiliste mõjurite direktiivi artikli 2 punkti b alapunktile iii riski töötajate ohutusele.

Tehisnanomaterjalil võib olla erijooni, mille tõttu võivad selle toimimise eriomadused tööstuse jaoks väärtuslikuks osutuda. Samal ajal võib nende eriomadustega kaasned ka iseloomulik ohuprofiil, mis võib keemiliselt sarnase tehisnanomaterjali puhul erinev olla. Seepärast tuleks tehisnanomaterjali kasutamisest lähtuvaid võimalikke riske hinnata iga üksikjuhtumi puhul eraldi. Tehisnanomaterjalidest tingitud võimalike terviseohtude teaduslikus käsitluses esineb praeguse suuri lünki. Isegi suhteliselt põhjalikult uuritud tehisnanomaterjalide puhul ei saa kogutud andmeid võrrelda andmetega tavasuurusjärgus ainete kohta või saab neid võrrelda üksnes piiratud ulatuses, sest proovide nõuetekohane kirjeldus puudub sageli või on ebapiisav³. Kogu maailmas, näiteks ELi teadusprogrammide (seitsmes raamprogramm ja Horisont 2020) ning OECD sponsorlusprogrammi⁴ raames elluviidavate laiaulatuslike teadusprogrammidega, samuti REACH-määruse kohase toimikute ajakohastamise ja hindamisega⁵ on kavas saada mitme kõige laiemalt kasutatava tehisnanomaterjali kohta konkreetseid toksikoloogilisi ja ökotoksikoloogilisi andmeid. Praeguse määramatuse tõttu lähtutakse juhendis nanomaterjalide töökohas ohutu kasutamisega seotud küsimuste käsitlemisel ettevaatusprintsipiist.

Ettevaatusprintsipiile tuginemine eeldab

- nähtusest, tootest või protsessist tingitud võimalike negatiivsete mõjude kindlakstegemist;
- teaduslikku riskihindamist, kui andmete ebapiisavus, ebataielikkus või ebatapsus ei võimalda asjaomast riski piisava kindlusega määrata.

Euroopa Komisjoni 2000. aasta teatis ettevaatusprintsipi kohta

Praegu on nanomaterjalide tervisemõjude hindamiseks kasutatavate meetmete kehtivus arutluse all. OECD tegeleb nanomaterjalide ohtude hindamiseks kasutatavate olemasolevate katsejuhiste ja juhenddokumentide muutmise ning uute väljatöötamisega. Üldlevinud kemikaalide jaoks väljatöötatud OECD katsejuhiste rakendamine nanomaterjalide puhul on toonud aga kaasa tehisnanomaterjali võimalike negatiivsete mõjude avastamise, mis õigustab ettevaatusprintsipi järgimist (l lisas on esitatud lühiväljaandeks toksikoloogiliste uuringutega leitud tõendite kohta).

Tuleb rõhutada, et töötervishoiu seisukohast põhjustab osakekestest koosnevate nanomaterjalide avaldatav mõju kõige

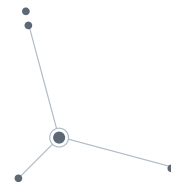
suuremaid probleeme sissehingamisel tekkiva kokkupuute tõttu ning hingamiseldkonnale ja südame-veresoonkonnale avaldatava toime uurimisele pööratakse erilist tähelepanu. Oluline on ka kokkupuute nahaga. Tervel nahal on hingamisteedega võrreldes parem kaitsevõime, kuigi seda kaitsevõimet võivad vähendada nahakahjustused, suur mehaaniline ping ja väikesed nanoosakesed (< 5–10 nm) (EU-OSHA 2009). Allaneelamisel tekkinud kokkupuute on töökohas väiksem probleem: isikliku hügieeni heade tavade ja elementaarsete ohutuseeskirjade järgimine (nt enne vaheaega ja tööpäeva lõpus pestakse seebi ja veega käsi, isikukaitseriietust ei kanta väljaspool tööterritooriumi ja seda ei võeta puhastamiseks koju kaasa) peaks hoidma ära suukaudse kokkupuute.

Võttes arvesse teatavat määramatust, pööratakse juhendis soovitud riskihindamises suurt tähelepanu kokkupuutele, samas püütakse jätkuvalt seada esikohale sellised tehisnanomaterjalid, mis on tekitanud konkreetseid terviseküsimusi. Seepärast on vajaliku kontrolli ulatuse liigitamisel võetud aluseks tehisnanomaterjalide füüsikalise-keemilised omadused ja tööprotsessis iga ülesandega kaasnev kokkupuute tase ning juhendi kasutaja suunatakse asjakohaste teabeallikateni ja soovitatatakse järgida kontrollitaset, mis on vastavuses potentsiaalse ohu ja seonduva määramatuse tasemega. Võttes arvesse asjaolu, et praegu puudub ohutuskartidel kemikaalide nanovormiga seotud konkreetne teave, tuginetakse esitatud liigituses füüsikalise-keemilisi omadusi käsitlevale teabele, mis peaks kemikaalide tarnijatele olema kergesti kättesaadav. Tuleb märkida,

³ UBA et al, „Nanomaterials and REACH, Background Paper on the Position of German Competent Authorities“, Umwelt Bundes Amt, 2013. Kättesaadav aadressil <http://www.bfr.bund.de/cm/349/nanomaterials-and-reach.pdf>, lk 6.

⁴ Praegu uuritakse ja hinnatakse keskkonnohutamise ja inimeste tervise seisukohalt olulise 59 etteantud näitaja suhtes veel 12 tehisnanomaterjali (C₆₀-fullereenid, ühekihilised süsiniknanotorud, mitmekihilised süsiniknanotorud, raua nanoosakesed, tseeriumoksiid, tsinkoksiid, dendrimeerid, nanosavid ja kulla nanoosakesed, samuti hõbeda nanoosakesed, titaandioksiid ja ränioksiid). Allikas: <http://www.oecd.org/chemicalsafety/nanosafety/>

⁵ Praegu plaanitakse REACH-määruse ainehindamise raames hinnata kolme nanovormi ainet (ränioksiid, hõbe ja titaandioksiid). Allikas: <http://echa.europa.eu/regulations/reach/evaluation/substance-evaluation/community-rolling-action-plan>



6 REACH-määruse artikli 32 lõige 2.

7 EU-OSHA, „Workplace exposure to nanoparticles”, European Risk Observatory Literature Review, Euroopa Tööohutuse ja Tervise Agentuur (EU-OSHA), 2009. Kättesaadav EU-OSHA veebisaidil http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles

et vastavalt määruse (EÜ) nr 1907/2006 (REACH-määrus) artiklitele 31 ja 32 on tarnijal kohustus edastada tarneahelas allapoole „muu kättesaadav ja asjakohane teave aine kohta, mis on vajalik asjakohaste riskijuhtimismeetmete määratlemiseks ja kohaldamiseks” (artikli 32 lõike 1 punkt d). Järelikult võib iga allkasutaja keemiliste mõjurite direktiivi järgimiseks ja sobivate riskijuhtimismeetmete määramise eesmärgil korraldatavaks riskihindamiseks küsida tarnijalt (tasuta⁶) lisateavet vähemalt aine/ segu osakeste suuruse ja kuju ning lahustuvuse kohta. Põhjalikud toksikoloogilised teadusuuringud on ilma põhjendatud kahtlusteta näidanud, et bioloogilisel püsivate / halvasti lahustuvate osakeste sissehingamine võib teatavatel kokkupuutetingimustel hingamiselundkonnale kahjulikku mõju avaldada ning et mõnel kiulisel nanomaterjaliliigil võivad olla samasugused toksikoloogilised omadused nagu asbestil⁷ (EU-OSHA 2009).

Kuigi juhendi keskne teema on tehisnanomaterjalid, võib mõne soovitatud riskijuhtimismeetme abil vähendada kokkupuudet looduses esinevate ja juhuslikult tekkinud nanomaterjalidega (protsessi käigus tekkinud nanoosakesed). Arvukates töökohtades võib esineda samaaegne kokkupuude tehis- ja protsessi käigus tekkinud nanomaterjalidega ning vajalike riskijuhtimistavade määramiseks korraldataval töökoha riskihindamisel on soovitatav võtta arvesse kõiki võimalikke nanoosakeste allikaid (st kokkupuute kogumäära).

Märkida tuleb ka, et mitu autoriteetsset Euroopa ja Euroopa-välist organisatsiooni (nt ISO ja NIOSH) on avaldanud varem suuniseid nanomaterjalide ohutu kasutamise kohta, sh mõnel juhul konkreetseid tehisnanomaterjale või kasutusviise käsitlevaid suuniseid. Käesoleva juhendi kasutajatel soovitatakse võtta vajaduse korral arvesse ka selliseid täiendavaid teabeallikaid (vt II lisa).

Oluline on see, et juhendit tuleks käsitada pidevalt muutuva dokumendina, milles väljendatakse koostamise ajal (juuni 2014) olemasolevaid teadmisi nanomaterjalide ning nendega seotud tervise- ja ohutusrisikude kohta. Tehnika areng võib tuua kaasa vajaduse see läbi vaadata. Kõik juhendi kasutajad peaksid selle kiiresti areneva teadmistevaldkonnaga kindlalt sammu pidama, näiteks jälgides pidevalt juhendi II lisas loetletud veebisaitide. Teadvustada tuleb ka vajadust vaadata nanomaterjalide riskihindamised sageli läbi, et kasutada ära kõige värskemaid teaduslikke ja meditsiinilisi teadmisi ning sellest tulenevalt kaaluda, kas riskijuhtimistavasid tuleks muuta.



2

Juhendi struktuur

ja viited direktiivile 98/24/EÜ

3. osas tutvustatakse juhendis kasutatud terminoloogiat, 4. osas esitatakse kokkuvõtte soovitatud riskihindamisest ja riskijuhtimismenetlustest. Tabelis

2.1 on esitatud käesoleva juhenddokumendi sisu ja keemiliste mõjurite direktiivi 98/24/EÜ sätete⁸ vastavus.

⁸ Täistekst:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0024&from=EN>

Tabel 2.1. Juhendi sisu ja vastavus keemiliste mõjurite direktiivile

Jaotis	Viide keemiliste mõjurite direktiivis
4.1. I etapp – Tehisnainomaterjalide kindlakstegemine	Artikli 4 lõige 1 – „... teeb (...) kõigepealt kindlaks, kas töökohas on ohtlikke keemilisi mõjureid”
4.2. II etapp – Ohu hindamine	Artikli 4 lõige 1 – „(...) hindab ta nende keemilistest mõjuritest tulenevat riski töötajate tervisele ja ohutusele, võttes arvesse...”
4.3. III etapp – Kokkupuute hindamine	Artikli 4 lõige 2 – „Riski hinnang dokumenteeritakse vastavalt siseriiklikele normidele ja tavale...” Artikli 4 lõige 3 – „Riski hindamisse kaasatakse teatud tööd ettevõttes ja asutuses, nagu hooldustööd, mille puhul võib ette näha, et on võimalus oluliselt kokku puutuda ohuteguritega, või mille tagajärjeks võib muudel põhjustel olla isegi pärast kõigi tehniliste meetmete võtmist kahjulik toime ohutusele ja tervisele.”
4.4. IV etapp – Riski kirjeldus (riskianalüüsi koostamine kontrollitasemete kaupa)	Artikli 4 lõige 2 – „selles võib sisalduda tööandja põhjendus selle kohta, et keemiliste mõjuritega seotud riski laad ja ulatus teeb edasise üksikasjaliku riski hindamise tarbetuks.”
4.5. V etapp – Üksikasjalik riskihindamine	Artikli 6 lõige 4 – „Kui tööandja ei tõenda selgelt teiste hindamisvahenditega, et (...) on saavutatud piisav riski ärahoidmine ja kaitse, teeb tööandja töökohal töötajatele terviseriski põhjustavate keemiliste mõjurite mõõtmisi regulaarselt või siis, kui töötingimustes toimub muutusi, mis võivad mõjutada töötajate kokkupuudet keemiliste mõjuritega, vastavalt vajadusele, eriti seoses ohtlike ainete piirnormidega töökeskkonnas.”
4.6. VI etapp – Riskijuhtimine	Artikkel 5 – Üldpõhimõtted (...) riskivältimiseks (...)
4.7. Teave, juhendamine ja koolitus	Artikkel 6 – Spetsiifilised kaitse- ja ennetusmeetmed
4.8. Arstlik järelvalve	Artikkel 7 – Õnnetuste, vahejuhtumite ja eriolukordade puhul tegutsemise kord Artikkel 8 – Töötajate teavitamine ja koolitus
	Artikkel 10 – Tervisekontroll
	Artikkel 11 – Töötajate konsulteerimine ja osalemine
4.9. VII etapp – Läbivaatamine	Artikli 4 lõige 2 – „Riski hindamine toimub ajakohaselt, eelkõige siis, kui on toimunud olulisi muudatusi, mis põhjustavad selle vananemist...” Artikli 4 lõige 5 – „Ohtlike keemiliste mõjuritega seotud uue töö korral alustatakse tööd alles siis, kui kõnealuse töö riski on hinnatud ja kindlakstehtud ennetusmeetmed on rakendatud.”

3

Terminoloogia ja määratlused

Mis on nanomaterjalid?

9 Kättesaadav aadressil
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>

Juhendi õige tõlgendamise huvides on siinkohal esitatud nanotehnoloogia olulised terminid.

Rahvusvahelistes organisatsioonides, riikide ametiasutustes ja teaduskomiteedes on olnud arutluse all arvukalt määratlusi. Riikide ja rahvusvahelisel tasandil kasutatavatest määratlustest pakub ulatuslikuma ülevaate Teadusuuringute Ühiskuse aruanne (2010).

Käesolevas juhendis on kasutatud määratlust, mida soovitab praegu Euroopa Komisjon⁹ (vt 1. selgitus).

1. selgitus. Nanomaterjali määratlus

Looduslik, juhuslikult tekkinud või tööstuslikult toodetud materjal, mis on sidumata olekus või esineb kämbu või pahmu kujul ning mille lõimisest vähemalt 50% moodustab selliste osakeste fraktsioon, mille üks või mitu välismõõdet on vahemikus 1–100 nm.

Konkreetsetes olukordades ning kui see on põhjendatud keskkonna-, tervise-, ohutuse- või konkurentsivõimeküsimumustega, võib lõimist iseloomustava suurusvahemiku piirmäär 50% asendada piirmääraga vahemikust 1–50%.

Erandina [eelkirjeldatust] käsitatakse nanomaterjalina fullereene, grafeenihelbeid ja ühekihi seinaga süsiniknanotorusid, mille üks või mitu välismõõdet on alla 1 nm.

Käesoleva nanomaterjalide määratluse raames kasutatakse järgmisi mõistete „osake”, „pahm” ja „kämp” määratlusi

- „osake” – väga väike kindlaksmääratud füüsiliste piiridega aineosa;
- „pahm” – nõrgalt seotud osakeste või kämpude kogum, mille välispindala on võrdne üksikute komponentide pindalade summaga;
- „kämp” – osake, mis koosneb tugevasti seotud või kokkusulatatud osakestest.

Kui see on tehniliselt teostatav ning vastavates õigusaktides nõutud, võib vastavuse [nanomaterjali] määratlusele teha kindlaks mahu järgi määratud eripinna alusel. Materjali tuleks pidada määratluse alla kuuluvaks, kui materjali mahu järgi määratud eripind on suurem kui $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$. Materjali, mis on lõimise põhjal nanomaterjal, tuleks siiski pidada määratlusele vastavaks isegi juhul, kui materjali mahu järgi määratud eripind on alla $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$.

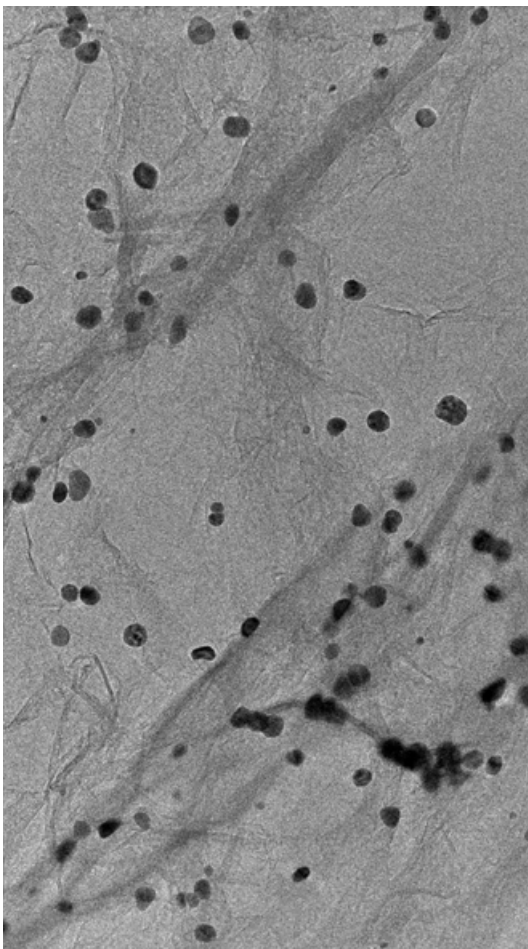
Euroopa Komisjoni soovitus 2011/696/EL.

See määratlus tuleb läbi vaadata (esimene samm enne võimalikku muutmist) 2014. aasta detsembriks.

Nanotehnoloogiat peetakse peamiseks progressi võimaldavaks tehnoloogiaks, mis loob aluse edasisele innovatsioonile ja uutele toodetele. Nanotehnoloogial põhinevad tooted leiavad Euroopa tööstuses aina suuremat rakendust. Seetõttu võivad nanomaterjalide kasutamisest tingitud võimalikud riskid ilmneda mitmesugustes sektorites ja tegevustes. III lisas on esitatud mõne kõige laiemalt kasutatava tehisanomaterjali peamiste rakendusvaldkondade mittetäielik loetelu.

Keemiliste mõjurite (ja seega nanomaterjalide) omadused (füüsikalised-keemilised ja toksikoloogilised omadused) kujutavad endast ohte, mis võivad tekitada kahju (seega tuleb neid hinnata – ohu hindamine), samas kui mõjurite kasutamise- või esinemisviisi töökohas (kokkupuude) määrab kahjustumisvõimaluse tõeärsuse (seepärast on vaja hinnata kokkupuudet). IV lisas on selgitatud põhjalikumalt keemiliste mõjurite direktiivi kohaldatavust nanomaterjalide suhtes.

Kuigi juhendis püütakse esitada mittespetsialistidest sihtrühmale kokkuvõtlikku ja kergesti mõistetavat teavet, on teatavate tehniliste mõistete ja vastete kasutamine nanotehnoloogia käsitlemisel vältimatu. Selliste terminite selgitamiseks on siinkohal esitatud nende määratlused. Osa neist on kooskõlas muude organisatsioonide väljatöötatud ja kasutatava terminoloogiaga¹⁰ ning on igal juhul kooskõlas nanomaterjalide määratlusega, mida Euroopa Komisjon praegu soovib.



► **Nanoskaala** on mõõtevahemik ligikaudu 1 nm kuni 100 nm (1. MÄRKUS. Omadused, mis ei ole ekstrapoleeritavad suuremate mõõtmete piirkonnast, avalduvad tavaliselt, kuid mitte ainult, selles mõõtmete vahemikus. 2. MÄRKUS. Selles määratluses esitatud alampiir (ligikaudu 1 nm) ei ole tegelikult oluline, kuid see on sätestatud, et vältida üksikaatomite ja väikeste aatomirühmade määratlemist nanoobjekti või nanostruktuuri elemendina, mis alamäära puudumisel osutub võimatuks) (BSI 2007).

► **Nanoobjekt** on eristatav materjaliosake, mille üks või mitu välismõõdet on nanoskaalas (MÄRKUS. Selle üldmõistega tähistatakse kõiki nanoskaalas objekte) (BSI 2007).

► **Nanoosake** on nanoobjekt, mille kõik kolm välismõõdet on nanoskaalas (MÄRKUS. Kui nanoobjekti pikima ja lühima telje pikkus erinevad olulisel määral (tavaliselt rohkem kui kolm korda), tuleks nanoosakese asemel kasutada „nanovarda“ või „nanoplaadi“ mõistet) (BSI 2007).

► **Nanopulber** on kuivade nanoosakeste mass (BSI 2007).

