



Øje

på arbejdsmiljøet

Nanomaterialer i arbejdsmiljøet

– status 3 år efter LO's grønbog om nanoteknologi

Øje på arbejdsmiljøet, september 2013

Udgivet af
Landsorganisationen i Danmark
Islands Brygge 32D
2300 København S
E-mail: lo@lo.dk
Tlf.: 3524 6000
Web: www.lo.dk

LO-varenr. 4418
ISBN-trykt: 978-87-7735-267-6
ISBN-elektronisk: 978-87-7735-269-0

Forord

Den øgede politiske fokus på området i 2010-2011 har i Danmark betydet en efterfølgende opprioritering i beredskabet for at sikre anvendelsen af nanomaterialer.

Og nu er der tilstrækkelig viden til at tilpasse den danske arbejdsmiljøregulering, hvilket fremgår af dette notat, som Teknologisk Institut har udarbejdet for LO1. Notatet er en status for udviklingen efter ”LO’s Grønbog om nanoteknologi”.

I nogle brancher har arbejdsmarkedets parter allerede udviklet vejledninger mv. til brug for virksomhederne. Men der er brug for, at flere kommer til, og materialet skal føres ajour, når der kommer ny viden. Ambitionen må være, at parterne hele tiden vejleder om det højest mulige beskyttelsesniveau, uanset at der endnu ikke findes specifikke regler for nano i arbejdsmiljøet.

Arbejdstilsynet har som myndighed – om end med et lidt langt tilløb – udvidet sin generelle information på sin hjemmeside, og det er et fremskridt. Man har endnu ikke udarbejdet egentlige vejledninger, fastsat specifikke grænseværdier eller referenceværdier for nano i arbejdsmiljøet. Og meget tyder på, at myndigheden helst vil afvente, at EU fastsætter reglerne, hvilket kan have lange udsigter.

LO mener ikke, at det er politisk eller myndighedsmæssigt forsvarligt, hvis man alene af hensyn til procedurer i EU undlader at gribe ind med regler. I Danmark skal vil selvfølgelig præge udviklingen i EU. Men når der kommer ny afgørende viden skal der også i Danmark tages aktion på sagen i forhold til regler, vejledninger personlige værnemidler mv. til brug for virksomhederne og de ansatte.

LO har en klar forventning om, at Arbejdstilsynet assisteret af Dansk Center for Nanosikkerhed står som garant for, at vi i Danmark har et optimalt og rettidigt beredskab, når det gælder nanorisici i arbejdsmiljøet. Centret blev etableret som led i den nationale 2020-arbejdsmiljøstrategi, med en bevilling til 2015.

Og der er leveret ny viden fra blandt andet forskerne i Dansk Center for Nanosikkerhed.

Det fremgår af statusnotatet, at der for en række nanomaterialer i dag er tilstrækkelig viden til at iværksætte forebyggelsestiltage i form af tilpasning af national arbejdsmiljøregulering, tilsyn, vejledning og registrering. Det gælder nanomaterialer som nano-TiO₂, carbon black, kulstof nanorør og kulstof nanofibre.

Ligeledes fremgår det, at andre lande allerede er gået i gang, fx har man i Tyskland og Holland indført referenceværdier for antallet af nanopartikler i arbejdsmiljøet. Det har man gjort selvom der endnu ikke foreligger specifikke grænseværdier for nano.

Der er også brug for at se på, hvordan virksomhederne kan blive mere sikre på at få registreret, når der er nanomaterialer i arbejdsmiljøet. Meget tyder nemlig på, at virksomhederne er usikre på at få registreret, når der er nanomaterialer i arbejdsmiljøet. Af opdateringen fremgår det således, at man på baggrund af de få registreringer af nanomaterialer til REACH og CLP må stille sig kritisk over for tilstrækkeligheden af den nuværende kommunikation og klarhed om definitionen af et nanomateriale. Og tilsvarende når det gælder kravene om registrering og mærkning af nanoprodukter.

Nogle vil måske anføre, at særregler udenom EU, vil være en hæmsko for dansk erhvervsliv.

I LO mener vi tværtimod, at konkurrenceevnen begrænses, når virksomhederne som det er tilfældet i dag, er usikre om definition, sporingsmuligheder, eksponeringsrisici og grænseværdier mv. for nanomaterialer. Dette bekræftes af konkrete eksempler i statusnotatet, hvor virksomheder på grund af usikkerhed undlader at foretage produktudvikling mv. på nanoområdet.

Statusnotatet afdækker en række opmærksomhedspunkter som politikere, myndigheder og andre aktører skal være opmærksomme på, når der skal udvikles regler, vejledning og registrering mv. når det gælder nano i arbejdsmiljøet

Det er LO’s ønske, at statusnotatet skal medvirke til at skærpe de nationale bestræbelser på at forebygge sundhedsrisici for lønmodtagerne i forbindelse med nano i arbejdsmiljøet. Og som sidegevinst kan vi være med til at fremme en fornuftig erhvervsudvikling på nanoområdet.

Her er der ikke tale om en indsats en gang for alle. Nej, vi må erkende, at nanofeltet er vanskeligt at blive klog på. Derfor må initiativerne bygges op løbende efterhånden som vi bliver klogere – og vi er blevet klogere!

LO anbefaler:

Der skal ske en styrket regulering i forhold til risici ved nano i arbejdsmiljøet, så der i Danmark tages de nødvendige initiativer ud fra et forsigtighedsprincip.

For en række nanomaterialer er der i dag tilstrækkelig viden til, at kunne iværksætte forebyggelsestiltag i form af tilpas-

1) Notatet kan med fordel læses i forlængelse af ”Grønbog om nanoteknologi” (LO 2010), der giver en grundig indføring i nanomaterialers risici og erhvervsudviklingen på området.

ning af national arbejdsmiljøregulering, tilsyn, vejledning og registrering. Det gælder nanomaterialer som nano TiO₂, carbon black, kulstof nanorør og kulstof nanofibre:

Grænseværdier skal indføres, når der er videngrundlag for det.

I mangel af specifikke grænseværdier skal der i Danmark indføres referenceværdier for antallet af nanopartikler i arbejdsmiljøet, som det fx er sket i Tyskland og Holland.

Arbejdstilsynet skal udarbejde en vejledning til virksomhederne, om nanomaterialer i arbejdsmiljøet

Bevillingen til Dansk Center for Nanosikkerhed udløber i 2015.

Der skal ved politiske initiativer sikres en varig økonomi for centrets forskning samt vejledning og informationsvirksomhed.

Centret skal medvirke til, at Danmark nationalt og internationalt markerer sig på højt niveau med fokus på viden og erfaringer om risiko, eksponering, beskyttelse samt regulering, fx gennem udvikling af grænseværdier.

I nogle brancher har arbejdsmarkedets parter allerede udviklet vejledning om nano og værktøjer til risikovurdering mv. til virksomhederne. Der er behov for, at flere gør det samme,

og at materialet føres ajour, når der kommer ny viden.

Ambitionen skal være, at parterne løbende anbefaler det højeste mulige beskyttelsesniveau, uanset at der endnu ikke findes specifikke regler for nano i arbejdsmiljøet.

Kendskabet til registrering og brug af nanomaterialer er mangelfuldt. De relevante myndigheder skal derfor foretage en udredning om, hvordan virksomhederne kan blive bedre til og mere sikre på at få registreret de nanomaterialer der er i arbejdsmiljøet.

