

# Nanomaterialer og arbeidsmiljø

**Nanoteknologi har ført til at flere ulike typer nanomaterialer er i bruk i Norge. Det pågår forskning om sammenhenger mellom eksponering for kjemikalier i nanomaterialer og mulig helseskader. Resultater fra denne forskningen antyder mulige negative helseeffekter. Arbeidstilsynet anbefaler derfor at virksomheter som produserer, bearbeider og bruker nanomaterialer, iverksetter forebyggende tiltak mot mulige helseskader.**

## Hva er nanomaterialer?

Nanoteknologiens utvikling har stor økonomisk og teknologisk betydning innenfor flere områder i næringslivet. Flere og flere industrier og laboratorier arbeider for å utnytte nanopartiklens egenskaper. Norske virksomheter importerer, bearbeider og produserer nanomaterialer. Flere produkter er allerede på markedet og i daglig bruk:

- tekstiler (ulltøy, sko, sokker, sport- og fritidstøy)
- kosmetikk (maskara, hud- og solkrem)
- hygieneartikler (plaster, tannbørster)
- sportsutstyr (ski, støvler, skismøring, sykler)
- vask og overflatemidler (bilpleie- og vaskemidler, spray for impregnering av ytterklær, produkter til behandling av glass, fliser, rustfritt stål og andre overflater)
- fargepigment (toner, maling)
- bildekk

Det er grunn til å anta at nanopartikler kan ha betydning for arbeidsmiljøet og arbeidstakers helse. Det er derfor viktig at arbeidsgivere skaffer seg kunnskap om de nanomaterialene de bruker og arbeider forebyggende på dette området.

## Hva betyr nano?

Nano stammer fra det greske ordet «nanos» som betyr dverg. En nanometer (nm) er lik en milliarddels meter. Nano er altså noe svært lite. Et hårstrå har for eksempel en diameter på omtrent 50 000 nm, blodlegemer er i størrelsesorden 6600 –7500 nm, 100 nm tilsvarer størrelsen på et virus og én nm tilsvarer den lengden neglen vokser på et sekund.

## Hva er nanomaterialer?

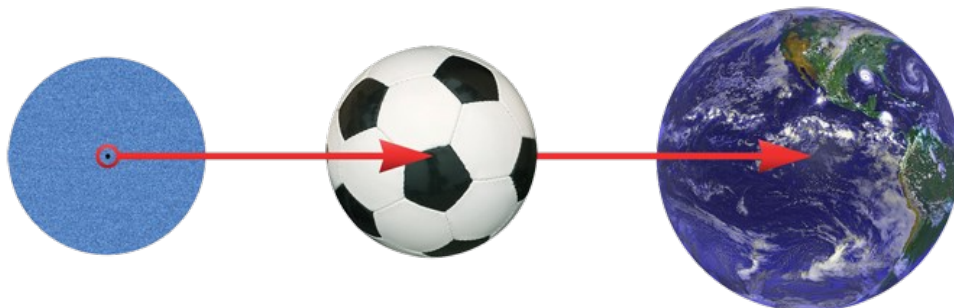
Nanomaterialer er stoffer som består av nanopartikler som er så små at de hver for seg ikke er synlige for oss. Partiklene kan likevel skade helsen til ansatte som jobber med dem.

Nanomaterialer defineres ut ifra størrelsen på de enkelte bestanddelene til et stoff. Den minste dimensjonen må være i størrelsesområdet 1–100 nm. Nanomaterialer finnes i flere fysiske former, for eksempel: Filmer, fibre, rør og partikler. Nanomaterialer kan slå seg sammen til større partikler som er løst bundet sammen (agglomerater) eller som er sterkt bundet sammen (aggregater).

## Hva er nanopartikler?

Nanopartikler er partikler i størrelsesområdet 1–100 nm. Slike partikler, som er usynlige for oss, eksisterer i naturen og kan lages med nye strukturer for å gi nye og forbedrede egenskaper med til dels ukjente effekter.

En nanopartikkel har omtrent samme størrelsesforhold til en fotball, som fotballen har til jordkloden.



## Hva betyr nanoteknologi?

Nanoteknologi er et tverrfaglig område som involverer flere naturvitenskapelige fag. Teknologien gjør det mulig å framstille, kontrollere og manipulere materialer bestående av strukturer mindre enn 100 nm.