► **Ülipeenened osakesed** moodustavad ümbritsevas õhus sisalduvate tahkete osakeste kõige peenema fraktsiooni ja need kujutavad endast õhus leiduvaid osakesi, mille mõõde on nanoskaalas (HEI 2013). Käesolevas juhendis kasutatakse mõistet „ülipeenened osakesed“ looduslike nanomaterjalide kohta.

► **Protsessis tekkinud nanoosakesed** ehk juhuslikult tekkinud nanomaterjalid on tekkinud juhuslikult töö käigus, nt elektrimasinate, kütte-, keevitamise- ja põletusprotsesside tõttu.

► **Nanokiud** on nanoobjekt, mille kaks välismõõdet on ühesugust suurusjärku ja nanoskaalas ning kolmas mõõde on tunduvalt suurem. Nanokiud võib olla painduv või jäik. Kaks ühesugust välismõõdet peaksid erineva suuruselt vähem kui kolm korda ja tunduvalt suurem välismõõde peaks ülejäänud kahest erineva suuruselt vähemalt kolm korda. Suurim välismõõde ei ole tingimata nanoskaalas (ISO/TS 27687:2008). Kui nanokiud pikkus on üle 5 µm, laius alla 3 µm ning pikkuse-laiuse suhe (mõõdusuhe) on suurem kui 3 : 1, täidab see WHO kriteeriumid ja käesoleva juhendi raames nimetatakse seda WHO määratlusele vastavaks nanokiuks.

► **Suure mõõdusuhtega nanoosakesed** on osakesed, mille üks või kaks nanoskaalas mõõdet on teistest oluliselt väiksemad (HSE 2013). Peale nanokiudude peetakse suure mõõdusuhtega nanoosakesteks nanoliistakuid (millel on ainult üks mõõde nanoskaalas).

¹⁰ Nt Briti Standardiinstituut (BSI) üldkasutatavas kirjelduses (PAS) nanomaterjalide terminoloogia kohta ja Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon, eeskätt tehniline komitee ISO/TC 229, nanotehnoloogia valdkonnas kasutatava terminoloogia tehnilistes kirjeldustes, millest kõige olulisemad on

- ISO/TS 27687:2008, „Nanotehnoloogiad. Nanoobjektide terminoloogia ja definitsioonid. Nanoosake, nanokiud ja nanoplaat“;
- ISO/TS 80004-1:2010, „Nanotehnoloogiad. Sõnastik. Osa 1: Tuumik-sõnavara“, ja
- ISO/TS 80004-3:2010, „Nanotehnoloogiad. Sõnastik. Osa 3: Süsinik-nanoobjektid“.

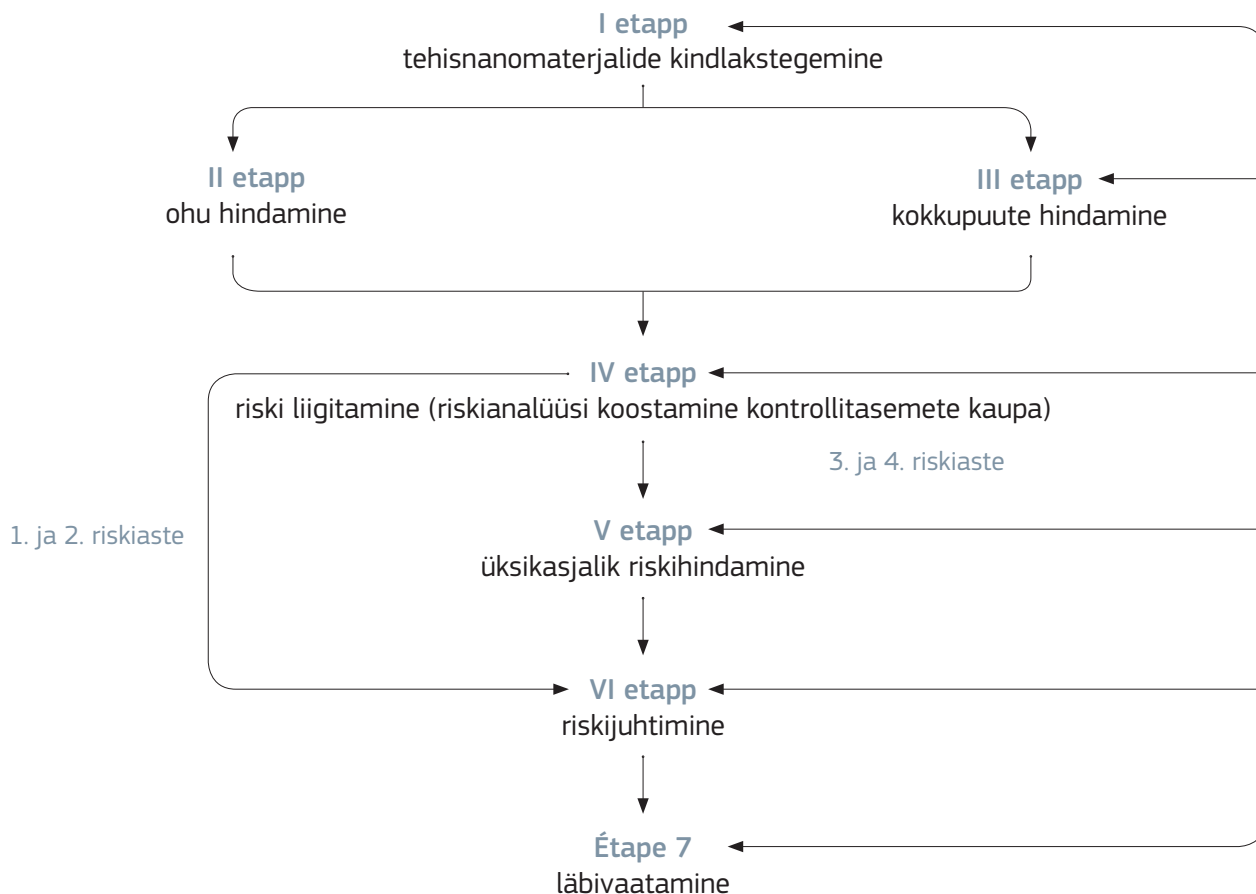
4

Riskihindamis- ja juhtimisprotsess

Tööandja kohustused tagada töötajate tervise ja ohutuse kaitse ohtlike keemiliste mõjuritega seotud ohtude eest tööl on sätestatud keemiliste mõjurite direktiivi II jaos. Nagu iga kemikaali puhul, on tööandjal kohustus korraldada riskihindamine, kui töö käigus käideldakse tehisanomaterjale. Joonisel 4.1 on esitatud mitmesugused riskiennetuse etapid,

mis tuleb tehisanomaterjalidega töötamise korral läbida. Iga etappi on kirjeldatud üksikasjalikult järgmistes jaotistes. Riskihindamine ja rakendatud riskijuhtimismeetmete tõhusus tuleb vaadata läbi korrapäraselt ja enne, kui kasutatavaid keemilisi mõjureid või töötingimusi muudetakse (kooskõlas keemiliste mõjurite direktiivi artikli 4 lõikega 5).

Joonis 4.1. Riskihindamise skeem



4.1 I ETAPP: TEHISNANOMATERJALIDE KINDLAKSTEGEMINE

Keemiliste mõjurite direktiivi **artikli 4 lõike 1** kohaselt peab tööandja tegema kõigepealt kindlaks, kas töökohas on ohtlikke keemilisi mõjureid. Lisaks peaksid tööandjad, kes ei ole kindlad, kas **töökohas esineb tehisnanomaterjale**, kontrollima kasutatavate või tarnitavate ainete andmeid, et teha kindlaks, kas mõnda neist loetakse tehisnanomaterjaliks või kas mõni aine võib sisaldada tehisnanomaterjale.

Esmased teabeallikad on töökohas kasutatavate ainete/segudega kaasasolevad ohutuskaardid. Kuigi REACH-määruse artikli 31 kohaselt on nende esitamine kohustuslik üksnes ainete ja segude korral, mis on klassifitseeritud CLP-määruse alusel või on püsivad, bioakumuleeruvad ja toksilised või väga püsivad ja väga bioakumuleeruvad vastavalt REACH-määruse XIII lisas sätestatud kriteeriumidele, on keemiatööstuses tavaks esitada ohutuskaart ka klassifitseerimata ainete/segude korral.

Kui ohutuskaart ei ole nõutav (aine/segude ei ole CLP-määruse kohaselt klassifitseeritud) ja seda ei ole lisatud, võib internetist otsida muudelt tarnijatelt pärinevat teavet; selle teabe kvaliteeti tuleks kontrollida. Rohkem teavet võib leida Euroopa Kemikaaliameti veebisaidilt¹¹. Teave aine vormi või

tehisnanomaterjalide sisalduse kohta segus on leitav ohutuskaardi järgmistest jagudest.

1. Aine/segude ning äriühingu/ettevõtja identifitseerimine
3. Koostis/teave koostisainete kohta
9. Füüsikalised ja keemilised omadused

Kahtluste korral peaksid tööandjad võtma ainete/segude tarnijatega/tootjatega ühendust, et vajalikku teavet küsida.

4.2 II ETAPP: OHU HINDAMINE

4.2.1 ÜLDISED RISKIKAALUTLUSED

Kui töökohas esineb tehisnanomaterjale, peab tööandja hindama **kõiki riske töötajate ohutusele ja tervisele**. Tabelis 4.1 (reprodutseeritud ja kohandatud Euroopa Komisjoni 2004. aasta suunistest¹²) on võetud kokku keemiliste mõjurite direktiivi alusel hinnatavad riskid ja esitatud ohtlike keemiliste mõjurite esinemisega seotud riskitegurite mittetäielik loetelu. Mõni tehisnanomaterjalide riskihindamise käigus erilist tähelepanu vajav riskitegur on tõstetud esile paksus kirjas.

¹¹ <http://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals/registered-substances>

¹² Euroopa Komisjon, „Mittesiduv praktiline juhend töötajate tervise ja ohutuse kaitse kohta keemiliste mõjuritega seotud ohu eest tööol“, 2004.

Tabel 4.1. Tehisnanomaterjalide esinemisest tingitud riskid

Risk	Riskitegurid
Oht sissehingamisel	<ul style="list-style-type: none"> • tehisnanomaterjali toksilisus • tehisnanomaterjali füüsikalised-keemilised omadused • kontsentratsioon keskkonnas • kokkupuuteaeg • eriti tundlikud töötajad • hingamisteede kaitsevahendite sobimatu valik ja/või kasutamine
Oht imendumisel läbi naha	<ul style="list-style-type: none"> • kokkupuute koht nahal ja kokkupuute ulatus • tehisnanomaterjali toksilisus organismi sattumisel naha kaudu • kokkupuute kestus ja sagedus • eriti tundlikud töötajad • isikukaitsevahendite sobimatu valik ja/või kasutamine
Oht nahale või silma sattumisel	<ul style="list-style-type: none"> • isikukaitsevahendite sobimatu valik ja/või kasutamine • sobimatud töövõtted • ebaõige teistsaldussüsteem
Oht allaneelamisel	<ul style="list-style-type: none"> • tehisnanomaterjali toksilisus • tehisnanomaterjali võimalik toksilisus • ebakorrektsed isikliku hügieeni tavad • võimalus töökohal süüa, juua või suitsetada • eriti tundlikud töötajad
Tule- ja/või plahvatusoht	<ul style="list-style-type: none"> • füüsikaline olek (ülipeen tolm) • rõhk/temperatuur • süttivus/kütteväärtus • sisaldus õhus • süüteallikad
Ohtlike keemiliste reaktsioonidega seotud oht	<ul style="list-style-type: none"> • ohtlike keemiliste mõjurite keemiline reaktsioonivõime ja ebastabiilsus • nõuetele mittevastav jahutussüsteem • ebakindel reaktsiooni põhitingimuste (rõhk, temperatuur ja reagentide juurdevoolu kiirus) kontrollimise süsteem
Seadmetest tingitud ohud, millel võivad olla töötajate ohutust ja tervist mõjutavad tagajärjed	<ul style="list-style-type: none"> • materjalide ja seadmete korrosioon • puudulikud abivahendid (kogumisalused, löögikaitse) piikumise ja aine mahavalgumisega seotud olukordade ohjamiseks või abivahendite puudumine • puudulik ennetav hooldus või selle puudumine

Selleks et teha kindlaks töökohas esinevate keemiliste mõjurite (ja seega tehisanomaterjalide) võime tekitada riske, tuleb teada nende mõjurite ohtlike omadusi ja kokkupuudet, st nende kasutamise- või esinemisviisi. Teavet töökohas esinevate keemiliste mõjurite ohtlike omaduste kohta võib tavaliselt leida järgmistest allikatest:

- märgised (piktogramm);
- ohutuskaardid;
- Euroopa Komisjoni soovitus; ja
- ohtlike ainete piinormid töökeskkonnas ja
- muud allikad (vastastikuse eksperdi hinnangu andmed, teaduskirjandus, asjakohased andmebaasid jne).

Praegu ei kajastata ohutuskaartidel täpset teavet tehisanomaterjalide füüsikalise-keemiliste omaduste kohta. Ka ei tarvitse ohutuskaardid sisaldada tehisanomaterjalidega seotud toksikoloogilisi ja ökotoksikoloogilisi andmeid. Eri rahvusvahelised organisatsioonid (nt OECD) püüavad kohandada nanomaterjalide jaoks olemasolevaid ja töötada välja uusi standardituid katsemeetodeid ning juba koguvad mitme laialt kasutatava tehisanomaterjali kohta olulist lisateavet. Vahepeal on nende puudujääkide korvamiseks töötatud välja lihtsustatud riskihindamismenetlused.

Nanomaterjalide kirjeldamiseks on soovitatud mitut füüsikalise-keemiliste näitajate loetelu ja praegu on arutluse all viis, kuidas need näitajad iseloomustavad tehisanomaterjalide toksikoloogilist profiili. Mõnigi ohtlik omadus on juba teada makrotasandi materjalist: näiteks avaldavad väga suure reaktsioonivõimega materjalid sissehingamisel või organismi imendumisel eeldatavasti toksilist mõju, sest sedalaadi omadused on teadaolevalt makrotasandi materjalide toksilisuse olulised tegurid. Kui makrotasandil on aine klassifitseeritud kantserogeense, mutageense või reprodutiivtoksilise aine, sensibilisaatorina või muul viisil oluliselt toksilisena, tuleks eeldada, et need omadused esinevad ka nanovormil, kui ei ole tõendatud teisiti. Kuigi praegu ei ole endiselt kindel, missugused näitajad aitavad kõige paremini toksilisust prognoosida, leiab järjest enam tõendamist asjaolu, et nanomaterjalide puhul võivad suur mõõdusuhe ja halb lahustuvus avaldada inimeste tervisele kahjulikku mõju.

Nagu I lisas on täpsustatud, on enamiku tehisanomaterjalidega seotud probleemide keskmes sissehingamisel tekkiva kokkupuute võimalikud tagajärjed, sest nanoosakesed võivad sattuda sügavale kopsudesse, ning muret tekitab asjaolu, et need võivad kutsuda esile ägeda või kroonilise põletikulise reaktsiooni.

Erilise tähelepanuga soovitakse kaaluda riske, mida võivad tekitada teatavate füüsikaliste omadustega nanoosakesed. Tähelepanu all on eeskätt nn suure mõõdusuhtega nanoosakesed, sest arvatakse, et nende füüsikalistes omadustes on sarnasusi teadaolevalt ohtlike materjalidega, nagu asbest või teatavad inimeste loodud mineraalikiud. Poland ja Donaldson¹³ on oletanud, et suure mõõdusuhtega nanoosakesed võivad jääda pikaks ajaks rinnakelmeõõnde püsima¹⁴, kui neil on lisaks järgmised omadused:

- õhemad kui 3 µm;
- pikemad kui 10–20 µm;
- bioloogiliselt püsivad ja
- ei lahustu ega murdu lühemateks kiududeks¹⁵

Nagu nanokiud, on murettekitavad ka nanoliistakud (mida loetakse suure mõõdusuhtega nanoosakesteks) ja nende aerodünaamiline käitumine, mille tagajärjel võivad need sügavale kopsu tungida (HSE 2013).

Teine toksilisust mõjutada võiv tegur on vees lahustumine. Selleks et leevendada tehisanomaterjalide bioloogilist püsivust käsitlevate täpsemate andmete nappust, kasutatakse käesolevas juhendis võimaliku bioloogilise püsivuse asemel vees lahustuvuse võimet. Käesoleva dokumendi jaotises 4.2.2 on selle näitaja kohta esitatud üksikasjalikumad selgitused.

Keemiliste mõjurite direktiivi **artikli 4 lõike 1 järgmiseks peaks töandja saama riski hindamiseks vajalikku lisateavet tarnijalt või muudest kergesti kättesaadavatest allikatest ning see peaks hõlmama vähemalt teavet aine/segu osakeste suuruse ja kuju ning nende lahustuvuse ja/või bioloogilise püsivuse kohta.** Tuleb märkida, et „mida rohkem erinevad kahe materjali füüsikalised ja keemilised omadused, isegi kui nende keemiline koostis on sama, seda tõenäolisemalt ei ole neist ühe materjali ohuandmed sobiv alus teise materjali ohtude hindamiseks” (HSE 2013). Näiteks ei ole süsinikanotorude omadused ühesugused ja kõik neist ei ole inimeste tervisele sama suuri probleeme tekitanud.

Vorme, mis oma füüsikalise-keemilistelt omadustelt oluliselt ei erine, võib käsitada võrreldavana. Seni ei ole siiski võimalik määrata, missuguses ulatuses varieerumine on iga üksiku näitaja puhul vastuvõetav (UBA et al 2013).

Tähele tuleb panna, et keemiliste mõjurite direktiivi artikli 4 lõikes 1 on märgitud, et töandja saab tarnijalt aine ohtlike omaduste kohta lisateavet, kui see on vajalik riski hindamiseks, ning artikli 8 lõikes 3 sätestatakse, et liikmesriigid võivad võtta meetmeid, mis on abiks sellise lisateabe saamiseks. Vastavalt REACH-määruse artiklitele 31 ja 32 **on ainete ja segude tarnijatel teisalt kohustus edastada kogu teave, mida allkasutaja vajab riskide hindamiseks.** Tehisanomaterjale käsitleva konkreetse toksikoloogilise teabe puudumise korral on töandjatel seega õigus küsida tasuta olulist füüsikalise-keemilist teavet, et kirjeldada vähemalt osaliselt tehisanomaterjale ja nende võimalikku ohuprofiili (vt tabel 4.2).

Kui olemasolevast teabest ei piisa tehisanomaterjali kirjeldamiseks, et korraldada käesolevas juhendis üksikasjalikult selgitatud lihtsustatud riskihindamine, **peaks töandja võtma vastu halvima stsenaariumi korral kohaldatavad mõistlikud meetodid, võttes arvesse olemasolevaid tõendeid ja ettevaatusprintsipi.**

Tabelis 4.2 on esitatud minimaalsed andmed, mis tuleks juhendis esitatud lihtsustatud riskihindamismenetluse korraldamiseks koguda.

¹³ <http://www.safenano.org> ; <http://www.particleandfibretoxicology.com/content/7/1/5/abstract>

¹⁴ Nähtus, mida nimetatakse ebaõnnestunud fagotsütoosiks, kus rakk ei neela täielikult osakest, mistõttu ei suudeta osakest kehast kõrvaldada, tekib rakukahjustuse oht ning organismi võivad eralduda ohtlikud endogeensed ained.

¹⁵ Alla 5 µm pikkuste suure mõõdusuhtega nanoosakeste ohtlikud omadused on (ilmselt) samasugused kui teralistel osakestel. Kuigi suure mõõdusuhtega nanoosakeste proovide pikkusjaotuses esineb tavaliselt suuri erinevusi, võib proov, mille keskmine pikkus on 1,5 µm, sisaldada siiski märkimisväärsel hulgal üksikuid suure mõõdusuhtega nanoosakesi pikkusega > 5 µm.