Miljøstyrelsens nanoregister skal udmøntes, så det bliver til mest mulig gavn – også for professionelle brugere og arbejdsmiljøet. Det skal sikres, at Dansk Center for Nanosikkerhed og Arbejdstilsynet kan anvende registeret til forebyggelses- og forskningstiltag.

Meget taler for, at virksomhederne vælger nanomaterialer fra, når de er usikre på definition, registrering, eksponeringsrisici og grænseværdier mv. Ud over hensynet til medarbejdernes sundhed kan der derfor med god grund politisk argumenteres for, at mangel på regulering af nanoområdet hæmmer dansk erhvervsudvikling og vækst.

God læselyst
Lizette Risgaard



NANOMATERIALER I ARBEJDSMILJØET

- STATUS 3 ÅR EFTER LO'S GRØNBOG OM NANOTEKNOLOGI

AF:

HENRIK VEJEN KRISTENSEN, CENTER FOR ARBEJDSLIV

TEKNOLOGISK INSTITUT

SEPTEMBER 2013



BAGGRUND OG FORMÅL

Notatet er udarbejdet for LO med det formål at opdatere viden om perspektiver og udviklinger i arbejdsmiljøet ved arbejde med nanomaterialer. Notatet er udarbejdet som en opdatering af "Grøn bog om nanoteknologi" (LO 2010)¹, der giver en grundig indføring i nanomaterialers risici og erhvervsudviklingen på området. Notatet kan med fordel læses i forlængelse af grøn bogen.

Statusopdateringen er udarbejdet på baggrund af viden og erfaringer fra blandt andet 'VITAL nano' og arbejdet i 'Dansk Center for Nanosikkerhed'. Erfaringer herfra er suppleret med desk research inden for områder som toksikologi, EU-regulering og erhvervsudviklingsstrategier i perioden primo 2011 til maj 2013.



INDHOLDSFORTEGNELSE

Baggrund og formål	2
Resume og konklusion	4
Status på Arbejds miljøet	7
Videnskabelige publikationer	7
Sundhedsrisici	7
Eksposering	8
Overvågning og måling	9
Risikohåndtering	9
Arbejds miljøredskaber og strategier	10
Control Band redskaber	10
Registrering og overvågning	10
Referenceværdier og grænseværdisætning	10
Standardisering	11
Beredskabet i Danmark og EU	12
EU-regulering	12
Det europæiske arbejds miljøagentur	13
Det danske beredskab	13
Grafen - usikkerhed om fremtidens 'Mirakelmateriale'	14
Behovet for supplerende indsatser	15
Status på erhvervsudviklingen i Danmark	18
Innovationsstrategi - Caseeksempel fra Norge	18
Referencer	20



RESUME OG KONKLUSION

Indeværende notat gør status på udviklingen i arbejdet med at sikre et nationalt arbejdsmiljøberedskab og regulering af anvendelsen af nanomaterialer² i Danmark. Der gives en kortfattet og opsamlende gennemgang af udvalgte tiltag, ny viden og tendenser inden for de seneste 2 ½ år. Desuden gives der internationale perspektiver og eksempler, som kan støtte og være til inspiration i den danske indsats.

Nanomaterialer findes på mange danske virksomheder, som forarbejder og anvender disse til mange forskellige formål. Det gælder industri, sundhedssektor, rengøring, byggeri, tryk og offset, autolak og service m.fl.

Med et øget politisk fokus på området i 2010-2011 har man i Danmark set en opprioritering i beredskabet for at sikre anvendelsen af nanomaterialer. Centrale myndigheder som Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen har gennem de senere år forsøgt at opbygge et nationalt beredskab til håndtering af nye risici forbundet med nanomaterialer, ved at følge udviklingen i forskning, erhvervmæssig anvendelse og udbredelse samt udviklingen af internationale retningslinjer, standarder og EU-reguleringer. Arbejdet pågår med tiltag til overvågning, kortlægninger, udvalgsarbejde og løbende opsamling af viden. Med indsatsen har man forsøgt at opbygge tilstrækkelig viden til at iværksætte egentlige forebyggelsesstrategier og virkemidler.

Indeværende notat påpeger, at der for en række nanomaterialer i dag er tilstrækkelig viden om såvel a) sundhedsrisici, b) anvendelige forebyggelsesstrategier og c) reguleringsværktøjer til at iværksætte forebyggelsestiltag i form af tilpasning af national arbejdsmiljøregulering, tilsyn, vejledning og registrering. Det gælder nanomaterialer som nano-titaniumdioxid, carbon black, kulstof nanorør og kulstof nanofibre.

Tiltag bør iværksettes med Arbejdstilsynet og Branchearbejdsmiljørådene i spidsen i koordination med allerede iværksatte tiltag fra EU-Kommissionen og med inspiration fra NIOSH og andre internationale initiativer.

Nylige forskningsresultater peger på, at danske virksomheder står over for flere udfordringer, som besværliggør deres arbejde og hæmmer deres incitament for at udvikle og anvende nanomaterialer, der ellers kan give grobund for innovation og bedre konkurrenceevne. Blandt de mest centrale udfordringer er:

- Usikkerhed omkring definitionen af et 'nanomateriale' og afklaringer af, hvorvidt man har nanomaterialer på arbejdspladsen. Kun få virksomheder kender EU's definition af et nanomateriale. Det er uklart, hvordan EU's definition kan bruges i dansk arbejdsmiljøarbejde og dansk arbejdsmiljøregulering.



- Manglende grænseværdier og usikkerheder omkring eksponeringsrisici ved anvendelse eller forarbejdning af produkter/materialer indeholdende nanomaterialer. Kun få virksomheder har ressourcer og viden til at gennemføre en afdækning af eksponeringsrisici for aerosol/luftbårne nanomaterialer i deres produktion. Der findes på nuværende tidspunkt ingen gældende grænseværdier i arbejdsmiljøet specifikt for nanomaterialer. Selv virksomheder, som ønsker og har ressourcer til at afdække og overvåge eksponeringen af deres medarbejdere, mangler en referenceramme at måle eksponeringsniveauer op mod.
- Usikkerhed omkring effekten af eksisterende virkemidler og forebyggelsesforanstaltninger. De færreste virksomheder føler sig sikre på effekten af kendte forebyggelsesforanstaltninger som indkapsling, afskærmning, ventilation og brugen af personlige værnemidler. Det afholder flere virksomheder fra at anvende nanomaterialer og udvikle deres forretning på dette område. Selvom forskningen på området endnu er sparsom, peger den på, at mange kendte forebyggelsesforanstaltninger kan bruges til effektivt at beskytte medarbejdere for eksponering.

Den danske arbejdsmiljølovgivning pålægger arbejdsgivere ansvaret for at sikre arbejdsmiljøet på danske arbejdspladser. For at kunne dette, peger ovenstående forskningsresultater på et markant behov for afklaring, vejledning og retningslinjer. Det anbefales derfor at fremme følgende indsatser og virkemidler:

- Bedre og mere klar vejledning om, hvordan man skal tolke EU's definition af et nanomateriale, og hvordan dette forventes udmøntet i regulering fra EU og nationalt.
- Udvikling af vejledninger og rådgivning om, hvordan AMO kan monitorere og måle eksponering for nanomaterialer på arbejdspladsen.
- Støtte til videnhjemtagning og national forskning/udredning af effekten ved kendte tekniske forebyggelsesforanstaltninger og værnemidler. Herunder vejledning til designkriterier for sikker indretning og anvendelse af nanomaterialer og produkter.
- Opdatering og udbredelse af eksisterende vejledningsmaterialer (fra I-BAR og BAR U&F), så det:
 - Inkluderer nyeste viden om god praksis og brugen af forebyggelsesforanstaltninger.
 - Skaber opmærksomhed på mangler og fejl i sikkerhedsdatablade.
 - Også målrettes andre brancher og anvendelser end laboratorier, komposit og overfladebehandling i de eksisterende inspirationspjecer. Eksempelvis det grafiske område, byggeri og anlæg, autolak og service, service og rengøring, transport og engros, pap og papir m.fl.

Sådanne tiltag kan iværksættes med udgangspunkt i internationale tiltag, publikationer og vejledninger ved a) en tilpasning til dansk erhvervslivs anvendelser af nanomaterialer (som



typisk er sekundære anvendere, og ikke producenter af nanomaterialer), b) særegen dansk regulering og praksis på arbejdsmiljøområdet samt c) en sproglig oversættelse og tilpasning, der matcher forudsætninger i danske virksomheder.



STATUS PÅ ARBEJDSMILJØET

I de følgende afsnit gives en status på videnskabelige fremskridt og publikationer, udviklingen af værktøjer og redskaber samt et kort statusoverblik over reguleringstiltag i EU og Danmark.

VIDENSKABELIGE PUBLIKATIONER

Den vel nok bedste og mest epokegørende videnskabelige publikation på området er NIOSH's opsamlende studie om eksponering for 'kulstof nanorør og kulstof nanofibre' (NIOSH 2013).³ Rapporten opsamlere en lang række studier inden for området og giver anbefalinger til sikker håndtering af kulstof nanorør og -fibre. Trods rapportens fokus på kulstof nanorør og -fibre, vurderes dets anbefalinger at kunne anvendes på mange andre nanomaterialer med mindre justeringer. Centrale dele af rapportens anbefalinger er efter publicering blevet accepteret i US-OSHA.⁴

Rapporten anbefaler på baggrund af den tilgængelige toksikologiske forskning en grænseværdi for eksponering for kulstof nanorør og -fibre på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gennemsnit over 8 timer). Tilsvarende grænseværdier i USA er for grafit ($5.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og carbon black ($3.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Der er med andre ord tale om en noget nær nultolerance.

Rapporten indeholder ligeledes en række anbefalinger vedrørende sundhedsovervågning, monitorering og eksponeringsmåling, designkriterier samt brug af tekniske forebyggelsesforanstaltninger, værnemidler og uddannelse af medarbejdere, som er anvendelige for andre materialer og på tværs af brancher og anvendelsesområder.

NIOSH publicerede i 2011⁵ en tilsvarende rapport omhandlende titaniumdioxid, hvor man anbefalede en differentieret grænseværdi for forskellige typer/størrelser af materialet. De anbefalede værdier er $2,4 \text{ mg}/\text{m}^3$ (for fint titaniumdioxid) og $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ (for ultrafint og nanoskala titaniumdioxid), som bør ses i relation til OSHA's tilladelige grænseværdi på $15 \text{ mg}/\text{m}^3$ for almindelig titaniumdioxid pigment. Rapporten indeholder ligeledes en række anvendelige anbefalinger til arbejdsmiljøledelsen på arbejdspladserne.

SUNDHEDSRISICI

Flere forskningsresultater fra den toksikologiske forskning understøtter behovet for en ny grænseværdisætning for nanomaterialer.

Japanske forskere (Takagi et al 2012⁶) har bidraget til at fastslå, at kulstof nanorør og kulstof nanofibre har carcinogene effekter i bughulen i mus ved eksponeringsdoser, som er realistiske i arbejdsmiljøet. Resultatet understøtter andre studier (Takagi et al 2008, Polen 2008⁷; Mercer et al 2011⁸; Murray et al 2012⁹; DeLorme et al 2012¹⁰ m.fl.) og giver et robust videnskabeligt



grundlag for at hævde at visse typer kulstof nanorør kan fremkalde langvarig inflammation og fibrose (dannelse af arvæv) i lungerne, der er forstadier for lungekræft og nedsat lungefunktion ved i langvarig luftvejseksposering hos mus.

Et amerikansk konsortium har lavet systematisk undersøgelse af sundhedsrisiciene ved kulstof nanorør samt titaniumdioxid og fandt, som andre studier, en række sundhedsrisici ved eksposering i lungerne. Måske mere interessant viser deres undersøgelser, at en nanopartikel ikke bare er en nanopartikel, som flere studier har peget på tidligere (Murphy et al 2011¹¹). Bonner et al 2013¹² viser, at forhold som typen af kulstof nanorør, renhed af partiklen, funktionalisering af partiklerne og andre forhold kan have afgørende betydning for partiklernes toksikologiske effekter, og både virke forstærkende og nedbringende.

Et dyrestudie fra NFA, DTU og KU påviser en direkte korrelation mellem karbon black og titaniumdioxid partiklers samlede overfladeareal (BET) og inflammatorisk respons af indåndede partikler (Saber et al 2012¹³). I dette studie kan der påvises en direkte sammenhæng mellem det samlede overfladeareal af partikler, der er deponeret i lungen (på mus) og risikomarkører for hjertekarsygdomme (Saber et al, in press¹⁴). Et andet dyreforsøg viser, at karbon black giver DNA-skader i lunger ved doser, der svarer til en otte timers arbejdsdag ved den nuværende danske grænseværdi (Bourdon et al 2012¹⁵).

Der er endnu ikke erfaringer fra arbejdsmiljøet, som peger på akut-toksiske effekter ved kulstof nanorør eller andre nanomaterialer forårsaget af 'nanomaterialet', om end der har været eksempler fra forbrugerprodukter og arbejdsmiljøet, hvor andre kemiske agenter i et 'nanoprodukt' (uafhængigt af indholdet af nanomaterialer) har fremkaldt alvorlige reaktioner (vejtrækningsproblemer mv.) for medarbejdere.

Langvarig luftvejseksposering vurderes på den baggrund fortsat at være den mest risikobetonede eksponeringsvej og relevant fokus at målrette forebyggelsestiltag mod i arbejdsmiljøet.

EKSPONERING

Amerikanske forskere (Johnson et al 2010¹⁶) viser, at kulstofbaserede nanomaterialer kan frigives til luften fra væsker ved ultralydsbehandling (sonikering). Det understreger vigtigheden af opmærksomhed på flere typer processer end blot pulverhåndtering - men også processer, hvor materialer og væsker indeholdende nanomaterialer tilføres høj energi. Studiet viser, at nanomaterialets overfladeegenskaber og opløselighed i væsken er afgørende for dets frigivelse, og det understreger vigtigheden af ikke kun at tænke på risici i forbindelse med pulverhåndtering.

På NanoSafe 2 konferencen i Grenoble 2012 blev der præsenteret en række studier om den potentielle frigivelse af nanomaterialer fra nanokompositter og overflader. Ingen studier havde identificeret frigivelse af rene nanomaterialer. Typisk var nanomaterialerne bundet i større partikler med fragmenter af komposit-matrixen. I tilfælde, hvor en organisk matrix nedbrydes af



eksempelvis UV-lys, kunne man identificere en ophobning af nanomaterialer på overfladen, som potentielt set kunne frigives. Studierne peger samlet set på en lille risiko for eksponering for rene nanomaterialer¹⁷ ved nedbrydning af nanokompositter, om end der vil være kendte støvproblematikker, man må forholde sig til. Hidtil toksikologiske studier tyder ligeledes på, at der ikke er forskellighed i slibestøv fra maling med eller uden nanomaterialer (Saber et al 2012a, Saber et al 2012b¹⁸).