## Mulig helsefare

Det er fortsatt manglende kunnskap om spesielle nanopartikler kan være skadelige for menneskers helse, og i hvilken grad arbeidstakere vil være utsatt. Forskning de siste årene gir likevel grunn til mistanke om mulig helsefare knyttet til eksponering for nanopartikler på arbeidsplassen. Det er derfor viktig at virksomheten setter seg inn i mulige helsefare:

## Egenskaper ved stoffene

Nanopartikler finnes i en rekke ulike former. Kunnskap om spesifikke nanopartiklers fysisk-kjemiske egenskaper er derfor vesentlig når man skal kartlegge potensiell helsefare. Stoffet på nanonivå har særegne egenskaper som ikke har vært kjent fra tradisjonelle studier av kjemikalier hvor byggesteinene er på den større mikroskalaen. En mulig årsak til særegne egenskaper hos nanopartikler er den relativt store partikkeloverflaten.

Betennelse (inflammasjon) kan oppstå i vev som er i kontakt med nanopartikler. Sykdomsforandringer i blodårer og i lungevev kan knyttes til slike inflammasjonsprosesser. Nanopartikler kan forårsake skader i lungene og i hjerte-karsystemet ved at de mest sannsynlig skaper slike reaksjoner. Basert på dyreforsøk kan det tenkes at personer med underliggende inflammatoriske sykdommer (KOLS, diabetes, astma og allergi) kan være mer sårbare for negative helseutfall forårsaket av nanopartikler.

## Fare ved innånding av nanopartikler

Det er en vel dokumentert sammenheng mellom eksponering for partikler i luftforurensning og økt fare for sykdomsutvikling og dødelighet. Det er også grunn til å mistenke at eksponering for mange grupper av nanopartikler i arbeidsmiljøet kan føre til både korttidseffekter (akutt betennelse, endringer i immunsystemet) og kroniske effekter som arrdannelse i lungene (lungefibrose), kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS), forsterkning av allergi, hjerte- og karsykdommer og ulike kreftsykdommer.

Noen av partiklene kan føre til mer alvorlige helseeffekter enn andre. I likhet med asbestfibre mistenkes eksponering for fiberformede nanopartikler som karbonnanorør, å gi alvorlige lungesykdommer hos de som blir eksponert i arbeidsmiljøet. Det forskes også på om karbonnanorør kan skade arvestoffet.

## Reproduksjonsskade

Det er ikke avklart om nanomaterialer kan ha reproduksjonsskadelige effekter. Noen studier viser at nanopartikler kan passere morkaka og kan komme over til fosteret. Andre studier viser at nanopartikler kan føre til svangerskapskomplikasjoner hos mus. Økt forekomst av allergi i avkom av mus eksponert (via nesen) for respirable titandioksid-partikler er også rapportert.

Celler dyrket i laboratoriet har vist at titandioksid og karbon «black» nanopartikler kan påvirke levedyktigheten til hormonproduserende celler hos hannmus. Nanopartikler av gull førte i en studie til redusert bevegelighet av humane sædceller. I en studie der man eksponerte gravide mus for nanopartikler av titandioksid via innånding, ble det ikke funnet genskader i kjønnseller hos hunnkjønnnet avkom.

Selv om resultatene spriker litt, bør gravide kvinner og unge menn i fruktbar alder beskytte seg mot slik eksponering.

## Hud og øyeirritasjon

Når det gjelder øyeirritasjon er ikke resultatene fra forskning entydige. Noen studier har påvist kortvarig og reversibel rødme av øyne, men ikke hudirritasjon. Det er behov for mer forskning, men inntil videre anbefaler Arbeidstilsynet bruk av tettsittende briller for beskyttelse av øynene.

## Kombinasjonseffekter

Noen dyreforsøk viser at karbonnanorør alene ikke gir lungekreft hos mus som innånder disse partiklene. Men når musene først ble behandlet med et kjent kreftinduserende kjemisk stoff og deretter med karbonnanopartikler, ble det funnet flere og større lungesvulster. Denne studien viser at karbon nanopartikler kan forsterke kreftfremkallende effekter av andre stoffer.

Med bakgrunn i kunnskap fra dyreforsøk, kan det tenkes at eksponering for karbon nanorør forsterker allergiske effekter av allergener som allerede finnes i arbeidsmiljøet. Dette er interessante funn siden det ofte er blandingseksponeringer på arbeidsplassen.

## Effekt på mental helse

Det er ennå lite kjent om nanopartikler kan ha uheldige effekter på mental helse, som for eksempel redusert evne til å oppfatte og tenke klart. Enkelte studier viser ingen effekt. Det likevel få studier som har undersøkt om nanopartikler som fraktes til hjernen kan forårsake celledskade på hjerneceller. Noen studier har rapportert at nano titandioksid kan være giftig for nervene i hjernebarken hos mus og kan forstyrre signaloverføringer mellom nerveendinger.

