

Endelig rapport 16. december 2009

*Forundersøgelse:*

# Forekomst af **PCB** i en- og tofamiliehuse

Rapport til Erhvervs- og Byggestyrelsen, Miljøstyrelsen og Arbejdstilsynet  
EBST sagsnr. 09/02028  
FORCE sagsnr. 109-28513

Af

Allan Astrup Jensen og Ole Schleicher  
FORCE Technology

Walter Sebastian  
BMT Bygge- og Miljøteknik A/S – Rådgivende Ingeniører

Niels Trap  
Golder Associates

Arkitekt Finn Zeuthen





## Forord

Denne undersøgelses formål er at undersøge, hvilken viden der foreligger om forekomst af PCB forurening i bygninger og indeklime i ind- og udland, og specielt for en- og tofamiliehuse.

Desuden har undersøgelsen haft til formål at tilvejebringe et fagligt grundlag for en vurdering af om forekomsten af PCB-holdige byggematerialer i danske en- og tofamiliehuse er så begrænset, at disse bygninger kan undtages fra øvrige opfølgende undersøgelser og eventuelle initiativer rettet mod PCB, som er sket i andre lande.

Undersøgelsen er en opfølgning af rapporten "Sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger", Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1 2009. I forbindelse med offentliggørelsen blev det dengang tilkendegivet, at da denne undersøgelse kun omfattede 10 bygninger vidste man ikke præcist, hvor udbredt PCB er i danske bygning og i hvilke koncentrationer det evt. forekommer. Arbejdstilsynet, Erhvervs- og Byggestyrelsen og Miljøstyrelsen har derfor med dette projekt ønsket at få afdækket PCB problemets omfang med henblik på at undersøge, om der er behov for en særlig indsats, og hvordan indsatsen i givet fald skal målrettes.

Undersøgelsen er finansieret af Erhvervs- og Byggestyrelsen, Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen med Erhvervs- og Byggestyrelsen som projektleder. Undersøgelsen er gennemført i et samarbejde mellem FORCE Technology, BMT Bygge og Miljøteknik, Golder Associates og arkitekt Finn Zeuthen og resultatet heraf er nærværende rapport.

Rapporten indeholder en oversigt over anvendelsen af PCB i byggevarer på det danske marked samt forekomsten af PCB i bygninger, der er opført eller renoveret i årene 1950 til 1977, hvor PCB var lovligt at anvende. Specielt fremhæves oplysninger relevant for en- og tofamiliehuse.

Desuden indeholder rapporten en oversigt over undersøgelser af PCB i bygninger i vore nabolande Sverige, Norge og Tyskland samt i fx Finland, Schweiz og Nordamerika. Herunder er nøglepersoner (myndighedspersoner, eksperter) i flere af landene interviewet specielt om undersøgelser af en- og tofamiliehuse.

Forundersøgelsen er udført i løbet af sommeren og det tidlige efterår 2009 med en stram tidsplan og begrænset budget.

Forundersøgelsen har haft en følgegruppe, som udover projektudøverne, bestod af Ersün Züfer (EBST), Ove Nielsen (EBST), Lene Graversen (MST) og Jette Heltved (MST), samt Jørgen Partsch (AT) og Finn Gamel (AT). Følgegruppen har holdt 1 møde.

Synspunkterne i rapporten er forfatterens ansvar og deles ikke nødvendigvis af Følgegruppen.



## Indholdsfortegnelse

Forord .....	3
Sammenfatning .....	7
1. Indledning .....	18
a. Baggrund .....	18
b. Hvad er PCB og hvad har det været anvendt til? .....	19
c. PCB forbud .....	20
d. Undersøgelsens formål, indhold og metode .....	21
2. Kort beskrivelse af relevante udenlandske regler og undersøgelser af PCB i bygninger og indeklime med specificering af forholdene for en- og tofamiliehuse .....	21
a. Sverige .....	21
b. Norge .....	32
c. Finland .....	38
d. Tyskland .....	40
e. Schweiz .....	48
f. Det Forenede Kongerige .....	51
g. Nordamerika .....	51
h. Sammenfattende vurdering af de udenlandske undersøgelser .....	55
3. Anvendelse, forekomst og bortskaffelse af PCB i byggematerialer og byggevarer, specielt på det danske marked .....	63
a. PCB-holdige byggematerialer og byggevarer .....	63
b. PCB i elektriske apparater og el-ledninger i Danmark .....	72
c. Bortskaffelse af PCB-holdige byggematerialer .....	73
d. Sammenfatning og vurdering af anvendelse af PCB i danske bygninger .....	73
4. Beskrivelse af dansk byggeskik og boligforhold og deres betydning for PCB anvendelse, specielt for en- og tofamiliehuse, og sammenligning med forholdene i vore nabolande .....	75
a. Dansk byggeskik og en- og tofamiliehuse .....	75
b. Anvendte materialer og byggeskik .....	76
c. Typehuse .....	81
d. Sammenfatning og vurdering af dansk byggeskik for en- og tofamiliehuse .....	84
5. Oversigt over tidligere og igangværende undersøgelser af forekomst af PCB i danske bygninger, boligmiljø og i byggeaffald .....	85
a. Eksempler på undersøgelser .....	85
b. Sammenfatning og vurdering af danske undersøgelser .....	93
6. Konklusioner .....	95
a. Forekomst af PCB i danske byggevarer .....	95
b. Forekomst af PCB i danske bygninger .....	95
c. Forekomst i en- og tofamiliehuse .....	95

d.	Branchens aktører i Danmark .....	96
e.	Forskelle mellem landene.....	96
f.	PCB inventering og sanering af fuger .....	97
g.	PCB i maling .....	97
h.	PCB i termoruder.....	98
i.	PCB i lysarmaturer.....	98
j.	PCB i loftsplader og akustiske plader .....	98
k.	Arbejds miljø ved sanering.....	98
l.	PCB i indeluft .....	99
m.	Målinger og målemetoder .....	99
n.	Opsummering .....	100

# Sammenfatning

## Baggrund

Denne undersøgelses hovedformål er at tilvejebringe et fagligt grundlag for en vurdering af om forekomsten af PCB-holdige byggematerialer i danske en- og tofamiliehuse (parcel- og rækkehuse) er så begrænset, at disse boliger kan undtages fra øvrige opfølgende undersøgelser og initiativer rettet mod PCB.

Den eksisterende viden om anvendelse og forekomst af PCB-holdige byggematerialer i danske bygninger indsamlet og gennemgået. Det er desuden vurderet, om der i nævneværdigt omfang har været anvendt PCB-holdige byggematerialer og byggevarer i danske en- og tofamiliehuse. Som en del af projektet er indsamlet oplysninger om udenlandske undersøgelser og initiativer vedrørende PCB i bygninger og indeklima, specielt i vore nabolande, og specielt vedrørende forhold, der ligger til grund for eventuelle undtagelser af en- og tofamiliehuse.

PCB eller polychlorerede biphenyler er en familie af 209 beslægtede stoffer (congenerer), og handelsprodukterne var olieagtige blandinger af indtil 100 af disse stoffer. PCB er blødgørende og meget stabilt overfor varme og inert overfor kemiske påvirkninger, og da det samtidig er elektrisk isolerende, blev det tidligere især brugt i store mængder i elektriske apparater, som fx kondensatorer og transformatorer.

Fra den 1. januar 1977 blev alle åbne anvendelser af PCB forbudt, og al ny anvendelse af PCB i lukkede systemer blev forbudt 1. november 1986. Senere regler bestemte, at indholdet af PCB i større transformatorer og kondensatorer skulle være helt bortskaffet senest den 1. januar 2000.

PCB er svært nedbrydeligt i naturen (persistent); det er fedtelskende (lipophil) og akkumuleres med tiden i dyr og menneskers fedtvæv. Det opkoncentreres gennem naturens fødekæder, så organismer højt i fødekæden bliver særligt udsat for stoffets skadelige og uønskede virkninger på især enzym-, hormon-, nerve- og immunsystemer. PCB vurderes desuden til at være muligt kræftfremkaldende i mennesker.

## 1) PCB i byggeriet i Danmark

### PCB anvendelse i Danmark

Den formodede primærperiode for anvendelse af PCB-holdige byggematerialer og byggevarer i byggeriet i Danmark var perioden 1950-1977. I denne periode blev PCB i et vist omfang anvendt i byggeriet i bygningsfuger, i fuger i betonelementer, i forseglingsmaterialer til termoruder, i maling og materialer til gulve samt til puds, beton og spartelmasser. PCB kunne yderligere forekomme i kit, fugebånd, linoleum, gulvbelægninger af PVC, fliseklæb og tæpper, samt i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer.

PCB kan ligeledes være blevet anvendt i bygninger fra før 1950 fx i forbindelse med senere renovering, om- og tilbygning, vinduesudskiftning o.l. foretaget mellem 1950 og indtil 1977. Det kan ikke udelukkes, at PCB også er indgået i enkelte byggevarer produceret før 1950, fx i maling og plastificeret gummi.

## **PCB restmængder**

På grund af den lave flygtighed og høje koncentration vil PCB fortsat forekomme i fuger og indeluft mange år, efter det er installeret, da PCB ikke er bundet men kun opløst i fugemassen, og derfor vil diffundere ud i og kontaminere de dækkende materialer.

Den største anvendelse og de største restmængder af PCB knytter sig til elastiske fugemasser mellem betonelementer, i kalfatringsfuger om vinduer og døre, i gulvfuger og andre fuger anvendt i bygninger i perioden 1950-1976 og tætningsmasse/forseglingsslim til termoruder i perioden 1967-1973. PCB er i mindre omfang anvendt i maling og i tætningsmaterialer til vådrum.

PCB-holdige fugefrie betongulve og skridsikre belægninger, fx Acrydur<sup>®</sup>, har været anvendt fra ca. 1955 – 1975 i både Danmark og Sverige og blev fortrinsvis brugt i industrien, i trykkerier og i storkøkkener, men også i bryggers/kælder i en- og tofamiliehuse og på svale- og altangange i fx rækkehuse.

Små PCB-holdige kondensatorer i armaturer til lysstofrør vurderes til stort set at være ude af virksomheder, men er fundet ved undersøgelser specifikt rettet mod PCB i en- og tofamiliehuse opført 1970-1972. Størrelsen af restmængden kan ikke vurderes.

## **PCB-holdige byggevarer i affaldsstrømmen**

I et tidligere MST Miljøprojekt nr. 1084, 2006, blev fordelingen af PCB i byggevarer vurderet og de åbne anvendelser i fugemasser, termoruder og maling mv. blev vurderet til at udgøre 39 % af totalforbruget med en forudsat levetid på 10-35 år.

Prognosekurver blev udarbejdet som viste at PCB i byggeaffald ville toppe i 2001 med 60 tons og falde til under 10 tons i 2010. Denne prognose ser ikke ud til at holde pga. det stigende antal nye opdagelser af bygninger med PCB rundt om i landet. Den fortsatte forekomst tyder på, at man tidligere har underestimeret PCB's levetid i bygninger. Et andet projekt viste, at de tidligere forudsete forekomster af PCB i byggeaffaldet findes, men sjældent ses i prøverne pga. den meget store fortynding i de samlede affaldsmængder.

## **Bygningstyper hvor PCB er blevet anvendt**

Kun få danske bygninger er undersøgt for forekomst af PCB. De hidtidige undersøgelser har især været gennemført i institutioner, skoler, gymnasier, universiteter, hospitaler, biblioteker, erhvervsbygninger og større boligkomplekser samt enkelte enfamiliehuse, rækkehuse og stuehuse, og de har enten været af et meget begrænset omfang eller hvor detaljer ofte er fortrolige.

Der foreligger enkelte undersøgelser af en- og tofamiliehuse, hvor der blev fundet meget lave koncentrationer af PCB i fuger og indeluft. Herudover er PCB forurening konstateret i enkelte parcelhuse i forbindelse med om- eller tilbygning, renovering, herunder udskiftninger af fuger og vinduer, renovering af vådrums gummibelægninger i stuehuse.

Omfanget af PCB-anvendelsen i Danmark i en- og tofamiliehuse kendes dog ikke, men mange af de PCB-holdige byggematerialer og byggevarer, som er nævnt ovenfor, må forventes også at være anvendt i en- og tofamiliehuse, specielt i fuge- og gulvmasser,



betongulvmaling og ikke mindst termoruder. Desuden i perioden 1950-1970 blev mange gulve i en- og tofamiliehuse i Danmark belagt med PVC (vinyl), som i flere tilfælde havde indhold PCB.

### **Retningslinjer for registrering af PCB udarbejdet**

Fagentreprenører og specialrådgivere har erfaring for, at der ikke blandt bygherrer og rådgivere er nær nok fokus på risikoen for PCB. I Københavns Kommune har udarbejdelsen af klare retningslinjer for registrering og udsortering af PCB, imidlertid betydet en væsentligt øget opmærksomhed for problemerne blandt byggebranchens aktører.

### **Målinger af PCB i danske bygninger**

PCB er målt typisk i koncentrationer på 3-10 % i fuger mellem vægelementer og facadeelementer i en del bygninger, bl.a. skoler, børneinstitutioner og industribygninger.

I en undersøgelse af 386 termoruder for PCB, blev det vurderet at der var PCB i 16 % af ruderne, og at den årligt håndterede affaldsmængde herfra udgjorde ca. 2-3 tons PCB.

Man har ikke i Danmark været særlig opmærksom på mulig forekomst af PCB i indeklimaet, og der foreligger kun få undersøgelser. De højeste målte koncentrationer målt i boliger, skoler og børneinstitutioner var omkring 1000 gange højere end typiske baggrundskoncentrationer og 8 gange over den aktionsgrænseværdi på 300 ng/m<sup>3</sup>, som Sundhedsstyrelsen har fastsat.

### **PCB i en- og tofamiliehuse**

Dansk byggeskik, husbygning, byggeteknik og byggematerialer for en- og tofamiliehuse afviger ikke væsentligt fra vore nabolande Sverige, Norge, Tyskland og England. Antallet af nye byggematerialer i en- og tofamiliehuse steg voldsomt i 60'erne og 70'erne samtidig med at nye byggemetoder og materialer udvikledes. Ligesom de tydeligvis skete et skifte fra håndværksprægede traditioner til mere industrialiserede metoder og både produceredes og importeredes mange byggevarer i perioden. Traditionelle byggemetoder og materialer blev erstattet af elementer og plader og plast blev indført, både i skjulte og synlige samlingsmetoder og i de anvendte byggematerialer. Enkelte typehuse blev opført som præfabrikeret byggeri på præstøbt fundament og terrændæk.

Fra 50'ernes en- og tofamiliehuse med potentielt få PCB-holdige materialer udvikler byggeteknik og arkitektur sig til varmeisolerede huse med PCB-holdige termoruder og kalfatringsfuger med fugemasse. 1-trinsfugeløsninger ændrer sig hurtigt til 2-trinsfugeløsninger med fugemassefuger ude som inde. Enkelte typehuse opføres med systemelementer, som samles på byggepladsen og hvor samlinger lukkes med fugemasse eller tætningsbånd. Mange traditionelle materialer tilføres plast, hvor PCB kan indgå. For glarmesterarbejde bibeholdes kit til nogle opgaver, mens andre opgaver løses med fugemasse. Mange gulvmaterialer skifter fra træ til linoleum, vinyl og lak, som kan indeholde PCB. Koblede vinduer afløses af termoruder og plast, som også kan indeholde PCB, anvendes i stor stil i byggeriet.

Det nøjagtige omfang af PCB-anvendelsen i Danmark i en- og tofamiliehuse kendes ikke, men mange af de PCB-holdige byggematerialer og byggevarer, som er anvendt i større

byggerier, må forventes også at være anvendt i en- og tofamiliehuse, specielt i fuge- og gulvmasser, betongulvmaling og ikke mindst termoruder.

## 2) PCB i byggeriet i Sverige

### PCB aktiviteter i byggesektoren

I begyndelsen af 1990-erne blev PCB opdaget som et problem i byggeriet i Sverige. Det var specielt PCB-forekomsten i fugematerialer og gulvmasser, der blev undersøgt, men man var også opmærksom på PCB i termoruder og små kondensatorer. Der blev desuden lavet enkelte undersøgelser med bestemmelse af PCB i jord, ude- og indeluften og i beboeres blod. PCB i indeluften var typisk 50-100 gange højere i bygninger med PCB fuger i forhold til bygninger uden.

I 1997 igangsatte "Byggsektorns Kretsloppsrådet" i Sverige i samarbejde med Svenska Fogbranchens Riksförbund og myndighederne i de større byer en frivillig ordning med undersøgelse og sanering af PCB i bygninger, og de udsendte mange vejledninger og afholdt kurser. Hjemmesiden [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu) blev oprettet i forbindelse med Kretsloppsrådets projekt for at sprede information om PCB.

### Regler

Alle disse initiativer dannede baggrund for en unik lovgivning fra 2007, som betød at alle ejere af bygninger opført eller renoveret i perioden 1956-1973, skulle inden 3. juni 2008 undersøge, om der kunne være brugt PCB-holdige fuge- eller gulvmasse i bygningen. Hvis der var fuge- eller gulvmasse med et indhold på 500 ppm PCB og derover, skal der ske en sanering inden 30. juni 2013. *Kun i Sverige* er der et lovmæssigt krav om kortlægning og sanering af bygninger fra den periode, hvor PCB blev anvendt. Disse regler gælder imidlertid ikke for en- og tofamiliehuse.

### Estimer af PCB mængder

I 2000 blev den anvendte PCB mængde i byggeriet i Sverige i perioden 1956 til 1973 anslået til 100-500 tons i fuge- og gulvmasser, 115 tons i termoruder (hvoraf 35 tons fortsat var i brug), 20-30 tons i acryl-gulvmasse og 20 tons i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer. Estimatet for termoruder blev dog siden ændret til 395 tons med 118 tons fortsat i brug.

### Analyse af fugemasser

Man regner med at omkring 30 % af bygningerne fra "PCB-perioden" indeholder PCB-fuger. I de tidlige undersøgelser fra 1990'erne blev konstateret PCB indhold i fuger på op til 19 %. I en senere undersøgelse indeholdt PCB-fuger 11-25 % PCB.

### PCB i indeluften

I de tidlige undersøgelser fra 1990'erne blev konstateret PCB koncentrationer i indeluft på 80 ng/m<sup>3</sup> – eller 40 gange uforurenede indeluft. Senere undersøgelser rapporterede om koncentrationer på op til 1200 ng/m<sup>3</sup> og 4 mg/kg i støv.

### PCB i blodet

PCB i blodet var omkring dobbelt så højt fra beboere i PCB forurenede lejligheder i forhold til beboere i lejligheder uden PCB.

### **Arbejds miljøproblemer ved sanering af PCB**

Ved fjernelsen af PCB fuger kan der ved utilstrækkelige foranstaltninger opstå høje niveauer i arbejdsluften på 280-370  $\mu\text{g PCB}/\text{m}^3$ ; dvs. langt over arbejdsmiljøgrænseværdien på 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En rapport fra arbejdsmedicinsk klinik ved Universitetssygehuset i Örebro viste, at bygningsarbejdere, som sanerer PCB-fuger, kan have forhøjede PCB-niveauer i blodet og effekter på skjoldbruskkirtlen. Svenska Fogbranchens Riksförbund har på Kretsloppsrådets foranledning publiceret en vejledning i, hvordan PCB-sanering af fuger bør gennemføres, og de udbyder kurser i PCB-sanering med kursusdiplom. "Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier" har også stærke interesser i PCB-sanering. De har udgivet 2006-rapporten: "Åtgärder vid sanering av PCB-haltigare fogmassor" og "Branschrekommendation för åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor".

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

I Sverige har PCB især været anvendt i fugemasser og termoruder. Fugemasserne fandtes ofte mellem forskellige materialer, fx mellem tegl og træ samt rundt om vinduer og døre. De tidlige vurderinger gik ud på, at der i Sverige var anvendt 300 tons PCB i betonelementbygninger og kun 20 tons i andet byggeri. Dette passede dog ikke med senere resultater fra Vestsverige, hvor fugemasserne forekom i alle slags bygninger inkl. villaer og rækkehuse, men mest (80 %) i 2-4 etagers boligkarreer bygget af tegl og blandede materialer og mindre end forventet i betonelementhuse for bolig, erhverv, vandværk eller institution.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK.**

Byggemetoder i Danmark og Sverige indenfor betonelementbyggeriet har været sammenlignelige og tilsvarende fugemasser har været anvendt. Den danske situation svarer formentlig til situationen i Vestsverige. Det samme gælder for PCB i termoruder, som blev benyttet i alle typer byggeri i en kort årrække.

## **3) PCB i byggeriet i Norge**

### **Estimer af PCB mængder**

Det totale forbrug af PCB i årene 1954 til 1973 blev for ti år siden estimeret til 700-800 tons, hvoraf 250 tons blev anvendt i byggesektoren. De seneste estimater fra 2009 af forbruget af PCB i Norge viser, at der totalt er anvendt 1300 tons PCB – eller næsten dobbelt så meget – og heraf 565 tons til termoglas tætningsmasse, fugemasser, betontilsætning og maling. Ifølge SFT var der i 2000 fire millioner PCB-holdige små kondensatorer i brug i Norge.

### **PCB aktiviteter i byggesektoren**

Byggenæringen præsenterede 15. februar 2001 en "Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall". I forbindelse hermed blev udarbejdet en vejledning til bygningsejere. I perioden 1963-1972 blev 100 tons PCB brugt til udvendige fuger i elementbyggeri, mellem trapper og indendørs rundt om vinduer og døre og mellem gulvfliser og ved svømmebassiner. Fra 1960-1975 blev 268 tons PCB tilsat beton til brug inden- og udendørs til murpuds, gulvafretning, grunding, reparation og fugning i vådrum. Desuden blev omkring 100 tons PCB i 1952-1975 brugt til maling af skibe og industriinstallationer. PCB-holdig forseglingsmasse blev i 1965-1975 brugt i de fleste typer termoruder i alle

typer af privatboliger og større bygninger. Den anvendte mængde var 100-250 tons. Mange oplysninger om PCB kan hentes på <http://www.pcb.no/> en hjemmeside mod spredning af miljøgiften PCB.

### **Regler og handlingsplaner**

PCB anvendelsen i små kondensatorer til lysstofrør- og damplysearmaturer er under lovmæssig udfasning. Der er det ikke udfasningskrav for PCB i bygninger, så udfasning sker i tilknytning til nedrivning og rehabilitering. Disponering/destruktion som ikke medfører udslip af PCB er målet i affaldsfasen. Derfor blev der i 2002 etableret et landsomfattende retursystem for kasserede PCB-holdige termoruder, som skulle sikre forsvarlig indsamling og håndtering af disse. I 2003 blev der videre lavet en generel handlingsplan for at reducere udslip af PCB, og en "Nasjonal handlingsplan for utskifting av PCB-holdige lysarmaturer". I 2007 blev der indført en mærkningspligt for resterende PCB-holdige termoruder i bygninger. Der kom fra 1. januar 2008 krav om at undersøge prøver af alle PCB-holdige affaldsfraktioner i bygge og anlæg. SFT har 9. juli 2009 udarbejdet en ny "Handlingsplan for reduserte utslipp av PCB i 2009 til 2012",

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

Undersøgelser af PCB i den bestående bygningsmasse i sydnorske byer afslørede at 20% havde PCB i fugemasser, facademaling og indendørs maling. Typisk for Norge er anvendelsen i murpuds specielt på Vestlandet, hvor der er et barsk klima. I Bergen havde 30 % af de undersøgte bygninger PCB forurenede ydervægge. Over halvdelen af alle husene på Svalbard i Ishavet har PCB-holdige facader fra anvendelse af murpuds og facademaling. I fastlands Norge er det kun 29 % af bygningerne, der har PCB i facaderne, men mængden andrager 100 tons PCB.

En undersøgelse af et hospital i Trondheim, der skal rives ned i 2010, afslørede et indhold på mere end 20 % PCB i fugemasser i nogle af bygningerne. PCB i bygningsfuger er ellers ikke særlig godt undersøgt i Norge, men blev konstateret i 1/3 af de undersøgt bygninger.

PCB koncentrationer i forseglingsmassen i termoruder er almindeligvis 10-25 %. I en enkelt undersøgelse fra januar 2000 blev PCB målt i indeluften i norske boliger. Målte koncentrationerne var op til 429 ng/m<sup>3</sup>, hvor der var PCB forurening.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK.**

Med hensyn til PCB i murpuds og facademaling indtager Norge en særstilling, men med hensyn til PCB i termoruder og små kondensatorer til lysstofrørarmaturer er forholdene sikkert de samme i Danmark. Murfuger er ikke meget undersøgt, men hvor det er, svarer resultaterne til forholdene i Danmark og Sverige.

## **4) PCB i byggeriet i Finland**

I Finland er man naturligvis inspireret af granlandet Sverige. Det er lidt sværere for fremmede at finde ud af hvad der sker, da megen information kun er på finsk. Finland har implementeret EU reglerne for PCB og PCB har været brugt til de samme anvendelser i Finland som i andre lande.

I huse bygget eller renoveret mellem 1957 og 1980, og som indeholder elastiske fugemasser, skal PCB-indholdet undersøges i forbindelse med reparation, renovering og nedrivning. Det er både bygherrens og entreprenørens ansvar, at dette sker.

Vedr. PCB i termoruder gives anvisninger for demontering og anbefalinger for håndtering af affald. I forbindelse med udskiftning af termoruder fra før 1979 skal der tages prøve af forseglingsmassen.

I Finland har man haft arbejdsmiljøproblemer i forbindelse med sanering af PCB i præfabrikerede huse. PCB har også været almindeligt brugt i maling i finske bygninger, og jordforurening er opstået herved.

## **5) PCB i byggeriet i Tyskland**

### **PCB Fokus i Tyskland**

I Tyskland har det dominerende PCB problem været de elastiske Thiokol fuger, men de har også haft stor anvendelse af loftsplader imprægneret med PCB som brandhæmmer. Det er et krav i Tyskland at etageadskillelser i boligblokke skal være brandsikre. Anvendelsen af akustiske plader med PCB synes også især være forekommet i tysktalende områder.

I Tyskland er der mest fokus på måling af PCB i indeluft og husstøv og mulige sundhedsproblemer i den henseende, mens undersøgelser i de fleste andre lande har fokuseret mere på at finde kilden til forureningen af indeluften ved at undersøge PCB i bygningsbestanddele (fuger, maling) og sanere bygninger. Man er i Tyskland og Schweiz endnu ikke blevet opmærksomme på forekomst af PCB/PCT i termoruder.

### **Regler og aktiviteter vedr. PCB**

En tysk kommission udarbejdede i 1994 en vejledning i kortlægning og sanering af PCB belastede byggematerialer og bygningsdele i bygninger. Delstaten Nordrhein-Westfalen udsendte 3. juli 1996 reviderede retningslinjer.

I 1995 blev der i Tyskland fastsat en aktionsgrænseværdi i indeluft på 300 ng PCB/m<sup>3</sup> og en interventionsgrænse på 3000 ng/m<sup>3</sup>.

Der er vedtaget DIN standarder for måling af bl.a. PCB i indeluft.

### **Estimater over restmængder af PCB**

Der foreligger ikke tilgængelige data over forbrugte eller tilbageværende mængder af PCB i Tyskland.

### **Fund af PCB fordelt på materialer, bygningstyper og indeluft**

I tyske bygninger har PCB, udover anvendelsen i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer, været brugt mest som blødgører i elastiske polysulfid fugemasser (Thiokol®) og i brandhæmmende overfladebehandling af akustiske loftsplader.

De fleste bygninger undersøgt for PCB i Tyskland har været offentlige bygninger, bl.a. kontorer, skoler og børnehaver, bygget af beton i 1960-1970'erne, der indeholder fugemasser med PCB, der afgiver PCB til indeklimaet. Her er PCB målt i husstøv samt i indeluft i koncentrationer op til 10.000 ng/m<sup>3</sup>, og indeklimaet bidrager derved væsentligt til en PCB-belastning af de personer, der opholder sig i lokalerne.

I en 15 etagers kontorbygning bygget i 1969 af præfabrikerede betonelementer var samlingerne forsejlet med Thiokol gummifuger indeholdende 1-40 % PCB. Af i alt 220 prøver lå PCB koncentrationen mellem 10 og 2880 ng/m<sup>3</sup> med en middelværdi på 600 ng/m<sup>3</sup>. Huset blev saneret og tapeter med aktivt kul opsat, og det lykkedes efter en årrække af få PCB i indeluften ned under 100 ng/m<sup>3</sup>. I over halvdelen af de tyske skoler og børneinstitutioner, som er undersøgt for PCB fandt man PCB i koncentrationer >300 ng/m<sup>3</sup> og nogle havde mere end 3000 ng/m<sup>3</sup>; max. Værdien var 40.000 ng/m<sup>3</sup>. Desuden er målt luftværdier på op til 23.000 ng PCB/m<sup>3</sup> i telefoncentraler og 3300 ng/m<sup>3</sup> i et beboelseshus med PCB fugemasser.

Daglig udsættelse for PCB i indeluften resulterer i en øget blodkoncentration af PCB i beboernes blod; 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> i indeluft giver fx en stigning på 3 % af PCB i blodet.

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

Der findes ingen gode oplysninger fra Tyskland, men ud fra undersøgelser af husstøv, så forekommer PCB i 22 % af en- og tofamiliehuse bygget før 1980 og i 5 % af enfamiliehusene bygget efter 1980. PCB forekom i 25 % af boligblokkene bygget før 1980 og i ingen i boligblokke bygget efter 1980.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK**

Der er formentlig ikke nogen stor forskel på PCB anvendelsen i byggeriet i Danmark og Tyskland, men da PCB bl.a. blev produceret i Tyskland, har det muligvis været mere og tidligere brugt der. Der foreligger imidlertid ingen gode oplysninger, der kan underbygge dette.

## **6) PCB i byggeriet i Schweiz**

### **Regler og aktiviteter vedr. PCB**

En vejledning om PCB-holdige fugemasser blev udsendt af miljøministeriet (BUWAL) i 2003. Heri anføres det, at PCB-holdige fugemasser efter al sandsynlighed ikke har været anvendt til murstens- og træhuse, herunder enfamiliehuse bygget af disse materialer, men kun til huse af betonelementer. Kanton Basel-Landschaft har i juni 2004 udgivet en meget grundig praktisk vejledning i PCB sanering af bygninger.

Bundesamt für Gesundheit har fastsat grænseværdier for indeluft. For boliger og hjem, hvor man opholder sig i 24 timer er der fastsat en maksimal tolerabel årsmiddel luftkoncentration på 2 µg PCB/m<sup>3</sup> (2000 ng PCB/m<sup>3</sup>). For bygninger man kun opholder sig i 8 timer dagligt så som skoler og kontorer er grænseværdien kun en årsmiddelværdi på 6 µg PCB/m<sup>3</sup> (6000 ng PCB/m<sup>3</sup>). BAG har også udarbejdet en vejledning i måling af PCB i indeluft. Total-PCB angives som summen af de 6 DIN congenere ganget med 5.

### **Estimer over restmængder af PCB**

I årene 1955-1975 blev der brugt PCB-holdige fugemasser i byggeriet. I alt regner man med, at der har været brugt 100-300 tons PCB til dette formål. I oktober 2000 blev PCB-holdige fugemasser opdaget i forskellige offentlige bygninger i Schweiz. Dette betød, at en større undersøgelse af 450 bygninger bygget i årene 1950 til 1980 blev sat i værk. Flere detaljer i publikationer af Kohler nedenfor.

### **Fund af PCB fordelt på materialer, bygningstyper og indeluft**

Fugemasser anses for den vigtigste kilde til PCB i indeklimaet. Sådanne fugemasser forekommer i rundt halvdelen af de beton højhuse, der blev bygget fra 1955 til 1975. Både offentlige og private bygninger som skoler, børnehaver, svømme- og sportshaller, rådhus, plejehjem, sygehuse, større boligblokke, kontorhuse og virksomheder indeholder PCB fugemasser.

I årene 1999-2005 blev der foretaget omkring 700 målinger af PCB i indeluften i private bygninger, inklusive i en- og tofamiliehuse. Gennemsnitskoncentrationen var  $>500$  ng/m<sup>3</sup>. Maksimal koncentration var omkring 10.000 ng/m<sup>3</sup>. En- og tofamiliehusene skilte sig ikke ud.

I en stor undersøgelse af 450 bygninger i Schweiz blev 1348 prøver af fugemasse og 160 prøver af indeluft analyseret for PCB. I halvdelen af fugeprøverne forekom PCB. I en femtedel var PCB-koncentrationen over 1 %, mens den var over 10 % i en tiendedel. Der forekom fugemasse med op til en PCB-koncentration på 21 %. Der var mest PCB i prøver fra bygninger opført i 1966-1973.

Den gennemsnitlige PCB-koncentration i de 160 luftprøver var 790 ng/m<sup>3</sup>, 41 % af prøverne indeholdt mindre end 300 ng/m<sup>3</sup>, 5 % indeholdt mere end 3000 ng/m<sup>3</sup> og kun en enkelt prøve var over grænseværdien i Schweiz på 6000 ng/m<sup>3</sup>.

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

Der findes ingen gode oplysninger. Anvendelse af PCB i åbne systemer (inkl. fugemasse og maling) blev forbudt i Schweiz allerede i oktober 1972 og et totalt PCB forbud kom i 1986. Der forekommer imidlertid store mængder PCB ude i samfundet fra tidligere brug. Der er igangsat initiativer for en løbende sanering af disse forureningskilder og sikker bortskaffelse.

Huse opført i 1950-1980 er i det fleste tilfælde (75 %) PCB kontamineret fra fuger og maling.

Indtil 1983 blev der brugt små PCB kondensatorer til lysstofrørarmaturer, som fortsat anvendes, ligesom lavspændings kraftkondensatorer i virksomheder. Ifølge en undersøgelse indeholdt 20 % af alle små kondensatorer i brug i Schweiz PCB i 1988, og i 2006 blev det estimeret, at PCB emissionen fra små kondensatorer i lyskilder og husholdningsapparater lå mellem 50 og 4400 kg.

Indtil 1972 blev PCB anvendt i maling til beton, og i 1970'erne fremstilledes i Tyskland akustiske bygningsplader af typen "Wilhelmi", der var overfladebehandlet med 20 % Clophen A60. I tidsrummet 1947 til 1972 blev PCB brugt som blødgører i bindemidler for korrosionsbeskyttende maling.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK**

Der er formentlig ikke nogen stor forskel på PCB anvendelsen i byggeriet i Danmark og Schweiz, men der foreligger imidlertid ingen gode oplysninger, som underbygger dette.

## 7) Sammenligning mellem landene

### Saneringskrav

Saneringskrav er i Tyskland blevet baseret på sundhedsmæssigt fastsatte aktionsværdier i indeluften, mens det i Sverige er indholdet af PCB i fugemassen på 500 ppm, der er kriteriet. De tyske aktionsværdier er model for andre lande heriblandt Danmark, og de er lavere end de tilsvarende grænser i Schweiz. Der er imidlertid forskere, der påpeger, at nyere risikovurderinger viser at værdierne er omkring 50 gange for høje og ikke tager hensyn til dioxinlignende effekter.

### Bygningstyper

Det har været boligblokke, kontorbygninger og uddannelsesinstitutioner, der har været mest undersøgt i alle lande. En- og tofamiliehuse har kun været undersøgt i få tilfælde i Europa (Sverige, Danmark, Norge, Schweiz), men det er mere fokus på denne hustype i Nordamerika.

### Indeklima

I USA har man også som det eneste sted konstateret PCB forurening i indeklimaet fra gulvplejemidler. Opmærksomheden om forurening fra PCB i fugemasser har været stigende i USA, og USEPA har netop sat en masse initiativer i gang, som kan ses på deres hjemmeside. Det er forventeligt at Det Forenede Kongerige (UK), hvor der indtil nu kun har været generel interesse for PCB i indeluft og husstøv, vil blive inspireret af de amerikanske initiativer og tage problemstillingen PCB i bygninger op. Hidtil har der kun været fokus på indsamling af PCB-holdigt bygningsaffald i henhold til EU lovgivningen om farligt affald.

En- og tofamiliehuse er ikke så undersøgte. De er meget individuelt forskellige og er normalt ejerboliger. Det er derfor lettere og mere rationelt at lede efter PCB i større boligblokke. Hvis PCB identificeres i en lejlighed, så vil alle boliger i boligblokken indeholde PCB, og yderligere undersøgelser er overflødige.

### Målemetoder

De prøveopsamlings- og analysemetoder, der har været anvendt i landene gennem årene, har været forskellige i tid og sted, men der er efterhånden stor enighed om at benytte ISO/CEN standarder med den tysk udviklede LAGA kvantificerings metode byggende på summen af 6 indikator PCB-congenerer ( $PCB_6$ : PCB<sub>28</sub>, 52, 101, 138, 153 og 180) multipliceret med en faktor 5 for at få total-PCB. Ved målinger af indeluft og andet medtages ofte den dioxinlignende PCB<sub>118</sub> og blandingen beskrives som  $PCB_7$ . Det er imidlertid de mest flygtige PCB<sub>28</sub> og PCB<sub>52</sub>, som dominerer i indeluften alle steder og kan måles i de eksponeredes blod. Det er nødvendigt at tage måleresultater med et gran salt. Erfaringen i Schweiz er at der er store afvigelser i måleresultater mellem forskellige laboratorier. I en ringtest blev 5 af 17 deltagende laboratorier i Schweiz kasseret pga. for store afvigelser.

### Forskelligt fokus

Opmærksomheden omkring PCB problemer i byggeriet er af forskellig karakter og tyngde i de forskellige lande, og landene har startet deres initiativer på forskellige tidspunkter og med forskellige indgangsvinkler - og i nogle tilfælde måske tilfældigheder. Landene er blevet delvist inspireret af hinanden, men forsinkelser af initiativer er bl.a.



opstået ved at fremtrædende eksperter har afvist, at der kunne være et grænseoverskridende problem, fordi byggemetoder og -skikke afviger mellem landene. Vi ved nu at forskelle mellem landene i Europa eksisterer, men at der er flere lighedspunkter mht. den måde, man byggede på, og de materialer man brugte i perioden 1950-1980.

### **Forskellige regler**

Bortset fra de krav, der fremgår af EU-regulering af PCB, er det, som det fremgår af nedenstående, kun Sverige (fuge- og gulvmasse) og Norge (visse små kondensatorer), der har indført lovmæssige krav om undersøgelse og fjernelse af nogle kilder til PCB. Hvor PCB-holdigt affald i Sverige og Tyskland især har drejet sig om udskiftet fugemateriale, har fokus i Norge været på indsamling af visse PCB-holdige små kondensatorer og udtjente termoruder.

### **Konklusioner**

- Byggestil og byggeskikke i relation til anvendelse af PCB i byggematerialer i Danmark vurderes at svare til forholdene i vore nabolande. De udenlandske fund af PCB vurderes derfor at kunne benyttes i mangel af datagrundlag i Danmark.
- I Danmark og i udlandet er PCB især anvendt og fundet i højeste koncentrationer i elastiske fuge- og gulvmasser, men er også anvendt i byggematerialer som tætningsmasse til termoruder, ældre armaturer til lysstofrør, maling til ind- og udvendig brug, puds- og cement, gulvplejemidler og væg- og loftsplader. De største restmængder af PCB i Danmark vurderes pt. at være til stede i de elastiske murfuger samt i termoruder.
- I alle lande har det været elementbyggeri af boligblokke, kontorbygninger og uddannelsesinstitutioner, som har været mest undersøgt for PCB, og hvor PCB tilsyneladende er mest hyppigt forekommende.
- En- og tofamiliehuse har kun været undersøgt i få tilfælde, men der er alligevel i nogle tilfælde fundet PCB.
- De enkelte landes har en forskelligartet indsats mod PCB. I alle EU lande og i Norge er affald med 50 ppm PCB klassificeret som farligt affald, Sverige har som det eneste land en lovpligtig krav om undersøgelse af fuge- og gulvmassen i visse bygninger for PCB og sanering hvis PCB indholdet i fuge- og gulvmassen er over 500 ppm.
- I Danmark vurderes det med denne rapport at være mest relevant at undersøge PCB i indeluft, ind- og udvendige fuger, gulvmasse og udvendig maling i boligblokke, erhvervs- og institutionsbygninger af elementbyggeri samt elementbyggede parcel- og rækkehuse bygget af større byggefirmaer i perioden 1956-1976. Desuden er det relevant at undersøge termoruder i alt byggeri fra den kortere periode (1965-1975), hvor PCB/PCT kan have været anvendt som tætningsmasse.

# 1. Indledning

## a. Baggrund

I april 2009 offentliggjorde Miljøstyrelsen (MST) rapporten: "Sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger".<sup>1</sup> Rapporten var resultatet af en flerårig, tværfaglig undersøgelse ledet af Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Undersøgelsens formål var at vurdere:

- forekomsten af PCB i fuger i danske bygninger,
- om der vil være risiko for sundhedsskadelige effekter i
- forbindelse med brug af bygninger med PCB-holdige fuger, og
- om der afgives PCB fra fugerne til bygningernes omgivelser.

I undersøgelsen bestemte man forekomsten af PCB i indvendige og udvendige gummiagtige fuger, støv og indeluft i 10 udvalgte danske bygninger samt i jorden tæt på bygningerne. Desuden blev PCB indholdet bestemt i termokit fra en enkelt termorude, hvor man fandt den højeste koncentration (10 %). Undersøgelsen omfattede udvendige fuger i fire fritliggende enfamiliehuse, en udvendig fuge i en etageejendom, indvendige og udvendige fuger fra to gymnasier, en udvendig fuge fra en lagerbygning, en indvendig og udvendig fuge i en kontorbygning samt i en universitetsbygning.

Undersøgelsen viste, at der forekommer PCB i fuger omkring vinduespartier og at fugerne afgiver PCB til omgivelserne. Der var stor variation i indhold af PCB, men typisk havde de indvendige fuger mest PCB. Der blev kun fundet lave PCB-indhold i de udvendige fuger fra fire enfamiliehuse, ligesom der i disse huse kun blev fundet lave koncentrationer af PCB i indeluften.

Undersøgelsen konkluderer, at der inden døre er tydelig sammenhæng mellem koncentrationen af PCB i byggematerialer og indeluften og overfladestøv. Da undersøgelsen kun omfattede 10 bygninger, kan den dog ikke give noget præcist svar på, hvor udbredt PCB er i danske bygninger, og i hvilke koncentrationer PCB forekommer.

De PCB-koncentrationer, som personer kan blive udsat for i de 10 undersøgte bygninger, blev vurderet til ikke at være akut giftige, men indeklimaet vil bidrage til kroppens samlede PCB belastning og kan over lang tid udgøre en sundhedsmæssig risiko.

De sundhedsmæssige risici ved indtagelse gennem munden af PCB i indendørs støv og jord fra bygningens umiddelbare nærhed blev vurderet til betydeligt mindre end ved indånding af PCB fra indeluften. I sundhedsmæssig henseende var det mulige bidrag fra jord omkring bygningerne med PCB i fugerne mindre end bidraget fra støvet i boligerne. Dette bidrag skal lægges sammen med en væsentligt større belastning fra fødevarer.

---

<sup>1</sup> Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009. Sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger; <http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-7052-901-3/html/default.htm>

Parallele undersøgelser af PCB i bygningsfuger, foretaget af Københavns Kommune i forbindelse med bortskaffelse af byggeaffald, pegede på, at der i Danmark kan findes et begrænset antal bygninger, hvor højere PCB-indhold i bygningens fuger vil kunne give anledning til forøget risiko for sundhedsskader ved lang tids ophold i bygningen. Senere undersøgelser på Gasværksvejens Skole i København, en integreret børneinstitution i Rudersdal og et højhus har bekræftet høje PCB-koncentrationer i 30-50 år gamle bygninger.

I marts 2009 foreslog Sundhedsstyrelsen (SST) såkaldte aktionsværdier for PCB i indeluften i Danmark svarende til de værdier, de tyske myndigheder fastsatte i 1997 (se i afsnit 5d).<sup>2</sup> Der er anbefalet følgende to aktionsniveauer for PCB i indeluft:

- Mere end 3.000 ng PCB/m<sup>3</sup> luft indebærer, at der bør gribes ind uden unødigt forsinkelse
- 300-3000 ng PCB/m<sup>3</sup> luft indebærer, at der på sigt bør gribes ind for at bringe koncentrationen under 300 ng/m<sup>3</sup>.

På grundlag af aktionsværdierne kan der foretages en yderligere risikovurdering i de konkrete sager, baseret på opholdstid og eksponeringsniveau. Hvilken kemisk analysemetode, der skal anvendes blev ikke præciseret.

Arbejds miljøgrænseværdien i Danmark er 10.000 ng PCB/m<sup>3</sup> og emissionsgrænseværdi for virksomheder er 100 ng/m<sup>3</sup>.

I forbindelse med offentliggørelsen af rapporten "Sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger" blev det tilkendegivet, at man ikke præcist ved, hvor udbredt PCB i danske bygninger faktisk er, og i hvilke koncentrationer det evt. forekommer. Erhvervs- og Byggestyrelsen, Miljøstyrelsen og Arbejdstilsynet ville derfor gennemføre et projekt, som skulle afdække problemets omfang og danne baggrund for en vurdering af, om der er behov for en særlig indsats, og hvordan indsatsen i givet fald skal målrettes. Nærværende projekt er første fase i denne afklaring.

## **b. Hvad er PCB og hvad har det været anvendt til?**

PCB eller polychlorerede biphenyler er en familie af 209 beslægtede stoffer, og handelsprodukterne er olieagtige blandinger af disse familiemedlemmer. PCB er blødgørende og meget stabilt overfor varme og inert overfor kemiske påvirkninger, og da det samtidig er elektrisk isolerende, blev det især brugt i store mængder i elektriske apparater som fx kondensatorer og transformatorer. PCT har lignende handelsnavne, egenskaber og anvendelser som PCB, og PCT er underkastet samme regulering/forbud som PCB. Nogle handelsnavne for handelspræparater er anført i Tabel 1-1:

---

<sup>2</sup>

<http://www.sst.dk/~media/Sundhed%20og%20forebyggelse/Indeklima%20og%20skimmelsvamp/PCB%20og%20sundhed-sst1%20ke-nsn.ashx>

Tabel 1-1: Handelsnavne for PCB og PCT præparater.

Aceclor	Delor	Hydol	Pyranol
Apiolio	Diaclor	Inerteen	Pyroclor
Aroclor	DK	Kanechlor	Saf-T-Kuhl
Asbestol	Ducanol	No-flamol	Santotherm
Askarel	Dykanol	Phenoclor	Sovol
Bakola 131	Elaol	Plastivar	Sovtol
Chlorextol	Elemex	Pydraul	Therminol
Clophen	Fenchlor	Pyralene	

Der er i 1960'erne og begyndelsen af 1970'erne blevet brugt PCB i danske bygninger i elastiske fugemasser i vægge og omkring vinduer, produkter til tætning af vådrum, i brandhæmmende maling/overfladebehandling, i gulvlakker, i gulvspartelprodukter, forseglingsmasse om termoruder, blødgørere i kabler og gulve af PVC og i olie i kondensatorer i lysstofarmaturer og i andre elektriske apparater.

PCB er svært nedbrydeligt i naturen (persistent); det er fedtelskende (lipophil) og akkumuleres med tiden i dyr og menneskers fedtvæv. Det opkoncentreres gennem naturens fødekæder, så organismer højt i fødekæden bliver særligt udsat for stoffets skadelige og uønskede virkninger på især enzymer, hormoner og nerve- og immunsystemet.

### c. PCB forbud

Fra den 1. januar 1977 blev anvendelsen af PCB forbudt, med undtagelse af anvendelse af PCB i visse elektriske apparater, kondensatorer, varmeudvekslingsvæsker, hydrauliske væsker samt i udgangs- eller mellemprodukter til produkter, som ikke indeholder PCB.<sup>3</sup>

Al anvendelse af PCB blev forbudt fra 1. november 1986.<sup>4</sup> Større transformatorer og kondensatorer (vægt på over 1 kg eller en effekt på mere end 2 kilo volt ampere reaktiv), som indeholdt PCB, måtte dog anvendes indtil 1. januar 1995. Små transformatorer og kondensatorer (vægt på op til 1 kg eller en effekt på op til 2 kilo volt ampere reaktiv), som indeholder PCB, måtte endvidere anvendes indtil deres levetid udløber.

<sup>3</sup> Bekendtgørelse nr. 18 af 15. januar 1976 om begrænsninger i indførsel og anvendelse af PCB og PCT; bekendtgørelse nr. 572 af 26. november 1976 om ændring af og om ikrafttræden af bekendtgørelse om begrænsninger i indførsel og anvendelse af PCB og PCT.

<sup>4</sup> Bekendtgørelse nr. 718 af 9. oktober 1986.

I 1998 blev der indført regler om at større transformatorer og kondensatorer (vægt på over 1 kg eller en effekt på mere end 2 kilo volt ampere reaktiv) skulle være bortskaffet senest den 1. januar 2000.<sup>5</sup>

#### **d. Undersøgelsens formål, indhold og metode**

Undersøgelsens hovedformål er at tilvejebringe et fagligt grundlag for en vurdering af om forekomsten af PCB-holdige byggematerialer i danske en- og tofamiliehuse (parcel- og rækkehuse) er så begrænset, at disse boliger kan undtages fra øvrige opfølgende undersøgelser og initiativer rettet mod PCB.

I projektet er eksisterende viden om anvendelse og forekomst af PCB-holdige byggematerialer i danske bygninger indsamlet og gennemgået. Det er desuden vurderet, om der i nævneværdigt omfang har været anvendt PCB-holdige byggematerialer og byggevarer i danske en- og tofamiliehuse.

Som en del af projektet er indsamlet oplysninger om udenlandske undersøgelser og initiativer vedrørende PCB i bygninger og indeklima, specielt i vore nabolande, og specielt vedrørende forhold, der ligger til grund for eventuelle undtagelser af en- og tofamiliehuse. I nogle lande er initiativer og tiltag mest rettet mod at adressere PCB problemet i bygninger ud fra en indeklimatebetragtning (PCB i indeluft og støv) og i andre lande ud fra en miljø- eller affaldsmæssigt betragtning (PCB i fugemasser, maling og små kondensatorer).

Oplysningerne om PCB i bygninger og indeklima er fremskaffet fra Internet hjemmesider, faglitteratur, egne undersøgelser og/eller ved interview med kyndige personer indenfor relevante brancher og myndigheder. Da undersøgelsen har haft et begrænset omfang og er foretaget på kort tid, vil den nødvendigvis ikke være at betragte som fuldstændigt dækkende al eksisterende viden.

## **2. Kort beskrivelse af relevante udenlandske regler og undersøgelser af PCB i bygninger og indeklima med specificering af forholdene for en- og tofamiliehuse.**

### **a. Sverige**

#### **Baggrund**

Det fremgår af Naturvårdsverkets (SNV, Miljøstyrelsen i Sverige) hjemmeside om PCB i byggeriet, at den anvendte PCB-mængde i Sverige i 2000 blev anslået til 100-500 tons i fuge- og gulvmasser i perioden 1956 til 1973, 115 tons i termoruder (hvoraf 35 tons fortsat var i brug), 20-30 tons i acryl-gulvmasse og 20 tons i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer.<sup>6</sup> Estimatet for termoruder blev dog siden ændret til 395 tons med 118 tons fortsat i brug. Alene Emmaboda Glasverk producerede i årene 1965-75 termoruder med 300 tons PCB.

#### **Tidlige undersøgelser**

<sup>5</sup> Bekendtgørelse nr. 925 af 13. december 1998.

<sup>6</sup> <http://www.naturvardsverket.se/sv/Produkter-och-avfall/PCB-i-byggnader-och-produkter/>

I 1992 udgav Länsstyrelsen i Kalmar en rapport om PCB i fugemasser, som viste, at der blev afgivet PCB fra fugemasser af polysulfid (Thiokol<sup>®</sup>).<sup>7</sup> PCB blev målt i inde- og udeluft i 4 bygninger/lokaler i eller nær Kalmar. To af bygningerne var 3-familiehuse bygget af betonelementer i 1960'erne, en bygning var 1-familiehus af træ bygget før år 1900 og den fjerde lokalitet var et kontorlokale på 4. sal i en byejeendom opført i 1970'erne. Den opsamlede luftmængde var 600 m<sup>3</sup> i løbet af 3 måneder. I en af lejlighederne var der 19 % PCB i fugerne, 80 ng PCB/m<sup>3</sup> i indeluften (40 x mere end i uforurenede hus), og samtidigt blev der målt 4,6 ng PCB/m<sup>3</sup> i luften udenfor denne bygning (5 x mere end ved et uforurenede hus). I et hus, hvor PCB-fuger var udskiftet var der fortsat lidt forhøjede PCB niveauer i fuger og luft. Detaljer vedr. analysemetoderne blev ikke oplyst.

Undersøgelsen betød at folk i byggebranchen blev informeret om, at affald fra fuger og gulvmasser skulle håndteres som PCB-affald.

Senere i 1993 lavede nogle forskere ved Linköpings Universitet en rapport om PCB i fugemasser.<sup>8</sup>

En opdagelse af PCB forurening af spildevandsslam viste sig at være forårsaget af, at rengøring af PCB-holdige gulve i levnedsmiddelindustrien betød afgivelse af PCB til spildevand. Sådanne gulve blev derfor tidligt saneret.<sup>9</sup>

I 1997 offentliggjorde Naturvårdsverket en vigtig undersøgelse foretaget af Stockholm Universitet, Karolinska Institutet og Stockholms kommune bl.a. i en større 10-etagers betonelement beboelsesejendom bygget i 1965 i Sättra, en forstad til Stockholm.<sup>10</sup> Fugemassens indhold af PCB var 9-19 % svarende til Aroclor 1260 regnet som PCB<sub>7</sub> x 3. Undersøgelsen viste, at PCB i facadefugemasser udgjorde en væsentlig kilde til PCB forurening af jord og inde- og udeluft, og undersøgelsen blev anledning til de mange senere aktiviteter på området i Sverige.

### **Byggesektorens aktiviteter**

Disse opdagelser betød, at "Byggesektorns Kretsloppsrådet" nedsatte en arbejdsgruppe om PCB og igangsatte et projekt "PCB i bygnad" til 2,9 mio. SEK. I 1998 udarbejdedes et forslag om en frivillig ordning for bygningsejere, der indeholdt en kortlægning af PCB i bygninger (fuge- og gulvmasser, termoruder og små kondensatorer) senest i 1999, og sanering af fuge- og gulvmasse, der indeholder mere end 500 ppm PCB inden 2002/2003.<sup>11</sup> Til brug for saneringen blev udarbejdet vejledninger af Fugebranchen, Stockholms Miljøforvaltning og projektet "PCB-fria fogar" i Vestre Götaland.

Hjemmesiden [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu) blev oprettet i forbindelse med Kretsloppsrådets projekt for at sprede information om PCB. Her findes fortsat utroligt mange nyttige oplysninger om PCB og PCB-sanering. Her gives forslag til hvilke krav en

<sup>7</sup> Hammar T. PCB i fogmassor. Länsstyrelsen i Kalmar Län Informerar 1992:10.

<sup>8</sup> Boije L, Markensten H. Miljonprogrammets giftiga baksida, PCB i fogmassor i flerfamiljs elementhus 1957-1972. Linköpings Universitet, 1993.

<sup>9</sup> <http://www.regeringen.se/content/1/c6/03/45/62/a270bf5d.pdf>

<sup>10</sup> Jansson B, Sandberg J, Johansson N, Åstebro A: PCB i fogmassor - stort eller litet problem? Rapport 4697. Naturvårdsverket, 1997.

<sup>11</sup> PCB i bygnadar – Et projekt inom Byggesektorns Kretsloppsråd, 16. marts 1998, rev. 8. september 1998.

ejendomsbesidder, som bestiller saneringsarbejde, skal stille til på entreprenøren. Arbejdslederen og helst al saneringspersonale skal have gennemgået kursus i PCB-saneringsmetoder. Hjemmesiden drives nu af Miljøkonsultgruppen i Stockholm, som består af Per Lilliehorn, Bengt Gustafsson och Gunilla Bernevi Rex. Miljøkonsultgruppen startede sin virksomhed i december 2002 for at fortsætte med at informere om PCB i bygninger efter Kretsloppsrådets projekt var afsluttet. Miljøkonsultgruppen har gennemført mange seminarier og kurser om undersøgelse og sanering af PCB i byggeriet, dels i egen regi, dels medvirket som forelæsere hos andre arrangører.

Svenska Fogbranchens Riksförbund (SFR), som er den svenske fugebranches egen organisation for entreprenører, leverandører og konsulenter og har en hjemmeside med oplysninger om PCB sanering.<sup>12</sup> SFR deltog i dette arbejde i Kretsloppsrådet og har på Kretsloppsrådets foranledning publiceret en vejledning i, hvordan PCB-sanering af fuger bør gennemføres, og de udbyder kurser i PCB-sanering med kursusdiplom.<sup>13</sup> Ingvar Folkesson fra SFR har skrevet en populær artikel om sanering af PCB i fuger.<sup>14</sup> Gunilla Rex stod for projektet "Spridning av PCB från fogmassor till avgränsande material".<sup>15</sup> Det er rapporteret i 2002.<sup>16</sup>

### **Arbejds miljøproblemer ved sanering af PCB**

Ved fjernelsen af PCB fuger kan der ved utilstrækkelige foranstaltninger opstå høje niveauer i arbejdsluften på 280-370 µg PCB/m<sup>3</sup> – eller 1000 gange højere end i indeklimaet. En rapport fra arbejdsmedicinsk klinik ved Universitetssygehuset i Örebro viste, at bygningsarbejdere, som sanerer PCB-fuger, kan have forhøjede PCB-niveauer i blodet og effekter på skjoldbruskkirtlen, hvis de ikke benytter tilstrækkeligt effektive værnemidler.<sup>17</sup> PCB-koncentrationen i blodet fra eksponerede arbejdere var dobbelt så højt som for ikke-eksponerede, henholdsvis 575 og 267 ng PCB/g bestemt som sum af 19 PCB congenere. Konklusionen er at PCB56, 60 og 66 kan bruges som indikatorer for arbejdsmiljøudsættelse, PCB44, 70 og 110 for nylig arbejdsmiljøbelastning og PCB153 og 180 for baggrundsudsættelse fra maden.<sup>18</sup>

"Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier (Rivosaner)" har også stærke interesser i PCB-sanering. Rivosaner har været hovedfinansierer af udarbejdelsen af 2006-rapporten: "Åtgärder vid sanering av PCB-haltigere fogmassor".<sup>19</sup> Forfatterne har tidligere i 2005 publiceret en populær artikel om arbejdsmiljø ved PCB

<sup>12</sup> <http://www.sfr.nu/PCBSanering/tabid/1024/Default.aspx>

<sup>13</sup> Folkesson I, Zackrisson H, Johansson S. PCB i byggfogar. Svenska Fogbranchens Riksförbund, juni 1999.

<sup>14</sup> Folkesson I. Sanering af PCB-haltiga byggfogar. Bygg & teknik 2002; 8/02: 51-53.

[http://www.sfr.nu/Portals/30/Dokument/sanering\\_artikel.pdf](http://www.sfr.nu/Portals/30/Dokument/sanering_artikel.pdf)

<sup>15</sup> <http://www.sanerapcb.nu/home/page.asp?sid=775&mid=2&CatId=3822>

<sup>16</sup> Rex G, Sundahl M, Folkesson I. Spridning av PCB från fogmassor till angränsande material. Rivning och sanering vid rivning. Sveriges byggindustrier. FOU Väst, 2002.

<sup>17</sup> Selden A, Wingfors A, Fedeli C, Johansson N. PCB-belastning och effekter på sköldkörtelfunktionen hos bygnadsarbetare vid sanering av PCB-haltiga fogmassor. Yrkesmedicin YM 3/05. Universitetsjukhuset Örebro.

<sup>18</sup> Wingfors H, Selden AI, Nilsson C, Haglund P. Identification of markers for PCB exposure in plasma from Swedish construction workers removing old elastic sealants. Ann Occup Hyg 2006; 50: 65-73.

<sup>19</sup> Rex GB, Sikander E. Åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor - Studie och rekommendationer om skyddsåtgärder, utrustning och rutiner. Rapport från Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier, Februari 2006. [http://www.rivosaner.se/publikationer/filer/rapport\\_atgarder\\_vid\\_sanering\\_av\\_pcb-060228.pdf](http://www.rivosaner.se/publikationer/filer/rapport_atgarder_vid_sanering_av_pcb-060228.pdf)

sanering.<sup>20</sup> I 2006 har Rivosaner også udgivet: "Branschrekommendation för åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor".<sup>21</sup>  
Rivosaner arrangerer også kurser i PCB-sanering efter SFR's vejledning.

Der er også en svensk forskergruppe, der har forsket i teknologi for PCB sanering.<sup>22</sup>

### **Naturvårdsverkets aktiviteter**

Det fremgår af Naturvårdsverkets (SNV, Miljøstyrelsen i Sverige) hjemmeside om PCB i byggeriet, at den anvendte PCB-mængde i Sverige i 2000 blev anslået til 100-500 tons i fugemasser, 115 tons i termoruder (hvoraf 35 tons fortsat er i brug), 20-30 tons i acrylgulvmasse og 20 tons i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer.<sup>23</sup> Estimatet for termoruder er dog siden ændret til 395 tons med 118 tons fortsat i brug. Alene Emmaboda Glasverk producerede i årene 1965-75 termoruder med 300 tons PCB.

Almindelige eksempler på produkter med PCB, som fortsat findes i bygninger fra 1970'erne og tidligere, er elastisk fugemasse og gulvmasse blødgjort med PCB, termoruder limet med PCB-holdig forseglingsmasse og små kondensatorer med PCB-olie i ældre små kondensatorer til lysstofrørarmaturer.

Naturvårdsverket udsendte i juni 2002 i samarbejde med "Boverket" en redegørelse til Regeringen om PCB i byggeriet.<sup>24</sup> Det fremgår af denne, at målene i Kretsloppsrådets frivillige ordning ikke blev opnået, idet der ved udgangen af 2002 fortsat fandtes alt for meget PCB i bygninger (ca. 85 % af den oprindelige mængde), og SNV bedømte at kraftigere styringsmidler var nødvendige og foreslog ændringer af lovgivningen.

Redegørelsen foreslår, at der indføres krav om:

- Kortlægning/måling for PCB og plan for udbedring til myndigheder senest 30. juni 2004,
- frasortering af/destruktion af lysstofarmaturer med små kondensatorer med PCB og termoruder med PCB, når de kasseres,
- sanering af fuger og gulv med mere end 500 ppm PCB senest 31. december 2008,
- foranstaltninger for fuger og gulv med under 500 ppm PCB ved nedrivning, renovering og ombygning.

Efter SNV's redegørelse gik det frivillige renoveringsarbejde ned i tempo i afventen af en lovgivning på området. Denne blev forsinket og kom først i 2007.

---

<sup>20</sup> Rex GB, Sikander E. Arbetsmiljö vid PCB-sanering. Bygg & teknik 2005; 8: 21-22.

[http://www.rivosaner.se/publikationer/filer/bygg\\_o\\_teknik-2005\\_nr\\_8-arbetsmiljo\\_vid\\_pcb\\_sanering.pdf](http://www.rivosaner.se/publikationer/filer/bygg_o_teknik-2005_nr_8-arbetsmiljo_vid_pcb_sanering.pdf)

<sup>21</sup> [http://www.rivosaner.se/publikationer/filer/rekommendation\\_for\\_atgarder\\_vid\\_sanering\\_av\\_pcb-060228.pdf](http://www.rivosaner.se/publikationer/filer/rekommendation_for_atgarder_vid_sanering_av_pcb-060228.pdf)

<sup>22</sup> Ljung M, Olsson M, Tolstoy N. Research and development in sanitation technology for PCB-containing sealants. Proceedings Building Physics 2002 – 6<sup>th</sup> Nordic Symposium. 823-827.

<sup>23</sup> <http://www.naturvardsverket.se/sv/Produkter-och-avfall/PCB-i-byggnader-och-produkter/>

<sup>24</sup> Regeringsupdrag om omhändertagande av PCB i byggnader. Naturvårdsverket, juni 2002.

[http://www.naturvardsverket.se/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/Miljogifter/pcb\\_i\\_byggnader.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/Miljogifter/pcb_i_byggnader.pdf)



## Svenske regler om PCB i bygninger

Den 25. januar 2007 vedtog den svenske regering en ny bekendtgørelse for PCB.<sup>25</sup> Bekendtgørelsen, der trådte i kraft 1. marts 2007, indeholder bl.a. bestemmelser om undersøgelse/opgørelse og sanering af PCB i bygninger og anlæg, og erstattede bekendtgørelser fra 1985 (PCB m.m.) og 1998 (PCB-affald).<sup>26</sup>

Udover polychloreerede biphenyler (PCB) omfattede bekendtgørelsen også perchloreerede terphenyler (PCT) samt nogle chlor- og bromholdige diphenylmethaner (Ugilec 121, Ugilec 141, Ugilec C21 og DBBT), der har været brugt som PCB alternativer udenfor byggeriet.

Formålet med bekendtgørelsen var yderligere at begrænse det daværende udslip af PCB til miljøet samt reducere den direkte udsættelse af mennesker for PCB ved indånding i indeluften i boliger eller på arbejdspladser.

Bekendtgørelsen (§16 til §18) stiller krav om, at alle ejere af ejendomme opførte eller renoverede i perioden 1956-1973 skal undersøge/kontrollere, om der kunne være brugt PCB-holdige fuge- eller gulvmasser ved ejendommens renovering eller opførelse.

Ejeren skulle så inden 30. juni 2008 orientere de lokale tilsynsmyndigheder om fremgangsmåden og resultatet af undersøgelsen, samt hvad man videre agtede at gøre. Ejeren skulle også redegøre for, hvordan man ville fjerne og bortskaffe evt. PCB som farligt affald. Grænsen for at PCB i olier skulle regnes for farligt affald blev samtidig nedsat fra 50 ppm til 2 ppm.

Hvis det viste sig, at der var brugt fuge- eller gulvmasser med et PCB-indhold på mere end 0,05 vægt % (500 ppm), skulle disse udskiftes/saneres, Myndighederne anslog samtidigt, at den tilbageværende PCB mængde i fugemasser var 300 ton.

Der blev fastsat nogle frister mht. saneringen. Saneringen skal ske senest den 30. juni 2013 for:

- Industribygninger opført eller renoveret 1956-1973,
- andre bygninger og anlæg opført eller renoveret 1970-1973, og
- for fuge- og gulvmasse anvendt indendørs.

Saneringen skal dog være fuldført allerede den 30. juni 2011 for andre bygninger og anlæg opført eller renoveret 1956-1969, - dog ikke når PCB-holdig fuge- og gulvmasse er anvendt indendørs, så gælder ovennævnte 2 års længere frist. Der kan gives udsættelser i forbindelse med planlagte ombygninger/renoveringer.

Der er ikke krav om formelle kompetencer hos de firmaer, som foretager saneringen. Der er heller ikke krav om en bestemt analysemetode for PCB, men analysefirmaer bør ifølge Naturvårdsverket (SNV) være akkrediteret til analyse af PCB i fugemasse. I

<sup>25</sup> Förordning om PCB m.m. utfärdad den 25 januari 2007. Svensk Författningssamling SFS 2007:19. [www.lagrummet.se; http://62.95.69.15/cgi-bin/thw?\\${APPL}=SFST&\\${BASE}=SFST&\\${THWIDS}=0.58/27449&\\${HTML}=sfst\\_dok&\\${TRIPSHOW}=format=THW&\\${THWURLSAVE}=58/27449](http://www.lagrummet.se;http://62.95.69.15/cgi-bin/thw?${APPL}=SFST&${BASE}=SFST&${THWIDS}=0.58/27449&${HTML}=sfst_dok&${TRIPSHOW}=format=THW&${THWURLSAVE}=58/27449)

<sup>26</sup> Nyhetsbrev M2007.05 från Miljödepartementet, januari 2007. <http://www.regeringen.se/sb/d/8718/a/75702>

forbindelse med ansøgninger om dispensation til dumpning af affald i havet kræver SNV at der analyseres for forekomst af følgende syv PCB congenere: PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180.<sup>27</sup> Det er samme PCB<sub>7</sub>, som på det seneste er benyttet til fugemasse og indeluft i Sverige.

En- og tofamiliehuse ("småhus" ifølge ejendomsbeskatningsloven), som er ejet af fysiske personer og dødsboer, er undtaget for reglerne i §16-§18 (se ovenfor) gældende PCB i bygninger, men ikke undtaget for bekendtgørelsen i øvrigt. Der er ingen yderligere forklaring i bekendtgørelsen eller nyhedsbrevet på, hvorfor småhuse er undtaget for PCB undersøgelsespligten, men en medarbejder fra SNV interviewes om dette aspekt i det følgende.

Miljökonsultgruppen i Stockholm har fået mange spørgsmål om rækkehuse er omfattet af lovgivningen. Deres fortolkning er, at hvis de enkelte boliger bebos af ejere, svarer det til enfamiliehuse, mens hvis rækkehusene bebos af lejere, så er de omfattet af lovgivningen.<sup>28</sup>

Den 29. maj 2008 fremsatte Naturvårdsverket forslag om ændringer i PCB bekendtgørelsen gående ud på:<sup>29</sup>

- at der gives en mulighed for dispensationer,
- at allerede gennemførte saneringer godkendes, og
- at krav om sanering stilles ved om- og tilbygning samt nedrivning, hvis PCB-koncentrationer i fuge- og gulvmasser er 50-500 ppm.

Dette forslag har Byggherarna og Krettsloppsrådet kommenteret.<sup>30</sup>

### **PCB aktiviteter i Stockholm**

Miljöförvaltningen i Stockholms Stad har i mange år i samarbejde med forskellige organisationer arrangeret mange seminarer om sanering af PCB i bygninger, som i år 2000 har resulteret i vejledende rapporter og information i forbindelse med ombygning og renovering.<sup>31</sup> Her kan disse relaterede dokumenter hentes:

- Inventering, provtagning och analys av PCB i fogmassor.
- Isolerglas med PCB måste hanteras rätt.
- PCB-inventering med hund.
- Erfarenheter från sanering av fogmassor med PCB.
- Checklista för invändig sanering.
- Checklista utvändig sanering.

De to checklister fra 2000 er dog nu forældede og erstattet med nye.

<sup>27</sup> <http://www.naturvardsverket.se/sv/Produkter-och-avfall/Avfall/Hantering-och-behandling-av-avfall/Dumpning-av-avfall-i-vatten/Dumpningsansokan/>

<sup>28</sup> [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu) Nyhed 8. juni 2009.

<sup>29</sup> <http://www.regeringen.se/content/1/c6/03/45/62/a270bf5d.pdf>

<sup>30</sup> [http://www.byggherre.se/documents/Alla\\_dokument\\_2008/Remisser/081029\\_Remissvar\\_PCBförordning\\_Byggherrarna.pdf](http://www.byggherre.se/documents/Alla_dokument_2008/Remisser/081029_Remissvar_PCBforordning_Byggherrarna.pdf); <http://www.krettsloppsradet.com/home/page.asp?sid=5287&mid=2&PageID=51738>

<sup>31</sup> [http://www.stockholm.se/Fristaende-webbplatser/Fackforvaltningsajter/Stadsledningskontoret/LIP---Stockholms-lokala-investeringsprogram/Kunskapssluss\\_ny/PCB-problematik-vid-ombyggnad-och-renovering/](http://www.stockholm.se/Fristaende-webbplatser/Fackforvaltningsajter/Stadsledningskontoret/LIP---Stockholms-lokala-investeringsprogram/Kunskapssluss_ny/PCB-problematik-vid-ombyggnad-och-renovering/)

Miljøforvaltningen har en hjemmeside med oplysninger om PCB beregnet for ejendomsselskaber.<sup>32</sup> Her er der bl.a. et link til en vejledning til ejere af ejendomme: "Inventera och sanera PCB – Ditt ansvar som fästighetsägare".

Den totale mængde PCB tilbage i bygninger i Stockholm er blevet anslået til 20 tons, heraf omkring halvdelen i fugemasser. Fugemasser med PCB kan være brugt til udvendig tætning mellem facadeelementer af beton, sten m.m. og i elastiske indvendige og udvendige fuger fx rundt døre og vinduer. Plastbaserede gulvmasser, fx "Acrydur", giver vandskyende, kornede, skridsikre overflader, der tidligere var almindelige i industrilokaler og storkøkkener.

De fremgår af kommunens oplysninger, at termoruder fra perioden 1956-1980 kunne indeholde PCB i forseglingsmassen. Indtil 1980 kunne oliebaseerede små kondensatorer af metal indeholde PCB. Disse kunne forekomme i armaturer i lysstofrør, køkkenmaskiner, pumper, motorer, oliebrændere, ventilationsanlæg etc. I årene fra 1998-2005 blev 30 % af alle ejendomme i Stockholm med PCB saneret.

I december 1998 havde Miljøforvaltningen i Stockholm udsendt en håndbog: "Inventering av fogmassor med PCB - Handbok för fastighetsägare", som også findes på hjemmesiden.

I en undersøgelse fra bydelen Skärholmen fandtes høje PCB-værdier i alle typer af bygninger: Etageejendomme, rækkehuse, elnet stationer, industrilokaler, sygehuse og skoler.

En videnskabelig artikel demonstrerede, at der som følge af en sanering/fjernelse af PCB-fuger (gennemsnitligt PCB-indhold: 13 %) fra ejendomme kan forekomme forhøjede koncentrationer af PCB i luft og jord.<sup>33</sup> Direkte ved værktøjet var luftkoncentration 50-100 µg PCB/m<sup>3</sup>, og jorden tæt på bygningen havde ca. 10 gange forhøjede PCB-koncentrationer (1,7- 32 mg/kg tørvægt) i forhold til 22 m væk. Det var flere hundrede gange den svenske grænseværdi for uforurennet jord på 0,02 mg/kg.

Desuden findes der en rapport fra Stockholms Kommune fra 2001: "PCB i Inomhusmiljön", med en kortlægning af PCB forekomst i indeluft og husstøv i udvalgte lejligheder, skoler og et kontor i Stockholm. Rapporten er udarbejdet i samarbejde med "Statens Provnings- och Forskningsinstitut" i Borås. I 20 lejligheder, hvor der blev fundet 11-25 % PCB i fugerne var PCB koncentrationerne i indeluften mellem 20 og 270 ng/m<sup>3</sup> med aktiv prøveoptagning 1 liter/minut i 2 dage. De målte koncentrationer af PCB i luften, var med stor sandsynlighed forårsaget af PCB-fuger i huset. Der var dog ingen direkte sammenhæng mellem PCB i fuger og i luften, idet den højeste luftkoncentration blev målt, hvor PCB indholdet i fuger kun var 11 %. Andre forhold som fx utætheder, ude temperatur, ventilation og afdækning spiller ind. Indeluft niveauerne var også lavere, end man har fundet i andre sammenhænge.

<sup>32</sup> <http://www.stockholm.se/-/Naringsliv/For-foretagare/Kemikalier-/PCB/>

<sup>33</sup> Åstebro A, Jansson B, Bergström U. Emissions during replacement of PCB containing sealants – a case study. Organohalogen Compounds 2000; 46: 248-251.

Ved passiv prøvetagning i 2 uger i de samme lejligheder blev PCB i indeluften målt i højere koncentrationer - indtil 600 ng/m<sup>3</sup>. Kun i den ene af de 3 skoler, der indgik i undersøgelsen, var der PCB fuger, og her var PCB koncentrationen i indeluften 37 ng/m<sup>3</sup> – i de to andre skoler var PCB i luften ikke målbart. Analysemetode anvendt var GC-MS. For kvantificering af PCB i luft blev summen af PCB28, 52, 101, 138, 153 og 180 udregnet og blev ganget med 5 (tysk metode). For fugemassen kvantificeres også PCB118 og variabel korrektionsfaktor blev brugt afhængig af standard.

En videnskabelig undersøgelse fra 2001 rapporterede målinger med passiv sampling (2 uger) af PCB (20 congenere) i indeluften i 13 lejligheder i Solna.<sup>34</sup> I lejligheder med PCB-fuger var gennemsnitskoncentrationen af PCB 366 ng/m<sup>3</sup>, mens koncentrationen i lejligheder uden PCB kun var 6 ng/m<sup>3</sup> og udeluften ved en PCB kontamineret bygning var 5 ng/m<sup>3</sup>.

I en anden undersøgelse blev PCB målt i indeluften og støv i 9 lejligheder i Stockholms centrum og 15 lejligheder og 3 skoler i en forstad.<sup>35</sup> Koncentrationerne i indeluft opsamlet med pumpe var fra 3 til 270 ng PCB<sub>6</sub>/m<sup>3</sup> (tysk kvantificeringsmetode). Passiv sampling gav nærmest samme resultater. I 9 lejligheder og en skole blev der også analyseret for dioxinlignende PCB, men koncentrationerne var meget lave (0,001-0,1 pg TEQ/m<sup>3</sup>) og repræsenterede kun 1 % af den normale indtagelse med levnedsmidler. PCB koncentrationen i støv opsamlet i lejlighederne varierede meget fra 0,01 til 5,4 mg PCB<sub>7</sub>/kg (inkl. PCB118). Der var en sammenhæng mellem luft og støv koncentrationer. Luftsiftet i lejlighederne var gennemsnitligt over 0,5 i timen, men variationerne var meget store. I skolerne var luftsiftet mellem 1½ og 3 gange i timen. De højeste koncentrationer fandtes, hvor der forekom PCB fuger. Forfatterne anfører at tidligere målinger af PCB i svenske lejligheder har været op til 600 ng/m<sup>3</sup> og 4 mg/kg i støv. Der er ingen grænseværdi for PCB i indeluft i Sverige.

I en opfølgning blev blodprøver fra 21 beboere i PCB kontaminerede lejligheder og 15 personer i lejligheder uden PCB undersøgt.<sup>36</sup> Median koncentrationen ud fra summen af 30 PCB congenere var 226 ng/g fedt i ikke kontaminerede lejligheder og 434 ng/g fedt, hvor der var PCB fuger. De mest forekommende congenere hos kontroller var PCB153, PCB180 og PCB138, mens det for de PCB eksponerede var PCB28, PCB180, PCB153 og PCB138. Hos de PCB-eksponerede var koncentrationen af den flygtige congener PCB28 tredive gange højere end for de ikke-eksponerede for PCB fuger.

Hovedforfatteren Niklas Johansson har skrevet en populær artikel, om det er farligt at bo i et hus med PCB fuger.<sup>37</sup>

---

<sup>34</sup> Johansson N, Hanberg A, Bergesk S, Tysklind M. PCB in sealant is influencing the levels in indoor air. *Organohalogen Compounds* 2001; 52: 436-440.

<sup>35</sup> Corner R, Sundahl M, Rosell L, Ek-Olausson B, Tysklind M. PCB in indoor air and dust in buildings in Stockholm. *Proceedings: Indoor Air 2002*: 141-146.

<sup>36</sup> Johansson N, Hanberg A, Wingfors H, Tysklind M. PCB in building sealant is influencing PCB levels in blood of residents. *Organohalogen Compounds* 2003; 63: 381-384.

<sup>37</sup> Johansson N. Er det farligt at bo i et PCB-hus?. *Miljöforskning*, Juni 2002.

<http://miljoforskning.formas.se/sv/Nummer/Juni-2002/Innehall/Artiklar/Ar-det-farligt-att-bo-i-ett-PCB-hus/>

## PCB aktiviteter i Västra Götaland

Miljømyndighederne i denne region (län), som også omfatter Gøteborg, har oprettet: "Miljösamverkan Västra Götaland", der skal effektivisere arbejdet med miljø og sundhed i regionen. Et af delprojekterne er om PCB.<sup>38</sup>

I 1997-1999 stod Miljösamverkan for et større projekt "PCB-Fria Fogar". Slutrapporten "PCB i fogmassor", der diskuteres nedenfor, er tilgængelig på deres hjemmeside.<sup>39</sup>

I 1998 blev bygninger i 14 vestsvenske kommuner undersøgt for PCB. I 12 af kommunerne var der i alt 531 bygninger med fugemasse fra tiden 1957-1972. Sammenlagt havde disse bygninger 100.000 løbende meter fugemasse. Under antagelse af at 30 % af disse fuger indeholdt PCB i en koncentration på 15 % blev PCB mængden beregnet til 1130 kg. Disse fugemasser fandtes ofte mellem forskellige materialer (fx mellem tegl og træ) og rundt om vinduer og døre. Fugemasserne forekom i alle slags bygninger inkl. villaer og rækkehuse, men mest (80 %) i 2-4 etagers boligkarreer bygget af tegl og blandede materialer og mindre end forventet i betonelementhuse for bolig, erhverv, vandværk eller institution. De tidligere vurderinger gående ud på, at der i Sverige var 300 tons PCB i betonelementbygninger og kun 20 tons i andet byggeri, passede ikke med disse resultater.

Det blev desuden konstateret, at selvom PCB-holdige fuger tidligere var udskiftet i forbindelse med vedligeholdelse, så kunne de nye fuger alligevel indeholde flere % PCB og derfor være over grænsen for saneringskrav. I en 8-etagers elementbygning i Gøteborg var indeluftens PCB koncentration inden saneringen omkring 600 ng/m<sup>3</sup>. Baggrundsniveau var <3,7 ng/m<sup>3</sup>. Kvantificering var med 7 PCB congenere og korrektionsfaktor. Beboerne her får 4 gange højere daglig PCB eksponering med indeluften end med føden, der ellers er største eksponering.

Ud fra undersøgelsesresultaterne konkluderes det, at PCB sanering er kost-effektivt og har stor miljønytte. Den totale arbejdstid nødvendig for at sanere fugemasse med 1 kg PCB blev anslået til 40 minutter. Udgifterne til PCB sanering i de 12 kommuner blev anslået til 5,4 mio. SEK. Udgifter til evt. hund til at opspore PCB fuger angives til 7000 SEK per dag for hund og førere. En hund kan klare en normal stor bygning på 10 min. Disse økonomiske og tidsmæssige overslag virker dog meget lave, hvis saneringen skal ske på betrykkende vis. Passer heller ikke helt med andre oplysninger fra SABO (se efterfølgende).

Samtidigt udsendte SP Sveriges Prövnings- og Forskningsinstitut i Borås publikationer med konkrete resultater og de metoder der var brugt.<sup>40,41</sup> SP har også udgivet en rapport om afsmitning af PCB fra fugemasser til tilgrænsende bygningsmateriale.<sup>42</sup>

<sup>38</sup> <http://www.miljosamverkan.se/pcb> ; <http://www.miljosamverkan.se/sv/Regionkansliet/Tillvaxt--Utveckling/Miljoarbete-i-Vastra-Gotaland/Miljosamverkan-Vastra-Gotaland/Delprojekt-alla-1999-2007/Kemikalier-och-olyckor/PCB-tillsyn/>

<sup>39</sup> PCB i fogmassor. Slutsatser av inventering i västsvenska kommuner och fremtagande av fungerande saneringsteknik. Slutrapport af projektet PCB-fria fugar, 1999.

[http://www.miljosamverkan.se/upload/Regionkanslierna/Milj%c3%b6samverkan/PCB/PCBfria\\_slutrapport.pdf?epslanguag e=sv](http://www.miljosamverkan.se/upload/Regionkanslierna/Milj%c3%b6samverkan/PCB/PCBfria_slutrapport.pdf?epslanguag e=sv)

<sup>40</sup> Sikander E. Utveckling och utvärdering af metoder för utbyte av PCB-haltiga fogmassor. SP Rapport 1999:07.

Projektet blev fulgt op de følgende år med deltagelse af 32 af de 49 kommuner i regionen.<sup>43</sup> En slutrapport "Delprojekt Uppföljning PCB-fria fogar", der kom i 2005, viste, at der siden 1999 var blevet fjernet 4,9 tons PCB (heraf 4 tons PCB i Gøteborg alene) ved saneringsarbejdet i projektet, -eller meget mere end vurderet fra projektets start.<sup>44</sup> De bygninger, der blev saneret, var boligblokke, kontor- og erhvervsbygninger, vandværk, sygehus og skoler mv. Der blev indtil 2003 taget 1800 prøver af fugemasse, heraf 1400 i Gøteborg, mere end 30 prøver af indeluft og omkring 100 jordprøver. Senere blev der taget endnu flere prøver. Koncentrationerne i indeluft var mellem 70 og 1170 ng/m<sup>3</sup>.

Miljösamvirkan har et igangværende PCB-projekt som en opfølgning af de tidligere projekter. Bygningerne i regionen er ikke færdigsanerede, selvom de er godt på vej. Tyngdepunktet i det nye projekt er en tilsynskampagne med det formål at sikre, at alle berørte ejendomsbesiddere sørger for at kortlægge deres bygninger, som ifølge PCB bekendtgørelse skulle være færdig inden 30. juni 2008. Tilsynskampagnen gennemføres i månederne april til oktober 2009 med vurdering og rapportering i december 2009.

Med hensyn til termoruder fik Fogspecialisten AB i Gøteborg i oktober 2006 tilladelse af Miljöprövningsdelegationen i Västra Götalands Län til at behandle termoruder med PCB ved at slå glasset i stykker, så det kan genbruges, og at bortskaffe kanterne med isoleringsmassen som PCB-affald.<sup>45</sup>

## Skåne

Länsstyrelsen i Skåne Län har en hjemmeside om PCB i bygninger til støtte for undersøgelse og sanering.<sup>46</sup> I årene 2006-2007 gennemførte de et projekt, som skulle hjælpe/informere/vejlede håndværkere. Der er ingen data om konkrete undersøgelser af PCB i bygninger i Länet.

## PCB aktiviteter hos Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag (SABO)

SABO er Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag med 292 medlemmer. SABO har en hjemmeside med oplysninger om PCB.<sup>47</sup>

I januar 2002 udgav SABO en rapport om erfaringer fra otte SABO ejendomsselskaber, som havde kortlagt og saneret PCB i deres ejendomme.<sup>48</sup> Omkostningerne beløb sig til mellem 10.000 og 300.000 SEK per ejendom og i et tilfælde 300 SEK per lejlighed. I et

---

<sup>41</sup> Sundahl M, Sikander E, Ek-Olausson, Hjorthage A, Rosell L, Tornevall M. Determination of PCB within a project to develop cleanup methods for PCB-containing elastic sealant used in outdoor joints between concrete blocks in buildings. J Environ Monit 1999; 1: 383-387.

<sup>42</sup> Sundahl M, Hjorthage A, Torstenson C, Ek-Olausson B. Spridning av PCB från PCB-haltiga fogmassor till angränsande byggmaterial. SP Rapport 2001:02.

<sup>43</sup> <http://www.miljosamverkan.se/sv/Regionkansliet/Tillvaxt--Utveckling/Miljoarbete-i-Vastra-Gotaland/Miljosamverkan-Vastra-Gotaland/Delprojekt-alla-1999-2007/Kemikalier-och-olyckor/Uppfoljning-PCB-fria-fogar/>

<sup>44</sup> Slutrapport Delprojekt uppföljning af PCB-fria fogar, Miljösamverkan Västra Götaland, 2005.

[http://www.miljosamverkan.se/upload/Regionkanslierna/Milj%c3%b6samverkan/PCB/PCB\\_slutrapport\\_mars2005.pdf?epslanguage=sv](http://www.miljosamverkan.se/upload/Regionkanslierna/Milj%c3%b6samverkan/PCB/PCB_slutrapport_mars2005.pdf?epslanguage=sv)

<sup>45</sup> Behandling av isolerrutor med PCB. Nyhed, 2. november 2007. [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu)

<sup>46</sup>

[http://www.lansstyrelsen.se/skane/miljosamverkan\\_skane/Projekt\\_och\\_rapporter/Slutforda\\_och\\_rapporter/PCB\\_i\\_byggnader/Handlaggarstod.htm](http://www.lansstyrelsen.se/skane/miljosamverkan_skane/Projekt_och_rapporter/Slutforda_och_rapporter/PCB_i_byggnader/Handlaggarstod.htm)

<sup>47</sup> [http://www.sabo.se/kunskapsraden/miljo\\_och\\_energi/innemiljo/Sidor/PCB.aspx](http://www.sabo.se/kunskapsraden/miljo_och_energi/innemiljo/Sidor/PCB.aspx)

<sup>48</sup> <http://www.sabo.se/SiteCollectionDocuments/PCBerfarenheter.pdf>

enkelt tilfælde blev udgifterne opgjort til 2000 SEK per bygning for kortlægningen, og PCB saneringen kostede 250 SEK per løbende meter.

I 2008 har SABO i samarbejde med Fastighetsägerna og Miljökonsultgruppen i Stockholm udgivet en håndbog i at kortlægge og sanere PCB, som kan købes via Svensk Byggtjänst eller SABOs hjemmeside.<sup>49</sup>

SABO har nyligt udgivet en statusrapport, om hvordan det per juni 2008 ser ud med PCB situationen i deres ejendomsselskaber.<sup>50</sup> Rapporten er resultat af en spørgeskemaundersøgelse, hvor 43 % af medlemmerne (126) svarede. Heraf var 20 % ikke gået i gang med kortlægningen, mens 78 % havde kortlagt og indsendt udbedringsplan til myndighederne. Det viste sig at 17 % af selskaberne slet ikke havde PCB i bygningerne. Kun 10 selskaber fandt termoruder med PCB og 9 selskaber fandt PCB-holdige kondensatorer. Saneringen var næsten færdig i 20 % af selskaberne, i 26 % var saneringen i gang, mens 35 % endnu ikke havde påbegyndt saneringen. En del vanskeligheder blev konstateret, bl.a. med balkoner og sværttilgængelige fuger, der betød omkostninger på 20.000 SEK per lejlighed. Analyseomkostninger var i starten 700-800 SEK per prøve, men var nu faldet til 500 SEK per prøve, men udgifterne var fortsat et problem.<sup>51</sup> Sanering af lettilgængelige fuger kostede 500-1000 SEK per løbende meter. Analyselaboratoriet er ikke nævnt, men prisen svarer godt til priser (550 SEK per fugeprøve) set på hjemmesiden for firmaet Analytica AB.<sup>52</sup>

### **Telefoninterview om en- og tofamiliehuse**

Den 17. august 2009 blev Niklas Johansson, Naturvårdsverket, Stockholm, interviewet. Det fremgik at en- og tofamiliehuse er undtaget for lovgivningen,

- fordi formålet var at beskytte lejere mod PCB. Derfor er ejerlejligheder og andelsboliger også undtaget.
- der er desuden ikke fundet særligt meget PCB i disse hustyper.

Termoruder blev ikke undersøgt, da de blev undtaget fra lovgivningen om PCB kortlægning og inventering, for at undgå komplikationer, og PCB-fugerne havde første prioritet.

Han oplyste, at baggrunden for grænsen på 500 ppm PCB i fugerne, som skæring for sanering i stedet for EU grænsen på 50 ppm for farligt affald, var, at der var få resultater lige omkring 500ppm, så målesikkerheder ikke fik betydning for, om PCB skulle saneres. Enten var PCB meget højere end 500 ppm, hvilket ofte var tilfældet hvor PCB var tilsat, eller meget lavere, hvilket var tilfældet, hvor PCB forekom som en sekundær forurening, så 500 ppm giver en klar skæringsgrænse.

Gunilla Rex fra Mijlökonsulentgruppen i Stockholm har telefonisk den 24. august 2009 bekræftet, at der ikke er mange PCB-fuger i småhuse, og at det er nemmere at få kontakt med og samarbejde med ejendomsselskaber end med individuelle ejere.

<sup>49</sup> [http://www.sabo.se/aktuellt/nyheter\\_s/2008/okt/Sidor/HandbokPCB.aspx](http://www.sabo.se/aktuellt/nyheter_s/2008/okt/Sidor/HandbokPCB.aspx);  
<http://www.byggtjanst.se/Product/ProductDetail.aspx?id=509668&i...>

<sup>50</sup> <http://www.sabo.se/SiteCollectionDocuments/pcbrapport.pdf>

<sup>51</sup> I juli 2009 angiver ALS Laboratory Group priser per prøve for PCB analyser på 550 SEK for fugemasse, 900 SEK for gulvmasse og øvrige byggematerialer og endelig 1500 SEK for indeluft. <http://www.alsglobal.se>

<sup>52</sup> <http://www.alsglobal.se>

## b. Norge

### PCB forbrug

En undersøgelse for den norske miljøstyrelse: Statens Forurensningstilsyn (SFT), fra 1973 viste at der i perioden 1962-1972 blev importeret 424 tons "ren" PCB til Norge. Det totale forbrug i årene 1954 -1973 blev anslået til 700-800 tons, hvoraf 250 tons blev brugt til betontilsætning, fugemasser og maling.<sup>53</sup>

Estimatet i 2009 anslår, at følgende mængder PCB (tons) blev taget i brug i Norge før forbuddet i 1980.

1. Store transformatorer og kondensatorer	400 ( <i>udfaset</i> )
2. Kondensatorer i belysning	300 ( <i>tilnærmet udfaset</i> )
3. Andre små kondensatorer	30
4. Strømgennemføringer	10 ( <i>snart udfaset</i> )
5. Fugemasse	100
6. Betontilsætning	268,1
7. Termoglastætningsmasse	101
8. Maling	97,4
<u>Samlet (tons)</u>	<u>1306,5</u>

For punkt 3, 5, 6, 7, 8 er det ikke udfasningskrav og udfasning sker i tilknytning til nedrivning og rehabilitering. Disponering/destruktion som ikke medfører udslip af PCB er målet i affaldsfasen.<sup>54</sup>

### Forbud

I Norge blev åbne anvendelser af PCB forbudt med en bekendtgørelse (forskrift) fra 1979, der trådte i kraft 1. januar 1980. Denne bekendtgørelse blev revideret i 1990, hvor større PCB-transformatorer og -kondensatorer blev forbudt efter 1. januar 1995. I 2000 blev EU-direktivet om PCB og PCT implementeret, og en dato for udfasning af PCB i små kondensatorer i lysstofrør armaturer blev sat til 1. januar 2005 (senere blev fristen forlænget til 1. januar 2008).<sup>55,56</sup> Udfasning af PCB i "strømgjennemføring" (stærkstrømkabler?) blev sat til 1. januar 2010. Termoruder, fuger, beton og maling med > 50 ppm PCB skal behandles som specialaffald.

### Tidlig undersøgelse

I 1998 udgav Statens Forurensningstilsyn (SFT), en rapport om PCB i bygningsmaterialer udarbejdet af Det Norske Veritas.<sup>57</sup> Undersøgelsen viste, at 100 tons PCB i perioden 1963-1972 var blevet brugt til især udvendig fugning i elementbyggeri, fortrinsvis i forretnings-, industri- og lagerbygninger. Heraf blev det anslået, at 40-60 tons fortsat var i brug. Det var lidt mere end de 35 tons anslået i en tidligere rapport fra 1995

<sup>53</sup> Refereret i Sverud T, Estensen ASG. PCB i bygningsmaterialer. Fugemasse, betongtilsats, gulvbeleg og maling/skipsmaling. Oslo: Statens Forurensningstilsyn Rapport 98:09.

<sup>54</sup> Monika Lahti, SFT, pers. med. august 2009.

<sup>55</sup> SFT: Fakta TA-nummer 1704/2000. Hva gjør miljøvernmyndighetene for å stanse nye utslipp fra PCB i produkter? Februar 2000.

<sup>56</sup> [http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pcb\\_handlingsplan090709.pdf](http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pcb_handlingsplan090709.pdf)

<sup>57</sup> Sverud T, Estensen ASG. PCB i bygningsmaterialer. Fugemasse, betongtilsats, gulvbeleg og maling/skipsmaling. Oslo: Statens Forurensningstilsyn Rapport 98:09.



(1996?). Forklaringen på, at brugen af PCB i Norge til disse formål var mindre end brugen i Sverige, var, at elementbyggeri til boliger var mindre almindeligt i Norge.

Desuden blev PCB brugt i tilsætning (0,3 %) til beton til brug inden- og udendørs til gulvafretning, grunding, reparation og fugning i vådrum i bygninger opført i 1960-1975. Hertil blev brugt 120 tons PCB, hvoraf 80 tons blev anslået til fortsat at være tilbage i bygningerne. Produktet blev også brugt i private huse, hvor relativt mest var tilbage. Desuden blev der i årene 1952-1975 brugt 44 tons PCB til skibsmaling og 32 tons PCB i (chlorkautsjuk) maling til andre formål, bl.a. rørledninger i kraftværker og olieinstallationer. Heraf blev henholdsvis 7 og 6 tons anslået at være tilbage.

### Senere kortlægning

SFT har senere videre kortlagt hvor PCB-holdigt byggemateriale findes. Det blev brugt i forseglingslim i termoruder, i inden- og udendørs fuger, i betontilsætning indendørs og i udendørs maling til skibe og bygninger.<sup>58</sup>

- PCB-holdigt fugemateriale blev brugt i 1960-1978 udendørs i elementbyggeri og mellem stenkonstruktioner, fx trapper.
- Indendørs er PCB-fugemateriale brugt rundt om vinduer og døre og mellem gulvfliser og ved svømmebassiner.
- I 1960-1972 er PCB brugt i "Borvibet" og "Elasticrete" betontilsætning, der anvendes ved reparation af murpuds, afretning af og slidlag på gulve. Produkterne påvirker mørtlens sejhed og gør påføring lettere. Bindemidlet er polyvinylacetat. Det blev brugt til murpuds/murmaling mest i Vestlandet (Bergen), hvor klimapåvirkning var størst.
- PCB-holdig forseglingsmasse blev i 1965-1975 brugt i de fleste typer termoruder i alle typer af privatboliger og større bygninger. Den anvendte mængde var 250 tons, hvoraf 200 blev anslået at være tilbage i 2000. Denne mængde er mere end dobbelt så stor som den senere vurdering fra 2009 nævnt tidligere.
- PCB blev brugt i (chlorkautsjuk) maling i perioden 1952-1975.

### Undersøgelser i Vestlandet

Forskere ved Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) har lavet en del undersøgelser relateret til PCB i byggeri. NGU fandt i 1999 PCB på en legeplads/skolegård i Bergen, der skyldtes nedfald af murpuds fra skolebygningen.<sup>59</sup> Året efter blev der fundet PCB ved en børnehave i Bergen og i begyndelsen af 2001 blev fundet store mængder PCB (620 ppm) i murpuds fra en bygning opført 1952 i Bergen. PCB stammede fra brug af produktet Borvibet.<sup>60</sup> En anden undersøgelse af facaderne og jorden rundt om 38 bygninger viste, at boliger opført i 1960'erne var mere PCB-forurenede (op til 290 ppm PCB i facadebeklædningen) end skoler, kontorer og virksomheder.<sup>61</sup>

Omkring 30 % af de undersøgte bygninger i Bergen havde PCB-forurenede ydervægge; Bergen har også flere stenhuse og et barskere klima end mange andre byer i Norge. I Tromsø var der kun én ud af 28 bygninger med PCB, og i Trondheim havde ingen af de

<sup>58</sup> SFT: Fakta TA-nummer 1730/2000. PCB i bygg.

<sup>59</sup> [http://www.ngu.no/FileArchive/156/99\\_049.pdf](http://www.ngu.no/FileArchive/156/99_049.pdf)

<sup>60</sup> [www.Aftenposten.no](http://www.Aftenposten.no); Kreftfremkallende miljøgift i murpuss, 18/3-2001

<sup>61</sup> Andersson M, Ottesen RT, Volden. Building materials as a source of PCB pollution in Bergen, Norway. Sci Total Environ 2004;325: 139-144.

15 undersøgte PCB.<sup>62</sup> En undersøgelse af et hospital i Trondheim, der skal rives ned i 2010, afslørede > 20 % PCB i fugemasser i nogle af bygningerne.<sup>63</sup> NGU har også lavet et nationalt estimat af problemomfang og mængdeberegning for PCB i bygninger i Norge.<sup>64</sup> De anslår at der er 100 tons PCB tilbage i facaderne.

I Sørfjorden i Vestlandet blev høje PCB koncentrationer (60 mg PCB/kg fat) påvist i blåmuslinger i 2001; det var 20.000 gange baggrundskoncentrationen. Det var samtidig som en ældre vandkraftværk blev renoveret, og gammel murmaling/puds blev udskiftet på en 175 m lang bygning. En del af dette overflademateriale affald, som havde et PCB-indhold på 336 mg/kg endte i fjorden. PCB mønstret i muslingerne svarede til mønstret i overfladematerialet, så det blev anset for kilden. Året efter i 2002 blev der fanget nogle torsk i området som havde 1000 gange mere PCB i leveren end baggrundskoncentrationen. Igen var PCB-congener mønstret identisk med overfladematerialets.<sup>65</sup>

### Undersøgelser i Sydnorge

Undersøgelser af PCB i den bestående bygningsmasse i Drammen, Kristiansand, Porsgrunn, Stavanger og Ålesund er foretaget af NGU i 2008.<sup>66</sup> Den ydre facade på 105 bygninger blev undersøgt sammen med fugemasser fra 22 bygninger. Koncentrationer op til 97 mg PCB/kg i facademaling og 130 mg PCB/kg i fugemasse. PCB blev fundet i indendørs maling i koncentration på indtil 650 mg/kg i 22 af 42 undersøgte bygninger.

### Indeklimamåling

I en undersøgelse fra januar 2000 blev PCB målt i indeluften i norske boliger. Koncentrationerne lå mellem 6 og 429 ng/m<sup>3</sup>. I bygninger, hvor der var benyttet PCB-holdig betontilsætning, var niveauerne højere end i andre end i udeluften.<sup>67</sup> Yderligere detaljer blev ikke oplyst.

### Tidlige handlingsplaner

Byggenæringen præsenterede 15. februar 2001 en "Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall".<sup>68</sup> I forbindelse hermed blev udarbejdet en vejledning til bygningsejere, deres rådgivere samt entreprenører: "Identifisering av PCB i norske bygg".<sup>69</sup> Det fremgår heri, at termoruder produceret i Norge fra 1966-1974, produceret i udlandet indtil 1980 eller med manglende eller ulæselig mærkning regnes som PCB-affald.

SFT udsendte den 8. maj 2003 en handlingsplan for at reducere udslip af PCB.<sup>70</sup> Det fremgik at 280 tons PCB fortsat er i brug, og at 4 mio. PCB-holdige kondensatorer er i brug i lysarmaturer. Relevante punkter vedrørende byggeri var:

- Målet var at øge kompetencen og videreføresamarbejde med byggebranchen om identificering og sanering af PCB i byggeriet.

<sup>62</sup> NGU-FOKUS nr. 5, 2005. [http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/NGU-Fokus/NGU\\_FOKUS\\_Nr%205\\_2005.pdf](http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/NGU-Fokus/NGU_FOKUS_Nr%205_2005.pdf)

<sup>63</sup> <http://www.ngu.no/no/hm/Publikasjoner/Rapporter/2009/2009-019/>

<sup>64</sup> <http://www.ngu.no/no/hm/Publikasjoner/Rapporter/2009/2008-080/>

<sup>65</sup> Ruus A, Green NW, Maage A, Skei J. PCB-containing paint and plaster caused extreme PCB-concentrations in biota from Sørfjord (Western Norway) – A case study. Mar Pollut Bull 2006; 52: 100-103.

<sup>66</sup> [http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008\\_071.pdf](http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008_071.pdf)

<sup>67</sup> <http://www.sft.no/Aktuelt/Nyheter/2000/Januar/PCB-malt-i-inneluft-i-boliger/?cid=36662>

<sup>68</sup> [www.okbygg.no](http://www.okbygg.no)

<sup>69</sup> [http://coreweb.nhosp.no/bnl.no/html/files/PCB-veileder\\_BNL\\_rev\\_2005\\_1.pdf](http://coreweb.nhosp.no/bnl.no/html/files/PCB-veileder_BNL_rev_2005_1.pdf)

<sup>70</sup> <http://www.sft.no/Aktuelt/Nyheter/2003/Mai/Handlingsplan-for-a-redusere-PCB-utslipp/?cid=36662>

- Prioritering af skærpede krav til miljørigtig sanering af bygninger med PCB-holdige fuger, puds og maling.
- Støtte retursystem for brugte termoruder. Det blev dengang vurderet, at PCB-holdige termoruder udgjorde den største tilbageværende potentielle kilde til forurening med PCB. Derfor blev der fra 1. juli 2002 etableret et landsomfattende retursystem for kasserede PCB-holdige termoruder, som skulle sikre forsvarlig indsamling og håndtering af disse.

I 2003 blev der vedtaget en "Nasjonal handlingsplan for utskifting av PCB-holdige lysarmaturer".<sup>71</sup> Antallet af små kondensatorer til lysstofrør- og damplysearmaturer i private hjem er ukendt, men ifølge SFT begrænset, så de anbefaler ikke kortlægning af PCB-kondensatorer i private hjem. Desuden bliver kortlægningen kostbar for husholdningerne.<sup>72</sup>

### Termoruder

Regler om pligt for producenter og importører af termoruder til at deltage i godkendte retursystemer for kasserede termoruder, der finansieres af branchen, trådte i kraft den 13. juli 2004. Indtil videre (2008) er der kun et firma: "Ruteretur AS",<sup>73</sup> som har et godkendt retursystem. På deres hjemmeside er der en oversigt over norske producenter af termoruder, deres mærkning og tabeller med analyseresultater af vinduer. Mange koncentrationer i forseglingsmassen var over 10 %, og i et enkelt vindue indeholdt forseglingsmassen 25 % PCB.

Kommuner skal modtage kasserede termoruder gratis.<sup>74</sup> I 2007 blev der indført en mærkningspligt for resterende PCB-holdige termoruder i bygninger.



Detaljerede råd om håndtering af PCB-holdige termoruder er udarbejdet.<sup>75</sup>

### Skærpet kontrol

I 2006 og 2008 førte SFT en skærpet kontrol af PCB i små kondensatorer til lysarmaturer og termoruder.<sup>76</sup> Ejere af bygninger opført eller rehabiliteret mellem 1960 og 1980, og som indeholder lysarmatur med PCB-kondensatorer og andre PCB-holdige produkter som maling, fugemasse og termovinduer, er ansvarlig for at:

- Udfase alle PCB-holdige kondensatorer. Frist for udendørs lysstofarmaturer var 1. juli 2008.
- Mærke alle PCB-holdige termoruder med klistremærker fra Ruteretur AS.

<sup>71</sup> [http://www.pcb.no/upload/documents/pcb\\_brosjyre\\_telfo.pdf](http://www.pcb.no/upload/documents/pcb_brosjyre_telfo.pdf)

<sup>72</sup> <http://www.pcb.no/text.cfm?ID=0-2276>

<sup>73</sup> [www.ruteretur.no](http://www.ruteretur.no)

<sup>74</sup> <http://www.sft.no/Aktuelt/Nyheter/2008/Mars/Kommunane-ma-ta-imot-PCB-ruter-gratis/?cid=3336>

<sup>75</sup> <http://www.sft.no/Tema/Kjemikalier/PCB/Handlingsplan-mot-PCB/Slik-forholder-du-deg-til-PCB-ruter/?cid=29838>; <http://www.pcb.no/upload/documents/isolerglass2.pdf>

<sup>76</sup> <http://www.sft.no/publikasjoner/kjemikalier/2153/ta2153.pdf>, SFT TA-2153/2006; <http://www.sft.no/publikasjoner/2394/ta2394.pdf>, SFT TA-2394/2008.

- Kortlægge eventuelt indhold af miljøgifte som PCB, ved rehabilitering eller nedrivning og have godkendt affaldsplan.

Kampagnen for at få byttet ud PCB-holdige kondensatorer har hovedsageligt været rettet mod offentlige og større private bygningsejere, men forbuddet gælder også private boliger. SFT opfordrede alle boligejere til at checke, hvad de havde monteret i garager og kældre.

Kontrollen viste, at omkring 200 kommuner, virksomheder og bygningsejere stod til bøder på op til 150.000 NOK for ikke at have udskiftet PCB-holdige små kondensatorer i tide.<sup>77</sup>

Der kom også fra 1. januar 2008 krav om at undersøge prøver af alle PCB-holdige affaldsfraktioner i bygge og anlæg.<sup>78</sup>

### Svalbard

Et PCB projekt blev påbegyndt i 2007 på Svalbard i Ishavet. En rapport herom blev udgivet i april 2008.<sup>79</sup> Specielt er der benyttet mange PCB kondensatorer og PCB-udstyr i mineindustrien i arktiske områder, men PCB forekom også i murpuds, idet 56 % af alle husene PCB-holdige facader. Udfasning af PCB i den norske del af Svalbard forventes fuldendt i løbet af 2009.

NGU har i løbet af 2007-2009 kortlagt indholdet af PCB i maling/puds fra bygningsfacaderne overalt på Svalbard (Barentsburg, Bjørnøya, Colesbukta, Grumant, Hopen, Longyearbyen, Ny-Ålesund, Pyramiden og Svea) og i jord nær bygningerne.<sup>80,81</sup> 100 bygninger på Svalbard fra norske og russiske bosættelser er undersøgt, og 56 % af disse bygninger havde PCB-holdige facader. Husene i de russiske bosættelser på Svalbard er mindre træhuse for nogle familier. Flere ton ren PCB ligger i jorden ved bebyggelserne på Svalbard. Omfattende studier pågår for at beregne transporten fra land til det marine miljø.<sup>82</sup>

### Nationalt estimat for tilbageværende PCB i bestående norsk byggeri

Et estimat over hvor meget PCB (beregnet med 7 PCB'er), som kan findes i den bestående bygningsmasse i Norge, er udført på baggrund af resultaterne fra NGU's kortlægninger af PCB i bygningsmaterialer i Bergen, Drammen, Harstad, Kristiansand, Oslo, Porsgrunn, Tromsø, Trondheim, Stavanger, Svalbard og Ålesund i tidsperioden 2000-2008.<sup>83</sup>

265 bygninger i fastlands Norge (boligblokke, skolebygninger og erhvervsbygninger) bygget i perioden 1946-1980 er undersøgt for indhold af PCB i udvendige facader. 29 %

<sup>77</sup> <http://www.sft.no/Aktuelt/Nyheter/2008/April/Landsdekkende-PCB-kontroller/?cid=3336>

<sup>78</sup> [http://www.sft.no/artikkel\\_41973.aspx](http://www.sft.no/artikkel_41973.aspx); <http://www.sft.no/Aktuelt/Nyheter/2008/November/Hoy-tvangsmulkt-for-manglende-PCB-fjerning/?cid=3336>

<sup>79</sup> PCB på Svalbard. Kunnskaps- og forvaltningsstatus. Sysselmannen på Svalbard. Rapport 1, april 2008;

<http://www.sysselmannen.no/hoved.aspx?m=44267&amid=2004566>

<sup>80</sup> <http://www.sysselmannen.no/hoved.aspx?m=55710&amid=2626823>

<sup>81</sup> [www.sysselmannen.no/NGU\\_Rapport\\_2008.073\\_-\\_web\\_J8mMA.pdf](http://www.sysselmannen.no/NGU_Rapport_2008.073_-_web_J8mMA.pdf).

<sup>82</sup> [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

<sup>83</sup> NGU-rapport 2008.080

af bygningerne havde PCB-holdige facader. Dataene indikerer, at der er flere PCB-bygninger på Vestlandet end i de øvrige landsdele.

Baseret på enkle antagelser om bygningsstørrelse, egenvægt til materialer, gennemsnitskoncentrationer av PCB<sub>7</sub> og antal bygninger indenfor givet tidsperiode (1946 – 1980) er det gjort beregninger, som viser, at der i bestående norske bygninger kan findes 42 tons PCB<sub>7</sub> i ydre facader. Dette svarer til omtrent 100 tons PCB-total. Estimaterne omfatter ikke andre bygningstyper som for eksempel militæranlæg, siloer, borerigger, broer, dæmninger, svømmebassiner og andre typer konstruktioner, som også kan indeholde PCB i maling/puds/beton.

Maling viser sig som den vigtigste kilde til PCB i den bestående bygningsmasse, og vil også repræsentere den største spredningsfare ved forvitring og afskalning.

Der er påvist PCB i indendørs maling i 19 ud af 50 undersøgte bygninger fra byerne Drammen, Kristiansand, Porsgrunn, Stavanger og Ålesund fra 2008, og i 7 af 12 undersøgte russiske bygninger på Svalbard. Det foreligger ikke et godt nok empirisk grundlag for at estimere mængden af PCB indvendigt i norske bygninger. Det anbefales, at brugen af PCB indvendig bør følges op. PCB-holdige fugemasser blev påvist i 8 af 23 undersøgte bygninger.

Det er estimeret, at jord indtil 2 meter fra husfacaderne i "PCB-bygninger" indeholder 0,4 tons PCB<sub>7</sub>, eller 1,0 ton PCB-total.

### **Ny handlingsplan**

SFT har 9. juli 2009 udarbejdet en "Handlingsplan for reduserte utslipp av PCB i 2009 til 2012", der var en opdatering af en tidligere handlingsplan fra 8. maj 2003.<sup>84</sup>

For bygninger vil SFT:

- Videreføre returordningerne for PCB-holdige termoruder og for elektronisk- og elektrisk affald.
- Prioritere tilsyn med bygge-, anlægs- og ejendomsfirmaer og affaldsbranchen.
- Afklare inden udgangen af 2010 behovet for yderligere tiltag knyttet til håndtering af PCB i bygge og anlæg, som kan være kilde til tilførsler af PCB.
- Styrke information, vejledning og håndhævnning knyttet til byggeaffald, som er lettere kontamineret med PCB, for at sikre at dette affald håndteres korrekt.

En vejledning for ejendomsjere og byggebranchen er udarbejdet af SFT.<sup>85</sup>

Information om sanering af PCB kan fås på Miljøsanering.no's hjemmeside.<sup>86</sup> Specielt for PCB i fugemasse.<sup>87</sup> Eller for kondensatorer.<sup>88</sup>

Mange oplysninger om PCB kan hentes på <http://www.pcb.no/> en hjemmeside mod spredning af miljøgiften PCB.

<sup>84</sup> [http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pcb\\_handlingsplan090709.pdf](http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pcb_handlingsplan090709.pdf)

<sup>85</sup> [http://www.sft.no/arbeidsomr/kjemikalier/pcb/plikter\\_pcb\\_byggeier\\_avfallsbesitter.pdf](http://www.sft.no/arbeidsomr/kjemikalier/pcb/plikter_pcb_byggeier_avfallsbesitter.pdf)

<sup>86</sup> <http://www.miljosanering.no>

<sup>87</sup> <http://www.miljosanering.no/id130.htm>

<sup>88</sup> <http://www.miljosanering.no/id64.htm>

## Telefoninterviews om en- og tofamiliehuse

Den 18. august 2009 blev Bente Sleire og Monika Lahti fra Statens Forurensningstilsyn (SFT), Oslo, interviewet. Det fremgik

- Små huse er også omfattet af de norske regler, idet affaldslovgivningen gælder for alle, og der er samme krav til entreprenører, der arbejder i private hjem, som dem der arbejder for virksomheder.
- Det viser sig, at en del private har monteret lysstofarmaturer i garager og lignende, som virksomheder har kasseret.
- Fokus på udfasning og rigtig håndtering er sat på private og offentlige virksomheder, da de største mængder af PCB-holdig udstyr er at finde der.
- Private kan også kontrolleres og strafforfølges, men dette er ikke endnu sket mht. PCB.
- I forbindelse med salg kan køberen gennemføre undersøgelser, og ulovlige PCB-kondensatorer kan kræves fjernet.
- PCB i maling og cement er også brugt i småhuse, men fokus har været på større ejendomme.
- kommunale affaldspladser har opstillet specielle stativer, hvor termoruder kan afleveres.

Den 1. september 2009 blev Rolf Ottesen fra Norges Geologiske Undersøgelser i Bergen interviewet. Det fremgik

- at ingen små enfamiliehuse blev undersøgt i Bergen, kun boligejendomme og skoler,
- at PCB-holdig maling var det store problem,
- at maling beregnet til udendørs brug, fordi det var slidstærkt, blev brugt indendørs bl.a. i skoler,
- at PCB blev fundet i alle slags huse på Svalbard, specielt i den russiske del,
- at han mente, at indgangsvinklen i fremtiden skulle være indeklimatet.

## c. Finland

### PCB Regler

Det første PCB forbud i Finland kom i 1989.<sup>89</sup> I 1998 kom der en ny bekendtgørelsen med regler svarende til EU Direktivet fra 1996.<sup>90</sup>

### PCB forbrug i byggeriet

I årene 1950-1970 var PCB almindeligt brugt i byggeriet i Finland bl.a. i fugemasser, maling, lak og beton. Det har desuden været brugt som forseglingsmasse i termoruder.<sup>91</sup>

PCB blev brugt i elastiske polysulfid-baserede fugemasser i bygningsfuger i det mindste frem til år 1974, muligvis endda frem til slutningen af 1970'erne. Polysulfid-masser blev taget i brug i forbindelse med elementhusbyggerier i slutningen af 1950'erne. Også i

<sup>89</sup> Statsrådets beslut om begrænsning av användningen av PCB och PCT (1071/1989);

<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/1989/19891071>

<sup>90</sup> Statsrådets beslut om tagande ur bruk av PCB och PCB-utrustning samt behandling av PCB-avfall (711/1998);

<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/1998/19980711>

<sup>91</sup> <http://www.miljo.fi/default.asp?contentid=114300&lan=sv>

termoglasvinduers profillister og i tætningsmassen mellem glassene har man anvendt PCB i byggeri fra samme tidsperiode i Finland.<sup>92</sup>

Det meste materiale om PCB foreligger kun på finsk, hvor der findes detaljerede vejledninger på finsk om håndtering af PCB-affald og termoruder samt fjernelse af PCB-fuger

### Myndigheder vejleder

Imidlertid har Miljøministeriet i Finland ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi); [www.miljo.fi](http://www.miljo.fi)) udarbejdet en brochure "PCB i byggnader" på svensk, der indeholder information om hvornår PCB-indhold skal undersøges, og hvem der har ansvar for kortlægningen.<sup>93</sup> I huse bygget eller renoveret mellem 1957 og 1980 og som indeholdende elastiske fugemasser, skal PCB-indholdet undersøges i forbindelse med reparation, renovering og nedrivning. Det er både bygherrens og entreprenørens ansvar at dette sker. Det fjernede PCB klassificeres og behandles som farligt affald.

I et tillægsblad til brochuren informeres bl.a. om PCB i termoruder og gives anvisninger for demontering og anbefalinger for håndtering af affald og udbedring af forurening af jord mv.<sup>94</sup> Indholdet af PCB i forseglingsmasser var 500-50.000 ppm eller 0,05-5 vægt %. I 2004 regnede man med at omkring halvdelen af PCB eller 8 tons var tilbage i bygninger, inkl. småhuse (ejerboliger). I forbindelse med udskiftning af termoruder fra før 1979 skal der tages prøve af forseglingsmassen og hvis koncentrationen er højere end 50 ppm skal ruden behandles som problemaffald.

Navnlig det tekniske universitet i Tammerfors (<http://www.tut.fi>) har lavet projekter for myndighederne om PCB i bygninger, arbejdsmiljøet og indeklimaet.

### Sanering af PCB

Sanering af PCB i elastisk polysulfid-fugemateriale i præfabrikerede huse i Finland har resulteret i eksponering af arbejderne. Luftkoncentrationen i åndingszonen var 3100 ng/m<sup>3</sup>. I blodserum var gennemsnitskoncentrationen 3,9 µg PCB/liter i de 22 eksponerede mod 1,7 µg PCB/liter i 21 kontroller.<sup>95</sup> Koncentrationerne var særligt høje lige efter renoveringer. Koncentrationerne i 10 af arbejderne var over grænseværdien på 3 µg PCB/liter. For PCB28 og PCB52 var der en sammenhæng mellem luft- og blodniveau.

I en nyere undersøgelse er PCB undersøgt i indeluft og indendørs støv dannet ved sandblæsning af malede bygningsoverflader (gulve, vægge) kontamineret med PCB.<sup>96</sup> Indholdet i støvet var mellem 10 og 1100 µg/m<sup>2</sup> og luftkoncentrationen var ≤0,3 µg/m<sup>3</sup>. Det blev vurderet, at en acceptabel PCB-koncentration i støv i boliger med børn var 7 µg/m<sup>2</sup>, 65 µg/m<sup>2</sup>, hvor der ikke boede børn, og 140 µg/m<sup>2</sup> i arbejdsmiljøet.

<sup>92</sup> <http://www.miljo.fi/default.asp?contentid=220055&lan=SV>

<sup>93</sup> <http://www.miljo.fi/download.asp?contentid=29569&lan=sv>

<sup>94</sup> <http://www.miljo.fi/download.asp?contentid=29570&lan=sv>

<sup>95</sup> Kontsas H, Pekari K, Riala R, Bäck B, Rantio T, Priha E. Worker exposure to polychlorinated biphenyls in elastic polysulphide sealant renovation. *Ann Occup Hyg* 2004; 48: 51-55.

<sup>96</sup> Kuusisto S, Lindroos O, Rantio T, Priha E, Tuhkanen T. PCB contaminated dust on indoor surfaces - Health risks acceptable surface concentrations in residential and occupational settings. *Chemosphere*, 2007; 67 (6): 1194-1201.

## PCB i maling

En undersøgelse af 16 bygninger og 106 materialeprøver viste, at PCB i koncentrationer på indtil 8,9 % har været almindeligt brugt i maling, specielt gulvmaling, i finske bygninger, specielt i skoler, industrier og militære anlæg. Prøveopstrøg af malingsoverflader havde et PCB indhold på 68-83.000 µg/m<sup>2</sup>.<sup>97</sup> Luftkoncentrationen i en skole med maling var kun 2-19 ng PCB/m<sup>3</sup>.

## PCB-kontaminering af jord

I en anden undersøgelse blev jorden rundt om en PCB-kontamineret bygning i et beboelsesområde undersøgt for PCB. PCB koncentrationen i jorden tæt på bygningen var 10 mg PCB/kg (ppm). 15 forskellige PCB congenere blev bestemt, og da mønstret mindede om Aroclor 1260, blev denne standard brugt til kvantificering af total PCB. PCB koncentrationen aftog gradvist udefter, men indenfor 2 meter fra bygningen var jordkoncentrationen 6,83 mg PCB/kg, mens den 3-10 meter fra bygningen var under en tiendedel: 0,5 ppm, som er grænsen i Finland for krav om jordrensning.<sup>98</sup> Det blev beregnet at børn i værste fald kunne blive eksponeret tæt på Reference Dosis (RFD) på 0.02 µg PCB/kg per dag. De undersøgte også PCB (sum af 10 PCB congenere) i blodserum fra 27 beboere i en PCB-kontamineret bygning. Median koncentrationen var 1,84 µg PCB/liter mens den var 1,17 µg PCB/liter i kontrolgruppen.

## Telefoninterviews om en- og tofamiliehuse

Den 19. august 2009 blev Överinspektör Juha-Pekka Maijala, Miljöministeriet, Helsinki, Finland, forespurgt telefonisk. Det fremgik:

- At der var visse ligheder, men også forskelle mellem de finske og svenske regler på PCB området.
- At alle typer af huse er omfattet af bygningslovgivningen.
- At PCB er mest forekommende i erhvervsbygninger og boligblokke. Ingen undersøgelser af småhuse.
- Det tekniske universitet i Tammerfors (Tampere) har foretaget målinger i indeklima og arbejdsmiljø samt lavet udredning om forekomst af PCB i finske bygninger. Andre artikler fra gruppen i Tammerfors.<sup>99</sup>

## d. Tyskland

I tyske bygninger har PCB, udover anvendelsen i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer, været brugt mest som blødgørere i elastiske polysulfid fugemasser (Thiokol®) og i brandhæmmende overfladebehandling af akustiske loftsplader. De fleste bygninger undersøgt for PCB i Tyskland har været offentlige bygninger, bl.a. kontorer, skoler og børnehaver, bygget af beton i 1960-1970'erne, der indeholder fugemasser med PCB, der afgiver PCB til indeklimaet. Her er PCB målt i husstøv samt i indeluft i

<sup>97</sup> Kuusisto S, Lindroos O, Rantio T, Priha E, Tuhkanen T. Occurrence of PCB containing Indoor Paints in Finland – Preliminary Inventory. In: de Oliveira Fernandes E, Gameira da Silva M, Rosado Pinto J. (Eds.). Proceedings, Vol. IV, Material, systems and technologies for healthy buildings. HB 2006 healthy buildings - Creating a healthy indoor environment for people, Lisboa, Portugal, June 4-8, 2006. p. 121-123.

<sup>98</sup> Priha E, Hellman S, Sorvari J. PCB contamination from polysulphide sealants in residential areas – exposure and risk assessment. Chemosphere 2005; 59: 537 – 543.

<sup>99</sup> Tuhkanen T, Kuusisto S. PCB i maling, coating og gulvmasser - identificering av forskningsbehov. Riving og PCB i bygninger, Nordisk Seminar, 8.3.2005. Hellman S, Priha E, Sorvari J. PCB contamination of apartment building surroundings – risk assessment and options for soil remediation. The Second PCB Workshop. Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs. Emphasis on the latest advances and the perspective of Central and Eastern Europe. Brno, Czech Republic. May 7 – 11, 2002.



koncentrationer op til 10.000 ng/m<sup>3</sup>, og indeklimaet bidrager derved væsentligt til en PCB-belastning af de personer, der opholder sig i lokalerne.

En af de tidlige indeklimateundersøgelser var af et 15 etagers kontorbygning (Mercator) i Kiel bygget i 1969 af præfabrikerede betonelementer, hvor samlingerne var forseglede med Thiokol gummifuger indeholdende 1-40 % PCB.<sup>100</sup> Prøvetagning med glasrør indeholdende florasil og glasuld. 1000-3000 liter luft blev opsamlet ved 2,5 liter/minut. Bestemmelse af PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 og PCB180, men kun kvantificering af de 4 første mest flygtige ganget med 6 for total-PCB. PCB-koncentrationen i de 45 undersøgte rum varierede mellem ikke-målbart til 1250 ng/m<sup>3</sup> beregnet med de 4 congenere (1900 ng/m<sup>3</sup> med 6 congenere), middelværdien var 440 ng/m<sup>3</sup>. Senere blev yderligere prøver taget. Af i alt 220 prøver lå PCB koncentrationen mellem 10 og 2880 ng/m<sup>3</sup> med en middelværdi på 600 ng/m<sup>3</sup>. Huset blev saneret og tapeter med aktivt kul opsat, og det lykkedes efter en årrække af få PCB i indeluften ned under 100 ng/m<sup>3</sup>.<sup>101</sup>

Indeluft i mere end 100 bygninger ved Münster blev undersøgt i 1992 for PCB opsamlet på glasfiberfilter og polyurethan-skum adsorptionsrør; luftmængde 3 m<sup>3</sup>/h. Detektionsgrænse: 0,1 ng/m<sup>3</sup>.<sup>102</sup> Målte koncentrationer lå mellem 3 og 370 ng/m<sup>3</sup>. En række faktorer påvirkede resultaterne af PCB i indeluften:

- Rumtemperatur
- Fugtighed
- Ventilation
- Udetemperatur
- Type af PCB og PCB-koncentration i fugemassen
- Størrelse/udbredelse af fugemasse i rummet.

I 1992 blev indeluften i 62 børnehaver i Berlin undersøgt.<sup>103</sup> I 27 % af disse var PCB-koncentrationerne højere end 300 ng/m<sup>3</sup>, og i 3 % af børnehaverne var PCB-koncentrationerne endda > 3000 ng/m<sup>3</sup>. I skolerne så det værre ud. Af 91 skoler havde 52 % mere end 300 ng PCB/m<sup>3</sup> og 12 % mere end 3000 ng PCB/m<sup>3</sup>. Total-PCB blev kun bestemt ud fra summen af PCB28, 52, 101 og 138 ganget med en faktor 6.

I en anden undersøgelse blev der målt 1500 ng PCB/m<sup>3</sup> i et lokale i en skole i Sydtysskland med PCB-holdige fugemasser og loftsplader.<sup>104</sup>

---

<sup>100</sup> Bente C, Heinzow B, Jessen H, Mohr S, Rotard W. Polychlorinated biphenyls. Indoor air concentration due to thiokol-rubber sealants in an office building. Chemosphere 1992; 25: 1481-1486.

<sup>101</sup> Mohr S, Heinzow B, Ostendorf G, Pituelle H. Erfahrungen mit einem PCB-sanierungsfall – das Mercator-Hochhaus in Kiel. <http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/jahrbe99/Erfahrungen.pdf>

<sup>102</sup> Balfanz E, Fuchs J, Kieper H. Sampling and analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) in indoor air due to permanently elastic sealants. Chemosphere 1993; 26: 871-880.

<sup>103</sup> Fromme H. Einführung in die Problematik von PCB in Fugendichtungsmassen und Darstellung der Situation in Berlin. I: Polychlorierte Biphenyle in Fugendichtungsmassen. Materialien zur Umweltmedizin 2. Senatsverwaltung für Gesundheit, Berlin, März 1993, 1-7.

<sup>104</sup> Blessing R. Polychlorierte Dioxine und furane in öffentlichen gebäuden. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 1997;57:305-309.

## Vejledning i kortlægning og sanering

En tysk kommission udarbejdede i 1994 en vejledning i kortlægning og sanering af PCB belastede byggematerialer og bygningsdele i bygninger.<sup>105</sup> Delstaten Nordrhein-Westfalen udsendte 3. juli 1996 reviderede retningslinjer.<sup>106</sup>

## Grænseværdier for indeluft

I 1995 blev der i Tyskland fastsat en aktionsgrænseværdi i indeluft på 300 ng PCB/m<sup>3</sup> og en interventionsgrænse på 3000 ng/m<sup>3</sup>. Disse værdier - som også i 2009 er foreslået af den danske Sundhedsstyrelse - var baseret på en beregnet tolerabel daglig indtagelse (TDI) for teknisk PCB på 1-3 µg/kg legemsvægt, som igen var baseret på ældre undersøgelser af den kroniske toksicitet i rotteforsøg. Det har været anført, at langtidsmålet var en PCB grænseværdi på 30 ng PCB/m<sup>3</sup>.

Undersøgelser har senere vist, at der er skadelige effekter af PCB i rotter udsat for 900 ng/m<sup>3</sup> i luften og i aber ved så lav indtagelse som 5 µg PCB/kg/dag. På basis af denne værdi og sikkerhedsfaktorer blev en tolerabel resorberbar dosis (TRD) beregnet til 15 ng PCB/kg/dag til brug som grænseværdi for jordforurening i Tyskland. Denne TRD svarer til en daglig indånding af en koncentration på omkring 50 ng PCB/m<sup>3</sup> i indeluften. Halberlah et al. (2002), der har foretaget en grundig sundhedsmæssig vurdering af PCB i indeluft, foreslår toksikologisk baserede grænseværdier for indeluft på mellem 10 og 200 ng PCB/m<sup>3</sup> - afhængigt af formodet varighed af ophold i et rum.<sup>107</sup>

Ludewig et al. (1993) refererer luftværdier på op til 23.000 ng PCB/m<sup>3</sup> i telefoncentraler og 3300 ng/m<sup>3</sup> i et hus med PCB fugemasser.<sup>108</sup> Ved eksponering på indtil 100 ng/m<sup>3</sup> anser de stadig føden for største eksponering, men da indtagelse med føden falder i disse år får indeklimaeksponeringen større og større betydning. Forfatterne kritiserer grænseværdierne for ikke at tage hensyn til PCB's kræftfremkaldende evne og de dioxinlignende PCB og foreslår 10 gange lavere grænseværdier.

## Måling af PCB i Tyskland

DIN normen VDI 4300 omhandler måling af indeluft forurennet med PAH, PCDD/F og PCB. Her beskrives kilder til forurening og der gives anbefalinger til vurdering af den mulige forurening, samt anvisninger for prøvetagning.<sup>109</sup> I Normens Annex C findes en gennemgang af mulige kilder til PCB kontaminering af indeluft, samt procedure for undersøgelse, med henblik på vurdering af behovet for en PCB sanering. I VDI 4300 anbefales, at af hensyn til prøvetagningsforholdene og analysens detektionsgrænse, bør en måling af PCB omfatte et prøvevolumen på mindst 5-10 m<sup>3</sup> luft, der samples over mindst 2-4 timer. I VDI 4300 angives også, at man generelt måler signifikant lavere

<sup>105</sup> Richtlinie für Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie).

Mitteilungen Deutsche Institut für Bautechnik 1995;26(2):50-60. <http://www.dibt.de/>;  
[http://www.duesseldorf.de/umweltamt/bauschadstoffe/stadtgebaeude/pdf/pcb\\_richtlinien.pdf](http://www.duesseldorf.de/umweltamt/bauschadstoffe/stadtgebaeude/pdf/pcb_richtlinien.pdf)

<sup>106</sup> [http://www.umwelt-online.de/recht/gefstoef/g\\_stoffe/pcb/pcbnw\\_gs.htm](http://www.umwelt-online.de/recht/gefstoef/g_stoffe/pcb/pcbnw_gs.htm)

<sup>107</sup> Kalberlah F, Schulze J, Hassauer M, Oltmanns J. Toxikologische Bewertung polychlorierter Biphenyle (PCB) bei inhalativer Aufnahme. Materialien 62. Landesumweltamt NRW, Essen, 2002.

<http://www.landesumweltamt.nrw.de/veroeffentlichungen/materialien/mat62/mat62.pdf>

<sup>108</sup> Ludewig S, Kruse H, Wassermann O. Zur Toxizität polychlorierter Biphenyle (PCB) – Innenraumbelastung durch PCB-haltige dauerelastische Dichtungsmassen. Gesundh-Wes 1993;55:431-439.

<sup>109</sup> VDI 4300 Blatt 2. 1997-12. Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Meßstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB).

koncentrationer af PCB om vinteren i forhold til om sommeren, angiveligt på grund af den højere udendørs temperatur om sommeren. Derfor bør målinger så vidt muligt foretages i sommerperioden. Er det ikke muligt, anbefales det, at udføre målingerne med en forhøjet rumtemperatur.

Procedure for prøvetagning og analyse for PCB i indeluft findes i VDI 2464 Blatt 1 for måling af de 6 PCB'er nr. PCB28, 52, 101, 138, 153 og 180.<sup>110</sup>

Selve prøvetagningssystemet for indeluft med sampling af op til 3 m<sup>3</sup>/h er udførligt beskrevet i VDI 2463 Blatt 7.<sup>111</sup> PCB i indeluft findes både på partikler og i gasfase, så prøvetagningen består af en opsamling af partikler på et planfilter og adsorption af PCB på gasfase på en adsorbent af polyurethan skum (PUF). Prøvedelene tilsættes en isotopmærket standard, og ekstraheres først i 24 timer med toluen og derefter i 24 timer med acetone. Efter inddampning og eventuel oprensning analyseres prøverne på GC/MS. Summen af de 6 PCB congenere ganges med 5 for at få den totale mængde PCB - ifølge reference 13 i VDI 2464.<sup>112</sup>

Der er også en DIN norm, VDI 2464 Blatt 2, for måling af co-planare PCB, også kaldet de dioxinlignende PCB (DL-PCB), fordi deres toksiske virkning er analog til dioxin.<sup>113</sup> WHO's grænseværdier for fødevarer og foderstoffer omfatter derfor både dioxiner og DL-PCB. Alle PCB blandinger indeholder små mængder DL-PCB, og de kan derfor også forekomme i indeluft der er kontamineret med PCB fra byggematerialer. Koncentrationen af DL-PCB vil dog normalt, som det også fremgår af det følgende, være meget lille og ubetydelig i forhold til undersøgelse og vurdering af behovet for PCB sanering.

### Nyere undersøgelser

I årene 2002-2003 blev PCB målt i indeluften i 181 offentlige bygninger i Schleswig-Holstein. Det var mest skoler bygget mellem 1960 og 1975, som var formodet PCB kontaminerede. I alt 384 luftprøver (1000 liter) blev opsamlet (2 liter/min) på florasil-rør og analyseret med HRGC-ECD. Udover de seks standard PCB28, 52, 101, 138, 153 og 180 blev PCB8, 18, 22, 31, 44, 49, 70, 99 og 118 også kvantificeret. Median koncentrationen beregnet som de 6 standard PCB'er var 20 ng PCB/m<sup>3</sup> med maksimum på 2065 ng PCB/m<sup>3</sup> og en 95-percentil på 195 ng/m<sup>3</sup>.<sup>114</sup> PCB blanding forskellig; PCB fra fugemasser bestod af lavere PCB-congenere end PCB fra loftsplader.

<sup>110</sup> [VDI 2464 Blatt 1](#). 2009-09. Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) - GC/MS-Verfahren für PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

<sup>111</sup> [VDI 2463 Blatt 7](#). 1982-08. Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission); Filterverfahren; Kleinfiltergerät GS 050.

<sup>112</sup> Reference 13 i VDI 2464: LAGA Merkblatt 8376: Reinigung und Entsorgung von Transformatoren mit PCB-haltiger oder PCB-kontaminierter mineralöhlhaltiger oder synthetischer Isolierflüssigkeit. Stand Mai 1995 Hsrg: Ländarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) MuA Lfg 6/98.

<sup>113</sup> [VDI 2464 Blatt 2](#). 2009-09. Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) - HR-GC/HR-MS-Verfahren für coplanare PCB.

<sup>114</sup> Heinzow B, Mohr S. PCB in öffentlichen Gebäuden. Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit des Landes Schleswig-Holstein. <http://www.schleswig-holstein.de/MSGF/DE/Gesundheit/Gesundheitsschutz/Schadstoffbelastung/oeffentlGebaeudePCB.templateId=raw.property=publicationFile.pdf>

PCB er målt i indeluften i mere end 200 skoler og børnehaver i Bremen.<sup>115</sup> Målte koncentrationerne var indtil 40.000 ng/m<sup>3</sup>. De vigtigste kilder var fugemasser, små kondensatorer, brandhæmmede loftsplader samt som noget nyt groft plastisk murpuds brugt indendørs til vægflader. I en skole fra 1955 med lave PCB-koncentrationer i indeluft 26-51 ng/m<sup>3</sup> indeholdt et enkelt lydisoleret lokale 1700 ng PCB/m<sup>3</sup> i luften stammende fra flammehæmning af de lydabsorberende paneler.

PCB blev fundet i fugemasser mv. i 39 bygninger i Gelsenkirchen i en koncentration på indtil 21 %.<sup>116</sup> I syv af disse bygninger var koncentrationen af PCB i indeluften >300 ng/m<sup>3</sup> - og i en enkelt bygning over 3000 ng/m<sup>3</sup>.

### Undersøgelser af dioxinlignende PCB

I otte rum i 4 bygninger i Slesvig-Holsten, hvor der tidligere var fundet særligt høje PCB koncentrationer i indeluften (1000-3000 ng/m<sup>3</sup>) med den konventionelle metode (2 liter/time, GC-ECD) blev prøver desuden taget med high-volume samplere (>2,3 m<sup>3</sup>/time) og opsamlet på kvartfilter/PU-skum og senere analyseret med GC-MS for PCB, dioxin (PCDD/F) og dioxinlignende PCB'er. I en af bygningerne skyldes kontamineringen anvendelse af Clophen A30/A40 i fugemasse, mens den i de andre bygninger skyldtes anvendelse af Clophen A50 til at flammehæmme loftsplader. Det viste sig som en forskel i PCB mønster i chromatogrammet med relativt meget PCB28 og PCB52.<sup>117</sup> Koncentrationen af total-PCB i indeluften varierede mellem 720 og 2300 ng/m<sup>3</sup>. Koncentrationen af total-TEQ var 0,4-5,8 pg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> eller 500-1000 gange mindre end for de klassiske PCB'er. Med PCB118, PCB126 og PCB156 var 70-80 % af TEQ dækket. PCDD/F androg kun 10 % af TEQ.

Det beregnes, at en total-PCB koncentration på 1000 ng/m<sup>3</sup> svarer til 0,3-0,6 pg WHO-TEQ/m<sup>3</sup>. Forfatterne foreslår, at grænseværdien for PCB i indeluft suppleres med en grænseværdi for dioxintoksicitetsækvivalenter på 0,4 pg TEQ/m<sup>3</sup> og med en interventionsgrænse på 4 pg TEQ/m<sup>3</sup>.<sup>118</sup>

En rapport om PCB undersøgelser af indeluft i 17 offentlige bygninger (12 skoler, 1 rådhus, 1 brandstation, 1 sportshal, 1 aktivitetshus og 1 kirkegårdsbygning) er udgivet af UBA i 2005.<sup>119</sup> Koncentrationerne af de 56 prøver var mellem 100 og 17.000 ng PCB/m<sup>3</sup> og 0,1-23 pg TEQ/m<sup>3</sup>. I 19 af værelserne var PCB-koncentrationer under 500 ng/m<sup>3</sup>, i 12 værelser var koncentrationen over 5000 ng/m<sup>3</sup> og de øvrige 25 lå midt imellem.

Universitetet i Tübingen i delstaten Baden-Württemberg er kendt som hjemsted for en af dioxin legenderne, den pensionerede Professor Hanspaul Hagenmaier. I forbindelse

<sup>115</sup> Weis N, Köhler M, Zorn C. Highly PCB-contaminated schools due to PCB-containing roughcast. Proceedings: Healthy Buildings 2003; [http://www.pcbinschools.org/PCB\\_kontaminierte\\_Schulen\\_2003.pdf](http://www.pcbinschools.org/PCB_kontaminierte_Schulen_2003.pdf)

<sup>116</sup> Polychlorierte Biphenyle (PCB) in öffentlichen Gebäuden, [http://umweltportal.gelsenkirchen.de/Luft\\_Rauch\\_Emissionen/PCB.asp](http://umweltportal.gelsenkirchen.de/Luft_Rauch_Emissionen/PCB.asp)

<sup>117</sup> Heinzow B, Mohr S, Ostendorf G, Kerst M, Körner W. Dioxin-like PCB in indoor air contaminated with different sources. Organohalogen Compounds 2004; 66: 2441-2447.

<sup>118</sup> Heinzow B, Mohr S, Ostendorf G, Kerst M, Körner W. PCB and dioxin-like PCB in indoor air of public buildings contaminated with different PCB source-deriving toxicity equivalent concentrations from standard PCB congeners. Chemosphere 2007; 67: 1746-1753.

<sup>119</sup> Kieper H, Hemminghaus H-J. PCB-Untersuchungen in Innenräumen. Forschungsbericht 203 61 218/04. UBA Nr. 03/2005; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2943.pdf>

med en doktorafhandling blev der allerede i 1994-1996 på det kemiske institut målt PCB (LAGA)<sup>120</sup> niveauer i luften på 130-847 ng/m<sup>3</sup> og dioxinlignende PCB på 2,6 pg TEQ/m<sup>3</sup>. Sagen "eksploderede" først i 2001, hvor der i to arbejdsrum på universitetet, hvor to astrofysikere, som senere døde af kræft havde arbejdet, blev målt henholdsvis 2160 og 4910 ng PCB/m<sup>3</sup>. Det betød opstandelse og større måleprogrammer af både luft og materialer, der viste at forureninger på 1500-4000 ng PCB/m<sup>3</sup> var meget udbredt i fysik og kemibygningerne fra 1969-1973.<sup>121</sup> En større sanering af bygningerne fandt sted i 2005 og 2006.<sup>122</sup>

### **Indeluft PCB afspejles i blodet**

PCB i blodet forekommer i fedtfasen og afspejler kroppens livslange belastning med PCB fra diverse kilder, hvor kosten normalt har haft størst betydning. PCB udskilles stort set ikke fra kroppen igen – bortset fra kvinders udskillelse med modermælken - men ophobes resten af livet med stigende koncentration med alderen. Koncentrationen af PCB i blodfedt er den samme som koncentrationen i kropsfedt, som dog har 100x mere fedt og derfor kan oplagre langt mere PCB. Der sker hele tiden en reversibel udveksling af PCB mellem blod, organer og fedtdepoter, så der opnås en ligevægtskoncentration i fedtfasen. Dette betyder at en større engangsdosis af PCB ikke kan påvirke blodkoncentrationen særligt meget og kun midlertidigt indtil ligevægten har indstillet sig igen.<sup>123</sup>

Daglig udsættelse for 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> i indeluft giver fx kun en stigning på 3 % af PCB i blodet (Kalberlah et al. 2002).<sup>124</sup>

I en undersøgelse af PCB i blod fra 151 lærere fra PCB-forurenede (1500-10.600 ng PCB/m<sup>3</sup>) og ikke-forurenede skoler var der kun en lille forskel på 2,8 % i PCB blodniveauer mellem disse grupper. Blodet fra de eksponerede indeholdt 3x mere PCB28 og 2x mere PCB101. Total-PCB i fuldblod omkring 2 µg/liter.<sup>125</sup>

I en mindre senere undersøgelse af forskergruppen blev PCB i blodet fra 18 lærere fra en kontamineret skole med indtil 12.000 ng PCB/m<sup>3</sup> luft, fortrinsvis PCB28 og PCB52, sammenlignet med PCB i blodet fra 11 lærere fra en skole uden PCB.<sup>126</sup> Undersøgelsen viste at kun indholdet af PCB28 og PCB52 var forhøjet i blodet fra de eksponerede.

---

<sup>120</sup> PCB (LAGA) betyder de i Tyskland brugte og af "Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Germany" anbefalede 6 indikator PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180 der ganges med 5. Fra DIN 51 527, Teil 1, Ausgabe Mai 1987.

<sup>121</sup> Volland, G, Neuwirth A. Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innenraum – Modelluntersuchungen zum Einfluss PCB-belasteter Bauteile und Baustoffe auf die Innenraumluft in Abhängigkeit von baulichen Einrichtungen und klimatischen Randbedingungen. Stuttgart Universität, Marz 2005; <http://bwplus.fzk.de/berichte/SBer/ZO3W23002Sber.pdf>

<sup>122</sup> <http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~pcb-info/>

<sup>123</sup> Bekanntmachung des Umweltbundesamtes. Abschätzung der zusätzlichen Aufnahme von PCB in Innenräumen durch die Bestimmung der PCB-Konzentrationen in Plasma bzw. Vollblut. Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2003; 46: 923-927. <http://www.umweltdaten.de/gesundheitsmonitor/PCB-Innenraum-HBM.pdf>

<sup>124</sup> Kalberlah F, Schulze J, Hassauer M, Oltmanns J. Toxikologische Bewertung polychlorierter Biphenyle (PCB) bei inhalativer Aufnahme. Materialien 62. Landesumweltamt NRW, Essen, 2002.

<sup>125</sup> Gabrio T, Piechotowski I, Wallenhorst T, Klett M, Cott L, Friebe P, Link B, Schwenk M. PCB-blood levels in teachers, working in PCB-contaminated schools. Chemosphere 2000; 40: 1055-1062.

<sup>126</sup> Schwenk M, Gabrio T, Pöpke O, Wallenhorst T. Human biomonitoring of polychlorinated biphenyls and polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans in teachers working in a PCB-contaminated school. Chemosphere 2002;47:229-233.

PCB i blodet fra 377 elever i en PCB-kontamineret skole i Nürnberg (median: 2044 ng PCB/m<sup>3</sup>; max. 20.800 ng PCB/m<sup>3</sup>) er blevet sammenlignet med PCB i blodet fra 218 elever fra en ikke-forurenede skole. PCB28, 52 og 101 var mest forekommende i luften og meget forhøjet i blodet hos de eksponerede.<sup>127</sup> Der var ingen forskel mht. PCB138, PCB153 og PCB180. Sundhedsrisikoen blev vurderet i en anden publikation.<sup>128</sup> De eksponerede børn fik kun 5 % mere PCB end de ueksponerede og at der ingen yderligere sundhedsrisiko var.

Indflydelse af PCB i indeluften på PCB i blodet fra dem der udsættes er undersøgt af Volland et al. (2009).<sup>129</sup> Specielt den lavt-chlorerede og mest flygtige kongener PCB28 var højere i de eksponerede. Luftkoncentrationer af total-PCB var 1200-2100 ng/m<sup>3</sup> og af dioxinlignende 4-10 TEQ/m<sup>3</sup>. Det betyder, at niveauerne for det meste var over en i 2007 af en UBA arbejdsgruppe anbefalede indeklimagrænseværdi (TDI) på 5 pg WHO-TEQ (1998)/m<sup>3</sup>. PCB118 andrager ca. 40 % af TEQ i indeklimaet i disse tilfælde.

Et gymnasium i Bad Urach fik i 1996 påvist PCB-kontaminering med 1500-10.000 ng PCB/m<sup>3</sup> indeluft stammende fra PCB imprægnerede akustikplader. Der var en overraskende stor kræftsygelighed blandt elever og lærere på denne skole. PCB28 og 52 blev målt i blod fra lærere og elever før en sanering af PCB-forureningen, men ikke efter. For PCB138, 153 og 180 blev der konstateret en stigning af en PCB koncentrationen på 3 til 18 gange mere end normalt.<sup>130</sup>

### PCB i husstøv

Måling af PCB i husstøv er lettere end måling i luft, og den kan bruges som en screening af, om der forekommer en PCB-belastning af indemiljøet eller ej.<sup>131</sup> Der er dog ikke så mange undersøgelser. I Tyskland ligger 95 % af alle målinger af PCB i husstøv under 1,6 mg/kg.<sup>132</sup>

PCT (fx Aroclor 5460) har været brugt til lignende formål som PCB, men er mindre flygtigt så det kan ikke måles i luften kun i støv. I en tysk skole, hvor der var 500 ng PCB/m<sup>3</sup> i luften var der 212-250 mg PCB/kg støv. Koncentrationen af PCT i støvet var flere størrelsesordner højere, men kunne ikke kvantificeres nøjagtigt på grund af mangel på relevant reference standard.<sup>133</sup>

### Sundhedsrisiko ved PCB i indeluft?

En sammenlignende undersøgelse fra Nürnberg viste, at 583 personer, der havde arbejdet gennemsnitligt 15 år og i indtil 40 år i en PCB-kontamineret bygning (median

<sup>127</sup> Liebl B, Schettgen T, Kersch G, Broding H-C, Otto A, Angerer J, Drexler H. Evidence for increased internal exposure to lower chlorinated polychlorinated biphenyls (PCB) in pupils attending a contaminated school. *Int J Hyg Environ Health* 2004; 207: 315-324.

<sup>128</sup> Drexler H, Kersch G, Liebl B, Angerer J. PCB in Innenräumen – ein relevantes Gesundheitsrisiko?. *Gesundheitswesen* 2004;66:S47-S51.

<sup>129</sup> Volland G, Schilling B, Gabrio T, Link B, Zöllner I. Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Innenraumluft. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 2009;69(3):83-89.

<sup>130</sup> Köster D. Während einer Schulsanierung erhobene PCB-Blutwerte bei Lehren und Schülern – eine vergleichende Untersuchung. *Umwelt Medizin Ges* 2001;14:301-304.

<sup>131</sup> Kinder-umwelt-survey 2003/2006 – KUS – Hausstaub. UBA 2008. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3356.pdf>

<sup>132</sup> Pöhner et al. *Z Umweltmed* 1998; 6: 337-345.

<sup>133</sup> Seidel U, Schweizer E, Schweinsberg F, Wodarz R, Rettenmeier AW. Occurrence of polychlorinated terphenyls (PCTs) in indoor particulate matter. *Environ Health Perspec* 1996; 104: 1172-1179.

indeluftskoncentration: 1280 ng PCB/m<sup>3</sup>), havde flere subjektive helbredsklager end 205 personer i en ikke-kontamineret bygning.<sup>134</sup> De eksponerede havde fem gange højere blodplasmakoncentration af PCB28 og PCB52, mens der ikke var forskel fra kontroller for de øvrige 4 analyserede PCB-congenerer. Forskerne mente ikke, der var en sammenhæng mellem helbredssymptomerne og PCB eksponeringen, og at klagerne skyldtes personernes kendskab til PCB forureningen, men de kunne ikke definitivt afvise, at der kunne være en sammenhæng. Samme forskergruppe benyttede materialet til at bestemme halveringstiderne af PCB28 og PCB52 i kroppen. Disse var henholdsvis 2,2 år og 4 år – og længere end tidligere antaget.<sup>135</sup>

### Telefoninterview om en- og tofamiliehuse

Den 1. september 2009 blev Birger Heinzow, Landesamt für Soziale Dienste des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, interviewet. Følgende fremgik af hans svar:

- En- og tofamiliehuse er ikke blevet undersøgt i Tyskland, fordi polysulfid fugemassen er et industriprodukt, der blev brugt ved større byggerier. Måske kan det have været brugt af firmaer, der byggede små huse i serie (typehuse). En anden vigtig anvendelse af PCB i akustiske plader forekom kun i offentlige bygninger (skoler og lign.).
- Deres undersøgelser af husstøv tyder ikke på en større PCB kontaminering i mindre huse. Flerfamiliehuse havde dobbelt så meget PCB (103 ppb) i støvet som i enfamiliehuse (57 ppb).
- Måske kunne der være PCB i gammelt elektrisk udstyr i enfamiliehuse.
- Når enfamiliehuse ikke er blevet undersøgt skyldtes det også, at undersøgelsen er frivillig, og boligejere er ikke ligefrem interesseret i at få nye problemer med deres hus.
- Man har ikke i Tyskland været opmærksom på forekomst af PCB/PCT i termoruder, og det er ikke undersøgt, om de kunne have indflydelse på indeluftens PCB, men det er ikke sandsynligt.

Efterfølgende har Birger Heinzow oplyst at en kollega, der arbejder med reovering af bygninger i Hamburg har haft et enkelt tilfælde med forekomst af PCB-holdige termoruder, men der er ingen viden om den generelle udbredelse.

Den kendte tyske PCB ekspert Roland Weber fra POPs Environmental Consulting, Schwäbisch Gmünd, blev også forespurgt den 1. september. Han havde ikke selv kendskab til PCB undersøgelser af små huse, men forespurgte Christine Herold fra Universitetet i Tübingen, som står bag hjemmesiden "<http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~pcb-info/>" nævnt ovenfor. Christine Herold kendte heller ikke til rapporter om undersøgelser af PCB i enfamiliehuse, men hun kendte til enfamiliehuse i hendes nabolag, der havde PCB-fuger.

Den 3. september 2009 blev Marike Kolossa fra Umweltbundesamt i Berlin interviewet. Hun gjorde opmærksom på deres publikationer om børns udsættelse for PCB i husstøv, som også omfattede en- og tofamiliehuse. En kollega Margarete Seiwert sendte senere

<sup>134</sup> Broding HC, Schettgen T, Hillert A, Angerer J, Göen T, Drexler H. Subjective complaints in persons under chronic low-dose exposure to lower polychlorinated biphenyls (PCBs). *Int J Environ Health* 2008; 211: 648-657.

<sup>135</sup> Broding HC, Schettgen T, Göen T, Angerer J, Drexler H. Development and verification of a toxicokinetic model of polychlorinated biphenyl elimination in persons working in a contaminated building. *Chemosphere* 2007; 68: 1427-1434.

den 23. september mere information om støvundersøgelsen og det spørgeskema, som direkte viser at børnene spørges, om de bor i et enfamiliehus, tofamiliehus eller et flerfamiliehus.<sup>136</sup> De finder stor forskel mellem Øst- og Vesttyskland og vurderer, at danske forhold minder mest om vesttyske. PCB<sub>6</sub> forekommer i støvet fra 22 % af en- og tofamiliehusene bygget før 1980, men i 25 % af boligblokke bygget i samme periode. I boliger bygget efter 1980, er der intet PCB i boligblokke, men PCB i 5 % af enfamiliehusene.

### e. Schweiz

Den første undersøgelse af PCB i bygningsfugemasse i Schweiz blev publiceret i 1993.<sup>137</sup> Forfatterne vurderede, at der var brugt ca. 100 tons PCB i fugemasser i Schweiz i årene 1960-1972. Prøver af indeluft blev analyseret for PCB i 3 bygninger mistænkt for at have PCB fuger; 100-350 liter luft blev opsamlet i løbet af 24 timer. De fundne koncentrationer var forholdsvis lave (<2-47 ng/m<sup>3</sup>), og eksponeringen blev beregnet at bidrage med 1 µg PCB/kg/dag eller 20-50 % af den daglige indtagelse med føden. En ældre analysemetode med GC-ECD og Aroclor standard blev anvendt, og resultater fra undersøgelsen kan ikke direkte sammenlignes med senere undersøgelser med nyere congener-specifikke analysemetoder.

#### Anvendelse af PCB i Schweiz

Anvendelse af PCB i åbne systemer (inkl. fugemasse og maling) blev forbudt i Schweiz allerede i oktober 1972 og et totalt PCB forbud kom i 1986.<sup>138</sup> Der forekommer imidlertid store mængder PCB ude i samfundet fra tidligere brug. Der er igangsat initiativer for en løbende sanering af disse forureningskilder og sikker bortskaffelse.

Indtil 1983 blev der brugt små PCB kondensatorer til lysstofrørarmaturer, som fortsat anvendes ligesom lavspændings kraftkondensatorer i virksomheder.

Indtil 1972 blev PCB anvendt i maling til beton, og i 1970'erne fremstilledes i Tyskland akustiske bygningsplader af typen "Wilhelmi", der var overfladebehandlet med 20 % Clophen A60.

I tidsrummet 1947 til 1972 blev PCB brugt som blødgørere i bindemidler af chlorkautsjuk og PVC-co-polymere for korrosionsbeskyttende maling. Der er i 2000 af BUWAL udsendt en publikation om PCB emission fra korrosionsbeskyttelse.<sup>139</sup>

#### PCB i fugemasser

I årene 1955-1975 blev der brugt PCB-holdige fugemasser i byggeriet. I alt regner man med, at der har været brugt 100-300 tons PCB til dette formål. I oktober 2000 blev PCB-holdige fugemasser opdaget i forskellige offentlige bygninger i Schweiz. Dette betød, at en større undersøgelse af 450 bygninger bygget i årene 1950 til 1980 blev sat i værk. Flere detaljer i publikationer af Kohler nedenfor.

<sup>136</sup> <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/index.htm>

<sup>137</sup> Mengon W, Schlatter C. Polychlorierte Biphenyle (PCB) aus dauerelastischen dichtungsstoffen in schweizerischer Innenraumluft. Mitt Gebiete Lebensm Hyg 1993;84: 250-262.

<sup>138</sup> <http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/01389/01395/index.html?lang=de>

<sup>139</sup> Stolz J. PCB-Emissionen beim Korrosionsschutz. BUWAL, Bern 2000. <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00658/index.html?lang=de>



En vejledning om PCB-holdige fugemasser blev udsendt af Miljøministeriet (BUWAL) i 2003.<sup>140</sup> Heri anføres det, at PCB-holdige fugemasser efter al sandsynlighed ikke har været anvendt til murstens- og træhuse, herunder enfamiliehuse bygget af disse materialer, men kun til huse af betonelementer.

Kanton Basel-Landschaft har i juni 2004 udgivet en meget grundig praktisk vejledning i PCB sanering af bygninger.<sup>141</sup>

### **Indeklimagrænseværdier**

Bundesamt für Gesundheit (BAG) har en informativ hjemmeside om PCB.<sup>142</sup> Fugemasser anses for den vigtigste kilde til PCB i indeklimaet. Sådanne fugemasser forekommer i rundt halvdelen af de beton højhuse, der blev bygget fra 1955 til 1975. Både offentlige og private bygninger som skoler, børnehaver, svømme- og sportshaller, rådhus, plejehjem, sygehuse, større boligblokke, kontorhuse og virksomheder indeholder PCB fugemasser. Sanering er påkrævet, når følgende grænseværdier ikke kan overholdes:

- For boliger og hjem, hvor man opholder sig i 24 timer er der fastsat en maksimal tolerabel årsmiddelluftkoncentration på  $2 \mu\text{g PCB}/\text{m}^3$  ( $2000 \text{ ng PCB}/\text{m}^3$ ).
- For bygninger man kun opholder sig i 8 timer dagligt så som skoler og kontorer er grænseværdien kun en årsmiddelværdi på  $6 \mu\text{g PCB}/\text{m}^3$  ( $6000 \text{ ng PCB}/\text{m}^3$ ).

BAG har også udarbejdet en vejledning i måling af PCB i indeluft. Total-PCB angives som summen af de 6 DIN congenere ganget med 5.

### **PCB i små kondensatorer**

I 2006 blev 121 tons små kondensatorer separeret fra 96.000 tons elektrisk affald og destrueret ved højtemperatur forbrænding.<sup>143</sup> Det er svært at analysere disse sammensatte produkter for PCB. Det rapporterede PCB-indhold for samme lille kondensator (ballast) fra et lysarmatur analyseret på 3 certificerede laboratorier var henholdsvis 2,4 %, 6,9 % og 25 %. En vigtig fejlkilde er ekstraktionsprocessen. Ifølge undersøgelsen indeholdt 20 % af alle små kondensatorer i brug i Schweiz PCB i 1988, og i 2006 var PCB emissionen fra små kondensatorer i lyskilder og husholdningsapparater mellem 50 og 4400 kg.

### **Undersøgelser publiceret af EMPA**

Koncentrationen af PCB inklusive dioxinlignende PCB-congenerer i indeluft er undersøgt i Schweiz.<sup>144</sup> I en kontamineret industribygning var koncentrationen  $13.000 \text{ ng PCB}/\text{m}^3$  for de 6 indikator PCB ( $\text{PCB}_6$ ). I 4 kontaminerede offentlige bygninger var koncentrationerne mellem 700 og  $4200 \text{ ng PCB}/\text{m}^3$ . I alle tilfælde androg summen af  $\text{PCB}_{28}$  og  $\text{PCB}_{52}$  80 % af PCB-indholdet. Der var en sammenhæng mellem  $\text{PCB}_6$  og

<sup>140</sup> Tremp J et al. Richtlinie PCB-haltige Fugendichtungsmassen. BUWAL, Bern 2003;

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00579/index.html?lang=de>

<sup>141</sup> Die sachgemässe Entfernung und entsorgung PCB-haltiger Fugendichtungsmassen und Anstriche; Werkzeuge, verfahren, Schutzmassnahmen; <http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aeu/chemikalien/pcb/pcb-sanierungsempfehlungen.pdf>

<sup>142</sup> <http://www.bag.admin.ch/themen/chemikalien/00228/00512/index.html?lang=de>

<sup>143</sup> PCB's in small capacitor from waste electrical and electronic equipments. Final Report: September 2008, Technical Control Bodies of SENS and SWICA; [http://www.weee-forum.org/att/literature/PCB%20in%20small%20capacitors\\_SENS.swico\\_2008.pdf?weeeforum=2fb4ce9b9871b62465b52d63bfbe9f8a](http://www.weee-forum.org/att/literature/PCB%20in%20small%20capacitors_SENS.swico_2008.pdf?weeeforum=2fb4ce9b9871b62465b52d63bfbe9f8a)

<sup>144</sup> Kohler M, Zennegg M, Waeber R. Coplanar polychlorinated biphenyls (PCB) in indoor air. Environ Sci Technol 2002; 36: 4735-4740.

dioxinlignende PCB, således at 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> svarede til 1,2 pg TEQ/m<sup>3</sup>. De dominerende dioxinlignende PCB var PCB118 og PCB105.

I forbindelse med undersøgelsen blev der lavet en ringtest for analyse af fugemasser med deltagelse af 17 laboratorier. Fem af disse havde så store afvigelser, at de blev kasseret.<sup>145</sup> Resultaterne var et indhold på 5 ->30 %, hvor 12 % var korrekt, og 6-27 %, hvor 14 % var korrekt. Dette understreger vigtigheden af analysegangen.

I den store undersøgelse af 450 bygninger i Schweiz af blev 1348 prøver af fugemasse og 160 prøver af indeluft analyseret for PCB.<sup>146</sup> I halvdelen af fugeprøverne forekom PCB bestemt som de 6 indikator PCB. I en femtedel var PCB-koncentrationen over 1 %, mens den var over 10 % i en tiendedel. Der forekom fugemasse med op til en PCB-koncentration på 21 %. Der var mest PCB i prøver fra bygninger opført i 1966-1973. Den gennemsnitlige PCB-koncentration i de 160 luftprøver var 790 ng/m<sup>3</sup>, 41 % af prøverne indeholdt mindre end 300 ng/m<sup>3</sup>, 5 % indeholdt mere end 3000 ng/m<sup>3</sup> og kun en enkelt prøve var over grænseværdien i Schweiz på 6000 ng/m<sup>3</sup>.

### Telefoninterviews om en- og tofamiliehuse

Den 1. september blev den førende ekspert i PCB i bygninger i Schweiz, Josef Tremp, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Industriechemikalien, Ittigen, interviewet. Det fremgik

- at 1993-undersøgelsen nævnt i starten, som konkluderede, at der ikke var PCB problemer fra fugemasse i Schweiz, betød, at der ikke skete videre, før meget senere opdagelser i Tyskland gav anledning til nye undersøgelser i Schweiz,
  1. at PCB i Schweiz mest blev brugt i udendørs fuger i elementbyggeri, så indeluften var heller ikke i fokus som i Tyskland,
  2. at PCB i Schweiz var mere et affalds- og miljøproblem, idet jorden uden bygningerne var kontamineret,
  3. at de ikke havde undersøgt mindre huse, idet udvendige fuger med PCB kun blev brugt i større byggerier,
  4. at de ikke havde kendskab til anvendelsen af PCB/PCT i termoruder og derfor ikke havde undersøgt det.

Den 4. september 2009 interview med Urs Wagner fra firmaet ETI-Swiss i Chur, som har arbejdet med PCB i 28 år og er ekspert for Stockholmkonventionen og BAFU.<sup>147</sup> Det fremgik

- at huse opført i 1950-1980 i de fleste tilfælde (75 %) var PCB kontamineret fra fuger og maling. Senere blev der brugt chlorparaffiner i stedet for PCB,
- PCB blev bl.a. brugt i maling til radiatorer og vådrum i private boliger,
- I årene 1999-2005 blev der foretaget omkring 700 målinger af PCB i indeluften i private bygninger, inklusive en- og tofamiliehuse. Gennemsnitskoncentrationen var >500 ng/m<sup>3</sup>. Maksimal koncentration var omkring 10.000 ng/m<sup>3</sup>.

<sup>145</sup> Kohler M. et al. Messung coplanarer polychlorierter Biphenyle (PCB) in Innenraumluft. Qualitätssicherung der chemischen Analytik von PCB in Fugendichtungen. Auszug aus dem Untersuchungsbericht Nr. 840'516. EMPA, Dezember 2001. <http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/01389/01395/01398/index.html?lang=de>

<sup>146</sup> Kohler M, Tremp J, Zennegg M, Seiler C, Minder-Kohler S, Beck M, Lienemann P, Wegmann L, Schmid P. Joint Sealants: an overlooked diffuse source of polychlorinated biphenyls in buildings. Environ Sci Technol 2005; 39: 1967-1973.

<sup>147</sup> <http://www.eti-swiss.com>

- Han mente ikke der var væsentlige forskelle mellem byggeri i Schweiz og Danmark mht. PCB.

Urs Wagner har efterfølgende sendt nogle billeder af forekomst af PCB i enfamiliehuse i Schweiz (Figur 5-1). I det valgte fotoeksempler ses gulvmaling med 19.000 mg/kg (1,9 %) PCB og indendørsfugemasse med 23.386 mg/kg (2,3 %) PCB.



Figur 5-1: Forekomst af PCB i gulvmaling og fugemasse fra enfamiliehuse i Schweiz.

## f. Det Forenede Kongerige

I Det Forenede Kongerige gælder de samme love og regler for PCB som i andre EU lande, men man er tilsyneladende endnu ikke særligt opmærksom på problemet med PCB i den ældre bygningsmasse.

Professor Stuart Harrad og medarbejdere fra University of Birmingham har imidlertid publiceret en række undersøgelser om PCB og andre POP-stoffer i indeluft og husstøv. De har bl.a. fundet ud af at bygninger opført i 1950 til 1979 havde 10 gange så meget PCB i indeluften ( $20 \text{ ng/m}^3$ ) som bygninger opført efter 1980 ( $2 \text{ ng/m}^3$ ); målt med passiv prøveoptagning og sum af 57 congenere. Også før 1950 var PCB lavere ( $6 \text{ ng/m}^3$ ).<sup>148</sup> De forklarer dette med emission af PCB fra fugematerialer. De højeste koncentrationer  $82\text{-}102 \text{ ng/m}^3$  blev målt i kontorer og offentlige bygninger.

## g. Nordamerika

### Tidlige målinger af PCB i indeluft

Indførsel for 30 år siden af polyurethan-skum til opsamling af PCB i luft nedsatte med et detektionsgrænsen 50 gange til  $10 \text{ ng/m}^3$  efter 4 timers prøveopsamling.<sup>149</sup> PCB beregnet på grundlag af Aroclor 1242 og 1254. Med længere tids prøveopsamling kunne

<sup>148</sup> Hazrati S, Harrad S. PBDEs and PCBs in indoor air: levels and factors influencing their concentrations. *Organohalogen compounds* 2006; 68: 199-202.

<sup>149</sup> MacLeod KE. Polychlorinated biphenyls in indoor air. *Environ Sci Technol* 1981; 15: 926-928.

detektionsgrænsen yderligere sænkes. Den nye metode blev brugt til at måle PCB i luften i et industrielt forskningscenter (240 ng/m<sup>3</sup>), i et universitetslaboratorium (210 ng/m<sup>3</sup>), et indkøbscenter (44 ng/m<sup>3</sup>) og i 9 private hjem (40-580 ng/m<sup>3</sup>) i USA. I et rum med en udbrændt kondensator var koncentrationen 50 normalt, nemlig 11.600 ng/m<sup>3</sup>. Indeluften var 10-100 gange mere forurenede med PCB end udeluften.

PCB er blevet målt i 10 børnehaver i Nord Carolina. Koncentrationen af tyve PCB congenere i indeluften var 65 ng/m<sup>3</sup>, eller syv gange højere end udeluften.<sup>150</sup>

### Lysarmaturer

I begyndelsen af 1970'erne blev PCB emissionen fra udbrændte små PCB kondensatorer til lysstofrørarmaturer undersøgt eksperimentelt af USEPA.<sup>151</sup> Luftkoncentrationerne blev beregnet til mellem 12.000 og 118.000 ng/m<sup>3</sup>.

I 1980'erne blev der rapporteret om udbrændte PCB-kondensatorer i skoler i mindst 7 stater i USA.<sup>152</sup> I en af skolerne undersøgt af NIOSH var koncentrationen en uge efter udbrændingen 4000 ng/m<sup>3</sup> og den var stadig efter 5 uger 1000 ng/m<sup>3</sup>; baggrundsniveauet var højt (330 ng/m<sup>3</sup>). I en anden skole med dårlig ventilation var PCB-koncentrationerne mellem 400 og 2090 ng/m<sup>3</sup>. Selv efter nogen rengøring var koncentrationerne to måneder senere de samme. Først efter effektiv rengøring og ventilation kom niveauerne ned under 250 ng/m<sup>3</sup>. NIOSH målte på bordoverflader indtil 240 µg PCB/m<sup>2</sup>, hvor myndighederne i staten New Mexico anbefaler en grænseværdi på 50 µg/m<sup>2</sup> (5 ng/cm<sup>2</sup>).

I USA blev PCB i skoler anset for det største problem, og der findes en dedikeret hjemmeside.<sup>153</sup>

### Fugemasser

I slutningen af 1970'erne blev PCB bestemt i luften i en laboratoriebygning i Canada på trods af PCB blev forbudt i 1977.<sup>154</sup> Koncentrationen i laboratorieluften lå mellem 120 og 320 ng/m<sup>3</sup> med et gennemsnit på 265 ng/m<sup>3</sup>. I andre dele af bygningen var der lavere, men stadig forhøjede koncentrationer. Aroclor 1254 blev brugt som standard. PCB kom ind i bygningen via ventilationsindtaget. PCB kilden viste sig at være en elastisk fugemasse brugt udenfor ved nogle betonpaneler på et "penthouse" på taget af bygningen.

Elastiske fugemasser er sjældent blev undersøgt for PCB i USA, og det er derfor ikke anset for et problem. En undersøgelse i nogle universitetsbygninger fra 1960'erne afslørede dog 111-393 ng PCB/m<sup>3</sup> i indeluften, fra 8 ppm til 81 ppm i støv fra ventilationssystemet og op til 2 ng PCB/cm<sup>2</sup> på overflader.<sup>155</sup> En PCB-koncentration

<sup>150</sup> Wilson NK, Chuang JC, Lyu C. Levels of persistent organic pollutants in several child day care centers. *J Exposure Anal Environ Epidemiol* 2001; 11: 449-458.

<sup>151</sup> Staiff DC, Quinby GE, Spencer DL, Starr HG. Polychlorinated biphenyl emission from fluorescent lamp ballasts. *Bull Environ Contam Toxicol* 1974; 12: 455-463.

<sup>152</sup> Crandall M, Elliot L, Votaw A. PCBs/Ballast burnout in Schools. *Appl Occup Environ Hyg* 1990; 5: 580-582.

<sup>153</sup> <http://www.pcbinschools.org/>

<sup>154</sup> Williams DT, LeBel GL, Furmanczyk T. Polychlorinated biphenyl contamination of laboratory air. *Chemosphere* 1980; 9: 45-50.

<sup>155</sup> Coghlan KM, Chang MP, Jessup DS, Fragala MA, McCrillis K, Lockhart TM. Characterization of polychlorinated biphenyls in building materials and exposures in the indoor environment. *Proceedings Indoor Air* 2002; 4: 147-152.

(Aroclor 1254) af op til 33.000 ppm blev fundet i fugemateriale. I tætningsmateriale omkring vinduer var PCB koncentrationen indtil 4300 ppm, hvor EPA grænsen er 50 ppm. Sanering af disse bygninger blev diskuteret i et andet paper.<sup>156</sup>

En anden undersøgelse blev lavet, for at se om PCB stadig var til stede i 24 institutionsbygninger i Boston 30 år efter, der i 1970'erne var anvendt polysulfid fugemasser i bygningerne.<sup>157</sup> I 7 af bygningerne (skoler, regeringskontor, studenterkollegium, universitetslokaler og synagoge) blev der fundet fugemasser med 5000-36.000 ppm (mg/kg) PCB (Aroclor 1254 og 1260) og i 6 andre lave koncentrationer. I en senere undersøgelse fandt de samme forskere en betydelig jordforurening (3,3-34 mg PCB/ jord) nær de PCB-forurenede huse stammende fra afvaskning og sanering.<sup>158</sup>

USEPA har 25. september 2009 taget problemstillingen med PCB i fugemasser op.<sup>159</sup> Der er oprettet en hjemmeside med diverse informationsmateriale, forskningsplaner, vejledninger, undervisningsmateriale mv.<sup>160</sup> USEPA's Reference Dose (RfD) er 20 ng PCB/kg legemsvægt per dag. I USA regner man med at 50-60 % af PCB eksponeringen kommer fra føden. USEPA anbefaler at den samlede PCB eksponering holdes under RfD.

### Loftsplader

I 1986 blev loftsplader af mærket "Armstrong Travertone Sanserra" undersøgt for PCB i en skole i New Jersey, USA. I skrab fra loftpladernes malede overflade fandt man 15.300-51.000 ppm PCB.<sup>161</sup> Det viste sig af Armstrong i 1969-1970 tilsatte PCB (4-12 %) til coating materialet som blødgørere og flammehæmmer. Loftspladerne var meget anvendte i kontorer og butikker. Personer der arbejdede i bygningen havde *ikke* forhøjede PCB i blodet. Kriterier for at bygningen var rensat (dekontamineret) var  $\leq 1000$  ng/m<sup>3</sup> i luft og  $\leq 5$  ng/cm<sup>2</sup> på overflader.<sup>162</sup>

### Gulvplejemiddel

I perioden juni 1999 til september 2001 blev indeluften og husstøvet fra 120 enfamiliehuse ved Cape Cod, MA, USA, undersøgt for 89 hormonforstyrrende stoffer, heriblandt PCB.<sup>163</sup> Der blev analyseret for de tre congenere PCB 52, 105 og 153. PCB indholdet i indeluften var op til 25 ng/m<sup>3</sup>, 3,6 ng/m<sup>3</sup> og 6,7 ng/m<sup>3</sup>, henholdsvis, men kun i 31 huse kunne PCB detekteres og i to af disse var der særligt høje koncentrationer. I husstøvet var PCB-koncentrationerne henholdsvis op til 15,7 mg/kg, 16,5 mg/kg og 35,3 mg/kg (ppm), illustrerende at andelen af den flygtige congenere er størst i indeluften.

<sup>156</sup> Chang M, Coghlan K, McCarthy J. Remediating PCB-containing building products; strategies and regulatory considerations. Proceedings Indoor Air 2002; 4: 171-176.

<sup>157</sup> Herrick RF, McClean MD, Meeker JD, Baxter LK, Weymouth GA. An unrecognized source of PCB contamination in schools and other buildings. Environ health Perspec 2004; 112: 1051-1053.

<sup>158</sup> Herrick RF, Lefkowitz DJ, Weymouth GA. Soil contamination from PCB-containing buildings. Environ health Perspec 2007; 115: 173-175.

<sup>159</sup> EPA News Release 25 September 2009: EPA Announces Guidance to Communities on PCBs in Caulk of Buildings Constructed or Renovated Between 1950 and 1978 EPA to gather latest science on PCBs in caulk.

<http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/d0cf6618525a9efb85257359003fb69d/28c8384ee0e67ed8525763c0059342f1>  
[OpenDocument](#)

<sup>160</sup> <http://www.epa.gov/pCBSincaulk/>

<sup>161</sup> Fagliano J, Freund A, O'Leary K, Rosenman KD, and Runion V. PCB Contamination of ceiling tiles in public buildings – New Jersey. Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR) 1986; 36(6): 89-91. <http://www.cdc.gov/mmwr/>

<sup>162</sup> 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> er grænseværdien i arbejdsmiljøet i USA.

<sup>163</sup> Rudel RA, Camann DE, Spengler JD, Korn LR, Brody JG. Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air dust. Environ Sci Technol 2003; 37: 4543-4553.

De tre PCB congenere repræsenterer gennemsnitligt 9 % af 65 congenere i luft og 12 % af PCB i støv. EPA's sundhedsmæssige vejledende grænseværdier (2004) er 3,4 ng total-PCB/m<sup>3</sup> indeluft og 0,22 mg PCB/kg støv.

En opfølgende undersøgelse af de samme forfattere 5 år senere viste, at PCB-niveauerne i indeluft og husstøv ikke havde ændret sig væsentligt i de to hjem med højest PCB-koncentration.<sup>164</sup> En undersøgelse af 4 beboernes koncentration af PCB i blodserum afslørede koncentrationer fra 179 til 1630 ng PCB/g fedt. De to beboere af det ene hus havde niveauer over 95 percentilen af en repræsentativ del af USA's befolkning (715 ng PCB/g fedt). PCB blev kvantificeret ud fra 5-13 congenere. I alle 4 prøver fandtes følgende congenere: PCB74, 118, 153, 138 og 180. Andre congenere bestemt i nogle prøver var: PCB66, 99, 146, 105, 187, 156, 170, 201, 203, 194, og 206. Det viste sig at kilden til PCB belastningen i de to huse var behandling af boligernes trægulve 40-50 år tidligere med et gulvplejemiddel kaldet "Fabulon". Det indeholdt PCB indtil 1969. Undersøgelsen konkluderede, at PCB fra indemiljøet kan bidrage mere til den totale eksponering end fødevarer.

### Husstøv

Dioxinlignende PCB er senere blevet målt i støv fra klimaanlæg og støvsugerposer eller ved opsamling af luft med "high-volumen-samplers" i enfamiliehuse i det nordlige Californien og i Wellington, New Zealand.<sup>165</sup> Gennemsnittet var 0,8 pg TEQ/g støv og maksimumkoncentrationen var 1,3 pg TEQ/g støv. En tidligere undersøgelse dokumenterede, at analyse af tæppestøv fra støvsugerposer og opsamlet med "high-volumen-samplers" stort set giver samme resultater.<sup>166</sup> Af de 15 undersøgte hjem blev PCB105, 126, 138, 153, 170 og 180 fundet i indtil 6.

I et gymnasium i New Bedford, MA, bygget af beton i slutningen af 1960'erne og begyndelsen af 1970'erne blev målt PCB i indeluften på 4 – 52 ng/m<sup>3</sup>.<sup>167</sup> Den højeste værdi svarer til USEPA's "site-specific action level" på 50 ng PCB/m<sup>3</sup>, der nødvendiggør yderligere undersøgelser. Disse opfølgende målinger viste mellem 2 og 310 ng/m<sup>3</sup>. Den højeste værdi svarer til USEPA's "acceptable long-term average exposure concentration" på 300 ng/m<sup>3</sup>. Det viste sig at støv fra ventilationssystemet var kraftigt PCB-kontamineret med en middelkoncentration på 6,7 mg/kg og en maksimal koncentration på 36 mg/kg. Efter rengøring af ventilationssystemet blev der målt igen uden væsentlig bedring på luftkoncentrationen, nærmest det modsatte. Det viste sig, at der var fejl på ventilationssystemet, og efter udbedring af disse fejl faldt de målte koncentrationer i luften betragteligt, var typisk 5 gange lavere.

<sup>164</sup> Rudel RA, Seryak LM, Brody JG. PCB-containing wood floor finish is a likely source of elevated PCBs in residents' blood, household air and dust: a case study of exposure. *Environ Health* 2008; 7: 2. 8 pages.

<sup>165</sup> Wennig RJ, Bock M, Maier M, Luksemburg WJ. PBDEs, PCDD/Fs, and PCBs in indoor house dust. *Organohalogen Compounds* 2006; 68: 395-398.

<sup>166</sup> Colt JS, Zahm SH, Camann DE, Hartge P. Comparison of pesticides and other Compounds in carpet dust samples collected from used vacuum cleaner bags and from a high volume surface sampler. *Environ Health Perspec* 1998; 106: 721-724.

<sup>167</sup> Sullivan DM, Hunt GT, Alfonse S. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and indoor air: source investigation and remedial approach for a public school building in New Bedford, Massachusetts, USA. *Organohalogen Compounds* 2008; 70: 850-854.

I New Bedford er husstøv og jord udenom også undersøgt.<sup>168</sup> Koncentrationer i husstøv lå mellem 0,26 og 23 mg PCB/kg tørvægt og i jord mellem 0,015 og 1,8 mg PCB/kg tørvægt.

## **h. Sammenfattende vurdering af de udenlandske undersøgelser**

### **1) Sverige**

#### **PCB aktiviteter i byggesektoren**

I Sverige blev PCB tidligt opdaget som et problem i byggeriet. Det var specielt PCB-forekomsten i fugematerialer og gulvmasser, der blev undersøgt, men man var også opmærksom på PCB i termoruder og små kondensatorer. Der blev desuden lavet enkelte undersøgelser med bestemmelse af PCB i jord, ude- og indeluften og i beboeres blod. PCB i indeluften var typisk 50-100 gange højere i bygninger med PCB fuger i forhold til bygninger uden.

I 1997 igangsatte "Byggsektorns Kretsloppsrådet" i Sverige i samarbejde med Svenska Fogbranchens Riksförbund og myndighederne i de større byer en frivillig ordning med undersøgelse og sanering af PCB i bygninger, og de udsendte mange vejledninger og afholdt kurser. Hjemmesiden [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu) blev oprettet i forbindelse med Kretsloppsrådets projekt for at sprede information om PCB.

#### **Regler**

Alle disse initiativer dannede baggrund for en unik lovgivning fra 2007, som betød at alle ejere af bygninger opført eller renoveret i perioden 1956-1973, skulle inden 3. juni 2008 undersøge, om der kunne være brugt PCB-holdige fuge- eller gulvmasse i bygningen. Hvis der var fuge- eller gulvmasse med et indhold på 500 ppm PCB og derover, skal der ske en sanering inden 30. juni 2013. *Kun i Sverige* er der et lovmæssigt krav om kortlægning og sanering af bygninger fra den periode, hvor PCB blev anvendt. Disse regler gælder imidlertid ikke for en- og tofamiliehuse.

#### **Estimer af PCB mængder**

I 2000 blev den anvendte PCB mængde i byggeriet i Sverige i perioden 1956 til 1973 anslået til 100-500 tons i fuge- og gulvmasser, 115 tons i termoruder (hvoraf 35 tons fortsat var i brug), 20-30 tons i acryl-gulvmasse og 20 tons i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer. Estimatet for termoruder blev dog siden ændret til 395 tons med 118 tons fortsat i brug.

#### **Analyse af fugemasser**

Man regner med at omkring 30 % af bygningerne fra "PCB-perioden" indeholder PCB-fuger. I de tidlige undersøgelser fra 1990'erne blev konstateret PCB indhold i fuger på op til 19 %. I en senere undersøgelse indeholdt PCB-fuger 11-25 % PCB.

---

<sup>168</sup> Vorhees DJ, Cullen AC, Altshul LM. Polychlorinated biphenyls in house dust and yard soil near a superfund site. Environ Sci Technol 1999; 33: 2151-2156.

### **PCB i indeluften**

I de tidlige undersøgelser fra 1990'erne blev konstateret PCB koncentrationer i indeluft på 80 ng/m<sup>3</sup> – eller 40 gange uforurenede indeluft. Senere undersøgelser rapporterede om koncentrationer på op til 1200 ng/m<sup>3</sup> og 4 mg/kg i støv.

### **PCB i blodet**

PCB i blodet var omkring dobbelt så højt fra beboere i PCB forurenede lejligheder i forhold til beboere i lejligheder uden PCB.

### **Arbejds miljøproblemer ved sanering af PCB**

Ved fjernelsen af PCB fuger kan der ved utilstrækkelige foranstaltninger opstå høje niveauer i arbejdsluften på 280-370 µg PCB/m<sup>3</sup>; dvs. langt over arbejdsmiljøgrænseværdien på 1 µg/m<sup>3</sup>. En rapport fra arbejdsmedicinsk klinik ved Universitetssygehuset i Örebro viste, at bygningsarbejdere, som sanerer PCB-fuger, kan have forhøjede PCB-niveauer i blodet og effekter på skjoldbruskkirtlen. Svenska Fogbranchens Riksförbund har på Kretsloppsrådets foranledning publiceret en vejledning i, hvordan PCB-sanering af fuger bør gennemføres, og de udbyder kurser i PCB-sanering med kursusdiplom. "Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier" har også stærke interesser i PCB-sanering. De har udgivet 2006-rapporten: "Åtgärder vid sanering av PCB-haltigare fogmassor" og "Branschrekommendation för åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor".

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

I Sverige har PCB især været anvendt i fugemasser og termoruder. Fugemasserne fandtes ofte mellem forskellige materialer (fx tegl-træ) og rundt om vinduer og døre. De tidlige vurderinger gik ud på, at der i Sverige var anvendt 300 tons PCB i betonelementbygninger og kun 20 tons i andet byggeri. Dette passede dog ikke med senere resultater fra Vestsverige, hvor fugemasserne forekom i alle slags bygninger inkl. villaer og rækkehuse, men mest (80 %) i 2-4 etagers boligkarreer bygget af tegl og blandede materialer og mindre end forventet i betonelementhuse for bolig, erhverv, vandværk eller institution.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK.**

Byggemetoder i Danmark og Sverige indenfor betonelementbyggeriet har været sammenlignelige, og tilsvarende fugemasser har været anvendt. Den danske situation svarer formentlig til situationen i Vestsverige. Det samme gælder for PCB i termoruder, som blev benyttet i alle typer byggeri i en kort årrække.

## **2) Norge**

### **Estimer af PCB mængder**

Det totale forbrug af PCB i årene 1954 til 1973 blev for ti år siden estimeret til 700-800 tons, hvoraf 250 tons blev anvendt i byggesektoren. De seneste estimer fra 2009 af forbruget af PCB i Norge viser, at der totalt er anvendt 1300 tons PCB – eller næsten dobbelt så meget – og heraf 565 tons til termoglas tætningsmasse, fugemasser, betontilsætning og maling.



## **PCB aktiviteter i byggesektoren**

Byggenæringen præsenterede 15. februar 2001 en "Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall". I forbindelse hermed blev udarbejdet en vejledning til bygningsejere. I perioden 1963-1972 blev 100 tons PCB brugt til udvendige fuger i elementbyggeri, mellem trapper og indendørs rundt om vinduer og døre og mellem gulvfliser og ved svømmebassiner. Fra 1960-1975 blev 268 tons PCB tilsat beton til brug inden- og udendørs til murpuds, gulvafretning, grunding, reparation og fugning i vådrum. Desuden blev omkring 100 tons PCB i 1952-1975 brugt til maling af skibe og industriinstallationer. PCB-holdig forseglingsmasse blev i 1965-1975 brugt i de fleste typer termoruder i alle typer af privatboliger og større bygninger. Den anvendte mængde var 100-250 tons. Mange oplysninger om PCB kan hentes på <http://www.pcb.no/> en hjemmeside mod spredning af miljøgiften PCB.

## **Regler og handlingsplaner**

PCB anvendelsen i elektriske artikler er under lovmæssig udfasning. Der er det ikke udfasningskrav for PCB i bygninger, så udfasning sker i tilknytning til nedrivning og rehabilitering. Disponering/destruktion som ikke medfører udslip af PCB er målet i affaldsfasen. Derfor blev der i 2002 etableret et landsomfattende retursystem for kasserede PCB-holdige termoruder, som skulle sikre forsvarlig indsamling og håndtering af disse. I 2003 blev der videre lavet en generel handlingsplan for at reducere udslip af PCB, og en "Nasjonal handlingsplan for utskifting av PCB-holdige lysarmaturer". I 2007 blev der indført en mærkningspligt for resterende PCB-holdige termoruder i bygninger. Der kom fra 1. januar 2008 krav om at undersøge prøver af alle PCB-holdige affaldsfraktioner i bygge og anlæg. SFT har 9. juli 2009 udarbejdet en ny "Handlingsplan for reduserte utslipp av PCB i 2009 til 2012",

## **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

Undersøgelser af PCB i den bestående bygningsmasse i sydnorske byer afslørede at 20% havde PCB i fugemasser, facademaling og indendørs maling. Typisk for Norge er anvendelsen i murpuds specielt på Vestlandet, hvor der er et barsk klima. I Bergen havde 30 % af de undersøgte bygninger PCB forurenede ydervægge. Over halvdelen af alle husene på Svalbard i Ishavet har PCB-holdige facader fra anvendelse af murpuds og facademaling. I fastlands Norge er det kun 29 % af bygningerne, der har PCB i facaderne, men mængden andrager 100 tons PCB.

En undersøgelse af et hospital i Trondheim, der skal rives ned i 2010, afslørede et indhold på mere end 20 % PCB i fugemasser i nogle af bygningerne. PCB i bygningsfuger er ellers ikke særlig godt undersøgt i Norge, men blev konstateret i 1/3 af de undersøgt bygninger.

PCB koncentrationer i forseglingsmassen i termoruder er almindeligvis 10-25 %. I en enkelt undersøgelse fra januar 2000 blev PCB målt i indeluften i norske boliger. Målte koncentrationerne var op til 429 ng/m<sup>3</sup>, hvor der var PCB forurening.

## **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK.**

Med hensyn til PCB i murpuds og facademaling indtager Norge en særstilling, men med hensyn til PCB i termoruder og små kondensatorer til lysstofrørarmaturer er forholdene

sikkert de samme i Danmark. Murfuger er ikke meget undersøgt, men hvor det er, svarer resultaterne til forholdene i Danmark og Sverige.

### **3) Finland**

I Finland er man naturligvis inspireret af granlandet Sverige. Det er lidt sværere for fremmede at finde ud af hvad der sker, da megen information kun er på finsk. Finland har implementeret EU reglerne for PCB og PCB har været brugt til de samme anvendelser i Finland som i andre lande.

I huse bygget eller renoveret mellem 1957 og 1980, og som indeholder elastiske fugemasser, skal PCB-indholdet undersøges i forbindelse med reparation, renovering og nedrivning. Det er både bygherrens og entreprenørens ansvar, at dette sker. Det fjernede PCB indeholdende mere end 50 ppm skal klassificeres og behandles som farligt affald.

Vedr. PCB i termoruder gives anvisninger for demontering og anbefalinger for håndtering af affald. I forbindelse med udskiftning af termoruder fra før 1979 skal der tages prøve af forseglingsmassen og hvis koncentrationen er højere end 50 ppm skal ruden behandles som problemaffald.

I Finland har man haft arbejdsmiljøproblemer i forbindelse med sanering af PCB i præfabrikerede huse. PCB har også været almindeligt brugt i malinger i finske bygninger, og jordforurening er opstået herved.

### **4) Tyskland**

#### **PCB Fokus i Tyskland**

I Tyskland har det dominerende PCB problem været de elastiske Thiokol fuger, men de har også haft stor anvendelse af loftsplader imprægneret med PCB som brandhæmmer. Det er et krav i Tyskland at etageadskillelser i boligblokke skal være brandsikre. Anvendelsen af akustiske plader med PCB synes også især være forekommet i tysktalende områder.

I Tyskland er der mest fokus på måling af PCB i indeluft og husstøv og mulige sundhedsproblemer i den henseende, mens undersøgelser i de fleste andre lande har fokuseret mere på at finde kilden til forureningen af indeluften ved at undersøge PCB i bygningsbestanddele (fuger, maling) og sanere bygninger. Man er i Tyskland og Schweiz endnu ikke blevet opmærksomme på forekomst af PCB/PCT i termoruder.

#### **Regler og aktiviteter vedr. PCB**

En tysk kommission udarbejdede i 1994 en vejledning i kortlægning og sanering af PCB belastede byggematerialer og bygningsdele i bygninger. Delstaten Nordrhein-Westfalen udsendte 3. juli 1996 reviderede retningslinjer.

I 1995 blev der i Tyskland fastsat en aktionsgrænseværdi i indeluft på 300 ng PCB/m<sup>3</sup> og en interventionsgrænse på 3000 ng/m<sup>3</sup>.

Der er vedtaget DIN normer for måling af bl.a. PCB i indeluft.

### **Estimater over restmængder af PCB**

Der foreligger ikke tilgængelige data over forbrugte eller tilbageværende mængder af PCB i Tyskland.

### **Fund af PCB fordelt på materialer, bygningstyper og indeluft**

I tyske bygninger har PCB, udover anvendelsen i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer, været brugt mest som blødgører i elastiske polysulfid fugemasser (Thiokol<sup>®</sup>) og i brandhæmmende overfladebehandling af akustiske loftsplader.

De fleste bygninger undersøgt for PCB i Tyskland har været offentlige bygninger, bl.a. kontorer, skoler og børnehaver, bygget af beton i 1960-1970'erne, der indeholder fugemasser med PCB, der afgiver PCB til indeklimaet. Her er PCB målt i husstøv samt i indeluft i koncentrationer op til 10.000 ng/m<sup>3</sup>, og indeklimaet bidrager derved væsentligt til en PCB-belastning af de personer, der opholder sig i lokalerne.

I en 15 etagers kontorbygning bygget i 1969 af præfabrikerede betonelementer var samlingerne forsejlet med Thiokol gummifuger indeholdende 1-40 % PCB. Af i alt 220 prøver lå PCB koncentrationen mellem 10 og 2880 ng/m<sup>3</sup> med en middelværdi på 600 ng/m<sup>3</sup>. Huset blev saneret og tapeter med aktivt kul opsat, og det lykkedes efter en årrække af få PCB i indeluften ned under 100 ng/m<sup>3</sup>. I over halvdelen af de tyske skoler og børneinstitutioner, som er undersøgt for PCB fandt man PCB i koncentrationer >300 ng/m<sup>3</sup> og nogle havde mere end 3000 ng/m<sup>3</sup>; max. Værdien var 40.000 ng/m<sup>3</sup>. Desuden er målt luftværdier på op til 23.000 ng PCB/m<sup>3</sup> i telefoncentraler og 3300 ng/m<sup>3</sup> i et beboelseshus med PCB fugemasser.

Daglig udsættelse for PCB i indeluften resulterer i en øget blodkoncentration af PCB i beboernes blod; 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> i indeluft giver fx en stigning på 3 % af PCB i blodet.

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

Der findes ingen gode oplysninger fra Tyskland, men ud fra undersøgelser af husstøv, så forekommer PCB i 22 % af en- og tofamiliehuse bygget før 1980 og i 5 % af enfamiliehuse bygget efter 1980. PCB forekom i 25 % af boligblokkene bygget før 1980 og i ingen i boligblokke bygget efter 1980.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK**

Der er formentlig ikke nogen stor forskel på PCB anvendelsen i byggeriet i Danmark og Tyskland, men da PCB bl.a. blev produceret har de muligvis været mere og tidligere brugt. Der foreligger imidlertid ingen gode oplysninger.

## **5) Schweiz**

### **Regler og aktiviteter vedr. PCB**

En vejledning om PCB-holdige fugemasser blev udsendt af BUWAL i 2003. Heri anføres det, at PCB-holdige fugemasser efter al sandsynlighed ikke har været anvendt til murstens- og træhuse, herunder enfamiliehuse bygget af disse materialer, men kun til huse af betonelementer.

Kanton Basel-Landschaft har i juni 2004 udgivet en meget grundig praktisk vejledning i PCB sanering af bygninger.

Bundesamt für Gesundheit (BAG) har fastsat grænseværdier for indeluft. For boliger og hjem, hvor man opholder sig i 24 timer er der fastsat en maksimal tolerabel årsmiddel luftkoncentration på  $2 \mu\text{g PCB/m}^3$  ( $2000 \text{ ng PCB/m}^3$ ). For bygninger man kun opholder sig i 8 timer dagligt så som skoler og kontorer er grænseværdien kun en årsmiddelværdi på  $6 \mu\text{g PCB/m}^3$  ( $6000 \text{ ng PCB/m}^3$ ). BAG har også udarbejdet en vejledning i måling af PCB i indeluft. Total-PCB angives som summen af de 6 DIN congenere ganget med 5.

### **Estimater over restmængder af PCB**

I årene 1955-1975 blev der brugt PCB-holdige fugemasser i byggeriet. I alt regner man med, at der har været brugt 100-300 tons PCB til dette formål. I oktober 2000 blev PCB-holdige fugemasser opdaget i forskellige offentlige bygninger i Schweiz. Dette betød, at en større undersøgelse af 450 bygninger bygget i årene 1950 til 1980 blev sat i værk. Flere detaljer i publikationer af Kohler nedenfor.

### **Fund af PCB fordelt på materialer, bygningstyper og indeluft**

Fugemasser anses for den vigtigste kilde til PCB i indeklimaet. Sådanne fugemasser forekommer i rundt halvdelen af de beton højhuse, der blev bygget fra 1955 til 1975. Både offentlige og private bygninger som skoler, børnehaver, svømme- og sportshaller, råduse, plejehjem, sygehuse, større boligblokke, kontorhuse og virksomheder indeholder PCB fugemasser.

I årene 1999-2005 blev der foretaget omkring 700 målinger af PCB i indeluften i private bygninger, inklusive en- og tofamiliehuse. Gennemsnitskoncentrationen var  $>500 \text{ ng/m}^3$ . Maksimal koncentration var omkring  $10.000 \text{ ng/m}^3$ .

I en stor undersøgelse af 450 bygninger i Schweiz af blev 1348 prøver af fugemasse og 160 prøver af indeluft analyseret for PCB. I halvdelen af fugeprøverne forekom PCB. I en femtedel var PCB-koncentrationen over 1 %, mens den var over 10 % i en tiendedel. Der forekom fugemasse med op til en PCB-koncentration på 21 %. Der var mest PCB i prøver fra bygninger opført i 1966-1973.

Den gennemsnitlige PCB-koncentration i de 160 luftprøver var  $790 \text{ ng/m}^3$ , 41 % af prøverne indeholdt mindre end  $300 \text{ ng/m}^3$ , 5 % indeholdt mere end  $3000 \text{ ng/m}^3$  og kun en enkelt prøve var over grænseværdien i Schweiz på  $6000 \text{ ng/m}^3$ .

### **Vurdering af hvor PCB hyppigt har været anvendt fordelt på materialer og bygningstyper**

Der findes ingen gode oplysninger. Anvendelse af PCB i åbne systemer (inkl. fugemasse og maling) blev forbudt i Schweiz allerede i oktober 1972 og et totalt PCB forbud kom i 1986. Der forekommer imidlertid store mængder PCB ude i samfundet fra tidligere brug. Der er igangsat initiativer for en løbende sanering af disse forureningskilder og sikker bortskaffelse.

Huse opført i 1950-1980 er i det fleste tilfælde (75 %) PCB kontamineret fra fuger og maling.

Indtil 1983 blev der brugt små PCB kondensatorer i lysstofrørarmaturer, som fortsat anvendes, ligesom lavspændings kraftkondensatorer i virksomheder. Ifølge en undersøgelse indeholdt 20 % af alle små kondensatorer i brug i Schweiz PCB i 1988, og i 2006 blev det estimeret at PCB emissionen fra små kondensatorer i lyskilder og husholdningsapparater lå mellem 50 og 4400 kg.

Indtil 1972 blev PCB anvendt i maling til beton, og i 1970'erne fremstilledes i Tyskland akustiske bygningsplader af typen "Wilhelmi", der var overfladebehandlet med 20 % Clophen A60. I tidsrummet 1947 til 1972 blev PCB brugt som blødgørere i bindemidler for korrosionsbeskyttende maling.

### **Vurdering af om resultaterne kan overføres til DK**

Der er formentlig ikke nogen stor forskel på PCB anvendelsen i byggeriet i Danmark og Schweiz, men der foreligger imidlertid ingen gode oplysninger.

## **6) Sammenligning mellem landene**

### **Saneringskrav**

Saneringskrav er i Tyskland blevet baseret på sundhedsmæssigt fastsatte aktionsværdier i indeluften, mens det i Sverige er indholdet af PCB i fugemassen på 500 ppm, der er kriteriet. De tyske aktionsværdier er model for andre lande heriblandt Danmark, og de er lavere end de tilsvarende grænser i Schweiz. Der er imidlertid forskere, der påpeger, at nyere risikovurderinger viser at værdierne er omkring 50 gange for høje og ikke tager hensyn til dioxinlignende effekter.

### **Bygningstyper**

Det har været boligblokke, kontorbygninger og uddannelsesinstitutioner, der har været mest undersøgt i alle lande. En- og tofamiliehuse har kun været undersøgt i få tilfælde i Europa (Sverige, Danmark, Norge, Schweiz), men det er mere fokus på denne hustype i Nordamerika.

En- og tofamiliehuse er ikke så undersøgte. De er meget mere forskellige og normalt ejerboliger. Det er derfor lettere og mere rationelt at lede efter PCB i større boligblokke. Hvis PCB identificeres i en lejebolig, så er det mest sandsynligt, at alle boliger i boligblokken vil indeholde PCB, og dette overflødig gør yderligere undersøgelser.

### **Indeklimaet**

I USA har man også som det eneste sted konstateret PCB forurening i indeklimaet fra gulvplejemidler. Opmærksomheden om forurening fra PCB i fugemasser har været stigende i USA, og USEPA har netop sat en masse initiativer i gang, som kan ses på deres hjemmeside. Det er forventeligt at Det Forenede Kongerige (UK), hvor der indtil nu kun har været generel interesse for PCB i indeluft og husstøv, vil blive inspireret af de amerikanske initiativer og tage problemstillingen PCB i bygninger op. Hidtil har der kun været fokus på indsamling af PCB-holdigt affald i henhold til EU lovgivningen.

### **Målemetoder**

De prøveopsamlings- og analysemetoder, der har været anvendt i landene gennem årene, har været forskellige i tid og sted, men der er efterhånden stor enighed om at

benytte ISO/CEN standarder med den tysk udviklede LAGA kvantificerings metode byggende på summen af 6 indikator PCB-congenerer (PCB<sub>6</sub>: PCB<sub>28</sub>, 52, 101, 138, 153 og 180) multipliceret med en faktor 5 for at få total-PCB. Ved målinger af indeluft og andet medtages ofte den dioxinlignende PCB<sub>118</sub> og blandingen beskrives som PCB<sub>7</sub>. Det er imidlertid de mest flygtige PCB<sub>28</sub> og PCB<sub>52</sub>, som dominerer i indeluften alle steder og kan måles i de eksponeredes blod. Det er nødvendigt at tage måleresultater med et gran salt. Erfaringen i Schweiz er at der er store afvigelser i måleresultater mellem forskellige laboratorier. I en ringtest blev 5 af 17 deltagne laboratorier i Schweiz kasseret pga. for store afvigelser.

### **Forskelligt fokus**

Opmærksomheden omkring PCB problemer i byggeriet er af forskellig karakter og tyngde i de forskellige lande, og landene har startet deres initiativer på forskellige tidspunkter og med forskellige indgangsvinkler - og i nogle tilfælde måske tilfældigheder. Landene er blevet delvist inspireret af hinanden, men forsinkelser af initiativer er bl.a. opstået ved at fremtrædende eksperter har afvist, at der kunne være et grænseoverskridende problem, fordi byggemetoder og -skikke afviger mellem landene. Vi ved nu at forskelle mellem landene i Europa eksisterer, men at der er flere lighedspunkter mht. den måde, man byggede på, og de materialer man brugte i perioden 1950-1980.

### **Forskellige regler**

Bortset fra de krav, der fremgår af EU-regulering af PCB, er det, som det fremgår af nedenstående, kun Sverige (fuge- og gulvmasse) og Norge (visse små kondensatorer), der har indført lovmæssige krav om undersøgelse og fjernelse af nogle kilder til PCB. Hvor PCB-holdigt affald i Sverige og Tyskland især har været knyttet til udskiftet fugemateriale, har fokus i Norge været indsamling af PCB-holdige små kondensatorer og udtjente termoruder.

### **3. Anvendelse, forekomst og bortskaffelse af PCB i byggematerialer og byggevarer, specielt på det danske marked.**

#### **a. PCB-holdige byggematerialer og byggevarer**

I Danmark indgik PCB dels i en række lokalt producerede byggematerialer, dels i importerede byggevarer fra 1930 og indtil anvendelsen blev forbudt 1. januar 1977 med undtagelse af lukkede systemer, fx større kondensatorer og transformatorer.<sup>169</sup> Det var dog først 1. november 1986, at totalforbud mod salg af produkter der indeholdt PCB i Danmark sikrede, at anvendelse af PCB i nye produkter kunne betragtes som fuldt ophørt.<sup>170</sup>

Den formodede primærperiode for anvendelse af PCB-holdige byggevarer i Danmark er i perioden 1950-1977. Det skal i denne forbindelse nævnes, at PCB-holdige byggevarer ligeledes kan være blevet anvendt i bygninger fra før 1950 fx i forbindelse med renovering, om- og tilbygning, vinduesudskiftning og lignende foretaget mellem 1950 og indtil 1977, hvor forbud mod anvendelse af PCB-holdige byggevarer indførtes.

I byggeriet kan PCB-holdige byggevarer forekomme i forseglingsmaterialer til termoruder, fugemasser til bl.a. kalfatringsfuger og betonelementer, som blødgørere, stabilisator eller brandhæmmer i puds, beton, spartel- og gulvmasser, gulvbelægning, samt maling og lak. Herudover har PCB været anvendt som isolerende, ikke-brændbar olie i kondensatorer, kabler, spoler m.m.

Ligeledes kan det ikke udelukkes, at PCB er indgået i enkelte andre byggevarer i perioden 1930 – 1976, fx plastificeret gummi.

Eksempler på byggevarer i en- og tofamiliehuse opdelt på hustyper fra 1950 til 1977 med mulig risiko for indhold af PCB, og hvor PCB-forurening derfor kan forekomme i dag, fremgår af nedenstående Tabel 2-1. I tabellen viser desuden forekomster i etage-, erhvervs-, industri- og kontorbyggeri.

---

<sup>169</sup> Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 18 af 15. januar 1976 om begrænsninger i indførslen og anvendelsen af PCB og PCT.

<sup>170</sup> E. Hansen, A. Grove PCB/PCT-forurening – En udredning om forbrug, forurening og transportveje for PCB og PCT i Danmark. COWIconsult for Miljøstyrelsen, september 1983.

Tabel 2-1: Eksempler på byggevarer opdelt på hustyper fra 1950 til 1977 med mulig risiko for PCB indhold.

Byggevarer	Kan typisk findes i/på	Enfamiliehuse, villaer	Kæde- og rækkehuse	Flerfamiliehuse	Stuehuse	Etageboliger	Industri- og kontorbyggeri
Fugemasse	Vinduer og døre, skillevægge, elementfuger, fuger i gulv, altaner, rørgennemføring						
Fugebånd	Vinduer og døre, skillevægge, elementfuger, ved bjælker, ved glaslister mv.						
Termoruder	Vinduer og døre, termorudeforsegling						
Termokit	Vinduer, døre, samlinger ved afløb						
Brandhæmmende maling	Stålkonstruktioner, brandskel						
Korrosionsbeskyttende maling	Metaldele af jern						
Lim	Gulve, paneler, lofter, laminerede konstruktioner og elementer, bordplader						
Kondensatorer	Lysarmaturer, industrimotorer						
Kabler, ledninger, kontakter, dækkasser	El-installation						
Spartelmasser	Gulve og vægge						
Gummibelægning	Vådtrum						
Skridsikre belægninger	Altangange						
Tykfilmsmaling	Udvendig beton						
Lak	Trægulve						
Linoleum, vinyl, tæpper	Gulvbelægning, bordplader						
Selvnivelerende gulvmasser	Gulve						
Voks, polish o.l.	Gulve						
Gulvmaling	Vådtrum, bryggers, trapper af beton, værksteds- og industrigulve						
Puds, mørtel, beton	Væg, loft, gulv						
Plastlaminat	Skabe, bordplader, vægplader						
Byggeplader	Gulve, vægge, lofter						
Fliseklæb	Gulve, vægge						
Vandtætningsmaterialer, smøremembran	Vådtrum, bryggers, køkkener						

Nøgle til tabel:



= Udbredt forekommende ud fra kendt viden i Danmark.

= Muligt forekommende ud fra kendt viden, kun i enkelte tilfælde fundet i Danmark.

= Ingen/utilstrækkelige oplysninger.



I det følgende gennemgås udvalgte PCB-holdige byggevarer med relation til 1- og 2-familehuse.

### **PCB-holdige fugemasser**

Det hyppigst forekommende PCB-holdige byggemateriale i bygninger er fugemasser, men ikke alle typer fugemasse indeholder PCB. Erfaringer viser, at tilstødende PCB-forurenede materialer kan forurene fuger og tilstødende materiale, som ikke er produceret med PCB.<sup>171</sup>

PCB har hovedsagligt været anvendt i elastiske fugemasser i perioden 1950-1976 primært i bygningsfuger og som forseglingslim i termoruder i perioden 1967-1973.<sup>172</sup>

I perioden 1950-1976 er der sket en kraftig udbygning af bygningsbestanden, og beskrivelser af aktuelle byggerier fra perioden viser, at der primært er brugt elastiske fugemasser af typen polysulfid, som kan indeholde mellem 30 og 50 % PCB. Fugemasser baseret på polysulfid har i perioden 1950-1976 været solgt under varenavne som fx Thiokol, Thioflex, Vulkseal, Vulkfil, Lasto-meric, 1K, Terostat, PRC og Rubberseal. Dengang kostede en fuge ca. 1300 kr. pr. løbende meter.

Udenlandske undersøgelser og undersøgelser udført i forbindelse med renoveringsopgaver i Danmark i boliger har ikke kun påvist PCB i fugemasser på basis af polysulfid, men er også fundet i polyurethan, epoxy, mercaptan, acryl eller bitumen. Der foreligger ingen dokumentation for at fugemasser baseret på silicone, MS- og hybridtyper skulle have indeholdt PCB. MS- og hybridtyper er først udviklet i nyere tid, og PCB er således ikke indgået i produktionen.

Fugebranchen er bekendt med, at der i et enkelt tilfælde har der været produceret og leveret en PCB-holdig plastisk oliebaseeret fugemasse til det danske marked. Det kan dog ikke udelukkes, at der findes andre oliebaseerede fugemasser importeret til Danmark, som kan have indeholdt PCB.

---

<sup>171</sup> Spridning av PCB från PCB-haltig fogmassor til angränsande byggmaterial, M. Sundahl, A. Hjorthage, C. Torstensen, B. Ek-Olausson, SP Rapport 2001:02, Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut, 2001

<sup>172</sup> Aktuelle Byggerier 1969-1973, Institutioner og erhverv DIAB 1978; A. Hamberg, F. B. Olsen Vægkonstruktioner, DIAB Husbygning, Den Private Ingeniørfond, Danmarks Tekniske Højskole 1970; H. Nissen Montagebyggeri, Polyteknisk Forlag 1984

Figur 2-1 Eksempel på indvendigt udtaget PCB-holdig elastisk fuger<sup>173</sup>



Ud over anvendelsen til forseglingslim og kalfatringsfuger om vinduer og døre, inde såvel som ude, har PCB-holdig fugemasse fundet bred anvendelse i fuger i byggeriet, fx fuger i betonelementer (fra ca. 1960), i fuger i gulve, ved fuger omkring rørgennemføringer, ved fuger ved søjler, i dilatationsfuger, som topforsegling og som lydisolierende fuger ved skillevægge. En del fuger fra perioden findes skjult i konstruktioner, fx vægkonstruktioner eller bag beskyttende lister. Endvidere har PCB-holdig fugemasse været anvendt i elastiske fuger i anlægskonstruktioner, fx i fuger i drikkevandsanlæg, anlæg for spildevandsbehandling og lignende.

Figur 2-2 Eksempel på gamle PCB-holdige fuger ved nedtaget skillevæg<sup>174</sup>



<sup>173</sup> PCB registrering 2009 Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører

<sup>174</sup> PCB registrering 2009 Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører

## PCB-holdige termoruder

De første forsøg på limede isoleringsruder er fra 1930'erne, mens den første større satsning på isoleringsruder i Europa foretoges af det engelsk-amerikanske firma Pittsburgh Plate Glass Company (PPG) ved introduktion af Twindow, en termorude med 2 glas med en liste med plastisk butylmasse på 2 sider mod glassene fastholdt med en udvendig klemliste af rustfrit stål.<sup>175</sup> Gennembruddet for termoruder kom dog først i 1950'erne, hvor en 2-komponent koldvulkaniserende polysulfid-fugemasse anvendtes til at forsegle og fastholde listen.<sup>176</sup>

De første termoruder i Danmark blev importeret fra ca. 1960, men det var først i begyndelsen af 1970'erne, at anvendelsen tog fart og termorudedefabrikation påbegyndtes i Danmark.<sup>177</sup> Scanglas' produktionsanlæg i Korsør blev udvidet med termorudeproduktion i Kjellerup i 1973 og flere mindre producenter og glarmestre startede ligeledes produktion af termoruder.<sup>178</sup>

PCB/PCT-holdige materialer til termoruder omfatter primært forseglingsmassen om selve termoruden, men også anvendt isætningskit eller plastiske bånd.

Figur 2-3 Ud fra mærkningen på termorudens afstandsliste kan det ofte afgøres, om termorudens forsegling indeholder PCB<sup>179</sup> – Opbygningen af en typisk termorude fremgår af tegning til højre<sup>180</sup>



## Andre PCB-holdige byggevarer

*Spartelmasser, puds, beton, fliseklæb, byggeplader*

Plastificeringsmidler (blødgørere), accelerators og retardere, er additiver (dispersioner) af plast, som tilsættes i en koncentration på 1-20 % for at øge plasticiteten eller flydeegenskaber eller reducere vandmængden eller påvirke udtørringsegenskaber og styrken i fx puds, beton, ler, gips eller plastmasser.<sup>181</sup> Nogle af disse plastificeringsmidler kan have indeholdt PCB/PCT.

<sup>175</sup> <http://corporateportal.ppg.com/NA/Glass/ResidentialGlass/AboutPPGGlass/AboutResGlassHist.htm>;

<http://corporateportal.ppg.com/NA/Glass/ResidentialGlass/AboutPPGGlass/AboutResGlassHist.htm>

<sup>176</sup> Multipane, patenteret i USA 1955, <http://www.freepatentsonline.com/4035608.html>

<sup>177</sup> Eksempel: Thermopane, Saint Gobain, <http://www.freepatentsonline.com/5061531.html>

<sup>178</sup> Glas i hus, B. Andersen, H. Beckmann, Lund 1975;

[http://www.scanglas.dk/scanglas/Om%20Scanglas/om\\_SCANGLAS.asp](http://www.scanglas.dk/scanglas/Om%20Scanglas/om_SCANGLAS.asp)

<sup>179</sup> PCB registrering 2009, Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører

<sup>180</sup> Lorentzen CA. Glas i byggeriet. SBI-anvisning 192, 1999

<sup>181</sup> Møllerup J. Husbygningsmaterialer. 1967

PCB er påvist i spartelmasser i flere tilfælde i Danmark, navnlig i de spartelmasser, hvor cement eller plast af henholdsvis polyester, epoxy eller polyethylen indgår som binder. Hvor cement anvendes som binder indgik ofte plastificerende stoffer af fx polyvinylacetat eller acrylharpiks, hvor PCB kan have været anvendt som blødgører. I mange spartelmasser og fliseklæb indgik desuden plastfibre af fx polyvinylacetat, polyvinylchlorid, polycarbonat eller polypropylen, hvor PCB ligeledes kan have været blevet anvendt fx til blødgøring af plastfibre. Spartelmasser, der anvendtes til fx finpuds indeholdt ofte plastbindere, som var blødgjort med PCB.

Undersøgelser i Norge har påvist PCB i blødgørere anvendt i puds og beton i huse fra Bergen på Vestlandet, hvor klimaet er barsk.<sup>182</sup> Hvorvidt situationen er den samme i Danmark, vides ikke, men et PCB-holdigt produkt anvendt i Norge blev efter forlydender importeret fra Danmark.

#### *Maling mv.*

Omfanget af anvendelsen af PCB-holdig maling i danske boliger kendes ikke. MST Miljøprojekt nr. 1084, 2006, har vurderet, at 19 % af anvendelsen af PCB i byggevarer var til maling, men det er ikke præciseret, hvor stor en del var til boligbyggeri.

Maling baseret på vinylacetat, men også epoxy, hvor PCB er anvendt som blødgører, er i forbindelse med renovering påvist i enkelte en- og tofamiliehuse inkl. rækkehuse i Danmark. Disse malingstyper anvendes typisk til overfladebehandling af gulve af glittet beton og betonoverflader i fx bryggers og teknikrum, i kældre, på trapper af beton og lignende, hvor der ikke ønskes anvendt fliser.

I få tilfælde er PCB konstateret i tykfilmsmalinger og maling med tekstur i Danmark, hvor PCB er anvendt som blødgører. Disse malingstyper blev udviklet i 1960'erne og anvendtes enten af dekorative årsager eller i forbindelse med renovering af fx beton, da de besidder gode revneoverbygningsegenskaber. Omfang af brug af disse malingstyper er sandsynligvis begrænset. I hvilket omfang de har været produceret i Danmark eller importeret og anvendt i Danmark kendes ikke.

Udenlandske undersøgelser har påvist PCB i visse malinger til korrosionsbeskyttelse. Hvorvidt sådanne malinger er produceret og anvendt i Danmark vides ikke.

Udenlandske undersøgelser har påvist brandhæmmende maling på loftsplader og i skumisulering fx anvendt til sænkede lofter. Disse lofter anvendes typisk i kontor- og erhvervsbyggeri og forekommer sandsynligvis ikke i en- og tofamiliehuse.

#### *Lime*

Der findes i Danmark ingen undersøgelser af, om lime anvendt i en- og tofamiliehuse fra perioden 1950-1977 kan have indeholdt PCB. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at PCB-holdige fugemasser i perioden 1960-1977 kan have været anvendt som lim.

Nogle kontaktlime anvendt til fx påklæbning af tæpper, linoleum og paneler kunne indeholde bindere eller gummityper, der var blødgjort med PCB. Ligeledes kunne

---

<sup>182</sup> [www.pcb.no](http://www.pcb.no)

såkaldte montage- og sætlimme til påklæbning af lister, fodpaneler og vægpaneler samt konstruktionslime af fx epoxyindeholde PCB til blødgøring eller flammehæmmende effekt. Enkelte tilfælde af forekomst af PCB i disse limtyper er konstateret i Danmark.

Udenlandske undersøgelser har påvist PCB i nogle lime af polyvinylacetat. Hvorvidt situationen er den samme i Danmark, vides ikke.

#### *Tætningsmaterialer til vådrum*

Til tætning af gulve i badeværelser og køkkener anvendtes smøremembraner, gummibelægninger og gummiduge, hvor indhold af PCB er påvist i få tilfælde i Danmark. Smøremembraner er ofte af blødgjort plast med fx bitumen og anvendes under fx flisebeklædning. I enkelte stuehuse er fundet baderum udført i 1950erne med vandtætning af Thiokolgummi<sup>®</sup>, hvor PCB er konstateret. Om PCB er indgået i produktion af gummiprodukter på basis af polychloropren, EPDM eller andre typer fra perioden, vides ikke.

#### *Linoleum, tæpper, belægninger*

I enkelte undersøgelser specifikt rettet mod PCB er der påvist PCB i væg-til-væg tæpper med gummibelægning og i sisal- og kokostæpper med naturgummibelægning (også indhold af bekæmpelsesmidlet DDT). Omfanget af brugen af PCB-holdige tæppeunderlag i danske boliger kendes ikke, men de fleste er formentligt skiftet nu.

Figur 2-4 Eksempel på kokostæppe fra 1970 med DDT-forurenet naturgummi bagbeklædning limet på bræddegulv med PCB-holdig kontaklim konstateret i Danmark i forbindelse med reovering af gulv<sup>183</sup>



PCB er Danmark i nogle tilfælde konstateret i gulve med linoleum. Linoleum blev opfundet af Frederick Walton 1863, og den første linoleumsfabrik blev grundlagt i 1864 under navnet Walton, Taylor & Co. I årenes løb har linoleum udviklet sig til at være det mest udbredte og mest anvendte gulvbelægningsmateriale. I 1960erne -1970erne anvendtes linoleum også på bordplader. Det vides ikke, om PCB er indgået i selve

<sup>183</sup> PCB registrering 2005 Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører

produktionen af linoleumsmassen, er indgået i produktionen af vævet eller blev tilført ved efterbehandlingen.

Figur 2-5 Eksempel på udtagning af linoleum og undergulv for undersøgelse af PCB-indhold<sup>184</sup>



Mange gulve fra perioden 1950-1970 blev i en- og tofamiliehuse i Danmark belagt med PVC (vinyl). I flere tilfælde er disse gulve konstateret med indhold PCB.

Fugefrie gulve er typisk udført med plastbaserede selvudflydende materialer baseret på acryl, epoxy eller polyurethan, og blev fortrinsvis brugt i industrien, i trykkerier og i storkøkkener, men enkelte af de nævnte gulvtyper har fundet vej til en- og tofamiliehuse i bryggers og i enkelte tilfælde også i badeværelser. Disse belægningstyper har også været anvendt på svale- og altangange i fx rækkehuse. PCB-holdige acrylbaserede skridsikre belægninger, fx Acrydur<sup>®</sup>, som har været anvendt fra ca. 1955 – 1975, kendes både i Danmark og Sverige.

Cementbaserede fugefri belægninger med PCB er ligeledes konstateret i forbindelse med renoveringssager i Danmark. For begge disse typer fugefri gulve kan det ikke udelukkes at der har været anvendt plaststoffer på samme måde, som det kendes fra spartelmasser, fliseklæb, puds, beton og byggeplader. Omfanget af fugefri PCB-holdige gulve er ikke registreret i Danmark.

#### *Voks, polish, olieplejemidler*

Udenlandske undersøgelser har påvist PCB i voks, polish og visse olieplejemidler til gulve i boliger. Hvorvidt sådanne produkter er importeret til Danmark og anvendt i danske boliger vides ikke.

#### *Asfalt*

Udenlandske undersøgelser og enkelte danske har påvist PCB i asfalt anvendt i perioden 1960-1977 til gulve (pulverasfalt) i boliger og vandtætning af fx kældervægge. Hvorvidt sådanne produkter er importeret til Danmark og anvendt i danske boliger vides ikke.

<sup>184</sup> PCB registrering 2009 Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører.

### *Kit*

Visse typer kit kan være blødgjort med præparater, additiver, plastificeringsmidler eller plastfibre, der indeholdt PCB.

Termokit er betegnelse for en gruppe af kit med særlige plastiske egenskaber. De anvendtes til fx tætning af samlinger mod glas, gennemføringer og tætninger af rørsamlinger.

Figur 2-6 Eksempel på termokit anvendt ved støbejernsmuffe for toilet udført 1970.<sup>185</sup>



Forekomsten af PCB-holdig kit er sandsynligvis begrænset og omfatter primært konstruktioner og tætninger i danske boliger fra 1960-1980. Hvorvidt anvendelse og omfang i Danmark er kortlagt, vides ikke.

### *Fugebånd, tætningslister*

Komprimeret fugebånd af skumplast af bitumenholdig polyethylen anvendes i bygninger i perioden 1960-1976 i fuger om vinduespartier, ved skillevægge og ved lukningsfuger indvendig. Mange af disse fugebånd er importeret. I Danmark er fundet et stigende antal af disse fugetyper, hvor fugebåndet indeholdt PCB. Det bemærkes, at en førende leverandør har fremlagt dokumentation for at deres fugebånd aldrig har indeholdt PCB.<sup>186</sup>

<sup>185</sup> PCB registrering 2005 Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører

<sup>186</sup> FSO, 2000.

Figur 2-7 Eksempel på PCB-holdig fugebånd anvendt ved forsatsvindue mellem skillevæg, bjælke og facade fra 1972.<sup>187</sup>



Fugebånd af plastisk materiale af mastik eller butyl og visse tætningslister af PVC kan indeholde PCB. Omfanget og indhold af PCB i disse produkter er i Danmark ikke registreret.

### **b. PCB i elektriske apparater og el-ledninger i Danmark**

For at sikre at PCB-holdige transformatorer og kondensatorer blev bortskaffet i overensstemmelse med reglerne iværksatte Miljøstyrelsen projektet "PCB i apparater i Danmark".<sup>188</sup> Undersøgelsen omfattede elselskaber og virksomheder og ikke bygninger til beboelse. Den samlede mængde PCB, som identificeredes i undersøgelsen, udgjorde 3,3 tons, heraf tegnede en enkelt virksomhed sig alene for 2,5 tons omfattende både PCB-holdige transformatorer og kondensatorer. Rapporten konkluderer, at PCB i dag stort set er ude af elektronikomsætningen i virksomheder.

Små PCB-holdige kondensatorer i armaturer til lysstofrør, fundet ved undersøgelser specifikt rettet mod PCB i en- og tofamiliehuse opført 1970-1972, har i nogle tilfælde været eneste kilde til PCB.<sup>189</sup> Bortskaffelse af disse sker typisk ved bortskaffelse af hele armaturet via dagrenovation til affaldsforbrænding eller med storskrald til sønderdelingsanlæg. Der findes ingen registrering af bortskaffelse fra en- og tofamiliehuse via specialvirksomheder, som forestår behandling af PCB-holdig kondensatorer og lignende fra virksomheder.

Med Miljøstyrelsens bekendtgørelse om håndtering af elektriske apparater og elektroniske produkter af 1. december 1999 må det forventes, at eventuelle PCB-holdige komponenter af små kondensatorer til lysstofrørarmaturer i danske husholdninger indsamles og behandles særskilt i kommunalt regi.

<sup>187</sup> PCB registrering 2008 Bygge- og Miljøteknik Rådgivende Ingeniører

<sup>188</sup> Maag J, Lassen C. PCB i apparater i Danmark. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 15, 2000.

<sup>189</sup> PCB undersøgelse 2005, Bygge- og Miljøteknik



Det er kendt fra udlandet, at PCB har indgået i plastisolering af el-ledninger og kabler. Hvorvidt dette også er tilfældet for danske el-installationer har vi intet kendskab til.

### **c. Bortskaffelse af PCB-holdige byggematerialer**

Bortskaffelse er principielt først aktuel efter entreprenørens udtagning af aktuelle materialer eller konstruktioner fra en eksisterende bygning og således omdannet disse til byggeaffald.

Bortskaffelse af PCB-holdige byggematerialer forudsætter imidlertid, at bygningsejer, bygherre, rådgiver, projekterende og entreprenør i en aktuel bygge-, renoverings-, ombygnings- eller nedrivningssag er opmærksom på og målrettet undersøger om der er PCB i en potentiel bygning.

Undersøgelse om aktuelle byggematerialer og konstruktioner og kortlægning af hvilke af byggematerialerne, der indeholder depoter af PCB, og størrelsen af disse er derfor essentiel og må foretages inden entreprenøren tager stilling til arbejdsmiljø, håndtering og bortskaffelse af aktuelle PCB-holdige byggematerialer.

Efter gældende regler skal PCB-holdigt affald bortskaffes og behandles efter indhold af PCB.<sup>190</sup> Dvs. udtagne byggematerialer, som indeholder mere end 50 ppm (0,005 % eller 50 mg/kg byggemateriale) PCB skal behandles som farligt affald og skal sendes til forbrænding på et godkendt anlæg. Affaldet må ikke deponeres på overjordisk anlæg. Såfremt deponering ønskes i undergrunden, klipper eller saltminer, kan dette kun foretages med Miljøstyrelsens forudgående godkendelse.

Såfremt udtagne byggematerialer indeholder mindre end 50 ppm PCB, skal det PCB-holdige affald som udgangspunkt sendes til forbrænding på et godkendt anlæg. Er indholdet af PCB mindre end 1 ppm må affaldet deponeres på deponeringsanlæg for inert affald og er indholdet mindre end 10 ppm må affaldet deponeres på deponeringsanlæg for mineralisk affald (se dog omtalen Københavns kommunes grænseværdi i Kapitel 4).

Det bemærkes, at lovgivningen stiller krav om at affaldsproducenten, dvs. ejer, bygherre og entreprenør skal dokumentere affaldets indhold af PCB, hvis det ønskes deponeret. Oplysninger om bortskaffelse er i øvrigt beskrevet i et faktaark.<sup>191</sup>

### **d. Sammenfatning og vurdering af anvendelse af PCB i danske bygninger**

#### **PCB anvendelse i Danmark**

Den formodede primærperiode for anvendelse af PCB-holdige byggematerialer og byggevarer i byggeriet i Danmark var perioden 1950-1977. I denne periode blev PCB i et vist omfang anvendt i byggeriet i bygningsfuger, i fuger i betonelementer, i forseglingsmaterialer til termoruder, i maling og materialer til gulve samt til puds, beton og spartelmasser. PCB kunne yderligere forekomme i kit, fugebånd, linoleum,

<sup>190</sup> Miljøstyrelsens Faktaark om PCB <http://www.mst.dk/Affald/Affaldsfraktioner/PCB+og+PCT/>

<sup>191</sup> Miljøstyrelsens Faktaark om PCB <http://www.mst.dk/Affald/Affaldsfraktioner/PCB+og+PCT/>

gulvbelægninger af PVC, fliseklæb og tæpper, samt i små kondensatorer til lysstofrørmaturer.

PCB kan ligeledes være blevet anvendt i bygninger fra før 1950 fx i forbindelse med senere renovering, om- og tilbygning, vinduesudskiftning o.l. foretaget mellem 1950 og indtil 1977. Det kan ikke udelukkes, at PCB også er indgået i enkelte byggevarer produceret før 1950, fx i maling og plastificeret gummi.

### **PCB restmængder**

På grund af den lave flygtighed og høje koncentration vil PCB fortsat forekomme i fuger og indeluft mange år, efter det er installeret, da PCB ikke er bundet men kun opløst i fugemassen, og derfor vil diffundere ud i og kontaminere de dækkende materialer.

Den største anvendelse og de største restmængder af PCB knytter sig til elastiske fugemasser mellem betonelementer, i kalfatringsfuger om vinduer og døre, i gulvfuger og andre fuger anvendt i bygninger i perioden 1950-1976 og tætningsmasse/forseglingsslim til termoruder i perioden 1967-1973. PCB er i mindre omfang anvendt i maling og i tætningsmaterialer til vådrum.

PCB-holdige fugefrie betongulve og skridsikre belægninger, fx Acrydur<sup>®</sup>, har været anvendt fra ca. 1955 – 1975 i både Danmark og Sverige og blev fortrinsvis brugt i industrien, i trykkerier og i storkøkkener, men også i bryggers/kælder i en- og tofamiliehuse og på svale- og altangange i fx rækkehuse.

Små PCB-holdige kondensatorer i armaturer til lysstofrør vurderes til stort set at være ude af virksomheder, men er fundet ved undersøgelser specifikt rettet mod PCB i en- og tofamiliehuse opført 1970-1972. Størrelsen af restmængden kan ikke vurderes.

### **Bygningstyper og PCB**

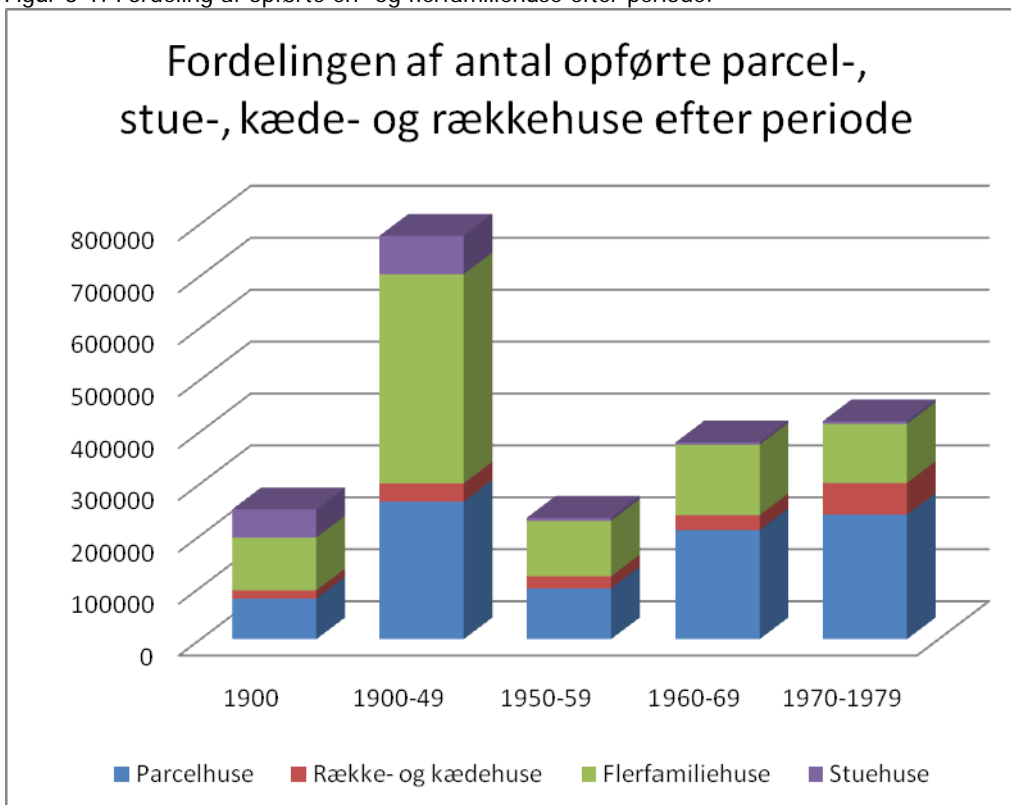
PCB-holdige byggematerialer er især fundet i institutioner, erhvervs-, industri- og kontorbygninger, men kan også forekomme i en- og tofamiliehuse. Omfanget af PCB-anvendelsen i Danmark i en- og tofamiliehuse kendes dog ikke, men mange af de PCB-holdige byggematerialer og byggevarer, som er nævnt ovenfor, må forventes også at være anvendt i en- og tofamiliehuse, specielt i fuge- og gulvmasser, betongulvmaling og ikke mindst termoruder. Desuden i perioden 1950-1970 blev mange gulve i en- og tofamiliehuse i Danmark belagt med PVC (vinyl), som i flere tilfælde havde indhold PCB.

## 4. Beskrivelse af dansk byggeskik og boligforhold og deres betydning for PCB anvendelse, specielt for en- og tofamiliehuse, og sammenligning med forholdene i vore nabolande

### a. Dansk byggeskik og en- og tofamiliehuse

Nedenstående søjlediagram Figur 3-1 viser fordelingen i forskellige tidsperioder fra 1900 til 1979 af antal opførte parcelhuse, række- og kædehuse, flerfamiliehuse og stuehuse.<sup>192</sup>

Figur 3-1: Fordeling af opførte en- og flerfamiliehuse efter periode.



Ud fra diagrammet er der sket en betydelig vækst i antallet af opførte parcel-, række- og kædehuse efter 1960.

Ordet byggeskik er nydansk og skulle første gang være benyttet af Landsforeningen Bedre Byggeskik stiftet 27. juni 1915.<sup>193</sup> Byggeskik, byggesæt eller bygningsskik defineres i projektet som måden at sammenstille byggematerialer.

<sup>192</sup> Diagrammet bygger på oplysninger fra Boligministeriets publikation Parcelhuse, Projekt renovering, 1998.

<sup>193</sup> Lene Floris, Bedre Byggeskik Bevægelse og bygninger, 2005

En- og tofamiliehuse omfatter i denne sammenhæng både fritliggende enfamiliehuse med én bolig til helårsbeboelse opført i by som på land fx parcelhus, typehus, villa, stuehus, landhus, længehus og lignende med indtil 2 etager samt kælder og flerfamiliehuse (2-familiehuse) med helt eller delvis sammenbyggede småhuse herunder dobbelthuse, rækkehuse, kædehuse, gruppehuse og lignende med lodret adskillelse indtil 2 etager uden vandret-liggende etageadskillelse (lejlighedsskel) samt kældre.<sup>194</sup>

## b. Anvendte materialer og byggeskik

Opdeles parcel-, stue-, kæde- og rækkehuse efter tidspunkt for opførelse, kan der opstilles en overordnet oversigt over typisk anvendte materialer og byggeteknik gennem tiden fra 1900 til 1979 for hver hustype (se Tabellerne 3-1 til 3-4).<sup>195</sup>

Tabel 3-1: Enfamiliehus (Parcelhus, typehus, villa) - Oversigt over anvendte byggematerialer gennem tiden

1900	1920'erne	1930'erne	1940'erne	1950'erne	1960'erne	1970'erne
Murværk, fyldningsdør	Murværk	Murværk eller beton	Murværk med faste bindere eller beton	Murværk med metalbindere	Murværk med metalbindere, træfacade, letbeton, letklinker, beton, lette facadeelementer	Murværk med metalbindere eller beton, letbeton, letklinker, træfacade, lette facadeelementer
Tegltag, skiffertag, spærkonstruktion	Tegltag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag, spærkonstruktion	Tegl- eller tagpaptag, gitterspær	Tegltag eller tagpaptag, bølgeeternittag Gitterspær Laminerede træbjælker	Tegltag, beton/tegltag, tagpaptag, bølgeeternittag gitterspær Laminerede træbjælker
Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Træ- eller stålinduer med 1 lag glas, jernkit	Træ- eller stålinduer med 1 lag glas, jernkit, evt. forsatsvinduer	Trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer	Koblede trævinduer 2 lag glas,	Vinduer af træ, træ-alu eller plast, termoruder
Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger/ kalfatringsfuger af elastisk fugemasse udvendig	Kalfatringsfuger af elastisk fugemasse,
	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum, vinyl, klinker/fliser	Trægulv, lamineret parketgulv, malet betongulv, væg-til-væg tæpper eller linoleum, vinyl, klinker og fliser
	Terrazzo i vådrum	Terrazzo i vådrum	Terrazzo eller fliser i vådrum	Terrazzo eller fliser i vådrum	Klinker og fliser i vådrum	Klinker og fliser i vådrum
			Isolering	Isolering, cellutex	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader

<sup>194</sup> <http://www.bbr.dk/instruks/0/6> samt BRS

<sup>195</sup> Inspireret af Erik Nygaard Tag over hovedet – Dansk boligbyggeri fra 1945 til 1982; Olaf Lind og Jonas Møller, Bag hækken – Det danske parcelhus i lyst og nød 1996

Tabel 3-2: Rækkehus, kædehus - Oversigt over anvendte byggematerialer gennem tiden.

1900	1920'erne	1930'erne	1940'erne	1950'erne	1960'erne	1970'erne
Murværk	Murværk	Murværk	Murværk m/faste bindere eller beton	Murværk m/metalbindere	Murværk m/metalbindere eller beton, letbeton, letklinker	Beton, letbeton, letklinker, lette facadeelementer
Tegltag, skiffertag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpap, spærkonstruktion	Tegltag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpap, spærkonstruktion	Tegl- eller tagpaptag, gitterspær	Tegltag, tagpaptag, bølgeeternittag, gitterspær, laminerede træbjælker	Tegltag, beton/tegltag, tagpaptag, bølgeeternittag, gitterspær, laminerede træbjælker
Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Trævin-duer med 1 lag glas, linoliekit	Trævin-duer med 1 lag glas, linoliekit	Træ- eller stålvinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer, linoliekit, jernkit	trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer	trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvindue	vinduer af træ, træ-alu eller plast, termoruder
Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger/ kalfatringsfuger af elastisk fugemasse udvendig	Kalfatringsfuger af elastisk fugemasse inde som ude
Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum, vinyl, klinker/fliser	Trægulv, lamineret parketgulv, malet betongulv, væg-til-væg tæpper eller linoleum, vinyl, klinker/fliser
		Terrazzo, fliser i vådrum	Terrazzo, fliser i vådrum evt. gummibeklædning i bad og toilet	Terrazzo, klinker/fliser i vådrum	Badekabiner, terrazzo, klinker/fliser i vådrum	Badekabiner, terrazzo, klinker/fliser i vådrum
			Isolering	Isolering	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader

Tabel 3-3: Flerfamiliehuse - Oversigt over anvendte byggematerialer gennem tiden.

1900	1920'erne	1930'erne	1940'erne	1950'erne	1960'erne	1970'erne
Murværk	Murværk	Murværk	Murværk m/faste bindere eller beton	Murværk m/metalbindere	Murværk m/metalbindere eller beton, letbeton, letklinker	Beton, letbeton, letklinker, lette facadeelementer
Tegltag, skiffertag, spærkonstruktion	Tegltag, spærkonstruktion	Tegltag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag, bølgeeternittag gitterspær laminerede træbjælker	Tegltag, betontag, tagpaptag, bølgeeternittag gitterspær laminerede træbjælker
Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Træ- eller stålvinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer, jernkit, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer,	Vinduer af træ, træ-alu eller plast termoruder
Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger/ kalfatringsfuger af elastisk fugemasse udvendig	Kalfatringsfuger af elastisk fugemasse inde som ude
Trægulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum, vinyl, klinker/fliser	Trægulv, lamineret parketgulv, malet betongulv, væg-til-væg tæpper eller linoleum, vinyl, klinker/fliser
	Terrazzo	Terrazzo	Terrazzo, evt. gummibeklædning i bad og toilet	Terrazzo, evt. gummibeklædning i bad og toilet	Badekabiner, klinker/fliser	Badekabiner, klinker/fliser
				Isolering	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader

Tabel3-4: Stuehus - Oversigt over anvendte byggematerialer gennem tiden

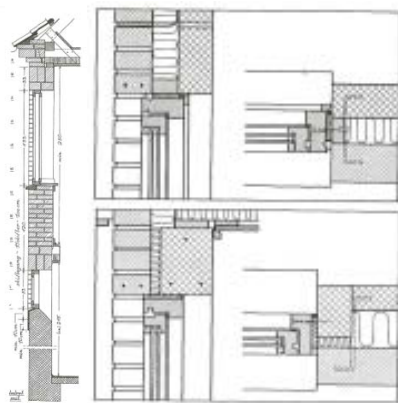
1900	1920'erne	1930'erne	1940'erne	1950'erne	1960'erne	1970'erne
Murværk	Murværk	Murværk	Murværk, faste bindere	Murværk med metalbindere	Murværk m/metalbindere eller træfacade, letbeton, letklinker	Murværk med metalbindere, træfacader, letbeton, letklinker, lette facadeelementer
Tegl-/skiffe-rtag, spærkonstruktion	Tegltag, spærkonstruktion	Tegltag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag, spærkonstruktion	Tegltag, tagpaptag, gitterspær	Tegltag, bølgeeternittag, tagpaptag, gitterspær, laminerede træbjælker	Tegltag, beton/tegltag, tagpaptag, bølgeeternittag, gitterspær, laminerede træbjælker
Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit,	Trævinduer med 1 lag glas, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer, linoliekit	Trævinduer med 1 lag glas, evt. forsatsvinduer, koblede vinduer, linoliekit	Vinduer af træ, træ-alu eller plast, isolering, termoruder,
Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger	Mørtelfuger/kalfatringsfuger af elastisk fugemasse udvendig	Kalfatringsfuger af elastisk fugemasse inde som ude,
Trægulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum evt. gummibeklædning i bad og toilet	Trægulv, evt. parketgulv eller linoleum, vinyl klinker/fliser	Trægulv, lamineret parketgulv, malet betongulv, væg-til-væg tæpper eller linoleum, vinyl klinker/fliser
Terrazzo i bad og toilet	Terrazzo, gummi-beklædning i bad og toilet	Terrazzo, gummi-beklædning i bad og toilet	Terrazzo, gummi-beklædning i bad og toilet	Terrazzo, gummi-beklædning i bad og toilet	Klinker/fliser i bad og toilet	Klinker/fliser i bad og toilet
				Isolering, cellutex	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader	Isolering, dampspærre, træfiber/gipsplader

Tabel 3-5: Begivenheder

1900	1920'erne	1930'erne	1940'erne	1950'erne	1960'erne	1970'erne
1. Verdenskrig, Foreningen: "Bedre Byggeskik" opstår, Murermesterhuset	Funktionalisme indføres i arkitekturen, funkishuse	Bungalow	2. Verdenskrig, statslån for parcelhuse 1949, SBI oprettes 1947	Længehuset med forskudt etage, halv kælder, uudnyttet tagrum	Typehusbyggeriets gyldne tid begynder, Foreningen af Typehusproducenter	Kollektivbebyggelser
Fyldningsdøre	PCB introduceres 1929, fyldningsdøre	Fyldningsdøre	Koldgalvanisering, Secomastic, pladedøre	Leca, hulmur med bindere	2-Trins facadefugen udvikles, plastmaling, glatte celledøre	Termoruden bliver almindelig
			Betonelementfabrikker åbnes med Marshall midler		Montagebyggeriet tager til (Conbox), carport	Typehusdeklaration
					Bygningsreglement 1962	Bygningsreglement 1977 Klassifikationssystem indføres

Af oversigten kan det ses at antallet af nye byggematerialer i en- og tofamiliehuse generelt stiger i 60'erne og 70'erne, samtidig med at nye byggemetoder og -materialer udvikles. Flere arbejdsprocesser skifter fra håndværksprægede til mere industrialiserede.<sup>196</sup> Der både produceres og importeres mange byggevarer i perioden. Disse tendenser kendes også fra vore nabolande Sverige, Norge, England og Tyskland.

Dansk byggeteknik i en- og tofamiliehuse skifter fra massivt murværk til hulmur og til skalmur (Figur 3-2), og fra tungt tag til let tag, fra spærkonstruktion til gitterspær. Terrændæk udvikles, og skalmur udvikler sig fra murværk i for- og bagmur til skalmur med udvendigt murværk, isolering og gasbeton indvendigt til skalmur med murværk udvendigt, isolering og pladebeklædt træskelet indvendigt. Mange gulve skifter fra trægulve til belægninger, beklædninger og malebehandling.



Figur 3-2 Eksempel på udviklingen i facadens opbygning fra ca. 1920 – 1970.<sup>197</sup>

<sup>196</sup> Jens Møllerup, Husbygningsmaterialer, 1967

<sup>197</sup> Lind O, Møller J. Bag hækken – Det danske parcelhus i lyst og nød. 1996.



### c. Typehuse

1960'erne og 1970'ernes parcelhuse er overvejende typehuse og enkelte individuelle huse. Hele områder bebygges næsten udelukkende med typehuse (se Figur 3-3).



Figur 3-3: Luftfoto af et af Danmarks store parcelhusbyggerier Syvbjerg, Vallensbæk Kommune<sup>198</sup>

Mange teknologiske landvindinger fra montagebyggeriet blev i perioden tilpasset og overført til typehusbyggeriet. Træ og tegl i facader blev erstattet af betonelementer, eternitplader, gips- og spånplader, og PVC, og andre plastformer blev indført, og mange nye samlingsmetoder blev udviklet. Enkelte typehuse blev opført som præfabrikerede kassetter eller som modulbyggeri på præstøbt fundament.<sup>199</sup>

Statens Byggeforskningsinstitut udgav i perioden en række anvisninger om fugt, gulve, varmeisolering og vinduer. For vinduer behandles forbedring af isolering, brug af tætningslister og vedligehold.<sup>200</sup> Håndbøger om husbygning satte system i byggeriet.<sup>201</sup>

På et tidspunkt, hvor montagebyggeriet var på sit højeste, fordelte andelen af præfabrikerede betonelementer efter Betonelementforeningens skøn sig således.<sup>202</sup>

Enfamiliehuse	50 %
Etagebygger	85 %
Fabrikker og lign.	60-70 %
Kontorer, butikker, supermarkeder	30-40 %
Skoler, sygehuse	30-40 %

<sup>198</sup> [www.danskebilleder.dk](http://www.danskebilleder.dk) Billede nr. 1001 Luftfoto taget fra redningshelikopter, 2005

<sup>199</sup> Olaf Lind og Jonas Møller, Bag hækken – Det danske parcelhus i lyst og nød, 1996.

<sup>200</sup> Fugt og isolering, SBI anvisning 7; Gulve direkte på Jord, SBI anvisning 40; bedre varmeisolering er billigere, SBI anvisning 5; Vinduer, forbedring og vedligeholdelse, SBI anvisning 42

<sup>201</sup> Harboe KP, Kjærgaard P. Bygebogen, 1968.

<sup>202</sup> Munch-Petersen JF. Politiske og teknologiske initiativer. IFH-rapport 149, 1980.

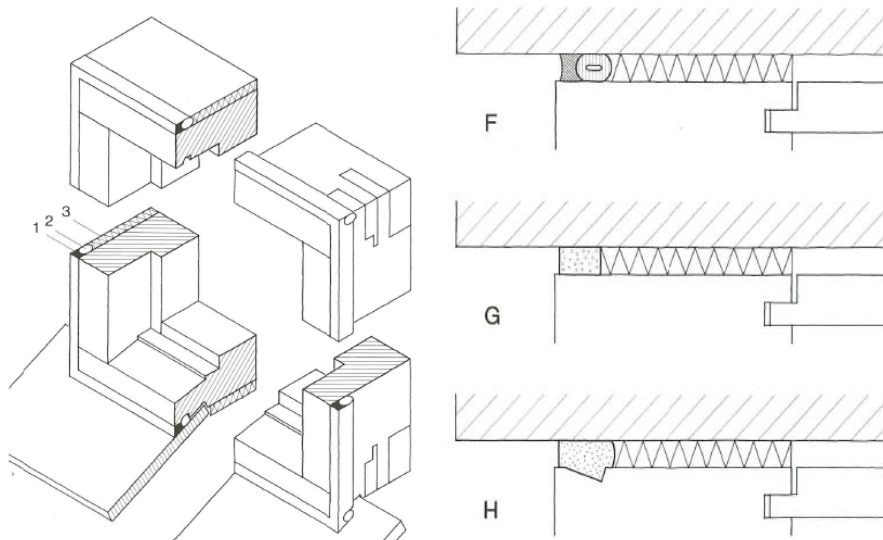
Broer mv.

10-20 %

I litteratur om 60'erne og 70'ernes arkitektur og husbygning ses, at typehuse generelt skifter materialer og konstruktion fra håndværksprægede til industrielt fremstillede materialer.<sup>203</sup> Vindueskonstruktioner med koblede vinduer erstattes af termoruder. Fra slutningen af 1960'erne indgår termoruder og kalfatringsfuger med fugemasse primært udført som 1-trinløsninger således konsekvent i arkitekttegninger og beskrivelser.<sup>204</sup> Enkelte typehuse opføres med systemelementer eller i moduler, som samles på byggepladsen og hvor samlinger lukkes med fugemasse eller tætningsbånd.

I parcelhuset erstattes de udvendige trælister eller mørtelfuger i samlingerne med 1-trins tætning med fugemasse direkte på stopningen. Efter en periode med dårlige erfaringer med fuger af linoliekit i betonelementer indføres først de oliebaseerede plastiske fugemasser og senere de elastiske fugemasser, der er bedre i stand til at optage bevægelse i fugen.

I slutningen af 1960'erne udgiver Jydsk Teknologisk Institut håndbogen: Facadetætning, fuger og fugematerialer, primært baseret på udenlandske erfaringer.<sup>205</sup> Denne håndbog beskriver på daværende tidspunkt "state of the art" omkring udformning af elementfuger, fugemassefuger og principperne for henholdsvis 1- og 2-trinstætning af fuger (Figur 3-4 og 3-5), principper som kendes fra vore nabolande Sverige, Norge, England og Tyskland.



Figur 3-4: Eksempel på 1-trinløsninger ved vindue.<sup>206</sup> Tallet 1 angiver fugemasse, tallet 2 bagstopning og tallet 3 isolering. Pkt. F viser en elastisk fuge, G en fuge udført med fugebånd og H en mørtelfuge (anvendt efter tilladelse fra Akademisk Arkitektforening).

<sup>203</sup> Ejlers E m.fl. 22 Danske enfamiliehus, 1953; Møller SE. Moderne danske hjem 2, 1959; Brusendorff I, Typehuset af i dag. 1968; Harboe KP, Kjærgaard P. Byggebogen, 1968; Nissen H. Danske arkitekters egne huse, 1968; Poulsen K, Et godt hus at bo i - 26 af de bedste parcelhuse og fritidshuse, 1968; Jørgensen LB. Danmarks Arkitektur, Enfamiliehuset. 1979; Hansen HT, Danske huse.1982; Lind O, Møller J. Bag hækken – Det danske parcelhus i lyst og nød. 1996; Harlang C, Monies F. Eget hus – Om danske arkitekters egne huse i 1950'erne. 2003;

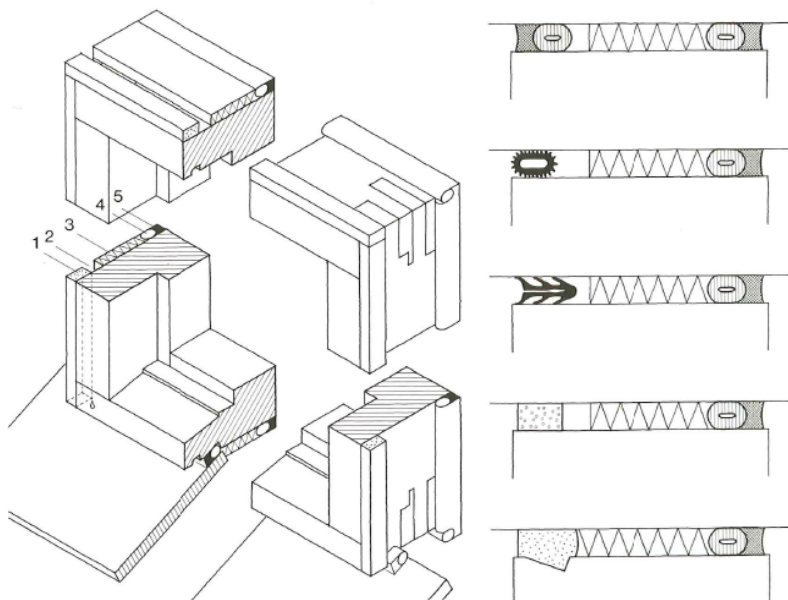
<sup>204</sup> Brusendorff I, Typehuset af i dag. 1968;

Møller SE. Enfamiliehuset af i dag 1-4. 1965

<sup>205</sup> Brandt A, Jensen H. Facadetætning, fuger og fugematerialer. Jydsk Teknologisk Institut, 1969.

<sup>206</sup> Facadefuger – Udformning og materialer. SBI anvisning 177, 1993.

Kort efter, i 1972, udgiver Statens Byggeforskningsinstitut en anvisning om ydervæggen som klimaskærm.<sup>207</sup> Denne anvisning giver for første gang i Danmark et pædagogisk indblik i bygningsfysikken og byggeteknikken bag ydervægges klimabeskyttende funktion, herunder principper for fuger. Denne anvisning fører generelt til udbredelse af 2-trinstætning i facader, herunder 2-trinsfuger med en udvendig ventileret fuger og indvendig fugemassetætning (Figur 3-5).



Figur 3-5: Eksempel på 2-trins fugeløsninger ved vindue.<sup>208</sup> Tallet 1 angiver et fugebånd udvendigt, tallet 2 et luftmelletrum, tallet 3 isolering, tallet 4 bagstopning og tallet 5 fugemasse anbragt indvendigt. Snit i løsninger til højre viser med undtagelse af den øverste fugeløsning alle indvendige elastiske fuger (anvendt efter tilladelse fra Akademisk Arkitektforening).

I 1977, hvor anvendelsen af PCB er blevet forbudt, udgiver Statens Byggeforskningsinstitut sin første selvstændige anvisning om fuger.<sup>209</sup> Først i 1980 udkommer en egentlig branchepublikation, som samler fugebranchens producenters og entreprenørers viden og gør fuger tilgængelig for arkitekter og ingeniører.<sup>210</sup>

I de projekterendes værktøj "Generelle Beskrivelsespositioner (GB73)" ses standardbeskrivelser, der beskriver de mest anvendte materialer og arbejdsudførelser.<sup>211</sup> Her benyttes først fugemørtel på tæt stopning i kalfatringsfuger mellem murværk og trækarm, men i senere revisioner, som udkommer umiddelbart efter, udskiftes til elastiske fuger.

Til fx afretningslag beskrives tilsætning af polymere fx polyvinylacetat (PVA), som blev anvendt i mørtel til slid- og afretningslag til gulve, endvidere plastrørtler med polyurethan og epoxy, der for nogle produkter kan have indeholdt PCB. Støbemasser og anhydrit-gulve er ligeledes byggevarer, som kan være tilsat plastprodukter, der kan

<sup>207</sup> Christensen G, Andersen N E. Ydervæggen som klimaskærm. SBI Anvisning 77, 1972.

<sup>208</sup> Facadefuger – Udformning og materialer. SBI anvisning 177, 1993.

<sup>209</sup> Fugemasser og facadefuger. Brandt A, Kjær A. SBI Anvisning nr. 108, 1977.

<sup>210</sup> Logan Nørgaard. Fuger, 1980.

<sup>211</sup> Generelle Beskrivelsespositioner GB73, Fl. Nielsen, Arkitektens Forlag 1975

indeholde PCB. For glarmesterarbejde er der forskrifter for fugemasse, kit og mastik. Stabiliseret oliekit beskrives som vegetabiliske olier (typisk linolie) tilsat syntetisk gummi evt. tilsat hærdere. Til malebehandling beskrives flere typer "filler". Til gulve beskrives linoleum, vinyl og lak. I et senere supplement til GB73<sup>212</sup> indføres termoruder, malerverner, lim og fugemasser i stor stil.

Da parcelhuse fra perioden 1950 til 1977 ikke er registreret efter type eller producent, foreligger der ingen systematisk viden om de enkelte hustyper, anvendte materialer og udbredelse.<sup>213</sup> Der foreligger således ingen systematisk viden om, hvor PCB-holdige byggevarer kunne have været anvendt.

Da parcelhuse fra perioden 1950 til 1977, hvor PCB-holdige byggevarer kunne anvendes, ikke er registreret efter type eller producent, foreligger der ingen systematisk viden om de enkelte hustyper, anvendte materialer og udbredelse.<sup>214</sup>

#### **d. Sammenfatning og vurdering af dansk byggeskik for en- og tofamiliehuse**

Dansk byggeskik, husbygning, byggeteknik og byggematerialer for en- og tofamiliehuse afviger ikke væsentligt fra vore nabolande Sverige, Norge, Tyskland og England. Antallet af nye byggematerialer i en- og tofamiliehuse steg voldsomt i 60'erne og 70'erne samtidig med at nye byggemetoder og materialer udvikledes. Ligesom de tydeligvis skete et skifte fra håndværksprægede traditioner til mere industrialiserede metoder og både produceredes og importeredes mange byggevarer i perioden. Traditionelle byggemetoder og materialer blev erstattet af elementer og plader og plast blev indført, både i skjulte og synlige samlingsmetoder og i de anvendte byggematerialer. Enkelte typehuse blev opført som præfabrikeret byggeri på præstøbt fundament og terrændæk.

Fra 50'ernes en- og tofamiliehuse med potentielt få PCB-holdige materialer udvikler byggeteknik og arkitektur sig til varmeisolerede huse med PCB-holdige termoruder og kalfatringsfuger med fugemasse. 1-trinsfugeløsninger ændrer sig hurtigt til 2-trinsfugeløsninger med fugemassefuger ude som inde. Enkelte typehuse opføres med systemelementer, som samles på byggepladsen og hvor samlinger lukkes med fugemasse eller tætningsbånd. Mange traditionelle materialer tilføres plast, hvor PCB kan indgå. For glarmesterarbejde bibeholdes kit til nogle opgaver, mens andre opgaver løses med fugemasse. Mange gulvmaterialer skifter fra træ til linoleum, vinyl og lak, som kan indeholde PCB. Termoruder og plast, som også kan indeholde PCB, afløste koblede vinduer og anvendes nu i stor stil i byggeriet.

Det nøjagtige omfang af PCB-anvendelsen i Danmark i en- og tofamiliehuse kendes ikke, men mange af de PCB-holdige byggematerialer og byggevarer, som er anvendt i større byggerier, må forventes også at være anvendt i en- og tofamiliehuse, specielt i fuge- og gulvmasser, betongulvmaling og ikke mindst termoruder.

---

<sup>212</sup> Nielsen F. GB73 Supplement 1975. Arkitektens Forlag, 1975.

<sup>213</sup> Parcelhuse, Projekt renovering, Boligministeriet 1998.

<sup>214</sup> Parcelhuse, Projekt renovering, Boligministeriet 1998.

## 5. Oversigt over tidligere og igangværende undersøgelser af forekomst af PCB i danske bygninger, boligmiljø og i byggeaffald

Idet følgende gives et kort overblik over kendte danske erfaringer med PCB. I sammenstillingen er medtaget kendte udrednings- og forskningsprojekter, der berører emnet PCB i forbindelse med byggeri. Videre gives en kort præsentation af udvalgte markante danske projekter, der vedrører undersøgelse og sanering af PCB.

Projektgruppen kender til flere projekter end dem, der er refereret, men ikke alle aktører har givet tilsagn om videreformidling af oplysninger. Medtaget er således alene projekter, hvor bygningsejeren har indvilliget i at informationerne videreformidles.

### a. Eksempler på undersøgelser

#### Kortlægning af problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald.

Udredningsprojektet: "Problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald - kortlægning, prognose og bortskaffelsesmuligheder", blev udgivet som MST Miljøprojekt 1084, 2006.<sup>215</sup>

Projektets formål var at undersøge og beskrive strømme af problematiske stoffer, som forventes at forekomme i bygge- og anlægsaffald i perioden 2001-2025. Undersøgelsen omfattede 12 udvalgte "uønskede" stoffer, herunder PCB. Udvælgelsen var baseret på stoffernes toksicitet enten over for miljø eller sundhed samt forbrug.

I undersøgelsen blev den relative fordeling mellem de forskellige anvendelser af PCB i byggevarer komponenter vurderet, jvf. tabel 4-1. Det ses at de "åbne" anvendelser: fugemasser, maling og termoruder udgør 39 % af PCB totalforbruget i perioden.

Bemærk, at tallene gælder for byggevarer generelt, og at nogle af disse byggevarer anvendes til andet end huse.

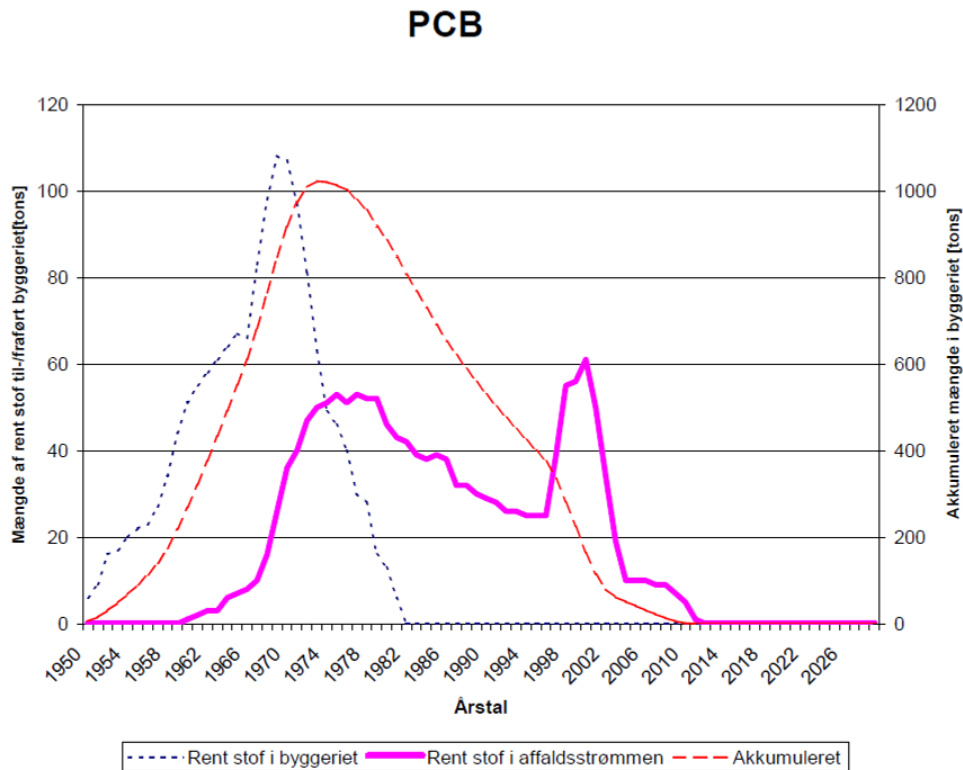
PCB Primære byggevarer og %-fordeling fra 1950-1981		Forudsat levetid i år	Primær anvendelsesperiode	
			Fra	Til
Fugemasser mv.	7 %	35	1950	1976
Termoruder	13 %	30	1967	1973
Små kondensatorer (belysning m.m.)	21 %	10	1950	1981
Maling mv.	19 %	10	1955	1973
Transformatorer og store kondensatorer	40 %	20	1950	1981

Tabel 4-1: Vurdering af de dominerende anvendelser af PCB i byggeriet, kilde: MST Miljøprojekt 1084, 2006.

<sup>215</sup> Miljøstyrelsen; Problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald - kortlægning, prognose og bortskaffelsesmuligheder. Miljøprojekt 1084, 2006.

Ud fra producenteres og håndværkeres erfaringer, blev de samlede mængder og forventede levetider for de enkelte byggekomponenter estimeret. På denne baggrund var det muligt, at opstille en prognose for hvornår de PCB-holdige komponenter fremkommer i affaldsstrømmen.

Figur 3-1 viser prognosekurver for hvornår PCB-holdige byggevarer forventes at optræde i affaldsstrømmen, som funktionen af produktionstidspunktet og den forventede levetid i byggeriet. Mængderne af PCB-holdige materialer i byggeaffaldsstrømmen blev i undersøgelsen vurderet at toppe omkring 2001, med maksimalt ca. 60 tons, og herefter antaget at falde til under 10 ton per år omkring 2010. I betragtning af, at der fortsat opdages betydelige forekomster af PCB ved reovering og nedrivning af bygninger, har man underestimeret levetiden.



Figur 4-1 Prognosekurver for PCB i affaldsstrømmen. Kilde: MST Miljøprojekt 1084, 2006.

I rapporten anbefales, at problemet omkring PCB i byggeriet blev nærmere undersøgt, hvilket førte til at projektet "Sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger" blev igangsat.

### Kortlægning af problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald

Som en opfølgning på det tidligere projekt vedr. prognoser for problematiske stoffer i bygge- og affaldsstrømmen er der gennemført et projekt om kortlægning af forurenende stoffer i bygge- og anlægsaffald.<sup>216</sup>

<sup>216</sup> Kortlægning af forurenende stoffer i bygge- og anlægsaffald. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt 1083, 2006..

Undersøgelsens formål var at undersøge niveauet af forurenende stoffer, herunder PCB, i bygge- og anlægsaffaldet, der genanvendes til anlægsformål. Prøverne, som indgik i undersøgelsen, blev udtaget fra nedknuste materialer til genanvendelse fra 6 større danske genanvendelses anlæg. Resultaterne af undersøgelsen viste, at der generelt er lave koncentrationer (faststof) af metaller og organiske komponenter i de rene fraktioner af beton og tegl I nogle få prøver blev detekteret små mængder PCB.

I projektet blev det vurderet, at de tidligere forudsatte forekomster af PCB i byggeaffaldet findes, men sjældent ses i prøverne pga. den meget store fortynding i de samlede affaldsmængder. De blandede affaldsfraktioner havde generelt højere koncentrationer af forurenende stoffer end de ikke blandede fraktioner.

### **Screening metode udviklet**

En undersøgelse af indholdet af halvflygtige stoffer i termisk desorberet støv fra forskellige bygninger afslørede, at en enkelt skole havde 10-20 gange mere PCB i støvet end de andre bygninger. Det viste sig, at kilden var PCB-holdige fugemasser benyttet i denne bygning.<sup>217</sup>

### **SBI rapport om sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger.**<sup>218</sup>

Projektet havde til formål at undersøge forekomsten af PCB i fuger i danske bygninger, vurdere risiko for sundhedsskadelige effekter i forbindelse med brug af bygninger med PCB-holdige fuger, og undersøge om der afgives PCB fra fugerne til bygningernes omgivelser. Forekomsten af PCB i danske en række danske bygninger blev undersøgt som led i et udredningsprojekt bestilt af Miljøstyrelsen. I projektet er restmængden af PCB i fuger estimeret, og der er foretaget en sundhedsmæssig vurdering af PCB i jord, støv og indeluft.

Undersøgelsen bestod af følgende elementer:

1. En spørgeskemaundersøgelse omfattende 600 bygningsansvarlige vedrørende forekomsten af bygninger opført i perioden fra 1950 til 1976, hvor der var PCB-holdige fugemasser på markedet, og som derfor kunne mistænkes for at have fuger med PCB.
2. En kemisk analyse af 15 prøver af fugemateriale udtaget fra 10 udvalgte bygninger, som ud fra opførelsestidspunkt og fugernes gummiagtige udseende kunne have PCB-holdige fuger
3. En kemisk analyse af PCB-indholdet med bestemmelse af 22 forskellige PCB-congenerer i disse prøver.
4. PCB-analyser blev desuden foretaget af husstøv og luft i de udvalgte bygninger samt af jorden tæt ved bygningerne.
5. En toksikologisk baggrundsvurdering af de aktuelle PCB-blandinger og en vurdering, om de målte koncentrationer gav anledning til sundhedsmæssige risici.

<sup>217</sup> Wilkins K, Bøwaldt S, Larsen K, Spørring S. Detection of indoor PCB contamination by thermal desorption of dust. *ESPR* 2002;9:166-168.

<sup>218</sup> Gunnarsen L, Larsen JC, Mayer P, Sebastian W. Sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.  
<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-7052-901-3/html/default.htm>

## 6. Endelig sammenholdes resultater med erfaringer fra Københavns Kommune

Undersøgelsen havde følgende hovedkonklusioner:

1. Undersøgelsen viste, at der forekommer PCB i fuger omkring vinduespartier, og at fugerne afgiver PCB til omgivelserne. Ved de bygninger, der havde gamle fuger med PCB, var fugerne stadig en væsentlig kilde til PCB i indeluften, overfladestøvet og jorden omkring bygningerne.
2. Den resterende mængde PCB tilbage i fugerne skønnedes til at være mellem 6 og 21 tons.
3. Undersøgelsen viste, at der indendørs var en tydelig sammenhæng mellem koncentrationerne af PCB i fuger, luft og overfladestøv, og at der var en vis sammenhæng mellem PCB niveauerne i de ydre fuger og i jorden nær huset. De højeste sum-PCB-koncentrationer var:
  - 1153 ng/m<sup>3</sup> i indeluften beregnet ud fra alle 13 bestemte enkelt congenere og 580 ng/m<sup>3</sup> beregnet ud fra PCB<sub>7</sub>, men uden korrektionsfaktor. Med korrektionsfaktor 5 svarer det til 2900 ng/m<sup>3</sup>. De dominerende congenere hver med koncentrationer > 100 ng/m<sup>3</sup> var PCB<sub>28</sub>, 31, 52, 49 og 44 i denne rækkefølge. Disse fem flygtige congenere androg 97 % af total PCB.
  - 2 mg/kg (ppm) i overfladestøvet inden døre, beregnet ud fra de 16 bestemte congenere. Ovennævnte 5 flygtige congenere + PCB<sub>101</sub> androg tilsammen 80 % af total PCB.
  - 0,4 mg/kg (ppm) i jorden omkring et fritliggende enfamiliehus og baseret på bestemmelse af 18 PCB congenere. Her forekom mest af PCB<sub>153</sub>, 180, 187, 149, 138, 101, 118, 110, 151, 194 og 170.
4. Vedrørende de toksikologiske forhold vurderedes, at PCB i bygningsfuger i de undersøgte bygninger kun i et begrænset omfang bidrager til menneskers udsættelse for de mest giftige, dioxinlignende PCB-congenere, som primært stammer fra indtagelse af fødevarer. Måleresultaterne i denne undersøgelse viser imidlertid, at det vigtigste bidrag til eksponeringen for de mere flygtige ikke-dioxin-lignende PCB typisk vil være indluftens indhold af PCB i bygninger med PCB-holdige fuger, og at niveauerne i indeluften kan medføre en u hensigtsmæssigt reduceret sikkerhedsmargin i forhold til sundhedsskadelige effekter.

Af undersøgelsens målinger af PCB i fuger fremgår det, at 4 enfamiliehuse er omfattet af undersøgelsen, men at der kun er fundet beskedne koncentrationer af PCB der. Hovedresultaterne fra rapporten er gengivet i Tabel 4-2:



Tabel 4-2: PCB-koncentration i fuger fra SBI undersøgelsen.

Prøvesteder	$\Sigma_7$ PCB	$\Sigma_n$ PCB	n PCB
	$\mu\text{g/g}$ (ppm)		
Indre, B 5, Etagebolig	1,0	1,8	4
Indre, B 6, Gymnasium	1113,0	2516,1	20
Indre, B 7, Gymnasium	61,3	218,4	20
Indre, B 9, Kontor	1086,5	2016,9	20
Indre, B 10, Universitet	19,7	47,3	17
Thermokit, B 10, Universitet	4209,8	9839,9	20
Ydre, B 1, Enfamiliehus	< 0,5	< 0,5	0
Ydre, B 2, Enfamiliehus	4,5	6,5	8
Ydre, B 3, Enfamiliehus	3,5	5,5	6
Ydre, B 4, Enfamiliehus	< 0,5	< 0,5	0
Ydre, B 5, Etagebolig	< 0,5	< 0,5	0
Ydre, B 6, Gymnasium	22,8	51,0	15
Ydre, B 8, Lager	< 0,5	< 0,5	0
Ydre, B 9, Kontor	188,4	350,1	19
Ydre, B 10, Universitet	< 0,5	< 0,5	0

$\Sigma_7$  PCB = Summen af målte koncentrationer af kongener 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.  $\Sigma_n$  PCB = Summen af målte koncentrationer af de n kongener som lå over rapporteringsgrænsen (<0,5 = ingen PCB blev målt over rapporteringsgrænsen på 0,5  $\mu\text{g/g}$ ). n PCB = antal kongener kvantificeret.

Undersøgelsens datagrundlag var imidlertid for beskedent til at drage vidtrækkende konklusioner.

I forbindelse med offentliggørelse af rapporten udarbejdede Arbejdstilsynet, Erhvervs- og Byggestyrelsen, Indenrigs- og Socialministeriet, Miljøstyrelsen samt Sundhedsstyrelsen et faktaark, der beskriver, hvordan PCB i affald, arbejdsmiljø og indeklima skal håndteres, samt hvilken lovgivning der er gældende på de forskellige områder. Faktaarket kan findes på myndighedernes hjemmesider.<sup>219</sup>

I faktaarket henvises der også til Københavns Kommunes vejledning om håndtering af PCB-holdigt affald, og hvorledes bygninger gennemgås og materialeprøver udtages.<sup>220</sup> Denne kommunikation af klare retningslinjer for håndtering af PCB, har ført til en væsentligt øget udsortering af PCB-holdige materialer fra affaldsstrømmen i Københavns Kommune.

Af Københavns Kommunes vejledning fremgår bl.a. en meget lav grænseværdi på 0,02 mg PCB/kg, der repræsenterer det administrativt anvendte renhedskriterium for materialer til fri genanvendelse. Denne grænseværdi har i dag vundet stor udbredelse blandt øvrige kommuner på Sjælland. Værdien svarer til den svenske grænseværdi for uforurennet jord.

I forbindelse med det forberedende arbejde, gennemførte Miljøkontrollen en undersøgelse af PCB-holdige fugematerialer fra 10 tilfældigt udvalgte bygninger fra

<sup>219</sup> <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/606AEFE1-A1DE-4CF1-97FD-471E4C3DC1B9/0/PCBfaktaarkfinal5marts2009.pdf>

<sup>220</sup> [www.kk.dk/Erhverv/Miljoe/Affald/Byggeoganlaegsaffald/PCB.aspx](http://www.kk.dk/Erhverv/Miljoe/Affald/Byggeoganlaegsaffald/PCB.aspx)

perioden 1960-1975 for at vurdere behovet for en øget indsats. I 8 ud af 10 bygninger blev der fundet PCB i de anvendte fuger.

### **Arbejds miljø ved PCB sanering**

I forbindelse med nedrivningen af DSB's tidligere godsbaneterminal blev en større mængde PCB-holdige fugematerialer fjernet. Der opstod i denne forbindelse diskussion om de arbejdsmiljømæssige forholdsregler ved saneringsarbejdet. Dette førte til, at Arbejdstilsynet i 2007 udsendte instruks nr. 19 om PCB-holdige bygningsmaterialer.<sup>221</sup> I instruksen (som er rettet mod de tilsynsførende) er der fastsat regler for brug af personlige værnemidler (i form af handsker, masker og dragter) ved arbejder med PCB-holdige materialer og for udtagning af prøve til analyse for PCB. På baggrund af instruksen udarbejdede Dansk Byggeri et vejledningsark til sine medlemmer "Cirkulært 344 08.11.07 PCB: Sådan håndterer du PCB-holdige vinduer". Asbestforeningen under Dansk Byggeri er i gang med at udarbejde en mere detaljeret branchevejledning for arbejde med sanering af PCB. Denne vejledning forventes offentliggjort i løbet af efteråret 2009.

### **Undersøgelse af danske termoruder**

Vestforbrænding og Amagerforbrænding har i samarbejde med Affald Danmark, Kommunernes Landforening, Københavns Kommune, Århus Kommune og Renosam, gennemført et omfattende projekt med det formål, at undersøge indholdet af PCB i de termoruder, som indleveres på selskabernes genbrugspladser. I undersøgelsen, der omfattede 386 termoruder, blev der vurderet at være PCB i 62 ruder, svarende til 16 % af ruderne. I undersøgelsen bedømmes den årlige håndterede mængde af PCB fra termoruder at udgøre ca. 2-3 tons PCB.<sup>222</sup>

Det bemærkes om undersøgelsen, at PCB kun konkret blev påvist i 6 navngivne rudetyper. Den fortsatte forekomst tyder på at man tidligere har underestimeret PCB's levetid i bygninger.

### **Erfaringer fra Gasværksvejens Skole - sanering af PCB-fuger i forbindelse renovering**

Københavns Ejendomme gennemførte i perioden 2008-09 en renovering af Gasværksvejens Skole. I forbindelse med renoveringen af skolen fra 1971, bliver byggeledelsen opmærksom på, at der indvendigt mellem vægelementer i beton og mellem facadeelementer er anvendt PCB-holdige fugematerialer. Desuden findes et større antal originale termoruder med mistanke om PCB. Der måles yderligere på forskellige byggematerialer og på luften i bygningen. Resultater af målinger:

<sup>221</sup> <http://www.at.dk/sw45041.asp>; Arbejdstilsynets instruks nr. 19. oktober 2007 om PCB-holdige bygningsmaterialer.

<sup>222</sup> Rapport fra: Vestforbrænding, Amagerforbrænding og Århus Kommune; PCB i termoruder, april. 2008.

Emne	Måleresultat
Luft målt i skolelokaler	500 - 1.920 ng/m <sup>3</sup>
Støv på gulve	0,6 - 18,2 mg/kg
Fuger indvendigt mellem vægelementer	16 - 24.000 mg/kg
Fuger mellem facadeelementer	276 - 15.200 mg/kg
Maling på indvendige vægge	12,4 - 35 mg/kg
Træværk indendørs	9,3 - 35 mg/kg
Linoleum	4,7 - 15,5 mg/kg

*Noter: PCB i luft angivet som PCB-total (5 x PCB-6), ng/m<sup>3</sup>. Luft opsamlet via pumper med XAD-II-rør (50 liter, 250ml/min). PCB i faste materialer angivet som PCB-7. Faste materialer analyseret ved GC-MS, PCB-7.*

På baggrund af en nærmere vurdering af de mange måledata blev det vurderet, at det var bygningens elastiske fugematerialer, der var kilden til PCB i indeluft, i bygningsstøv og på indvendige overflader. Særligt problematikken omkring PCB på overflader blev diskuteret indgående. Det faktum, at der blev fundet PCB på umalede beton- og træoverflader, førte til konklusionen om, at PCB fra fugerne via luften har kontamineret øvrige overflader. Det besluttes, at fjerne alle indvendige fuger. Fuger fjernes inkl. tilgrænsende beton med anvendelse af værktøj med lokalt sug forsynet med HEPA-filter og kulfilter. Arbejdsområder ventileres og afkast filtreres via HEPA- og kulfilter. Udvendige fuger forbliver foreløbigt. Projektet er forsat igangværende, og der foreligger ingen målinger af PCB-niveauet efter sanering.<sup>223</sup>

På baggrund af erfaringerne fra Gasværksvejens Skole, har Københavns Ejendomme besluttet, at gennemføre en kortlægning af samtlige bygningerne under Københavns Ejendomme. Kortlægningen er i øjeblikket under udførelse, og de første undersøgelsesresultater fra 135 ejendomme forventes i løbet af 2010

### Erfaringer fra Skt. Annæ Gymnasium

Sankt Annæ Gymnasium er opført i 1972, og elastiske fugematerialer er anvendt indvendigt og udvendigt omkring vinduer og døre. Skolen har endvidere en større mængde originale termoruder. Skolen fik i forbindelse med en forundersøgelse til udbedring af facader (udskiftning af fuger) allerede i 1998 bekræftet, at fuger (stikprøver) omkring vinduer i faglokaler (fysiklokale) indvendigt havde indhold af > 2500 mg PCB/kg (PCB i faste materialer analyseret ved GC-MS og angivet som PCB<sub>7</sub>). Embedslægen vurderede, at der ikke var akut fare for elever og lærere i lokalet; udskiftning blev herefter udsendt. Spørgsmålet om hvorvidt luften på skolen indeholder PCB blev i 2009 rejst af skolens ledelse. Måling af PCB i indeluft og fugematerialer viste følgende:

Emne	Måleresultat
Luft målt 8 lokaler	24 – 405 ng/m <sup>3</sup>
Luft målt i ventilationsafkast	115 – 140 ng/m <sup>3</sup>
Fuger udvendigt omkring døre og vinduer	0,5 – 1274 mg/kg

*Noter: PCB i luft angivet som PCB-total (5 x PCB-6), ng/m<sup>3</sup>. Luft opsamlet via pumper med AXDII rør (100 liter, 2000 ml/min.). PCB i faste materialer angivet som PCB-7. Faste materialer analyseret ved GC-MS, PCB-7*

Der blev på denne baggrund udarbejdet en langsigtet plan om udskiftning af vinduer og fugematerialer.

<sup>223</sup> Oplysninger indhentet via bygherrerådgiver Golder Associates A/S.

## Erfaringer fra Rudersdal Kommune

På baggrund af bekymring fra forældre til børn i institutionen Børnehuset i Holte, foretages undersøgelser af PCB i institutionen. Ved undersøgelserne konstateres det, at PCB er anvendt i fugematerialer indvendigt omkring døre og vinduer, samt udvendigt omkring vindues- og dørpartier. Bygningen oplyses opført i 1971. Vinduer fremstår delvist med originale termoruder. Fundet af PCB i fugematerialer fører til en undersøgelse af indeluften. Følgende forekomster af PCB konstateres:

Emne	Måleresultat
Luft målt i 10 positioner	1.161 – 2.701 ng/m <sup>3</sup>
Fuger indvendigt omkring døre	6 – 13.000 mg/kg
Fuger udvendigt omkring døre og vinduer	6.200 – 9000 mg/kg
Støv	Ej påvist (målt?)
Jord omkring bygning	0,4 mg/kg
Linoleum	7,1 mg/kg

*Noter: PCB i luft angivet som PCB-total (5 x PCB-6), ng/m<sup>3</sup>. Luft opsamlet via pumper med XAD-II rør (Supleco) (24 timer). PCB i faste materialer angivet som PCB-7. Faste materialer analyseret ved GC-MS, PCB-7*

Fundet af PCB i indeluften fører til beslutning om at fjerne indvendige og udvendige fuger med indhold af PCB. Fuger fjernes inkl. tilgrænsende beton med anvendelse af værktøj med lokalt sug forsynet med HEPA- og kulfilter. Arbejdsområder ventileres og afkast filtreres via HEPA-filter og kulfilter. Projektet er igangværende, og der foreligger derfor ingen oplysninger om niveauet af PCB i indeluften efter sanering. Det kan supplerende oplyses at Rudersdal Kommune har valgt at udskyde undersøgelse af lignende bygninger i området indtil effekten af saneringstiltag kendes.

## Sanering af PCB-holdige fugematerialer i forbindelse med nedrivning af Tappehallerne på Tuborg

I forbindelse med planlægning af nedrivningsarbejdet konstateres PCB i de elastiske fugematerialer anvendt udvendigt omkring døre og vinduer samt ved elementsamlinger og dilatationsfuger. Bygningerne var opført i 1971-72. Nærmere undersøgelser viste:

Emne	Måleresultat
PCB i vinduesfuger	8.000 – 11.000 mg/kg
PCB i facadefuger	10 – 40 mg/kg
PCB i dilatationsfuger	0,05 – 0,5 mg/kg
PCB i indvendige fuger	5.000 – 8000 mg/kg

*Noter: PCB i faste materialer angivet som PCB-7. Faste materialer analyseret ved GC-MS, PCB-7*

Fundet af PCB i fugematerialer medførte krav om udsortering af fugematerialer og tilgrænsende beton i forbindelse med nedrivning. I alt udsorteres ca. 25.000 meter PCB-holdige fugematerialer.

## Undersøgelse i en bank

I forbindelse med undersøgelse af renovering af facade i en større dansk bank blev der udtaget stikprøver af elastiske polysulfid fuger såvel inde som ude. Prøverne havde alle et PCB-indhold >3500 mg/kg PCB i faste materialer analyseret ved GC-MS og angivet som PCB<sub>7</sub>.

## **Undersøgelse af boligafdelinger**

Boligselskabet KAB har i løbet af 2009 gennemført en kortlægning af PCB i 290 boligafdelinger. Ud fra oplysninger om alder og byggeteknisk udformning, blev det vurderet, at der var grundlag for at undersøge 44 boligafdelinger nærmere. Fra 36 afdelinger blev der udtaget prøver til analyse. I kun 6 tilfælde blev der fundet PCB. I kun 2 tilfælde blev koncentrationen af PCB fundet at overstige 50 mg/kg.

På tidspunktet for denne rapportering pågår målinger af PCB i indeluften i de 2 boligafdelinger, hvor der konstateret PCB i fugerne.

## **Undersøgelse på Grønland**

I begyndelsen af 2009 er PCB-indholdet af facademaling, betonkerner og fugemasse undersøgt i en boligblok i Nuuk, Grønland.<sup>224</sup> I facademaling blev påvist et indhold af PCB<sub>7</sub> på fra 331-1030 mg/kg. PCB var trængt 2 cm ind i den underliggende beton, men koncentration af PCB var under 50 mg/kg. I den ene af to fugeprøver blev målt 18.300 mg PCB/kg, i den anden kun spor, er måske renoveret. PCB mønstret mindede mest om Clophen A60, og som omregningsfaktor mellem PCB<sub>7</sub> og total-PCB blev korrektionsfaktoren 2,99 anvendt.

### **b. Sammenfatning og vurdering af danske undersøgelser**

#### **PCB-holdige byggevarer i affaldsstrømmen**

I et tidligere MST Miljøprojekt 1084, 2006, blev fordelingen af PCB i byggevarer vurderet og de åbne anvendelser i fugemasser, termoruder og maling mv. blev vurderet til at udgøre 39 % af totalforbruget med en forudsat levetid på 10-35 år. Prognosekurver blev udarbejdet som viste at PCB i byggeaffald ville toppe i 2001 med 60 tons og falde til under 10 tons i 2010. Denne prognose ser ikke ud til at holde pga. det stigende antal nye opdagelser af bygninger med PCB rundt om i landet. Den fortsatte forekomst tyder på, at man tidligere har underestimeret PCB's levetid i bygninger. Et andet projekt viste, at de tidligere forudsete forekomster af PCB i byggeaffaldet findes, men sjældent ses i prøverne pga. den meget store fortynding i de samlede affaldsmængder.

#### **Bygningstyper hvor PCB været anvendt**

Kun få danske bygninger er undersøgt for forekomst af PCB. De hidtidige undersøgelser har især været gennemført i institutioner, skoler, gymnasier, universiteter, hospitaler, biblioteker, erhvervsbygninger og større boligkomplekser samt enkelte enfamiliehuse, rækkehuse og stuehuse, og de har enten været af et meget begrænset omfang eller hvor detaljer ofte er fortrolige. Der foreligger enkelte undersøgelser af en- og tofamiliehuse, hvor der blev fundet meget lave koncentrationer af PCB i fuger og indeluft. Herudover er PCB forurening konstateret i enkelte parcelhuse i forbindelse med om- eller tilbygning, renovering, herunder udskiftninger af fuger og vinduer, renovering af vådrums gummibelægninger i stuehuse.

#### **Retningslinjer for registrering af PCB udarbejdet**

Fagentreprenører og specialrådgivere har erfaring for, at der ikke blandt bygherre og projekterende er nær nok fokus på risikoen for PCB. I Københavns Kommune har udarbejdelsen af klare retningslinjer for registrering og udsortering af PCB, imidlertid

<sup>224</sup> Miljø- og Naturstyrelsen. PCB undersøgelse af boligblok Q i Nuuk. Datarapport, Cowi, Juli 2009.

betydet en væsentligt øget opmærksomhed for problemerne blandt byggebranchens aktører.

### **Målinger af PCB i danske bygninger**

PCB er målt typisk i koncentrationer på 3-10 % i fuger mellem vægelementer og facadeelementer i en del bygninger, bl.a. skoler, børneinstitutioner og industribygninger.

I en undersøgelse af 386 termoruder for PCB, blev det vurderet at der var PCB i 16 % af ruderne, og at den årligt håndterede affaldsmængde herfra udgjorde ca. 2-3 tons PCB.

Man har ikke i Danmark været særlig opmærksom på mulig forekomst af PCB i indeklimaet, og der foreligger kun få undersøgelser. De højeste målte koncentrationer målt i boliger, skoler og børneinstitutioner var omkring 1000 gange højere end typiske baggrundskoncentrationer og 8 gange over den over den aktionsgrænseværdi på 300 ng/m<sup>3</sup>, som Sundhedsstyrelsen har fastsat.

## 6. Konklusioner

### a. Forekomst af PCB i danske byggevarer

Danske undersøgelser har påvist, at PCB findes i en række byggematerialer, som er blevet markedsført og anvendt fra i 1950'erne til slutningen af 1970'erne, specielt i indvendige- og udvendige fuger og gulvmasser, maling, spartelprodukter, termoruder og små kondensatorer i lysstofrørarmaturer.

Forekomsten og udbredelsen af PCB i specielt fuger- og gulvmaterialer, termoruder og små kondensatorer i bygninger opført eller renoveret i årene 1950 til 1977 vurderes som betydelig og veldokumenteret. For indvendig maling og gulve er det især vådrum og steder med kraftig slid (skoler, industrier), hvor forekomsten er størst. Udvendig maling/puds med PCB er især anvendt i udlandet, når klimaet stiller særlige krav til holdbarhed.

### b. Forekomst af PCB i danske bygninger

Den eksisterende viden og erfaring i Danmark omkring PCB i byggeriet er meget beskeden sammenlignet med de omkringliggende lande, og kun et fåtal danske bygninger kontrolleres for forekomst af PCB.

De hidtidige undersøgelser har især været gennemført i institutioner, skoler, gymnasier, universiteter, hospitaler, biblioteker, erhvervsbygninger og større boligkomplekser samt enkelte enfamiliehuse, rækkehuse og stuehuse, og disse undersøgelser har enten været af et meget begrænset omfang, eller hvor detaljer ofte er fortrolige.

Der er derfor behov for øget information om PCB i eksisterende bygninger, håndtering af PCB-holdige byggematerialer, bortskaffelse og muligheder for nedbringelse af PCB i indeluften i PCB-forurenede bygninger.

### c. Forekomst i en- og tofamiliehuse

Det har været boligblokke, kontorbygninger og uddannelsesinstitutioner, der har været mest undersøgt i alle lande. En- og tofamiliehuse har kun været undersøgt i få tilfælde i Europa (Sverige, Danmark, Norge, Schweiz), mens der er mere fokus på denne hustype i Nordamerika.

Leverandører, producenter og andre i branchen peger på, at PCB vil kunne forekomme i fugematerialer og termoruder i en- og tofamiliehuse. PCB-forurening er konstateret i enkelte parcelhuse i forbindelse med om- eller tilbygning, renovering, herunder udskiftninger af fuger og vinduer, samt ved renovering af vådrums gummibelægninger i stuehuse.

Termoruder med PCB har med sikkerhed været brugt i vinduer og døre i en- og tofamiliehuse. I ikke-bevægelige vinduespartier er disse så holdbare, at mange fortsat må være i brug. I Norge er der en undersøgelsesordning med mærkning af PCB-ruder, der stadig er i brug.

Udbredelsen af PCB specifikt i en- og tofamiliehuse er usikker, da der er få konkrete undersøgelser. Det er mere tidskrævende at undersøge en- og tofamiliehuse end større boligblokke, bl.a. fordi det er nemmere at få kontakt med og samarbejde med et ejendomsselskab end med mange individuelle ejere. Imidlertid vil byggeentreprenører, som opfører både stort og småt byggeri, benytte sig af samme materialer. Derfor vurderes forekomsten af PCB-holdige byggematerialer i danske en- og tofamiliehuse (specielt elementbyggeri) bygget i 1965-1975 at være nær tilsvarende til andre bygninger opført i samme periode.

#### **d. Branchens aktører i Danmark**

Fagentreprenører og specialrådgivere har erfaring for, at der ved opgaver rettet mod indeklima, byggeskader, renovering, ombygning, eller nedrivning, ikke blandt bygherre og rådgivere er nær nok fokus på risikoen for PCB, og at der kun i få tilfælde udarbejdes konkrete planer for PCB-sanering eller nedrivning.

Mange bygherrer og ejendommejerere benytter heller ikke specialrådgivere med kendskab til PCB-holdige byggematerialer, bygningsfysik og måleteknik.

I Københavns Kommune har udarbejdelsen af klare retningslinjer for registrering og udsortering af PCB, imidlertid betydet en væsentligt øget opmærksomhed for problemerne med PCB blandt byggebranchens aktører.

En række entreprenører tilknyttet Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd har kendskab til en række skoler, uddannelsesinstitutioner, boligkomplekser, større hoteller og plejehjem, hvor der var anvendt elastiske fuger af polysulfid, som kan indeholde PCB. Kun enkelte af disse fuger er udskiftet.

#### **e. Forskelle mellem landene**

Opmærksomheden omkring PCB problemer i byggeriet er af forskellig karakter og tyngde i de forskellige lande, og landene har startet deres initiativer på forskellige tidspunkter og med forskellige indgangsvinkler - og i nogle tilfælde måske tilfældigheder.

I nogle lande som Tyskland har der været mest fokus på måling af PCB i indeluft og husstøv, mens man i de andre lande har fokuseret mere på at finde kilden til forureningen af indeluften ved at undersøge PCB i bygningsbestanddele (fuger, maling) og sanere bygninger.

Landene er blevet delvist inspireret af hinanden, men forsinkelser af initiativer er bl.a. opstået ved at fremtrædende eksperter har afvist, at der kunne være et grænseoverskridende problem, fordi byggemetoder, byggeskikke og valg af byggematerialer, afviger mellem landene.

De elastiske fugematerialer af polysulfid (fx Thiokol®) med PCB, har været det dominerende PCB problem i alle landene, inklusive Danmark. Man vil derfor finde tilsvarende elastiske fuger med PCB i Danmark som i vore nabolande, hvor forekomsten dog er bedre undersøgt. Industrielementbyggeriet, som er vigtigst med hensyn til udbredelse af PCB-fuger, har ligeledes været udbredt i alle lande.



Vi ved nu, at forskelle mellem landene i Europa eksisterer, men at der er flere lighedspunkter mht. den måde, man byggede på, og de materialer man brugte i perioden 1950-1980. PCB i byggeri og indeklima i Danmark må derfor vurderes til at være ret tilsvarende med situationen i vore nabolande.

#### **f. PCB inventering og sanering af fuger**

På grund af den lave flygtighed og høje koncentration i fugerne vil PCB fortsat forekomme i fuger og indeluft mange år efter det er installeret. Det kan ikke lukkes inde med maling eller ny fugemasse, da PCB ikke er bundet, kun opløst i fugemassen, og den vil diffundere ud i de dækkende materialer.

For mere end 10 år siden igangsatte Byggesektoren i Sverige en frivillig ordning med undersøgelse og sanering af PCB i bygninger, og de udsendte mange vejledninger og afholdt kurser. Dette skete i samarbejde med myndighederne i de større byer, og fx Stockholms Miljøforvaltning stod for mange oplysende publikationer og kurser samt opdagede, at man i nogle tilfælde kunne bruge hunde til at opsnuse PCB forurene bygninger. Metoden er dog ikke tilstrækkelig præcis. Miljømyndighederne i Gøteborg området startede også et stort projekt op om PCB-frie fuger, der løb i 6 år.

Alle disse initiativer dannede baggrund for en lovgivning fra 2007, som betød at alle ejere af bygninger opført eller renoveret i perioden 1956-1973, skulle inden 3. juni 2008 undersøge, om der kunne være brugt PCB-holdige materialer i bygningen. Hvis der var materialer med et indhold på 500 ppm PCB og derover, skal der ske en sanering inden 30. juni 2013.

*Kun i Sverige* er der et obligatorisk krav om kortlægning og sanering af bygninger fra den periode, hvor PCB blev anvendt. Disse regler gælder imidlertid ikke for en- og tofamiliehuse.

Bygninger i Norge bygget eller renoveret mellem 1957 og 1980, og som indeholder elastiske fugemasser, skal i forbindelse med reparation, renovering og nedrivning undersøges for PCB-indhold. Det er både bygherrens og entreprenørens ansvar, at dette sker. De norske regler gælder også for en- og tofamiliehuse, men disse er endnu ikke blevet undersøgt og kontrolleret af myndighederne. Det fjernede PCB klassificeres og behandles som farligt affald.

Krav om sanering af PCB i fuger er i Tyskland baseret på sundhedsmæssigt fastsatte aktionsværdier i indeluften i stedet for et PCB indhold i fugemassen. De tyske aktionsværdier er model for andre lande heriblandt Danmark, og de er lavere end de tilsvarende grænseværdier i Schweiz.

#### **g. PCB i maling**

I Norge har PCB været meget brugt til betontilsætning og i facademaling/murpuds. Den stærke facadebeklædning med PCB blev især anvendt i Vestnorge og på Svalbard, hvor der er et barsk klima. Anvendelsen blev årsag til nogle sager om vand- og jordforurening, bl.a. på legepladser. Denne anvendelse er blevet anset for unik for Norge, men den er tilsyneladende også forekommet i andre lande, bl.a. i Grønland og Finland.

Anvendelse af PCB-holdig maling indendørs er især forekommet på skoler og kældergrulve og lignende, hvor der er et stort slid.

#### **h. PCB i termoruder**

I Norge har man haft særlig megen fokus på og skærpet kontrol af PCB-holdige termoruder og PCB i små kondensatorer til lysstofrørarmaturer. Det blev tidligt vurderet at PCB-holdige termoruder udgjorde den største tilbageværende kilde til forurening med PCB. