

Forord

Nanoteknologiens udvikling rummer store danske erhvervs- og samfundspotentialer inden for en lang række områder som miljø, bio-pharma, energi og katalyse, optik, elektronik, IKT, byggeri, plast, farve og lak samt overfladebehandling. Dette tværgående udviklingsfelt har gennem de seneste 4-8 år været et højt prioriteret forsknings- og udviklingsområde i nationale og internationale forsknings- og udviklingsprogrammer. I dag ses en hastig udvikling af forbrugerprodukter og materialer til brug i industrien med nanopartikler. Stadigt flere laboratorier og industrivirksomheder arbejder med at udnytte nanopartiklers særlige egenskaber.

Forskningsresultater har de senere år givet anledning til mistanke og debat om mulige sundhedsrisici relateret til eksponering for nanopartikler i arbejdsmiljøet. Det er endnu uklart, hvilke partikler der er sundhedsskadelige for mennesker, samt i hvilket omfang mennesker vil blive eksponeret. Med udgangspunkt i eksisterende viden om nanopartiklers egenskaber er det dog allerede muligt at mindske eksponeringen for luftbårne nanopartikler og dermed skabe en proaktiv arbejdsmiljøindsats.

Indeværende katalog giver viden og inspiration om muligheder for håndtering af nanomaterialer i produktion og laboratoriearbejde på baggrund af eksisterende viden på området. Kataloget er udarbejdet ud fra praktiske erfaringer, eksponeringsmålinger, litteratur og forskningsresultater indsamlet i 2009 og 2010 i både Danmark og udlandet. Det må forventes at skulle opdateres i årene fremover på baggrund af nye erfaringer og et hastigt stigende antal resultater fra de mange igangværende nationale og internationale forskningsprojekter.

Formålet med kataloget er at give læseren viden og inspiration om særlige opmærksomhedsområder og redskaber til at minimere medarbejderes eksponering for nanopartikelstøv. Kataloget fokuserer på risici for eksponering for luftbårne nanopartikler i arbejdsmiljøet og mulige strategier til at forebygge eksponering. Herunder:

- Produktion af nanopartikler.
- Håndteringen af nanopartikelpulvermaterialer og suspensioner.
- Støv- og aerosoldannelse fra bearbejdning af nanopartikelholdige kompositmaterialer.

Indholdet er henvendt til arbejdsmiljørepræsentanter fra arbejdspladser, der allerede arbejder med nanopartikler eller overvejer at anvende nanopartikler i fremtiden. Kataloget og det tilhørende risikovurderingsværktøj (NanoSafer) kan også have interesse for arbejdsmiljørådgivere og andre med interesse i debatten om risikovurdering af nanopartikler og nanopartikelholdige materialer.

Læsere bør være opmærksomme på, at industriel anvendelse af nanopartikler og forskning inden for risikovurdering af nanopartikler er områder under kraftig udvikling. Der er i dag ikke udviklet specifik lovgivning på området, og kataloget er ikke godkendt som vejledning i Arbejdstilsynet, men udtrykker partnerne bag rapportens foreløbige tilgang til området.

1. Indledning

Udviklingen af nanomaterialer med nye eller forbedrede egenskaber rummer store danske erhvervs- og samfundspotentialer (1). Eksempelvis inden for områder som miljø, bio-pharma, energi og katalyse, optik, elektronik, informations- og kommunikationsteknologi, plast, byggeri samt overfladebehandling.

Nanoteknologi er et relativt nyt teknologisk felt, og selve ordet "nanoteknologi" eksisterede ikke før midt i 1970'erne, hvor det første gang blev brugt. "Nanoteknologi" omfatter som sådan både materialer, viden og produktionsteknologi til måling, analyse og manipulation af materialer. Mangfoldigheden i begrebet afspejler sig i Royal Societys definition af nanoteknologi:

"Design, produktion og anvendelse af strukturer, produkter og systemer ved at kontrollere form og størrelse i nanometerskala". (2)

Feltet har gennem de seneste 4-8 år været et højt prioriteret forsknings- og udviklingsområde i nationale og internationale forsknings- og udviklingsprogrammer. Nanoteknologi har indtil for få år siden primært været en videnskabelig disciplin, hvor arbejdet foregik i laboratorierne. I dag ses en hastigt stigende produktion af nanopartikelholdige produkter og materialer. Laboratorier og industrivirksomheder udnytter i dag materialernes særlige egenskaber til forskningsrelaterede og kommercielle formål (3).