## Eksponering for nanomaterialer i arbeidsmiljøet

Det er størst risiko for at arbeidstakere blir eksponert for nanopartikler i virksomheter som produserer, bruker, tester, bearbeider eller transporterer nanomaterialer. Faren for eksponering er størst der nanopartikler frigjøres til omgivelsene. Dette gjelder også for virksomheter som håndterer avfall som inneholder nanopartikler.

Bruk av nanoprodukter til blant annet overflatebehandling av materialer eller reparasjons- og vedlikeholdsarbeid som inkluderer sliping, kan også føre til eksponering.

## Størst risiko ved innånding

Det er mest sannsynlig eksponering for nanomaterialer skjer ved innånding. Virksomhetene bør derfor håndtere nanomaterialer med forsiktighet og ta forhåndsregler mot støv og aerosoler som kan inneholde nanopartikler.

Innånding av luftbårne, frie nanopartikler og aerosoler utgjør den høyeste risikoen for negative helseeffekter i arbeidsmiljø sammenheng. Partikler i størrelsesorden 1–100 nanometer er respirable. Det betyr at de kan nå ned i lungeblærene, alveolene, gjennom innånding. Selv om en stor andel av nanopartiklene pustes ut igjen, vil trolig likevel noen partikler bli i lungene. Der vil de kunne skade celler eller føre til betennelsesreaksjoner. Partikler kan også gå over i blodbanen og fraktes til andre organer som hjerte, lever og nyrer.

Det er foreløpig sparsomt med dokumentasjon på opptak av nanopartikler gjennom frisk hud i arbeidsmiljø sammenheng. Det samme gjelder opptak gjennom mage-tarmsystemet ved svelging av nanopartikler.

## Risikovurdering av nanomaterialer i arbeidsmiljøet

Arbeidsgiver skal vurdere risiko forbundet med bruk og håndtering av nanomaterialer i henhold til [forskrift om utførelse av arbeid § 3-1. Risikovurdering av helsefare ved bruk og håndtering av kjemikalier](#). Arbeidsgiver er ansvarlig for at arbeidsmiljøet er fullt forsvarlig og skal sikre at arbeidstakere ikke blir påført helseskader som følge av arbeid med nanomaterialer. Utgangspunktet er en kartlegging og dokumentasjon av forekomsten av nanomaterialer i arbeidsmiljøet. Deretter må arbeidsgiver vurdere enhver risiko for arbeidstakernes helse og sikkerhet forbundet med nanomaterialene.

Håndtering av risiko forutsetter at arbeidsgiver og arbeidstaker har kunnskap om nanoteknologi. Arbeidsgiver må sikre at arbeidstakere får informasjon og opplæring om dette emnet. Det gjelder også hvordan arbeidstakere eventuelt bør beskytte seg. Det vil si at arbeidsgiver må kunne bruke kunnskapen om nanomaterialer til å innføre hensiktsmessige vernetiltak i virksomheten.

Sentrale spørsmål til hjelp ved risikovurdering:

- Er det eller kan det i fremtiden bli brukt fabrikkerte nanomaterialer i virksomheten?
- Hvilke nanomaterialer finnes i arbeidsmiljøet?
- Vil nanomaterialer bli brukt i et betydelig omfang?
- Vil nanomaterialer bli frigjort til omgivelser under ulike stadier i livsløpet?
- Kan nanomaterialer tas opp via næring, hud eller luftveier?
- Hvordan vil nanomaterialer spres og opptre i kroppen?
- Kan nanomaterialet skade celler, celleprosesser, vev og organer?
- Hvor mange arbeidstakere er eller kan bli eksponert for nanomaterialer?

## Sikkerhetsdatablad og informasjonsblad

Sikkerhetsdatablad skal hjelpe arbeidstakere til trygg håndtering av kjemiske stoffer og informere om farer som kan være tilstede på arbeidsplassen.

Nanomaterialer som sorterer inn under kategorien helsefarlige stoffer reguleres av [forskrift om utførelse av arbeid § 2-1. Krav om stoffkartotek, gruppe 1](#). For helsefarlige kjemikalier som ikke omfattes av gruppe 1, skal arbeidsgiver utarbeide informasjonsblad for de kjemikaliene som ikke er klassifisert som farlig. Informasjonsbladet skal blant annet inneholde opplysninger om stoffnavn, sammensetning, fysikalske, kjemiske og helseskadelige egenskaper, risikomomenter, forebyggende vernetiltak og førstehjelpsbehandling.

