

Hvorfor er asbestfibre skadelige for lungerne

Asbestskandalerne syntes aldrig helt at ville stoppe. Med ujævne mellemrum dukker en ny sag op i medierne, men mens de fleste godt er klar over, at asbest er skadelig, så er baggrunden for farligheden ikke altid belyst

Af Morten Gudmundsson, arbejdsmiljørådgiver, Dansk Arbejdsmiljø

Det er de færreste i dag, som ikke er klar over, at indånding af asbestfibre kan føre til alvorlige sygdomme i lungerne, herunder stenlunger, lungekræft og den frygtede mesotheliomkræft. Men hvad er det, der gør disse asbestfibre så sundhedsfarlige, at man ikke uden videre må håndtere materialer, som kan frigive asbestfibre til den luft, vi indånder. Asbest er i Danmark defineret som følgende seks naturligt forekommende mineraler:

1. actinolit, CAS-nr. 77536-66-4,
2. asbestgrunerit (amosit), CAS-nr. 12172-73-5 (brun asbest),
3. anthophyllit, CAS-nr. 77536-67-5,
4. chrysotil, CAS-nr. 12001-29-5 (hvid asbest),
5. crocidolit, CAS-nr. 12001-28-4 (blå asbest),
6. tremolit, CAS-nr. 77536-68-6.

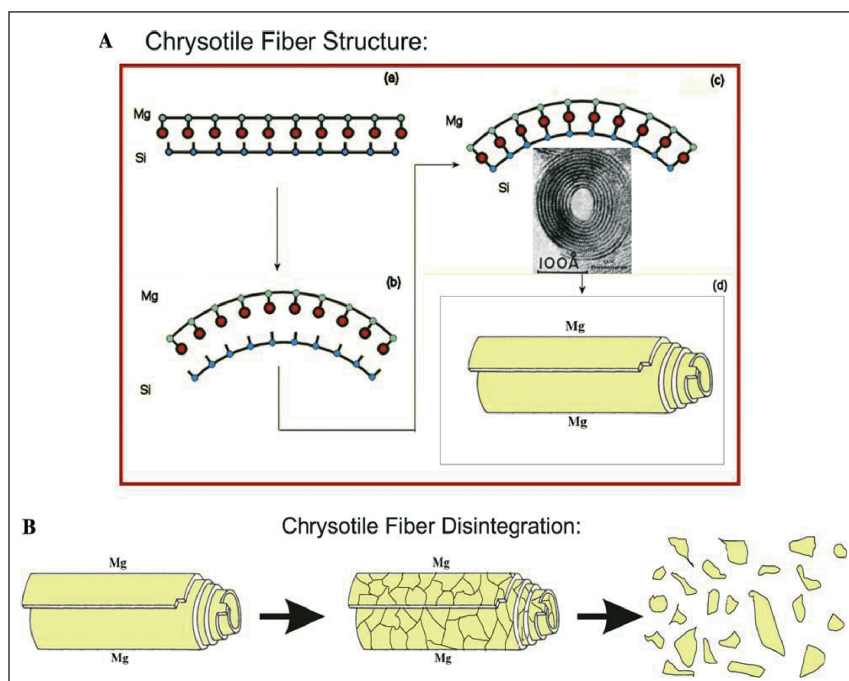
Definitionen stammer fra Arbejdstilsynets bekendtgørelse om asbest nr. 1502 af 21. december 2004 og er dermed officiel i forhold til alle arbejdsrelaterede forhold, der berøres af asbest. Denne definition er i tråd med bl.a. den internationale anbefaling fra Europa-Kommissionens vejledning om best practice på asbestområdet [1].

Bortset fra chrysotil, der er et lagsilikat i familie med f.eks. chlorit, glimmerminerale og lerminerale, er alle asbestminerale amfiboler. Fælles for amfibolerne er deres krystalform, som kan komme til udtryk som fibre. Chrysotil, som ikke blot afviger fra amfibolerne i sammensætning, afviger også fra amfibolerne i krystalform. Chrysotil forekommer ofte som sammenrullede plader, der danner bittesmå rør. Disse rør er dog så små, at de selv i mikroskopet fremstår som fiberlignende for det menneskelige øje.

Helt fra begyndelsen af industrieventyret om asbest har man været klar over, at der var noget sundhedsskadeligt forbundet med håndteringen af asbest. Og fra starten har man rettet opmærksomheden mod asbestens særkende, nemlig fiberformen [2]. Det er dog først inden for de seneste år, at man for alvor har fået indsigt i, hvad der sker, når asbestfibre finder vej ned i vores lunger. Og her er der dukket flere interessante opdagelser op, som vi skal se nærmere på.

Reactive Oxygen Species (ROS)

Flere undersøgelser viser, at chrysotil i mange tilfælde let nedbrydes i lungevæsken [3]. En af de primære drivere er en pH på 4-7 i lungevæsken, som angriber de yderste brucitlignende lag i chrysotilmineralet. Når de brucitlignende lag opløses, efterlades en amorf siliciumoxid, som makrofager kan omslutte og dermed fragte ud af lungerne. Denne proces har i flere tilfælde ført til, at



Figur 1.