Et større eksponeringsstudie (Broekhuizen et al 2012¹⁹) i forskellige industrier (maling, autoservice, pigmentfremstilling, metal og maskinindustri) indikerer, at eksponeringen i arbejdsmiljøet ofte kan være domineret af nanopartikler (under 100 nm og med stort specifikt overfladeareal), som stammer fra råvarer med en gennemsnitlig størrelsesfordeling over 100 nm (ex talk eller kalcium karbonat) eller udledning fra en proces (ex forbrændingsprocesser og svejsning).

Ser man ovenstående studier i sammenhæng med den toksikologiske forskning (se forrige afsnit), som peger på en direkte sammenhæng mellem specifikt overfladeareal og sundhedsrisici, så vurderes det at være relevant (i arbejdsmiljøssammenhænge) at inkludere 'tilfældigt opståede' nanomaterialer²⁰ i risikovurderingen og iværksættelsen af forebyggelsestiltag på arbejdspladsen. Dvs. tilfælde, hvor sundhedsskadelige nanopartikler frigives fra en industriel proces, uanset om materialet er fremstillet og anvendes med et bevidst og specifikt formål for at udnytte dets nanoegenskaber.

OVERVÅGNING OG MÅLING

I kølvandet på nanoDEVICE projektet er der publiceret flere studier med evalueringen af nye mobile måleinstrumenter (Asbach et al 2012²¹, Brouwer et al 2012²²), som viser, at der findes nyt måleudstyr, som kan være anvendeligt og økonomisk muligt for en række rådgivere og virksomheder at købe. Nye apparater som håndholdte miniDISK, NanoTracer og CPC kan være anvendelige til APV-kortlægning og løbende målinger af eksponeringsniveauer i arbejdsmiljøet. Instrumenterne er fortsat forskellige og har forskellige begrænsninger, hvilket kræver en relativ stor kompetence at kunne tolke resultaterne de frembringer, men der forventes løbende udvikling og lancering af udstyr på markedet.

RISIKOHÅNDTERING

Blandt førende forskningsinstitutioner i Europa arbejdes der på at udarbejde en fælles strategi til risikovurdering og eksponeringsmåling på arbejdspladser med en trinvis tilgang (tre trin). Arbejdet afspejler en tilgang med større fokus på minimering af eksponering (end vurdering af materialer med toksikologiske effekter), som også har været anvendt i Danmark i forbindelse med udarbejdelsen af inspirationsmateriale for I-BAR. Tilgangen afspejler en tendens væk fra principper om 'no-data, no-market' til 'no-data, no exposure'. Arbejdet koordineres tværgående i en EU-arbejdsgruppe (NanoGEM 2012, IUTA 2011 m.fl.), og tilgangen er foreløbig beskrevet i Brouwer et al 2012²³.



Leverandøransvisninger (sikkerhedsdatablade) udgør et centralt udgangspunkt for arbejdsmiljøorganisationernes indsats i Danmark. Erfaringerne fra blandt andet VITAL nano viser, at virksomheder forventer at kunne stole på databladet, og at de får den nødvendige viden her til at sikre arbejdsmiljøet. Nylige undersøgelser (Eastlake et al 2012²⁴; Lee et al 2013²⁵) viser, at mere end halvdelen af alle undersøgte sikkerhedsdatablade ikke indeholdte tilstrækkelige eller rigtige oplysninger om nanomaterialer. Dette til trods for at der er publiceret en ISO-guideline til udarbejdelse af MSDS.

ARBEJDSMILJØREDSKABER OG STRATEGIER

CONTROL BAND²⁶ REDSKABER

I Danmark er der etableret et 4-årigt initiativ (Dansk Center for Nanosikkerhed), som skal bidrage til forskningsbaseret viden til at sikre bedre viden om nanomaterialers toksicitet og udvikling af en version 2 af risikovurderingsværktøjet: NanoSafer. I Holland har man sideløbende udviklet et nanomodul til det udbredte og kendte værktøj til kemisk risikovurdering: Stoffenmanager²⁷. Stoffenmanagers nanomodul har risikovurderingsværktøj baseret på Control Banding tilsvarende NanoSafer, men har ikke i samme omfang en grundig vejledning og inspirationsmateriale om risikohåndtering. Der koordineres mellem de to arbejdsgrupper om videreudvikling af værktøjerne.

REGISTRERING OG OVERVÅGNING

I flere lande (Norge, Belgien, Tyskland og Frankrig) har man som i Danmark startet initiativer til registrering af nanomaterialer blandt nationale virksomheder. Frankrig har været forgangsløst med etablering af et system iværksat den 1. februar 2013²⁸ med 1991 registreringer fra 457 virksomheder ved første indrapportering. Registreringen er omfattende og har fokus på at kunne bruges til langsigtet sundhedsovervågning af medarbejdere i udvalgte brancher (og ikke forbrugere som den danske nanoproduktdatabase). Omfanget af rapporteringen har mødt en del kritik.

REFERENCEVÆRDIER OG GRÆNSEVÆRDISÆTNING

Det 'Økonomiske og Sociale Råd' i Holland (SER²⁹) har i 2008 iværksat en dialogproces mellem arbejdsmarkedets parter og eksperter med henblik på at etablere foreløbige referenceværdier, som industrien kan anvende, indtil man kan etablere sundhedsbaserede grænseværdier. Resultaterne af dialogen blev et sæt referenceværdier målt i partikkelkoncentrationer for fire kategorier af nanomaterialer kategoriseret efter en række fysiske (eksempelvis fiberstruktur) og biokemiske (bionedbrydelige) egenskaber. Resultaterne er præsenteret i flere rapporter og anbefalinger³⁰.



I Tyskland har man lavet en tilsvarende proces, om end med et anderledes resultat med benchmarkværdier målt i mg/m^3 , som er den gængse metrik for grænseværdier og eksponeringsmålinger³¹. Herhjemme har Dansk Center for Nanosikkerhed efterspurgt tiltag om iværksættelse af grænseværdier for nanomaterialer.

Referenceværdi: En referenceværdi angiver maksimale anbefalede eksponeringsniveauer for stoffer og materialer, som endnu ikke har en fast helhedsbaseret grænseværdi. De anvendes på samme måde som de grænseværdier, som vi kender fra AT-vejledningen om stoffer og materialer, men afskiller sig på tre punkter:

- Referenceværdier har ikke hjemmel i nogen lov eller offentlig regulering. De anvendes frivilligt.
- Referenceværdier er typiske fastlagt på baggrund af en dialogproces mellem arbejdsmarkedets parter, ekspertvurderinger og/eller erfaringer fra tidligere lignende materialer.
- De er typisk repræsentere foreløbige (state-of-science/best practice) værdier og justeres efterhånden, som man får ny eller mere håndfast viden om de pågældende materialer.

Referenceværdier kan bruges til at overvåge og vurdere eksponeringsrisici i arbejdsmiljøet indtil myndighederne kan fastsætte sundhedsbaserede grænseværdier for de pågældende stoffer og materialer.