Tabel 4.2. Kirjelduse andmed

Minimaalne teave	Näide minimaalse teabe kohta
Keemiline nimetus ja tootenimetus	Nt nanohõbe
Tootja/tarnija ettevõtte nimi	Kui olete tootja, sisestage palun oma ettevõtte nimi
CAS-number ja EÜ number	Nt CAS-number 7440-22-4, EÜ number 231-131-3
Keemiline valem / keemiline struktuur	Nt hõbe (Ag)
Tehisnanomaterjali otstarve	Nt tehisnanomaterjal suurendab kaitset ilmastikumõjude eest.
Füüsilise ohu klassifikatsioon tavaoleku korral*	Ohuklassi ja -kategooria kood(id) (nt 1.1) ja/või asjakohaste ohulausete tekst
Terviseohu klassifikatsioon tavaoleku korral*	Nt akuutne toksilisus 1 või H300
Klassifikatsioon keskkonnaohtlikkuse alusel tavaoleku korral*	Nt veekeskonda ohustava akuutse toksilisuse 1. kategooria või H059
Välimus	Füüsikaline olek, lõimis ja eripind
Pinnakoostis	Kui tehisnanomaterjal on modifitseeritud, funktsionaliseeritud või kaetud kemikaaliga, pöörduge nõuande saamiseks spetsialisti poole.
Geomeetriselised omadused / kuju, jäikus	Nt tahke või kiuline, jäik või paindub
Arvupõhine suurusjaotus	
Lahustuvus vees	Nt 45 mg/l
Tolmusus	
Süttivus	





Märkused:

* Palun võtke arvesse, et kui teie käideldavad nanomaterjalid on tavaolekus klassifitseeritud CLP- määruse (EÜ) nr 1272/2008 alusel, peaksite miinimumina rakendama asjakohastes õigusaktides nõutavaid ja ohutuskaartidel nimetatud riskijuhtimismeetmeid.

4.2.2 OHTLIKKUSASTME LIIGITAMINE – KUJU JA LAHUSTUVUS

Tabelis 4.3 on esitatud ohtlikkusastmete kategooriad seoses tehisnanomaterjalide võimalike mõjudega töötajate tervisele, lähtudes geomeetristest omadustest / kujust ja püsivusest/lahustuvusest vees. Nõuetekohaseks liigitamiseks on oluline neid mõisteid põhjalikult tunda.

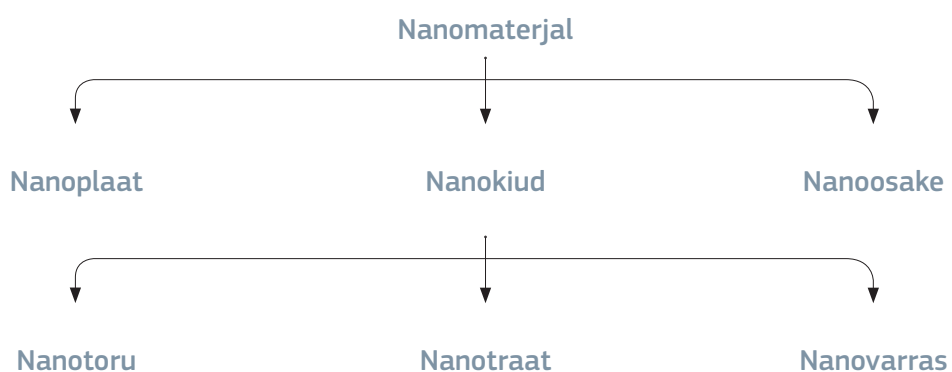
Tabel 4.3. Ohtlikkuse liigitamine

Ohtlikkuse kategooria	Tehisnanomaterjalide omadused	MNM 1	MNM ...
 Kõrge ohtlikkusaste	Halvasti lahustuvad või lahustumatud (lahustuvus vees < 100 mg/l) WHO määratlusele vastavad nanokiud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Keskmiselt kõrge ohtlikkusaste	Halvasti lahustuvad või lahustumatud (lahustuvus vees < 100 mg/l) nanoosakesed, mida iseloomustab spetsiifiline toksilisus, ning halvasti lahustuvad või lahustumatud suure määrdusuhetega nanoosakesed (välja arvatud halvasti lahustuvad või lahustumatud WHO määratlusele vastavad nanokiud)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Keskmiselt madal ohtlikkusaste	Halvasti lahustuvad või lahustumatud nanomaterjalid, millel puudub spetsiifiline toksilisus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Madal ohtlikkusaste	Lahustuvad nanomaterjalid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

► **Kuju** – ISO määratleb osakeste kuju nanoskaalas välismõõtmete arvu alusel. Nanoplaat (nanoplate) on ainult ühe nanoskaalas välismõõtmega osake, nanokiud (nanofibre) on kahe nanoskaalas välismõõtmega osake, mille kolmas välismõõde on oluliselt suurem, ning nanoosake (nanoparticle) on kolme nanoskaalas välismõõtmega osake. Õõnsat nanokiudu nimetatakse nanotoruks (nanotube),

painduvat nanokiudu nanotraadiks (nanowire) ja jäika nanokiudu nanovardaks (nanorod). Joonisel 4.2 on esitatud nanomaterjaliliikide skeem kuju alusel.

Joonis 4.2. Nanomaterjaliliikide skeem kuju alusel



► **Püsivus** – püsivust kasutatakse riskihindamise kontekstis peamiselt selliste kemikaalide või materjalide määramiseks, mis jäävad pärast määratud ajavahemikku organismi või keskkonda püsima. Püsiv materjal on halvasti lahustuv / lahustumatu ning väiksemateks struktuurideks ja molekulideks lagunemise suhtes vastupidav. Näiteks kiuliste materjalide puhul võib mõistet „bioloogiline püsivus” iseloomustada võimena mitte lasta end kopsudest kõrvaldada loomulike mehhanismide

kaudu, nagu lahustamine. Sellisel juhul on kasutatav näitaja poolestusaeg, st aeg, mis on vajalik selleks, et 50% kiududest kopsudest kõrvaldada. Makrofaagid täidavad lühikeste kiudude fagotsütoosi abil eemaldamises olulist rolli. Pikkade, jäikade ja halvasti lahustuvate kiudude puhul on fagotsütoosi protsess aga raskendatud, sest makrofaag ei saa kiudu täielikult n-ö neelata.

► **Lahustuvus vees** – lahustuvus vees (mida tavaliselt väljendatakse ühikuga mg/l) on suurim aine kogus, mida võib teatavas veekoguses lahustada. Tavaolekus aine lahustuvus võib nanovormi lahustuvusest suuresti erineda. Piirmääralt 100 mg/l viidatakse tavaliselt selleks, et eristada lahustuvaid ja halvasti lahustuvaid / lahustumatuid (nano)materjale. Selleks et leevendada tehisnanomaterjalide bioloogilist püsivust käsitlevate konkreetsete andmete nappust, kasutatakse käesolevas juhendis bioloogilise püsivuse asemel vees lahustuvuse võimet. Üksnes lahustuvust arvesse võttes peetakse halvasti lahustuvaid või

lahustumatuid nanomaterjale ohtlikuks; lahustuvaid nanomaterjale (mille lahustuvus vees ületab 100 mg/l) ohtlikuks ei peeta. Mõnel juhul võib aga materjal lahustuda vees halvasti, kuid lahustuda hästi bioloogilises keskkonnas (nt koobalt ei lahustu vees, kuid lahustub seerumis).

Kõik praegu suures mahus toodetavad nanomaterjalid¹⁶, (välja arvatud võimalik erand amorfne ränidioksiid), on halvasti lahustuvad või lahustumatud.

¹⁶ Nt amorfne ränidioksiid, hõbe, titaandioksiid, C₆₀-fullereenid, ühekihilised süsiniknanotorud, mitmekihilised süsiniknanotorud, raua nanoosakesed, alumiiniumoksiid, tseeriumoksiid, tsinkoksiid, nanosavid ja kulla nanoosakesed.

¹⁷ Ohtlikkuse kategooriate määramisel on käesoleval juhul tugitud peamiselt nanovormis aine tõenäolisele mõjule; teatavatel juhtudel võib aine avaldada sama mõju ka muus kui nanovormis.

OHTLIKKUSE KATEGORIAD¹⁷

- Kõrge ohtlikkuste** – kõige ohtlikumad on halvasti lahustuvad või lahustumatud nanokiud: toksikoloogilised uuringud on näidanud, et rinnakelmeõõnde püsima jäänud pikad nanokiud võivad tekitada püsivat põletikku ja põhjustada pikaajalisi terviseprobleeme, nagu fibroos ja kopsuvähk. Kuigi tõendeid toksiliste mõjude kohta on leitud üle 10–20 µm pikkuste jäikade kiudude puhul, tuleks kõiki üle 5 µm pikkuseid kiude (WHO kriteeriumidele vastavad kiud), olenemata nende jäikusest, lugeda väga ohtlikuks, sest nn kohevad nanokiud võivad kokku põimuda ja käituda organismis jäikade kiududena. Need omadused on teatavat liiki süsiniknanotorudel, mida tuleks lugeda väga ohtlikuks.
- Keskmiselt kõrge ohtlikkuste** – halvasti lahustuvaid või lahustumatuid (lahustuvus vees alla 100 mg/l) nanoosakesi, mida iseloomustab spetsiifiline toksilisus, ning halvasti lahustuvaid või lahustumatuid suure mõõdusuhtega nanoosakesi (välja arvatud halvasti lahustuvad või lahustumatud WHO määratlusele vastavad nanokiud) tuleks lugeda keskmiselt kõrge ohtlikkustemega osakesteks. See kategooria hõlmab toksiliste omadustega nanomaterjale ja nanomaterjale, mille puhul on ainel toksilised omadused makrotasandil, ning ei ole andmeid selle kohta, et nanovormis ainel samasugused omadused puuduvad. Lisaks tuleks need halvasti lahustuvad või lahustumatud suure mõõdusuhtega nanoosakesed, mis ei kuulu kõrge ohtlikkustemega kategooriasse (nanoliistakud, alla 5 µm pikkused nanokiud), lugeda keskmiselt kõrge ohtlikkustemega osakesteks seetõttu, et need on võimelised tungima sügavale kopsudesse ja tekitama põletikulise reaktsiooni. Keskmiselt suurt ohtu kujutavate nanomaterjalide hulka kuuluvad näiteks nanohõbe, kulla nanoosakesed ja tsinkoksiidi nanoosakesed.
- Keskmiselt madal ohtlikkuste** – halvasti lahustuvad või lahustumatud nanomaterjalid, millel puudub spetsiifiline toksilisus ja suur mõõdusuhe, on keskmiselt madala ohtlikkustemega: neil tehisnanomaterjalidel ei ole spetsiifilisi toksilisi omadusi peale nende, mis on ainele iseloomulikud. Siia alla kuuluvad tahm ja titaandioksiid.
- Madal ohtlikkuste** – kõiki nanomaterjale, mille lahustuvus vees on üle 100 mg/l, tuleks lugeda nanospetsiifiliste toksikoloogiliste mõjude poolest väheohtlikuks. Oma lahustuvuse tõttu ei püsi nanoosakesed organismis nii kaua, et avaldada tervisele nanospetsiifilist kahjulikku mõju. Sellesse kategooriasse kuuluvad näiteks järgmised tehisnanomaterjalid: naatriumkloriidi nanoosakesed, lipiidide nanoosakesed, jahu nanoosakesed, suhkru nanoosakesed ja amorfne ränidioksiid.



4.2.3 OHTLIKKUSASTME LIIGITAMINE – TOLMUSUS JA SÜTTIVUS

- **Tolmusus** – tolmusust võib määratleda tahke aine kalduvusena tekitada mehaanilise töötlemise korral õhus lenduvat tolmu. Juhendi kasutamise hõlbustamiseks on tabelis 4.4 esitatud uuesti ECHA soovitatud tolmususe tasemed (2012)¹⁸.
- **Süttivus** – süttivuse mõiste on seotud sellega, kui kergesti aine süttib või põleb. Nanoskaalas metallipulbrid süttivad üldiselt kergesti, süsinikust nanomaterjalid seevastu mitte (Safe Work Australia 2013)¹⁹. Täielikult oksüdeerunud materjalid, nagu ränidioksiid, tseeriumdioksiid ja tsinkoksiid ei sütti ega põle.

Tabel 4.4. Tolmususe tasemed

Tase	Tolmusus
Kõrge	Peened, kerged pulbrid. Kasutamisel võib näha tolmpulvede moodustumist ja mõne minuti vältel õhus püsivust. Näiteks tsement, titaandioksiid, paljundusmasina tooner.
Keskmine	Kristallilised, teralised tahked ained. Kasutamisel võib näha tolmu, kuid see langeb kiiresti maha. Pärast kasutamist on pinnal näha tolmu. Näiteks seebipulber, suhkruterad.
Madal	Pelletilaadsed, mittemurenevad tahked ained. Kasutamisel täheldatud tolmu kohta on vähe tõendeid. Näiteks PVC-pelletid, vahad.

18 ECHA, „Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.14: Occupational exposure estimation” (Teabele esitatavate nõuete ja kemikaaliohutuse juhend. Peatükk R.14. Töökeskkonna kokkupuutumise hindamine). Versioon 2.1, november 2012.

19 Safe Work Australia, „Safety Hazards of Engineered Nanomaterials, Information sheet”, 2013. Kättesaadav aadressil <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/safety-hazards-engineered-nanomaterials.pdf>

20 Loetelu on esitatud veebisaidil [goodnanoguide.org](http://www.goodnanoguide.org) ja see on kättesaadav aadressil <http://www.goodnanoguide.org/Assess+Potential+Exposures>

21 Neid küsimusi soovitas kasutada CSIRO dokumendis „Safe handling and use of Carbon NanoTubes”, 2012 (koostatud Safe Work Australia jaoks ja kohandatud).

4.3 III ETAPP: KOKKUPUUTE HINDAMINE

Iga riskihindamise peamine osa on töötajate võimaliku kokkupuute põhjalik tundmaõppimine.

Iga tehisanomaterjali puhul tuleks teha kindlaks tavapärase töökohas tehtavad toimingud ja muud eeldatavad sündmused (nt juhuslikud pihkumised või muud võimalikud seadmete/vahendite rikked), mille tagajärjel võib tehisanomaterjali eralduda ja töötajatega kokku puutuda. Iga tehisanomaterjali olusringi võivad mõjutada järgmises loetelus esitatud üldised toimingud²⁰:

- materjali vastuvõtmine, lahtipakkimine ja üleandmine;
- laboritoimingud;
- tootmine ja töötlemine;
- puhastus- ja hooldustööd;
- ladustamine, pakendamine ja edasitoimetamine;
- jäätmekäitlus;
- mõistlikult eeldatavad hädaolukorrad.

Iga tehisanomaterjaliga seotud töö puhul tuleks vajaduse korral esitada järgmised küsimused²¹.

- Missugused on tööülesanded, mille käigus töötajad puutuvad kokku tehisanomaterjalidega?
- Kas materjal on tolmu, kas protsessi käigus võib tekkida tehisanomaterjalide tolmu või aerosoole?
- Kas protsess hõlmab lõikamist, peenestamist, hõõrumist või muud tehisanomaterjalide või neid sisaldavate materjalide mehaanilist eraldamist?
- Missugune on tehisanomaterjalide füüsikaline olek igas tööprotsessi etapis (nt *kuiv pulber/suspensioon või vedelik/ seotud muude materjalidega*)?

- Missugused on võimalikud inimestega kokkupuutumise viisid (nt sissehingamine, nahakaudne imendumine)?
- Kui tõenäoline on kokkupuude? Arvesse tuleb võtta nii kokkupuudet tavalises igapäevases töös kui ka õnnetuste ja hooldusega seoses.
- Kui sageli kokkupuuted tõenäoliselt tekivad (näiteks pidevalt töö ajal, vahetevahel, harva)?

Juhendi kasutamise hõlbustamiseks on tabelis 4.5 esitatud tehisanomaterjalide käitlemist sisaldavate võimalike tegevuste loetelu. Tabelit tuleks vajaduse korral vastavalt muuta ja kasutada kokkupuute hindamise seisukohalt asjakohase teabe registreerimiseks.

Mõnel juhul võivad muude kui nanotasandi keemiliste mõjuritega tekitatavate riskide vähendamiseks kehtestatud riskijuhtimismeetmed tolmu/udu/hälguse tekke juba eelnevalt ära hoida. Sellisel juhul tuleks kontrollida nende riskijuhtimismeetmete tõhusust töötajate ja tehisanomaterjalide kokkupuutumise vähendamisel. Paigaldatud seadmete/isikukaitsevahenditega kaasasolevad teabelehed võivad sisaldada andmeid nende tõhususe kohta keemiliste mõjurite eri vormide puhul. Kui selline teave ei ole kättesaadav, peaks töödaja küsima seda seadmete/vahendite tarnijalt või pöörduma nõuande saamiseks spetsialisti poole.

Tabel 4.5. Toimingud, millega seoses võib tekkida kokkupuude tehisnanomaterjalidega

Tehisnanomaterjali(de) nimetus:					
Tegevus	Kogus (kg, l)	Tolmuheide (jah/ei)	Kestus (minutites)	Sagedus (aeg päevas/nädalas/kuus)	Töötajate arv ja ID
Tehisnanomaterjali tootmine					
Tehisnanomaterjali vastuvõtt ja ladustamine					
Transportimine käitis (kahvellaaduriga, käsitsi jne)					
Masinate käsitsemine					
Käitlemine (anumate, ventiilide, plommide avamine, kottide tühjendamine, harjamine, pihustamine jne)					
Töötlemine (puurimine, hõõrumine, poleerimine jne)					
Filtreerimine/eraldamine					
Proovivõtmine (kvaliteedikontroll)					
Lõpptootega täitmine/pakendamine					
Seadmete puhastamine ja hooldamine					
Tööt territooriumi puhastamine (nt põrand, seinad jne)					
Transport väljaspool käitist (konteineris maa-/mere-/õhuteed pidi)					
Jäätmete kohapealne käitlemine					
Jäätmete kogumine					
Jäätmete kõrvaldamine					
Eriolukorrad					
Muud toimingud					





Tabelist 4.4 ja 4.5 kogutud andmete alusel on tabelis 4.6 esitatud kokkupuute kategooriad vastavalt toimingute eripäradele ja aine/segu tolmususele. Kokkupuudet tuleks hinnata kõikide tehisnanomaterjalide puhul, mis on iga tegevusega seoses kindlaks tehtud.

Tasub meeles pidada, et keemiliste mõjurite direktiivi artikli 4 lõike 2 järgimiseks tuleks kogu riskihindamiseks kogutud teave dokumenteerida „vastavalt siseriiklikele normidele ja tavale“.





Tabel 4.6. Töö käigus esineva kokkupuute hindamine

Tehisnainomaterjali(de) nimetus:				
Kokkupuute ulatus	Kirjeldus	Tegevus 1	Tegevus ...	
 Suur	<p>Vabad/sidumata tehisnainomaterjalid, tolmususe kõrge tase, tehisnainomaterjalide tõenäoline eraldumine</p> <p>Tööülesanded, mis tõenäoliselt tekitavad õhus lenduvaid tehisnainomaterjale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tehisnainomaterjalide tootmine — nt süntees, ülevalt alla protsess; • tehisnainomaterjali käitlemine kuivas olekus või pulbrivormis (nt proovivõtmine, kaalumine ja mõõtmine, kaapimine, kottide pakkimine ja avamine); • tehisnainomaterjale sisaldava lahuse pihustamine; • seadmete/vahendite puhastamine ja hooldamine. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
 Keskmiselt suur	<p>Tehisnainomaterjali (rabe või habras materjal) võimalik eraldumine, tolmususe keskmine tase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tehisnainomaterjalide kuivsegamine koostisesse (nt polümeer); • nanovormis tahkete ainete või tehisnainomaterjale sisaldavate tahkete segude töötlemine (nt punumine, kudumine, põimimine, lõikamine, peenestamine, kaapimine jms); • tehisnainomaterjale sisaldava aine lõikamine/peenestamine, kui neid on võimalik aine koostisest eraldada. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
 Keskmiselt väike	<p>Tehisnainomaterjalide eraldumine eeldatavasti väga vähene, tolmususe madal tase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tehisnainomaterjale sisaldavate ainete (nt värvid või polümeerid) pressimine ja töötlemine; • tehisnainomaterjale sisaldavate ainete töötlemine, kujundamine, vormimine; • tehisnainomaterjale sisaldava aine lõikamine/peenestamine, kui eraldumine on ebatõenäoline; • tehisnainomaterjale sisaldavate lahuste segamine või loksutamine; • tehisnainomaterjalid on toodetes või 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
 Väike	<p>Tehisnainomaterjalide ebatõenäoline eraldumine:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pressitud toote värvimine, pinna katmine (välja arvatud pihustamine) ja pakendamine; • tehisnainomaterjalid on ainesse seotud ja töötlemist ei toimu. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

4.4 IV ETAPP: RISKI LIIGITAMINE (RISKIANALÜÜSI KOOSTAMINE KONTROLLITASEMETE KAUPA)

Käesolevas juhendis esitatud lihtsustatud riskihindamismenetlused on töötatud välja eesmärgiga aidata tööandjatel teha kindlaks, missuguseid kontrollimeetmeid oleks vaja rakendada. Käesolevas jaotises kirjeldatakse üldiselt kontrollitasemete kaupa koostatava riskianalüüsi ideed ja viisi, kuidas seda võiks rakendada nanomaterjalidega konkreetse kokkupuutumise riskihindamises.