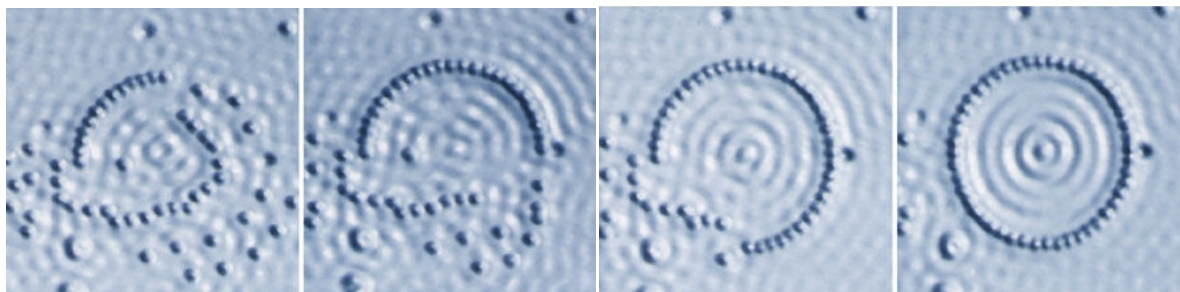
Anvendelsesmulighederne for nanoteknologien er vidtrækkende, og erhvervspotentialet har derfor været sammenlignet med eksempelvis plasticindustrien, biotek-industrien eller informations- og kommunikationsindustrien (3). Som eksempler på de mange industrielle anvendelser af nanoteknologi kan nævnes:

- Katalysatorer
- IT og teleteknologisk fremstilling
- Produktion af fiberoptik og sensorteknologi
- Overfladebehandling
- Polering og slibning
- Produktion af lak, plast og beton.
- Medicin
- Kosmetik

Derudover kan teknologien anvendes til at forbedre mange forbrugerprodukter. Eksisterende forbrugerprodukter omfatter mere effektiv solcreme, lettere og stærkere sportsudstyr, selvrensende ovne og vinduer, smudsafvisende tøj, antibakterielle strømper, stærkere og mere elastiske byggematerialer, desinficerende vaskemaskiner og bakteriefri køleskabe.

Med nanoteknologi kan stoffer kontrolleres helt ned i molekulær og atomar skala. Figur 1.1 viser, hvorledes det er muligt at kontrollere enkelte atomers position og dermed opbygge en ring bestående af kun ca. 50 atomer.

Figur 1.1: Selvorganisering og manipulation på atomart niveau



Billederne illustrerer muligheden for at kontrollere enkelte atomer med nanoteknologi. Her vist ved, at Xe-atomer på en kobberoverflade formes som en ring. [<http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/corral.html>]

Mistanke om risici i arbejdsmiljøet

Det er velkendt, at produktion, anvendelse og bearbejdning af materialer i de fleste tilfælde medfører risici for partikeleksponering. Ligeledes at støveksposeringer i arbejdsmiljøet kan forårsage alvorlige sygdomme i luftveje og hjerte-karsystemet (4; 5).

Mange epidemiologiske undersøgelser har endda påvist alvorlige sundhedseffekter af partikler i udendørs luftforurening ved massekoncentrationer, der er væsentligt lavere, end hvad man kan udsættes for i industrielle miljøer. Den største epidemiologiske undersøgelse på området viser, at risikoen for at få hjerte-karsygdomme og lungekræft stiger i takt med øget partikelforurening i luften i udendørs miljøer (6). I erhverv, hvor ansatte har været udsat for støv og partikler fra kul, kvarts, asbest, støbning og svejserøg, er der en lang historie om forøget risiko for bl.a. lungesygdomme.

Der er dog stadig stor usikkerhed om de egentlige sundhedseffekter af atmosfæriske nanopartikler fra luftforurening og syntetiske nanopartikler (2; 7). Det er derfor ikke på nuværende tidspunkt muligt at fastsætte grænseværdier for luftkoncentrationen af forskellige nanopartikler (8).

