



**Sikre og sunde
arbejdspladser har
STYR PÅ KEMIEN**



Industrielt fremstillede nanomaterialer på arbejdspladsen

Hovedpunkter

- Industrielt fremstillede nanomaterialer er materialer, hvor mindst 50 % af partiklerne har en eller flere dimensioner mellem 1 nm og 100 nm. De mindste nanopartikler er af samme størrelsesorden som atomer og molekyler.
- Nanomaterialers sundhedsskadelige virkninger afhænger af deres egenskaber, f.eks. hvilket materiale de består af, partiklernes størrelse, form, opløselighed og overfladeegenskaber. Generelt er de sundhedsskadelige virkninger ved nanomaterialer de samme som for grovere partikler af samme materiale, men der kan også forekomme andre virkninger. De vigtigste eksponeringsveje for nanomaterialer er indånding og hudeksponering.
- Eksponeringen for nanomaterialer skal styres, og eksponeringen skal holdes et godt stykke under grænseværdierne for bulk materialet (som består af større partikler, men også kan indeholde nanopartikler) ved hjælp af forsigtighedsprincippet.
- I industrielle processer er det en fordel, hvis nanomaterialer kan håndteres i form af f.eks. opslæmning eller pasta eller opbevares i lukkede rum for at reducere emissioner og eksponering af arbejdstagerne for nanomaterialer. I mere komplicerede tilfælde anbefales det at søge ekspertbistand.
- Nanoteknologien udvikler sig hurtigt, og ligeledes gør kendskabet til de involverede risici. Arbejdstagere, arbejdsgivere og eksperter i sikkerhed og sundhed, der beskæftiger sig med nanopartikler på arbejdspladsen, må derfor sørge for at holde sig ajour med udviklingen.

Sikre og sunde arbejdspladser har styr på kemien

Det Europæiske Arbejdsmiljøagentur (EU-OSHA) fører en europæisk kampagne i 2018-19, som skal fremme forebyggelse af risici fra skadelige stoffer på arbejdspladsen. Målet er at reducere forekomsten af og eksponeringen for skadelige stoffer på arbejdspladserne ved at øge kendskabet til risiciene og til effektive metoder til at forebygge dem.

Problemstilling

Nanomaterialer kan på grund af deres egenskaber have en lang række potentielt toksiske virkninger. Det er påvist, at nogle, men ikke alle, industrielt fremstillede nanomaterialer medfører større sundhedsrisici end samme materiale i større form. F.eks. er ultrafin titandioxid (som kan indeholde nanopartikler) påvist at have større skadelige virkninger end de grovere fine titandioxidpartikler. Flerlagskulstofnanorør af typen MWCNT-7 er klassificeret som muligvis kræftfremkaldende for mennesker, mens dette ikke gælder andre kulstofpartikler. Klassificeringen er forskellig for forskellige typer kulstofnanorør.

EU-direktiver og -forordninger om sikkerhed og sundhed på arbejdspladsen, der er relevante for nanomaterialer

Direktiver og forordninger, der vedrører kemikalier, dækker nanomaterialer, f.eks.:

direktiv 89/391/EØF (rammedirektivet) af 12. juni 1989 om iværksættelse af foranstaltninger til forbedring af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed under arbejdet

direktiv 98/24/EF (direktivet om kemiske agenser) af 7. april 1998 om beskyttelse af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed under arbejdet mod risici i forbindelse med kemiske agenser

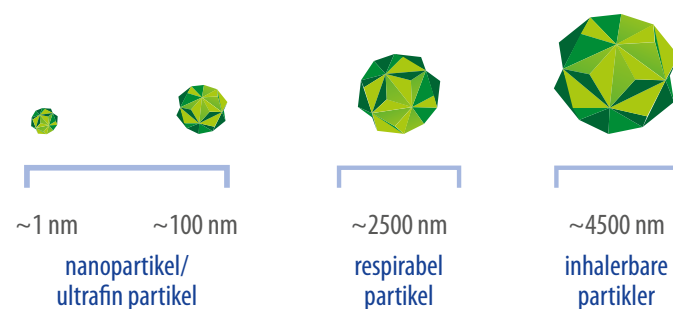
direktiv 2004/37/EF (direktivet om kræftfremkaldende stoffer og mutagener) af 29. april 2004 om beskyttelse af arbejdstagerne mod risici for under arbejdet at være udsat for kræftfremkaldende stoffer eller mutagener