Osa liikmesriike on töötanud selle küsimuse käsitlemiseks välja riiklikud juhenddokumendid (vt II lisas esitatud

viited) ning nagu 1. osas on märgitud, peaksid tööandjad järgima kõiki kehtivaid riiklikke nõudeid.

Juhendis esitatud menetlust kasutatakse eesmärgiga leida hinnatava tegevuse jaoks sobivad riskijuhtimismeetmed. Tabelis 4.7 on esitatud neli võimalikku riskiastet, mille määramisel on ühendatud terviseohtlikkuskategooriateningigatehisnanomaterjali ja tegevusega seotud kokkupuutemäärade andmed. Vastavalt määratud riskiastmele on järgmistes jaotistes esitatud mitu tehnilist lahendust.

Tabel 4.7. Kontrollitasemete kaupa koostatav riskianalüüs: riskiaste = ohtlikkuse kategooria x kokkupuute ulatus

Ohtlikkuse kategooria	Kokkupuute ulatus			
	Väike	Keskmiselt väike	Keskmiselt suur	Suur
Madal	1	1	2	2
Keskmiselt madal	1	2	2	3
Keskmiselt kõrge	2	2	3	4
Kõrge	3	3	4	4

1. ja 2. riskiastme puhul, kus kokkupuute on väike, keskmiselt väike ja/või tehisanomaterjalide potentsiaalne ohtlikkusaste on madal või keskmiselt madal, loetakse, et keemiliste mõjurite direktiivi artikli 6 lõikes 4 osutatud riski piisava ennetamise ja kaitse võib saavutada tavaliste riskijuhtimismeetmete rakendamisega ning täiendavaid regulaarseid kokkupuute mõõtmisi ei ole vaja teha. Tööstust peavad ise otsustama, kas sellisest meetodist töötajate tervise kaitsmiseks piisab.

1. ja 2. riskiastme jaoks on jaotises 4.6 toodud ülevaade kontrollide hierarhia ja eri riskiastmete korral soovitatavate riskijuhtimismeetmete kohta.

3. ja 4. riskiastme korral peaks enne iga riskijuhtimismeetme (esitatud jaotises 4.6) rakendamist toimuma üksikasjalik riskihindamine (mida on kirjeldatud jaotises 4.5).

Mida kõrgem on riskiaste, seda rangemad peaksid olema riskijuhtimismeetmed. Kui kontrollitasemete kaupa koostatava riskianalüüsi tulemuse suhtes ollakse ebakindlad, tuleb teha üksikasjalik riskihindamine, mis tavaliselt hõlmab sisalduse mõõtmist õhus (vt jaotis 4.5). Kõrgemate riskiastmete korral (3. ja 4. aste) on üldjuhul soovitatav korraldada üksikasjalik hindamine.

Vastavalt määratud riskiastmele võib tabelit 4.8 kasutada asjakohaste kontrollitasemete registreerimiseks tehisanomaterjalide ja toimingute kaupa.

Tabel 4.8. Asjakohase kontrollitaseme registreerimine

Nr	MNM	Toiming	Kontrollitase	1	2	3	4
1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	jne	jne		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

22 IFA, „Criteria for assessment of the effectiveness of protective measures”, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), 2009. Kättesaadav IFA veebisaidil (<http://www.dguv.de/ifa/en>)

23 Vt FNV, VNO, NCW, CNV, „Guidance working safely with nanomaterials and products, the guide for employers and employees” (koostatud Madalmaade sotsiaal- ja tööhõiveministeeriumi jaoks), 2011.

24 Pauluhn, J., „Multi-walled Carbon Nanotubes (Baytubes®): Approach for Derivation of Occupational Exposure Limit”, Regulatory Toxicology and Pharmacology, DOI: 10.1016/j.yrtph.2009.12.012, 2009

25 NIOSH, „Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers”, Current Intelligence Bulletin 65, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 2013.

26 Stone V. et al, ENRHES, „Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety”, Edinburgh Napier University, 2009. Kättesaadav aadressil <https://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report133.pdf>

27 NIOSH, „Occupational Exposure to Titanium Dioxide”, Current Intelligence Bulletin 63, aprill 2011. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>

4.5 V ETAPP: ÜSIKASJALIK RISKIHINDAMINE

Töötervishoiu- ja -ohutustavade üks olulisi põhimõtteid on hinnata võimalikku kokkupuudet kvantitatiivselt ja kontrollida tehnilise kontrolli asjakohasust. Eeskätt on tehnilise kontrolli nõuetekohast toimimist vaja korrapäraselt jälgida ohtlike ainete korral (olenemata sellest, kas tegemist on nano- või makrotasandiga).

Seda võib sobiva proovivõtmise ja analüütilise meetodika olemasolu korral täiendada kokkupuute korrapärase mõõtmistega, võttes arvesse kõiki tehisanomaterjalidega seotud ohtlike ainete piirnorme töökeskkonnas.

Tehisanomaterjalidele, mis ei ole klassifitseeritud terviseohtlikuks ja mille kohta ei ole Euroopa ja liikmesriikide tasandil kehtestatud ohtlike ainete piirnorme töökeskkonnas, võib tootja olla kooskõlas REACH-määrusega kehtestanud nanospetsiifilise tuletatud mittetoimiva taseme (DNEL) väärtuse (kuigi see oleks tõenäoline ainult juhul, kui aine turumaht on > 10 tonni aastas ja see on klassifitseeritud CLP-määruse alusel). Sellisel juhul on ohutuskaardile lisatud REACH-määruse kohane kokkupuutetsenaarium teave riskijuhtimismeetmete ja käitlemistingimuste kohta.

Teatavate nanomaterjalide puhul on tööstusharu ja teadlased soovitanud kas konkreetseid ohtlike ainete piirnorme töökeskkonnas või tuletatud mittetoimivaid tasemeid (kokkuvõtte tabelis 4.9). Mõni ettevõtja ja teadusastutus on soovitanud ka mitmekihiliste süsiniknanotorudega seotud ohtlike ainete piinormi töökeskkonnas (Bayer, Nanocyl ja NIOSH); V. Stone'i jt eksperimentaaluurimuses (2009) kasutati tuletatud mittetoimivate tasemete arvutamisel mitmekihiliste süsiniknanotorude, fullereenide, Ag ja TiO₂ jaoks etteantud hindamistegureid sisaldavat tuletatud mittetoimiva taseme arvutamise meetodikat. Šveitsis kehtestas riiklik õnnetusjuhtumite kindlustusfond 2011. aastal süsiniknanotorude kohta piinormi 0,01 kiudu milliliitri kohta (SECO 2012).

Isegi kui tehisanomaterjalidega seotud ohtlike ainete piirnorme töökeskkonnas ei ole määratud, võib kaaluda kokkupuute seireprogrammide loomist (kas töökoha ümbritsevas õhus sisalduvate tasemete või töötajate hingamistsoonide sisalduse määramiseks, kasutades isiklikke proovivõtuseadmeid) – tingimusel et seda peetakse ettevaatusmeetmena arukaks. Eriti asjakohane võib see olla kahe kõige kõrgema ohtlikkustasemega tehisanomaterjaliliigi korral. Kui kokkupuute vastuvõetavuse hindamiseks puuduvad selged kriteeriumid, tuleks võtta teadmiseks, et mõni organisatsioon on leidnud, et praktiline meetod juhul, kui ohtlike ainete piinormid töökeskkonnas või tuletatud mittetoimiva taseme väärtused puuduvad, oleks võrrelda nanomaterjalidega kokkupuutumise ulatust nominaalsete, muude kui tervisepõhiste võrdlusalustega. Selliste võrdlusalustel põhinevate meetodite hulka kuuluvad IFA²² meetod ja Madalmaades nanomaterjalide kontrollväärtuste²³ kasutamine.

Igal juhul on miinimumina vaja tagada vastavus kõikidele kehtestatud üldistele piinormidele (nagu alveolaarsete ja respiratoorsete tolmufraktsioonide üldised piinormid), olenemata selliste fraktsioonide allikatest (olgu tegemist tehisanomaterjalide, protsessi käigus tekkinud või juhuslike osakestega). Sellise seire väljund oleks hinnata, kui asjakohased on kontrollimeetmed, mis on kehtestatud töötajate ohutuse tagamiseks nanoosakestega kokkupuutumisel, kuna sissehingatav osakeste fraktsioon sisaldab õhus olevate osakeste nanofraktsiooni.

Tabel 4.9. Soovitatavad kokkupuute piinormid ja tuletatud mittetoimivad tasemed 2013. aasta märtsi seisuga

Aine		Soovitatav kokkupuute piinorm (µg/m ³)	Tuletatud mittetoimiv tase (µg/m ³)	Viide
Mitmehihiline süsiniknanotoru	Pikaajaline kokkupuude		50	Pauluhn, 2009 ²⁴
Süsiniknanotoru ja süsiniknanokiud	8 tunni ajaliselt kaalutud keskmine	1		NIOSH, 2013 ²⁵
Fullerēnes	Krooniline sissehingamine		270	Stone et al, 2009 ²⁶
Ag (18-19 nm)	Tuletatud mittetoimiv tase		98	Stone et al, 2009
TiO ₂ (10–100 nm) (soovitatav kokkupuute piinorm)	10 tundi päevas, 40 tundi nädalas	300		NIOSH, 2011 ²⁷

Nanoosakeste või nanokiudude range seireprogrammi rakendamine on siiski keeruline ülesanne: juhendi koostamise ajal ei olnud ELi tasandil kehtestatud ühtegi konkreetselt nanomaterjalidega seotud ametliku ohtlike ainete piinormi, proovivõtu- ja mõõtmismeetodeid uuriti alles ning äriettevõtetes rakendatavad lihtsad meetodid kokkupuute praktiliseks seireks veel puudusid (vt V lisa). **Sellistes tingimustes on üldiselt soovitatav keskenduda hea tööhügieeni põhimõtete järgimisele ja võtta kooskõlas jaotisega 4.6 kõik teostatavad meetmed kokkupuute vältimiseks ja kontrollimiseks.**

Kokkupuute mõõtmise korral tuleks riskijuhtimismeetmete rakendamisel lähtuda mõõtmistulemustest, nagu on märgitud järgmises jaotises.

4.6 VI ETAPP: RISKIJUHTIMINE

4.6.1 ÜLDPÕHIMÕTTED, KONTROLLIDE HIERARHIA JA RISKIJUHTIMISMEETMED

Mõnes riiklikus juhendis on hinnatud ja soovitatud riskijuhtimisemeetmeid (vt III lisa).

Ohtlike keemiliste mõjuritega seotud riskide ennetamise üldpõhimõtted on sätestatud töötervishoiu ja -ohutuse raamdirektiivi 89/391/EMÜ artikli 6 lõigetes 1 ja 2 ning keemiliste mõjurite direktiivi artiklis 5 (esitatud 2. selgituses) ning neid võib täies ulatuses kohaldada ka tehisnanomaterjalide riskijuhtimise suhtes. Praegu sõltub tehisnanomaterjalidega seotud kindlakstehtud risk tehisnanomaterjali ohtlikest omadustest ning võimalusest, et töötajad neid materjale sisse hingavad. Kui töökohas kasutatavaid või käideldavaid tehisnanomaterjale ei saa asendada

muude vähem ohtlike keemiliste mõjuritega või teha neid kättesaadavaks teistsuguses vormis, mida ei saa sisse hingata (nt pelletid), tuleb riski vähendada ennetus- või kaitsemeetmete abil. Lihtne strateegia on näiteks tehisnanomaterjalide käitlemine vedelas keskkonnas või nende sidumine tahkes keskkonnas.

„Nende põhimõtete rakendamine ohtlike keemiliste mõjuritega seotud töö puhul tähendab peamiste ennetusmeetmete integreerimist tööprotsessi ning üldiselt loogika ja kaine mõistuse kasutamist.” (Euroopa Komisjon 2004). Nende kohaldatavust tehisnanomaterjalide suhtes selgitatakse pikemalt 2. selgituses.

2. selgitus. Üldpõhimõtted ohtlike keemiliste mõjuritega seotud riski vältimiseks (keemiliste mõjurite direktiivi artikkel 5)

Ohtlike keemiliste mõjuritega seotud risk tööalsete töötajate tervisele ja ohutusele kõrvaldatakse või vähendatakse miinimumini järgmiste vahendite abil:

- töökohas tööprotsessi kavandamine ja korraldamine,
- keemiliste mõjuritega töötamiseks sobivate vahendite kasutamine ja nende korrashoid, millega tagatakse töötajate tervis ja ohutus tööal,
- ohtlike mõjuritega kokkupuutuvate või tõenäoliselt kokkupuutuvate isikute arvu vähendamine miinimumini,
- ohtlike mõjuritega kokkupuutumisaaja ja intensiivsuse vähendamine miinimumini,
- asjakohaste hügieenimeetmete võtmine, töökohas keemiliste mõjurite arvu vähendamine asjaomaseks tööks vajaliku miinimumini,
- sobivad tööprotseduurid, kaasa arvatud töökoha piires ohtlike keemiliste mõjurite ja selliseid keemilisi mõjureid sisaldavate jäätmete ohutu käitlemise, ladustamise ja veo korraldamine.

Nende põhimõtete kohaldamisel tuleks järgida väljakujunenud kontrollide hierarhiat (esitatud tabelis 4.10). Tehisnanomaterjalide ohutu käitlemise tagamiseks peaksid tööandjad võtma vastavalt vajadusele järgmistes lõikudes soovitatud kontrollimeetmeid.

Tabel 4.10. Kontrollide hierarhia

Kõrvaldamine/asendamine	Tehisnainomaterjali põhjustatud riske on võimalik kõrvaldada, vältides materjali kasutamist või asendades selle vähem ohtlikuga, võttes arvesse selle kasutustingimusi. Kantseroogeenideks või mutageenideks klassifitseeritud tehisnainomaterjalid (või tavaolekus materjalid) tuleks asendada esmajärjekorras.
Protsessi muutmine	Protsessi muutmine eesmärgiga vähendada ohu ulatust, nt <ul style="list-style-type: none"> • tehisnainomaterjalide käitlemine vedelas keskkonnas või nende sidumine tahkes keskkonnas; • käideldavate tehisnainomaterjalide koguse vähendamine igal võimalikul juhul või • tööprotseduuride muutmine kokkupuute vähendamiseks.
Isoleerimine või sulgemine	Kõik tehisnainomaterjalide töenäolist õhku eraldumist hõlmavad toimingud tuleb teha kontrollitud käitistes või kaitstud kohast kaugjuhtimise teel.
Tehniline kontroll	Kõik protsessid, mille käigus võib tekkida tehisnainomaterjalide tolmu või aerosoole, tuleb teha töhusa kohtäratõmbega ruumides. Tehisnainomaterjale sisaldavate tahkete toodete lõikamiseks soovitatakse märglõikust.
Halduskontroll	Tehisnainomaterjalide ohutuks käitlemiseks tuleb töötada välja tööprotseduurid ja individuaalse kokkupuute vähendamiseks rakendada töövahetuste programme. Tehisnainomaterjalidega kokku puutuda võivaid töötajaid nõustatakse ja teavitatakse riskihindamise tulemustest ja neile tagatakse rakendatavaid kontrollimeetmeid käsitlev koolitus. Kehtestada tuleks eriolukordade ohjamise kava.
Isikukaitsevahendid	Isikukaitsevahendid on viimase turvaabinõuna võetav kontrollimeede või täiendav võimalus, mille abil toetada esmatähtsaid meetmeid. Isikukaitsevahendid võivad hõlmata hingamisteede kaitsevahendeid, naha- ja silmakaitsevahendeid.

Tööprotsessi kavandamine ja korraldamine

Tööprotsesside kavandamisel tuleks kaaluda kuivade ülipiirte osakeste käitlemisest tulenevaid riske ning tehnilisi ja majanduslikke tahke.

Tehisnainomaterjalidega töötamiseks sobivate vahendite kasutamine ja nende korrashoid töötajate tervise ja ohutuse tagamiseks töö

Kõikides töökohtades tuleb järgida direktiivis 89/654/EMÜ sätestatud ventilatsiooni miinimumnõudeid, konkreetsemalt järgmist sätet.

„6. Kinniste töökohtade ventilatsioon

6.1. Tuleb võtta meetmeid, et tagada kinniste töökohtade piisav varustatus värske õhuga, võttes arvesse kasutatavate töömeetodeid ja töötajatele esitatavaid füüsilisi nõudmisi. Kui kasutatakse sundventilatsioonisüsteemi, tuleb see hoida töökorras.

Kontrollisüsteem peab märku andma kõikidest rikestest, kui see on vajalik töötajate tervishoiu seisukohast.

6.2. Kui kasutatakse kliimaseadet või mehaanilist ventilatsioonisüsteemi, peavad need töötama nii, et töötajad ei satu vaevusi põhjustavasse tuuletõmbusesse.

Igasugune sade või mustus, mis võib õhku saastates töötajate tervist otseselt ohustada, tuleb viivitamata kõrvaldada.

Ventilatsioonikontrolli kavandamise eesmärk peaks olema kokkupuutekoha piisav kontroll kõikide toimingute puhul, millega kaasneb oht puutuda kokku vabade nanoosakestega, sh pakkimine kõrvaldamise eesmärgil.

Kinnise ala filtreerimissüsteemide sobivus sõltub käideldava nanomaterjali laadist. Bioloogiliselt püsivate süsiniknanotorude ja suure mõõdusuhtega nanoosakeste puhul tuleks väljuvat õhku filtreerida HEPA H14 klassi filtriga. Ilma kanaliteta HEPA-filtreeritud ohutud ruumid ja HEPA-filtreeritud mikrobioloogiliselt ohutud ruumid võivad sobida üksnes väikeseid koguseid (nt < 1 gramm süsiniknanotorusid) hõlmavateks protseduurideks. Nanomaterjalide puhul, mis ei kujuta endast tervisele konkreetset ohtu, tuleks kasutada vähemalt H13 klassi HEPA-filtreid. Komposiitnainomaterjalide lõikamiseks, saagimiseks ja poleerimiseks võivad sobida aga muud liiki tõmbekapid ja kubud (nt avatud kohtäratõmbega ja tagantäratõmbega kubud ja äratõmbega töölaud). Kui tõmbekapi kasutamine on ebapraktiline, tuleks protsessi võimalikult suletuna hoidmiseks kavandada kohtväljatõmbesüsteemid.

Peale selle on oluline kaaluda hoolikalt kõikide kasutatavate isikukaitsevahendite laadi. Mitme nanomaterjali puhul on sobilik kasutada võimalikku

kokkupuudet hõlmavates tingimustes polüestri-
puuvillast või puuvillast laborikitleid või kaitseülkondi.
Kui riietus on korduvkasutatav, tuleks lisaks mõelda
asjakohastele pesemisvõimalustele. Teisese
kokkupuuteriski välistamiseks ei tohiks lubada pesta
riideid väljaspool tööruume.

Väga ohtlike tehisnanomaterjalide puhul
soovitatakse kasutada näiteks polüetüleenkangast
valmistatud kaitseriietust, sest tõendid näitavad,
et sellised tehisnanomaterjalid võivad tungida
läbi terve ühekordselt kasutatava kaitseriietuse
materjalidest ja järelkult võivad need läbida
kootud korduvkasutatavaid materjale. Väga ohtlike
tehisnanomaterjalide puhul ei ole soovitatav kasutada
villaseid, puuvillaseid, polüestri-puuvilla segust ja
kootud materjale.

Kinnaste valimisega seoses tuleks võtta teadmiseks, et
pakutav kaitse sõltub peamiselt materjali tihedusest.
Oluline on arvestada ka muid töökeskkonnas esineda
võivaid aineid (nt lahusti). Kui selgub, et ohutuim
valik on lateks, on oluline kasutada üksnes ilma
puudrita väikese proteiinisisaldusega kindaid. Mõne
nanomaterjali puhul võib kasutada nõuetekohase
standardi järgi valmistatud ühekordselt kasutatavaid
kindaid. Väga ohtlike tehisnanomaterjalide korral
soovitatakse kanda vähemalt kaht kihti kindaid.

