

**Referencelaboratoriet for måling af emissioner til luften**

Titel	Metoder til måling af mineraluldsfibre
Undertitel	
Forfatter(e)	Arne Oxbøl
Udgivelsesdato	30. oktober 2015
Revideret, dato	-

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
1.1	Formål.....	2
2	Anvendelse af fibermålinger	2
2.1	Definition af fibre	2
2.2	Grænseværdier for fibre	3
3	Metoder.....	3
3.1	Opsamling af de anbefalede danske metoder	9
4	Erfaringer med emissionsmålinger	9
5	Diskussion	11
6	Konklusion og anbefaling	12
7	Referencer	13



1 Indledning

Denne rapport er udarbejdet af Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Måling af Emissioner til Luften. Den redegør for, hvilke retningslinjer og målemetoder, der findes til måling af mineralsk fibre, og hvilke vanskeligheder der er forbundet med målingerne. På baggrund heraf foreslås, hvilke metoder der kan anvendes til målinger af mineralske fibre i industriafkast.

Målinger af mineraluldsfibre er nødvendige, hvor miljømyndighederne kræver overholdelse af grænseværdier for disse. Det er kun et fåtal af virksomhedstyper, hvor dette er relevant. En af de mængdemæssigt vigtigste er fremstilling af isoleringsmateriale af sten- eller glasuld.

Mineraluldsfibre bestemmes som antal fibre/m³ og udgør vægtmæssigt en lille mængde i de fleste emissioner. Der skal således tages en metode i brug, hvor fibrene kan ses og tælles. I matricer, hvor andre faste stoffer kan forekomme, kan det være ganske vanskeligt.

1.1 Formål

Formålet med denne rapport er at give Miljøstyrelsen et grundlag for fastlæggelse af målemetode for emission af mineralske fibre (herunder f.eks. asbest og mineraluldsfibre).

Dette grundlag etableres ved et overblik over metoder og evt. erfaringer, der måtte findes. Metoderne vurderes i forhold til hvordan de eksisterende grænseværdier er defineret, dvs. om der er overensstemmelse mellem enheder for resultater og grænseværdier.

2 Anvendelse af fibermålinger

Måling af fibre finder anvendelse både til emissioner fra industriprocesser og ved bestemmelse af antal fibre i arbejdsmiljø og udeluft. Ved emissionsmålinger kan luften indeholde betydelige mængder af andre komponenter, mens målinger i arbejdsmiljø og i udeluft sker ved opsamling af forholdsvis ren luft.

Der er således tale om forskellige fibre og forskellige matricer for fibrene.

2.1 Definition af fibre

B-værdivejledningen definerer fibre som "respirable fibre" dvs. fibre med en længde på mindst tre gange diameteren og en diameter på $\leq 5 \mu\text{m}$ (mikrometer) /4/.

Der findes også andre definitioner af fibre. I henhold til Beskæftigelsesministeriets asbestbekendtgørelse (2004) /8/ tæller man kun fibre, der er længere end $5 \mu\text{m}$ og tyndere end $3 \mu\text{m}$, og hvor forholdet længde/tykkelse er større end 3:1. Denne definition er i henhold til den af WHO anbefalede metode fra 1997 /10/. I WHO 1985 er det derimod fibre med længde $> 5 \mu\text{m}$ og længde: Diameter-forhold $\geq 3:1$ /9/. Dermed er de tre definitioner forskellige. I WHO 1985 defineres fibre med diameter $< 3 \mu\text{m}$ som respirable fibre, mens fibre med diameter $\geq 3 \mu\text{m}$ defineres som ikke-respirable. Definitionerne er vist i Tabel 1.



Tabel 1 Oversigt over fiberdefinitioner

Standard/vejledning	Længde (L)	Diameter (D)	Længde/ diameter
B-værdivejledning	-	≤5 µm	≥3
Miljøstyrelsens asbestbekendtgørelse/Arbejdsministeriets asbestbekendtgørelse/DS 2169	≥5 µm	≤3 µm	≥3
Beskæftigelsesministeriets asbestbekendtgørelse/WHO 1997	>5 µm	<3 µm	>3
Miljøstyrelsens metodeliste/WHO 1985	>5 µm	-	≥3
ISO 10397	≥5 µm	≤3 µm	≥3
VDI 3492	5 µm < L ≤ 100 µm	<3 µm	≥3

2.2 Grænseværdier for fibre

Af B-værdivejledningen fremgår det, at både asbest, mineraluldsfibre og wollastonit hører til hovedgruppe 1, og der henvises til Luftvejledningens tabel 2 (eksempler på B-værdier for hovedgruppe 1-stoffer). De eksemplificerede B-værdier er i mg/m³, men alle de tre typer fibre har B-værdier i fibre/m³.

I Luftvejledningens afsnit 3.2.3.6 om emissionsbegrænsning af hovedgruppe 1-stoffer står, at "for udledning af asbest gælder bekendtgørelse nr. 792 af 1. december 1988 om begrænsning af udledning af asbest til luften fra industrielle anlæg". I Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 792 står, at emissionskoncentrationen fra virksomheder, der "omdanner asbestmineral til råasbest" eller "fremstiller eller færdigbehandler produkter, der indeholder råasbest" ikke må overskride 0,1 mg/m³. Alle analysemetoder for fibre anvender tælling af disse, og Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 792 anvender en omregningsfaktor mellem antal fibre og vægt (se afsnit 3).

Der findes ikke emissionsgrænseværdier for mineraluldsfibre og wollastonit.

Tabel 2 Oversigt over grænseværdier for fibre

	B-værdi	Emission	Hovedgruppe
Mineraluldsfibre	1.300 fibre/m ³ /6/.	-	2
Asbest	400 fibre/m ³ /6/	0,1 mg/m ³ /3/	1
Wollastonit	4.000 fibre/m ³ /6/	-	2

3 Metoder

Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 792 /3/ (med analysereference til bilag 3 i Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 /7/, hvor der videre henvises til Dansk Standard 2169 /14/) beskriver en metode til bestemmelse af emissionen af asbestfibre målt i mg/m³. Fibrene opsamles på et filter ved isokinetisk prøvetagning, og analysen foretages ved tælling af de opsamlede asbestfibre. For at kunne dokumentere indholdet i forhold til grænseværdien i mg/m³ omregnes der med faktoren svarende til 0,1 mg/m³ asbeststøv per 2 fibre/ml. Det kan umiddelbart forekomme at være en noget usikker omregningsfaktor, da længden af fibrene ikke indgår, og dobbelt så lange fibre med samme diameter vejer dobbelt så meget. Det samme antal fibre kan dermed let give anledning til forskellige vægte. Bekendtgørelsen nævner ikke noget herom, og man må antage, at omregningsfaktoren forudsætter en gennemsnitslængde og – diameter. Det vurderes, at der er betydelig usikkerhed på den beregnede værdi.

Rapport nr.: 73

For målinger af fiberemissioner henviser Miljøstyrelsen desuden i sin metodeliste (tabel 11 i Luftvejledningen, opdateret på www-ref-lab.dk maj 2013) /1/ til en ISO-metode /2/ og en WHO-anbefaling /9/ – se Figur 1.

For målinger i arbejdsmiljø anvises retningslinjer for måling i Beskæftigelsesministeriets asbestbekendtgørelse /8/.

Stofgruppe	Parameter	Anbefalet metode			
		Standard	Titel	Måleområde	Bemærkning
Fibre	Asbest	DS/ISO 10397	<i>Determination of asbestos plant emissions – Method by fibre count measurements</i>	500-50.000 fibre/m ³ (n,t)	Måleområdet kan ændres ved regulering af den opsamlede luftmængde. Tilstedeværelse af andet støv på filteret efter prøvetagning kan medføre at detektionsgrænsen forøges (eller analyse helt umuliggøres).
	Mineraluld	Prøvetagning: DS/ISO 10397 Analyse: WHO 1985	<i>Determination of asbestos plant emissions – Method by fibre count measurements og Reference methods for measuring airborne Man-Made-Mineral-fibers (MMMM), WHO 1985</i>	500-50.000 fibre/m ³ (n,t)	Se note nr. 2 efter tabel 11: Særlige bemærkninger vedr. asbest- og mineraluldsfibre.

Note 2: Særlige bemærkninger vedr. asbest- og mineraluldsfibre

Metoden er stort set identisk med Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 792 af den 15. december 1988 om begrænsning af udledning af asbest til luften fra industrielle anlæg.

Figur 1 Uddrag fra tabel 11 i Luftvejledningen

De i Figur 1 nævnte metoder tæller antal fibre ved lysmikroskopi (fasekontrastmikroskopi). Prøverne opsamles på kvadrerede membranfiltre. Efter behandling med triacetin/acetone, hvorved filtrene bliver gennemsigtige, tælles antallet af fibre (der svarer til definitionen i den enkelte standard) på 100 tilfældigt udvalgte felter. Antallet af fundne fibre multipliceres med forholdet mellem filterets areal og det undersøgte delareal. Detektionsgrænsen på 47 mm filtre er 2.000 fibre/filter, mens den på 30 mm filtre er 1.000 fibre/filter. Ved opsamling af ca. 2 m³ luft på filteret svarer det til ca. 1.000 fibre/m³ og ca. 500 fibre/m³.

Tællingen i lysmikroskopi skelner ikke mellem f.eks. asbest og mineraluld, da det ikke er muligt at skelne i lysmikroskopet. Det betyder, at resultater for f.eks. asbest kan være meget konservative, hvis der er andre fibre til stede. Måleresultatet kan derfor i visse tilfælde være højere end grænseværdien for asbestfibre uden, at der faktisk er for mange asbestfibre. Ved emissionsmålinger har det næppe betydning, da der i så fald undersøges afkast for "rene" processer med enten asbest eller mineraluld.

Der findes imidlertid en anden metode, som kan skelne mellem de forskellige fibre. Den er beskrevet i VDI 3492 om måling af uorganiske fibre i arbejdsmiljø og udeluft /11/. Ved denne metode tælles antal fibre i et scanning elektronmikroskop (SEM), og de enkelte fibre identificeres ved røntgendiffraction (EDX). Det er således en mere specifik og mere automatisk metode. Ved opsamling af ca. 2 m³ luft på et guldcoatet filter med diameter 25 mm er detektionsgrænsen ca. 600 fibre/m³ /12/.

Rapport nr.: 73

En oversigt over metoder (både arbejdsmiljø og emission) er samlet i Tabel 3. For målinger i arbejdsmiljø anvises retningslinjer for måling i Beskæftigelsesministeriets asbestbekendtgørelse (2004).

Den væsentligste, principielle forskel mellem målingerne i arbejdsmiljø og emission er, at prøvetagning i arbejdsmiljø skal ske med en lufthastighed gennem filteret, som svarer til almindelige indånding, mens prøvetagning i emission skal ske isokinetisk i røggaskanalen. De eksponerede filtre kan analyseres på samme måde. Prøvetagning foretages gennem en dyseåbning, som sikrer den rigtige sugehastighed/isokinetik. Det kan i den forbindelse diskuteres, om de opsamlede fibre fordeler sig jævnt over hele filterfladen eller koncentrerer sig i midten under dysen. En ujævn fordeling er uønsket, idet tællingen af fibre kun udføres over udvalgte felter på filteret. Referencelaboratoriet har kendskab til et eksempel, hvor filtre eksponeret i arbejdsmiljø havde uens fordelt materiale, som ikke kunne tælles korrekt /15/. Det anvendte filter havde en diameter på 37 mm, og filteret var placeret ca. 3 mm efter åbningen. Det er derfor vigtigt, at filterholderen har en udformning, så materialet efter passage af åbningen kan nå at fordele sig jævnt på filteret. Korrekte filterholdere til opsamling af fibre er derfor udformet til filtre med diameter på kun 25 mm, og afstanden fra åbningen til filteret er 50 mm. Dette forhold mellem afstand og diameter sikrer en jævn fordeling over filteret /17/.

I forbindelse med udførelsen af denne rapport har Referencelaboratoriet indhentet informationer fra FORCE Technology, som har udført emissionsmålinger for fibre. Til opsamling blev der anvendt en konisk dyseholder, og analyselaboratoriet oplyste på forespørgsel, at materialet var jævnt fordelt på filteret /16/. Den koniske udformning af afstand fra åbning til filter viste sig således at være tilstrækkelig. Hvis der opstår problemer med fordelingen, kan man evt. forlænge afstanden fra dyseåbningen til filteret ved hjælp af et kort stykke sonderør.

En praktisk forskel mellem de to arbejdsmiljø- og emissionsmålinger er, at matricerne kan være væsentligt forskellige. I arbejdsmiljø og udeluft er der sjældent væsentlige mængder af andre forureninger, som kan genere prøvetagningen. I røggasser kan der derimod være forureninger, som enten maskerer fibrene eller blokerer filteret og dermed giver et større tryktab. Det gælder særligt for coatede guldfiltre, som er mindre porøse end almindelige filtre.

En fordel ved lysmikroskopianalysen er, at fibrene opsamles på et membranfilter fremstillet af blandede celluloseestre. Disse filtre er porøse, og opsamling er uproblematisk i de fleste tilfælde. Metoden er dog begrænset af, at væsentlige mængder andet støv vanskeliggør tællingen. Metoden er yderligere begrænset af at være specifik. Emissionsmålinger for fibre anvendes imidlertid oftest på virksomheder, der fremstiller isoleringsmaterialer af mineraluld. Her forventes ikke andre fibre end mineraluldsfibre, hvorfor denne begrænsning vurderes at være uden betydning.

Tabel 3 Oversigt over standarder og metoder

Reference	Prøvetagning	Analyse
ISO 10397	<p>Isokinetisk prøvetagning på et membranfilter.</p> <p>Metoden kan bruges i strømmende gas i ventilationsafkast og skorstene fra industrielle anlæg.</p>	<p>Filteret behandles, så det blive transparent i et fase kontrast optisk mikroskop.</p> <p>Fibrene tælles i et antal felter på filteret, og det fundne antal multipliceres med forholdet mellem filterets totale areal og det undersøgte.</p>
Miljøministeriets asbestbekendtgørelse (1988) /3/	<p>Metoden kan bruges i strømmende gas til måling af indholdet af asbest i udledninger til luften.</p> <p>Prøvetagningen foretages så vidt muligt under isokinetiske betingelser på et sted i udledningskanalen, hvor luftstrømningen er laminar.</p> <p>Som prøvefilter anvendes et membranfilter (blandede estere af cellulose eller cellulosenitrat) med en nominal porestørrelse på 5 µm med påtrykt net og en diameter på 25 mm. Filtereffektiviteten skal være mindst 99 pct. over for tællelige asbestfibre.</p> <p>Med henblik på at kontrollere overholdelsen af grænseværdien i denne bekendtgørelses § 2 anvendes en omregningsfaktor på 2 fibre/ml svarende til 0,1 mg/m³ asbeststøv.</p>	<p>Målingen på luftprøvefiltret foretages ved tælling af afsatte asbestfibre på filtret.</p> <p>Fibertællingen udføres som beskrevet i bilag 3 til Arbejdsministeriets asbestbekendtgørelse (1986), som ikke længere er gældende. Denne refererer til DS 2169:1981</p>



Rapport nr.: 73

Reference	Prøvetagning	Analyse
Arbejdsministeriets asbestbekendtgørelse(1986) Ikke gældende	Metoden anvendes til arbejdsmiljømålinger. Der anvendes membranfiltre (blandede estere af cellulose eller cellulosenitrat) med en porestørrelse på 0,8 til 1,2 micrometer, påtrykt net og med en diameter på 25 mm. Luftgennemtaget skal være jævnt og indledningsvis indstilles på 1 liter pr. minut. Der anvendes en åben filterholder med et mellem 33 og 44 mm langt cylindrisk rør med munding på mindst 20 mm diameter. Under brugen skal dette rør vende nedad.	Hele filteret eller, om ønsket, et udsnit af dette anbringes på objektglasset, gøres gennemsigtigt ved anvendelse af acetone-triacetin-metoden og forsynes med dækglass. Prøver tælles efter reglerne i Dansk Standard 2169, 1. udgave, november 1981 i lysmikroskop
Beskæftigelsesministeriets asbestbekendtgørelse (2004)		Optællingen af fibre skal så vidt muligt udføres ved hjælp af et lysmikroskop (fasekontrastmetoden) i overensstemmelse med den metode, som WHO (Verdenssundhedsorganisationen) anbefalede i 1997
WHO method, Copenhagen, 1985 suppleret af WHO method, Geneve, 1997		I denne metode beskrives bl.a. analysen, som udføres i lysmikroskop med fasekontrast. Fasekontrasten opnås ved, at det eksponerede filter behandles med en acetone-triacetin opløsning, som gør filteret usynligt. Herefter kan fibre tælles. Der tælles fibre i et udvalgt antal kvadrater på filteret, og det fundne antal multipliceres med forholdet mellem filterets samlede areal og det talte areal.



Rapport nr.: 73

Reference	Prøvetagning	Analyse
VDI 3492	Isokinetisk prøvetagning	<p>Analysen udføres ved Scanning Elektron Mikroskopi (SEM). Denne metoden /10/kræver, at alle fibre er synlige på overfladen af de anvendte filter. Fibre, som trænger ind i filteret kan ikke ses. Derfor er kravet, at filteret har en meget glat overflade uden porøsitet. Anvendelige fibre er polycarbonat membran filtre med porestørrelse 0,8 µm. Fibre af denne type er meget glatte og tynde.</p> <p>Hvis det vides med sikkerhed, at der kun er fibre i luften, kan filterne anvendes som de er. Hvis der derimod er meget organisk stof i luften, kan dette fjernes ved foraskning. Til denne proces kræves det, at filteret er coatet med guld.</p>

3.1 Opsamling af de anbefalede danske metoder

Anvisningen ved måling af asbest er at tælle fibre med krav til både længde, diameter og forholdet længde/diameter. I metodelisten er anvisningen ved måling af fibre generelt at tælle fibre med krav til længde og forholdet længde/diameter og dermed ikke krav til diameter. B-værdivejledning definerer imidlertid fibre (alle typer fibre) ved diameter og forholdet længde/diameter og giver dermed ikke støtte til én af det to anvisninger.

Der er således tre forskellige sæt definitioner/anvisninger. Alle tre sæt anvisninger gør imidlertid brug af lysmikroskopi.

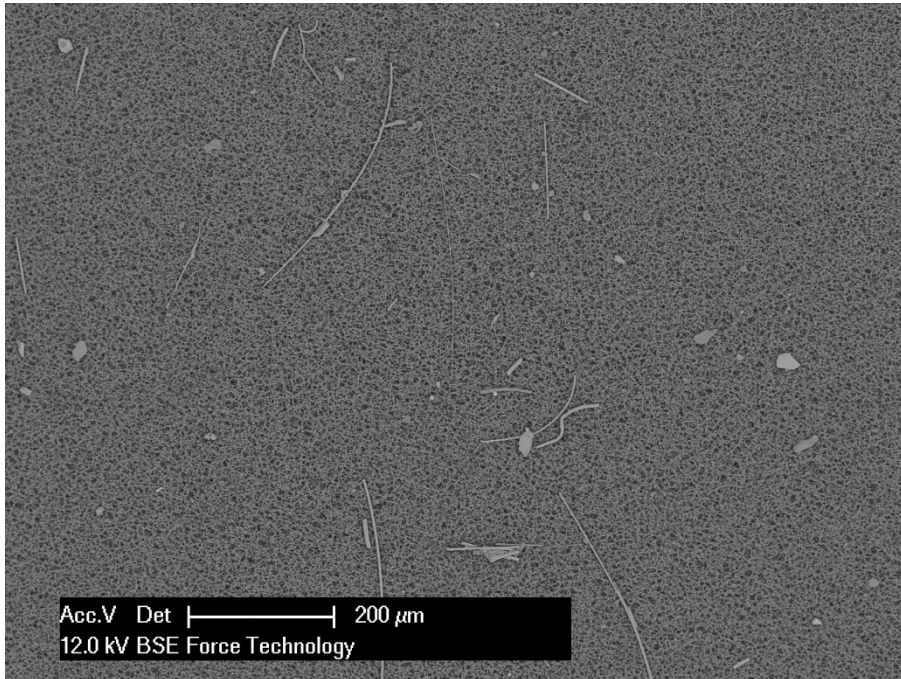
4 Erfaringer med emissionsmålinger

I forbindelse med udførelse af fibermålinger har vi haft kontakt til Wartig Analytik i Hamborg, som udfører kundeanalyser af fibre ved Scanning Elektron Mikroskopi. Dette firma har tidligere selv udført emissionsmålinger med prøveopsamling på guldfiltre, men gør ikke dette mere /12/. Det har ikke været muligt at få oplyst, hvorfor man er holdt op med det.

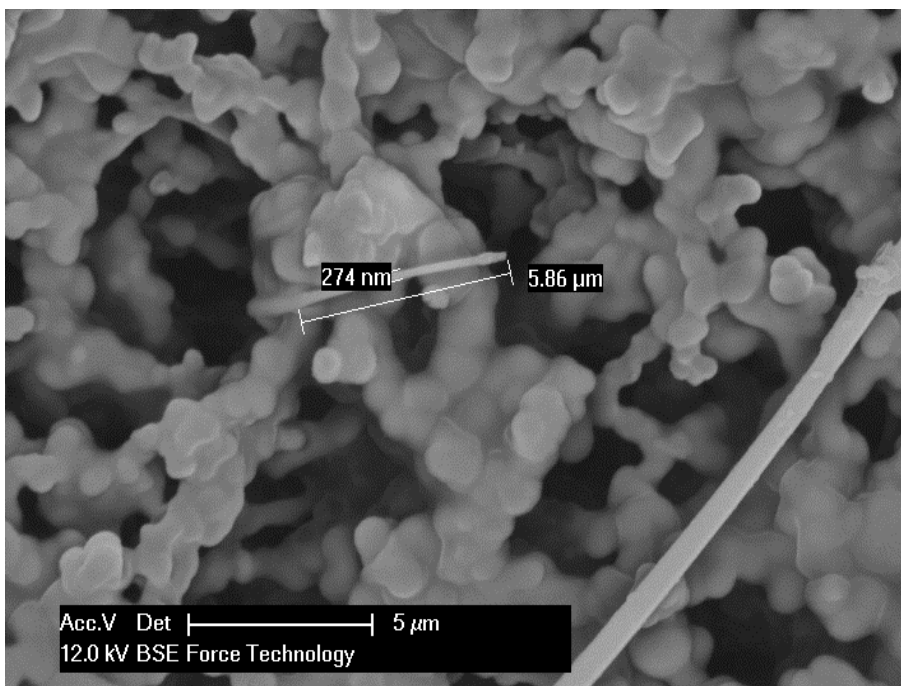
Det danske firma Eurofins er også stoppet med denne type målinger for længe siden, men har dog oplyst om en enkelt måling hos et firma, der fremstiller mineraluld. Denne måling gjorde brug af opsamling på guldoftede filtre og analyse ved Scanning Elektron Mikroskopi /13/.

FORCE Technology har i 2013 og 2014 gennemført flere målinger for mineraluldsfibre og indledningsvis valgt at forsøge opsamling på guldoftede filtre. De meget glatte og meget lidt porøse filtre har den ulempe, at de er meget vanskelige at suge luft igennem. Hvis prøveluften indeholder væsentlige mængder f.eks. vanddamp, olietåge eller andre partikler, stopper de meget hurtigt til. Erfaringen var således oplevet, at for to ud af tre afkast stoppede målingen efter op til ti minutter. I det ene afkast var der synlige mængder af en brunlig substans. Den meget glatte overflade har desuden betydet, at fibrene ikke sætter sig ordentligt fast på filteret.

Vi vurderede, at analyse af de opsamlede prøver ikke ville give brugbare resultater og besluttede derfor at forsøge på almindelige membranfiltre, som er mere porøse. Med disse filtre kunne opsamlingen gennemføres uden problemer i de fleste afkast. Vi foretog selv en vurdering af filtrene i elektronmikroskop og så enkelte fibre i forskellige størrelser – se Figur 2 og Figur 3. På Figur 3 ses filterets porøsitet. En korrekt optælling på disse filtre er ikke mulig, men de illustrerer, at der findes fibre i luften.



Figur 2 Illustration af fibre i "lille" forstørrelse



Figur 3 Illustration af fibre i stor forstørrelse

Efterfølgende gentog vi prøveopsamlingen på kvadrerede membranfiltre fra Eurofins. For nogle afkast var det uproblematisk, men i andre var der væsentlige mængder af andre farvede komponenter, som umuliggjorde tælling ved lysmikroskopi. I samarbejde med virksomheden fandt vi imidlertid en metode til at fjerne disse stoffer uden at påvirke fibrene, hvorefter tælling var mulig. Virksomheden vurderede, at de generende komponenter stammede fra bindere i det fremstillede isoleringsmateriale og kunne anviser et passende opløsningsmiddel. Filteret blev anbragt i en filterholder monteret i en sugeflaske fra laboratoriet. Filteret blev overhældt med opløsningsmidlet og langsomt sugede igennem. Proceduren blev gentaget efter behov, til en væsentlig mængde af farven var forsvundet. Det var vigtigt at udføre dette, inden binderen fik tid til at hærde helt. Denne metode og dette opløsningsmiddel var specifikt for denne produktion. I andre tilfælde skal der evt. andre midler til. I samme undersøgelse blev der set på om fibrene var jævnt fordelt over filteret, hvilket blev bekræftet. Vi anvendte isokinetisk prøvetagning i henhold til EN 13284-1 med tilhørende planfilterholdere som specificeret i standarden.

5 Diskussion

Beskrivelser i standarder og bekendtgørelser fokuserer på arbejdsmiljø, men de beskrevne metoder kan i princippet anvendes også til emissionsmålinger. Erfaringer på emissionsområdet er begrænsede, men anvendelse af membranfiltre af blandede celluloseestre forekommer at være bedst for emissionsmålinger, hvor matricen ofte giver større udfordringer end luften i typiske arbejdsmiljøsituationer eller udeluft.

Den isokinetiske prøvetagning bør være i henhold til MEL-02 med planfilter i en korrekt udformet filterholder, der så vidt muligt sikrer en jævn fordeling af fibrene på filteret. Jo større dyseåbning der anvendes i prøvetagningen og jo større afstand der er mellem dyse og planfilter, jo mindre er risikoen for at fibrene sætter sig på midten af filtrene under prøvetagningen.

Hvor matricen betyder, at andre stoffer end fibre opsamles i betydende mængde, der evt. begrænser mulighederne for analyse, skal der søges en metode til fjernelse af disse stoffer. I praksis er det nok kun organiske forbindelser og vandopløselige salte der kan fjernes ved en forsigtig udvaskning af filteret med et passende opløsningsmiddel. Det er vigtigt, at udvaskningen foretages på en måde, så fibrenes placering på filteret ikke påvirkes af udvaskningen.

Opsamling på membranfiltre kræver analyse ved den ikke selektive tælling i lysmikroskopi. Det har næppe den store praktiske betydning ved måling af mineraluldsfibre, da disse formodes at forekomme i dominerende mængde ved produktioner af mineraluldsprodukter. Hvor målingen tager sigte på at bestemme mængden af asbestfibre, der har en lavere grænseværdi, kan den manglende selektivitet betyde, at indholdet af asbest bliver overestimeret. I disse situationer bør man tilstræbe at anvende opsamling på guldcoatede filtre og analysere dem ved Scanning Elektron Mikroskopi.

De to tællemetoders detektionsgrænse er i samme størrelsesorden – 500 fibre/m³ til 1.000 fibre/m³ ved opsamling af ca. 2 m³ luft gennem filteret.

De fremkomne oplysninger og erfaringer giver ikke grund til at begrænse laboratorierne i valg af metode. Både opsamling på guldcoatede filtre efterfulgt af analyse ved Scanning Elektron Mikroskopi (VDI 3492 i Tabel 3) og opsamling på kvadrerede filtre og analyse ved lysmikroskopi (ISO 10367 og WHO 1985 i tabel 3) kan anvendes og bør vælges ud fra forholdene i de enkelte afkast.

6 Konklusion og anbefaling

Der er som nævnt i afsnit 3.1 ikke overensstemmelse mellem tællekriterierne for fibre. Dette forhold bør diskuteres således, at B-værdilistens definition kommer i overensstemmelse med både målingen asbest og mineraluldsfibre. Det kan enten være i form af, at der defineres to sæt kriterier (for asbest hhv. mineraluldsfibre) eller, at der defineres ét sæt kriterier, der anvendes på alle fibre. Referencelaboratoriet foreslår at det kriterium, som defineres i Beskæftigelsesministeriets bekendtgørelse 1502 /8/. Dette kriterium er længde $>5 \mu\text{m}$, diameter $< 3 \mu\text{m}$ og længde/diameter >3 .

Det anbefales, at fibre opsamles isokinetisk. Hvis matricerne i de undersøgte afkast ikke indeholder væsentlige mængder andre forureninger, som kan vanskeliggøre opsamling på guldcoatede filtre, kan tælling ske ved elektronmikroskopi.

Hvis ikke der er særlige ønsker til bestemmelse af kun én type fibre, anbefales det at opsamle fibre på almindelige membranfiltre og efterfølgende tælle dem ved lysmikroskopi. Hvis matricen, hvorfra fibre opsamles, giver problemer i forhold til at kunne tælle fibre, skal det i hvert enkelt tilfælde overvejes, hvordan disse problemer kan fjernes. Det kan f.eks. ske ved opløsning af belægninger med et passende opløsningsmiddel.

7 Referencer

- /1/ Miljøstyrelsens metodeliste, tabel 11 i Luftvejledningen (opdateret maj 2013) http://www.ref-lab.dk/ref-lab_docs/showdoc.asp?id=090609102554&type=doc&pdf=true
- /2/ ISO 10397:1993 - Stationary source emissions -- Determination of asbestos plant emissions -- Method by fibre count measurement
- /3/ Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 792 af 15. december 1988 om begrænsning af udledning af asbest til luften fra industrielle anlæg
- /4/ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2002: B-værdivejledningen, Oversigt over B-værdier
- /5/ At-Vejledning C.0.1 – Grænseværdier for stoffer og materialer, 2007
- /6/ Miljøstyrelsen: Supplement til B-værdivejledningen, 2008, Miljøprojekt nr. 1252, 2008
- /7/ Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest
- /8/ Beskæftigelsesministeriets bekendtgørelse nr. 1502 af 21. december 2004 om asbest
- /9/ Reference methods for measuring air-borne man made mineral fibers – Monitoring concentration using a phase-contrast optical microscopy, WHO, Copenhagen, 1985
- /10/ Determination of airborne fibre number concentrations – a recommended method by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method), WHO, Geneve, 1997
- /11/ VDI 3492: Indoor air measurement, Ambient air measurement, Measurement of inorganic fibrous particles, Scanning electron microscopy method, October 2004.
- /12/ Personlig e-mail korrespondance med Konrad Schwellnus, Wartig Analytik, 2013
- /13/ Personlig e-mail korrespondance med My Hoang, Eurofins Miljø A/S, 2013-2014
- /14/ Dansk Standard 2169: Luftundersøgelse. Arbejdspladsluft. Tællekriterier for asbestfibre, 1981
- /15/ Personlig information fra Lars Gram, FORCE Technology, 2015.
- /16/ Personlig information fra FORCE Technology, 2015
- /17/ Personlig information fra My H. Tran, Eurofins, 2015