## Eksponeeringsscenarioer

Produsenter er ansvarlige for å utarbeide eksponeringsscenarier som vedlegg til sikkerhetsdatablad. Disse reglene gjelder også for nanomaterialer.

[Les mer om sikkerhetsdatablad](#)

## Anbefalte grenseverdier

Ingen land har så langt fastsatt grenseverdier for nanopartikler. Det kan likevel være at det er gitt grenseverdier for de samme kjemiske stoffene.

For nanomaterialer hvor det ikke finnes grenseverdier for et helt likt kjemikalie i mikrometerskala, må virksomheten vurdere tilgjengelig informasjon og komme fram til kriterier for akseptabel eksponering. Slik informasjon kan være andre lands og organisasjoners yrkeshygiene grenseverdier og toksikologiske data for tilsvarende stoffer. Tabell 1 gir en oversikt over anbefalte yrkeshygiene grenseverdier fra et utvalg organisasjoner og forskningsgrupper. Amerikanske «The National Institute for Occupational Safety and Health» (NIOSH) har også publisert toksikologisk underlag for sine anbefalinger.

De anbefalte grenseverdiene i tabell 1 er nyttige og gode rettesnorer som virksomhetene bør bruke i påvente av at det kan komme nasjonale grenseverdier.

Tabell 1 Anbefalte yrkeshygiene grenseverdier i arbeidsatmosfæren for et utvalg nanomaterialer.

Nanomaterialer/nanopartikler	NIOSH	Nanocyl	Aschberger
Karbonnanorør (8-timers arbeidsdag)	1 µg/m <sup>3</sup>	2,5 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>
Karbonnanofiber (8-timers arbeidsdag)	1 µg/m <sup>3</sup>		
TiO <sub>2</sub> (10-timers arbeidsdag)	0,3 mg/m <sup>3</sup>		

En internasjonal arbeidsgruppe i Nederland har publisert [en artikkel med anbefalte nanoreferanseverdier](#) (Nano Reference Values, NRV) det vil si anbefalte veiledende verdier for eksponeringsgrenser for en rekke nanomaterialer. For pulver nanomaterialer og nanofibre av eksempelvis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiN, TiO<sub>2</sub>, ZnO, nanoclay, karbon «black», fulleren (C<sub>60</sub>), dendrimer og polystyren, er NRV (8-timers TWA) satt til 0,01 fibre/cm<sup>3</sup> (= 10 000 fibre/m<sup>3</sup>).

Les mer risikovurdering og kartlegging av arbeid med nanomaterialer: [Tre trinn for trygg håndtering av nanomaterialer](#) Se også: [Rutiner for håndtering av nanomaterialer](#)

## Register og helseundersøkelse

Det er krav om at arbeidsgiver skal føre et register over arbeidstakere som er eksponert for bly, blyforbindelser, kreftfremkallende kjemikalier eller arvestoffskadelige kjemikalier. Det er stor usikkerhet knyttet til helse- og miljørisiko ved eksponering for ulike nanomaterialer. Det er likevel nødvendig med forebyggende tiltak på grunn av de mulige alvorlige negative konsekvensene for helse og arbeidsmiljø. Arbeidsgiver bør derfor vurdere å føre et register over arbeidstakere som er eksponert for nanomaterialer.

Arbeidsgiver bør sammen med sin bedriftshelsetjeneste tilby egnede [helseundersøkelser](#) hvis arbeidstaker kan utsettes for potensielt helseskadelige nanomaterialer.

## Regelverk

Arbeidsmiljøloven krever at arbeidsgiver sikrer et trygt og forsvarlig arbeidsmiljø. Det gjelder også sikker håndtering av kjemikalier. Nanomaterialer omfattes av regelverket på kjemikalieområdet siden nanomaterialer er kjemiske stoffer eller produkter.

Nanomaterialer reguleres gjennom flere av forskriftene til arbeidsmiljøloven:

Arbeidsmiljøforskriftene, internkontrollforskriften, REACH-forskriften og CLP-forskriften.

## Arbeidsmiljøloven

Arbeidsgiver har en generell plikt til å kartlegge, risikovurdere, utarbeide planer og iverksette tiltak for å sikre at lovens krav om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid: [Arbeidsmiljøloven § 3-1](#).