Soovitatav on kasutada ka silmakaitsevahendeid.
Kõikide nanomaterjalide puhul tuleks miinimumina
kasutada tihedalt istuvaid kaitseprille.

Hingamisteede kaitsevahendeid tuleks kasutada
vaid siis, kui kõik muud põhjendatud teostatavad
meetmed on võetud, kuid need üksi ei ole taganud
piisavat kontrolli. Kui neid kasutatakse koos muude
meetmetega (nt teisese ettevaatusabinõuna), peaks

ühekordsed ja poolmaskid olema nõuetekohase
kaitseteguriga APF. Kui suure tõhususega maski
tuleb kanda pikka aega, tuleks kaaluda autonoomse
õhuvooluga mootoriga mudelite kasutamist. Et tagada
õige paigaldamine ja nõuetekohane kasutamine, tuleb
kõikidel töötajatel, kes peavad kandma hingamisteede
kaitsevahendeid, katsetada näomaski sobivust ja
läbida kooolitus.

Ohtlike mõjuritega kokkupuutuvate või tõenäoliselt kokkupuutuvate isikute arvu vähendamine miinimumini

Selle korraldusliku meetmega püütakse vähendada
tehisnanomaterjalidega töötamisega kaasnevat
kollektiivset riski. See ei kahanda aga individuaalset
riski. Tehisnanomaterjalidega kokkupuutuvate isikute
arvu vähendamiseks tuleb töö korraldada nii, et sellised
tööruumid on eraldatud muust tööterritooriumist ja
juurdepääs neile ruumidele on piiratud.

Ohtlike mõjuritega kokkupuutumisaja ja intensiivsuse vähendamine miinimumini

Tehisnanomaterjalidega töötamisel tuleks eriti
vähendada sissehingamist. Seda saab teha kahel
viisil: vähendades kontsentratsiooni keskkonnas (nt
ventilatsioonisüsteemide paigaldamisega) ja piirates
tehisnanomaterjalidega kokkupuutumise aega. Sageli
saab kokkupuudet vähendada lihtsate korduvate
käsitsi tehtavate toimingute (nt kottide avamine,
seadmete/vahendite puhastamine suruõhuga jne)
ettevaatliku sooritamisega.

Asjakohaste hügieenimeetmete võtmine

On ülimalt oluline, et töökohad, kus esineb
nanomaterjale, hoitaks väga puhtad, sest
nanomaterjalide väikesed mõõtmed võimaldavad



neil kergesti õhku sattuda ja levida õhus, kuhu nad võivad jääda pikaks ajaks hõljuma sõltuvalt sellest, kas nad suudavad pahme (aglomeraate) moodustada. Õhus lendlevad pahmudeks ühinemata nanoosakesed käituvad nagu gaasid ja levivad kiiresti pikkade vahemaade taha ning sadenevad väga aeglaselt. Seepärast tuleks tehnilise ja töökorraldusliku kontrollisüsteemiga püüda piirata õhus leiduvate nanoosakeste eraldumis- või kogunemisvõimalusi töökeskkonnas. Ka on oluline, et nanomaterjalide mahavalgumise korral EI kasutataks puhastamiseks harja, suruõhku ega tavalist tolmuimejat. Kõrvaldamiseks tuleks rakendada ainult selleks eesmärgiks ettenähtud kutsetöös kasutatavat HEPA-filtriga tolmuimejat. Filtrit tuleb regulaarselt kontrollitud tingimustes vahetada, et tagada ohtliku jäätmena kõrvaldatava sisu eraldatus. Ka tolmuimejat tuleb selle kasutusea lõppedes käidelda ohtliku jäätmena. Ka mahavalgumise koht ja kõik potentsiaalselt saastunud seadmed ja vahendid tuleks märgpuhastada.

Töökohas asjaomaseks tööks vajalike tehisanomaterjalide koguse vähendamine miinimumini

Iga tegevusega seoses kasutatavate või käideldavate tehisanomaterjalide koguse vähendamine toob kaasa kokkupuute ja seega riski ulatuse tulemusliku vähenemise.

Sobivad tööprotseduurid, kaasa arvatud puhastus- ja hooldustööde korraldamine ning töökoha piires tehisanomaterjalide ja selliseid tehisanomaterjale sisaldavate jäätmete ohutu käitlemise, ladustamise ja veo korraldamine

Tööruume peaksid puhastama ja tehisanomaterjalide töötlemiseks kasutatavaid seadmeid hooldama sobilikke isikukaitsevahendeid kandvad vastava ettevalmistusega töötajad. Soovitav on kasutada märgpuhastust või tolmuklassi H jaoks ettenähtud tööstuslikku tolmuimejat. Puhastamisel tuleks vältida tugevaid veejugasid, et vähendada tolmu lendumise võimalust. Vältida tuleks suruõhuga puhastamist.

Tööprotseduuride õige kavandamine võib ebavajaliku kokkupuute ära hoida. Tehisanomaterjale peaksid käitlema, ladustama ja transportima üksnes väljaõpetatud töötajad.

Nanomaterjalidega saastunud jäätmete kõrvaldamisel tuleks lähtuda ettevaatusprintsibiist, välja arvatud juhul, kui materjal ei põhjusta teadaolevalt võimalikke ohte ega probleeme. Muul juhul tuleks jäätmepakkida kahekordsetesse kottidesse või isoleerida kahekordsetesse märgistatud ja suletud anumatesse ja kõrvaldada ohtlike jäätmelike (eelistatavalt põletades).

Erakorralised meetmed juhusliku keskkonda sattumise korral

Kuivade nanopulbrite mahaasattumisel või erakorralistes olukordades, mille tagajärjeks võib olla suur tehisanomaterjalidega kokkupuude, tuleks kõik inimesed tööruumidest evakueerida. Õnnetuse ala tuleks piirata ja sinna tuleks uuesti siseneda alles siis, kui tehisanomaterjalid on maha langenud; kuna igal juhul jääb teatud osa tehisanomaterjale õhku, tuleks puhastustöödel kanda sobivaid isikukaitsevahendeid (näiteks 5. tüüpi tolmukaitseülkond, kindad ja P3-filtriga respiraator).

Rakendatavate riskijuhtimismeetmete registreerimiseks võib kasutada tabelit 4.11 (jaotise lõpus).





4.6.2 1. RISKIASTE

Üldiselt võib sellistes olukordades pidada riski töötajate ohutusele ja tervisele väikeseks keemiliste mõjurite direktiivi artikli 5 lõike 4 tähenduses. Kui selle riski vähendamiseks piisab ennetamise üldpõhimõtete kohaldamisest, siis direktiivi artikli 5 lõikega 4 nähakse ka ette, et artiklite 6, 7 ja 10 sätteid ei ole vaja kohaldada. Tavaliselt **saab selliseid olukordi kontrollida üldventilatsiooni kasutamise abil.**

4.6.3 2. RISKIASTE

Järgmistes olukordades **tuleks lisaks 1. riskiastme olukordades nõutule rakendada konkreetseid ennetusmeetmeid:**

- kui keskmiselt kõrge ohtlikkusastmega tehisnanomaterjalide eraldumine on eeldatavasti väga väike või vähetõenäoline;
- kui keskmiselt madala ohtlikkusastmega tehisnanomaterjalide eraldumine on tõenäoline või väga väike või
- kui madala ohtlikkusastmega tehisnanomaterjalide eraldumine on tõenäoline.

2. riskiastme puhul võib kokkupuute ja kaasneva riski vähendamiseks piisata tehnilise kontrolli meetmetest (nt kohtäratõmme).

Olukordades, millega kaasneb tabeli 4.7 kohaselt 2. riskiaste, **tuleks** lisaks 1. riskiastme olukordades nõutule **rakendada konkreetseid ennetusmeetmeid.** Kokkupuute ja kaasneva riski vähendamisel võib piisata tehnilise kontrolli meetmetest (nt kohtäratõmme).

4.6.4 3. RISKIASTE

Järgmistes olukordades **tuleb kasutada suletud või kinniseid süsteeme. Spetsialistide kaasabil tuleks korraldada kokkupuute mõõtmistel põhinev üksikasjalik riskihindamine,**

- kui kõrge ohtlikkusastmega tehisnanomaterjalid on kasutusel, kuid nende eraldumine on eeldatavasti väga väike;
- kui keskmiselt kõrge ohtlikkusastmega tehisnanomaterjalide eraldumine on nende tolmususe ja töö iseloomu tõttu tõenäoline või
- kui tõenäoliselt eralduvad halvasti lahustuvad / lahustumatud nanomaterjalid, millel puudub spetsiifiline toksilisus.

Kokkupuute vähendamiseks tuleb valida ja võtta kasutusele tehniliste kontrollimeetmete, halduskontrolli meetmete ja tehisnanomaterjalidega potentsiaalselt kokkupuutuvate töötajate isikukaitsevahendite optimaalne kombinatsioon.

Olukordades, millega kaasneb tabeli 4.7 kohaselt 3. riskiaste, **tuleb kasutada suletud või kinniseid süsteeme** ning tagada nende tõhusus, kontrollides korrapäraselt nende toimimist (selleks võib mõõta kontrollisüsteemide toimimise põhimuutujaid ja/või tehisnanomaterjalide kontsentratsioone õhus).

4.6.5 4. RISKIASTE

Järgmistes olukordades **on hädavajalik võtta spetsiaalselt asjaomaste protsesside jaoks kavandatud meetmed:**

- kui tehisnanomaterjalid on uuringute käigus kogutud tõendite alusel kõrge ohtlikkustasemega seoses võimalike mõjudega inimeste tervisele (täpsemalt halvasti lahustuvad / lahustumatud WHO määratlusele vastavad nanokiud) ning kui tõenäoliselt või arvatavasti eraldub töö käigus tehisnanomaterjale, millega töötajad suurel määral kokku puutuvad, ja/või
- kui tehisnanomaterjalid on keskmiselt kõrge ohtlikkustasemega (täpsemalt halvasti lahustuvad / lahustumatud nanoosakesed, mida iseloomustab spetsiifiline toksilisus, ning halvasti lahustuvad / lahustumatud suure mõõdusuhtega nanoosakesed, välja arvatud ohtlikuselt 1. kategooriasse kuuluvad osakesed) ja tehisnanomaterjalid võivad kergesti atmosfääri eralduda.

Olukordades, millega kaasneb tabeli 4.7 kohaselt 4. riskiaste, **on hädavajalik võtta protsesside jaoks spetsiaalselt kavandatud meetmed.**

Kokkupuute kvantitatiivseks hindamiseks tuleks rajatistes mõõtmisi teha. Kuigi **ohtlike ainete piirnorme töökeskkonnas ei ole nanomaterjalide kohta veel kehtestatud**, on tööstusharu ja teadlased mõne konkreetse tehisnanomaterjali puhul soovitanud kas konkreetseid ohtlike ainete piirnorme töökeskkonnas või tuletatud mittetoimivaid tasemeid. Tööandjad võivad kasutada neid väärtusi piirmääradena, mille ületamisel tuleks rakendada täiendavaid riskijuhtimismeetmeid. Selleks et otsustada, missuguseid riskijuhtimismeetmeid on vaja rakendada, ja kontrollida nende meetmete tõhusust, tuleks korraldada üksikasjalik riskihindamine (vt jaotis 4.5) ja mõõta korrapäraselt kokkupuudet.

Meeldetuletuseks ja vastavalt tabelile 4.10 peaksid tööandjad 4. riskiastme korral kontrollitasemete kaupa koostatava riskianalüüsi tulemusi rakendades kaaluma kontrollihierarhia kohaselt esimese sammuna tehisnanomaterjali asendamise võimalust (järgides samasugust meedet, mis on sätestatud kantserogeenide ja mutageenide direktiivis tööl esinevate kantserogeenide ja mutageenide jaoks). Kui asendamine ei ole võimalik, peaksid tööandjad kaaluma, kuidas protsesse nanoosakeste võimaliku eraldumise ärahoidmiseks muuta, nt vältida töötamist kuivade nanopulbritega (hajutades tehisnanomaterjali vedelas keskkonnas, sidudes selle tahkesse ainega või, kui tehisnanomaterjal on juba vedelikus, vältides protsesse, mille tagajärjel võivad tekkida aerosoolid).

Kui asendamine/tööprotseduuride muutmine ei ole tehisnanomaterjali eraldumise vähendamiseks võimalik või piisav, peaksid tööandjad kaaluma nende tööprotseduuride kinniseks muutmist ja suletud süsteemide kavandamist/kasutuselevõttu.

Kui kinniseks muutmine ei ole tehniliselt võimalik, tuleks kaaluda sobivate tehniliste kontrolliseadmete paigaldamist, halduskontrollimeetmete vastuvõtmist ja sobivate isikukaitsevahendite kasutamist, nagu on kirjeldatud eelmises jaotises.

4.6.6 TEAVE, JUHENDAMINE JA KOOLITUS

Eristatult tähelepanu tuleks pöörata kõikide nanomaterjalidega kokku puutuda võivate töötajate koolitamisele, et nad mõistaksid nimetatud materjalidega seotud võimalikke terviseohte ja kõikide kokkupuute vältimiseks või vähendamiseks vajalike ettevaatusabinõude võtmise olulisust. Koolituse raames peaks arusaadavalt selgitama, missuguseid kontrollimeetmeid tuleks kasutada konkreetse töö korral või teatud tööterritooriumi osades. Lisaks peaks iga töötaja olema teadlik kohustusest anda teada kontrollimeetmete kõikidest puudustest ja nõrkadest külgedest. Töötajaid tuleks ka julgustada teatama kõikidest probleemidest ja tegema parandusettepanekuid. Peale selle peaksid tööandjad tagama piisava järelevalve, eeskätt uute või kogemusteta töötajate suhtes.

Nanomaterjalide ohutu käitlemise koolitus peaks hõlmama juhendamist vähemalt järgmistes küsimustes:

- füüsikalise-keemilise ohtudega seotud riskid (nt tulekahju ja plahvatus);
- terviseohtude võimalik iseloom;
- kaitsevahendite nõuetekohane kasutamine (nt sobivate isikukaitsevahendite kandmine nanomaterjalide käitlemisel) ja nõue selliseid vahendeid hooldada;
- vajadus järgida kõiki kaitse tagamiseks ettenähtud töökorralduseeskirju.

Asjakohase ohumärgistuse ja piktogrammide valik peaks lähtuma teadmistest töökohas kasutatavate nanomaterjalide põhjustatava võimaliku ohu kohta. Igakülgse teabe puudumise korral soovitatakse lähtuda ettevaatusprintsipist. Praegu veel puudub kogu ELis tunnustatud töökohal kasutatav märk/piktogramm, mis annaks teada konkreetset nanomaterjalide esinemisest. Sellegipoolest on mõni organisatsioon töötanud välja mitteametlikud piktogramm, mille eesmärk on osutada nanomaterjalide esinemisele (nt kollase ohunurga tähise kasutamine). Selgelt mõistetavate piktogrammide kasutamine võib osutada visuaalselt nanomaterjalide esinemisele. Olenemata sellest, kas võetakse sellised mitteametlikud piktogramm kasutusele, on oluline tagada, et kasutusel oleksid kõik asjakohased ametlikud riski- ja ohutuslaused ning hoiatavad piktogramm ja et kogu oluline teave tegelike või võimalike ohtude ja riskide kohta oleks töötajate jaoks kättesaadav.

4.6.7 TERVISEKONTROLL

Keemiliste mõjurite direktiivi artikli 2 punktis f on määratletud alus üksiktöötajate tervisliku seisundi jälgimiseks, kui need töötajad puutuvad kokku eriomaste keemiliste mõjuritega. Artiklis 10 antakse korraldus sellist jälgimist rakendada, kui samal ajal on täidetud järgmised tingimused:

- töötaja kokkupuute ohtliku keemilise mõjuriga on selline, et kindlaks tehtud haigust või ebasoodsat toimet tervisele võib seostada sellise kokkupuutega;

- on tõenäoline, et haigus või toime võib ilmnedat töötajal tööttingimustes, ning
- kontrollimeetodid on töötajate suhtes väikese riskiga.

Tervisekontrolli tegeliku laadi määrab riskihindamine (artikkel 4) ja seepärast erineb see sõltuvalt tehisanomaterjalist, millega töötaja kokku puutub. Kasutada võib mitmesuguseid meetodeid, sh arstlik kontroll, tervisealased küsimustikud või küsitlused või kliinilise patoloogia uurimine.

Tehisanomaterjalide puhul on praegune teaduslike andmete ebaselgus andnud alust kahtlustele, et materjalide füüsikalise-keemilised omadused võivad tekitada töötajatele terviseriske, mida praegu on veel vähe kirjeldatud. Seega on vaieldav, kas praeguseid teadmisi arvesse võttes on konkreetsed tervisekontrolli uuringud potentsiaalselt kokkupuuteohus olevate töötajate puhul asjakohased.

Tervisekontrolli puhul tuleks järgida riiklike tavasid ja nõudeid. Miinimumina soovitatakse pidada arvestust kõikide nanomaterjalidega töötajate üle nii, nagu toimitakse muude ohtlike ainete korral.

4.7 VII ETAPP: LÄBIVAATAMINE

Riskihindamine ja rakendatavate riskijuhtimismeetmete tõhusus tuleb vaadata läbi korrapäraselt ja enne, kui keemilisi mõjureid või tööttingimusi muudetakse (kooskõlas keemiliste mõjurite direktiivi artikli 4 lõikega 5). Sellegipoolest sõltub läbivaatamisprotsess samadest üksikasjaliku riskihindamise piirangutest.

Tabel 4.11. Riskijuhtimiskava

Ülesanded	MNM	Tehisanomaterjali füüsikaline olek	Kontrollitasemetega kaupa koostatav riskianalüüs	Tehniline kontroll	Halduskontroll ja isikukaitsevahendid	Rakendamise eest vastutav töötaja	Meetme elluviimise kavandatav kuupäev
Materjali vastuvõtmine, lahtipakkimine ja üleandmine							
Laboritoimingud							
Tootmine ja töötlemine							
Puhastus- ja hooldustööd							
Ladustamine, pakendamine ja edasitoimetamine							
Jäätmekäitlus							
Mõistlikud prognoositavad eriolukorrad							
Muu							



5

Viited

- **BAuA (2012)**, TRGS 900 – Technische Regeln für Gefahrstoffe – „Arbeitsplatzgrenzwerte“, GMBI 2012 S. 715-716 Nr. 40.
- **CSIRO (2012)**, „Safe Handling and Use of Carbon Nanotubes“, koostatud Safe Work Australia jaoks.
- **EPA (2012)**, „Nanomaterial Case Study: Nanoscale Silver in Disinfectant Spray“, EPA/600/R-10/081F, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, USA.
- **EU-OSHA (2009)**, „Workplace exposure to nanoparticles“, European Risk Observatory Literature Review, Euroopa Tööohutuse ja Tervishoiu Agentuur (EU-OSHA). Kättesaadav EU-OSHA veebisaidil http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles
- **Euroopa Komisjon (2009)**, „Classification, labelling and packaging of nanomaterials in REACH and CLP“ („Nanomaterjalide klassifitseerimine, märgistamine ja pakendamine REACH- ja CLP-määruse alusel“), II lisa: lõplik versioon, koostanud Euroopa Komisjoni keskkonna peadirektoraat ning ettevõtluse ja tööstuse peadirektoraat, dokument nr CA/90/2009 Rev2. Kättesaadav veebisaidil <http://ec.europa.eu/environment/chemicals>
- **Euroopa Komisjon (2008)**, komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, Nõukogule ja Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteele „Nanomaterjalidega seotud regulatiivsed aspektid“, KOM (2008) 366 lõplik.
- **Euroopa Komisjon (2004)**, „Mittesiduv praktiline juhend töötajate tervise ja ohutuse kaitse kohta keemiliste mõjuritega seotud ohu eest tööil“, dokument nr 2261-00-00-EN final. Kättesaadav veebisaidil <https://osha.europa.eu>
- **Euroopa Komisjon (2000)**, komisjoni teatis ettevaatusprintsipi kohta, Brüssel, COM(2000) 1 lõplik.
- **Hansen et al (2011)**, „NanoRiskCat – A Conceptual Decision Support Tool for Nanomaterials“, keskkonnaprojekt nr 1372/2011, Taani keskkonnaministeerium, keskkonnakaitseamet.
- **HEI (2013)**, „Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles“, HEI Review Panel on Ultrafine Particles, HEI Perspective 3, Health Effects Institute, Boston, Massachusetts.
- **HSE (2013)**, „Using nanomaterials at work, Including carbon nanotubes (CNTs) and other biopersistent high aspect ratio nanomaterials (HARNs)“, tervise- ja ohutusamet, Ühendkuningriik.
- **HSE (2011)**, „EH40/2005 Workplace exposure limits. Containing the list of workplace exposure limits for use with the Control of Substances Hazardous to Health Regulations“ (muudetud), Crown copyright.
- **INRS (2012)**, „Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France“, ED 984 Aide-Mémoire Technique.
- **IVAM UvA et al (2011)**, „Guidance working safely with nanomaterials and -products. Guide for employers and employees“, koostatud Madalmaade sotsiaal- ja tööhõiveministeeriumi jaoks.
- **Milieu ja RPA (2010)**, „Proposal for an EU Reporting System for Nanomaterials. Information from Industry on Applied Nanomaterials and their Safety“, lõplik aruanne, koostatud keskkonna peadirektoraadi jaoks.
- **NIOSH (2011)**, „Occupational Exposure to Titanium Dioxide“, Current Intelligence Bulletin 63, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Centers for Disease Control and Prevention, Department of Health and Human Services, USA. Kättesaadav aadressil <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>
- **NIOSH (2009)**, „Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles“, Current Intelligence Bulletin 60, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Centers for Disease Control and Prevention, Department of Health and Human Services, USA.
- **RPA et al (2013)**, „Assessing the Suitability of the Current EU Legal Framework for Ensuring the Health and Safety of Workers from Nanomaterials in the Workplace“, koostatud Euroopa Komisjoni tööhõive, sotsiaalküsimuste ja sotsiaalse kaasatuse peadirektoraadi jaoks.
- **RPA et al (2011)**, töötervishoidu ja -ohutust ning kemikaalide klassifitseerimist, märgistamist ja pakendamist käsitlevat määrust käsitlevad suunised, mis aitavad tööandjatel ja töötajatel uuele süsteemile üle minna, koostatud tööhõive, sotsiaalküsimuste ja sotsiaalse kaasatuse peadirektoraadi jaoks. Kättesaadav aadressil <https://osha.europa.eu/fr/themes/dangerous-substances>
- **Teadusuuringute Ühiskeskus (2010)**, „Considerations on a Definition of Nanomaterial for Regulatory Purposes“, Teadusuuringute Ühiskeskuse aruanne, Euroopa Komisjoni Teadusuuringute Ühiskeskus.
- **UBA et al (2013)**, „Nanomaterials and REACH. Background Paper on the Position of German Competent Authorities“, Umwelt Bundes Amt. Kättesaadav aadressil <http://www.bfr.bund.de/cm/349/nanomaterials-and-reach.pdf>

I lisa. Nanomaterjalide ohtude ja riskidega seotud probleemid

MIKS TULEB TEHISNANOMATERJALE KÄSITLEDA ERIJUHTUMINA?

Põhjus, miks tehisnanomaterjalid äratavad nii suurt huvi ja võivad ühiskonnale suurt kasu pakkuda, on asjaolu, et samade ainete makrotasandiga võrreldes on neil sageli väga erinevad omadused – neil võib olla suurem reaktsioonivõime, tugevus jne. Sellegipoolest tähendavad need samad erinevused, et nanomaterjalid võivad ka kergemini bioloogilistes süsteemides imenduda ja et nendega kaasnevad ohud võivad erineda ainete suuremate vormidega kaasnevatest ohtudest.

„Toksikoloogilisest aspektist lähtuvalt tuleb kehavedelikes halvasti lahustuvatele nanomaterjalidele erilist tähelepanu pöörata seetõttu, et need säilitavad pärast kokkupuudet inimorganismiga oma nanostruktuuri. Lahustumatusse ainesse seotud nanomaterjalid on väiksema tähtsusega, kuid võivad kujuneda oluliseks kohe, kui need näiteks mehaanilise jõuga vallandatakse”. Märkida tuleb, et „enamik praegu olulistest nanomaterjalidest esineb tahke kämbu kujul ja on (väga) väikese lahustuvusega” (EU-OSHA 2009).

NANOMATERJALIDE VÕIMALIKE OHTUDEGA SEOTUD PROBLEEMID

Kuigi nanomaterjalide võimalikud mõjud inimeste tervisele võivad spetsiifiliste füüsilis-keemiliste omaduste tõttu makrotasandi keemiliste mõjurite toimest erineda, on kahju võimalikud tekkemehhanismid samad: kahjustamine võib toimuda otse kokkupuute kaudu või kaudselt, kui eraldub mingit liiki energiat, mis võib inimeste tervisele kahjulikku mõju avaldada. Esimesel juhul võib kokkupuude tuua kaasa akuutse mõju (kui kahju ilmneb kiiresti või isegi kohe pärast kokkupuudet), või kroonilise mõju (kahju avaldub pikema aja jooksul, tavaliselt korduva kokkupuute tõttu aja jooksul). Lisaks kasutatakse mõistet „paikne mõju”, kui kahju ilmneb kokkupuutekohas; „süsteemne mõju” osutab kahjule, mis sõltumata kokkupuutekohast ilmneb mis tahes kehaosas tavaliselt pärast aine imendumist ja levimist kehas (Euroopa Komisjon 2004). „Nanomaterjalide väiksusega võib kaasnedu suurem võime ületada elusorganismides barjääre, mistõttu võivad need mõjutada suuremat hulka organeid” (EU-OSHA 2009). Nanomaterjalid võivad tekitada kahju ka tulekahju ja plahvatuses.

Nanomaterjalide võimalike ohtude mõistmiseks tehakse ulatuslikku teadustööd; „[m]itte kõik nanomaterjalid ei ole ohtlikud, mitte kõik nanomaterjalid ei ole võrdselt ohtlikud ning samase keemilise koostisega nanomaterjalide toksilisus võib nende füüsilis-keemiliste omaduste tõttu oluliselt erineda” (HSE 2013). Käesolevas jaotises on võetud kokku tähelepanekud nanoosakestega tööl kokkupuutumist käsitleva erialakirjanduse ülevaatest (EU-OSHA 2009), mille on tellinud Euroopa Tööohutuse ja Tervishoiu Agentuur ning koostanud järgmised riiklikud tööohutuse ja -tervishoiu instituudid:

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, projektijuht), Saksamaa;
- Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), Prantsusmaa;

- Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), Poola;

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Hispaania.

Tervise mõjude hindamise meetodid jagatakse tavaliselt järgmisse nelja rühma:

- epidemioloogia/töömeditsiin;
- in vivo meetodid loomadega;
- in vitro meetodid;
- füüsikalise-keemiliste omaduste kindlakstegemise meetodid.

OECD tehisnanomaterjalide töörühm kontrollib kehtivate katsejuhiste asjakohasust nanomaterjalide ohtlikkuse tulemuslikul klassifitseerimisel ning valmistab ette uusi standarditud katsemenetlusi, pöörates erilist tähelepanu proovide ettevalmistamisele ja dosimeetriale.

FÜÜSIKALISTE OHTUDEGA SEOTUD PROBLEEMID

Teadmiste puudumise küsimuses ja vajaduses uurida täiendavalt nanopulbrite võimalikke ohutusriske valitseb üldine üksmeel.

Nanopulbrite käitlemisel tuleks pöörata erilist tähelepanu katalüütilisele mõjule ning tule- ja plahvatusohule. Mõne konkreetse tegevuse puhul tuleks arvestada ka muid võimalikke ohte, nt

- plasma tekitamisel tugeva voolu toimel võib suurenedu elektrilöögi oht;
- tööga, kus võib tekkida kaitsegaasina kasutatavate väärismetallide pihkumist, võib kaasnedu lämbumisoht.

Suurema eripinna tõttu võivad nanoosakestel tekkida kergesti elektrostaatiliselt laengud, mis suurendavad süttimis- ja plahvatusohtu. Oma mõõtmete tõttu võivad nanoosakesed pikka aega õhku hõljuma jääda, mis suurendab plahvatusohtlike tolmupilvede tekke võimalust.

Projekti „Nanosafe2”²⁸ raames järjestati mitmesugused tahmapulbrid, alumiiniumi eri suuruses nanoosakesed ja süsiniknanotorud süttivuse ja plahvatusohtlikkuse alusel; skaalal 0–3 (kus 0 tähendab, et „plahvatus puudub”, 1 tähistab „nõrka plahvatust”, 2 „tugevat plahvatust” ja 3 „väga tugevat plahvatust”) kuuluvad tahm ja süsiniknanotorud tolmu plahvatusohu poolest 1. klassi („nõrk plahvatus”), kuid alumiiniumi nanopulbrid liigitati sõltuvalt osakese suuruselt kõrgeimasse, 2. ja 3. klassi („tugev plahvatus” kuni „väga tugev plahvatus”).

TERVISEOHTUDEGA SEOTUD PROBLEEMID

Epidemioloogilisi uuringuid on tehtud peamiselt ühe, aastakümneid kasutusel olnud tehisnanomaterjali – tahma – mõjude kohta. Rahvusvahelise

Vähiuurimiskeskuse (IARC) hinnangu kohaselt „võib tahmal olla kantserogeenne mõju inimestele” (rühm 2B), sest katseloomade kohta on olemas piisavalt tõendusmaterjali, kuid inimesi käsitlevate epidemioloogiliste uuringute tõendusmaterjal on puudulik²⁹. Lisaks ei ole kindel, kas töötajad puutusid kokku tahma nano- või mikrotasandiga. Samasugune määramatus iseloomustab ka nanotitaandioksiidi epidemioloogilisi uuringuid.

Tervisemõjude instituudi (HEI 2013) andmetel on viimase kümne-viieteistkümnepäevase aasta jooksul tehtud aina rohkem epidemioloogilisi uuringuid selle kohta, kuidas mõjutavad ülipeened osakesed (looduses esinevad nanoosakesed) inimeste tervist. Tõendid selle kohta, et lühiajaline kokkupuude ülipeente osakestega avaldab mõju hingamisteede ja südame-veresoonkonna haigustest tingitud suremusele ja haigestumisele, on siiski pigem oletuslikud kui veenvad. Kokkupuudet käsitlevate andmete ulatusliku puudulikkuse tõttu ei ole võimalik järeldada (ega välistada), et muude õhus olevate saasteainetega (nt PM_{2,5}) seostatud kahjulikud mõjud langevad olulisel määral vaid ülipeente osakeste arvele. Siiani ei ole korraldatud ühtegi epidemioloogilist uuringut, milles käsitletakse pikaajalist kokkupuudet ülipeente osakestega.

Kuna in-vitro meetodite usaldusväärsuses ei saa nanomaterjalide tervisemõjude hindamisel kindel olla ning epidemioloogilised tõendid on piiratud ja ebatäpsed, saadakse enamik praeguste küsimuste aluseks olevaid andmeid in vivo uuringutest.

Lühiajalised ja keskmise pikkusega loomkatsed on andnud tõendusmaterjali toksiliste mõjude kohta, mida eri liiki tehisnanomaterjalid (nt tahm, titaandioksiid, süsiniknanotorud, C₆₀-fullereenid ja amorfne ränidioksiid) kopsudele avaldavad (põletik, tsütotoksilisus ja koekahjustus). Nanomaterjalide suurema mõju suhtes võrreldes mikroosakestega esineb aga vasturääkivaid tõendeid. Rottide puhul, kes hingasid sisse nanomangaani, on jälgitud aju põletikumarkereid. Mõne eeluuringu käigus ilmnes süsiniknanotorude spetsiifiliste modifikatsioonide puhul mõju, mis sarnaneb asbesti toimele. Mitme nanomaterjali liigi puhul on ilmnenu võime organismis süsteemselt levida; toksikoloogilisi mõjusid, mida avaldab tehisnanomaterjalide olemasolu muudes organites, ei ole veel täielikult klassifitseeritud.

Pikaajaliste loomkatsetega on saadud tõendeid selle kohta, et nanotahma ja nanotitaandioksiidi sissehingamine avaldab kopsudele toksilist mõju ning on tekitanud rottidel kopsukasvajaid. Eri liiki tehisnanomaterjalide (konkreetselt tahm, alumiiniumoksiid, alumiiniumsilikaat, titaandioksiid ja amorfne ränidioksiid) intratrahheaalne instillatsioon on tekitanud kasvajaid ja mikroosustes osakestega võrreldes on täheldatud nanomaterjalide tugevamat toimet. „Andmed, mis kinnitaksid pikaajalise korduva kokkupuute tagajärgi tervisele, on siiski ebapiisavad” (HSE 2013).

USA töötervishoiu ja -ohutuse instituut (NIOSH) on in vivo uuringute tulemusi arvestades otsustanud, et kokkupuudet ülipeene TiO₂-ga tuleks pidada võimalikuks kutsealaseks kantserogeenseks teguriks, mis toimib „teisese genotoksilisuse mehhanismi kaudu,

mis ei ole TiO₂-spetsiifiline, vaid peamiselt seotud osakese suuruse ja pindalaga”. Lisaks „seostatakse ülipeene TiO₂ massipõhist toimet võrreldes mikroosustes TiO₂-ga ülipeente osakeste suurema pindalaga asjaomase massi kohta”. Seetõttu on kehtestatud soovitatavad õhus oleva aine piirmäärad: 2,4 mg/m³ peene (mikroosustes) TiO₂ ja 0,3 mg/m³ ülipeene (nanosuurusjärgus) TiO₂ (sh tööstusliku nano-TiO₂) kohta ning ajaliselt kaalutud keskmised kontsentratsioonid kuni 10 tunni kohta päevas 40tunnise tööpäeva jooksul. Oluline on, et NIOSH jõudis järeldusele, et TiO₂ sissehingamise kahjulikud mõjud ei pruugi olla materjalispetsiifilised, vaid võivad olla tingitud halvasti lahustuvate vähetoksiliste osakeste üldisest mõjust kopsudes piisavalt suure kokkupuute korral. Kuigi NIOSH jõudis järeldusele, et ei ole piisavalt tõendeid selleks, et võiks klassifitseerida peened TiO₂ osakesed kutsealaseks kantserogeeniks, on instituut mures ülipeene ja tööstusliku nanoskaalas TiO₂ võimaliku kantserogeensuse pärast, kui töötajate kokkupuude TiO₂-ga vastab praegusele sissehingatava TiO₂ piinormile või TiO₂ kogumassi piinormile. NIOSH soovib hoida kokkupuute võimalikult väikesena, alla soovitatavate kokkupuute piinormide” (NIOSH 2011).

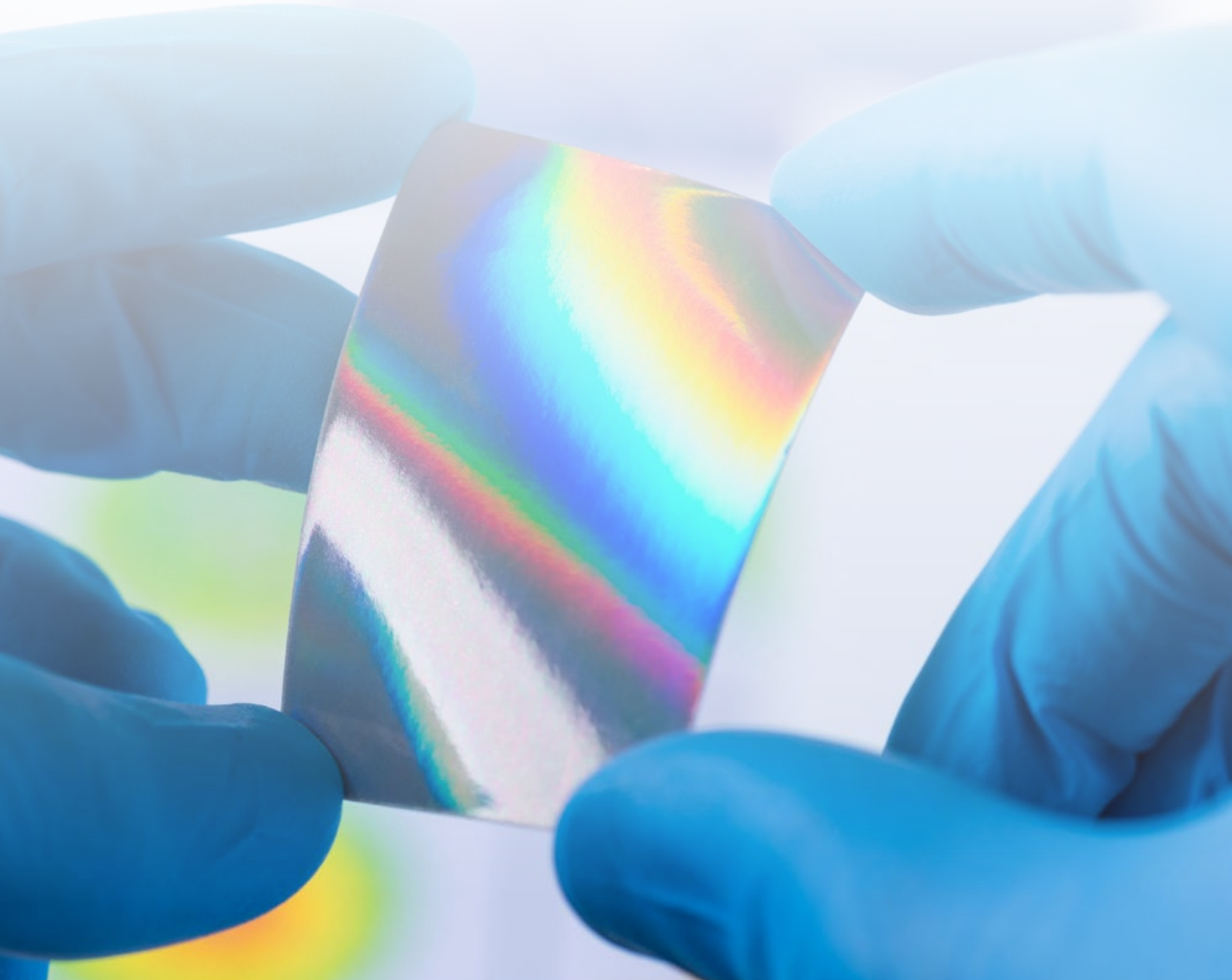
II lisa. Täiendavad juhised nanomaterjalide kasutamise kohta

Teadmiseks tuleb võtta, et kuigi järgmisi juhendmaterjale võib käsitleda kui dokumente, mis esindavad juhendi koostamise ajal kättesaadavat teavet, tuleks loetelu pidada mittetäielikuks. Samuti ei tarvitse juhenddokumentides esitatud meetodid alati olla vastavuses ega kooskõlas ning nende lisamist loetellu ei tuleks lugeda soovitusena, et tegemist on tingimata parima tavaga Euroopa Liidu kontekstis. Arvesse tuleks võtta ka seda, et teadmised tervise- ja ohutusküsimustes, mis on seotud nanomaterjalide tootmise ja kasutamisega tööstuses, on kiiresti arenev valdkond ning eri organid avaldavad sageli muudetud või täiendavaid juhendmaterjale. Seepärast soovitatakse lugejatel kontrollida uusimat võimalikku kättesaadavat teavet, mitte tugineda siinkohal nimetatud allikatele.

Lisaks loetletud allikatele avaldab Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon (ISO) standardite seeriaid ja juhendmaterjale (mida on võimalik osta; teemad on leitavad veebisaidil: [http://www.iso.org/iso/fr/home.htm?="](http://www.iso.org/iso/fr/home.htm?=)).

Lisaks avaldab ka Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon (OECD) teavet selle kohta, kuidas nanomaterjale tööl ohutult kasutada (kõige uuemad versioonid on tasuta kättesaadavad veebisaidil

<http://www.oecd.org/chemicalsafety/nanosafety/publications-series-safety-manufactured-nanomaterials.htm>



Euroopa riikides avaldatud suunised

Austria

- **AGES (dateerimata)**, Österreichisches NanoInformationsPortal “nanoinformation”. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Austria. Kättesaadav veebisaidil <https://nanoinformation.at/>.
- **AUVA (dateerimata)**, „Merkblatt M 310 Nanotechnologien - Arbeits- und Gesundheitsschutz”. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Austria. Kättesaadav veebisaidil <https://www.auva.at/cdscontent/load?contentid=10008.544597&version=1430386826>.
- **Bundesministerium für Arbeit (2010)**, „Leitfaden für das Risikomanagement beim Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz”, Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, Zentral-Arbeitsinspektorat, Viin, Austria.