forordning (EF) nr. 1907/2006 (REACH-forordningen) af 18. december 2006 om registrering, vurdering og godkendelse af samt begrænsninger for kemikalier

forordning (EF) nr. 1272/2008 (CLP-forordningen) af 16. december 2008 om klassificering, mærkning og emballering af stoffer og blandinger

National lovgivning kan indeholde strengere bestemmelser end direktiverne og forordningerne og bør konsulteres.

Hvad er industrielt fremstillede nanomaterialer?



Industrielt fremstillede nanomaterialer er materialer, hvor mindst 50 % af partiklerne har en eller flere dimensioner mellem 1 nm og 100 nm. De mindste nanopartikler er af samme størrelsesorden som atomer og molekyler.

Partikler i dette størrelsesområde kan have egenskaber, der adskiller sig fra egenskaberne af grovere partikler af samme materiale. Disse egenskaber skyldes deres lille størrelse, men også deres forholdsvis store overfladeareal, form, opløselighed, kemiske sammensætning, overfladefunktioner og overfladebehandling. På grund af disse egenskaber har de fået stigende videnskabelig opmærksomhed og anvendes i udviklingen af nye produkter og teknologier.

Nogle eksempler på nanomaterialer:

- Nanotitandioxid anvendes som UV-absorberende stof i f.eks. kosmetik, maling og vinduesglasbelægninger.
- Grafen er et tyndt og ekstremt stærkt monoatomisk kulstoflag med særdeles god ledningsevne og stort potentiale inden for flere industrielle områder, særligt elektronikindustrien.
- Kulstofnanorør har egenskaber, der er af interesse for elektronikindustrien. De anvendes desuden til at forstærke forskellige typer materialer, f.eks. i byggebranchen, og anvendes i computerskærme baseret på organiske lysdioder (OLED).
- Nanosølv anvendes i f.eks. medicin, kosmetik og mad og som antiseptisk middel til forskellige formål, f.eks. i maling og belægninger, tøj, sko og husholdningsartikler.
- Kvanteøer er halvledere af særlig interesse til forbindelse med forskellige anvendelser, f.eks. medicinsk billedannelse, diagnostik og elektroniske produkter.

På det farmaceutiske område har nanomaterialer tiltrukket sig interesse på grund af deres potentiale som f.eks. bærestof for medicin til specifikke organer og til billedannelse (f.eks. magnetiske nanopartikler af ferrioxyd). Der udvikles nanomaterialer med nye egenskaber ved at anvende forskellige former for belægninger på nanopartiklernes overflade.

Foranstaltninger, der kræves i arbejdsmiljølovgivningen

Kravene i forbindelse med håndtering af nanomaterialer på arbejdspladsen er de samme som dem, der gælder for andre farlige kemikalier, herunder at oplyse og uddanne arbejdstagere og gennemføre risikovurderinger og tiltag for at gøre arbejdspladsen sikker. Forudsætningerne for at opfylde disse krav er imidlertid ikke de samme for nanopartikler som for de fleste andre kemikalier. Vores viden om risiciene ved nanomaterialer er stadig begrænset. Der foreligger (endnu) ingen grænseværdier for erhvervmæssig eksponering for nanomaterialer, men **der er foreslået referenceværdier**. Derfor må man anvende forsigtighedsprincippet for at holde eksponeringen på et niveau, hvor risikoen kan forventes at være under kontrol, også selv om nanomaterialet skulle vise sig at være farligere, end det på nuværende tidspunkt vides at være.

Dette infoark giver generelle praktiske råd om, hvordan man skal anvende forsigtighedsprincippet ved håndtering af nanomaterialer. Yderligere oplysninger findes i **OSHwiki-artiklen »Nanomaterials«**.