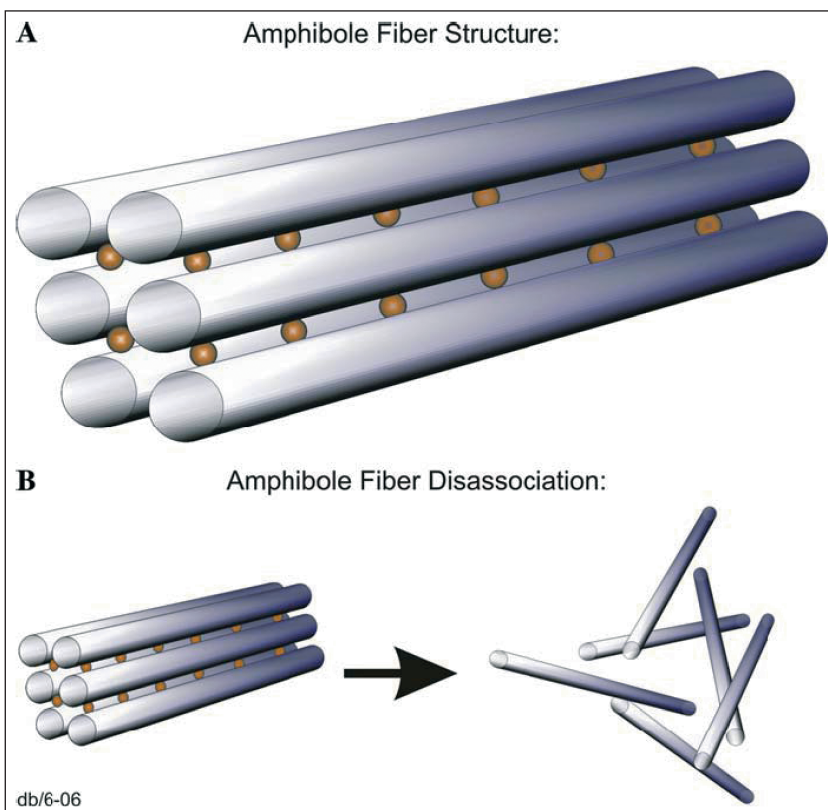
A: Strukturen af chrysotilfibre. (a) viser misforholdet mellem siliciumoxidlaget (Si) og magnesiumoxidlaget (Mg), som fører til en bøjning af lagene (b). (c) og (d) viser strukturen i praksis, hvor lagene bøjes for give stabilitet i strukturen.

B: Opløsning af chrysotilfibre. Magnesiumoxidlaget nedbrydes ved nær neutral pH, og siliciumoxidmatricen nedbrydes ved lav pH. Dermed svækkes chrysotilfiberen, hvorefter den kan blive opløst [4].

man ved optællinger af asbestfibre i lungevæv efter al sandsynlighed har haft en underrepræsentation af chrysotil i forhold til den mængde, der oprindeligt har været inhaleret i lungerne [4].

Der er derimod ikke tegn på, at amfibolminerale nedbrydes i samme grad i lungerne. Det er foreslået, at de relativt svage bindinger, som er imellem dobbeltkæderne af SiO_2 , kan blive nedbrudt. Det fører til fibre, som vil have et aspect ratio, der er langt højere end de fibre, som oprindeligt blev inhaleret. Disse fibre vil med andre ord være meget lange og utroligt tynde og fibre vil skabe store problemer for makrofager, som forsøger at omslutte disse [4].

En del af kroppens forsvar mod eksterne forureninger er de såkaldte makrofager. Makrofager er celler, der fungerer som »skraldemænd« bl.a. i lungerne, hvor de omslutter og dermed uskadeliggør f.eks. partikler og andre fremmedlegemer. Herefter bistår makrofagerne med at få fremmedlegemet fragtet ud af kroppen igen. Makrofager kan komme til kort over for asbest-



Figur 2.

A: Strukturen af amfibolfibre. Figuren viser, hvordan dobbeltkæder af siliciumoxid holdes sammen af kationer (f.eks. magnesium i tremolit).

B: Strukturen opdeles nemmest langs med dobbeltkæderne af siliciumoxid, da kationernes bindinger er relativt svage. Ved neutral til svagt sur pH vil kationerne slippe dobbeltkæderne af siliciumoxid, og dermed bliver fibrene opdelt til mindre fibre [4].

fibre, der er meget længere end $15\mu\text{m}$, da fibre af denne størrelse er for store til, at makrofagen kan omslutte dem helt. En makrofag, som har forsøgt at omslutte en asbestfiber af den størrelse, vil i realiteten ikke kunne transportere fiberen ud af lungen igen. Og dermed vil der være basis for en kritisk blivende betændelsestilstand [4]. Når makrofagen angriber asbestfiberen, vil en del af dette angreb være i form af en betændelse i det nærmeste væv for at forsøge at aflive fiberen, hvis den f.eks. skulle vise sig at være en bakterie eller et virus. I dette tilfælde vil betændelsen dog ikke have nogen effekt på fiberen, men vil derimod skabe problemer for det nærmeste væv, som også påvirkes af betændelsen [5].

Når makrofagen opretholder denne betændelse sker det bl.a. under frigivelse af Reactive Oxygen Species (ROS), som er særdeles reaktive molekyler. Disse ROS er udstyret med bl.a. uparrede elektroner, der potentielt er meget skadelige for såvel cellemembraner som for DNA. ROS er i stand til at nedbryde cellemembraner, så cellerne tvinges til at regenerere sig, og i denne proces kan der ske fejl, som cellerne så kan føre videre. Mht. DNA så viser flere undersøgelser, at ROS er involveret i, at bestemte linjer i DNA ødelægges eller helt fjernes [6,7,8]. Der er delte meninger om, hvorvidt ROS påvirker såvel celler som DNA direkte, eller om de fungerer som et blandt flere mulige mellemlid i den ødelæggende proces [9].

Lungerne lobes over ende

Et andet aspekt, der er blevet forsket i, er påvirkninger fra asbestfibre på de processer, som sker i lungerne. Bl.a. har flere undersøgt Fe-ioners (jern) påvirkninger af f.eks. ROS [10]. Fe^{2+} frigives til lungevæsken fra processer, som sker på overfladen af asbestfibre i lungerne. Disse overfladenære processer kan mulig-

vis være reaktioner med Fe-rige proteiner. Det har også været foreslået, at Fe-ionerne frigives fra selve asbestfibre. Frigivelsen af Fe-ioner fra asbestfibre kan tænkes at ske fra eksisterende overfladeforurening på asbestfibre eller fra den oprindelig Fe-forurening i de brucitlignende lag, som nedbrydes, når chrysotil bliver opløst af lungevæsken [4,5].

En anden mulig kilde til frie Fe-ioner er redoxprocesser i enderne af amfibolfibre. Grunden til at disse ender er interessante er, at de typisk stikker ud af makrofager, som forsøger at omslutte amfibolfibre. Disse redoxprocesser kan muligvis være i stand til at reducere Fe-rige proteiner og dermed frigive Fe-ioner til lungevæsken [5].

Endelig er det foreslået af [11], at meget voldsomme eksponeringer af asbestfibre kan resultere i »lung overload«, dvs. at lungernes naturlige respons på fremmedlegemer så at sige løbes over ende. Dette »lung overload« kan opdeles i to trin: 1. makrofagerne kan ikke omkrans alle fibre, eller fibre er for store til, at makrofagerne kan omfavne dem, 2. antioxidant-forsvaret i lungerne kan ikke hindre dannelsen af ROS, som medfører skader på celler og på DNA.

Tænk asbest for arbejdet begynder

I det daglige arbejde med at håndtere materialer, som indeholder asbest, fortaber de finere detaljer

sig dog hurtigt. Her er der en bestemt praktisk detalje, som alle kan forholde sig til. Asbestfibre skal ikke nå ned i vores lunger. Og her er det ikke nok at bruge et åndedrætsværn. Allerede inden man påbegynder en opgave, skal man have dannet sig det fulde overblik over den aktuelle asbestsituation. Desuden skal man sikre, at man benytter sig af de bedst tænkelige metoder. Man skal sikre sig, at man har det rette udstyr til rådighed. Man skal sikre sig, at man uddanner og instruerer de rigtige personer. Og så skal man naturligvis sikre sig mod uheld og utilsigtede situationer. Men det er en helt anden historie.

Dansk Arbejdsmiljø er som en del af Birch & Krogboe landets førende autoriserede arbejdsmiljørådgiver med ca. 120 arbejdsmiljøkonsulenter. Dansk Arbejdsmiljø er eksperter inden for fysisk og psykisk arbejdsmiljø og kan tilbyde kunderne højt kvalificeret rådgivning, arbejdsmiljøuddannelser, sundhedsfremmeprogrammer, advokatbistand m.m. Se mere på www.dansk-arbejdsmiljoe.dk.

E-mail-adresse

Morten Gudmundsson: mogu@birch-krogboe.dk

Referencer

1. Europa Kommissionen, Ikke-bindende vejledning om bedste praksis, 2006
2. Greenberg, M., Am. J. Ind. Med. 46 (2004) 304-311
3. Kogan, F. M. & Nikitina, O. V., Environ. Health Perspect 102 Suppl. 5 (1994) 205-206
4. Bernstein, D. M. & Hoskins J. A., Regl. Tox. Pharm. 45 (2006) 252-264
5. Guthrie, Jr., G. D., Rev. Geophys. 33 Suppl. (1995)
6. MacCorkle, R. a., Slatery, S. D., Nash, D. R. & Brinkley, B. R., Cell Motil. Cytoskeleton 63 (2006) 646-657
7. Donaldson, K. & Tran, C. L. Inhal. Tox. 14 (2002) 5-27
8. Driscoll et al., Inhal. Tox. 14 (2002) 101-118
9. Aljandali et al. 2001 J. Lab.Clin. Med. 137 314-315
10. Ghio et al., Tox. Path. 34 (2006) 723-729
11. Oberdörster (2002) Inhal. Toxicol. 14 (1), 29-56.