Arbeidsmiljøet i en virksomhet skal være fullt forsvarlig ut fra en enkeltvis og samlet vurdering av faktorer i arbeidsmiljøet som kan innvirke på arbeidstakernes fysiske og psykiske helse og velferd. [Arbeidsmiljøloven § 4-1. Generelle krav til arbeidsmiljøet](#)

Virksomheten skal føre et [stoffkartotek](#) over farlige kjemikalier. Loven nevner ikke spesielle typer kjemikalier utover at de som er giftige skal behandles særskilt. Loven pålegger også produsenter og importører et spesielt ansvar om blant annet å skaffe til veie opplysninger om kjemikalets eller materialets sammensetning og egenskaper.

[Arbeidsmiljøloven § 4-5. Særlig om kjemisk og biologisk helsefare](#)

## Internkontrollforskriften

Internkontrollforskriften har krav om hvordan systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid planlegges og utøves i virksomhetene. Internkontrollforskriften gjelder for all risiko i virksomheten som skal kartlegges for deretter planlegge og prioritere tiltak for å eliminere eller redusere risikoen. Det inkluderer også risiko ved arbeid med kjemikalier som nanomaterialer.

Forskriften [§ 5 andre ledd pkt 6](#) pålegger arbeidsgiver å kunne dokumentere skriftlig at det er foretatt en kartlegging av farer i virksomheten.

Les mer om reglene for internkontroll her: [Internkontroll](#)

## Arbeidsmiljøforskriftene

Arbeidsmiljøforskriftene skal blant annet sikre at arbeidstakernes sikkerhet og helse beskyttes mot fare som oppstår eller kan oppstå på grunn av eksponering for kjemikalier i virksomheten. Definisjonen av kjemikalier i forskrift om utførelse av arbeid [§ 1-4 nr. 26](#) er vid, og omfatter også nanomaterialer. [Kapittel 3](#) i forskrift om utførelse av arbeid har flere bestemmelser om arbeid med kjemikalier.

Forskrift om utførelse av arbeid [§ 2-1](#) krever at arbeidsgiver oppretter stoffkartotek for de stoffene som kan medføre helsefare. Nanomaterialer som sorterer inn under kategorien helsefarlige stoffer reguleres av forskrift om utførelse av arbeid § 2-1 gruppe 2.

For helsefarlige stoffer som omfattes av gruppe 2, skal arbeidsgiver utarbeide informasjonsblad for de stoffer som ikke er klassifisert som farlig. De skal blant annet inneholde opplysninger om stoffnavn, sammensetning, fysikalske, kjemiske og helseskadelige egenskaper, risikomomenter, forebyggende vernetiltak og førstehjelpsbehandling.

## REACH-forskriften

Forskrift om registrering, vurdering, godkjenning og begrensninger av kjemikalier (REACH) gjennomfører EUs kjemikaliefordning REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

REACH-forskriften skal sikre at informasjon om kjemiske stoffers helse- og miljøskadelige egenskaper er lett tilgjengelig for myndigheter og publikum. Forskriften krever at den som produserer, importerer distribuerer kjemikalier har ansvar for både kunnskap, dokumentasjon og vurdering av sikkerheten ved bruk av kjemikaliene.

Kravene til sikkerhetsdatablad i REACH er nært knyttet opp mot reglene for klassifisering og merking av kjemikalier i CLP-forskriften. For å tydeliggjøre at nanomaterialer er omfattet av REACH-forskriften er det krav om at sikkerhetsdatabladet skal inneholde informasjon om stoffets overflateareal, størrelsesfordeling og overflatekjemi.

### [REACH-forskriften](#)

## CLP-forskriften

Forskrift om klassifisering, merking og emballering av stoffer og stoffblandinger (CLP) gjelder også for nanomaterialer. Forskriften bygger på FNs globalt harmoniserte system for klassifisering, merking og emballering av kjemikalier (GHS).

CLP gir plikter til leverandører når det gjelder informasjon til brukere om stoffer og stoffblandinger. CLP setter regler for hvilke kriterier som skal legges til grunn når det skal vurderes om stoffer eller stoffblandinger skal klassifiseres som farlige med hensyn til fysisk fare, helsefare og miljøfare. CLP har også regler om hvordan kjemikalier skal merkes og emballeres.

### [CLP-forskriften](#)

Les mer om krav til arbeid med kjemikalier her: [Kjemikalier](#)

## Mer informasjon

Rapport fra Statens arbeidsmiljøinstitutt om nanomaterialer i arbeidsmiljøet: [Miljøgifter og nanomaterialer i arbeidsmiljøet](#)

---

---