

Retningslinje for håndtering af nanopartikler på DTU

1 Indledning

Denne retningslinje gælder for alle der håndterer nanopartikler på DTU.

Retningslinjen er godkendt i KAMU den 4/12-2017, og revideret september 2025.

1.1 Baggrund - Hvad er nanopartikler?

Nanopartikler er en fællesbetegnelse for alle stoffer, hvor de primære partikler mindst har én dimension mindre end ca. 100 nm. Nanopartikler kan have forskellige former – f.eks. fibre-, plade- og kugleformede, samt aggregater.

Forskningsresultater har givet anledning til mistanke om mulige sundhedsmæssige risici ved eksponering for luftbårne nanopartikler. De lange tynde fibre, som ikke er vandopløselige, anses for at være de farligste, da de har asbest-lignende egenskaber. Aerosoler kan også være i nanopartikel størrelse.

I forhold til pulvers normale partikelstørrelse har nanopartiklerne et langt større overfladeareal. De fysisk-kemiske egenskaber af nanopartikler er forskellige fra større partikler, idet de oftest ikke længere følger tyngdeloven, de kan være elektrostatiske, og de kan opføre sig og have egenskaber som gasser. Endvidere kan man ikke overføre den toksiske effekt fra det oprindelige pulver til nanopartiklerne. Den toksiske effekt vil ændre sig til en ukendt eller farligere sundhedsmæssig risiko, bl.a. afhængig af partikelform og opløselighed. Eventuelle grænseværdier for det almindelige pulverformige stof kan ikke overføres til stoffet på nanopartikelform. Kemikaliebrugsanvisningerne i Kemibrug kan derfor heller ikke anvendes som arbejdspladsbrugsanvisninger, med mindre det er specificeret, at den gælder for partikler i nanopartikel-størrelsen.

1.2 DTUs holdning til nanopartiklers farlighed

Da de sundhedsskadende egenskaber oftest er ukendt, har DTU indtaget samme holdning som Det Nationale forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) og Arbejdstilsynet, hvor alle ukendte tilfælde af luftbårne nanopartikler betragtes som værende kræftfremkaldende stoffer. Det betyder, at nanopartikler med ukendt sundhedsskadende virkning, skal håndteres som værende kræftfremkaldende stoffer, med alle de regler, der gælder herfor, med mindre man har belæg for andet jfr risikovurderingen.

Vi har i Danmark endnu ingen grænseværdier for de enkelte nanopartikler, men der er udarbejdet en AT-vejledning (9.3.1)¹, hvor der henvises til amerikanske grænseværdier (NIOSH). Disse grænseværdier kan evt. anvendes, når der skal udarbejdes en risikovurdering.

¹ AT-vejledning Arbejde med nanomaterialer 2014 (9.3.1)

Helt almindelige og ofte forekommende procedurer i laboratoriet kan være årsag til, at man udsættes for nanopartikler. Som eksempel kan gives: Afvejning, omhældning, filtrering, forbrænding, slibning, aerosoler, skift af filtre. Det er vigtigt at være opmærksom på, at andre personer, så som service-, vedligeholds-, rengørings- og driftspersonale, også kan blive udsat for nanopartikler, hvis der ikke arbejdes i tilstrækkeligt lukkede systemer.

1.3 Læsevejledning

Denne retningslinje er delt op i tre hovedafsnit, som retter sig imod forskellige niveauer i universitetsenheden.

I afsnittet *Ansvar, kompetenceniveau og systemunderstøttelse* stilles der skarpt på, hvilke krav der gælder på DTU, vedrørende delegering af ansvar, kompetenceniveau samt brug af risikovurderingsværktøj.

I afsnittet *Krav til risikovurdering for håndtering af nanopartikler* skitseres det, i hvilket omfang der er krav til at udarbejde risikovurderinger, samt hvad der er af krav til den indholdsmæssige del af vurderingen.

I afsnittet *Krav til tekniske og praktiske foranstaltninger på DTU* beskrives minimumskrav til tekniske installationer for faciliteter, hvor der håndteres nanopartikler.

2 Ansvar, kompetenceniveau og systemunderstøttelse

Da det stadig er forholdsvis nyt at arbejde med nanopartikler, findes der ikke afprøvede og standardiserede metoder til at garantere sikkerheden for medarbejdere og studerende, der arbejder med stofferne. Dette gør det ekstra vigtigt, at der er fokus på ansvar og proces i forbindelse med arbejdets udførelse.