STANDARDISERING

Der er iværksat en række standardiseringstiltag i regi af CEN, ISO og OECD. Generelt skrider arbejdet i OECD langsomt fremad og er præget af lange politiske processer, mens der i regi af ISO er udviklet (eller under udvikling) en række standarder for nomenklatur, karakterisering og testning af materialer³². Der er desuden udviklet følgende standarder med relevans for arbejdsmiljøarbejdet på arbejdspladser:

- ISO/TS 12901-1:2012: Nanotechnologies -- Occupational risk management applied to engineered nanomaterials -- Part 1: Principles and approaches (International Standard Published).
- ISO/DTS 12901-2: Nanotechnologies -- Occupational risk management applied to engineered nanomaterials -- Part 2: Use of the control banding approach (Close of Voting/Comment Period).
- ISO/TR 13121:2011: Nanotechnologies -- Nanomaterial risk evaluation (International Standard Published).
- ISO/TR 13329:2012: Nanomaterials -- Preparation of material safety data sheet (MSDS) (International Standard Published).
- ISO/PRF TS 13830: Guidance on the labelling of manufactured nano-objects and products containing manufactured nano-objects (FDIS referred back to TC or SC).
- ISO/AWI TR 18637: General framework for the development of occupational exposure limits for nano-objects and their aggregates and agglomerates (Working draft).



I tillæg hertil er under den tekniske komite - CEN TC162 WG3 vedr. personlige værnemidler til beskyttede mod kemikalier - iværksat et arbejde for at udarbejde en standard om brugen af personlige værnemidler ved arbejdet med nanomaterialer.

Udfordringen for nogle af de nævnte standarder er, at de ikke er fuldt harmoniseret med EU's regulering og derfor ikke nødvendigvis giver korrekt vejledning til efterlevelse af reguleringen herhjemme. Eksempelvis som tidligere nævnt med definitionen af et nanomateriale, som er væsentlig forskellig i EU- og ISO-regi.

BEREDSKABET I DANMARK OG EU

EU-REGULERING

EU-Kommissionen har i 2011 lanceret et foreløbigt forslag til en europæisk definition på nanomaterialer³³, som løbende integreres i relevante direktiver og lovgivning på EU-plan. Definitionen henleder til en regulering af nanopartikulære materialer baseret på partikelstørrelser og antal partikler/volumen, i modsætning til tidligere regulering af masse/volumen.

Definitionen er på mange måder anderledes end tidligere definitioner (herunder ISO's definition). Definitionen har givet anledning til debat, fordi den rammer en række gråzoner i forhold til mulighederne for bestemmelse af eksempelvis størrelsesfordelinger, og fordi den inkluderer ikke-tilsigtede udslip fra processer og naturlige partikler. Forslaget skal revurderes i 2014.

Indtil videre er nanomaterialer defineret på anden vis integreret i følgende forordninger, direktiver og lovgivninger med relevans for danske myndigheder og erhvervsliv:

- REACH-forordningen³⁴.
- CLP-forordningen.
- Kosmetikforordningen.
- Direktivet for Medicinsk udstyr.
- Biocid-direktivet.
- Fødevarerforordningen og fødevarerinformationsforordningen³⁵.

En nærmere præcision af reguleringen omkring indberetning af nanomaterialer på fødevarerområdet forventes fremlagt i efteråret 2013 i forbindelse med revisionen af forslag til en ny reguleringsramme for Novel Food.

Kosmetikforordningen anvender en særskilt definition på nanomaterialer, som inkluderer materialer op til 200 nm og ekskluderer materialer, som ikke anvendes for at udnytte en specifik nano-funktionalitet.



EU-Kommissionen fastholder i deres 'Second Regulatory Review on Nanomaterials', at den nuværende REACH-regulering regulerer nanomaterialer på bedst mulige måde (COM (2012) 572 final). Kommissionens 'Staff Working Paper' viser dog, at der i 2011 registreringerne til REACH og CPL alene var 78 registreringer med reference til 'nano', og kun 3-8 produkter med direkte anerkendelse af at være et nanomateriale (SWD (2012) 288 final, Appendix 3)³⁶. Med mere end 800 identificerede markedsførte nanoprodukter på det europæiske marked (SWD (2012) 288 final, Appendix 2) kan man med rimelighed stille sig kritisk overfor:

- Tilstrækkeligheden af den nuværende kommunikation og klarhed om definitionen af et nanomateriale.
- Kommunikationen og klarheden i kravene om registrering og mærkning af nanoprodukter.

Kommissionen medgiver i deres 'review', at der fortsat er udfordringer for en effektiv implementering af EU's definition i reguleringen - og særlige udviklingsbehov for valide værktøjer og metoder til at detektere, måle og monitorere nanomaterialer.

EU støtter fortsat en række forsknings- og udviklingsprojekter med henblik på at understøtte myndighedernes og virksomhedernes viden og muligheder for at karakterisere, måle og risikovurdere nanomaterialer. For et arbejdspladsperspektiv er projekter, som det netop afsluttede NanoDEVICE³⁷ (udvikling af mobile og lettilgængelige partikelmåleinstrumenter), NANOSAFE³⁸ (forskning og samling af viden om nanorisici) og fortløbende PEROSH³⁹ (fælles koordination og videndeling om arbejdsmiljøforhold vedr. nanomaterialer med udvikling af en fælles EU-database med deling af eksponeringsdata) interessante. Projekterne åbner for bedre koordination af strategier af overvågning, risikovurdering og udvikling af metoder og redskaber til at håndtere nanomaterialer i EU. Det har blandt andet givet afkast i en dialog om en fælles stepvis metodetilgang for risikovurdering af nanomaterialer på arbejdspladsen (Brouwer et al 2012⁴⁰).

DET EUROPÆISKE ARBEJDSMILJØAGENTUR

Det europæiske arbejdsmiljøagentur (EU-OSHA) har oprettet en temaside om nanomaterialer⁴¹. Siden indeholder en generel introduktion til nanomaterialer og relaterede sundhedsrisici. På siden findes ligeledes vejledninger om sikkerhed ved vedligeholdelsesarbejde, anvendelser i sundhedssektoren, anvendelige værktøjer til risikohåndtering, gode praksis cases⁴² samt en række referencer til policydokumenter og litteratur på området.

DET DANSKE BEREDSKAB

I Danmark er der iværksat to centrale tiltag til at sikre et dansk beredskab på nanoområdet. Miljøstyrelsen har iværksat en række tiltag under finanslovaftalen "Bedre styr på nanomaterialer" fra 2011. På arbejdsmiljøområdet blev der i 2011 i forbindelse med den



ationale arbejdsmiljøstrategi frem mod 2020 bevilliget midler til at etablere Dansk Center for Nanosikkerhed.

Arbejdstilsynet

Arbejdstilsynet holder sig generelt orienteret på området og har netop på foranledning af flere opfordringer, fra blandt andet projektet VITAL nano og Dansk Center for Nanosikkerhed, lavet en oplysningsside på www.at.dk⁴³ under emnet 'Kemi og støv', som oplyser om generelle risici og opmærksomhedspunkter samt anviser brugen af en kemisk nano-APV, hvis virksomheder anvender nanomaterialer. Siden rummer ikke egne værktøjer eller specifikationer af, hvordan man eksempelvis laver en kemisk nano-APV, men henviser til materiale publiceret af I-BAR og LO.

Dansk Center for Nanosikkerhed

Via arbejdsmiljøstrategien frem mod 2020 er der etableret et Dansk Center for Nanosikkerhed med en 3-årig bevilling (+ et års forlængelse), der sikrer en omfattende forskningsindsats i nanomaterialer, toksikologi og eksponering frem til udgangen af 2015. Centret er forskningstungt (med størst vægt på den toksikologiske forskning), men har også i mindre omfang en formidlingsforpligtigelse til at dele resultater i form af videnskabelig publicering, følgegruppemøder (herunder Arbejdstilsynet og arbejdsmarkedets parter), afholdelse af temadage og opdatering af hjemmesiden: www.nanosikkerhed.nu.