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

Sundhedsrisici ved nanomaterialer

Sundhedsrisiciene varierer alt efter, hvad nanomaterialet består af. Generelt har nanomaterialer de samme typer sundhedsskadelige virkninger som grovere partikler af samme materiale, men der kan også forekomme andre virkninger. Nanomaterialer, der kommer ind i kroppen, kan (ligesom andre stoffer) absorberes, fordeles og metaboliseres. Der er fundet nanomaterialer i f.eks. lunger, lever, nyrer, hjerte, forplantningsorganer, hjerne, milt, knogler og bløddede såvel **som i fostre**.

Mekanismerne bag sundhedsrisiciene ligger endnu ikke helt fast, men nogle er identificeret.

- Nogle nanomaterialer kan være årsag til forskellige former for lungeskader såsom akutte eller kroniske betændelsesreaktioner, hvor risikoen synes at stige, jo **mindre** partikelstørrelsen er, foruden vævsskade, oxidativ stress, kronisk toksicitet, cytotoxicitet, fibrose og svulstdannelse. Nogle nanomaterialer kan desuden påvirke hjerte-kar-systemet.
- På grund af deres lille størrelse kan nanomaterialer komme ind i kroppen på måder, der ikke er mulige for grovere partikler. Det har f.eks. vist sig, at metaller og metaloxider kommer ind i lugteknoppen gennem **lugtenerven**, og kulstofnanorør er påvist at trænge gennem moderkagen og ind i **fosteret**.
- Fiberholdige, lange, tynde, uopløselige nanofibre såsom kulstofnanorør kan forårsage lungeskader som inflammation, **granulomdannelse og fibrose**. Disse virkningstyper sås ikke hos mus, der blev eksponeret for kønrøg/carbon black (samme materiale, men i form af nanopartikler i stedet for **nanofibre**). Dette har ført til den konklusion, at mindst nogle typer kulstofnanorør kan have samme sundhedsskadelige virkninger som asbest. Det Internationale Kræftforskningscenter (IARC) har klassificeret MWCNT-7 kulstofnanorør som muligvis kræftfremkaldende for mennesker (**Gruppe 2B**). Det er imidlertid også påvist, at ikke alle kulstofnanorør forårsager samme sundhedsskadelige virkninger. Nogle kulstofnanorør forårsager på grund af deres overfladeegenskaber ikke granulomer eller fibrose, og det er ligeledes påvist, at kulstofnanorør under visse betingelser kan **metaboliseres og udskilles**.

»
*Industrielt fremstillede
nanomaterialer frembyder
større sundhedsrisici end
samme materiale i større
form.*
«



Der kan også være sikkerhedsfarer på grund af den høje eksplosivitet, antændelighed og det høje katalytiske potentiale af visse nanomaterialer i pulverform. Navnlig nanopulvere af metal er ligesom støv i mikroskala tilbøjelige til at eksplodere voldsommere, og deres antændelsesfølsomhed har tendens til at øges, jo finere partiklerne er. Selvantændelsestemperaturen falder også, når partiklerne er finere.

Nanomaterialer er tilbøjelige til at danne løst sammenhængende klynger (agglomererede produkter), hvorved deres størrelse øges, men agglomereringen har ingen større betydning for deres samlede overfladeareal. Overfladearealet antages at have betydning for de sundhedsskadelige virkninger af i hvert fald nogle typer nanopartikler. Det er ikke klart, om eller på hvilken måde agglomerering påvirker de sundhedsfarer, nanomaterialer medfører.

Visse mekanismer er afdækket, men der er stadig et enormt behov for mere viden om, hvornår og hvorfor nanomaterialer er sundhedsskadelige. I mellemtiden må vi tage højde for, at det er påvist, at i hvert fald nogle nanomaterialer er mere giftige end grovere partikler af samme materiale, og træffe forholdsregler derefter.