2.1 Overordnet ansvar

DTUs ledelse er overordnet ansvarlig for, at det er sundt og sikkert for den enkelte medarbejder og studerende at arbejde i DTUs laboratorier, samt for personer der servicerer faciliteterne (drift, vedligehold). Ansvar er uddelegeret til ledelsen i de respektive universitetsenheder, som i samarbejde med blandt andet den lokale arbejdsmiljøorganisation (AMO) skal sikre tidssvarende faciliteter, samt at der findes gode risikovurderings-processer, og at rette viden og kompetencer er til stede.

Arbejdsmiljøudvalget (AMU) er ansvarlig for, at der sker en godkendelse af en overordnet Nano-APV for de faciliteter, hvor der arbejdes med nanopartikler. AMU skal samtidig sikre, at medarbejdere og studerende, der skal arbejde med nanopartikler, forstår risici, samt at de er instrueret i sikker håndtering af nanopartikler, før arbejdet påbegyndes.

2.2 Nano-ansvarlig

For at sikre et højt kompetence - og vidensniveau vedrørende sikkerhed ved håndtering af

nanopartikler, er det et DTU krav, at der for hvert institut, som har medarbejdere eller studerende, som indirekte / direkte håndterer nanopartikler, udpeges minimum to nano-ansvarlige personer. De nanoansvarlige har bl.a. til opgave at holde sig opdateret på ny viden indenfor området, samt tilegne sig relevant viden jf. universitetsenhedens overordnede Nano-APV. Det er ledelsens ansvar, at sikre ressourcer til uddannelsen (tid og økonomi).

Den nano-ansvarlige har som opgave at:

- Rådgive ledelse og medarbejdere i udarbejdelsen af risikovurderinger, samt rådgive AMU/AMO i forhold til godkendelse af risikovurderinger (accept af rest-risici). Det er et krav, at der altid sker en kvalitetssikring af beslutningsgrundlag forud for AMU/AMOs behandling af risikovurderinger, hvilket er årsagen til at der stilles krav om minimum to nano-ansvarlige.
- Bidrage til at uddanne arbejdsmiljøorganisationen til et niveau, hvor flere kan føre tilsyn med, at arbejdet udføres som angivet i risikovurderingen.
- Hjælpe AMU med at der skal udarbejdes et tidssvarende informationsmateriale til håndværkere og andre eksterne, der kan blive udsat for risici i forbindelse med adgang til og arbejde i faciliteter, hvor der arbejdes med nano-partikler.

2.3 Krav om brug af risikovurderingsværktøj

Der eksisterer desværre ikke et acceptabelt risikovurderingsværktøj vedrørende håndtering af nanopartikler, som kan vurdere det forventede risikoniveau i en given arbejdssituation, samt give anbefalinger til et beskyttelsesniveau, som medarbejderen skal arbejde under.

3 Krav til risikovurdering for håndtering af nanopartikler

Hver enkelt universitetsenhed, der ønsker at arbejde med nanopartikler, skal udarbejde en overordnet Nano-APV, der udmønter krav til de fysiske rammer, instrukser for håndtering af nanopartikler i arbejdet samt informationsmateriale til f.eks. håndværkere, der skal have adgang til og arbejde i de faciliteter, hvori nanopartikler håndteres. Den overordnede Nano-APV skal godkendes i AMU, og krav og instrukser udarbejdet i regi af den overordnede Nano-APV, vil være gældende for arbejdsopgaver, der ligger indenfor risikovurderingens scope.

Med afsæt i den overordnede Nano-APV skal medarbejdere, der ønsker at introducere nye forsøg eller arbejdsgange, der afviger fra denne, udarbejde en risikovurdering for det specifikke forsøg eller den nye arbejdsgang. Dette gøres i samarbejde med den nanoansvarlige, der dermed er med til at

kvalificere beslutningen om, hvorvidt et forsøg kan udføres indenfor rammerne af den overordnede Nano-APV.

Hvis der sker ændringer i arbejdsindhold i forhold til den overordnede Nano-APV, der er lavet for arbejdspladsen, skal AMU sikre, at risikovurderingen genbesøges og instrukser revideres, hvis det vurderes, at der er behov for dette (ændringer kan f.eks. være introduktion af nye forsøg, ændring i kompetenceniveau (nye medarbejdere), ændring i antal personer der arbejder i laboratoriet m.m.). AMU skal godkende den reviderede overordnede Nano-APV.

Risikovurderingsprocessen kan overordnet beskrives som risikoidentifikation med henblik på risikoanalyse og håndtering. Målet med processen er først og fremmest at skabe et grundlag for accept af den restrisiko, som altid vil være der. Dertil danner processen rammerne for at ny viden og erfaringer fra evt. uheld, løbende kan indarbejdes.

Der er en række overordnede opmærksomheder, der skal adresseres, når der udarbejdes en risikovurdering for arbejde med nanopartikler.

- Som en del af risikovurderingen angives, hvordan risici forebygges f.eks. ved hjælp af tekniske og personlige værnemidler, mulig substitution, samt evt. afspærringer / afskærmninger og skiltning.
- Der skal udarbejdes lokale instruktioner for såvel medarbejdere som for rengøringspersonale samt drift, således, at der uden risiko, kan arbejdes i normal drift samt i uheldssituationer.
- Der skal foreligge beredskabsinstrukser for lokale hændelser, herunder instrukser for bl.a. strømssvigt / ventilationssvigt.

Den lokale arbejdsmiljøorganisation skal sikre, at alle kendte risici ved arbejdet er velbeskrevet i risikovurderingen, og at forholdsreglerne herfor er godkendt / accepteret, før arbejdet udføres, således at eksponering undgås. Den nano-ansvarlige rådgiver AMU i forbindelse med godkendelse af risikovurderingen.

Det skal dokumenteres, at der er lavet en kvalificeret substitutionsredegørelse, hvoraf det fremgår, at det ikke er muligt at eliminere eller substituere de luftbårne nanopartikler (substitutionsredegørelse). Det kan f.eks. med fordel undersøges, om leverandører kan levere nanopartiklerne som en suspension eller et granulat i stedet for støvende pulver. Nanopartiklerne kan også forsøges købt hjem i mindre mængder, så en støvende afvejning og omhældning undgås.

I de tilfælde hvor faren er uklar, skal forsigtighedsprincippet lægges til grund for håndtering af nano-risikoen. Dette betyder, at der skal tages udgangspunkt i højeste fareklasse af de mulige fareklasser, som der kan være tale om, idet nanopartikler i alvorligste fald, kan betyde en klassificering som kræftfremkaldende.

Den største risiko for eksponering af luftbårne nanopartikler findes ved:

- Åbning af beholdere
- Afvejning
- Omhældning
- Blanding / kraftig omrøring.
- Inddampning
- Filtrering

- Opvarmning / varmebehandling
- Forbrænding
- Nedbrydning af kompositter
- Sindring / calcinering
- Maling og aerosoldannelse
- Processeringer af materialer – f.eks. slibning
- Spild og uheld
- Rengøring af udstyr og lokaler
- Drift og vedligehold af ventilationsanlæg og udstyr

I risikovurderingen skal foreligge en velbeskrevet procedure for de dele af processen, som udgør en risiko i forbindelse med håndteringen, bortskaffelsen, spild og uheld, rengøring, personlig hygiejne, brand, driftsstop samt evt. brug af dedikerede laboratoriefaciliteter. Det skal ved risikovurderingen vurderes, om faciliteter understøtter krav for et sikkert arbejdsmiljø, dette uddybes i afsnittet nedenfor.

4 Krav til tekniske og praktiske foranstaltninger på DTU

Udover at udvikle grundlag for en god og sikker arbejdskultur, er der en række fysiske forhold, der skal være på plads for at sikre en optimal beskyttelse af medarbejdere og studerende. Arbejde med nanopartikler må ikke igangsættes, før de fysiske forhold er i orden og godkendt af de af ledelsens udpegede nano-ansvarlige.

De fysiske faciliteter skal derudover være indrettet, så det er muligt for f.eks. håndværkere at servicere tekniske installationer, uden at de bliver udsat for sundhedsrisiko.

Det er derfor væsentligt, at der allokeres ressourcer til indretning af lokaler, tekniske installationer samt personlige værnemidler, så arbejdet med nanopartikler kan udføres sikkert jf. risikovurdering.

4.1 Indretning af områder, hvor der arbejdes med nanopartikler

Det skal sikres at de lokaler, hvor arbejdet udføres, opfylder krav til sikker håndtering af nanopartikler.

Der skal være adgang til ventilerede kemikalieskabe til opbevaring af nanopartikler i umiddelbar nærhed til arbejdsområdet, så risici forbundet med transport af stofferne minimeres.

Nanopartikler kan være usynlige og hæfter sig til alle tilgængelige overflader – det kan være på lofter, vægge, kitler, gulve mv. Det skal ved renovering og nybyggeri sikres, at gulve, vægge, lofter og inventar er udarbejdet i materialer med glatte og rengøringsvenlige overflader.

Pga. nanopartiklernes gasformige egenskaber, som let forlader stinkskalet/BSC, hvis der er turbulente luftstrømninger ved trafik og urolige omgivelser, er det nødvendigt at etablere et afgrænset og dedikeret laboratorie til håndteringen af luftbårne nanopartikler, hvor der ikke foregår andet, mens håndteringen foretages. Det skal i risikovurderingen overvejes, om der skal være sluser og adgang til bade faciliteter.

Det skal ved nybyggeri og renovering vurderes, om der skal etableres dedikerede nano-arbejdsrum samt evt. sluser med bade faciliteter.

4.2 Ventilation

Håndtering af nanopartikler skal som udgangspunkt ske i lukkede systemer, med mindre risikovurderingen viser, at arbejdet kan udføres forsvarligt på anden vis. I praksis betyder dette, at der skal være HEPA filtrering på ventilationsafkast fra områder, hvor der arbejdes med nanopartikler. Der stilles derfor krav om, at der skal arbejdes i ventileret udstyr tilsluttet centralt ventilationsanlæg. Der kan f.eks. arbejdes i:

- Handskeboks (NFA anbefaling, hvis mere end 4-5 g nanopartikler)
- BSC, Klasse II, 3 HEPA filtre - 0,4 m/s i lugeåbningen
- BSC, Klasse II, 2 HEPA filtre uden recirkulation til lokale – 0,4 m/s i lugeåbningen
- Stinkskab med høj sikkerhedsfaktor - 0,5m/s i lugeåbningen, lokalt HEPA filter

Punktsug anses ikke som et lukket system.

Ved håndtering af store mængder nanopartikler (4-5 g) eller ved særlig risiko, er der krav om et lokalt HEPA filter på den mekaniske ventilation. På baggrund af risikovurderingen kan der dispenseres for krav om lokalt HEPA filter på afkast. Her lægges forsigtighedsprincippet dog til grund.

Der skal foreligge en godkendt procedure for skift af filtre og hyppigheden heraf.

Ved evt. reovering af ventilationssystemet skal der miljøsaneres.

For at undgå spredning af nanopartikler til hele ventilationens kanalsystem, skal der ved reovering og nybyggeri etableres decentrale ventilationsanlæg, hvis der ikke er lokalt HEPA filter på den mekaniske ventilation. Dette, for at minimere risikoen for eksponering af nanopartikler for driftsfolk.

4.3 Kontrolmålinger

Det skal sikres, at der til enhver tid kan arbejdes sikkert og uden risiko for eksponering af nano partikler (eller andre farlige stoffer). Dette kan gøres vha. kontrolmålinger med branche anbefalet analyseudstyr, som kan måle forekomsten af nanopartikler.

Måleudstyret skal anvendes til at godkende de tekniske værnemidler, de angivne procedurer i risikovurderingen, eller som en hjælp til at overvåge en proces eller til at frigive et rum efter rengøring. De nano-ansvarlige skal som minimum oplæres i, og kunne foretage målingerne. Erfaringer fra målinger videndeles og opsamles i nano-netværksgruppen.

4.4 Rengøring

Det skal sikres, at der er personlige og tekniske hjælpemidler til rådighed, således at alle brugere af laboratoriet sikres mod eksponering af nanopartikler, under og efter en rengøring, samt i beredskabssituationer, som f.eks. spild.

Den, der håndterer nanopartikler i forbindelse med forskning og/eller drift, er ansvarlig for efterfølgende rengøring, da det er for risikabelt, at lade uuddannet rengøringspersonale foretage denne. Det skal fremgå af risikovurderingen, hvilket rengøringsniveau, der er tilstrækkeligt, samt hvilke personlige værnemidler og tekniske hjælpemidler, der skal anvendes.

I daglig situationer skal området efterlades, således at øvrige medarbejdere og driftsfolk, kan tilgå

lokalet og installationer uden risiko.

4.5 Personlige værnemidler

Der skal være adgang til passende tekniske - og personlige værnemidler.

Støvafvisende arbejdstøj (f.eks. kittel eller heldragt med hætte) med lange tætsluttende ærmer og evt. skåneærmer, skal anvendes, da huden ikke må komme i kontakt med nanopartiklerne.

Nanopartikler kan gennemtrænge en række almindelige handsker, og det anbefales at arbejde med 2-lags nitrilhandsker.

Sikkerhedsbriller skal være tætsluttet til øjnene.

Åndedrætsværn er sidste udvej i forhold til at beskytte sig, men kan være nødvendigt, som supplement til andre tekniske foranstaltninger. Hvis åndedrætsværn er nødvendigt, sker der ofte en eksponering til hele lokalet. Der skal derfor skiltes for, at der er adgangs begrænsning, og hvilke værnemidler der er påbudt, samt hvornår det er sikkert at tage værnemidler af igen. Det skal fremgå af risikovurderingen, hvordan et rum frigives, så der er fuld adgang igen uden værnemidler.

Tætsluttende personlige masker med P3 filtre vurderes at være de mest effektive til at sikre mod nanopartikler under normale arbejdsforhold og i kortere perioder. Turbodrevne helmasker kan anvendes ved arbejde i længere perioder, således at hudkontakt undgås.

Friskluftforsynet åndedrætsværn skal anvendes, hvis risikovurderingen kræver det. Det anvendes typisk ved de mere risikable nanofibre (f.eks. karbon nanorør), hvis der arbejdes med store mængder nanopartikler (> 4-5 g), og arbejdet ikke kan foregå under tidligere beskrevet ventilationsanlæg, eller hvis der er andre kemikalier, man samtidig skal beskytte sig imod.

Under vedligeholdelsesarbejder – f.eks. skift af HEPA-filter eller reparation af ventilationskanal – anvendes de i risikovurderingens beskrevne personlige værnemidler, og det skal vurderes, om området skal afskærmes eller afspærres – dette er afhængig af øvrig ventilation mv. Området rengøres grundigt for usynlige nanopartikler ved aftørring af alle overflader med en våd klud, som efterfølgende bortskaffes sikkerhedsmæssigt forsvarligt.

Kontamineret beklædning mv forsegles i opløselige vaskeposer i det givne område, inden det sendes til vask eller affald.

Kontamineret udstyr, kolber mv skylles grundigt i det givne område, inden det sendes til vask eller affald.

I tilfælde af uheld, skal der være personlige værnemidler til rådighed, således at alle brugere af området sikres mod eksponering.

4.6 Skiltning

Det skal være nemt at foretage tydelig skiltning med info om risici for medarbejdere i nærmiljøet, rengøringspersonale samt driftsmedarbejdere.

Der skal på de tekniske foranstaltninger være skiltet for "Nanopartikler" eller på en anden synlig måde gøres opmærksom på risikoen. Dette gælder også på HEPA filtrene til den mekaniske ventilation. Hvis der ikke er lokalt HEPA filter på den mekaniske ventilation, skal der ligeledes skiltes på selve ventilationskanalen, så driften er orienteret om, at der er behov for særlig personlig beskyttelse (jvf instruks /risikovurdering).

Der skal skiltes med adgangsbegrænsning i afgrænsede og dedikerede laboratorier til håndteringen af luftbårne nanopartikler, hvor der ikke foregår andet, mens håndteringen foretages.

Der skal på alle indgangsdøre skiltes med hvilke personlige værnemidler, der er påbudt.

4.7 Håndtering af affald

Det skal sikres, at der findes procedurer for håndtering af nano-affald.

DTU den 22. november 2017

Revideret d 26. september 2025 – Krav om anvendelse af risikovurderingsværktøjet "Nano safer" udgår