GRAFEN - USIKKERHED OM FREMTIDENS 'MIRAKELMATERIALE'

EU-Kommissionen har i 2013 bevilliget 1 mia. euro til et konsortium, som skal forske og udvikle i 'Mirakelmaterialet' - grafen - som forventes at skulle være et fyrtårn i EU's fremtidige erhvervsudvikling. Grafen er grundmaterialet i kulstof nanorør. Det har en pladestruktur med en ultratynd diameter i fladen og kan under alle gældende definitioner karakteriseres som et nanomateriale.

Der er meget lidt viden om grafens (i pladeform) toksikologiske effekter, men fremtrædende forskere advarer allerede om, at grafen kan have sundhedsskadelige effekter i lungerne (Schinwald et al 2012⁴⁴). Indtil videre er der meget lidt forskning af sundhedsrisici og eksponeringsrisici for grafen. Europæiske forskere undersøger materialer i projekterne Electrograph og NanoMaster, mens der ikke er iværksat undersøgelser i Danmark med det formål at undersøge risici forbundet med grafen, og materialet indgår ikke specifikt i forskningsplanerne for Dansk Center for Nanosikkerhed.

Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen er den myndighed på området, som følger udviklingen af reguleringstiltag i OECD, EU og andre EU-lande tættest. De har iværksat en række kortlægningsprojekter, som skal bringe overblik over udbredelse af produkter indeholdende nanomaterialer i Danmark.



Miljøstyrelsen koordinerer ligeledes et tværministerielt netværk med fast deltagelse af nationale eksperter. Forbrugersikkerhed og miljø er centrum i styrelsens arbejde på området.

Miljøstyrelsen har ligeledes indledt en politisk proces om etablering af en produktdatabase for produkter i Danmark. Det omfatter et forslag til lovændring om elektronisk registreringspligt til virksomheder, som producerer eller sælger produkter, der indeholder nanomaterialer.

Lovforslaget er vedtaget i Folketinget i marts 2013, og der forventes en bekendtgørelse om retningslinjer, krav og kriterier for indberetning til databasen i løbet af 2013.

Registreringspligten forventes at skulle gælde for produkter, som reguleres under REACH og kemikalielovgivningen. Andre produktområder med særregulering som kosmetik, fødevarer og emballage, pesticider samt medicinsk udstyr vil ikke skulle registreres.

LO har under høringen af lovforslaget afgivet ønske om, at databasen sikrer en registrering af professionelle anvendelser af nanomaterialer⁴⁵. I svaret fra Folketingets Miljøudvalg fremgår det, at registreringen af produkter vil omfatte både forbrugerprodukter og produkter, der anvendes af professionelle. Der har efterfølgende været en dialog mellem Miljøstyrelsen og Arbejdstilsynet om samkøring eller koordinering af data til/mellem Arbejdstilsynets 'Produktregister' og Miljøstyrelsens 'Nanoproduktdatabase'. En samkøring af disse registre forventes på baggrund af diskussioner på Miljøstyrelsens workshop om databasen den 16. maj 2013 ikke at blive realiseret.

Miljøstyrelsen forsøger at koordinere arbejdet med kollegaer i Frankrig, Tyskland, Norge, Belgien mv., som har iværksat lignende tiltag for registrering og overvågning af området. Man har dog politisk i Danmark besluttet at fokusere på produkter indeholdende nanomaterialer, mens man i andre lande ønsker at registrere med udgangspunkt i det specifikke nanomateriale, hvilket gør den danske indsats unik.

Miljøstyrelsens arbejde omfatter en række projekter for udredning af kravspecifikationer, administrative byrder samt udviklingsarbejde af et redskab til miljømæssig risikovurdering på baggrund af data fra kortlægninger og databaser. Disse aktiviteter er iværksat og forventes afsluttet i 2015, hvor også databasen forventes implementeret.

BEHOVET FOR SUPPLERENDE INDSATSER

Arbejds miljøforskningsfonden har finansieret projektet "VITAL nano"⁴⁶. Resultaterne herfra blev præsenteret og diskuteret med et debatpanel. Projektets resultater peger på et presserende behov hos virksomheder og arbejdsmiljøorganisationer om Arbejdstilsynets stillingtagen og planer for en dansk regulering af nanomaterialer. Konklusionen fra paneldebatten var, at:

- Der er behov for at støtte opbygningen af kompetence til at håndtere nanomaterialer sikkert ude på arbejdspladserne. Debatpanelet giver en række anbefalinger og bud på virkemidler, som kan støtte denne udvikling.
- Den toksikologiske forskning er nu så tydelig og robust, at man regulatorisk bør handle proaktivt for at minimere eksponering for nanomaterialer i arbejdsmiljøet.



- Hvis vi skal sikre alle arbejdspladser - også de virksomheder, som ikke har så mange ressourcer - er der behov for nogle mere kraftige signaler fra de regulerende myndigheder samt vejledning og støtte fra brancherne.

Projektets ni anbefalinger er publiceret i en debatpjece og efterlyser en række tiltag fra Arbejdstilsynet og brancher for udvikling af risikohåndteringsværktøjer, derudover også bedre kommunikation og retningslinjer i relation til eksisterende reguleringstiltag og definitioner målrettet AMO'ernes arbejde med at sikre arbejdsmiljøet på danske arbejdspladser (Kristensen et al 2013⁴⁷).

Der har ligeledes i kølvandet på debatmødet lydt mere eller mindre faste tilkendegivelser fra industrien, byggeri og anlæg, service samt det grafiske område om at få udredt og eventuelt udarbejdet vejledningsmateriale på området.

Inden for områder med særregulering (herunder fødevarer, tilsætningsstoffer, fødevareremballage, medicinsk udstyr og kosmetik) følger brancheforeningerne området tæt med henblik på udmøntningen af EU's definition og evt. særkrav om dokumentation og registrering af produkter.

For at sikre det nødvendige beredskab hos myndigheder, og i særlig grad ude blandt arbejdsmiljørådgivere og arbejdsmiljøorganisationerne, kan der peges på en række indsatser, som endnu ikke er iværksat:

- En præcis og klar vejledning om, hvordan man skal tolke EU's definition af et nanomateriale, og hvordan dette tolkes og forventes implementeret i regulering fra EU og nationalt. Herunder:
 - Hvordan virksomhederne skal forholde sig til kendte og tidligere regulerede materialer i relation til den nye definition.
 - Hvilke revisioner af eksisterende regelsæt, AT-vejledninger, tilsyn, indberetninger mv. man forventer de nærmeste år.
 - Opdateringer og dialog med mulighed for indspil af iværksatte reguleringstiltag i EU-Kommissionen, vejledninger i OSHA m.fl.
- Udvikling af vejledninger og rådgivning om, hvordan AMO kan monitorere og måle eksponering for nanomaterialer på arbejdspladsen. Herunder opstilling af grænseværdier, referenceværdier og/eller andre målestok for acceptabel eksponering i arbejdsmiljøet, så virksomheder har mulighed for at vurdere deres arbejdsmiljøindsats.
- Støtte til videnhjemtagning og national forskning/udredning af effekten ved kendte tekniske forebyggelsesforanstaltninger og værnemidler. Herunder vejledning til designkriterier for sikker indretning og anvendelse af nanomaterialer og produkter.
- Opdatering og udbredelse af eksisterende vejledningsmaterialer (fra I-BAR og BAR U&F), så det:
 - Inkluderer nyeste viden om god praksis og brugen af forebyggelsesforanstaltninger.



- Skaber opmærksomhed på mangler og fejl i sikkerhedsdatablade.
- Også målrettes andre brancher og anvendelser end laboratorier, komposit og overfladebehandling i de eksisterende inspirationspjecer. Eksempelvis det grafiske område, byggeri og anlæg, autolak og service, service og rengøring, transport og engros, pap og papir m.fl.

De fleste af disse tiltag kan iværksættes med udgangspunkt i internationale tiltag, publikationer og vejledninger ved en tilpasning til danske branchers anvendelse af nanomaterialer (som typisk er sekundære anvendere, og ikke producenter af nanomaterialer), dansk regulering og praksis på arbejdsmiljøområdet, samt en sproglig oversættelse og tilpasning, der matcher forudsætninger i danske virksomheder (og særligt SMV'er).



STATUS PÅ ERHVERVSUDVIKLINGEN I DANMARK

Siden udgivelsen af 'Grønbog om nanoteknologi' i 2010 har der været en begrænset introduktion af nanoprodukter til anvendelse professionelt og hos forbrugere. I Forbrugerrådets nanoproduktdatabase har man identificeret 1236 produkter indeholdende nanomaterialer⁴⁸. Hertil kan der identificeres en række erhvervs- og forskningsrelaterede anvendelser af nanomaterialer.

Der er ikke i Danmark iværksat nye større erhvervstiltag for at fremme udviklingen af nanoteknologi og nanomaterialer i perioden 2011-2013, om end det fortsat er et fokusområde i eksempelvis Højteknologifonden og lignende støtteordninger. Integrerede strategiske indsatser, som kobler F&U, erhvervsudvikling, miljø og arbejdsmiljø på tværs af ministerielle ressortområder er som i 'Grønbog om nanoteknologi' efterspurgt i VITAL nano projektet.

INNOVATIONSSTRATEGI - CASEEKSEMPEL FRA NORGE

Norge har lanceret en ambitiøs innovation og erhvervsstrategi⁴⁹ for udviklingen af nanoteknologi. Strategien adskiller sig eksempelvis fra danske strategier (med Højteknologifonden og NaBITT) ved at placere hensynet til sikkerhed og risici mere centralt - eksempelvis i kriterier og bedømmelser af F&U-ansøgninger mv.

Baseret på erfaringer fra bl.a. VITAL nano vurderes udviklingen i den professionelle anvendelse af nanomaterialer og -produkter fortsat at være præget af usikkerhed i relation til især arbejdsmiljø og regulering - men også miljø, markedsreaktioner, kvalitet/effekt m.fl.⁵⁰

Mange virksomheder er tilbageholdende med at introducere nye nanomaterialer i deres produktion og produkter, og mange er usikre på, om deres eksisterende materialer kan defineres som nanomaterialer - og derfor potentielt set bør risikovurderes på ny og kan blive omfattet af kommende regulering. Inden for visse brancher er nano gået fra at være et 'buzz'-ord til at være et 'fy'-ord.

I nogle brancher ses det, at usikkerhederne omkring nanomaterialer er en direkte hæmsko for udbredelsen og erhvervsudviklingen. Der har ikke været lavet specifikke survey-undersøgelser af omfanget, men neden for er der angivet et par eksempler:

- Inden for rengøringssektoren har man set virksomheder, der udsender generelle advarsler mod brug af nanomaterialer. Eksempelvis har markedsførende virksomheder som ISS, Sodexo, COOR og Compass fravalgt alle nanoprodukter i Sverige⁵¹.
- Inden for byggeri i sundhedssektoren forventes Statens Serum Institut at fraråde brug af nanomaterialer i deres kommende Nationale Infektionshygiejniske Retningslinjer for nybyggeri i sundhedssektoren.
- Inden for kosmetikområdet har man oplevet en udfasning af nanomaterialer til UV-filtre - til fordel for kemiske filtre - i solcremer som konsekvens af strammede regler i



svanemærkningen. Generelt set vurderes udbredelsen af nanomaterialer kun at have skabt en begrænset erhvervsøkonomisk effekt i Danmark de sidste år, og udviklingen vurderes at være hæmmet af store usikkerheder omkring sundhedsrisici og kommende regulering.



REFERENCER

1

http://www.lo.dk/Politik/Arbejds miljo/Ojeparbejds miljoet/~ /media/LO/Politikomrader/Arbejds miljo/Oje%20paa%20arbejds miljoet/OPA%202010/opa_nano_sept2010.ashx.

² Termen 'nanomaterialer' bruges i notatet med reference til EU-Kommissionens forslag til en definition: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:da:PDF>.

³ <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145/pdfs/2013-145.pdf>.

⁴ http://www.osha.gov/Publications/OSHA_FS-3634.pdf.

⁵ <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>.

⁶ A.Takagi, A.Hirose, M.Futakuchi, H.Tsuda, and J.Kanno, "Dose-dependent mesothelioma induction by intraperitoneal administration of multi-wall carbon nanotubes in p53 heterozygous mice", *Cancer Sci.* 103 (2012) 1440-1444.

⁷ Takagi A, Hirose A, Nishimura T, Fukumori N, Ogata A, Ohashi N, Kitajima S, Kanno J [2008]. Induction of mesothelioma in p53+/- mouse by intraperitoneal application of multi-wall carbon nanotube. *J Toxicol Sci* 33(1):105-116.

⁸ Mercer RR, Hubbs AF, Scabilloni JF, Wang L, Battelli LA, Friend S, Castranova V, Porter DW [2011]. Pulmonary fibrotic response to aspiration of multi-walled carbon nanotubes. *Part Fibre Toxicol* 8(1):21.

⁹ Murray AR, Kisin ER, Tkach AV, Yanamala N, Mercer R, Young SH, Fadeel B, Kagan VE, Shvedova AA [2012]. Factoring in agglomeration of carbon nanotubes and nanofibers for better prediction of their toxicity versus asbestos. *Part Fibre Toxicol* 9:10 [<http://dx.doi.org/10.1186/1743-8977-9-10>].

¹⁰ DeLorme MP, Muro Y, Arai T, Banas DA, Frame SR, Reed KL, Warheit DB [2012]. Ninety-day inhalation toxicity study with a vapor grown carbon nanofiber in rats. *Tox Sci* 128(2):449-460.

¹¹ Murphy FA, Poland CA, Duffin R, Al-Jamal KT, Ali-Boucetta H, Nunes A, Byrne F, Prina-Mello A, Volkov Y, Li S, Mather SJ, Bianco A, Prato M, Macnee W, Wallace WA, Kostarelos K, Donaldson K [2011]. Length-dependent retention of carbon nanotubes in the pleural space of mice initiates sustained inflammation and progressive fibrosis on the parietal pleura. *Am J Pathol* 178(6):2587-2600.

¹² Reference: Bonner, J.C., Silva, R.M., Taylor, A.J., et al. 2013, "Interlaboratory evaluation of rodent pulmonary responses to engineered nanomaterials: The NIEHS Nano Go Consortium," *EHP Advanced Publication*.



¹³ Saber AT, Jensen KA, Jacobsen NR, Birkedal R, Mikkelsen L, Møller P, Loft S, Wallin H, Vogel U. 2012. Inflammatory and genotoxic effects of nanoparticles designed for inclusion in paints and lacquers. *Nanotoxicology*; 6:453-71.

¹⁴ AT Saber, JS Lamson, NR Jacobsen, G Ravn-Haren, KS Hougaard, AN Nyendi, P Wahlberg, AM Madsen, P Jackson, H Wallin, U Vogel. 2013. Particle-induced Pulmonary Acute Phase Response Correlates with Neutrophil Influx Linking Inhaled Particles and Cardiovascular Risk. *PlosOne*, in press.

¹⁵ JA Bourdon, AT Saber, NR Jacobsen, KA Jensen, AM Madsen, JS Lamson, H Wallin, P Møller, S Loft, CL Yauk and UB Vogel. 2012. Karbon Black Nanoparticle Instillation Induces Sustained Inflammation and Oxidative Stress-Related Genotoxicity in Mouse Lung and Liver. *Particle and Fibre Toxicology*, 9;5.

¹⁶ David R. Johnson, Mark M. Methner, Alan J. Kennedy and Jeffery A. Steevens. Potential for Occupational Exposure to Engineered Carbon-Based Nanomaterials in Environmental Laboratory Studies. *Environmental Health Perspectives*, 2010; 118(1):49-54.

¹⁷ www.nanosafe.org.

¹⁸ AT Saber, NR Jacobsen, A Mortensen, J Szarek, P Jackson, AM Madsen, KA Jensen, IK Koponen, G Brunborg, KB Gützkow, U Vogel, H Wallin. 2012. Nanotitanium dioxide toxicity in mouse lung is reduced in sanding dust from paint. *Particle and Fibre Toxicology*, 9;4.

AT Saber, IK Koponen, K Al Jensen, NR Jacobsen, L Mikkelsen, P Møller, S Loft, U Vogel, H Wallin. 2012. Inflammatory and genotoxic effects of sanding dust generated from nanoparticle-containing paints and lacquers. *Nanotoxicology*; 6:776-88.

¹⁹ Pieter van Broekhuizen, Fleur van Broekhuizen, Ralf Cornelissen, Lucas Reijnders. Workplace exposure to nanoparticles and the application of provisional nanoreference values in times of uncertain risks. *J Nanopart Res* (2012) 14:770.

²⁰ I EU-forslag til en definition af et nanomateriale opdeles nanomaterialer som værende naturlige, tilfældigt opståede eller fremstillede.

²¹ Asbach C, Kaminski H, Barany D.V, Kuhlbusch T.AJ, Monz C, Dziurawicz N, Pelzer J, Vossen K, Berlin K, Dietrich S, Götz U, Kiesling H-J, Schierl R and Dahmann D: "Comparability of Portable Nanoparticle Exposure Monitors", *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 56, No. 5, pp. 606–621, 2012.

²² *Ann Occup Hyg.* 2012 Jan;56(1): 1-9. doi: 10.1093/annhyg/mer099. Epub 2011 Dec 8. Harmonization of measurement strategies for exposure to manufactured nano-objects; report of a workshop. Brouwer D, Berges M, Virji MA, Fransman W, Bello D, Hodson L, Gabriel S, Tielemans E.

²³ *Ann Occup Hyg.* 2012 Jan;56(1): 1-9. doi: 10.1093/annhyg/mer099. Epub 2011 Dec 8. Harmonization of measurement strategies for exposure to manufactured nano-objects; report of a workshop. Brouwer D, Berges M, Virji MA, Fransman W, Bello D, Hodson L, Gabriel S, Tielemans E.



-
- ²⁴ Eastlake, A., Hodson, L., Geraci, C., and Crawford, C. 2012. A critical evaluation of material safety data sheets (MSDSs) for engineered nanomaterials. *Journal of Chemical Health and Safety*, 19(5), pp.1–8.
- ²⁵ Lee J.H., Kuk W.K., Kwon M., Lee J.H., Lee K.S. and Yu I.J. 2013. Evaluation of information in nanomaterial safety data sheets and development of international standard for guidance on preparation of nanomaterial safety data sheets. *Nanotoxicology*, 7(3), p.338.
- ²⁶ Control Banding er et risikovurderingsværktøj, som opstiller et afgrænset antal sikkerhedsniveauer med anbefalede forebyggelsesforanstaltning på arbejdspladsen. Værktøjerne vurderer materialer og processer og angiver sikkerhedsniveauet på basis af kvantitative og/eller kvalitative datainput.
- ²⁷ <http://nano.stoffenmanager.nl/>.
- ²⁸ <https://www.r-nano.fr/?locale=en>.
- ²⁹ SER er en samarbejdende og dialogbaseret organisation med repræsentation af arbejdsgivere, arbejdstagere og eksperter.
- ³⁰ http://www.ser.nl/en/publications/publications/2012/2012_01.aspx.
- ³¹ <http://www.dguv.de/ifa/en/fac/nanopartikel/beurteilungsmassstaebe/index.jsp>.
- ³² For et fuldt overblik se:
http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=381983.
- ³³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:DA:PDF>
- ³⁴ Forslag til ændringer i REACH-bilag er i høring:
<http://ec.europa.eu/yourvoice/ipm/forms/dispatch?form=NanomaterialsREACH>.
- ³⁵ Se også: <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Nanotils%C3%A6tninger.aspx>.
- ³⁶ [http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/second_regulatory_review_on_nanomaterials_-_staff_working_paper_accompanying_com\(2012\)_572.pdf](http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/second_regulatory_review_on_nanomaterials_-_staff_working_paper_accompanying_com(2012)_572.pdf).
- ³⁷ <http://www.nano-device.eu/>.
- ³⁸ www.nanosafe.org.
- ³⁹ <http://www.perosh.eu>.
- ⁴⁰ Brouwer D, Berges M, Virji MA, Fransman W, Bello D, Hodson L, Gabriel S, Tielemans E. "Harmonization of measurement strategies for exposure to manufactured nano-objects; Report of a workshop." *Ann Occup Hyg*. 2012 Jan; 56(1):1-9. doi: 10.1093/annhyg/mer099. Epub 2011 Dec 8.
- ⁴¹ <https://osha.europa.eu/en/topics/nanomaterials/>.



⁴² https://osha.europa.eu/en/practical-solutions/case-studies?SearchableText=&is_search_expanded=True&getRemoteLanguage=en&subcategory2=nanotechnology&subcategory%3Alist=nanotechnology&nace2=&multilingual_thesaurus2=&submit=Search.

⁴³ <http://arbejdstilsynet.dk/da/arbejds miljoemner/kemi-og-stov/nanoteknologi.aspx>.

⁴⁴ Anja Schinwald, Fiona A. Murphy, Alan Jones, William MacNee and Ken Donaldson. Graphene-Based Nanoplatelets: A New Risk to the Respiratory System as a Consequence of Their Unusual Aerodynamic Properties. ACS Nano, 2012, 6 (1), pp 736-746.

⁴⁵ <http://www.ft.dk/samling/20121/lovforslag/l97/spm/1/svar/1017674/1201738.pdf>.

⁴⁶ <http://www.teknologisk.dk/projekter/projekt-vitalnano/31008?cms.query=vital+nano>.

⁴⁷ Kristensen HV, Hansen SF, Baun A 2013: "Virkemidler til sikker håndtering af nanomaterialer - debatpjece med anbefalinger", Teknologisk Institut og Danmark Tekniske Universitet.

⁴⁸

http://nano.taenk.dk/da/products?title=&company=&material=All&country_of_origin=All&category=All.

⁴⁹ http://www.regjeringen.no/pages/37943068/63867_Nanostrategi_web.pdf.

⁵⁰ <http://www.teknologisk.dk/projekter/projekt-vitalnano/31008?cms.query=vital+>.

⁵¹ <http://www.dagenssamhalle.se/debatt/stoppa-den-riskfyllda-nanotekniken-inom-staedning-5071>.