På trods af usikkerheden omkring sundhedseffekter indikerer visse sundhedsvidenskabelige og arbejdsmiljøfaglige studier, at eksponering for visse nanopartikler kan have alvorlige sundhedseffekter (9; 10; 11). Blandt andet viser forsøg, at nogle typer nanopartikler (fx karbon nanorør) har asbestlignende effekter på levende organismer (7; 11).

Medarbejdere i virksomheder, der enten fremstiller eller forarbejder nanopartikelholdige materialer, vil typisk være udsat for nanopartikler i høje koncentrationer over længere perioder (10). De vil derfor også være udsat for større potentielle risici i arbejdsmiljøet end andre befolkningsgrupper (12; 13). Det er derfor særligt vigtigt at fokusere på nanopartikelholdige materialer i arbejdsmiljøet, og på hvordan medarbejdernes eksponering for luftbårne nanopartikler kan mindskes.

Ud fra den tilgængelige viden omkring helbredseffekten af luftbårne nanopartikler anbefaler mange førende sikkerhedsorganisationer og forskningsgrupper, at man følger forsigtighedsprincippet og mindsker eksponeringen af medarbejdere så meget, som det er praktisk muligt (2; 7; 8; 14).

Katalogets indhold og opbygning

Indeværende katalog er fokuseret på arbejdsmiljøaspekter vedrørende nanopartikler og giver inspiration til strategier til at reducere medarbejderes eksponering for luftbårne nanopartikler. Kataloget adresserer en række centrale spørgsmål, som kan opstå i arbejdsmiljøorganisationen på arbejdspladser, som arbejder med nanopartikelholdige materialer.

Kataloget fokuserer på risici for eksponering for luftbårne nanopartikler i arbejdsmiljøet og mulige strategier til at forebygge eksponering. Herunder:

- Produktion af nanopartikler.
- Håndteringen af nanopartikelære pulvermaterialer og suspensioner.
- Støv- og aerosoldannelse fra bearbejdning af nanopartikelholdige kompositmaterialer.

Materialer med nanostrukturer vurderes ikke at give anderledes arbejdsmiljøudfordringer end kendte udfordringer med kemiske stoffer og materialer.

Kataloget giver en grundig baggrundsviden, som kan supplere læsningen af tilhørende brancherelaterede pjecer samt anvendelse af det tilhørende onlineværktøj NanoSafer. NanoSafer indeholder et værktøj til risikovurdering af specifikke arbejdsprocesser med nanopartikelholdige pulvermaterialer og væsker samt inspiration til opstilling af sikkerhedsforanstaltninger.

Kapitlernes indhold er som følger:

- Kapitel 2 giver en definition og afgrænsning af, hvad nanopartikler er og, hvordan arbejdsmiljøindsatsen på dette område kan fokuseres.
- Kapitel 3 og 4 forklarer, hvorfor netop nanopartikler bør gives særlig opmærksomhed i arbejdsmiljøorganisationen og hvilke særlige karakteristika ved nanopartikler, der gør dem udfordrende i forhold til vurdering af eksponering og sundhedseffekter.
- Kapitel 5 giver en opsummering af den gældende lovgivning. Her påpeges gråzoner i reguleringen, som kan være anvendelig for arbejdet i arbejdsmiljøorganisationen.
- Kapitel 6 præsenterer den tilgængelige viden om anvendeligheden af principper og sikkerhedsforanstaltninger i arbejdsmiljøarbejdet.
- Kapitel 7 viser en række feltmålinger for arbejde med nanomaterialer eller partikeldannende processer på arbejdspladser. Feltmålinger beskriver specifikke cases med aktiviteter og luftkoncentrationerne af nanopartikler under udførelsen af arbejde samt de anvendte sikkerhedsforanstaltninger.
- Kapitel 8 gennemgår tidligere redskaber og modeller til vurdering af sundhedsrisici og eksponeringsrisici ved arbejde med nanopartikelholdige materialer og giver en introduktion til det nye evalueringsværktøj NanoSafer.

For læsere, der ikke er bekendt med terminologien og nanopartiklers særlige egenskaber, anbefales det at læse de indledende kapitler, før man kaster sig over kapitel 6-8. Arbejdsmiljørepræsentanter, som søger svar på konkrete udfordringer eller løsninger, kan gennemse kapitel 6-8 for inspiration og redskaber.