Taani

- **Depa (2011)**, NanoRiskCat (NRC) - A Conceptual Decision Support Tool for Nanomaterials. Taani keskkonnakaitseamet (DEPA), Taani. Kättesaadav veebisaidil <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2011/12/978-87-92779-11-3.pdf>

Prantsusmaa

- **ANSES (2008)**, „Development of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials”, Prantsuse toidu-, keskkonnaringi töötavishoiu- ja ohutuse amet, Prantsusmaa. Kättesaadav veebisaidil <http://www.anses.fr/fr>.
- **INRS (dateerimata)**, Nanomaterials: definitions, toxicological risk, characterisation of occupational exposure and prevention measures, Institut national de recherche et de sécurité, Prantsusmaa. Kättesaadav veebisaidil <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206050>.
- **INRS (2012)**, „Recommendations for characterizing potential emissions and exposure to aerosols released from nanomaterials in workplace operations”, Institut national de recherche et de sécurité, Prantsusmaa. Kättesaadav veebisaidil <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ND%202355>.
- **INRS (2012)**, „Nanomatériaux. Prévention les risques dans les laboratoires”, Institut national de recherche et de sécurité, Prantsusmaa. Kättesaadav veebisaidil <http://www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6115/ed6115.pdf>.
- **INRS (2011)**, „Nanomatériaux. Filtration de l'air et protection des salariés”, Institut national de recherche et de sécurité, Prantsusmaa. Kättesaadav veebisaidil <http://www.inrs.fr>.

Saksamaa

- **BAuA/VCI (2012)**, „Empfehlung für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz”, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) / Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Saksamaa. Kättesaadav veebisaidil <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Gd4.html>.
- **BGI/GUV (2011)**, „Sicheres Arbeiten in Laboratorien. Grundlagen und Handlungshilfen”
BG Rohstoffe und chemische Industrie, Arbeitskreis Laboratorien, Fachausschuss Chemie, DGUV & Ausschuss für Gefahrstoffe. Kättesaadav veebisaidil <http://bgi850-0.vur.jedermann.de/index.jsp>.
- **BMAS (2013)**, „Hergestellte Nanomaterialien, Bekanntmachungen zu Gefahrstoffen (BekGS 527)”, Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Kättesaadav veebisaidil <http://www.baua.de/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/TRGS/pdf/Announcement-527.pdf?blob=publicationFile&v=3>.
- **Deutscher Verband Nanotechnologie e. V. (DV Nano)**, Infoportal: Alles rund um “Nano” <http://www.dv-nano.de/infoportal.html>, Instrumente zur Bewertung von Nanomaterialien und -produkten
- **DGUV (Saksamaa õnnetusjuhtumikindlustus)**, BGI/GUV-I 5149 Nanomaterialien am Arbeitsplatz (PDF-Datei, 1 MB), Tätigkeiten mit Nanomaterialien - Arbeitshilfe für Betriebsärzte <http://www.dguv.de/webcode.jsp?q=d109367>.
- **DGUV-Arbeitskreis Laboratorien**, Nanomaterialien im Labor - Hilfestellungen für den Umgang (2012) (PDF-Datei, 6 MB) <https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/213-853.pdf>
- **Hans-Böckler-Stiftung**, Bedeutung von Nanomaterialien beim Recycling von Abfällen (2012)
- **Hessen-Nanotech**, Informationsplattform Nano-Sicherheit, Supplement “Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien” https://www.technologieland-hessen.de/mm/Suppl-NanoKomm_final_Web.pdf, Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/Betriebsleitfaden_NanoFarbeLacke_Vorab_542_1119.pdf.
- **Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)**, Ultrafeine Aerosole und Nanopartikel am Arbeitsplatz <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/nanopartikel-am-arbeitsplatz/index.jsp>.

- **Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI)**, Nanomaterialien: Schutz von Beschäftigten am Arbeitsplatz https://lasi-info.com/fileadmin/user_upload/publikationen/abgestimmte-laenderpositionen/nanomaterialien_flyer.pdf
- **Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)**, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>
- **Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)**, <https://www.vci.de/themen/chemikaliensicherheit/nanomaterialien/listenseite.jsp>

Itaalia

- **INAIL (2011)**, „Exposure to engineered nanomaterials and occupational health and safety effects”, töömeditsiini osakond, Itaalia riiklik tööhutuse ja ennetustöö instituut, Itaalia. Kättesaadav veebisaidil: <http://www.triwi.it/wp-content/uploads/2016/04/INAIL-white-book-nanotech.pdf>

Madalmaad

- **Delfti Tehnoloogiaülikool (TU Delft)**, Nanosafety Guidelines https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/TNW_Guidelines_Nano_Safety_versie_2_100909_572_7527.pdf
- **Madalmaade sotsiaal- ja tööhõiveministeerium**, Guidance working safely with nanomaterials and nanoproducs, the guide for employers and employees (PDF-Datei, 654 KB), Stoffenmanager Nano Modul. <http://www.industox.nl/Guidance%20on%20safe%20handling%20nanomats&products.pdf>
- **Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)**, Nanotechnology Workplace, Provisional nano-reference values: Applicability of the concept and of published methods <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601044001.html>
- **Madalmaade sotsiaal- ja majandusnõukogu (SER)**, Advisory report “Nanoparticles in the Workplace: Health and Safety Precautions” https://www.eesc.europa.eu/ceslink/en/documents?related_organisation=34&page=2

Rootsi

- **Arbetsmiljöverket (2011)**, „Carbon nanotubes – Exposure, toxicology and protective measures in the work environment”, Arbetsmiljöverket, Rootsi. Kättesaadav veebisaidil: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapsammansamlingar/carbon-nanotubes-knowledge-compliance-2011-1-eng.pdf>

Šveits

- **Bundesamt für Gesundheit (BAG)**, <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie/forschung-nanomaterialien.html>
- **Bundesamt für Gesundheit (BAG) und Bundesamt für Umwelt (BAFU)**, Vorsorgeraster synthetische Nanomaterialien <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie/sicherer-umgang-mit-nanomaterialien/vorsorgeraster-nanomaterialien-downloadversion.html>
- **Innovationsgesellschaft mbH St. Gallen und TÜV SÜD**, CENARIOS® - Zertifizierbares Risikomanagement- und Monitoringsystem für die Nanotechnologie - Faktenblatt (PDF-Datei, 271 KB) https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/Factsheet_CENARIOS_deutsch_arial2_545_2832.pdf
- **Interessengemeinschaft Detailhandel Schweiz (IG DHS) in Zusammenarbeit mit der Innovationsgesellschaft**, Code of Conduct Nanotechnologien
- **Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA)**, <http://www.sohf.ch/Themes/Toxiques/1903.f.pdf>, Grenzwerte am Arbeitsplatz 2014, Factsheet “Nanopartikel und ultrafeine Partikel am Arbeitsplatz” (2012) (PDF-Datei, 101 KB) <https://www.suva.ch/de-CH/material/Factsheets/nanopartikel-und-ultrafeine-partikel-am-arbeitsplatz>
- **Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO)**, <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie.html>
- **Textilverband Schweiz (TVS) und Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa)**, Projekt “NanoSafe Textiles”, Leitfaden nano textiles, Nanomaterialien in Textilien - Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheits-Aspekte <https://www.empa.ch/web/s506/nanosafetextiles>, <http://docplayer.org/19557611-Nanomaterialien-in-textilien-umwelt-gesundheits-und-sicherheits-aspekte.html>

Ühendkuningriik

- **HSE (2013)**, „Using Nanomaterials at work”, Ühendkuningriigi tervise- ja ohutusamet Kättesaadav veebisaidil: <http://www.hse.gov.uk/nanotechnology/publications.htm>

Muud Euroopa organisatsioonide avaldatud suunised

- **ATI (2007)**, „ATI Code of Practice – Nanoparticles”, aprill 2007. Advanced Technology Institute, University of Surrey, Ühendkuningriik.
- **BASF AG.** (dateerimata), „Nanotechnologie: Sicherheit und Verantwortung”, BASF AG. Kättesaadav veebisaidil <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/responsible-partnering/nanotechnology/safety.html>.
- **CEFC (2012)**, „Responsible Production and Use of Nanomaterials. Implementing Responsible Care®”, 2. väljaanne, Euroopa Keemiatööstuse Nõukogu. Kättesaadav veebisaidil <https://cefc.org/our-industry/responsible-care/>.
- **Institut für Technikfolgen (2012)**, „Nanomaterialien und Aspekte des ArbeitnehmerInnenschutzes – Eine Übersicht”, (Jänner 2012), Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Austria. Kättesaadav veebisaidil <http://epub.oeaw.ac.at/Oxc1aa5576%20x002a68ff.pdf>.
- **Observatory NANO (2010)**, „Guide to Responsible Nano-business. How to use nanotechnologies for the benefit of business, customers, and society”. Kättesaadav veebisaidil https://www.nanowerk.com/pdf/GuideResponsibleNano_ObservatoryNANO_ti.pdf.
- **PACTE (2008)**, „Code of Conduct for the Production and Use of Carbon Nanotubes”, Süsiniknanotorude tootjate ühendus Euroopas (PACTE), Euroopa Keemiatööstuse Nõukogu. Kättesaadav veebisaidil https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/PACTE_Code%20of%20conduct_531_6949.pdf.
- **Tööstussektori tervishoiu- ja ohutuse nõukogu (2011)**, „Nanoparticles in the Working Environment. Inspiration for laboratories”, muudetud väljaanne, Brancharbejdsmiljørådet for Undervisning og Forskning and Industriens Branchearbejdsmiljøråd, Taani. Kättesaadav veebisaidil <http://www.ibar.dk>.
- **IUTA / BAuA / BG RCI / IFA / TUD (2011)**, „Tiered Approach to an Exposure Measurement and Assessment of Nanoscale Aerosols Released from Engineered Nanomaterials in Workplace Operations”, koostajad: energia- ja keskkonnatehnoloogia instituudi e.V. (IUTA) õhukvaliteedi ja jätkusuutliku nanotehnoloogia üksus; töötervishoiu ja -ohutuse föderaalinstituut (BAuA); Saksamaa tooraine ja keemiatööstuse valdkonna õnnetuskindlustuse instituut (BG RCI); Saksamaa keemiatööstusühendus (VCI); DGUVi töötervishoiu ja -ohutuse instituut (IFA); Dresdeni tehnikailikooli (TUD) protsessitehnoloogia ja keskkonnatehnoloogia instituudi mehaanilise protsessitehnoloogia uurimisrühm. Kättesaadav aadressil https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Nanomaterialien-2.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D4.
- **TUD / IUTA / BG RC / BAuA / IFA / VCI (2012)**, „Ein mehrstufiger Ansatz zur Expositionsermittlung und -bewertung nanoskaliger Aerosole, die aus synthetischen Nanomaterialien in die Luft am Arbeitsplatz freigesetzt werden”. Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik, Technische Universität Dresden, Bereich Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Institut für Arbeitsschutz der DGUV und Verband der Chemischen Industrie e.V., Saksamaa. Kättesaadav veebisaidil
- **UKNSPG (2012)**, juhend „Working Safely with Nanomaterials in Research & Development” (2012), UK Nanosafety Partnership Group. Kättesaadav veebisaidil <https://www.safenano.org/media/108929/UKNSG%20Guidance%20-%20Working%20Safely%20with%20Nanomaterials%20-%202nd%20Edition.pdf>.

Muude kui Euroopa tasandi organisatsioonide avaldatud suunised

- **Dupont / Environmental Defense Fund (dateerimata)**, „NANO Risk Framework”. Kättesaadav veebisaidil https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/6496_Nano%20Risk%20Framework_534_2973.pdf.
- **ICON (dateerimata)**, platvorm „The Good Nano Guide”, Rahvusvaheline Nanotehnoloogia Nõukogu. Kättesaadav veebisaidil http://icon.rice.edu/projects.cfm?doc_id=12207.
- **IRSST (2009)**, „Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management” (R 599), Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Quebec, Kanada. Kättesaadav veebisaidil <http://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100432/n/best-practices-guide-to-synthetic-nanoparticle-risk-management-r-599>.
- **NanoSafe Australia (2007)**, „Current OHS best practices for the Australian Nanotechnology industry. A Position Paper by the NanoSafe Australia Network”, RMIT University, Melbourne, Austraalia. Kättesaadav veebisaidil https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/72nuxiavskpg_532_3444.pdf.
- **NIEHS (2012)**, „Filling the Knowledge Gaps for Safe Nanotechnology in the Workplace” (2012), National Institute of Environmental Health Sciences, USA. Kättesaadav aadressil <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101>.
- **NIOSH (2012)**, „General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories”, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), USA. Kättesaadav veebisaidil <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147>.
- **NSRC (2008)**, „Approach to Nanomaterial ES&H”, Nanoscale Science Research Centers, Department of Energy, USA. Kättesaadav veebisaidil <http://science.energy.gov/bes/suf/user-facilities/nanoscale-science-research-centers>.

- **OTA (dateerimata)**, OTA juhenddokument „Nanotechnology - Considerations for Safe Development”, Massachusetts Office of Technical Assistance (OTA), USA. Kättesaadav veebisaidil <http://www.mass.gov/eea/ota>.
- **Safe Work Australia (2012)**, „Safe handling and use of carbon nanotubes”, Safe Work Australia. Kättesaadav veebisaidil https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/safe_handling_and_use_of_carbon_nanotubes.pdf.

III lisa. Tehisnanomaterjalide kasutusviiside näited

Tabel III-a. Nanomaterjalide peamised rakendusvaldkonnad

MNM	Peamised kasutusvaldkonnad
Nanohõbe	Nanohõbe on praegu kõige laiemalt mitmesugustes tarbekaupades kasutatav nanoobjekt. Seda kasutatakse kosmeetika- ja hügieenitoodete, toiduainetes ja tervisetoidus, mikroobivastastes värvides ja katteainetes, hügieenilistes pindades ja pakendamismaterjalides, meditsiiniseadmetes jne.
Tahm	Tahma on aastaid toodetud tööstuslikult väga suures mahus ja sel on palju kasutusvõimalusi, sh rehvide tootmine ja värvainete/pigmendi tootmine.
Süsiniknanotorud	Suure tõmbetugevuse pärast kasutatakse süsiniknanotorusid peamiselt sarrusmaterjalides (nt keraamika- ja polümeerkomposiidid, elektrit juhtivad komposiidid lennundus-, auto- ja elektroonikatööstuses) ning liimainetes (nt epoksüvaik). Peamine süsiniknanotorude kasutusala on elektroonika.
Kuumutatud (amorfne) ränidioksiid	Kuumutatud amorfset ränidioksiidi on toodetud aastaid suures mahus ja seda kasutatakse laialdaselt mitmesugustes valdkondades. Need hõlmavad värve ja katteaineid, mikroelektroonikaseadmete poleerimist, toiduga kokkupuutuvaid pindu ja toidu pakendamist. Poorset ränidioksiidi kasutatakse vee ja jookide nanofiltreerimisel. Amorfne ränidioksiid on kasutusel ka toiduga seotud valdkondades, nagu õlle ja veini selitamine, ja paakumisvastase lisandina supipulbrites (ja maitselisandites).
Nanotitaandioksiid	Nanotitaandioksiidi toodetakse suures mahus peamiselt värvides ja katteainetes kasutamiseks (UV-absorbendina, et aidata takistada UV-kiirguse mõjul lagunemist), kosmeetikatoodetes (päikesekaitsetoodetes, et takistada naha kahjustumist UV-kiirguse toimel) ja pakendamisel.
Tsinkoksiid	Tsinkoksiidi toodetakse praegu väikestes, kuid kasvavates kogustes. Peamiselt on see kasutusel kosmeetika- ja hügieenitoodetes, kuid hiljuti on tsinkoksiidi hakatud kasutama ka muudes valdkondades, näiteks mikroobivastases pakendamises.
Nanosavid	Nanosavidel on mitmesuguseid rakendusalasid. Kõige laialdasemalt kasutatav nanosavi on mineraal montmorilloniit (ka bentoniit), mis on vulkaanituhast/kivimist saadav looduslik savi. Nanosavidel on looduslik nanosuurusjärku kihiline struktuur ja neid modifitseeritakse sageli orgaaniliselt polümeerse ainega sidumise eesmärgil, et töötada välja paremaid materjale (nt komposiite, millel on toidu pakendamiseks paremad gaasibarjääri omadused).
Nano-tseeriumoksiid	Nanosuuruses tseeriumoksiidi kasutatakse kaaskatalüsaatorina diislikütuses. Väidetavalt vähendab selle kasutamine kütusetarbimist ja tahkete osakeste heidet.
Nanoraud	Nullvalentset nanorauda kasutatakse aina rohkem vee puhastamiseks ja saastatud pinnase tervendamiseks. Nanorauda kasutatakse saastunud vee (nt põhjavesi) puhastamisel, kus see väidetavalt puhastab vee saastest, lagundades orgaanilisi saasteaineid ja hävitades mikroobseid patogeene.

Tabel III-a. Nanomaterjalide peamised rakendusvaldkonnad

MNM	Peamised kasutusvaldkonnad
Orgaanilised nanomaterjalid	Praegu on kättesaadavad või teadus- ja arendustegevuse etapis mitmesugused orgaanilised nanomaterjalid, mis on mõeldud kasutamiseks peamiselt kosmeetika-, toiduaine- ja meditsiinisektoris. Orgaanilise nanotehnoloogia võimalike rakendusviiside seas on vitamiinid, antioksüdandid, värvi-, lõhna- ja säilitusained, kosmeetikas ja ravimite kasutatavad toimeained, pesuained jne. Nanosuurusjärgus orgaaniliste ainete väljatöötamise peamine idee on bioaktiivsete ainete parem omastamine, imendumine ja biosaadavus organismis võrreldes samasuguste tavasuurusjärgu ainetega.
Muud	Muude ainsa ulatuslikumalt kaubanduslikul eesmärgil toodetavate nanomaterjalide seas on metallid alumiinium vask, tina, tsirkoonium ja nende oksiidid, ka metallnitiidid (nt titaannitiid), leelismuldmetalle (kaltsium, magneesium) ja mittemetalle (seleen). Kvanttäpid, mis koosnevad metallist (oksiidist) või pooljuhtmaterjalist, millel on uued elektroonilised, optilised, magnetilised ja katalüütilised omadused, leiavad aina rohkem rakendust meditsiini kuvamis- ja diagnostikaseadmetes ja turvatrükis. Kvanttäpid ei ole veel masstootmises.

Allikas: Milieu & RPA (2010)

30 Euroopa Komisjon, „Mittesiduv praktiline juhend töötajate tervise ja ohutuse kaitse kohta keemiliste mõjuritega seotud ohu eest tööol“, dokument nr 2261-00-00-EN final, 2004. Kättesaadav veebisaidil <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b8827eb0-bb69-4193-9d54-8536c02080c1/language-en>

31 INRS, „Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France“, ED 984 Aide-Mémoire Technique, 2012.

32 BAuA, TRGS 900 – Technische Regeln für Gefahrstoffe – Arbeitsplatzgrenzwerte, GMBI, lk 715–716, nr 40, 2012.

33 HSE, „EH40/2005 Workplace exposure limits. Containing the list of workplace exposure limits for use with the Control of Substances Hazardous to Health Regulations“ (muudetud), Crown copyright, 2011.

IV lisa. Nanomaterjalide suhtes kohaldatavad õigusaktid

Tehisnanomaterjalid ei ole hõlmatud konkreetses määrustes, vaid pigem kohaldatakse nende suhtes samasuguseid ELi ja riikide õigusakte, millega tagatakse tavaliste kemikaalide ja segude ohutu käitlemine. Laialdaselt üksmeeles leitakse, et keemiliste mõjurite direktiiv 98/24/EÜ on kõige asjakohasem seadusandlik akt, mida tuleb järgida, et tagada töökohas esinevate tehisnanomaterjalide ohutu käitlemine.

Märkida tuleb, et nanomaterjalid ei ole sõnaselgelt direktiivi kohaldamisalasse lisatud ega sealt välja jäetud, kuid nn kaitsemeetmega, (artikli 2 punktib alapunkt iii) väljendatakse selgelt, et põhimõtteliselt kuuluvad need üldeesmärgi alla ja nende suhtes kohaldatakse keemiliste mõjurite direktiivi, tingimusel et oht on teada.

Peamine aspekt ongi ohu kindlakstegemine. Kuigi ohu kindlakstegemine on riskihindamise esimene etapp, tugineb keemilise ohu kindlakstegemine (juhul kui nanomaterjalide tekitatava võimaliku ohu kindlakstegemine nõuab samasugusel tasemel teadmisi) sellegipoolest osaliselt teabele, mille ainete või segude tarnija edastab lisatud ohutuskaartidel. Tehisnanomaterjalide ohutuskaartide puudumine või tehisnanomaterjalide käsitleva konkreetse teabe puudumine tavasuurusjärgu materjali ohutuskaardil ei tähenda, et tehisnanomaterjalide ei saa kindlaks teha või ohtlikuks lugeda: praktilises juhendis, mille on Euroopa Komisjon töötanud välja vastavalt keemiliste mõjurite direktiivi artikli 12 lõikele 2³⁰, selgitatakse, et „töökohal olevad keemilised mõjurid võivad ohustada töötajate tervist ja turvalisust, olenevalt: (...) millises olekus nad töökohal on (näiteks inertne tahke aine sissehingatava pulbri kujul)“ (Euroopa Komisjon 2004, lk 13).

Sama dokumendi punktis 1.1.3 märgitakse ka, et „... tuleb ohtlikeks aineteks lugeda kõiki aineid, mille

kohta on sätestatud piirnormid. See kehtib ka nende tahkete osakeste kohta, mis koosnevad lahustumatust materjalist, mida ei liigitata tervisele ohtlike ainetega hulka“.

Euroopa tasandil puuduvad praegu üldised tolmu suhtes kehtivad kokkupuute piirnormid; on üksnes konkreetsete ainete tolmu seotud teatavad töökeskkonna ohtlike ainete piirnormid. Mitmes liikmesriigis kehtivad aga üldised (võrre-)piirnormid, mis põhinevad respiratoorse või sissehingatava tolmu sisalduse kriteeriumidel. Näiteks

- Prantsusmaal³¹ kehtivad les Valeurs limites d'exposition professionnelle (kokkupuute piirnormid töökeskkonnas): 10 mg/m³ sissehingatava osa puhul ja 5 mg/m³ respiratoorse osa puhul.
- Saksamaal³² kehtivad allgemeiner Staubgrenzwert (üldised tolmu seotud piirmäärad): respiratoorse osa (alveolengängige Fraktion) puhul 3 mg/m³ ja sissehingatava osa (einatembare fraction) puhul 10 mg/m³;
- Ühendkuningriigis³³ liigitatakse õigusakti (COSHH) määratlusega tervisele ohtlikuks mis tahes tolmu, mille kontsentratsioon õhus kaheksa tunni jooksul määratud ajaliselt kaalutud keskmisena on sissehingatava tolmu puhul 10 mg/m³ või rohkem või respiratoorse tolmu puhul 4 mg/m³ või rohkem.

Alati, kui töökohas esineb nanomaterjalide, kehtivad nende suhtes keemiliste mõjurite direktiivi sätteid. Niisugusel juhul on töötajate peamised kohustused järgmised:

- koostada riskihindamised keemiliste mõjurite ja nendega seotud riskide kohta. Nende hindamiste koostamisel tuleks hankida vajalikku „lisateavet

tarnijalt või muudest kergesti kättesaadavatest allikatest". Riskihindamisi tuleb dokumenteerida ja need peavad olema ajakohased (direktiivi artikkel 4);

- vältida keemilist riski, mis tähendab, et sellised riskid „kõrvaldatakse või vähendatakse miinimumini”. Selle saavutamise vahendid on sätestatud artiklites 5 ja 6 ning need on tähtsuse järjekorras
 - ohtlike mõjurite ja protsesside asendamine vähem ohtlikega;
 - tööprotsessi ja kontrollide kavandamine, et vältida või vähendada ohtlike keemiliste mõjurite eraldumist;
 - ühiste kaitsemeetmete kohaldamine (nt ventilatsioon);
 - isikukaitsemeetmete rakendamine;
- õnnetuste, vahejuhtumite ja eriolukordade puhul tegutseda reguleerivate sätete alusel (artikkel 7) ja
- teavitada töötajaid ja koolitada neid järgmistes valdkondades: toimunud riskihindamise tulemused; töökohas kasutatavate keemiliste mõjurite nimetused, riskid, ohtlike ainete piimormid töökeskkonnas ja asjakohased seadusandlikud sätted ning sobivad ettevaatusabinõud ja võetavad meetmed (artikkel 8).

Keemiliste mõjurite direktiivis kinnitatakse veel kord töötervishoiu ja tööohutuse direktiivi tööandjate kohustust tagada „töötajate ja/või nende esindajate konsulteerimine ja nende osalemine (...) käesoleva direktiiviga reguleeritud küsimustes”. Lisaks eespool nimetatule kehtivad keelud nelja III lisas loetletud keemilise mõjuri suhtes.

Keemiliste mõjurite direktiivi täiendavate Euroopa Liidus kohaldatavate õigusaktide ja määruste mittetäielik loetelu on järgmine:

- nõukogu 12. juuni 1989. aasta direktiiv 89/391/EMÜ töötajate töötervishoiu ja tööohutuse parandamist soodustavate meetmete kehtestamise kohta;
- ATEX-direktiiv 99/92/EÜ (ka „ATEX 137” või „ATEX”), millega kohustatakse tööandjaid täitma plahvatusohtlikust keskkonnast potentsiaalselt ohustatud töötajate kaitse nõudeid;
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu 29. aprilli 2004. aasta direktiiv 2004/37/EÜ töötajate kaitse kohta tööl kantserogeenide ja mutageenidega kokkupuutest tulenevate ohtude eest (kuues üksikdirektiiv nõukogu direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõikes 1 tähenduses) (kodiitseeritud versioon) (EMPs kohaldatav tekst);
- nõukogu 19. oktoobri 1992. aasta direktiiv 92/85/EMÜ rasedate, hiljuti sünnitanud ja rinnaga toitvate töötajate tööohutuse ja töötervishoiu parandamise meetmete kehtestamise kohta (kümnes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses);
- nõukogu 22. juuni 1994. aasta direktiiv 94/33/EÜ noorte kaitse kohta tööl;
- nõukogu 30. novembri 1989. aasta direktiiv 89/656/EMÜ töötajate isikukaitsevahendite kasutamise seotud tervisekaitse ja ohutuse miinimumnõuete kohta (kolmas üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses).

34 REACH-määruse artikli 32 lõige 2.

Kõikide nende töötajate kaitset käsitlevate õigusaktidega kohustatakse tööandjaid tegema kindlaks ohte ja hindama riske, et potentsiaalseid riske saaks kõrvaldada või vähendada nii palju kui võimalik.

Turulelastavate kemikaalide suhtes kohaldatakse lisaks ka järgmisi määrusi:

- REACH-määrus (EÜ) nr 1907/2006, millega kohustatakse tootjaid ja importijaid koguma teavet oma keemiliste ainete omaduste kohta, et võimaldada nende ohutut käitlemist. REACH-määruse kohase registreerimise raames esitatud teavet läbi vaadates tuleks olla teadlik asjaolust, et sageli koostatakse suur osa registreerimistoimikus esitatavast teabest aine tavaasuusjärgu kohta. Nagu eelnevalt nimetatud, on tarnijal kohustus (vastavalt REACH-määruse artiklitele 31 ja 32) edastada tarneahelas edasi „muu kättesaadav ja asjakohane teave aine kohta, mis on vajalik asjakohaste riskijuhtimismeetmete määramiseks ja kohaldamiseks, sealhulgas XI lisa punkti 3 kohaldamisest tulenevad eritingimused” (artikli 32 lõike 1 punkt d). Seega võib iga allkasutaja keemiliste mõjurite direktiivi järgimiseks ja sobivate riskijuhtimismeetmete määramise eesmärgil korraldatavaks riskihindamiseks küsida tarnijalt (tasuta³⁴) lisateavet vähemalt aine/segude osakeste suuruse ning lahustuvuse / bioloogilise püsivuse kohta, sest põhjalikud toksikoloogilised uuringud on ilma põhjendatud kindlalt näidanud, et bioloogiliselt püsivate / halvasti lahustuvate osakeste sissehingamine võib teataval kokkupuutetingimustel hingamiselukonnale kahjulikku mõju avaldada;
- CLP-määrus (EÜ) nr 1272/2008, millega nõutakse, et turule lastavad keemilised ained ja segud klassifitseeritakse nõuetekohaselt võimalike ohtlike mõjude põhjal ning märgistatakse ja pakendatakse sellele vastavalt. Arvestades artikli 5 lõiget 1, artikli 6 lõiget 1, artikli 8 lõikeid 1, 2 ja 6 ning artikli 9 lõiget 5 „võtavad tootjad, importijad ja allkasutajad arvesse kuju või füüsikalisi olekuid, milles aine või segu turule viiakse ja milles seda mõistlike eelduste kohaselt kasutama hakatakse.” Ettevõtjad peaksid kasutama nt REACH-määruse alusel saadud asjakohast kättesaadavat teavet ja tegema vajaduse korral füüsikalise-keemiliste omaduste uurimiseks täiendavaid katseid. Seega tuleks teha turuleviidava aine või segu esindavate proovidega katseid. Nagu on selgitatud Euroopa Komisjoni 2009. aasta dokumendis, võib „eri suuruses osakestega või vormides aine (...) olla erinevalt klassifitseeritud, nagu nikkel ja niklipulber (osakese läbimõõt < 1 mm). Kui aineid toodetakse/importitakse nii nanoskaalas kui ka tavaasuuses, võib vajalik olla eraldi klassifitseerimine ja märgistamine, juhul kui kättesaadavad andmed iseloomulike omaduste

kohta viitavad nanovormi ja tava suuruse erinevale ohuklassile”;

- kosmeetikatoodete määrus (EÜ) nr 1223/2009, millega nõutakse, et komisjoni teavitataks nanomaterjale sisaldavatest kosmeetikatoodetest, esitades teabe nanomaterjali füüsikaliste ja keemiliste omaduste, turule lastava koguse, selle toksikoloogilise iseloomustuse, ohutusandmete ja ettenähtavate kokkupuutetingimuste kohta. Lisaks nõutakse, et kõik nanomaterjalide kujul olevad koostisained peavad olema selgelt esitatud ja need peavad sisaldama sõna „nano”;
- biotsiidide määrus (EL) nr 528/2012, millega nõutakse, et kui biotsiidides kasutatakse nanomaterjali, tuleb eraldi hinnata selle ohtlikkust inimeste ja loomade tervisele ning keskkonnale ja nanovormis koostisosad tuleb selgelt nanomaterjalidena märgistada;

- toidualase teabe esitamist tarbijatele käsitleva määrusega (EL) nr 1169/2011 nõutakse, et kõik tehisanomaterjali vormis olevad koostisosad tuleb märgistada nanomaterjalidena.

Käesolevat juhenddokumenti tuleks lugeda koos nende määruste järgimist käsitlevate olemasolevate suunistega.



V lisa. Nanomaterjalidega kokkupuutumise seirega seotud probleemid

Nanoosakestega kokkupuutumise seirega seotud probleeme toob ilmekalt esile praegune üksmeele puudumine küsimuses, missugune on tehisanomaterjalidega kokkupuutumise kirjeldamise jaoks kõige sobivam näitaja. Tavasuurusjärgus ainete korral kasutatakse üldiselt massipõhiseid näitajaid (välja arvatud kiud, mille puhul kasutatakse näitajana kiudude arvu); teaduslikud tõendid näitavad aga, et osakeste (või kiudude) arvul või pindalal põhinevad näitajad võivad nanomaterjalide puhul asjakohasemad olla. Seega ei ole õhuseires tavaliselt kasutatavad gravimeetriselised mõõtemetodid parim viis ja vajalikuks peetakse ka arvupõhiseid meetodeid. Olemas on mitmesuguseid meetodeid

ja seadmeid, millest võib nanoosakestega seotud kokkupuutemäära kindlakstegemisel kasu olla (vt tabel V-a). Rõhutada tuleb aga, et üldiselt on need töötatud välja teadusrakendusteks, mitte töökoha regulaarseks seireks. Lisaks tuleb märkida, et olemasolevad nanomaterjalide mõõtmise meetodid on ruumilise ja ajalise varieeruvuse suhtes tundlikud ning need ei ole veel ELI tasandil heaks kiidetud.

Tabel V-a. Näited seireseadmete kohta, mida võib rakendada tehisanomaterjalidega kokkupuutumise mõõtmiseks

Seade	Võimaldab mõõta (näitaja)	Märkus
Mõõduselektiivne staatiline proovivõtuseade	Mass	Kaskaadimpaktor võimaldab kuni 100 nm suurust lõikepunkti.
Mõõduselektiivne isiklik proovivõtuseade	Mass	Seadme kasutamisel kehtivad tehnilised piirangud ja analüüs on tõenäoliselt keeruline. Massi võib tuletada ka suurusjaotuse mõõtmistest.
TEOM-meetod (Tapered Element Oscillating Microbalance)	Masse	Tundlik ja võimaldab reaajas seiret.
Liikuvate osakeste suuruse määraja (scanning mobility particle sizer)	Mass, Arv, (Pindala)	Väljastatavad andmed võimaldavad massikontsentratsiooni ja arvulise kontsentratsiooni või mõnel juhul pindala määramist.
ELPI (elektriline madalrõhuimpaktor)	Mass, Arv, Pindala	Võimaldab reaajas seiret. Väljastatavad andmed võimaldavad massikontsentratsiooni, arvulise kontsentratsiooni või pindala määramist.
Kondensatsiooniosakeste loendur (CPC)	Arv	Võimaldab reaajas seiret. Nanovahemikus toimimiseks nõuab kohandamist.
Optiline osakeste loendur	Arv	Piirangud seoses osakeste suurusvahemikuga, mille jaoks need sobivad.
Difusiooni laadimise seade	Pindala	Võimaldab reaajas seiret. Iga seda liiki seade ei sobi ja igal juhul vajab kohandamist.

Allikas: koostatud Aitkeni jt (2011) töö põhjal

Olukorra muudavad veelgi keerulisemaks tehnilised raskused, mis tekivad siis, kui püütakse eristada tehisanomaterjale ja nanoskaalas osakeste (mis võivad sattuda töökohta ümbritsevast õhust või tekkida töökoahas toimuvate protsesside tagajärjel) taustaallikaid. Sellega seoses tuleks arvestada, et linnaõhk sisaldab tavaliselt 10 000–40 000 osakest cm^3 kohta, kuid tööstushoonetes võivad täiendavad nano- või ülipeened osakesed tekkida kuumutussõlmede, kahvellaadurite, tolmuimejate töötamisest ning mootorist pärineva heitena, samuti tööprotsessiga seotud toimingute tõttu, nagu lõikamine, peenestamine ja poleerimine. Kõik need allikad annavad oma osa õhus olevale läbimõõduga < 100 nm osakeste koguhulgale. Kui

kaalutakse õhuseireprogrammi rakendamist, oleks seepärast kasulik enne tehisanomaterjalipõhiste toimingute alustamist mõõta esmalt töökohas oleva nanoosakeste tolmu kui nn taustsaaste määra. Sel viisil võib kõiki tehisanomaterjalidega seotud tulemusi võrrelda muude kokkupuudetega.

Täiendavat teavet nanovormidega kokkupuutumise seire tehniliste lahenduste ja kaasnevate probleemide kohta võib leida mitmest allikast, sh järgmistest allikatest.

- **Aitken et al. (2011)**, „Specific Advice on Exposure Assessment and Hazard/Risk Characterisation for Nanomaterials under REACH (RIP-oN 3). Final Project Report”. Dokumendi viiteandmed: RNC/RIP-oN3/FPR/1/FINAL.
- **HSE (dateerimata)**, „When to monitor”, tervise- ja ohutusamet. Kättesaadav aadressil <http://www.hse.gov.uk/nanotechnology/when-to-monitor.htm>.
- **BSI (2009)**, „Nanomaterials. Nanomaterials: definitions, toxicological risk, characterisation of occupational exposure and prevention measures”, *L'Institut national de recherche et de sécurité*.
- **IUTA / BAuA / BG RCI / IFA / TUD (2011)**, „Tiered Approach to an Exposure Measurement and Assessment of Nanoscale Aerosols Released from Engineered Nanomaterials in Workplace Operations”, koostajad: energia- ja keskkonnatehnoloogia instituudi e.V. (IUTA) õhukvaliteedi ja jätkusuutliku nanotehnoloogia üksus; töötervishoiu ja -ohutuse föderaalinstituut (BAuA); Saksamaa tooraine- ja keemiatööstuse valdkonna õnnetuskindlustuse instituut (BG RCI); Saksamaa Keemiatööstusühendus (VCI); DGUVi töötervishoiu ja -ohutuse instituut (IFA); Dresdeni tehnikaülikooli (TUD) protsessitehnoloogia ja keskkonnatehnoloogia instituudi mehaanilise protsessitehnoloogia uurimisrühm. Kättesaadav aadressil https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Nanomaterialien-2.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- **Ostiguy C et al (2009)**, REPORT R-599. „Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management”, IRSST, Quebec.
- **Safe Work Australia (2009)**, „Engineered Nanomaterials: Evidence on the Effectiveness of Workplace Controls to Prevent Exposure”, Safe Work Australia.
- **VCI (2008)**, „Responsible Production and Use of Nanomaterials”, DGUVi töötervishoiu- ja ohutuse instituut (IFA), mehaanilise protsessitehnoloogia uurimisrühm, Verband der Cgmischen Industrie e V., Saksamaa.

ELiga saab ühendust võtta

ISIKLIKULT

Kõikjal Euroopa Liidus on sadu Europe Directi teabekeskusi. Teile lähima keskuse aadressi leiate: https://europa.eu/european-union/contact_et

TELEFONI VÕI E-POSTIGA

Europe Direct on teenus, mis vastab Teie küsimustele Euroopa Liidu kohta. Teenusega saate ühendust võtta:

helistades tasuta numbril: 00 800 6 7 8 9 10 11 (mõni operaator võib nende kõnede eest tasu võtta),
helistades järgmisel tavanumbril: 00 32 2 299 9696 või
e-posti teel: https://europa.eu/european-union/contact_et

ELi käsitleva teabe leidmine

VEEBIS

Euroopa Liitu käsitlev teave on kõigis ELi ametlikes keeltes kättesaadav Euroopa veebisaidil: https://europa.eu/european-union/index_et

ELI VÄLJAANDED

Tasuta ja tasulisi ELi väljaandeid saab alla laadida või tellida järgmisel aadressil: <https://publications.europa.eu/et/publications>

Suuremas koguses tasuta väljaannete saamiseks võtke ühendust talitusega Europe Direct või oma kohaliku teabekeskusega (vt https://europa.eu/european-union/contact_et).

ELI ÕIGUS JA SEONDUVAD DOKUMENDID

ELi käsitleva õigusteabe, sealhulgas alates 1952. aastast kõigi ELi õigusaktide konsulteerimiseks kõigis ametlikes keeleversioonides vt EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu>

ELI AVATUD ANDMED

ELi avatud andmete portaal (<http://data.europa.eu/euodp/et>) võimaldab juurdepääsu ELi andmekogudele. Andmeid saab tasuta alla laadida ja taaskasutada nii ärilisel kui ka mitteärilisel eesmärgil.

EUROOPA KOMISJONI ESINDUSED

Euroopa Komisjonil on esindus igas Euroopa Liidu liikmesriigis: https://ec.europa.eu/info/about-european-commission/contact/local-offices-eu-member-countries_et

EUROOPA PARLAMENDI BÜROOD

Euroopa Parlamendil on büroo igas Euroopa Liidu liikmesriigis: <http://www.europarl.europa.eu/at-your-service/et/stay-informed/liaison-offices-in-your-country>

EUROOPA LIIDU DELEGATSIOONID

Euroopa Liidul on delegatsioonid ka mujal maailmas: https://eeas.europa.eu/headquarters/headquarters-homepage/area/geo_en

Meie väljaandeid saate alla laadida ja tasuta tellida aadressil:
<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>

Et saada korrapäraselt värsket teavet tööhõive, sotsiaalküsimuste ja sotsiaalse kaasatuse peadirektoraadi tegevuse kohta, tuleb end registreerida uudiskirja Social Europe e-newsletter lugejaks aadressil: <http://ec.europa.eu/social/social/main.jsp?catId=371&langId=et>



Social Europe



EU_Social

