

# Database om arbejderes asbesteksponering i Danmark

En opsamling af arkivdata fra perioden 1971-1997

Af Jensen KA, Fonseca AS, Moser-Johansen M, Jørgensen AK,  
Larsen BX, Flachs EM, Malmros P, Ebbenhøj NE, Bønløkke JH,  
Oestergaard T, Bælum J, Sherson D, Schlüssen V og Meyer HW.



# **Database om historiske asbestmålinger på arbejdspladser i Danmark**

**En opsamling af arkivdata fra perioden 1971-1997**

**K.A. Jensen<sup>1</sup>, A.S. Fonseca<sup>1</sup>, M. Moser-Johansen<sup>1</sup>, A.K.Jørgensen<sup>1</sup>, B.X. Larsen<sup>1</sup>, E.M. Flachs<sup>2</sup>, P. Malmros<sup>2</sup>, N.E. Ebbehøj<sup>2</sup>, J.H. Bønløkke<sup>3</sup>, T.O. Østergaard<sup>3</sup>, J. Bælum<sup>4</sup>, D. Sherson<sup>5</sup>, V. Schlünssen<sup>1,6</sup>, H.W. Meyer<sup>2</sup>**

1 Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø

2 Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital, Københavns Universitet

3 Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Dansk Ramazzini Center, Aalborg Universitetshospital

4 Forskningsenheden for Almen Medicin, Institut for Sundhedstjenesteforskning, Syddansk Universitet.

5 Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik, Odense Universitetshospital

6 Institut for Folkesundhed, Miljø, Arbejde og Sundhed, Dansk Ramazzini Center, Aarhus Universitet.

## **NFA-rapport**

Titel	Database om arbejderes asbesteksponering i Danmark
Undertitel	En opsamling af arkivdata fra perioden 1971-1997
Forfattere	K. A. Jensen, A. S. Fonseca, M. Moser-Johansen, A. K. Jørgensen, B. X. Larsen, E. M. Flachs, N. E. Ebbenhøj, J.H. Bønløkke, T. Oestergaard, J. Bælum, D. Sherson, V. Schlünssen, H. W. Meyer,
Forsidefoto	Anders Brostrøm (NFA): Skanning elektronmikroskopibillede af en støvprøve med asbestfiber.
Udgiver(e)	Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA)
Udgivet	29. august 2024
Finansiel støtte	Mindefonden for advokat Jens Bjørst FFIKA (Fornyset Fokus på det Kemiske Arbejdsmiljø)
ISBN	978-87-7904-418-0
Internetudgave	nfa.dk

### **Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø**

Lersø Parkallé 105  
2100 København Ø  
Tlf.: 39165200  
Fax: 39165201  
e-post: [nfa@nfa.dk](mailto:nfa@nfa.dk)  
Hjemmeside: [nfa.dk](http://nfa.dk)

# Forord

Denne rapport præsenterer hovedresultater og konklusioner fra Projektet "Historiske danske asbestmålinger – dataoprensning, kvalitetsvurdering og rapportering", som blev finansieret af Mindefonden for advokat Jens Bjørst. En dybdegående beskrivelse og analyse kan findes i en videnskabelig artikel af Fonseca et al. (2022).

Asbest omfatter en gruppe af mineraler fra mineralgrupperne serpentiner og amfiboler, som har attraktive tekniske egenskaber. Derfor har asbest været anvendt i en lang række forskellige materialer og produkter. Anvendelserne var fx varme- og brandhæmmende isolering, fiberforstærkning i cement og forskellige gulve, lofter, facade- og tagmaterialer og i bremsebelægninger. Asbest viste sig desværre også at kunne medføre forskellige alvorlige helbredseffekter forskellige steder i kroppen, lang tid efter at udsættelsen er sket. Helbredseffekterne omfatter fx forskellige kræftformer, inklusiv mesotheliom, som er en sjælden kræftform i lungehinden.

Dansk asbestimport og produktion af asbestholdige produkter nåede sit maksimum i 70'erne, og en udfasningsplan med en deraf følgende kraftig reduktion i anvendelsen blev effektueret midt i 80'erne. Et endeligt totalforbud trådte i kraft i 2005. Det er vurderet, at mere end 150.000 danskere har været udsat for asbest i arbejdsmiljøet, inden totalforbuddet trådte i kraft. Asbest kan stadig forekomme i bygninger bygget før 1987 og udgør stadig en sundhedsrisiko.

Der er gennem tiden foretaget mange målinger for asbest i danske arbejdsmiljøer, men måleresultaterne har ligget spredt i forskellige officielle og uofficielle arkiver. Derfor har der hidtil ikke været et samlet overblik over: 1) for hvilke typer arbejdsopgaver og virksomheder der er tilgængelige målinger, og 2) hvilke eksponeringsniveauer der har eksisteret i disse miljøer. Med finansiering fra Mindefonden for advokat Jens Bjørst blev det muligt at samle og validere informationerne for 9.236 målinger fra forskellige arkiver og samle disse i en Excel-database.

Arbejdet er udført i samarbejde mellem deltagere fra:

- Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg Hospital (AMED, BBH)
- Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA)
- Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Aalborg Universitetshospital (AMED, Aalborg)
- Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik, Odense Universitetshospital (AMK, Odense)
- Institut for Sundhedstjenesteforskning, Syddansk Universitet (SU).

Vi takker professor Peter Møller, Institut for Folkesundhedsvidenskab på Københavns Universitet for lektørbedømmelse af rapporten.

God læselyst!

# Indhold

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Indhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b> .....	<b>6</b>
Baggrund .....	6
Formål .....	7
Aktiviteter og resultater .....	7
<b>Indledning</b> .....	<b>9</b>
<b>Metode</b> .....	<b>11</b>
Dataindsamling .....	11
Dataoprensning og validering .....	12
Databasestruktur .....	13
Dataanalyse .....	14
<b>Resultater</b> .....	<b>14</b>
Datakarakteristik .....	14
Overblik over måledata med høj kvalitet .....	19
Overordnet udvikling i asbestkoncentrationer over tid .....	22
<b>Diskussion</b> .....	<b>24</b>
Historiske udsættelser for luftbåren asbest i Danmark .....	24
Begrænsninger .....	25
<b>Konklusion</b> .....	<b>26</b>
<b>Referencer</b> .....	<b>27</b>
<b>Appendix 1: Informationer i databasen</b> .....	<b>30</b>
<b>Appendix 2: Data plottet i Tabel 5</b> .....	<b>32</b>

# Sammenfatning

## Baggrund

Asbest omfatter en gruppe af naturlige mineraler fra mineralgrupperne serpentin og amfibol med fiberform. Asbest har gennem tiden været anvendt i en lang række produkter og materialer; især i en lang række forskellige bygge- og isoleringsmaterialer, men også som friktionsmaterialer, såsom bremsebelægninger.

Asbest anses for sundhedsskadelig at indånde, hvis de er mere end 5 µm lange og tyndere end 3 µm, dog skal længden være mere end 3 gange diameteren (Hadrup et al., 2019; Lazarus and Philip, 2011; Roggli et al., 2016; Wang et al., 2012). På grund af den lange latenstid, der går fra, at man udsættes for asbest, til der kan opstå mærkbare helbredseffekter, så henvises stadigt et betydeligt antal patienter med asbestrelaterede sygdomme (asbestose, lungekræft og lungehindekræft) til de arbejdsmedicinske klinikker.

Det vurderes, at mere end 150.000 mennesker gennem tiden har været udsat for asbest i forbindelse med produktion og anvendelse af asbest på danske virksomheder indtil 2005, hvor et dansk totalforbud mod at bruge asbest trådte i kraft (Brauer et al., 2009). Udfasningen af de største asbestanvendelser skete dog allerede fra begyndelsen af 70'erne til midten af 80'erne (Røe, 2018; BM, 2018). Danske arbejdere kan stadig udsættes for asbest; fx i forbindelse med renovering og nedrivning af boligmassen med asbestholdige byggematerialer, ved udskiftning eller fjernelse af asbest brugt som brandisolering i ældre gods- og transportmidler og som isolering på kedler og rør.

Gennem tiden er der foretaget mange målinger af asbest i luften på danske arbejdspladser. Både som følge af virksomhedernes egen overvågning og målinger eller i forbindelse med tilsyn og forskning. En del af disse målinger har været registeret i en gammel database på det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø og som måleresultater for Arbejdstilsynet arkiveret ved Rigsarkivet. I tillæg til disse målinger blev det kendt, at en række danske virksomhedsmålinger for asbest lå uregistrerede ved Institut for Folkesundhed ved Århus Universitet samt i arkiver hos forskellige virksomheder. Projektgruppen fik adgang til disse historiske asbestmålinger, så de kunne samles i en fælles database. En samling af disse arkivdata gør det muligt at give bedre asbestrelaterede vurderinger og afgørelser i fremtiden. Til dato har danske vurderinger været baseret på udenlandske målinger, fx fra Sverige, som ikke nødvendigvis afspejler de forhold, som danske arbejdere var udsat for i det 20. århundrede.

## Formål

I denne rapport opsummeres hovedresultaterne fra projektet "Historiske danske asbestmålinger – dataoprensning, kvalitetsvurdering og rapportering" finansieret af Mindefonden for advokat Jens Bjørst. Projektets formål var at samle arkiverede historiske luftmålinger for asbest på danske arbejdspladser i en database og analysere måleresultaterne i forhold til arbejdsopgaver og variation over tid. I rapporten beskriver vi databasens indhold og asbesteksponeringerne ift. virksomhedstype og arbejdsopgaver, samt den generelle udvikling i asbesteksponeringen over tid.

## Aktiviteter og resultater

Der blev identificeret fem kilder med målerapporter, som indeholdt i alt 9.236 historiske asbestmålinger lavet på danske arbejdspladser i perioden 1971 til 1997. Målerapporterne blev rensset for følsomme informationer iht. databeskyttelsesloven. De anonymiserede data blev herefter opsamlet i en harmoniseret databaseskabelon og informationerne valideret i forhold til de originale målerapporter. Herefter blev der foretaget dataoprensning samt harmonisering af branche- og jobgruppebeskrivelser efter DSE77 og endelig kvalitetsvurdering og etablering af databasen. Efter dataoprensning resterede 5.869 måleresultater af høj kvalitet. De fleste målerapporter af lavere kvalitet manglede enten målekoncentrationer, årstal på prøvetagning eller information om, hvorvidt målingen var foretaget som områdemåling eller som personlig eksponeringsmåling.

De 5.869 måleresultater blev grupperet efter branche og typer af arbejdsopgaver og analyseret for deres respektive koncentrationer og variation over tid set ift. perioder med samme regulering for asbest (1971-1980; 1981-1997; BM, 2018) og i forhold til ændringer i de danske grænseværdier. Resultaterne viste, at den geometriske middelkoncentration for asbest på tværs af brancherne varierede fra 0,003 til 35 fibre per cm<sup>3</sup> luft. De højeste gennemsnitlige luftkoncentrationer blev observeret i situationer med fjernelse af asbestholdige materialer under renovering af bygninger i perioden 1981-1997. De næsthøjeste gennemsnitlige luftkoncentrationer blev fundet i perioden 1971-1980 i forbindelse med arbejdsopgaver ved produktion af asbestholdige produkter (1,1 – 1,9 fibre per cm<sup>3</sup>), hvor enkelte målinger havde op til 103 fibre per cm<sup>3</sup>. De fleste asbestmålinger fra perioden 1971-1980 overskred den danske grænseværdi fra januar 2022 på 0,003 fiber per cm<sup>3</sup> luft, men var lavere end grænseværdien på 2 fibre per cm<sup>3</sup> luft, som var gældende på det tidspunkt målingerne fandt sted. Der ses et overordnet eksponentielt fald i eksponeringsniveauerne over tid fra 1971 til 1997. Dette ses tydeligt i en isoleret analyse af målingerne foretaget i forbindelse med produktion af asbestholdige produkter (betonvarefabrikker og bilindustri i øvrigt), som udgør 33 % af hele datamaterialet.



Det skal bemærkes, at databasen har visse begrænsninger i forhold til antallet af målinger for de enkelte arbejdsopgaver. Databasen kan dog stadig bruges til at vise, hvilke arbejdsopgaver der kan have medført høj eksponering i perioden 1971 til 1997, og bidrage til bedre estimater for asbestrelaterede vurderinger og afgørelser i fremtiden.

# Indledning

Asbest er en betegnelse for en naturligt forekommende gruppe af mineraler, som kan forekomme som fine fibre. Asbestmineralerne kommer fra mineralgrupperne serpentiner (dvs. krysotil; hvid asbest) og amfibol (dvs. krokydolit (blå asbest), amosit (brun asbest), antofyllit, aktinolit og tremolit) (Hendry, 1965). Som de forskellige navne antyder, så har de forskellige asbestmineraler forskellig udseende og kemisk sammensætning (Lewis et al., 1996; Paglietti et al., 2016). Det er asbestfibreneres form og meget langsomme opløsning i kroppen, der gør, at de kan være meget sundhedsskadelige. Ifølge Verdenssundhedsorganisationen (WHO), definerer man asbestfibre som sundhedsskadelige, hvis de mere end 5 µm lange; har et længde-diameter-forhold større end 3, og en diameter på maksimalt 3 µm.

Der er fundet en bred vifte af menneskelige sygdomme, herunder lunge-, strube- og æggestokkræft, lungehindekræft og asbestose (lungefibrose), som kan opstå som følge af udsættelse for asbest (Matsuzaki et al., 2012; Pira et al., 2009; Wang et al., 2013; IARC, 2012). Helbredseffekter, som er forårsaget af udsættelse for asbest, er ikke akutte. I mange tilfælde går der mere end 20 år fra, at eksponeringen er foregået til, at lungekræft og lungehindekræft udvikles (Lanphear and Buncher, 1992; Selikoff et al., 1980). Epidemiologiske data tyder på, at der er 1 % risiko for at udvikle asbestose efter 10 års arbejdsmæssig udsættelse for krysotil asbestfibre (Stayner et al., 1997; Hein et al., 2007). Der findes ingen sikker tærskelværdi for helbredseffekter efter asbesteksponering uanset fibertype (Skammeritz et al., 2011; Greenberg et al., 1974).

Asbest blev fra det 19. århundrede almindeligt brugt i forskellige brancher, pga. dens særlige trækstyrke og modstand mod varme og korrosion (Gualtieri, 2017; Bonifazi et al., 2018). Asbest kan derfor stadig forekomme i en lang række ældre materialer såsom (Arbejdstilsynet, 2023):

- Gamle varmtvandsbeholdere og varmesystemer
- Brandisolering på skibe
- Cementrør til vandforsyningen
- Bildele såsom bremseklodser
- Elektriske ledninger
- Kemiske beholdere
- Varmepuder
- Tagmaterialer
- Facadeplader
- Gulvmaterialer
- Fliseklæber
- Limprodukter
- Tætnings- og isoleringsmaterialer

- Papirprodukter
- Gipsplader
- Maling

I Danmark var asbestforbruget højest først i 1970'erne, hvor der blev importeret op til 30.000 ton om året (BM, 2018; BAI, 2021; Brauer et al., 2009). Herefter begyndte asbestimporten at falde, blandt andet fordi det i 1972 blev forbudt at bruge asbest til varmeisolering i Danmark (Røe, 2018). Fra 1980 begyndte asbestimporten at falde markant. Det skete som følge af en række forbud, som begyndte med en afviklingsplan for anvendelse af asbest i 1980 til et næsten totalforbud mod brug af asbest i 1986 (Arbejdstilsynet, 1986; Arbejdstilsynet, 2004; BM, 2018). Fra 1986 var det kun tilladt at anvende asbestcementbølgeplader (forbud mod brug til tagdækning fra 1987) og håndgods til tagdækning, bundne pakningsmaterialer, friktionsbelægninger (bremse- og koblingsbelægninger), lejeforinger og kommutatorer (BM, 2018). Brugen af asbest i bremseklodser og koblingsbelægninger fortsatte i mindre omfang, indtil et endeligt totalforbud mod anvendelse af asbest og import af asbestholdige produkter trådte i kraft i 2005 (Arbejdstilsynet, 2004). Trods de forskellige typer asbest, rapporteres krysotil som den type asbest, der har været brugt mest i Danmark (Raffn et al., 1989).

Det estimeres, at omkring 150.000 mennesker har arbejdet med og var udsat for asbest i byggeindustrien, i el- og varmekraftværker, skibsværfter og asbestcementindustri, indtil det fulde danske forbud mod at bruge asbest trådte i kraft (Brauer et al., 2009). Dertil kommer udsættelser for asbest i forbindelse med en lang række andre anvendelser.

I dag kan man stadig blive udsat for asbest. Det er især i forbindelse med renovering, reparationer, og nedrivningsaktiviteter af bygninger fra før 1987. Brandslukning af ældre bygninger er et andet eksempel, hvor der kan ske udsættelse for asbest. Asbesthuset giver en illustrativ oversigt over, i hvilke byggematerialer asbestmaterialer kan forekomme (<https://asbest-huset.dk/>).

Grænseværdien for udsættelse for luftbårne asbestfibre er reduceret løbende siden 1970'erne, hvor den maksimalt tilladelige 8-timers middelmiddelt koncentration var  $2 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  (BAI, 2021). I perioden 1980-1984 blev den reduceret til  $1 \text{ fiber}\cdot\text{cm}^{-3}$ , mens den i perioden 1985-1988 blev reduceret til  $0,5 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  og herefter til  $0,3 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  perioden 1988-2005, og til  $0,1 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  i perioden 2005-2021 (BAI, 2021). Fra 2022 er grænseværdien for luftbåren asbestudsættelse reduceret til en 8-timers middelværdi på  $0,003 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  (BEK nr. 2203 af 29/11/2021). Udover grænseværdien gælder det, at ansatte skal beskyttes mest muligt vha. tekniske og personlige beskyttelsesforanstaltninger og instrueres i arbejde med asbest (Se mere på Arbejdstilsynets hjemmeside: <https://at.dk/regler/at-vejledninger/asbest-c-2-2/>).

Der har været en betydelig historisk produktion og import af asbestholdige produkter i Danmark. Der mangler dog viden om den generelle udsættelse for asbest i det danske arbejdsmiljø set i forhold til de forskellige erhverv og arbejdsopgaver, og hvordan den har udviklet sig over tid.

Ved at kende niveauerne for asbestudsættelser i danske virksomheder gennem tiderne kan vi:

- 1) Dokumentere, hvor høje eksponeringer der historisk har været i forbindelse med specifikke arbejdsopgaver
- 2) Vurdere udviklingen i asbestrelaterede sygdomme baseret på historiske eksponeringer fremadrettet.
- 3) Have et referencepunkt for fremadrettede målinger af asbesteksponering i arbejdsmiljøet og vurdering af mulige sundhedsrisici.

Formålet med dette projekt var at samle arkiverede eksponeringsmålinger for luftbåren asbest på danske arbejdspladser og analysere måleresultaterne i forhold til arbejdsopgaver og variation over tid.

## Metode

### Dataindsamling

Der blev identificeret fem kilder til historiske asbestmålinger gennemført i perioden 1971-1997:

- Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) og Rigsarkivet; 79 asbestmålinger fra 1982 til 1986.
- Industri-arkiv; 3.060 asbestmålinger fra 1971 til 1985 fra en fabrik, der producerede og forarbejdede asbestcement.
- Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet; 132 asbestmålinger fra nedrivningsarbejde i skoler og hospitaler i perioden fra 1987 til 1989.
- Industri-arkiv; 5.957 målinger fra et fabriksanlæg, som producerede asbestholdige materialer som transportudstyr, og friktionsmateriale (f.eks. bremses) i perioden 1980-1997.
- Industri-arkiv; 8 målinger foretaget i 1976 hos en virksomhed, der producerede isoleringsmateriale med asbest.

De historiske målerapporter indeholdt i alt 9.236 enkeltmålinger af forskellige eksponeringsscenerier lavet i perioden 1971-1997.

## Dataoprensning og validering

Efter identifikation af målerapporterne blev de rensset for følsomme informationer. Herefter blev måledata og tilgængelige metadata med informationer om industri, jobkode, arbejds scenariet, målingerne og informationer om metoder, fibertælling og koncentration, journalnummer samt øvrige kommentarer og noter i rapporterne overført til databasen.

Branche-, jobtype- og arbejdsopgave- og fiberanalysekoder blev harmoniseret efter følgende systemer (se <https://www.mdpi.com/article/10.3390/ijerph19020643/s1>):

- Virksomhedskode: DSE77 version 5 (1989) af Danmarks Statistiks Erhvervsgrupperingskode 1977, som var delvist tilgængelige i de oprindelige databaser<sup>1</sup>. (<https://www.dst.dk/da/Statistik/dokumentation/nomenklaturer/danmarks-statistiks-erhvervsgrupperingskode-dse77>)
- Jobkode: ARTARB (ATABAS. Arbejdstilsynets database for arbejdspladsmålinger. ATABAS. Opgørelser for perioden jan. 1983 – dec. 1985 Arbejds miljøinstituttet Jan 1986 <sup>2</sup>)
- Arbejdsopgavekode: ARBOPG (ATABAS. Arbejdstilsynets database for arbejdspladsmålinger. ATABAS. Opgørelser for perioden jan. 1983 – dec. 1985 Arbejds miljøinstituttet Jan 1986 <sup>2</sup>)
- Fibertælling: ANAMET-metoder; en liste over 40 analysemetoder, som bl.a. indeholder metoder som vejning, tælling i optisk mikroskop med asbestmetoden eller alternativ metode samt kombineret mikroskopisk analyse og vejning.

For de målinger, hvor der var tilstrækkelig detaljeret information, blev erhvervs- og opgavekoderne tildelt, hvis de ikke allerede var angivet.

Ud over de ovennævnte erhvervs-koder blev der etableret 6 overordnede erhvervsgrupper, som blev brugt til at kategorisere efter i den mere detaljerede dataanalyse:

- 1) Fremstilling af asbestprodukter
- 2) Aktiv håndtering af asbestprodukter
- 3) Transport, opbevaring, emballage af asbestprodukter
- 4) Vedligeholdelse
- 5) Generelt tilsyn med arbejdsprocesser og inspektionsopgaver
- 6) Rengøringsaktiviteter.

---

<sup>1</sup> Dette er kun tilfældet i ATABAS-databasen. Da målingerne i ATABAS er fra årene 1982-1986, blev DSE77-koder brugt. Disse er baseret på den Internationale ISIC Revision 2 klassifikation og er bibeholdt i den endelige database.

<sup>2</sup> "Arbejdsart-"koden er baseret på et codesystem, som blev anvendt af Arbejdstilsynets Ulykkesstatistik og Arbejdstilsynets Erhvervs sygdomsregister, da databasen blev etableret, mens "arbejdsoperations-"koden (som havde til formål at tilføje en yderligere detaljering) kun blev brugt af Arbejds miljøinstituttet (ATABAS, 1986).

Database-informationerne blev herefter valideret uafhængigt af mindst 2 personer.

## Databasestruktur

Databasen blev opbygget med en struktur, så datafelterne passer med: 1) de informationer, der bruges i modeller til eksponeringsvurdering, som er accepteret af det Europæiske Kemikalie Agentur (ECHA, 2016; og 2) informationer, der gør det muligt at gruppere og sammenligne data fra de eksisterende asbestmålinger iht. metoden udviklet af Franken et al. (2020). Databasen kan findes i Excel-format i dette permanente link: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/ijerph19020643/s1>). Med denne data-struktur er det fremover muligt at koble de historiske målinger med nye målinger for repræsentative arbejds-scenarier i brancher og arbejdsopgaver. Databasefelterne omfatter således både nødvendige kontekstuelle oplysninger (informationer om fx arbejdsplads, proces, måleforhold etc.) såvel som det kvantitative eksponeringsniveau fra målerapporterne og er organiseret i følgende ni hovedkategorier:

1. Forudsætninger: oprindelse af data, inklusive journalnummer, firma og adresse (*firma og adresse er fortrolig information og derfor ikke tilgængelig i denne database*);
2. Identifikation af materialet: navn og CAS-nummer;
3. Branche, arbejdsart- og arbejdsoperationskode: som beskrevet ovenfor
4. Formål med målingen: stikprøvekontrol, kontrol pga. sygdom ved en ansat, prøvetagning på firmaets initiativ, myndighedstjek, forskning mm.
5. Påvirkningsfaktorer – eksponering: beskrivelse af arbejdsopgaven, miljøfaktorer såsom temperatur og fugtighed, antal personer der arbejder i samme område (gruppe af de potentielt eksponerede personer)
6. Påvirkningsfaktorer - tekniske betingelser og forebyggelsesforanstaltninger: automatiseringsniveau for opgaven, tilrettelægning af arbejdsprocesserne for at undgå eksponering, lokal udsugning, generel ventilation (mekanisk eller naturligt) og personlige værnemidler;
7. Beskrivelse af den eksponerede: arbejdernes erfaring i år, eksponeringsvarighed, eksponeringshyppighed;
8. Beskrivelse af prøveudtagning: prøveposition (stationær eller personligt), prøvenummer, dato og tid, volumen flow, prøvolumen, anvendt fiberoptællingsmetode og tilhørende information;
9. Resultater af eksponeringsniveau: asbestkoncentration i fiber·cm<sup>-3</sup>.

I alt er databasen opbygget med 40 forskellige sortérbare informationer.

## Dataanalyse

Resultaterne i databasen blev analyseret statistisk. Måleresultaterne blev analyseret i forhold til asbestudsættelsen i specifikke erhverv og i specifikke arbejdsopgaver. Dertil blev der lavet en analyse af den overordnede tidlige udvikling ud fra baseret på data fra to virksomhedskoder med stort datamateriale.

## Resultater

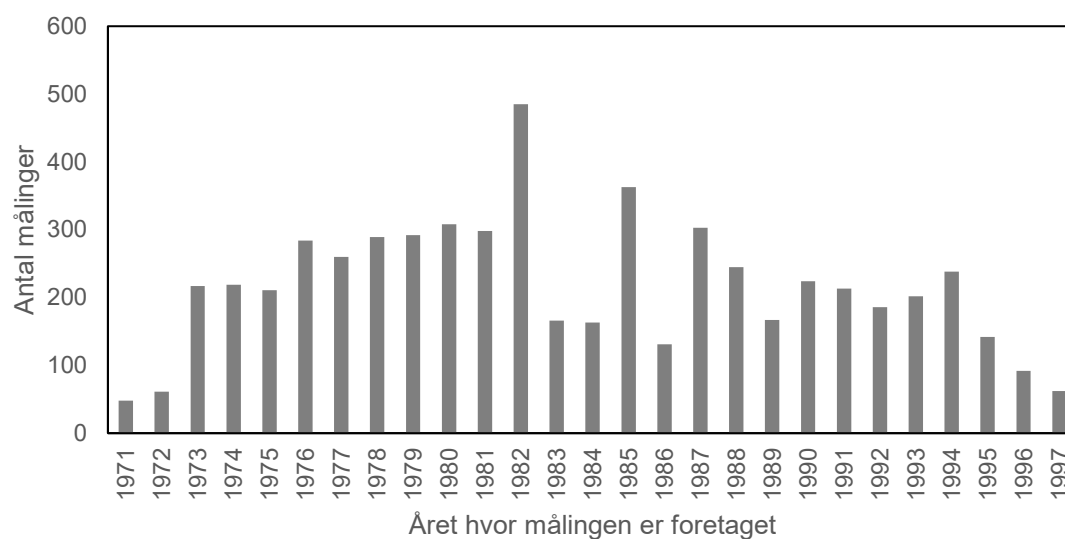
### Datakarakteristik

I alt blev der inkluderet 9.236 enkeltstående arbejdspladsmålinger for asbest fra de identificerede målerapporter. Målerapporterne dækkede perioden fra 1971 til 1997. Af de 9.236 målinger kunne 9.231 tilknyttes 16 brancher (Tabel 1), 15 forskellige erhverv og 53 forskellige arbejdsopgaver. I alt havde 5.869 målinger kvantitative data om fiberkoncentration samt information om, hvor prøven var opsamlet og dato eller år for målingen.

**Table 1.** Antal totale, personlige og stationære målinger med fiberkoncentrationer for DSE77 v5 (1989) virksomhedskoder i databasen over historiske asbestmålinger i Danmark.

DSE77 v5	Virksomhedstype	Total antal målinger	Antal personlige målinger	Antal stationære målinger	Ukendt måleposition
36.101	Porcelæns- og fajancefabrikker	2	N/A	N/A	2
36.912	Fremstilling af molerprodukter	8	8	0	0
36.993	Betonvarefabrikker (eternitproduktion)	3.060	3.053	7	0
38.312	Elektromekaniske værksteder	4	4	0	0
38.439	Bilindustri i øvrigt	5.957	5.957	0	0
41.010	Elværker	15	1	12	2
50.121	Almindelige entreprenørforretninger	2	2	0	0
50.130	Murerforretninger	63	33	18	3
50.140	Tømrer- og snedkerforretninger	7	7	0	0
50.160	VVS-installatører, blikkenslagerforretninger samt gas- og oliefyrrservice	78	36	38	4
71.110	Jernbaner	10	7	0	3
91.030	Forsvar og civilforsvar	2	2	0	0
91.040/50	Amtskommunal/kommunal administration	3	0	0	3
93.406	Velfærdsinstitutioner og -foreninger for syge og handicappede	3	3	0	0
95.131	Autoreparationsværksteder	6	4	0	2
95.139	Autoservice i øvrigt	11	7	0	4
N/A	N/A	5	0	0	5

I 11 tilfælde var der ikke angivet dato eller år for målingen. De resterende 9.225 målinger fordeler sig tidsmæssigt på den måde, at antallet af målinger generelt øges per år i perioden fra 1973 til 1982, hvorefter antallet aftager mod 1997 med enkelte større afvigelser (Figur 1). Især var der arkiveret et relativt højt antal målinger i 1982 (698) og 1985 (576 målinger) sammenlignet med det forrige og efterfølgende år og relativt få målinger i 1971, 1972, 1983, 1984 og 1986 (48-202 målinger).



**Figur 1.** Fordeling af antal asbestmålinger per år i databasen.

Langt hovedparten af målingerne (9.071 af 9.263) er foretaget på anmodning fra Arbejdstilsynet, og disse målinger dækker hele tidsperioden for databasen. Blot 132 målinger (i 1987 og 1989) stammede fra forskningsprojekter, 9 målinger (i 1986) var fra almen prøvetagning, mens 10 målinger (i 1983-1985) var lavet på anmodning fra virksomheden eller medarbejdere. For 3 målinger (1983-1984) var der ingen information om, hvorfor de var blevet lavet.

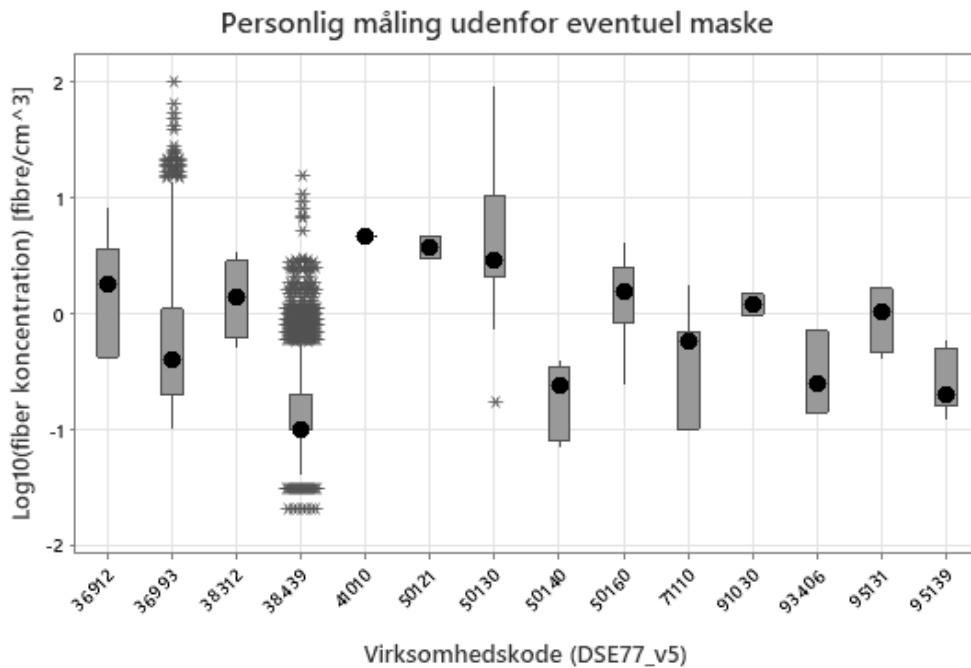
Analyseres dataene for, hvilke informationer der findes omkring prøvetagningen, så viser det sig, at der oftest ikke er noteret noget om brugen af værnemidler og tekniske beskyttelsesforanstaltninger:

- Databasen indeholder 9.124 *personlige* eksponeringsmålinger, hvoraf 9.019 ikke har information om, hvorvidt der blev brugt personligt åndedrætsværn. I 2.618 tilfælde var det uklart, om der blev brugt personligt åndedrætsværn, og om de enkelte målinger er foretaget indenfor eller udenfor eventuelt anvendt åndedrætsværn. Pga. de målte fiberkoncentrationer (0 - 103 fibre-cm<sup>-3</sup>), antages det dog, at disse målinger generelt er foretaget i indåndingszonen uden for evt. åndedrætsværn. I alt er 72 målinger foretaget, hvor der blev anvendt personligt åndedrætsværn. Heraf er 64 målinger anmærket, at de er foretaget udenfor det personlige åndedrætsværn, mens 8 målinger er foretaget inde i det personlige åndedrætsværn.
- Databasen indeholder 96 stationære målinger, hvoraf 38 er lavet ved arbejdsprocessen (*near-field*) og 17 i det generelle arbejdsområde væk fra arbejdsprocessen (*far-field*) og 11 i baderumsområder. 30 målinger er anmærket med ukendt måleposition, og 11 målinger har ingen information noteret angående opsamlingen.
- Databasen indeholder 2.165 målinger med bemærkning om, at der er anvendt mekanisk ventilation (12 med lokaludsug) som en teknisk beskyttelsesforanstaltning. I 13 tilfælde er målingerne lavet under arbejde i stærk naturlig ventilation, mens der er i 24 tilfælde er anvendt svag naturlig ventilation. I 2.024 tilfælde kan man antage mekanisk ventilation pga. virksomheden. I 7.041 tilfælde var der ingen information om tekniske beskyttelsesforanstaltninger.



I henhold til den samlede datakvalitet var der ingen fiber-koncentration angivet for 3.355 målinger. Filtrering af data uden angivelse af målested, målinger uden fiberkoncentrationer, data uden måledato, resulterede i 5.869 målinger med høj kvalitet, der kunne bruges til videre analyse. Heraf resterede 5.708 målinger, hvis målinger med koncentrationen "0" blev ekskluderet.

Figur 2 og Figur 3 viser en box-plot-oversigt over logaritmisk transformerede asbestkoncentrationer for både personbårne og stationære målinger samlet for alle år opdelt på de enkelte virksomhedskoder i databasen (Tabel 1). Ved logaritmisk transformation bliver eksempelvis værdien 100 til 2; værdien 10 til 1; værdien 1 til 0; og værdien 0,001 til -3. Dette gør det nemmere at sammenligne data med store forskelle i værdierne.

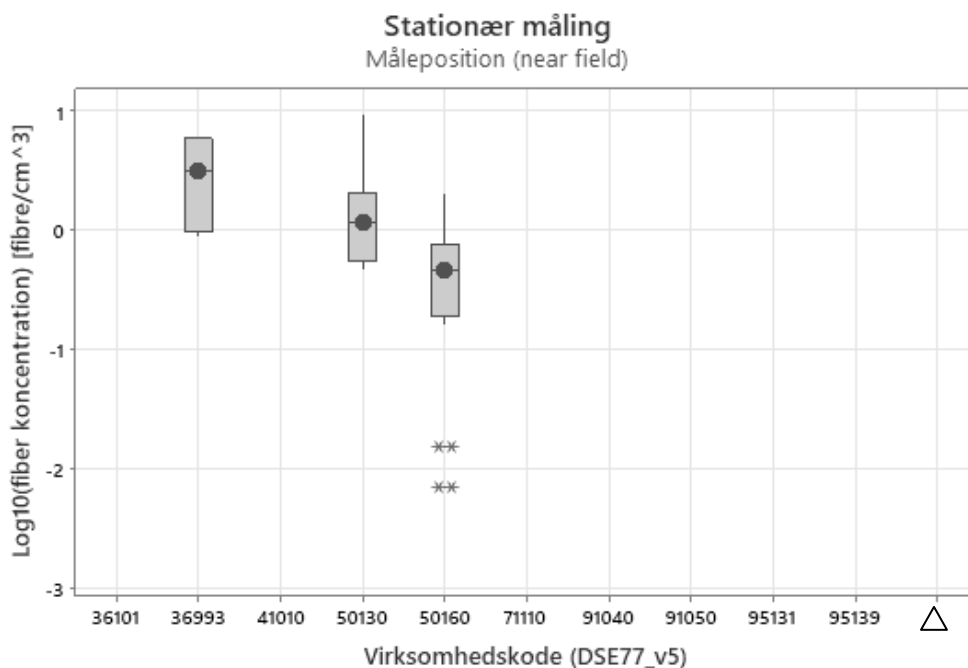


**Figur 2.** Oversigt over de logaritmisk transformerede resultater (n=5.779) fra personlige asbestmålinger opdelt efter 14 identificerede virksomhedskoder. Box-plottet angiver øvre og nedre kvartil, og de vertikale linjer angiver 95 % konfidensintervallet. De sorte cirkler angiver medianerne og stjerne symbol angiver data udenfor kvartilerne (se Tabel 1 for information om virksomhedskode).

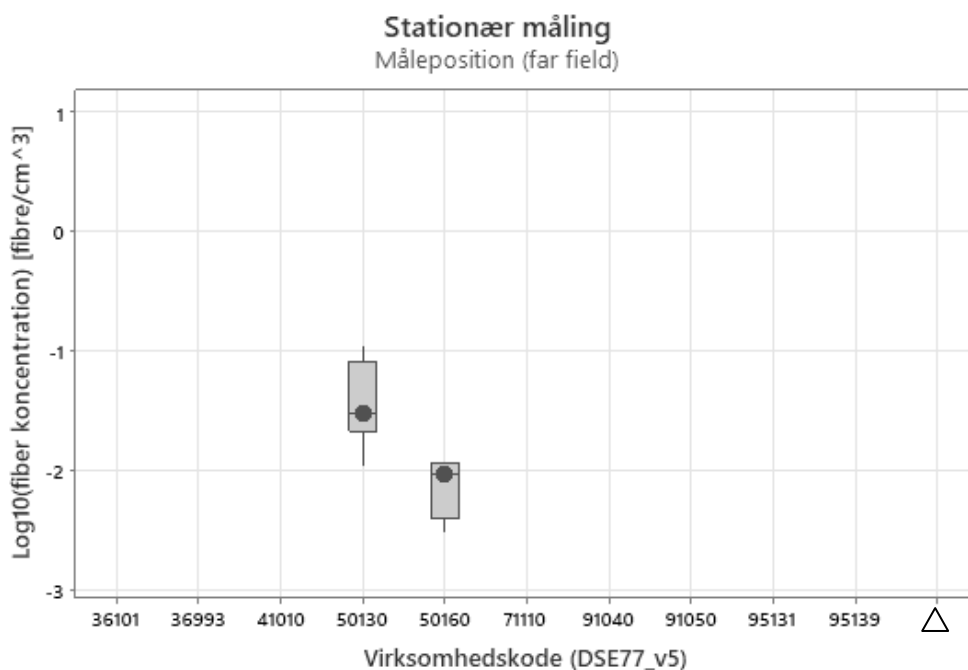
Det ses, at der i visse virksomhedstyper har været perioder med relativt høje koncentrationer. Det gælder især målingerne ved virksomhedstyperne 36.993 (betonvarefabrikker), 50.130 (murerforretninger) og 38.439 (bilindustri i øvrigt). Det ses også, at asbestkoncentrationerne i de personbårne målinger generelt er højere, end det ses for stationære målinger, men der er dog ikke data for stationære målinger i alle typer af virksomheder.

Det skal også noteres, at der for seks virksomhedskoder (DSE77\_v5) eksisterer færre end 5 målinger i databasen (Tabel 1). Det drejer sig om målinger i Porcelæns- og

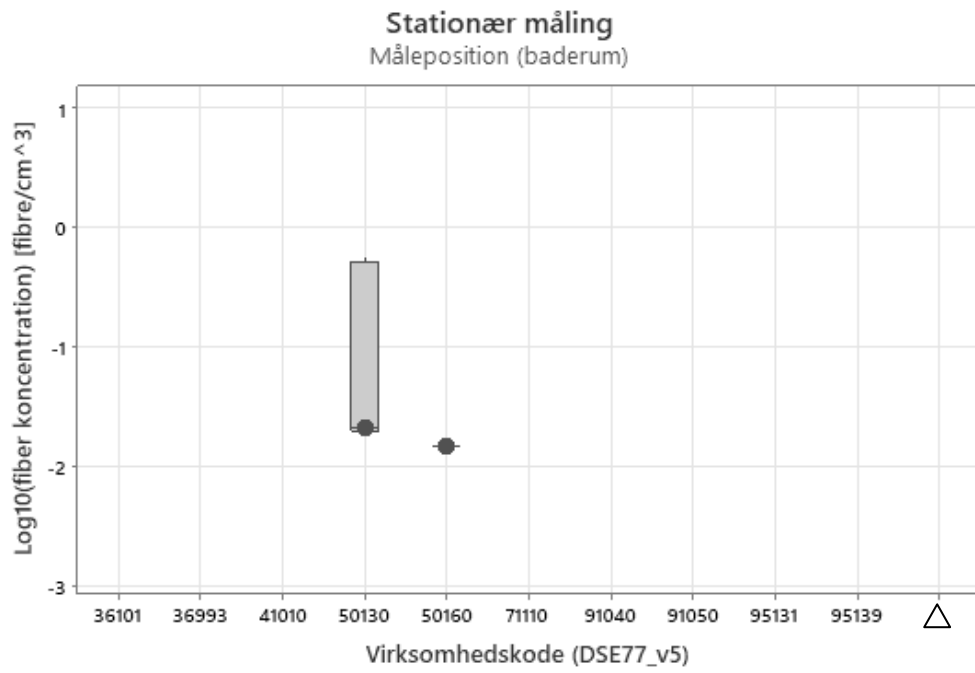
fajancefabrikker (36.101), Elektromekaniske værksteder (38.512), Almindelige entreprenørforretninger (50.121), Forsvar og civilforsvar (91.030), Amtskommunal administration (91.040), Velfærdsinstitutioner og -foreninger for syge og handicappede (93.406). Der er kun fire virksomhedstyper, hvor der findes mere end 50 målinger, og i kun to virksomhedstyper er antallet af målinger højt, hvilket er for Betonvarefabrikker (eternitproduktion) (36.993) og Bilindustri i øvrigt (38.439). Antallet af målinger i disse to virksomhedstyper er 3.077 og udgør 33 % af hele datamaterialet. Dette skal holdes i mente i den efterfølgende datagennemgang.



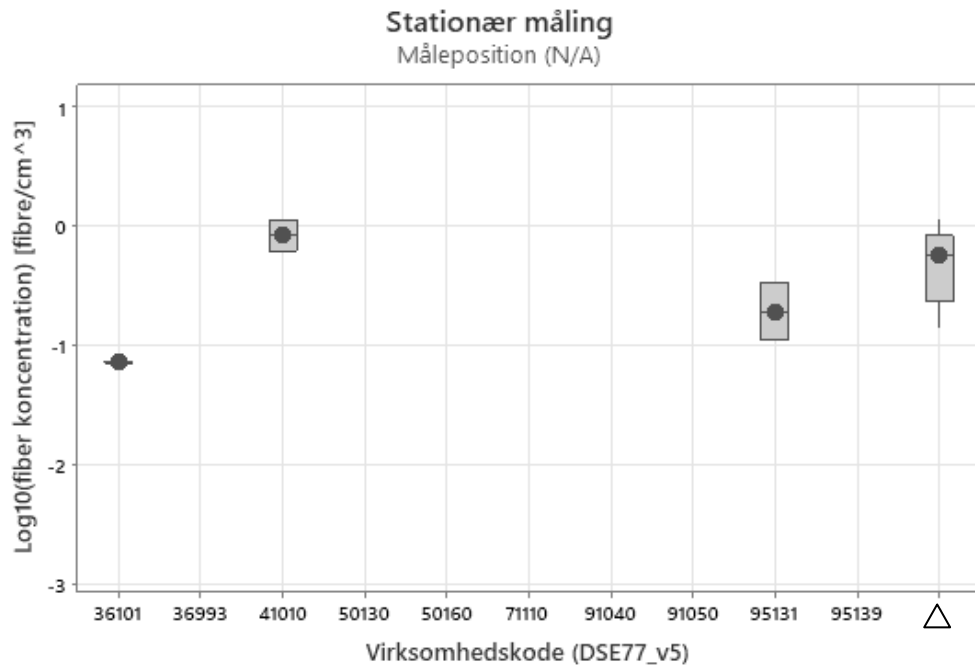
a)



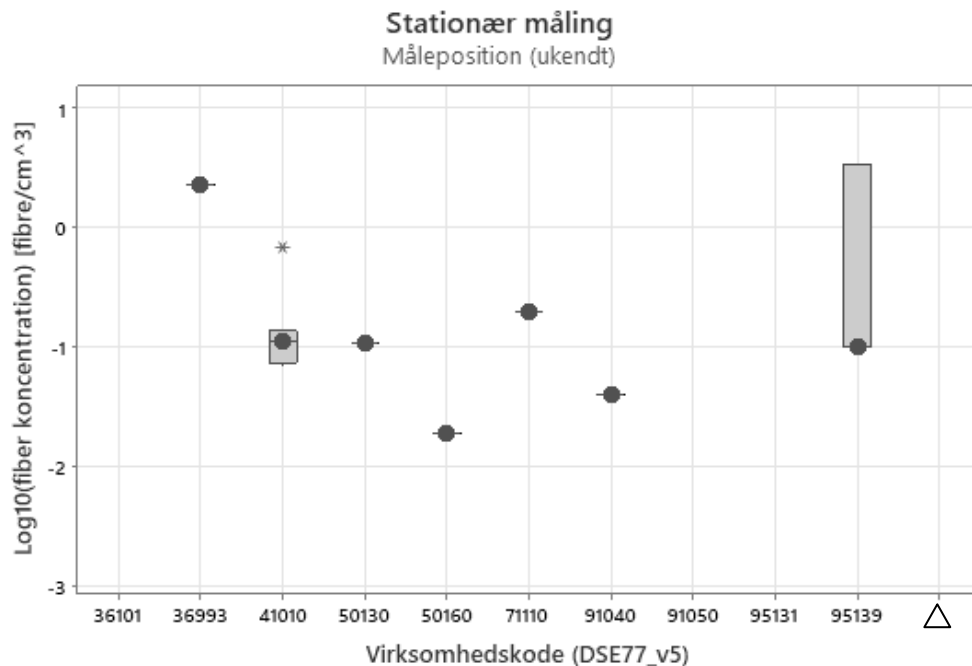
b)



c)



d)



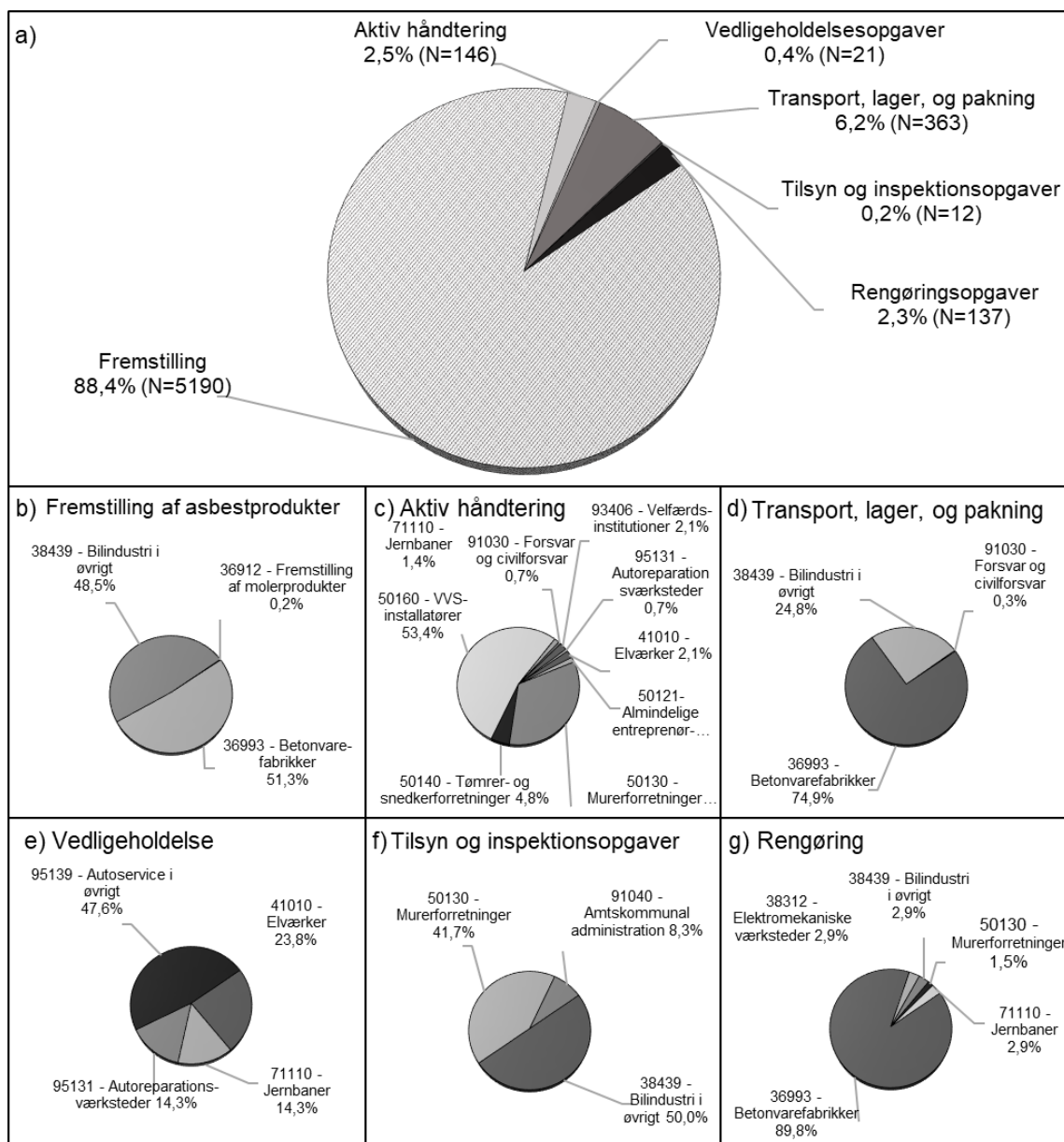
e)

**Figur 3.** Oversigt over de logaritmisk transformerede resultater (n=91) fra stationære asbestmålinger opdelt efter 10 identificerede virksomhedskoder og ukendt (trekant symbol på x-aksen). a) Arbejdsområde (near-field). b) Væk fra arbejdsområdet (far-field) c) Baderumsfaciliteter på hospital før og efter sanering (n=4). d) Måleposition ikke angivet (N/A), e) Måleposition ukendt. Box-plottet angiver øvre og nedre kvartil, og de vertikale linjer angiver 95 % konfidensintervallet. De sorte cirkler angiver medianerne og stjerne symbol angiver data udenfor kvartilerne (se Tabel 1 for information om virksomhedskode).

## Overblik over måledata med høj kvalitet

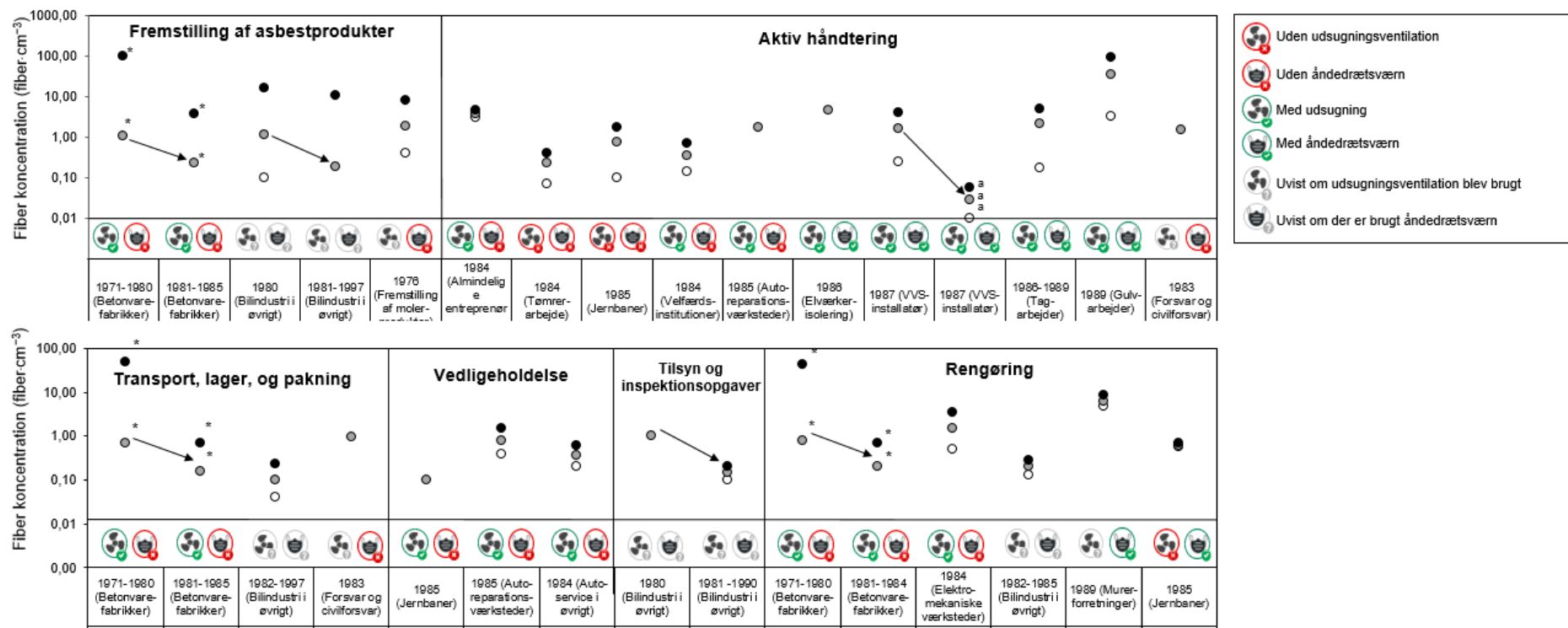
Figur 4 giver et overblik over, hvilke arbejdsområder de 5.869 måleresultater med høj kvalitet dækker over:

- Hovedparten (88,4 %) af stammer fra fremstillingsindustrien, hvor målingerne fordeler sig næsten ligeligt mellem fremstilling indenfor hhv. bilindustri og eternitprodukter, mens en lille andel stammer fra fremstilling af isoleringsmaterialer.
- Det næsthøjeste antal målinger (6,2 %) kommer fra området transport, lager og pakning, hvor 74,9 % af dem er foretaget i forbindelse med produktion af eternitprodukter, og 24,8 % er foretaget relateret til bilindustri i øvrigt.
- 2,5 % og 2,3 % af målingerne dækker over direkte håndtering af asbestholdige materialer (domineret af hhv. murerarbejde og VVS samt gas- og oliefyrsservice).
- Øvrige opgaver med målinger omfatter rengøring, generelt tilsyn og inspektionsopgaver og vedligehold. Vedligeholdelsesopgaverne omfatter arbejde indenfor automobil, tog og kraftværker, mens målinger relateret til arbejdsledelse er domineret af data for murerarbejde og bilindustri. Rengøring er domineret af arbejde relateret til eternitindustrien (89,8 %).



**Figur 4.** Fordelingen af de 5.869 målinger i totalt og i jobgrupperne sorteret efter erhvervsgrupper: a) Generel fordeling på alle erhvervsgrupper; b) Fremstilling af asbestprodukter; c) aktiv håndtering af asbestprodukter; d) transport, opbevaring, emballering af asbestprodukter; e) vedligeholdelse; f) generel tilsyn med arbejdsprocesser og inspektionsopgaver; og g) rengøring. N: total antal målinger.

Figur 5 giver et overblik over de målte fiberkoncentrationer i de 5.869 asbestmålinger med højeste kvalitet opdelt efter branche, jobkode, måleperioden (1971-1980 og 1981-1997), måleposition og anmærkning af foranstaltninger og værnemidler, der blev anvendt ved målingerne. Data er listet i Appendiks 2.



**Figur 5.** Resultater fra personlige målinger af asbest (n=5.869) i de forskellige brancher opdelt efter jobkode og måleperioden 1971-1980 og 1981-1997 og med markering af, om der er rapporteret brug af tekniske og personlige værnemidler. Laveste måleværdi er plottet med hvid cirkel; den geometriske middelværdi er plottet med grå cirkel, og den højeste værdi er plottet med sort cirkel. Koncentrationen "0" er ikke vist på grafen pga. den logaritmiske y-akse. Den sorte pil forbinder middelmiddelen i perioden før og efter 1980. Alle de personlige målinger er foretaget uden for evt. åndedrætsværn, medmindre andet er specificeret. Symboler: \* mekanisk ventilation fra 1977 og frem; <sup>a</sup> måling lavet inde i åndedrætsværn.

Generelt ses det for hver erhvervsgruppe, at koncentrationerne er højere i perioden 1971-1980 end i perioden 1981-1997. Det ses også, at asbestkoncentrationerne generelt var højere end den nuværende grænseværdi for asbest på  $0,003 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

Koncentrationen af asbestfibre var højest under aktiv håndtering af asbestprodukter i byggesektoren i perioden 1981-1997. Koncentrationerne varierede fra  $3,3$  til  $92 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  ved bortskaffelse og skrabning af cementgulve på et hospital. De personlige eksponeringer varierede fra  $0,02$  til  $4,9 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  ved fjernelse af asbest i lofter og under skæring, boring og båndsavning af eternitplader.

I de tidlige målinger fra 1971 til 1980 ses de højeste eksponeringer (geometrisk gennemsnit:  $1,1$  til  $1,9 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  med et par høje eksponeringsniveauer på op til  $103 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) inden for fremstillingsprocesser efterfulgt af rengøring af asbestholdige materialer (geometrisk gennemsnit:  $0,8 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ , maksimum:  $43,1 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) og lageraktiviteter (geometrisk gennemsnit:  $0,7 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$  med få høje eksponeringsniveauer på op til  $50 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

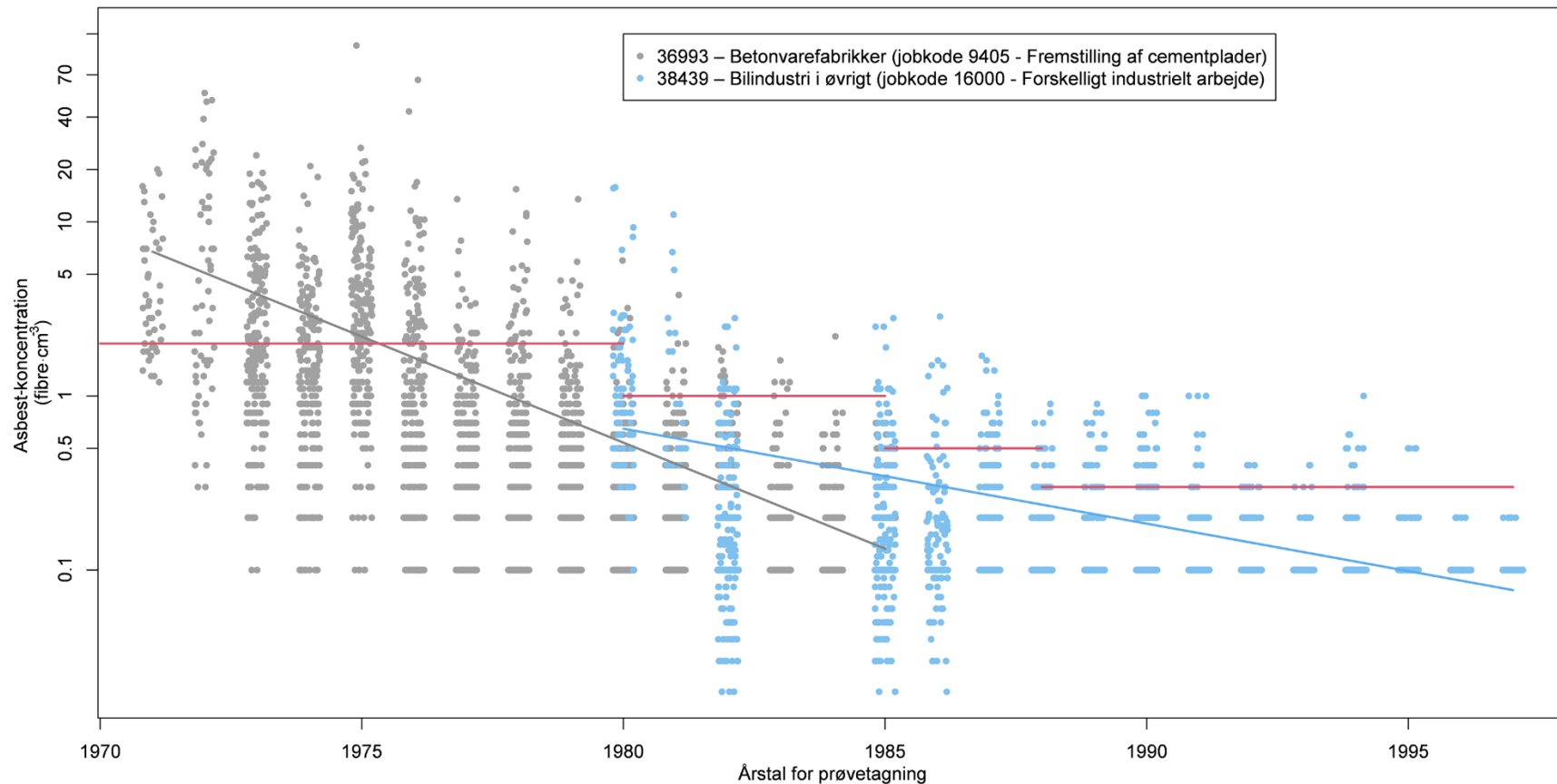
De laveste koncentrationer i de personbårne målinger ses for arbejdere, der laver vedligeholdelse i perioden 1970-1997 (geometrisk middel  $<0,8 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), og for medarbejderne, der har indirekte kontakt, såsom ved procesovervågning og inspektionsopgaver under fremstilling (geometrisk middel  $<1 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) eller i aktiviteter uden aktivt arbejde med asbest eller produkter (f.eks. kontorarbejde  $<0,04 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

## **Overordnet udvikling i asbestkoncentrationer over tid**

Der er meget stor forskel på antallet af målinger i databasen fra de forskellige typer virksomheder, og derfor kan der ikke laves en pålidelig overordnet global analyse af datasættet. Mere end 97 % af målingerne af høj kvalitet er lavet i virksomheder, hvor der blev fremstillet eternitprodukter (virksomhedskode 36.993;  $n = 3.060$ ), og hvor der fremstilles bremseklodser (virksomhedskode 38.439;  $n = 5.957$ ).

I Figur 5 kunne vi se, at for disse to virksomhedstyper var koncentrationen af asbest i forbindelse med rengøringsaktiviteter, fremstillingsprocesser og lagerarbejde i perioden 1981-1997 ca. en syvendedel af udsættelsen i den tidligere periode 1971-1980. En mere dybdegående undersøgelse af den tidlige udvikling i disse to typer virksomheder blev lavet ved at filtrere datasættet ned til de personbårne målinger med kvantitative måledata opsamlet udenfor eventuelt åndedrætsværn. Dette resulterede i 5.670 målinger, hvoraf der ikke var blevet fundet asbest i 154 målinger (alle i produktion eller transport, lager, og pakkeri).

Plottes disse data som funktion af måledatoen ses et klart overordnet fald i de målte asbestkoncentrationer over tid. Det fremgår også, at faldet sker i takt med, at de danske grænseværdier bliver lavere (Figur 6).



**Figur 6.** Udviklingen i koncentrationen i personbårne asbestmålinger i virksomhedstyperne (36993 og 38439) som funktion af året, de er målt i (n = 5670). Den blå og grå linje viser det statistiske fald i koncentrationer over tid for virksomhedstype 36993 (grå) og 38439 (blå). De horisontale røde linjer viser forskellige tidsvægtede 8-timers grænseværdier for asbestudsættelse gennem tiden (BAI, 2021; Arbejdstilsynet, 2004; Arbejdstilsynet, 2021):

1970-1980	8-timers middel grænseværdi på 2 fibre·cm <sup>-3</sup>
1980-1985	8-timers middel grænseværdi på 1 fibre·cm <sup>-3</sup>
1985-1988	8-timers middel grænseværdi på 0,5 fibre·cm <sup>-3</sup>
1988-2005	8-timers middel grænseværdi på 0,3 fibre·cm <sup>-3</sup>
2005-2022	8-timers middel grænseværdi 0,1 fibre·cm <sup>-3</sup> (ikke vist)
2022-dd	8-timers middel grænseværdi 0,003 fibre·cm <sup>-3</sup> (ikke vist)



Ud fra grafen ses også, at en betydelig andel af måleresultaterne er højere end den gældende tidsvægtede gennemsnitlige 8-timers grænseværdi for perioden. Samtidig ses det, at de højest målte asbestudsættelser generelt falder ned mod den gældende 8-timers grænseværdi henover perioden for, hvornår de enkelte grænseværdier gælder.

Det skal dog igen fremhæves, at målingerne, som er vist ovenfor, repræsenterer den *eksterne udsættelse*, som man ville kunne opnå ved arbejdsopgaven *uden brug af åndedrætsværn*. Desuden er målingerne lavet indenfor et tidsinterval på mellem 6 minutter og 185 minutter. Heraf var 4 målinger lavet over 0-15 minutter; 5 målinger var lavet over 15-30 minutter; 2.717 målinger var lavet over 30-60 minutter, og 76 målinger var lavet over 60-185 minutter. De resterende 2.868 målinger havde ikke information om, hvor lang tid prøverne var opsamlet over.

Kombineret med oplysningerne om arbejdsopgaver kan det konkluderes, at de målte asbestkoncentrationer generelt bør vurderes ud fra grænseværdien for 8-timers middeleksponering og de til tiden anvendte beskyttelsesforanstaltninger (se nærmere i Figur 5).

## Diskussion

### Historiske udsættelser for luftbåren asbest i Danmark

Den etablerede database over historiske asbestmålinger i danske virksomheder udgør den første samlede viden om koncentrationer af luftbåren asbest og personbårne asbestmålinger i det danske arbejdsmiljø. Resultaterne gør det muligt at få indblik i, hvilke niveauer af asbestudsættelse der kunne forekomme i forskellige brancher, virksomhedstyper og arbejdsprocesser. Måleresultaterne indikerer, at de luftbårne asbestkoncentrationer har været væsentligt højere end de sidste grænseværdier, der trådte i kraft i 2002 ( $0,1 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) og endelig i 2022 ( $0,003 \text{ fibre}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Mange har, ifølge databaseinformationerne, historisk set arbejdet uden brug af personlige værnemidler (åndedrætsværn).

De målte historiske luftkoncentrationer for asbest i arbejdsscenerier, der stadig kan forekomme ifm. asbestsanering, er generelt væsentligt højere end den eksisterende grænseværdi i arbejdsmiljøet. Der er ingen kendt tærskelværdi for helbredseffekter af inhaleret asbest (Hadrup et al., 2019). Disse historiske data viser vigtigheden af at bruge maksimal beskyttelse i form af filtreret ventilation og brug af højeffektive åndedrætsværn.

Et stort datasæt fra to brancher giver et unikt billede af, hvordan den historiske udsættelse for asbest falder løbende henover tid. Faldet i de målte asbestudsættelser sker i takt med, at grænseværdien for luftbåren asbest i arbejdsmiljøet reduceres. Denne sammenhæng indikerer, at der har været en god værdi i at etablere grænseværdierne, og at den for asbest har været operationel i forhold til at reducere udsættelserne for asbest over tid.

## Begrænsninger

Det skal også nævnes, at målingerne i den danske asbesteksponeringsdatabase har nogle begrænsninger, der påvirker mulighederne for grundigt at sammenligne og fortolke de historiske måledata bredt:

- De fleste af de registrerede datasæt mangler detaljer om, hvordan målingerne er lavet eller måledesign, herunder opsamlingstid og luftvolumen opsamlet. Dette er nødvendigt for kunne fortolke data fuldt ud. Selvom nogle arkiver og rapporter gav generel indsigt i arbejdsforholdene på danske arbejdspladser, manglede der oftest vigtige oplysninger om den specifikke industri, arbejdssituation, kontrolforanstaltningerne (f.eks. personligt åndedrætsværn, indkapsling af processen, lokal ventilation), målet med og varigheden af målingerne. Ved flere af datapunkterne var det uklart, om dataene var baseret på stationær eller personlig prøveudtagning, og året for prøvetagning blev ikke altid rapporteret. Før 1980 var der kun få kvantitative eksponeringsoplysninger med kun 2.189 målinger svarende til 37 % af de målte 5.869 situationer. Når denne type beskrivelser mangler, og der er et begrænset antal kvantitative eksponeringsmålinger, giver det usikkerhed ift. fortolkning af tendenser over tid i asbesteksponeringsniveauer, idet resultaterne kan variere med ændringer i målestrategien, interventioner og procesegenskaber (Cherrie et al. 1989; Burdett, 1998; Swuste et al., 2008).
- Størstedelen af de registrerede asbestmålinger er enten angivet til eller kan antages at have været opsamlet med passende metoder og analyseret ved hjælp af fasekontrastmikroskopmetoder (PCM). En stor andel af det totale datasæt (5828) manglede dog information om prøvetagningsteknikken og tælleprocedure. PCM-metoden har en begrænsning i, at man ved den metode ikke altid kan skelne mellem asbest- og ikke-asbestfibre, mens man ved SEM og TEM er i stand til at skelne mellem fibertyper, men til gengæld kan være udfordret ved måling af store fibre. PCM har som lysmikroskop desuden en lavere opløsning, som gør det svært til umuligt at måle på tynde fibre (bredde mindre end 0,25  $\mu\text{m}$ ). Det gør, at antallet af asbestfibre potentielt bliver undervurderet med PCM (Nielsen et al., 2014; Eypert-Blaison et al., 2018).
- De fleste kvantitative data stammer fra målinger lavet i den danske bilindustri (fremstilling af motorer, bremses, gear, hjul mv.) og eternitindustrien, der producerede asbestprodukter (i alt 9.017 datasæt ud af 9.236; 5.677 ud af 5.869 med data for asbestkoncentration). De fleste af disse målinger blev udført som en del af en myndighedskontrol. Det er derfor muligt, at måleresultaterne har en overrepræsentation af arbejdssteder og -situationer, hvor asbestudsættelsen har været relativ høj. I næsten alle andre erhvervs-kategorier og industrier var antallet af tilgængelige målinger begrænset. Forfatterne mener dog, at resultaterne er retvisende i forhold til de vigtigste fund angivet i rapporten.

# Konklusion

Der er etableret en database over historiske asbestudsættelser i danske virksomheder (for perioden 1971-1997), som udgør den første samlede viden om asbestkoncentrationer og udsættelse for luftbåren asbest i det danske arbejdsmiljø. Resultaterne er angivet sammen med den tilgængelige information om bl.a. virksomhedstype, arbejdsopgave, brug af beskyttende foranstaltninger, målestrategi, analysemetode mv. Database indeholder i alt 9.236 datasæt, hvoraf asbestkoncentrationer er angivet for 5.869 målinger med information om måleposition samt dato eller år for målingen.

De højeste luftbårne fiberkoncentrationer blev registreret under den aktive håndtering af asbestprodukter i byggeriet målt i perioden 1984-1989 i datasættets seneste regulatoriske periode (1981-1997). De næsthøjeste eksponeringer blev målt i fremstillingsprocesser i foregående regulatoriske periode 1971-1980 efterfulgt af rengøring af asbestholdige materialer og lageraktiviteter. De laveste personlige eksponeringer for asbest blev observeret i perioden 1981-1997 for vedligeholdelsesarbejdere og arbejdere, der er involveret i generelle overvågnings- og inspektionsopgaver eller aktiviteter, der ikke kræver direkte kontakt eller arbejde med produkter.

Den eksisterende 8-timers grænseværdi på  $0,003 \text{ fibre-cm}^{-3}$  (fra 2022) var overskredet i 5.717 af de 5.869 målinger med data, der var opsamlet i perioden 1971-1997. Det blev også observeret, at mange målinger overskred den gældende grænseværdi i perioden for målingerne, men størstedelen af målekoncentrationerne var dog stadig under den gældende grænseværdi for perioden.

Overordnet ses et fald i de luftbårne asbestkoncentrationer over tid. En analyse af datasættet fra de to fremstillingsbrancher (betonvarefabrikker og bilindustri i øvrigt), der udgør størstedelen af de opsamlede data i databasen, viste, at den personlige udsættelse for asbest (udenfor eventuelt anvendt åndedrætsværn) faldt løbende, i takt med at værdierne for grænseværdierne blev reduceret.

Selvom der er begrænsninger i datasættet for de historiske asbestmålinger præsenteret i denne rapport, vurderes dataene som meget nyttige til at identificere specifikke arbejdsscenerier, hvor relativt høje asbesteksponeringsniveauer har fundet sted og kan forekomme. Dataene kan understøtte historisk vurdering af sundhedseffekter og epidemiologiske vurderinger, men kan også bruges som information om potentielle eksponeringsrisici forbundet med arbejdsprocesser, der fx kan forekomme under asbestsanering i dag.

# Referencer

- Arbejdstilsynet (2023). <https://at.dk/arbejdsmiljoeproblemer/kemi/asbest-i-arbejdsmiljoet/> (Valideret tilgang 12/7 2023).
- Arbejdstilsynet (1986). AT BEK nr. 660 af 24/09/1986. *Bekendtgørelse om asbest (Asbestbekendtgørelsen)*. Beskæftigelsesministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1986/660>. (Valideret tilgang 12/7 2023)
- Arbejdstilsynet (2004). AT BEK nr. 1502 af 21/12/2004. *Bekendtgørelse om asbest*. Beskæftigelsesministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2004/1502>. (Valideret tilgang 12/7 2023).
- Arbejdstilsynet (2021). AT BEK nr. 2203 af 29/11/2021. *Bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer*. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/2203> (Valideret tilgang 12/7 2023).
- ATABAS (1986) *Arbejdstilsynets database for arbejdspladsmålinger*. ATABAS. Opgørelser for perioden jan. 1983 – dec. 1985. Arbejdsmiljøinstituttet. Upubliceret.
- BAI - Efteruddannelsesudvalget for Bygge/anlæg og industri (2021). *Sikkerhed ved arbejde med asbestholdige materialer - Engelsk, Litauisk, Polsk, Rumænsk*. Dato for sidste ændring: 14-10-2021 <https://materialeplatformen.dk/bookpage/117604244> (Valideret tilgang 12/7 2023)
- BM (2018). *Bilag d: Regler og fakta om asbest*. Arbejdstilsynet April 2018. <https://bm.dk/media/7199/bilag-d-regler-og-fakta-om-asbest.pdf> (Valideret tilgang 12/7 2023).
- Bonifazi, G., Capobianco, G., & Serranti, S. (2018). Asbestos containing materials detection and classification by the use of hyperspectral imaging. *Journal of Hazardous Materials*, 344: 981-993. doi:10.1016/j.jhazmat.2017.11.056.
- Brauer, C., Baandrup, U., Jacobsen, P., Krasnik, M., Olsen, J.H., Pedersen, J.H., Rasmussen, T.R., Schlünssen, V., Sherson, D., Svolgaard, B., Sørensen, J.B., & Omland, Ø. (2009). Screening for asbestbetingede sygdomme? *Ugeskrift for Læger*, 171: 433–436.
- Burdett, G. A (1998). Comparison of historic asbestos measurements using a thermal precipitator with the membrane filter-phase contrast microscopy method. *Annals of Occupational Hygiene*, 42: 21–31.
- Cherrie, J., Addison, J., & Dodgson, J. (1989). Comparative Studies of Airborne Asbestos in Occupational and Non-Occupational Environments Using Optical and Electron Microscope Techniques. *IARC Scientific Publications*, 90: 304–309.
- ECHA (2016). *ECHA Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R . 14 : Occupational exposure assessment*; ISBN 9789294950819.
- Eypert-Blaison, C., Romero-Hariot, A., Clerc, F.; Vincent, R. (2018). Assessment of occupational exposure to asbestos fibers: Contribution of analytical transmission electron microscopy analysis and comparison with phase-contrast microscopy. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 15/3:263-274.
- Gualtieri, A.F. (2017). Mineral Fibres: Crystal Chemistry, Chemical-Physical Properties, Biological Interaction and Toxicity. *European Mineralogical Union Notes in Mineralogy*, 18: 7-9.

- Fonseca, A.S., Jørgensen, A.K., Larsen, B.X., Moser-Johansen, M., Flachs, E.M., Ebbelhøj, N.E., Bønløkke, J.H., Østergaard, T.O., Bælum, J., Sherson, D.L., Schlünssen, V., Meyer, H.W., & Jensen K.A. (2022). Historical Asbestos Measurements in Denmark-A National Database. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2): 1-17. doi.org/10.3390/ijerph19020643
- Franken, R., Shandilya, N., Marquart, H., McNally, K., & Fransman, W. (2020). Extrapolating the Applicability of Measurement Data on Worker Inhalation Exposure to Chemical Substances. *Annals of Work Exposures and Health*, 64(3):250-269 doi:10.1093/annweh/wxz097.
- Greenberg, M. & Lloyd Davies, T.A. (1974) Mesothelioma Register 1967-68. *British Journal of Industrial Medicine*, 31(2): 91–104. doi:10.1136/oem.31.2.91.
- Hadrup, N., Saber, A.T., Jacobsen, N.R. & Vogel, U. (2019). *Asbestos - Scientific basis for setting a health-based occupational exposure limit*. National Research Centre for the Working Environment., 98 p.  
<https://www.ft.dk/samling/20191/almdel/beu/bilag/101/2130133.pdf>
- Hendry, N.W. (1965). The Geology, Occurrences, and major Uses of Asbestos. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 132(1): 12-21. doi:10.1111/j.1749-6632.1965.tb41086.x
- Hein, M.J., Stayner, L.T., Lehman, E. & Dement, J.M. (2007). Follow-up study of chrysotile textile workers: Cohort mortality and exposure-response. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 64, 616—625.
- Lanphear, B.P. & Buncher, C.R. (1992). Latent period for malignant mesothelioma of occupational origin. *Journal of Occupational Medicine*, 34(7): 718-21. PMID: 1494965.
- Lazarus, A. & Philip, A. (2011) Asbestosis. *Disease-a-Month*, 57/1:14-26
- Lewis, I.R., Chaffin, N.C., Gunter, M.E. & Griffiths P.R. (1996). Vibrational spectroscopic studies of asbestos and comparison of suitability for remote analysis. *Spectrochimica Acta - Part A Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 52(3): 315-328. doi:10.1016/0584-8539(95)01560-4.
- Matsuzaki, H., Maeda, M., Lee, S., Nishimura, Y., Kumagai-Takei, N., Hayashi, H., Yamamoto, S., Hatayama, T., Kojima, Y., Tabata, R., Kishimoto T., Hiratsuka J., & Otsuki T. (2012). Asbestos-induced cellular and molecular alteration of immunocompetent cells and their relationship with chronic inflammation and carcinogenesis. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 492608, 1-9. doi:10.1155/2012/492608
- Nielsen, A. (1986). Asbestos in the indoor atmosphere and environment. *Ugeskrift for Læger*, 148: 3323–3328.
- Paglietti, F., Malinconico, S., della Staffa, B.C., Bellagamba, S. & De Simone, P. (2016) Classification and management of asbestos-containing waste: European legislation and the Italian experience. *Waste Management*, 50: 130-150. doi:10.1016/j.wasman.2016.02.014.
- Roggli, V., Gibbs, A.R., Attanoos, R., Churg, A., Popper, H., Corrin, B., Franks, T., Galateau-Salle, F., Galvin, J., Hasleton, P. & Honma, K. Pathology of asbestosis: An update of the diagnostic criteria response to a critique. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 140/9: 950–952.

- Stayner, L., Smith, R., Bailer, J., Gilbert, S., Steenland, K., Dement, J., Brown, D. & Lemen, R. (1997). Exposure-response analysis of risk of respiratory disease associated with occupational exposure to chrysotile asbestos. *Occupational and Environmental Medicine*, 54(9): 646–652. doi: 10.1136/oem.54.9.646
- IARC (2012). *Asbestos (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite)*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100C.
- Pira, E., Pelucchi, C.; Piolatto, P.G., Negri, E., Bilei, T. & La Vecchia, C. (2009). Mortality from cancer and other causes in the Balangero cohort of chrysotile asbestos miners. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(12): 805-809. doi:10.1136/oem.2008.044693.
- Raffn, E., Lynge, E., Juel, K. & Korsgaard, B. (1989). Incidence of cancer and mortality among employees in the asbestos cement industry in Denmark. *British Journal of Industrial Medicine*, 46: 90–96.
- Selikoff, I.J., Hammond, E.C. & Seidman, H. (1980). Latency of asbestos disease among insulation workers in the United States and Canada. *Cancer*, 46(12): 2736-40. doi: 10.1002/1097-0142(19801215)46:12<2736::aid-cnrcr2820461233>3.0.co;2-l.
- Skammeritz, E., Omland, L.H., Johansen, J.P. & Omland O. (2011). Asbestos exposure and survival in malignant mesothelioma: A description of 122 consecutive cases at an occupational clinic. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2(4): 224-236. PMID: 23022841.
- Swuste, P., Dahhan, M. & Burdorf, A. (2008). Linking Expert Judgement and Trends in Occupational Exposure into a Job-Exposure Matrix for Historical Exposure to Asbestos in The Netherlands. *Annals of Occupational Hygiene*, 52: 397–403.
- Wang X, Lin S, Yu I, Qiu H, Lan Y, & Yano E. (2012). Cause-specific mortality in a Chinese chrysotile textile worker cohort. *Cancer Science*, 104(2): 245-249. doi:10.1111/cas.12060.

# Appendix 1: Informationer i databasen

**Tabel A1.1:** Liste over informationsfelter i databasen over historiske asbestmålinger som den forefindes publiceret med den videnskabelige artikel (Fonseca et al., 2021).

Origin of data
Journal Number
Industry sector
DSE77_v5 (harmonized and validated industry codes)
Job code (ARTARB)
Task code (ARBOPG)
Categories of occ. title groups
Description of measurement place
Simplyfied description of activity
Detailed description of activity
Worker experience(specify the worker experience in years according the drop down list)
Working hours/day at the measurement position
Number of people working in the same working area (potentially exposed group of people)
Purpose of the measurement (use drop down list)
Sampling position (use drop down list)
Material (CAS Name)
CAS Number
General ventilation (use drop down list)
Control measures
Personal protection
Air temperature (°C)
Relative humidity (%)
Anonymous sampling case number
Anonymous subject identifier (if several samplings were done with the same person, please attribute a number starting from "1")(X if stationary)
Test number
Date of sampling (dd-mm-yyyy)
Start time of sampling (hh:mm)
End time of sampling (hh:mm)
Sampled time (hh:mm)
Pump Flow (L/min)
Volume sampled (L; dm <sup>3</sup> )
Counts of fibers

Number of fields analysed
Concentration (fibers/cm <sup>3</sup> )
Dust concentration (mg/m <sup>3</sup> )
Filter sampling method (please specify according the ANAMET worksheet)
Analysis method (fibers counting); (please specify according the ANAMET worksheet)
Comments
General notes regarding specific case
Relevancy of the exposure scenario



## Appendix 2: Data plottet i Tabel 5

**Tabel A2.1:** Data plottet i Tabel 5 med angivelse af fibermålekoncentrationer for virksomhedskoder og måleperiode.

	Virksomhedskoder	Måleperioden	Fiberkoncentration (fibre·cm <sup>-3</sup> )		
			Minimum	Geometrisk gennemsnit	Maksimum
<b>Fremstilling af asbestprodukter</b>	36993 (Betonvarefabrikker)	1971-1980	0,00	1,1	103,00
	36993 (Betonvarefabrikker)	1981-1985	0,00	0,2	3,80
	38439 (Bilindustri i øvrigt)	1980	0,10	1,2	15,80
	38439 (Bilindustri i øvrigt)	1981-1997	0,00	0,2	11,00
	36912 (Fremstilling af molerprodukter)	1976	0,40	1,9	8,40
<b>Aktiv håndtering</b>	50121 (Almindelige entreprenørforretninger)	1984	3,00	3,77	4,70
	50140 (Tømrerarbejde)	1984	0,07	0,23	0,39
	71110 (Jernbaner)	1985	0,10	0,75	1,80
	93406 (Velfærdsinstitutioner)	1984	0,14	0,35	0,71
	95131 (Autoreparationsværksteder)	1985	N/A	1,70	N/A
	41010 (Elværker-isolering)	1986	N/A	4,65	N/A
	50160 (VVS-installatør)	1987	0,24	1,58	4,11
	50160 (VVS-installatør)	1987	0,01	0,03	0,06
	50130 (Tagarbejder)	1986-1989	0,17	2,11	4,93
	50130 (Gulvarbejder)	1989	3,30	34,78	92,00
91030 (Forsvar og civilforsvar)	1983	N/A	1,48	N/A	
<b>Transport, lager, og pakning</b>	36993 (Betonvarefabrikker)	1971-1980	0,00	0,70	50,00
	36993 (Betonvarefabrikker)	1981-1985	0,00	0,16	0,70
	38439 (Bilindustri i øvrigt)	1982-1997	0,04	0,10	0,23

	91030 (Forsvar og civilforsvar)	1983	N/A	0,98	N/A
<b>Vedligeholdelse</b>	71110 (Jernbaner)	1985	N/A	0,10	N/A
	95131 (Autoreparationsværksteder)	1985	0,40	0,81	1,50
	95139 (Autoservice i øvrigt)	1984	0,20	0,36	0,60
<b>Tilsyn og inspektionsopgaver</b>	38439 (Bilindustri i øvrigt)	1980	N/A	1,00	N/A
	38439 (Bilindustri i øvrigt)	1981 -1990	0,10	0,15	0,20
<b>Rengøring</b>	36993 (Betonvarefabrikker)	1971-1980	0,00	0,80	43,10
	36993 (Betonvarefabrikker)	1981-1984	0,00	0,21	0,70
	38312 (Elektromekaniske værksteder)	1984	0,50	1,49	3,50
	38439 (Bilindustri i øvrigt)	1982-1985	0,13	0,20	0,28
	50130 (Murerforretninger)	1989	4,64	6,40	8,70
	71110 (Jernbaner)	1985	0,55	0,62	0,70



