

Nanoteknologi, miljø og sundhed

– ansvarlig udnyttelse af
teknologi i udvikling





**DANSK
ERHVERV**



DANSK INDUSTRI



**Foreningen for
Danmarks Farve- og Lakindustri**



Kemikaliebranchen

.....
MILJØMINISTERIET

Miljøstyrelsen

 **PLASTINDUSTRIEN
I DANMARK**



PROCESINDUSTRIEN
Medlem af Dansk Industri



Nanoteknologi, miljø og sundhed
– ansvarlig udnyttelse af teknologi i udvikling

UDGIVER:

Miljøstyrelsen 2007

- i samarbejde med Arbejdstilsynet, Brancheforeningen for sæbe, parfume og teknisk/kemiske artikler, Dansk Erhverv, Dansk Industri, Foreningen for Danmarks Farve- og Lakindustri, Kemikaliebranchen, Plastindustrien og Procesindustrien.

TEKST OG LAYOUT:

Operate A/S

REDAKTION:

Bent Horn Andersen, Miljøstyrelsen

Poul Bo Larsen, Miljøstyrelsen

Flemming Ingerslev, Miljøstyrelsen

Dorte Bjerregaard Lerche, Miljøstyrelsen

FOTOS:

IStockphoto

TRYK:

Prinfo Holbæk-Hedehusene A/S

ISBN: 978-87-7052-647-0

Rapporten kan læses på www.mst.dk

Rapporten kan bestilles fra Frontlinien:

Miljøministeriet, Frontlinien

Rentemestervej 8

2400 København NV

Tlf.: 70 12 02 11

frontlinien@frontlinien.dk

Indhold

Forord	2
Introduktion til nanoteknologi	5
Nanoteknologi – fremtidens teknologi	5
Nanoteknologi i naturen og hverdagen	8
Potentialer for miljø	10
Udfordringer for miljø og sundhed	13
Risici for arbejdsmiljø og forbrugere	13
Risici i forhold til ydre miljø	15
Nanoteknologi i Danmark	16
Nanoteknologi i forbrugerprodukter	16
Nanoteknologi i danske virksomheder	18
Nanoteknologi i dansk forskning	20
Myndighedernes indsats	22
Reguleringsmuligheder i Danmark og EU	22
Andre myndighedsinitiativer	25
Seks vurderinger af nanoteknologi, miljø og sundhed	27
Yderligere information	35



Forord

*Forord af Ole Christiansen,
direktør, Miljøstyrelsen*

Nanoteknologi åbner for en helt ny verden af muligheder og bliver et af de mest betydningsfulde udviklingsområder. Nanoteknologi vil også få stor betydning for miljøbeskyttelsen og yde et væsentligt bidrag til udvikling af en mere miljøvenlig teknologi.

Men vi må se i øjnene, at nanoteknologien hos mange kan skabe usikkerhed og utryghed. Hvad er det egentlig for noget? Er det farligt? Er der tilstrækkelig styr på det?

For at nanoteknologi kan udnyttes med succes skal der derfor, gennem åbenhed og oplysning, skabes tillid både blandt forbrugere og i erhvervslivet til, at den nye teknologi bruges med omtanke. Myndighederne skal skabe rammerne for en sikker udvikling, og producenterne skal have den fornødne viden til at garantere at teknologien kan anvendes forsvarligt – dvs. at teknologien ikke har uhensigtsmæssige effekter for menneskers sundhed og for miljøet. Det er således vigtigt, at vi får skabt en balanceret tilgang mellem på den ene

side at sikre et højt beskyttelsesniveau og på den anden side at maksimere nytten af nanoteknologien.

Dette hæfte, som udgives af arrangørerne bag Kemikaliedag 2007, skal ses som et led i arbejdet med at skabe dialog, øget viden og forståelse om nanoteknologi og nanomaterialer.

Dialogen er uhyre central, og Miljøstyrelsen og arrangørerne bag kemikaliedagen håber, at så mange som muligt vil deltage i den. Kun gennem dialog kan vi få skabt tryghed og synlighed omkring nanoteknologiens muligheder og risici, og kun på den måde kan vi få klarhed for, at teknologien bruges forsvarligt og ansvarligt.

Introduktion til nanoteknologi



Evnen til at undersøge og håndtere materialer på nanoniveau har ført til nye produktions- og anvendelsesmuligheder. I dag er brugen af nanomaterialer allerede udbredt og der er mange nye produkter på vej.

Hvis vi formår at tackle nanomaterialernes sundhedsmæssige og miljømæssige udfordringer, vil nanomaterialer inden for en årrække måske kunne bidrage til mere energi- og ressourceeffektive produkter og bedre sygdomsbekæmpelse.

Det giver ikke mening at diskutere potentialer og udfordringer ved nanomaterialer generelt, da de anvendes inden for mange områder og i mange forskellige former. Men der er god grund til at holde godt øje med de nye materials miljø- og sundhedseffekter for at kunne agere i de konkrete tilfælde, hvor der kan forudses utilsigtede effekter.

NANOTEKNOLOGI

– FREMTIDENS TEKNOLOGI

Den teknologiske udvikling gennem de sidste 20 år har betydet, at der er

Definition af nanoteknologi

Videnskabsministeriets "Teknologisk Fremsyn" definerer nanoteknologi som: "Evnen til at arbejde på det atomare, molekylære og supramolekylære niveau, på en skala fra 0,1 til 100 nm, med den hensigt at designe, fremstille, manipulere og anvende materialer, komponenter og systemer med nye fysiske, kemiske og biologiske funktionelle egenskaber."

åbnet mulighed for at undersøge og håndtere materialer på nanoniveau. Det forventes, at man i fremtiden vil se mange nye produkter og opfindelser som resultat af dette.

En nanometer er en milliontedel af en millimeter, hvilket er ca. 100.000 gange mindre end tykkelsen på et menneskehår. Eller sagt på en anden måde: En nanometer svarer til en fodbold, som en fodbold svarer til jordkloden. Nye redskaber har gjort det muligt at opnå mere viden om reaktioner og processer i så lille en skala – og gjort det muligt at arbejde med materialer i den størrelsesorden. Dette har ført til mange nye produktions- og anvendelsesmuligheder.

INDUSTRIEL REVOLUTION

Mange mener, at nanoteknologi kan bane vej for en ny industriel revolution i lighed med indførelsen af dampmaskinen, elektricitet og computerteknologien.

Vi er i dag i en situation, hvor vi i princippet kan opbygge nye materialer atom for atom og molekyle for molekyle. Faktisk på samme måde som man sætter legoklodser sammen. Vejen fra at kunne gøre dette i forskningslaboratorier til at kunne gøre det i storskala i en industriel produktion kan være belagt med store udfordringer. I nogle tilfælde er vi dog så langt, at vi allerede nu kan finde nanoteknologiske produkter i butikkerne.

Kan vi tackle udfordringerne, tegner der sig en række meget perspektivrige muligheder. Nanoteknologi vil både kunne bidrage til øget vækst og velfærd og til at løse nogle af samfun-

Scanning Tunnel Mikroskopet

Det grundlæggende redskab i udviklingen af nanoteknologi er Scanning Tunnel Mikroskopet, som blev opfundet i 1981 af forskere ved IBMs laboratorier i Zürich. Ved at sende en elektrisk spænding igennem spidsen af mikroskopet kan man samle et atom op, flytte det til en anden position og slippe atomet igen. Dermed kan man ikke alene kigge med på processer på atomniveau, man kan også bygge nye strukturer og materialer med enkelte atomer.

dets store udfordringer ikke mindst inden for sundhed, energi og miljø.

Nye katalysatorer, energilagringssystemer, biologisk produktion af materialer, lægemidler uden bivirkninger doseret fra ”nanomaskiner”, nye biokompatible materialer til implantater og optiske nanostrukturer til ultrahurtig kommunikation er eksempler på, hvad nanoteknologi kan bringe i fremtiden.

Kendte stoffer og partikler kan i nanostørrelse få nye og anderledes egenskaber. Dette er med til at udviske grænserne mellem traditionelle fagdiscipliner som fysik, kemi, biologi, molekylærbiologi, medicin og materialevidenskab.

Et godt eksempel er guld, som er kendt for at være meget svært at få til at indgå i kemiske reaktioner. Hvis man fremstiller guld i nanoform, skifter det farve, reagerer kraftigt og kan endda bruges som en katalysator, der hjælper andre kemiske reaktioner i gang, eller får dem til at gå hurtigere.

NANO ER MEGET FORSKELLIGT

Selvom nanoteknologi de seneste år er blevet et buzz word, giver det ikke mening at diskutere potentialer

og udfordringer ved nanoteknologi generelt. Begrebet refererer alene til, at det man arbejder med er meget, meget småt – nemlig mindre end 100 nanometer (nm).

KATEGORISERING AF NANOTEKNOLOGI

Nanoteknologi anvendes inden for mange områder, og det kan derfor være svært at kategorisere de mange meget forskellige teknologier på området. I Videnskabsministeriets Teknologiske Fremsyn om nanoteknologi opdeles de forskellige teknologier i tre hovedområder:

1. Nanobiosystemer, som omfatter ”nanobioscience” og ”nanobioteknologi”. Med ”nanobioscience” forsker man på nanoskala for at forstå eller udnytte naturens opbygning og de principper og strukturer, der er grundlæggende for al biologi. Med ”nanobioteknologi” anvender man biologisk inspirerede molekyler eller redskaber til opbygning af nye nanomaterialer med unikke egenskaber.
2. Nanoelektronik og nanooptik, som kan være ”usynlig teknik” indbygget i de ting, som vi omgiver os med – fx stor computerkraft og kommunikationssystemer indbygget i udstyr, som vi kender fra dagligdagen.
3. Nanomaterialer, hvor et materials grundlæggende funktionelle egenskaber skræddersys på nanoskala-niveau.

KATEGORISERING AF NANOMATERIALER

Nanoteknologi er stadig på udviklingsstadiet, og derfor er der endnu ikke videnskabelig konsensus om den mere præcise kategorisering af nanomaterialer. Men hvis man – som et udviklingsarbejde på DTU gør – kategoriserer ud fra, hvor de industrielt fremstillede nanomaterialer ”findes”,

kan de opdeles i kategorierne masse, overflade og partikler.

NANOMASSE

Nanomasse kan enten bestå af én type nanomateriale eller flere bestanddele/materialer. Det kan fx være det keramiske nanoporøse materiale, der bruges i bilkatalysatorer.

Nanooverflader

Nanooverflader kan være strukturerede overflader:

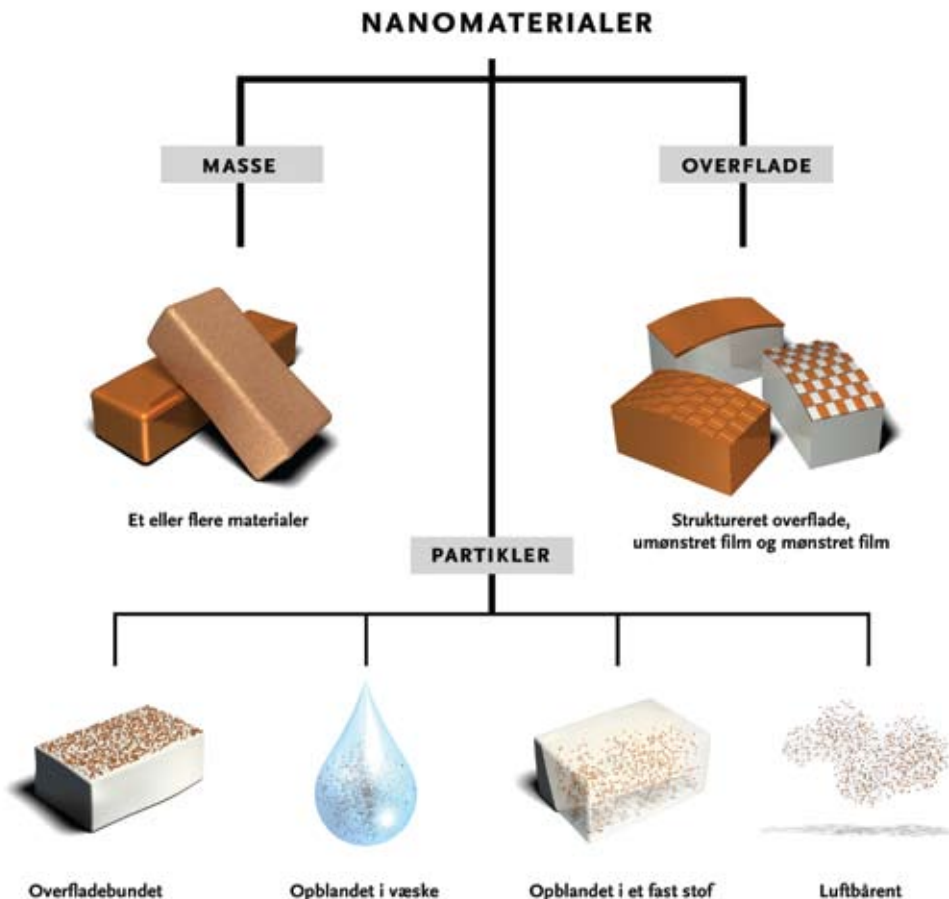
- hvor overfladen og det faste stof består af det samme materiale, fx cellevendig plast til implantater og proteser.
- med umønstrede film i nanotyk-kelse på et andet materiale, fx hærkede overflader på vinduer og briller.
- med mønstrede film i nanotyk-kelse på et andet materiale, fx magnetisk film i en harddisk.

Nanopartikler

Denne kategori indeholder nanopartikler i frie strukturer, hvor nanopartiklerne kan være:

- bundet til overfladen af et andet materiale, fx katalysatorer.
- opblandet i væske, fx titaniumdioxid i kosmetik.
- opblandet i et fast stof, fx kulstofnanorør i tennisketsjere eller golfkøller.
- luftbårne nanopartikler, fx frie kulstofnanorør i forbindelse med produktion.

De nanoteknologiske forbrugerprodukter der optræder på markedet i dag kan fremtræde i flere kategorier i løbet af dets livscyklus. For eksempel vil et produkt til overfladebehandling af fliser i badeværelset typisk blive solgt som en væske i en beholder, men når det ligger på fliserne, er det blevet til overfladebundne nanopartikler.



FIGUR 1.1
KATEGORISERING AF
NANOMATERIALER PÅ
BASIS AF DTU'S
UDVIKLINGSARBEJDE

Kilde: Hansen et al.
2007. Nanotoxicology
(in press)

NANOTEKNOLOGI I NATUREN OG HVERDAGEN

Atomer og molekyler indgår i livsprocesser og i alle de kemiske og fysiske fænomener, som vi er omgivet af i naturen. Det nye er, at vi kan se og flytte rundt på disse ekstremt små størrelser. Dermed kan vi fx kopiere nanoegenskaber, som allerede findes i naturen.

HÆNG I MED NANOTEKNOLOGI

Et af de mest kendte eksempler på ”nanoteknologi” i naturen er lotusblomsten, som holder sine blade rene ved hjælp af lotuseffekten. Den betyder, at bittesmå noprede strukturer på blomstens blade får vanddråber til at perle af overfladen med stor hastighed – og det river snavset med sig. Lotuseffekten er for længst blevet affuret af forskerne og har allerede fundet anvendelse i en lang række produkter til forsegling af vinduer, biler, havemøbler, badeværelsesfliser og andre produkter.

BILLER, FLUER,
EDDERKOPPER OG
GEKKOER HÆNGER FAST
PÅ VEGGEN MED HÅR AF
NANOSTØRRELSE

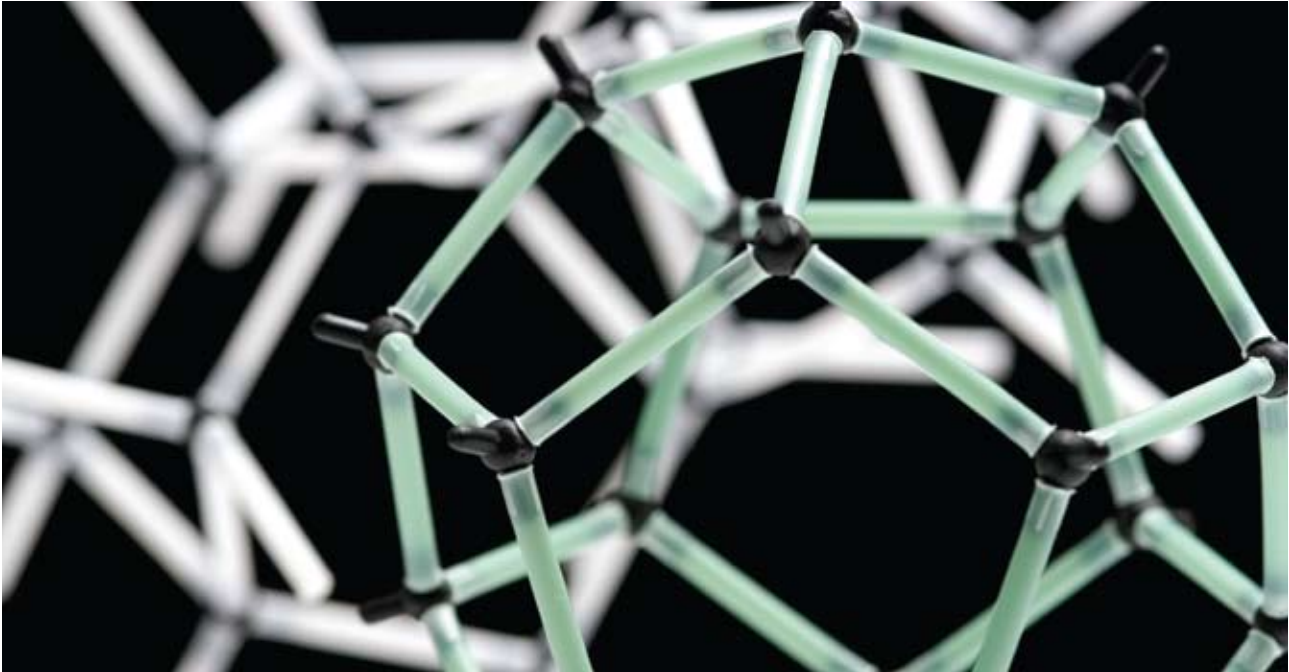
Et andet kendt eksempel er gekkoen, der kan løbe op ad vægge og spadserere på loftet. Det skyldes, at gekkoens fod er forsynet med millioner af meget fine små hår, som er så smygende, at de kan nærme sig underlaget indtil en afstand på ganske få nanometer. ”Fluen på væggen” benytter sig af samme vedhæftningsprincip.

NANOTEKNOLOGI I HVERDAGEN

Nanoteknologi er allerede en del af vores hverdag. Brugen af nanomaterialer udbredt i fx tekstiler, maling, bildæk, bilkatalysatorer, kosmetik og computere – uden at forbrugeren nødvendigvis gøres opmærksom på det.

Hvis din T-shirt er sort, indeholder den muligvis nanomaterialet ”carbon black”. Det er kulstof, som kan være helt ned til 20 nm, og som i årtier har været anvendt som farvestof i bl.a. tekstiler, malinger og bildæk. Computerindustrien har også an-





vendt nanoteknologi i mange år, bl.a. til produktion af computerchips og magnetisk film i læsehoveder.

Det store gennembrud for nanoteknologien kom i 1985, hvor tre amerikanske forskere opdagede kulstof 60 molekylet, også kaldet fullerener eller buckyballs. Molekylet består af 60 kulstofatomer sat sammen i en fodboldlignende gitterstruktur,

Opdagelsen af fullerener fik afgørende betydning for udviklingen af nanoteknologi, og det var forløberen for de meget stærke kulstof-nanorør (nanotubes), som i dag anvendes i mange nanoprodukter som sportsudstyr og cykler.

MANGE NYE PRODUKTER PÅ VEJ

I dag er det danske marked for forbrugerprodukter med nanomaterialer til at overskue, men der er mange nye produkter på vej. Inden for få år kan antallet af produkter på markedet være oppe i meget stort antal, og om to-tre årtier er det måske flertallet af alle industrielt fremstillede produkter, som indeholder eller er produceret ved hjælp af nanomaterialer.

GRUND TIL FORSIGTIGHED

Når nanomaterialer i nogle sammenhænge nævnes som en mulig miljø- og sundhedsrisiko, er det fordi vi ikke altid kender betydningen af de egenskaber, som stoffer får i nanostørrelse.

Vi ved allerede, at partikler i nanostørrelse fra fx trafikudstødning og brændeovne kan udgøre en risiko for vores helbred. Derfor er der god grund til at udvise forsigtighed og holde godt øje med de nye materialer for at kunne agere, hvis der skulle opstå mistanke om, at materialerne kan have skadelige effekter. Den store udfordring bliver at finde den rette balance mellem at opretholde et godt beskyttelsesniveau og samtidig drage nytte af nanoteknologi.

I de følgende kapitler kan du læse mere om nanomaterialernes potentialer og udfordringer for miljø og sundhed.

MODEL AF ET
KULSTOFMOLEKYLE

Potentialer for miljø

Dansk og international forskning peger på mange potentielle miljøfordele ved nanoteknologi. Der er især store forventninger til udviklingen indenfor energi- og transportsektoren, hvor nanoteknologi bl.a. kan bidrage til udviklingen af mere energieffektive apparater, alternative brændstoffer og lettere køretøjer.

GRØNT TEKNOLOGISK FREMSYN

Projektet ”Grønt teknologisk fremsyn”, som Risø udarbejdede for Miljøstyrelsen i 2006, forudsiger, at man ved hjælp af nanoteknologi vil kunne udvikle mange nye løsninger på klodens miljøproblemer. Selvrensende eller antibakterielle overflader og bedre rensning af dieseludstødning er blot nogle af de miljømæssige muligheder, der måske er i nanoteknologi.

Selvom nanoteknologi stadig er et ungt forskningsområde, og det derfor er svært at sige noget meget håndfast om den fremtidige teknologiudvikling, så peger rapporten på hele 39

danske forskningsområder, som har potentialet til at bidrage med nye miljømæssige muligheder inden for hovedområderne:

- Smarte skræddersyede produkter som kan føre til større ressource- og energieffektivitet – fx selvrensende overflader, der kan mindske forbruget af vand og kemikalier eller organiske lysdioder, som kan spare energi.
- Nye materialer som er tyndere, lettere og stærkere – fx nye plastmaterialer der kan bruges i stedet for metaller, og som dermed mindsker ressource- og energiforbruget.
- Udvikling af højere effektivitet i energiproduktionen eller alternativer til fossile brændstoffer – fx brintenergi som ikke udleder CO₂.
- Miljømæssige foranstaltninger som mere målrettet kan behandle forurening – fx ved vandrensning og jordrensning.

NANOMATERIALER
KAN FREMME MERE
MILJØVENLIG TRANSPORT
GENNEM RENSNING AF
DIESELUDSTØDNING
OG UDVIKLING AF
ALTERNATIVER TIL
FOSSILE BRÆNDSTOFFER





MANGE POTENTIELLE MILJØFORDELE

I den internationale litteratur peges der på adskillige potentielle miljøfordele ved nanoteknologi. Nogle af de hyppigst nævnte er:

Energibesparelser

Gennem bedre isolering med nanoporøse materialer, mere effektive lysdioder, mere effektive forbrændingssystemer samt lettere og stærkere materialer kan nanoteknologien bidrage til at reducere energiforbruget.

Mere effektiv vedvarende energi

Nanoteknologi er et vigtigt element i udviklingen af brændselsceller drevet på brint. Det kan også bidrage til at øge effektiviteten og mindske produktionsomkostningen til solceller, som i dag er forholdsvis dyre at fremstille.

Reduktion af ressourceforbruget i produktions- eller brugsfasen

Nanomaterialer i maling kan give køleeffekt og selvrensende og selvre-

parerende egenskaber. De kan også bidrage til at reducere brugen af sparsomme ressourcer, fx ædelmetaller og giftige stoffer i katalysatorer. Endelig kan de styrke polymerer (fx plasticstoffer) og dermed reducere materialeforbruget for samme funktion eller ydelse.

Bedre rensning af luft, vand og jord

Udviklingen af nye miljøkatalysatorer og en forbedret evne til at skræddersy nanostrukturerede membraner åbner op for en mere selektiv rensning af luft, vand og jord.

Mere genanvendelse

Indbygning af en nano-chip i et produkt med information om produktets sammensætning kan øge mulighederne for genanvendelse.

Bedre målinger af forurening

Nanoteknologi kan muliggøre produktionen af mindre og billigere måleudstyr, som fx kan bruges i overvågningen af drikkevand eller detektion af udslip.

SOLCELLER KAN
PRODUCERES VÆSENTLIGT
BILLIGERE VED HJÆLP AF
NANOTEKNOLOGI

Mere miljøvenlige biler

Nye brændstoffer og udskiftning af metal med lettere materialer kan mindske energiforbruget. Motorens forbrænding kan også forbedres, og forureningen fra udstødningen kan mindskes ved hjælp af nanoteknologi.

DANSKE FORSKERES SYN PÅ MILJØPOTENTIALER

I forbindelse med ”Grønt teknologisk fremsyn” pegede danske nanoforskere og nanoudviklere på 39 forskellige potentielle miljøteknologiske løsninger baseret på nanoteknologi. I tabel 2.1 præsenteres et udvalg.

TABEL 2.1
EKSEMPLER PÅ
NANOTEKNOLOGI MED
MILJØPOTENTIALE

Nanoteknologi	Miljøpotentiale
Katalytisk produktion af kemikalier: Effektiv produktion af kemikalier som etanol, ammonium og brint.	Højere energieffektivitet og mindre kemikalieaffald.
Katalytisk rensning af udstødning: Heterogene katalysatorer til dieselmotorer.	Rensning ved filtrering og omdannelse af diesleudstødningskomponenterne.
Polymerbaseret elektronik – fx fladskærme.	Mindre forbrug af materialer og ofte mindre energiforbrug.
Lysdioder.	Lavt energiforbrug og ingen miljøskadelige stoffer.
”Lab on a chip” – et miniaturiseret system for kemisk analyse.	Kan bruges til decentral overvågning og diagnose – fx af pesticider i drikkevand.
Beskyttende og selvrensende overflader.	Miljøvenlig maling til skibe og anti-graffiti uden skadelig kemi.
Plantefibre med nano-strukturerede overflader og polymer nano-fibre.	Lette, tynde og stærke materialer, der fx kan erstatte glasfiber, stål og andre materialer og dermed spare energi.
Bioplast: Polymermaterialer baseret på organiske materialer og tilsat nanomaterialer.	Er nedbrydelig og erstatter de fossile brændsler i konventionel plast.
Polymer solceller: Meget billige solceller printet på tynd plastic-film.	Udbredelse af solenergi.

Udfordringer for miljø og sundhed



Selvom nanomaterialer kan byde på en række fordele, så er der som følge af materialernes nye egenskaber også usikkerhed om deres miljø- og sundhedsmæssige effekter.

I de tilfælde, hvor nanopartiklerne optræder som frie partikler, er der risiko for at man kan indånde disse og der er grund til at antage, at visse typer af nanopartikler potentielt kan føre til negative helbredseffekter relateret til luftvejssygdomme, hjertekarsygdomme og muligvis kræft.

På grund af naturens mange komplekse fysiske, kemiske og biologiske sammenhænge er det svært at forudsige, hvilken effekt en udbredt brug af industrielt fremstillede nanomaterialer vil have på naturens levende organismer og økosystemer.

RISICI FOR ARBEJDSMILJØ OG FORBRUGERE

Der er stadig relativt få undersøgelser af mulige negative effekter af nanoteknologi, og der er endnu ikke set eksempler på, at anvendelse af produkter med nanomaterialer rent faktisk har ført til skader på miljø eller sundhed. Men der er en række forhold, som giver anledning til at udvise forsigtighed og holde godt øje med de nye materialer.

FOKUS PÅ FRIE NANOPARTIKLER

Mens nanomaterialer indlejret i faste materialer ved almindelig brug ikke umiddelbart skønnes at komme i kontakt med forbrugeren, så er der mere usikkerhed forbundet med miljø- og sundhedseffekterne af de frie nanopartikler.

Nanomaterialer er lige så forskellige som andre kemiske stoffer, og sundheds- og miljøeffekterne kan ikke bestemmes alene ud fra partikelstørrelsen. Det er også afgørende, hvilke stoffer vi har med at gøre. Nanopartiklernes effekter må derfor vurderes hver for sig.

Nogle nanopartikler mistænkes for negative miljøeffekter. Det skyldes bl.a. at:

- De typisk er designet til at "holde", hvilket kan betyde, at de vanskeligt nedbrydes i naturen, og dermed kan de måske ophobes i levende organismer.
- De kan være så små, at de kan trænge gennem biologiske membraner.
- De kan være meget mobile - fx ved spredning med luft.
- De kan være vanskelige at detektere, hvilket kan betyde, at disse upåagtet kan spredes og fx komme ind i fødekæden.

VIGTIGT AT VÆRE PÅ FORKANT

Nanomaterialer som kulstofnanorør er i visse sammenhænge sammenlignet med asbest og lignende menneskeskabte fibre. Og ud fra den eksisterende viden om skadelige helbredseffekter af fine og ultrafine luftbårne forbrændningspartikler er der grund til at antage, at der vil være typer af nanopartikler, der potentielt kan føre til negative helbredseffekter relateret til luftvejslidelser, hjertekarsygdomme, kræft og allergiske lidelser. Det er derfor vigtigt at være på forkant med relevante undersøgelser for at opnå øget viden om eksponering og toksikologiske effekter af nanomaterialerne.

Hvis vi skal have tillid til, at brugen af nanoteknologi ikke får u hensigtsmæssige følger, er det vigtigt, at eventuelt farlige anvendelser indstilles eller underlægges stramme begrænsninger.

LABORATORIEFORSØG VISER SUNDHEDSEFFEKTER

Der foreligger laboratorieforsøg, som viser, at visse nanopartikler (kulstofnanorør) kan optages i levende celler, og at de kan passere gennem lugtenerverne til hjernen. Forsøg med mus og rotter viser, at nanorør kan give lungeskader i form af arvæv som følge af immunreaktion i lunger eller give blokeringer af luftvejene. Men der er imidlertid også gennemført undersøgelser af nanomaterialer, hvor der ikke er fundet sundhedsskader.

KAN KRÆVE EKSTRA BESKYTTELSE

Da effekterne af nanopartikler ikke kendes fuldt ud, må man gardere sig som i tilsvarende situationer, hvor man ikke kender alle effekter af de kemikalier og materialer, som man bruger. I arbejdsmiljøet kan der være mulige problemer ved eksponering for nanopartikler både ved fremstilling og anvendelse. Også personale på miljøanlæg eller beskæftigede ved målinger kan blive udsat.

Der er især risiko for, at nanopartikler kan blive luftbårne under produktionsstop, rengøring, håndtering og anvendelse. Partiklerne er så små, at de opfører sig som gasser og let spredes i luften. Derfor kan det være nødvendigt at udføre arbejdet på et højt sikkerhedsniveau med åndedrætsværn og beskyttelsesdragter. Den metode anvendes for en sikkerheds skyld i mange laboratorier.

EKSPONERING AF FORBRUGEREN

En risikovurdering af nanomaterialer i forbrugerprodukter vil normalt

Hvorfor skal vi være forsigtige?

Nanopartikler kan være mere betændelsesdannende end større partikler af samme stof, og de kan trænge igennem hud og lungevæv til blodbanen, hvor de kan påvirke hjertekar-systemet eller hobe sig op i indre organer med negative helbredseffekter til følge.

Partiklerne kan også trænge ind i raske celler, hvor de kan skade cellen eller dets DNA i cellekernen. Endvidere tyder det på, at arbejdere som producerer carbonblack har fordoblet dødelighed af lungekræft samt øget dødelighed pga. kronisk obstruktiv lungesygdom og hjertekar-sygdomme.

Kilde: Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø

indeholde en farevurdering af de relevante kemiske stoffer i nanostørrelse i produkterne. Her ville den første udfordring være at få identificeret, hvilke kemiske stoffer der er tale om, og i hvilke koncentrationer de indgår i produkterne.

Hvis identiteten af de kemiske stoffer var kendt, ville den næste udfordring være at identificere de toksikologiske effekter. Men der er meget få data på nanomaterialer, og toksiciteten af nanopartikler kan dels være anderledes end for stoffet i "normal" størrelse og dels være knyttet til fx stoffets samlede overfladeareal snarere end til stoffets samlede vægt.

Eksponeringsvurderingen er det andet afgørende led i en risikovurdering, og her er det faktisk muligt at beskrive, hvilke kategorier af nanomaterialer, der rummer størst mulighed for eksponering af forbrugeren.

Denne viden ligger producenterne inde med, men de behøver ikke of-



fentliggøre den, da nanomaterialer, ifølge markedets aktører, typisk ikke forekommer i koncentrationer, som kræver mærkning, klassificering eller oplysning om de kemiske stoffers navn.

DHI vurderer i sin kortlægning af produkter med nanoteknologi (se kapitel 4), at det er nanopartikler suspenderet i væsker der rummer størst mulighed for eksponering af forbrugeren, idet der ikke er fundet produkter med frie luftbårne nanopartikler.

RISICI I FORHOLD TIL YDRE MILJØ

Mens forskerne gennem de senere år er blevet lidt klogere på nanomaterialernes sundhedseffekter gennem laboratorieforsøg, så er det straks sværere at forudsige, hvad der vil ske med det ydre miljø i tilfælde af en udbredt brug af nanomaterialer. Det skyldes naturens mange komplekse fysiske, kemiske og biologiske sammenhænge.

Ifølge FN's miljøprogram (UNEP) er de tre vigtigste spørgsmål i forhold til de potentielle miljøeffekter ved nanoteknologi:

1. Hvordan ændrer nanopartikler sig over tid, når de først er sluppet løs i naturen? Vil de binde sig til

de organiske og uorganiske stoffer og dermed miste deres særlige egenskaber?

Hvis ikke:

2. Hvilken effekt vil nanopartikler have på levende organismer?
3. Hvilken effekt vil nanopartikler have på økosystemer?

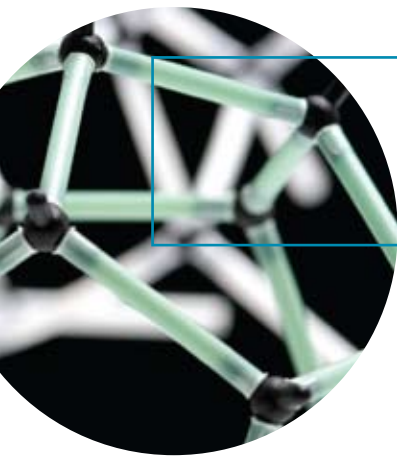
EFFEKTER PÅ LUFT, VAND OG JORD

I forhold til luften ved man, at nogle nanopartikler kan forblive luftbårne over lang tid på grund af deres lille størrelse og vægt. Dette kan øge muligheden for, at de bevæger sig over lange afstande og reagerer med gasser og andre luftbårne partikler.

Der er en stor mangel på data om forekomster, nedbrydning og forandringer af nanopartikler i vandmiljøet. Derfor vides der meget lidt om, hvordan nanopartikler interagerer med organismer i vandmiljøet, og hvordan de påvirker det marine økosystem.

Nanopartiklernes adfærd i jorden er stort set ukendt. Det vides således ikke, hvorvidt de naturlige mikroorganismer i jorden vil være i stand til at nedbryde industrielt fremstillede nanopartikler.

I DAG VED VI MEGET LIDT OM, HVORDAN NANOMATERIALER INTERAGERER MED ORGANISMER I VANDMILJØET



Nanoteknologi i Danmark

Antallet af forbrugerprodukter med nanomaterialer på det danske marked er stadig relativt begrænset. Det samme gælder antallet af danske virksomheder som rent faktisk bruger eller producerer nanomaterialer. Til gengæld står danske forskningsmiljøer stærkt på nogle af de områder, der er centrale for nanoteknologi. Her gøres der også en indsats for at skaffe mere viden om nanomaterialernes sundheds- og risikoaspekter.

NANOTEKNOLOGI I FORBRUGERPRODUKTER

Nanoteknologi er inde i en rivende udvikling, men antallet af forbrugerprodukter med nanomaterialer på det danske marked er stadig relativt begrænset. Det viser en kortlægning, som DHI og DTU har lavet for Miljøstyrelsen.

Kortlægningen af forbrugerprodukter er Miljøstyrelsens første undersøgelse af nanomaterialer på det danske marked. Projektet har fokuseret på at identificere produkter og eksponeringspotentiale for at få en viden, som kan bruges ved prioriteringen af indsatsen overfor bestemte produkttyper.

243 FORBRUGERPRODUKTER PÅ MARKEDET

Ved projektets afslutning i 2006 var der kortlagt 243 forbrugerprodukter på det danske marked. Det drejer sig især om smudsafvisende overfladebehandling til boligen og bilen, kosmetik og solcreme samt sportsartikler og -beklædning. Stort set alle produkterne produceres i udlandet, og lidt over halvdelen sælges kun via internettet. Kortlægningen fokuserer udelukkende

INDEN FOR KOSMETIK
HAR NANOMATERIALER
VÆRET BENYTTET I EN
ÅRRÆKKE – FX I MANGE
SOLCREMER, HVOR
SOLFILTERET BESTÅR AF
TITANIUMDIOXID I
NANOSTØRRELSE



	Elektriske apparater	Tværgående	Elektronik & computere	Bilpleje og biltilbehør	Hus og have	Sportsartikler	Personlig pleje	Total
Nanopartikler suspenderet i væsker		3		24	58	5	64	154
Nanopartikler indkapslet i faste materialer					5	29	1	35
Film i nanometer tykkelse			1		1	20		22
Overflade-bundne nanopartikler	4		1	1	3	8	2	19
Nanostrukturerede film			8					8
Ikke kategoriseret						1	4	5
Total	4	3	10	25	67	63	71	243

TABEL 4.1
DANSKE FORBRUGER-
PRODUKTERS FORDELING
PÅ NANOMATERIALETS
TYPE OG PRODUKTETS
VAREGRUPPE

de på produkter, hvor forbrugeren kan tænkes at komme i besiddelse af og anvende produkter der indeholder nanomaterialer.

MÅSKE MANGE FLERE

Kortlægningen omfatter ikke produkter med farvestoffet ”Carbon Black”, som ifølge Arbejdstilsynets og Miljøstyrelsens fælles Produktregister findes i 9.500 produkter. Kortlægningen omfatter heller ikke malinger med fortykningsmidlet siliciumdioxid, som findes i 15.500 produkter.

Det registreres ikke, hvor stor en del af disse produkter, som indeholder de pågældende stoffer i nanostørrelse. Det betyder, at der er flere forbrugerprodukter på markedet med nanomaterialer, end denne kortlægning sætter fokus på.

FLEST MED NANOMATERIALER I VÆSKE

40 % af de kortlagte produkter – som golfbolde og tennisketsjere – indeholder nanomaterialer, der er indlejret i det faste materiale, som produktet er lavet af.

De resterende 60 % – som kosmetik og produkter til overfladebehandling – kan indeholde nanomaterialer opblandet i væske. Der er ikke fundet produkter med frie nanopartikler på pulverform.

For 80 % af produkterne i kortlægningen har det ikke været muligt at skaffe entydig oplysning om, hvorvidt produktet reelt indeholder nanomaterialer eller oplysning om det mulige nanomaterials kemiske sammensætning.

MEST UDBREDT PÅ KOSMETIKOMRÅDET

De kortlagte produkter, som alle kan købes direkte af forbrugere er inddelt i kategorierne, som ses i tabel 4.1. De fleste produkter i Danmark findes inden for kategorierne ”personlig pleje og sportsartikler” og ”hus og have”.

Hvis man ser bort fra solcremer, er der ikke fundet børneartikler på det danske marked. Solcreme indgår i kategorien ”personlig pleje og sportsartikler”.

Branche	Antal virksomheder	Slutprodukter	Nanomaterialer
Maling og lak	3	Maling, træbeskyttelse, blæk	Metaloxid pigmenter Carbon black-partikler Polymerpartikler Silikatpartikler
Overflade	6	Overflade	Nanofilm Nanopartikler (metaloxider, metal nitrider, silikater)
Kosmetik	3	Solcreme, zinksalve	Titaniumdioxid Zinkoxid
Medicin og bioteknologi	2	-	Nanopartikler
Optik	3	Optiske fibre, nanoprægning, nanomærkning	Nanoporøse strukturer Polymer nanofibre
Sensorer	5	Nano- og micromåleinstrumenter	Nanostrukturerede materialer Nanofilm Nanopartikler
Katalysatorer	1	Katalysatorer	Nanoporøse strukturer Nanopartikler
Beton	1	Cement, beton	Silikater, nanoler og nanoflager
Tekstiler	2	Tekstiler og nonwovens	Carbon black-partikler Nanofibre Sølvpartikler

TABEL 4.2
ARBEJDE MED
NANOMATERIALER I
DANSKE VIRKSOMHEDER

For de 41 produkter, hvor det har været muligt at identificere nanomaterialet, fordeler de sig på følgende måde:

- ca. halvdelen i kosmetikprodukter (6 produkter med zinkdioxid og 13 med titaniumdioxid)
- 10 med antibakterielt sølv i tekstiler og husholdningsmaskiner
- 12 med kulstofrør- eller kugler (7 med kulstofrør i sportsartikler og 5 med kulstofmolekuler i kosmetik).

STØRST EKSPONERING Gennem VÆSKER

Miljøstyrelsens prioritering af indsatsen i forhold til bestemte produkttyper er baseret på en vurdering af eksponeringspotentialer for de kortlagte produkttyper.

Nanomaterialer opblandet i væsker vurderes i den forbindelse at rumme størst mulighed for eksponering af forbrugeren, fordi der typisk vil være

tale om et flydende produkt til fx overfladebehandling eller kosmetik til anvendelse på huden. Produkter i sprayform vil kunne forårsage eksponering både ved indånding og hudkontakt.

NANOTEKNOLOGI I DANSKE VIRKSOMHEDER

Selvom der er en betydelig interesse i området, er der i dag ret få danske virksomheder, der bruger eller producerer nanomaterialer. Det viser en kortlægning af virksomhedernes erfaring med produktion, anvendelse og bortskaffelse af nanomaterialer som Teknologisk Institut har gennemført for Miljøstyrelsen.

Undersøgelsen blev gennemført blandt 165 virksomheder, der allerede har tilkendegivet interesse i nanoteknologi. Kun 24 af disse virksomheder svarede, at de rent faktisk bruger eller producerer nanomaterialer.

FLERTALLET BRUGER NANO I BEGRÆNSET OMFANG

Flertallet af virksomhederne bruger mindre end 1 kg nanomaterialer om året, primært inden for forskning og udvikling. De få virksomheder som arbejder med store mængder nanomaterialer på over 100 kg pr. år har som regel gjort det i mange år. Disse findes inden for cement-, tekstil-, kosmetik- og farve- og lakbranchen.

HÅNDTERING OG MARKEDSFØRING

Generelt håndterer virksomhederne nanomaterialer ligesom andre kemikalier. Men virksomheder, der håndterer nanopartikler i pulverform, tager særlige forholdsregler i omgangen med disse.

Målinger af eksponeringsniveauet for luftbårne nanomaterialer på arbejds-

pladsen er sjældne. Ingen virksomheder har målt eksponeringen for nanomaterialer under brugen af deres produkter. Flertallet af virksomheder skaffer sig af med nanomaterialerne som almindeligt affald eller spildevand, når nanomaterialerne betragtes som ufarlige eller findes i faste materialer.

Omkring halvdelen af virksomhederne vurderer, at deres produktionsprocesser kan føre til udledning af nanomaterialer til miljøet, primært via spildevandet. Mængden af nanomaterialer anses dog for at være så lille, at den ikke vil påvirke miljøet.

Ingen af virksomhederne markedsfører deres produkter som nanoprodukter eller deltager i certificeringssystemer for nano. For det meste

24 DANSKE
VIRKSOMHEDER
SVARER, AT DE BRUGER
ELLER PRODUCERER
NANOTEKNOLOGI. HERUN-
DER AALBORG PORTLAND,
DER BRUGER NANOTEKNO-
LOGI TIL PRODUKTION AF
CEMENT OG BETON



informerer kunderne ikke om indholdet af nanomateriale i produkterne. Nogle af de interviewede virksomheder efterlyser mere information om nanopartiklernes størrelse, overflade mv. i de sikkerhedsdatablade, som bruges i leverandørkæden. Enkelte ønsker lettere adgang til viden om korrekt håndtering af nanomaterialer.

NANOTEKNOLOGI I DANSK FORSKNING

Danske forskningsmiljøer står stærkt på nogle af de områder, der er centrale for nanoteknologi. Det gælder bl.a. nicher inden for kvantefysik, biokemi, optoelektronik, skanning-probe-mikroskopi og røntgendiffraktion/spektroskopi. De danske styrker vedrører især karakterisering – det vil sige beskrivelse af naturens og fysikkens fænomener.

Danmark satser ligesom store dele af udlandet på forskning i nanoteknologi. Fx har videnskabsministeriet via Det Strategiske Forskningsråd, Højteknologifonden og De Frie Forskningsråd i perioden 2003-2007 afsat godt 430 millioner kr. til forsk-

ning inden for nanoteknologi. Disse midler supplerer en lang række andre forskningsinvesteringer inden for nanoteknologi i offentligt og privat regi.

FOKUS PÅ RISIKOVURDERING

I 2004 gennemførte Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling et teknologisk fremsyn om dansk nanovidenkab og nanoteknologi. Fremsynet bygger på visionen om, at ”Danmark skal være iblandt de absolut bedste i verden til – inden for udvalgte områder – at beherske og omsætte nanoteknologi til industriel anvendelse, øget vækst og beskæftigelse – og til løsninger af væsentlige samfundsmæssige behov”.

På den baggrund opfordres der i fremsynet til, at der sættes fokus på risikovurderingsområdet med henblik på at skaffe et kvalificeret videngrundlag, der kan sikre en lovgivning, der er på forkant med udviklingen og tager højde for mulige negative sider af nanoteknologi.

SUNANO – risikoanalyser af frie nanopartikler

SUNANO er et eksempel på et dansk forskningsprojekt, der på tværs af institutioner og faglige discipliner beskæftiger sig med nanopartiklernes helbreds- og miljøeffekter. For at få den fulde værdi af de nanotoksikologiske undersøgelser samler forskningsprojektet et tværfagligt team af human- og økotoxikologer, fysikere, kemikere og molekylærbiologer.

Formålet med projektet er at udvikle og afprøve testsystemer, der kan indgå i en risikoanalyse af frie nanopartikler af bl.a. sølv og titaniumoxid. Samtidig foretages en grundig karakterisering af partiklerne.

De nanopartikler, der studeres i SUNANO-projektet, indgår i den øvrige nanoforskning ved iNANO i Århus, ligesom virksomheden SCF-Technologies A/S forventer at kunne markedsføre fotokatalytiske produkter baseret på disse nanopartikler. De fotokatalytiske produkter kan bl.a. bruges inden for avanceret vand- og luftrensning.

Projektets partnere er iNANO og Afdeling for Miljø- og Arbejdsmedicin ved Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi ved Danmarks Miljøundersøgelser og SCF-Technologies A/S.

Forskningsprojektet støttes med 7,98 mio. kr. fra Det strategiske forskningsprogram for tværgående brug af nanovidenkab og -teknologi, bioteknologi og it (NaBIIT).



På de danske universiteter og forskningsinstitutioner er der i forbindelse med de overordnede nano-forskningsinitiativer også afsat midler og personaleressourcer til forskning i miljø- og sundhedsaspekterne af de ting, som forskerne udvikler.

CENTRE SAMLER FORSKNING

I løbet af det sidste årti er der taget en lang række initiativer, som vedrører forskning, videnopbygning og samarbejde omkring nanoteknologi. Der er i mange tilfælde tale om centre, som samler mange institutioners indsats på området. Her foregår en del af udviklingen af nye nanoteknologiske materialer:

- Center for Nanoteknologi på Danmarks Tekniske Universitet (nanoDTU)
- Nano-Science Center på Københavns Universitet
- iNANO på Århus og Ålborg Universitet
- Teknologisk Institut.

FORSKNINGSPROJEKTER PÅ MILJØ- OG SUNDHEDSOMRÅDET

Der er ligeledes taget en række initiativer, som vedrører forskning og videnopbygning omkring nanoma-

aterialers mulige miljø- og sundhedseffekter. Blandt nogle af de vigtigste projekter kan nævnes:

- Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø har oprettet en forskergruppe til vurdering af sundhedsmæssige aspekter af nanomaterialer i arbejdsmiljøet.
- Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin ved Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser samarbejder om forskningsprojekter, der ser på nanopartiklers helbredseffekter og miljøeffekter – herunder økotoksikologisk testning af nanomaterialer (se tekstboks).
- På Danmarks Tekniske Universitet (DTU) forskes der i livscyklusvurdering af nanomaterialer samt miljø- og sundhedseffekter af nanomaterialer. DTU fusionerede i 2007 med Risø og Danmarks Fødevarerforskning, der begge har haft forskningsaktiviteter omkring nanomaterialers miljø- og sundhedseffekter.
- Miljøstyrelsen har i samarbejde med Videncenter for Allergi iværksat en undersøgelse af sammenhængen mellem nanopartikler og kontaktallergi.

DEN DANSKE
NANOTEKNOLOGISKE
HANDLINGSPLAN
ANBEFALER, AT
FORSKNINGEN SKAL
SÆTTE FOKUS PÅ
RISIKOVURDERINGSOMRÅ-
DET, SÅ VI KAN VÆRE
PÅ FORKANT MED
UDVIKLINGEN OG TAGE
HØJDE FOR DE MULIGE
NEGATIVE SIDER AF
NANOTEKNOLOGI



Myndighedernes indsats

Globalt er der stor bevågenhed om sundhedsmæssige og miljømæssige potentialer og udfordringer ved de mange nye nanomaterialer, der udvikles i disse år. Der findes velfungerende test- og risikovurderings-systemer for kemiske stoffer, men der ligger stadig et stort arbejde i at afprøve og muligvis tilpasse disse til også at omfatte nanomaterialer.

Gennem internationale organisationer som EU, OECD og ISO er danske myndigheder involveret i udarbejdelsen af metoder til entydig definition af de forskellige nanomaterialer, tilpasning af test- og risikovurderingsmetoder og sikring af videndeling og koordineret handling på området.

I Danmark såvel som i udlandet gøres der også en stor indsats for at skabe oplysning og dialog om, hvordan nanoteknologi udvikles til samfundets bedste.

REGULERINGSMULIGHEDER I DANMARK OG EU

Nanomaterialer og nanoteknologi vil finde anvendelse i en lang række processer og produktkategorier. Derfor vil det også lovgivningsmæssigt skulle dækkes ind af en lang række ressortområder.

Sikker anvendelse af nanoteknologi er et tværministerielt anliggende, som omfatter:

- Familie- og Forbrugerministeriet (anvendelse i fødevarerproduktion)
- Miljøministeriet (kemikalie- og miljøforhold)
- Beskæftigelsesministeriet (ar-

bejdsmiljøforhold)

- Indenrigs- og Sundhedsministeriet (lægemidler, medicinsk udstyr samt generelle sundhedsmæssige problemstillinger)
- Videnskabsministeriet (forskning og udvikling)

EN DEL AF KEMIKALIEREGULERINGEN

Nanomaterialer og produkter med nanomaterialer hører, som alle andre kemiske stoffer, ind under kemikalielovgivningen. De behandles som andre stoffer og produkter i denne lovgivning.

Det betyder, at hvis den kemiske forbindelse, der er anvendt til at fremstille et nanomateriale er klassificeret som miljø- og sundhedsskadeligt, så vil denne klassificering også gælde for nanomaterialet.

REGULERING I FORHOLD TIL ARBEJDSMILJØET

De generelle bestemmelser i arbejdsmiljøloven omfatter også nanoteknologi. Hvis der identificeres særlige sikkerheds- eller sundhedsproblemer på arbejdspladserne, er der i den eksisterende lovgivning mulighed for konkret at stille krav til håndteringen. Arbejde med kræftfremkaldende materialer er fx underlagt særlige krav, hvor der bl.a. kan stilles krav om forhåndsgodkendelse for arbejde med materialerne og krav om særlig uddannelse.

Allerede i dag skal leverandører af nanomaterialer omfattet af farlighedsbegrebet medsende et sikkerhedsdatablad med oplysninger om eventuelle sundhedsskadelige effekter, så der fra arbejdsgiver kan tages de nødven-

dige forholdsregler i håndteringen af materialerne.

GRADVIS TILPASNING AF LOVGIVNINGEN

En arbejdsgruppe under Teknologirådet offentliggjorde i 2006 et projekt om regulering af miljø- og sundhedsaspekter ved nanoteknologiske produkter og processer. Arbejdsgruppen konkluderede, at det ikke giver mening at udarbejde en særkilt overordnet lovgivning vedrørende nanoteknologi.

Det anbefales, at det nanoteknologiske område reguleres inden for den eksisterende lovgivning, der omfatter de forskellige anvendelsesområder, og det anbefales, at der sker en gradvis ændring og tilpasning af eksisterende lovgivning for at indarbejde de nanoteknologiske processer og produkter.

Det kan fx vise sig, at den eksisterende lovgivnings brug af mængdegrænser og grænseværdier til at beskytte miljø og sundhed ikke på tilsvarende vis er hensigtsmæssig over for nanopartikler. Her er det i høj grad faktorer som overflade, form og reaktivitet, der er afgørende for nanopartiklernes egenskaber og ikke alene mængden.

Teknologirådets arbejdsgruppe mener, at det kan være relevant at justere følgende syv love for at imødekomme de mulige miljø- og sundhedsrisici ved nanoteknologi:

- Produktsikkerhedsloven
- Arbejds miljøloven
- Lov om kemiske stoffer og produkter (samt REACH)
- Fødevarerloven
- Lægemedelloven
- Lov om medicinsk udstyr
- Miljøbeskyttelsesloven.

I 2006 startede Indenrigs- og Sundhedsministeriet en udredning, der skal vurdere i hvilket omfang at den eksisterende lovgivning inden for de forskellige sektorer er tilstrækkelig for at beskytte befolkningen mod evt. sundhedsmæssige risici fra nanoteknologiske produkter og processer. Udredningen er her i efteråret 2007 ved at være afsluttet, og den forventes at give et bedre udgangspunkt for tilrettelæggelse af det videre arbejde. EU er ved at afslutte en tilsvarende gennemgang af de nuværende EU-regler for at slå fast, om der er behov for nye lovtiltag i forbindelse med nanoteknologiske produkter og processer.

DEN EKSISTERENDE LOVGIVNING PÅ KEMIKALIEOMRÅDET SKAL GRADVIST UDBYGES MED REGLER, SOM TAGER HØJDE FOR NANOMATERIALERNES OVERFLADE, FORM OG REAKTIVITET





EU'S FORSIGTIGHEDS-
PRINCIP VIL KUNNE TAGES
I ANVENDELSE, HVIS DER
OPSTÅR EN KONKRET
MISTANKE TIL ET KONKRET
NANOMATERIALE

EU'S KEMIKALIEREGULERING

I EU vil nanomaterialer blive reguleret gennem EU's nye kemikaliereregulering (REACH). REACH-forordningen omfatter alle tilstandsformer af kemiske stoffer, og de skærpede dokumentationskrav, krav til risikovurderinger og ansvar fra industriens side omfatter derfor også nanomaterialer.

Nanomaterialer vil med andre ord blive vurderet på grundlag af de kemiske stoffer, som de er opbygget af. Afdækkes der for konkrete nanomaterialer særlige problematiske egenskaber som fx kræftfremkaldende egenskaber, skal industrien tage de fornødne forholdsregler, så anvendelsen bliver forsvarlig. En anden mulighed er, at brugen af nanomaterialet forbydes eller begrænses af myndighederne, eller at brugen af nanomaterialet vil kræve myndighedernes godkendelse.

REGULERING AF KOSMETISKE PRODUKTER

Kosmetik er delvist omfattet af REACH. Derudover gælder særlige regler, som er fastsat i EU's Kosmetikdirektiv. EU's Videnskabelige Komité for Forbrugerprodukter (SCCP) foretager sikkerhedsmæssige vurderinger af de kemiske stoffer forud for en beslutning om regulering. SCCP har fx taget stilling til partikler i nanostørrelse i sikkerhedsvurderingen af titaniumdioxid og zinkoxid som solfiltre i solcremer. Reglerne kræver, at man kun må

markedsføre et kosmetisk produkt, hvis der er gennemført en sikkerhedsvurdering, og at produktets sikkerhed derfor kan dokumenteres over for myndighederne. Denne dokumentation omfatter også brugen af nanopartikler.

FORSIGTIGHEDSPRINCIPPET

Forsigtighedsprincippet er i dag indarbejdet på miljø- og ikke mindst kemikalieområdet, og det har været bragt i anvendelse i en række situationer i EU-regi. Men det giver ikke mulighed for at lovgive på en ikke nærmere begrundet, generel mistanke eller bekymring.

Hvis forsigtighedsprincippet skal anvendes, kræver det normalt at:

1. Der er en konkret dokumenteret mulig risiko ved konkrete stoffer.
2. Der er videnskabelige undersøgelser, som ikke har kunnet afklare risikoen.
3. Der er situationer med væsentlig uenighed eller tvivl om de udførte risikovurderinger.

Forsigtighedsprincippet vil på den måde kunne inddrages i konkrete tilfælde med nanomaterialer, hvis der opstår en konkret mistanke til et materiale.

INTERNATIONALE STANDARDER

Hvis nanomaterialer skal reguleres fyldestgørende kræver det, at man kan registrere anvendelserne. Og en registrering skal baseres på en international standard.

På nuværende tidspunkt er der ikke fastlagt en international metode til identifikation og registrering af nanomaterialer, men den Internationale Standardiseringsorganisation (ISO) og Organisationen for Økonomisk Samarbejde og Udvikling (OECD) arbejder på at etablere en klarere definition af nanomaterialer, som efterfølgende vil kunne anvendes i lovgivningssammenhæng.

OECD ARBEJDSGRUPPE

OECD oprettede i 2006 arbejdsgruppe om industrielt fremstillede nanomaterialer som har til formål at skabe en global og koordineret indsats for at sikre befolkningssundhed og miljø i forbindelse med den fremtidige anvendelse af nanomaterialer. Indsatsen fokuseres på tre hovedområder:

- Karakterisering, definitioner, terminologi og standarder. (Dette område foregår i tæt samarbejde med den internationale standardiseringsorganisation ISO)
- Miljø- og sundhedsmæssige testmetoder og risikovurderingsmetoder
- Informationsdeling, samarbejde og videreformidling

Til disse tre hovedområder er der igangsat en række konkrete projekter, der omfatter:

- Oprettelse af en fælles database for forskning og data i forbindelse med miljø- og sundhedsaspekter af nanomaterialer
- Opstilling af overordnet forskningsstrategi for afklaring af miljø- og sundhedsrisici
- Opstilling af konkret teststrategi for repræsentative nanomaterialer
- Anbefalinger om udarbejdelse af test-guidelines for nanomaterialer
- Samarbejde om programmer for informationsindsamling, regulering og håndtering af nanomaterialer

- Samarbejde om risikovurdering af nanomaterialer.

EU's medlemsstater og ikke mindst EU-Kommissionen tager aktivt del i OECD's arbejde, og indsatsen og resultaterne fra EU's rammeforskningsprogrammer inddrages aktivt i processen. Miljøstyrelsen er involveret i den overordnede arbejdsgruppe, og Danmark er derudover repræsenteret i fire ud af de seks projektgrupper. Målet med indsatsen er hurtigt at skabe overblik og en fælles forståelse for risikovurdering og risikohåndtering af nanomaterialer.

ANDRE MYNDIGHEDSINITIATIVER

Udover reguleringen af nanoteknologi har danske og europæiske myndigheder mange jern i ilden i forhold til opbygning af viden, oplysning til borgerne om udviklingen på området og internationalt samarbejde.

OPBYGNING AF VIDEN

Videnskabsministeriet gennemførte i 2004 et såkaldt "Teknologisk fremsyn" om nanoteknologi med bidrag fra over 200 eksperter og erhvervsfolk.

Formålet med fremsynet var at tilvejebringe et videngrundlag om den nanoteknologiske udvikling de næste 20 år – et videngrundlag, som kunne danne grundlag for udviklingen af en sammenhængende og langsigtet dansk forsknings- uddannelses- og innovationspolitik på området.

Arbejdet mandede ud i en handlingsplan for nanoteknologi og en lang række baggrundsanalyser – herunder et notat om miljømæssige potentialer og risici.

I forhold til risikoelementet anbefaler handlingsplanen bl.a., at der som en integreret del af forskningsprojek-

terne afsættes midler til forskning og kompetenceopbygning i nanoteknologiens miljømæssige, sundhedsmæssige og etiske problemstillinger.

MILJØSTYRELSENS AKTIVITETER

I 2006 oprettede Miljøstyrelsen en netværksgruppe om miljø- og sundhedsmæssig risikovurdering og risikohåndtering af nanomaterialer. Sigtet er at sikre et højt informationsniveau på tværs af myndigheder og sektorforskningsinstitutioner og at fremme koordinering på området.

Miljøstyrelsen har også iværksat:

- en kortlægning af, hvilke nanoprodukter, der er på det danske marked.
- et projekt om anvendelse og håndtering af nanomaterialer i danske virksomheder.
- en undersøgelse af sammenhængen mellem nanopartikler og kontaktallergi. Undersøgelsen laves i samarbejde med Videncenter for Allergi.

OPLYSNING OG DIALOG OM NANOTEKNOLOGI

Det hæfte, som du nu har i hånden eller på skærmen, er blot et af de mange initiativer som de danske myndigheder gennemfører for at informere om udviklingen af nanoteknologi. På Miljøstyrelsens hjemmeside findes fx et omfattende tema om nanoteknologi, hvor man kan fordybe sig i viden fra ind- og udland.

Miljøstyrelsen er også medarrangør af diverse konferencer om miljø- og sundhedsaspekter ved nanoteknologi, bl.a. Kemikaliedagen 2007, som sætter fokus på potentialer og udfordringer ved nanoteknologi.

Endelig har Miljøstyrelsen givet støtte til en kvalitativ undersøgelse af forbrugernes opfattelse af nanotek-

nologiens muligheder og risici udført af Informationscenteret for Miljø og Sundhed: Her har et bredt udsnit af danske forbrugere fortalt om deres umiddelbare holdning til nanoteknologi.

INITIATIVER I EU

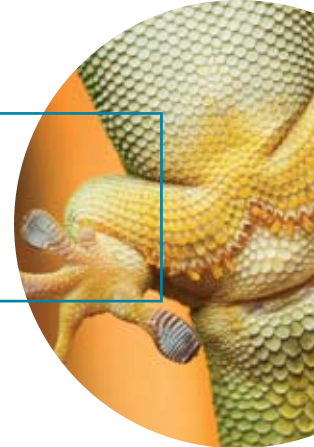
Danske myndigheder og virksomheder deltager aktivt i det grænseoverskridende samarbejde om nanoteknologi i EU og OECD. Det sker bl.a. gennem deltagelse i en række arbejdsgrupper, som arbejder med at udvikle de eksisterende vurderings- og testmetoder.

Europa-Kommissionen vedtog i april 2007 et mandat til de europæiske standardiseringsorganisationer om at forelægge et standardiseringsprogram, der skal omhandle behovet for en revision af de eksisterende standarder eller udvikling af nye standarder i relation til sundhed, sikkerhed og miljøbeskyttelse. Det understreges i den forbindelse, at europæiske standarder skal udvikles i samarbejde med den internationale standardiseringsorganisation (ISO).

Kommissionen har også en vigtig rolle i forhold til at samordne den europæiske forskningsindsats, så man undgår for meget dobbeltarbejde og fragmentering i udviklingen af nanoteknologi. Det sker bl.a. gennem EU's 7. rammeprogram for forskning, teknologisk udvikling og demonstration.

Endelig har Kommissionen vedtaget en handlingsplan samt finansieret eller selv udgivet en bred vifte af oplysningsmateriale om nanoteknologi. Det gælder fx portalen nanoforum.org og dialogprojektet Nanologue, som bl.a. har udviklet tre fremtidsscenarier for nanoteknologi i Europa.

Seks vurderinger af nanoteknologi, miljø og sundhed



Parterne bag denne publikation har bedt seks danske eksperter i nanoteknologi give et kort bud på, hvor der er potentialer og risici for miljø og sundhed.

Nanoteknologi – ven eller fjende?

Om 15 år vil nanoteknologi indgå i lige så mange produkter og produktionsprocesser, som elektricitet gør i dag, og derfor bør vi gøre mere for at øge sikkerheden i vores omgang med nanoteknologi.

Af Frank Stuer-Lauridsen, innovationschef, DHI

Potentialer for miljø og sundhed

Er nanoteknologien vores ven eller fjende? Som med alle nytilkomne kan man ikke vide det på forhånd, heller ikke selv om mere eller mindre dramatiske rygter er løbet i forvejen.

Jeg er overbevist om, at nanoteknologien vil revolutionere vores dagligdag i det 21. århundrede med samme gennemslagskraft, som elektriciteten revolutionerede det 20. århundrede. Se dig omkring og prøv at tænke over, hvor mange ting der er produceret eller fungerer ved hjælp af elektricitet. Om 15 år er jeg sikker på, at du vil finde mindst lige så mange ting, der er produceret eller fungerer ved hjælp af nanoteknologi.

Hvad er fordelene: Det er medicin, som kun afleveres dér i kroppen, hvor den skal bruges; industrielle processer med mindre materiale- og energiforbrug; bedre fødevarerikkerhed; bedre rensning af både drikkevand og spildevand; mindre brug af krasse rengøringsmidler; fibermaterialer tilsat nanokulstof for at gøre dem stærke og lette – bare for at nævne nogle eksempler.

Risici for miljø og sundhed

Skal vi så bare lade os trække blindt ind i fremtiden af opfinderne? Selvfølgelig ikke. Vi skal bruge vores sunde fornuft og lave intelligent risikovurdering undervejs. Industri, myndigheder og borgere har jo samme interesser: vi vil gerne høste fordelene, og vi vil gerne slippe for ulemperne.

Nogle af ulemperne er også til at forudse: arbejdsmiljøproblemer med meget små svævende partikler; næsten uforgængelige nanopartikler fra slitage og affald ophobes i miljøet; risiko for langtidseffekter, som det er svært at undersøge med de gammelkendte metoder. Vi bør nok sætte penge af til målrettet udvikling af metoder, der kan klare udfordringen fra den ny teknologi. Alene det at få forhåndssorteret for risikopotentiale i den enorme mængde af nye mulige stoffer og nanoudgaver af kendte stoffer er en kolossal opgave.

Heldigvis kan vi relativt hurtigt være klar med et screeningsværktøj, der på sigt vil tillade os at koncentrere hovedindsatsen om de nanomaterialer, som faktisk rummer et risikopotentiale. Vi kender jo allerede de typiske faresignaler fra almindelige kemikalier og de risikofyldte måder at bruge dem på. Hvis vi kombinerer det med selv en begrænset viden om de ny materialer, kan vi godt begynde en sortering.

Vi er vant til at bruge store ressourcer på sikkerheden ved teknologi. Tænk på, hvor mange biler der crash-testes i færdselssikkerhedens tjeneste. Set i det lys er det ikke imponerende, hvad vi har fået udrettet for at øge vores sikkerhed på tidens teknologiske motorvej.

Nanoteknologien er hverken ven eller fjende. Den er bare en ny gæst, vi skal lære at forstå og omgås med tanke på vores sikkerhed.

Nano kan gøre underværker – hvis vi opfører os ordentligt

Produkter, der er lette at anvende og sikre i brug, er afgørende, hvis potentialerne i nanoteknologien skal indløses.

Af Kenneth Frøslev, direktør TC Nano

Potentialer for miljø og sundhed

Vi hører det overalt: Nanoteknologi har uanede applikationsmuligheder og potentiale til at revolutionere bl.a. industrisektoren. Det er store ord, men de er ikke svære at tro på, når man selv arbejder i nanobranschen. Nye produkter ser konstant dagens lys, og eksisterende produkter raffineres og tilføres nye egenskaber.

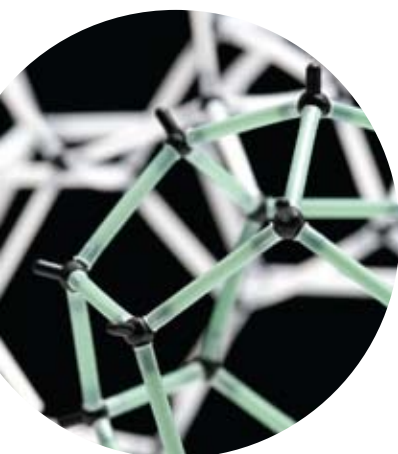
Nanoteknologiske produkter gør allerede nu en positiv forskel for miljøet. Det er f. eks. muligt at nanobehandle bil, båd, bolig og dele af industriens produktionsapparat, og dermed sikre en længerevarende beskyttelse og et mærkbart lavere forbrug af skrappe rengøringsmidler

Løsninger inden for overfladebehandling benyttes også i landbruget – en grise-stald kan således holdes renere i længere tid efter en nanobehandling, og når der skal gøres rent, klares det med vand alene.

Der forskes i øjeblikket i lignende løsninger til fødevarerindustrien, herunder slagterier og fjerkræsanlæg. Det overordnede mål er at hæmme bakterievækst. Der forskes i aktive overfladebehandlinger, der modarbejder og dræber bakterier og passive behandlinger, der hæmmer bakterievækst og gør rengøringen lettere.

Risici for miljø og sundhed

Nanoteknologien giver uanede muligheder, og det er teknologiens største udfordring. Det er let at lade sig forblinde, men som med al anden teknologi er der faldgruber og risici, som skal tænkes med. For eksempel medfører



bakteriehæmmende overfladebehandlinger muligvis en risiko for resistente bakterier. Branchen har en oplagt mulighed for at sikre den fremtidige udvikling ved at udvise den størst mulige ansvarlighed og støtte forskningen - også i sikkerheds- og miljøspørgsmål.

Den hastige vækst i produkter stiller krav til både produktudvikling, innovativ tænkning og en høj grad af ansvarlighed, men det er desværre ikke alle markedsspillere, der tænker på den lange bane. Markedet flyder i øjeblikket med nanoproducter af varierende kvalitet.

Hvis forbrugerne eller resten af erhvervslivet først én gang har stiftet bekendtskab med produkter af den tvivlsomme slags, vil branchens udvikling blive bremset, længe før vi ser teknologiens fulde potentiale. Derfor er produktkvalitet altafgørende, når det drejer sig om eksisterende og kommende løsninger baseret på nanoteknologi.

De seriøse nanospillere skal fokusere på produkter, der er lette at anvende og sikre i brug, og der skal holdes en løbende dialog med myndigheder og relevante beslutningstagere med fokus på produktkvalitet og sikkerhed. Vi må og skal være den drivende faktor til at sikre en ansvarlig og holdbar udvikling til gavn for forbrugere såvel som miljø. Hvis vi kan lykkes med at udvikle og anvende nanoteknologi på en ansvarlig måde, så vil den føre os steder hen, som ingen af os har drømt om.

Nano giver energigevinster

Nanoteknologi giver alternativer til energi fra olie, kul og gas og mindre energiforbrug, men vi risikerer øget pres på sjældne metaller i naturen.

Af Stig Irving Olsen, lektor ved Institut for Produktion og Ledelse, Danmarks Tekniske Universitet

Potentialer for miljø og sundhed

Nanoteknologi betyder mulighed for miljøforbedringer især på energiområdet indenfor både fremstilling, transmission, lagring og forbrug af energi. Alternativer til kul, olie og gas bliver hjulpet godt på vej af nanoteknologi. Især solceller som laver elektricitet direkte af sollyset og brændselscelleteknologi i form af brintmotorer udvikles og forbedres ved hjælp af nanoteknologi. Batterier til lagring af elektricitet bliver mindre, men med større kapacitet og styrke.

Dette giver dels mulighed for at lagre elektricitet fra alternative energikilder, således at el-forsyningen ikke er afhængig af om solen skinner eller vinden blæser. Dels giver det større mobilitet til f.eks. el-biler. Energiforbruget i både forbrugerprodukter og i industrien kan også reduceres. Sidstnævnte hænger blandt andet sammen med nye fremstillingsmetoder ved hjælp af fx katalysatorer. Katalyse er uundværlig i mange industrielle processer i dag, og nanoteknologien giver mulighed for at forbedre katalysatorerne endnu mere.



Nanoteknologien stiller os i udsigt, at vi kan lære af naturen og bygge ting op fra grunden atom for atom. Det vil nedsætte forbruget af råmaterialer og produktionen af affald. Den rummer også mulighed for at reducere vores forbrug af kemikalier væsentligt ved at udvikle forbedrede overflader som fx selvrensende vinduesglas eller mere glatte overflader, som formindsker luftmodstanden på fx vindmøllevinger.

Udviklingen går også imod nye funktioner og flere funktioner i et materiale. En af de ting, som er godt på vej, er f.eks. plastikelektronik, dvs. elektronik der indeholder langt mindre metal. Et eksempel er fladskærme, som produceres næsten udelukkende af plastik og har et væsentlig mindre energiforbrug. Disse OLED, organiske LED skærme, bruges fx allerede på mange mobiltelefoner.

Risici for miljø og sundhed

Der er etiske og sociale aspekter ved nanoteknologien fx på grund af en øget sammensmeltning af den menneskelige organisme og teknikken, men her berøres kun tekniske risici. Den største udfordring er måske sundheds- og miljø-mæssige risici ved nanopartikler, som anvendes i nogle typer af nanoteknologi. Der er meget som tyder på, at nanopartikler alene på grund af deres størrelse kan have skadelige effekter på mennesker og dyr.

Vi udsættes for både naturlige nanopartikler og for partikler fra fx dieselos, men når der er tale om nanopartikler, som fremstilles med et bestemt formål for øje, og som vil blive spredt i miljøet, er det vigtigt ligesom for kemikalier at have styr på, hvilke der er farlige og derfor bør underlægges lovkrav. Her har man for nanomaterialerne i dag en unik mulighed for at være på forkant med de mulige negative konsekvenser ved, at man allerede i udviklingsfasen inddrager miljø- og sundhedshensyn i produktudviklingen.

Større brug af nanoteknologi i produktudvikling rummer også risici. Mange sjældne metaller har helt specielle egenskaber, som man gerne vil udnytte i nanoteknologien. Øget udnyttelse af sparsomme ressourcer medfører øget energiforbrug og forurening, fordi de er mere krævende at udvinde end fx jern. Ressourcerne er desuden meget svære at genindvinde, fordi produkterne ikke kan adskilles. Samtidig er det sandsynligt, at vi vil se en øget brug-og-smid-væk kultur. Og selvom de enkelte produkter er mere miljøvenlige, vil øget efterspørgsel på grund af smarte funktioner med mere totalt set føre til en øget belastning af miljøet.

Den næste industrielle revolution

Nanoteknologi forventes at påvirke stort set alle områder af vort samfund. Mulige risici er primært knyttet til frie nanopartikler, der under visse omstændigheder måske kan påvirke vores helbred eller miljøet.

Af Flemming Besenbacher,

Centerleder for Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO), Aarhus Universitet

Potentialer for miljø og sundhed

Nanoteknologi er en generisk teknologi, og mange eksperter spår, at nanoteknologi vil skabe grundlaget for den næste industrielle revolution, som vi har set det med indførelsen af dampmaskinen, elektrificeringen og halvledercomputerteknologien. Nanoteknologi forventes at komme til at påvirke stort set alle områder af vort samfund.

Særligt på miljøområdet kan man forvente store fremskridt gennem nanoteknologisk forskning. Stigende energiefterspørgsel, begrænsede olieresourcer og fokus på den menneskeskabte drivhuseffekt har øget nødvendigheden af at udvikle bæredygtige alternativer til fossile brændstoffer. Nanoteknologi vil spille en helt afgørende rolle i omlægningen til et fuldt ud bæredygtigt energisystem. Målet er blandt andet at udvikle nye funktionelle nanomaterialer til effektive og billige solceller, nye termoelektriske nanomaterialer der omdanner varme til elektricitet, materialer der ved hjælp af solens stråler spalter vand i brint og ilt, og nanomaterialer til effektiv opbevaring af brint. Sådanne gennembrud kan føre til realiseringen af et såkaldt brintsamfund, hvor brint afløser diesel og benzin som energibærere i en forureningsfri og CO₂-neutral energiforsyning.

Et andet område med store perspektiver er sundhedsområdet. Her forventes nanoteknologi at føre til udviklingen af nye lægemidler med markant reducerede bivirkninger, nye biokompatible nanomaterialer til f. eks. knogleproteser og kunstige hjerteklapper, nye diagnostiske metoder f.eks. til registrering af blodsukker hos diabetikere og identifikation af markører for cancer, kredsløbs- og neurodegenerative sygdomme på et langt tidligere stadium, end det vi kender i dag. Tidsperspektiverne her er dog noget længere. Der vil gå en årrække, før disse nye behandlingsmetoder kan benyttes i den kliniske sektor.

Inden for fødevarer sikkerhed vil nanoteknologi bidrage til udvikling af nye nanosensorer til at måle tilstedeværelsen af f. eks. bakterier, hvilket vil muliggøre en løbende kvalitetskontrol af råvarer, forarbejdningsprocesser og de færdige produkter i fødevarer sektoren. Udviklingen af antibakterielle, nanostrukturede overflader vil markant lette rengøringen af udstyr, inventar og lokaler, der benyttes i forarbejdning af fødevarer, hvilket på sigt vil reducere brugen af kemiske rengøringsmidler – til gavn for både miljøet og forbrugerne.

Risici for miljø og sundhed

Parallelt med nanoteknologiens forventede positive muligheder og effekter knytter der sig dog også nogle nye og delvist ukendte mulige risici, som man naturligvis bør kontrollere og minimere. Generelt giver brugen af nanomaterialer ikke anledning til den store bekymring.





Mulige risici er derimod primært knyttet til frie nanopartikler, der under visse omstændigheder kan påvirke vores helbred eller miljøet. Der er således brug for grundlæggende studier af frie nanopartiklers toksikologiske effekt på mennesker og miljø. På internationalt plan er der hidtil kun foretaget meget få studier, og på baggrund af disse få studier er det vanskeligt at drage entydige konklusioner, fordi studierne ofte udelukkende har fokuseret på de toksikologiske effekter og har udeladt en detaljeret karakterisering af størrelse og form af de relevante nanopartikler. For at gennemføre detaljerede og systematiske nanotoksikologiske undersøgelser kræves et tværfagligt samarbejde mellem human- og økotoksikologer på den ene side og fysikere, kemikere og molekylærbiologer på den anden side.

Grænseløse drømme

Nanoteknologiens største potentiale er de udtømmelige muligheder for drømme, som den rummer. Risikoen er, at vi stirrer os blinde på drømmen.

*Af Mickey Gjerris, adjunkt,
Center for bioetik og risikovurdering, Københavns Universitet*

Potentialer for miljø og sundhed

Det mest bemærkelsesværdige ved nanoteknologien er alt det, som vi ikke ved endnu. Vi ved for eksempel ikke, hvad nanoteknologien vil kunne anvendes til. I hvert fald ikke, hvis man med viden mener, at man er klar over noget med stor sikkerhed. Det er snarere sådan, at der findes nogle drømme og visioner om hvad teknologiens vil kunne anvendes til, givet vi forsker længe nok. Tidshorisonten for de store gennembrud i nanoforskningen sættes typisk til 10-25 år, men noget der er så langt ude i fremtiden er ikke noget, man ved noget om. Det er noget, man drømmer om.

Det er godt, at disse drømme findes. De er med til at give os mod og energi til at løfte dagens opgaver, og de er med til at forme fremtiden. Jo mere vi drømmer om en fremtid, hvor teknologien løser vores problemer, jo mere vil vi satse på teknologien i dag, og jo mere vil teknologien præge fremtiden. Det er ikke så underligt. Det er de drømme, vi har i dag, der former i morgen.

Min påstand skal derfor være, at nanoteknologiens største potentiale er de udtømmelige muligheder for drømme, som den rummer. I teorien kan den anvendes til at forme verden på det atomare niveau og give os næsten uindskrænket magt over naturen. Her er en teknologi, der måske kan hjælpe os til at overvinde de forureningsproblemer, som andre teknologier har skabt og bekæmpe de sygdomme, som det stillesiddende liv i et samfund fyldt med kemikalier giver os.

Nanoteknologien er drømmen om en frisk begyndelse, om en grøn teknologi der kan løse vores selvskabte problemer og bane vejen til den teknologiske paradistilstand, som den vestlige kulturkreds har drømt om i århundreder. Nanoteknologien har potentialet til at blive den teknologi, der former fremtiden, hvad enten den så kan levere resultaterne eller ej, netop fordi de drømme, som den giver os mulighed for at nære, er uden grænser.

Risici for miljø og sundhed

Problemet eller risikoen er, at vi ved at stirre os blinde på drømmen går hen og glemmer, at der findes masser af problemer, der kan løses ad ikke-teknologisk vej. Fordi vi er ved at forske os frem til en ny hammer, glemmer vi, at ikke alle problemer består af søm. Drømme er som underholdning. En fin aflastning, men ikke noget at basere sit liv på. Sådan er det også med visionære teknologier. De er udmærkede inspirationskilder, men må ikke skygge for den virkelige verden og den nød, som vi kunne afhjælpe allerede nu.

Vi har kun set begyndelsen

Vi vil komme til at se mange landvindinger med nanoteknologi indenfor kemi og medicin, men det er stadig uvist, hvordan nanopartikler vil påvirke kroppen, hvis de bliver optaget i organismen.

*Af Keld Alstrup Jensen, seniorforsker,
Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø*

Potentialer for miljø og sundhed

Overordnet har nanoteknologien enten direkte eller indirekte potentiale til at forbedre den generelle sundhed i befolkningen, producere billigere og mere vedvarende energi og mindske udledningen af røggasser og konventionelle kemikalier. Nanomaterialer kan anvendes indenfor en lang række områder, herunder medicin, mikroelektronik, tekstil- og kemisk industri, samt materiale-, energi- og bygningsteknologi. Fordelene er, at nanomaterialerne kan designes til at have specielt forbedrede eller helt nye fysisk-kemiske egenskaber.

Jeg ser umiddelbart fem områder, hvor nanoteknologi vil komme til at spille en stor rolle indenfor de næste 10-20 år:

- Medicin,
- Overflade- og partikelteknologi,
- Elektronik,
- Bygge- og materialeteknologi,
- Energiområdet.

Inden for det medicinske område vil vi komme til at se mange landvindinger, såsom ”intelligent” og mere præcis medicin, som selv finder frem til de relevante celler og organer; måske i kombination med nanosensorer.

Man vil formodentlig også nå frem til reetablering af f.eks. tabt syn og hørelse, samt udvikling af egentligt biokompatible implantater. Inden for kemikalieområdet findes der allerede en række modificerede eller helt nye typer nanomaterialer på pulver eller væskeform, samt nanofilm-dannende overfladebehandlinger. Mulighederne i at kunne konstruere partikler og overflader med helt specifikke egenskaber er enorme. Vi har kun set begyndelsen på den udvikling.

Risici for miljø og sundhed

Den store vækst i nanopartikel-baserede kemikalier er en af de største udfordringer for en succesfuld indførsel af nanoteknologi. De industrielle nano-



partikler er oftest produceret med et snævert størrelsesinterval og kan være specielt kemisk reaktive. Derfor ser det ud til, at de eksisterende vægtbaserede grænseværdier i den nuværende regulering ikke længere giver mening.

Det skal pointeres, at det stadig er meget uvist, hvordan de fleste af de nye nanopartikler vil påvirke kroppen, hvis de bliver optaget i organismen. Vi forventer at kunne støde på hele spektret fra uskadelige stoffer til meget skadelige stoffer. Dog ved vi, at nanopartikler, optaget ved både injektion og inhalation, kan transporteres rundt i organismen og akkumulere i specifikke indre organer og evt. også fostre. Derfor er der en mulighed for effekter i mange forskellige organer.

Laboratorieforsøg tyder på, at nogle typer nanopartikler kan medføre effekter lige fra udvikling af fx. betændelsestilstande i lungerne, DNA-skader, mutationer og udvikling af lungekræft, samt blodpropper i disponerede individer. Forsøg tyder også på, at nanopartikler kan spille en rolle for udvikling af astma og allergi. Derimod er det endnu uvist om der er risici for hudoptagelse ved arbejde med nanopartikler.

Indtil videre har der primært været fokus på de direkte potentielle sundhedseffekter. På miljøsidens er der ligeledes risici for nedbrydning af biologiske rensningssystemer, utilsigtet forurening og biologisk opkoncentrering af nanopartikler i fødekæden med deraf følgende bivirkninger.

Yderligere information

Danske rapporter om miljø- og sundhedseffekter af nanoteknologi

Miljøstyrelsen (2006): Green Technology Foresight about Environmentally Friendly Products and Materials – Challenges from Nanotechnology, Biotechnology and ICT (“Grønt Teknologisk Fremsyn”).

Miljøstyrelsen (2007): Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 81 - Kortlægning af produkter der indeholder nanopartikler eller er baseret på nanoteknologi.

Miljøstyrelsen (2007): Nanomaterialer i den danske industri – Kortlægning af produktion og anvendelse.

Teknologirådet (2006): Regulering af miljø- og sundhedsaspekter ved nanoteknologiske produkter og processer.

Videnskabsministeriet (2004): Teknologisk fremsyn om dansk nanovidenskab og dansk nanoteknologi. www.teknologiskfremsyn.dk

Udvalgte danske informationskilder på nettet

Miljøstyrelsens temaside om nanomaterialer: www.mst.dk/Kemikalier/Fokus+paa+ny+viden/Nanomaterialer/

Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, temaside om nanoteknologi: www.arbejdsmiljoforskning.dk/Aktuel%20forskning/Nanoteknologi.aspx

NANO vidensbank: www.nanovidensbank.dk

Nanotek.nu: www.nanotek.nu

Informationscenter for Miljø og Sundhed, temaside om nanoteknologi: www.miljoeogsundhed.dk/nano

Udvalgte internationale informationskilder på nettet

EU-Kommissionens temaside om nanoteknologi: <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>

OECD's arbejdsgruppe om nanoteknologi: www.oecd.org/department/0,2688,en_2649_37015404_1_1_1_1_1,00.html

Nanoforum – European Nanotechnology Gateway: www.nanoforum.org/

Nanologue – Europe-wide dialogue on social, ethical and legal aspects of nanotechnology: www.nanologue.net



Mange mener, at nanoteknologi kan bane vej for en ny industriel revolution i lighed med indførelsen af dampmaskinen, elektricitet og computerteknologien. Men der er også god grund til at holde godt øje med de nye materials miljø- og sundhedseffekter.

Med dette hæfte vil arrangørerne af Kemikaliedag 2007 bidrage til øget viden om nanoteknologi og lægge op til en dialog om teknologiens potentialer og risici.

Hæftet giver et overblik over de overordnede miljø- og sundhedsmæssige potentialer og risici ved nanoteknologi; forbrugerprodukter på det danske marked med nanomaterialer; brug og

produktion af nanomaterialer i danske virksomheder og dansk forskning i nanoteknologi. Derudover introduceres den danske og internationale regulering og andre myndighedsinitiativer på området.

Til sidst i hæftet giver seks eksperter i nanoteknologi hver deres bud på de vigtigste potentialer og risici for miljø og sundhed.