Der er foretaget flere undersøgelser af, hvordan nanomaterialer kan være sundhedsskadelige, men de er hovedsageligt udført i cellekulturer og hos forsøgsdyr. Der findes næsten ingen dokumentation for sundhedsskadelige virkninger på mennesker efter eksponering for industrielt fremstillede **nanomaterialer**. Der foreligger imidlertid omfattende dokumentation for, at eksponering for luftforurenende stoffer, der indeholder naturligt dannede nanopartikler — f.eks. svejsestøv, dieseludstødning og andre former for røg — kan være farlig på forskellige måder. Der er imidlertid ikke tilstrækkelig stor viden om, i hvilket omfang de sundhedsskadelige virkninger skyldes nanopartiklerne eller andre luftforurenende stoffer, de ledsages af.

Eksponering og eksponeringsveje

Sundhedsrisiciene kan medføre lidelser eller sygdomme, der kun opstår efter eksponering for nanomaterialer. De vigtigste eksponeringsveje for nanomaterialer er indånding og hudeksponering, men indtagelse kan også **forekomme**.

Eksponeringen for industrielt fremstillede nanomaterialer kan forekomme når som helst i nanomaterialets livscyklus, også under produktion af nanomaterialer eller nanoaktiverede produkter, under brug (i levetiden) af nanoaktiverede produkter og under genvinding, behandling og bortskaffelse af nanoaktiverede produkter.

Indånding

Hvis et tørt nanomateriale håndteres manuelt i fri luft — f.eks. hældes ud af en sæk, læsses ned i eller ud af en beholder eller spildes ved et uheld — er der høj risiko for eksponering for nanomaterialet. Selv når nanomaterialer håndteres i lukkede systemer, kan der forekomme eksponering som følge af utætheder eller uheld. Eksponering kan desuden forekomme ved håndtering af affald, der indeholder nanomaterialer.

Mange nanomaterialer håndteres som en suspension/opslæmning, en pasta eller et granulat eller som en integreret del af et fast materiale. Eksponering ved indånding sker i begrænset omfang, men kan forekomme, hvis opslæmningen håndteres på en sådan måde, at der kan dannes en aerosol, f.eks. hvis den sprøjtes eller stænkes, eller hvis materiale i granulatform håndteres på en måde, så det formales til mindre partikler og afgiver nanopartikler. Eksponering kan ligeledes forekomme, hvis suspension/opslæmningen eller pastaen tørrer ud og efterlader tørt nanomateriale, som kan hvirvles op og afgives til den omgivende luft. Selv om nanomaterialet håndteres i form af en opslæmning, kan der forekomme eksponering, f.eks. under rengøring og vedligeholdelse.

Eksponeringen for nanomaterialer skal være under kontrol

Hud

Hudeksponering for nanomaterialer kan forekomme. Dette er en almindelig eksponeringsvej for visse nanomaterialer, som indgår i kosmetik, der anvendes på huden. På nuværende tidspunkt menes der at være mindre sandsynlighed for absorption af nanomaterialer gennem huden end ved indånding. Der kan dog trænge meget små mængder nanomaterialer gennem hud, der er skadet, f.eks. som følge af et sår eller eksem. Denne risiko anses på nuværende tidspunkt for at være ubetydelig eller meget lav, men eksponeringen af huden bør for en sikkerheds skyld undgås, hvilket også forebygger utilsigtet indtagelse af og eksponering for stoffer, der kan absorberes gennem huden, uden at man endnu er blevet opmærksom på det.

Indtagelse

Der er lavere sandsynlighed for indtagelse på arbejdspladsen. Dårlig hygiejne kan dog være skyld i eksponering, f.eks. hvis arbejdstagere ikke vasker hænder eller skifter tøj efter at have arbejdet med nanomaterialer og derefter håndterer mad eller drikkevarer med kontaminerede hænder eller spreder nanopartikelholdigt støv i omgivelser, hvor der indtages mad og drikke. Eksponeringen kan også ske utilsigtet, f.eks. gennem overførsel fra hånd til mund.

Uden for arbejdspladsen kan nanomaterialer blive indtaget med madvarer, da emballagen tilsigtet kan indeholde nanomaterialer. Som det generelt gælder for nanomaterialer, afhænger den sundhedsmæssige virkning af, hvad nanomaterialet består af. En nylig undersøgelse har vist, at indtagelse af sølvnanopartikler ikke medførte klinisk observerbare virkninger hos 60 personer, som deltog i eksperimentet.

Risikovurdering

Alle aktiviteter, hvor tørre nanomaterialer håndteres uden for et lukket anlæg, kan i princippet anses for at medføre risiko for eksponering af arbejdstagerne. Selv når der anvendes et lukket anlæg, er der alligevel mulighed for eksponering, f.eks. ved utætheder eller under rengøring og vedligeholdelse. Denne eksponering bør tages i betragtning i risikovurderinger og gennemførte forebyggende foranstaltninger. Da nanomaterialer består af ekstremt små partikler, er det ikke muligt at se støv af nanopartikler på samme måde som andre typer støv. Dette må også tages i betragtning i risikovurderinger.

Risiciene varierer alt efter nanomaterialets art. De største risici menes at være eksponering for uopløselige eller tungtopløselige nanofibre, som er længere end 5 µm og har et længde-/breddeforhold på over 3:1. Risiciene er også større for andre tungtopløselige eller uopløselige nanofibre og nanoplader (f.eks. nanotynde ark såsom grafen). Eksponering for vandopløselige nanomaterialer anses for mindre risikabel.

Risici vurderes ofte ud fra eksponeringsmålinger. Sådanne målinger er mulige, men er ikke ligetil eller nemme at udføre og kræver avancerede instrumenter til direkte aflæsning. Målinger af luftbårne nanopartikler foretages hovedsageligt til forskningsmæssige formål. Der er udviklet en målestrategi, som kombinerer målinger foretaget med forskellige typer instrumenter til direkte aflæsning for forskellige partikelfraktioner, idet der ved

målingerne anvendes filterteknikker, og analysen foretages med et scanningselektronmikroskop (SEM). Ved analyse af filtrene er der imidlertid risiko for, at mange partikler kan sidde fast i filtrets porer og ikke kan ses med et SEM. Desuden er der begrænsninger ved instrumenter til direkte aflæsning. De analyserer f.eks. partikler af forskellig størrelse, men viser ikke, hvilke materialer partiklerne består af. Der er desuden ingen enighed om, hvilken variabel der er mest relevant for nanomaterialernes sundhedsskadelige virkninger. Der findes ingen standard for, hvilken parameter der skal måles for at vurdere de sundhedsskadelige virkninger — f.eks. det luftbårne nanomaterials massekoncentration, partikelantalkoncentration eller overflade. Hvilken parameter der er mest relevant, kan tænkes at afhænge af nanomaterialets art og sundhedsskadelige virkning.

Instrumenter til direkte aflæsning måler tilstedeværelsen af partikler uanset partikelmaterialet. Sådanne instrumenter er følsomme for interferens fra andre nanopartikler end de industrielt fremstillede nanopartikler. F.eks. kan målinger af nanopartikler påvirkes af tilstedeværelsen af nanopartikler i udstødningsgasser fra forskellige former for forbrænding såsom cigaretrøg, svejsning, lodning og dampe fra varmepåføring af tætningsmidler. Nanopartikler kan afgives af brændende stearinlys, ved skrælning af citrusfrugter og fra kondenserende vanddamp.

Alt i alt vanskeliggøres risikovurderingen af nanomaterialer på arbejdspladsen ved:

1. utilstrækkelige oplysninger om nanomaterialers farlige egenskaber
2. begrænsninger i metoder og udstyr til måling af eksponeringsniveauer og identifikation af nanomaterialer og emissionskilder.



Der kan også mangle oplysninger om tilstedeværelsen af nanomaterialer, navnlig i blandinger eller artikler, og længere ned i den brugerkæde, hvor der anvendes eller behandles nanomaterialer eller produkter indeholdende nanomaterialer.

En risikovurdering af industrielt fremstillede nanomaterialer bør omfatte:

1. en fortegnelse over de nanomaterialer, der opbevares og anvendes på arbejdspladsen
2. oplysninger om nanomaterialernes sundhedsrisici, hvilket normalt fremgår af sikkerhedsdatabladene
3. vurdering af eksponeringen ved indånding, gennem huden og ved indtagelse
4. beslutning om, hvilke foranstaltninger der er nødvendige for at reducere eksponeringen, og en handlingsplan med angivelse af, hvad der skal gøres, af hvem og hvornår
5. hensyntagen til risici for sårbare arbejdstagere, f.eks. unge arbejdstagere og gravide eller ammende kvinder, og vurdering af, om der er behov for særlige tiltag for at beskytte dem
6. regelmæssig revision af risikovurderingen
7. evaluering af de truffene foranstaltninger og, om nødvendigt, forbedring af handlingsplanen.

Risikovurderinger skal bygge på forsigtighedsprincippet under hensyntagen til følgende betragtninger:

- Er nanomaterialet af en art, der anses for at udgøre en høj risiko?
- Er der sandsynlighed for et højt eksponeringsniveau for nanomaterialet på arbejdspladsen, eller kan det forekomme ved et uheld?

Højrisikonanomaterialer og høje eksponeringsniveauer udgør en meget høj risiko og kræver øjeblikkelige tiltag for at reducere eksponeringen. Lavrisikonanomaterialer og lave eksponeringsniveauer kræver mindre øjeblikkelige eller måske slet ingen tiltag.

Der foreligger forskellige former for værktøjer og hjælp til risikovurdering af nanomaterialer.

Der findes en oversigt i [Europa-Kommissionens vejledning](#) om beskyttelse af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed mod potentielle risici vedrørende nanomaterialer på arbejdsstedet, »Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work«.

Yderligere oplysninger findes på webstederne for [Det Europæiske Kemikalieagentur](#), [Verdenssundhedsorganisationen](#) og [Organisationen for Økonomisk Samarbejde og Udvikling](#).

Foranstaltninger og risikostyring

Arbejdsgivere er forpligtede til at sørge for et sikkert og sundt arbejdsmiljø for deres arbejdstagere, herunder at beskytte dem mod risici ved nanomaterialer.

Den europæiske arbejdsmiljølovgivning foreskriver et »hierarki« af foranstaltninger, som skal forebygge eller reducere arbejdstagernes eksponering for skadelige stoffer (artikel 6 i direktivet om kemiske agenser). Denne »rækkefølge« — som det kaldes i direktivet — kaldes også STOP-princippet:

S = Substitution (dækker også fuldstændig fjernelse af et skadeligt stof)

T = Teknologiske foranstaltninger

O = Organisatoriske foranstaltninger

P = Personlige værnemidler

S = Substitution



Ofte anvendes nanomaterialer på grund af deres unikke tekniske egenskaber, og det kan derfor være vanskeligt at substituere dem. Selv om brugen af et nanomateriale ikke kan elimineres, kan det dog være muligt at håndtere nanomaterialet i en form, hvor eksponeringen er minimeret, f.eks. flydende, som en suspension/opslæmning, pasta eller bundet i et fast stof. Dette reducerer eksponeringen betydeligt, navnlig gennem indånding. Sprøjtning af nanomaterialer i flydende medier bør dog undgås, da der kan indåndes nanomaterialer fra aerosolen.

»
De vigtigste eksponeringsveje
for nanomaterialer
er indånding og
hudeksponering.
«

T = Teknologiske foranstaltninger



Luftbårne nanomaterialer kan i princippet sammenlignes med aerosoler og kan kontrolleres med foranstaltninger magen til dem, der anvendes til at **kontrollere aerosoler**. Som følge af nanopartiklers lille masse er deres kinetiske energi imidlertid meget lav, så de kan snarere anses for at opføre sig som en gas end som støv. Hvilken teknologi der vælges, afhænger af omfanget af eksponeringen, som igen afhænger af nanomaterialets støvende karakter og emissionsniveau. Det kan være nødvendigt at anvende en kombination af metoder for at styre eksponering og risiko. Indkapsling og ventilation af processen er en effektiv metode til at reducere eksponeringen. Dog skal risikoen for utætheder styres, og risiciene i forbindelse med vedligeholdelse, reparation og rengøring må også tages i betragtning og styres.

Lukkede systemer foretrækkes ofte til processer, hvor der håndteres nanomaterialer, på grund af nødvendigheden af at beskytte processen mod kontaminering. Der er fordele ved et lukket system, og det er en god teknologisk foranstaltning, da det også forhindrer emission af nanomaterialer til det omgivende miljø og til arbejdstagerne. Et lukket system anbefales navnlig til aktiviteter som bl.a. måling af industrielt fremstillede nanomaterialer, påfyldning (herunder blanding) i eller udtagning fra fremstillings- eller behandlingsudstyr, rengøring af beholdere og behandling af affald, medmindre der ikke er potentiale for eksponering.

Teknisk kontrol (f.eks. indeslutning, punktudsugning, **generel ventilation**) til at reducere eksponeringen bør overvejes, hvis der ikke kan anvendes substitution eller et lukket system. De tekniske kontrolforanstaltninger vil afhænge af kravene på den enkelte arbejdsplads og bør tage hensyn til emissionskilden, risikoen og nødvendigheden af at reducere emissioner og eksponering, nanomaterialets mængde og fysiske form og opgavens varighed og hyppighed.

Punktudsugning og generel ventilation er med til at hindre spredning af luftbårne nanomaterialer i arbejdsområdet og i tilstødende rum. Til fjernelse af nanopartikler i udsugningsluften skal der anvendes et egnet filtreringssystem. Dette kan være et flertrinssystem med højtydende partikelluftfiltre (HEPA) eller luftfiltre med ultralav penetration (ULPA).

Optimering af procesdesign og driftspraksis, så farlige biprodukter og affaldsmængden minimeres, vil reducere eksponeringen på arbejdspladsen.

Risikoen for **eksplosioner** som følge af nanopartikler kan reduceres ved hjælp af **fire »specifikke sikkerhedsbarrierer«**:

- forebyggelsesbarriere: reduktion af sandsynligheden for uheld gennem bedre vedligeholdelsesprocedurer, der forhindrer flygtige emissioner, utilsigtet dannelse af eksplosiv atmosfære, opbygning af statisk elektricitet og kilder til utilsigtet antændelse
- afbødningsbarriere: reduktion af procesrelaterede risikofaktorer ved at sænke processens temperatur og dens trykværdier
- afbødningsbarriere: reduktion af parametre, der fremmer eksplosionsstyrken af nanopulver, ved substitution eller fortynding
- værnemiddelbarriere: bedre beskyttelse af udsatte arbejdstagere.

O = Organisatoriske foranstaltninger



Organisatoriske foranstaltninger omfatter f.eks. information til arbejdstagerne om risiciene, om de forebyggende foranstaltninger, der skal anvendes, og de regler, der skal følges. Oplysningerne til arbejdstagerne bør også omfatte farerne ved nanomaterialer og vigtigheden af forsigtighedsprincippet på baggrund af den endnu begrænsede viden om nanomaterialers sundheds- og sikkerhedsrisici. At dokumentere sikre procedurer og arbejdsinstruktioner for processer, hvor der anvendes nanomaterialer, og gøre dem tilgængelige på arbejdspladsen vil danne grundlag for hensigtsmæssige arbejdsmetoder og et referencepunkt for løbende forbedringer.

Organisatoriske foranstaltninger kan også bestå i at minimere antallet af arbejdstagere på arbejdsstedet, der eksponeres for nanomaterialer, og mindske antallet af timer med potentiel eksponering for nanomaterialer. Adgangen til områder, hvor eksponering kan forekomme, bør begrænses, og sikkerheds- og faresymboler bør anvendes korrekt.



Yderligere oplysninger

Alle henvisninger og nærmere oplysninger findes i OSHwiki-artiklen om nanomaterialer:
<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

#EUhealthyworkplaces

P = Personlige værnemidler



Hvis de ovenfor beskrevne foranstaltninger ikke kan anvendes eller er utilstrækkelige, bør der anvendes personlige værnemidler. I mange brancher består arbejdstøjet også af handsker og beskyttelsesbriller, når det er nødvendigt.

Sikkerhedsdatabladene for kemiske produkter, der indeholder nanomaterialer, bør indeholde oplysninger om anbefalede personlige værnemidler. De personlige værnemidler kan give god beskyttelse mod nanomaterialer, hvis de rette typer vælges.



<https://healthy-workplaces.eu/da>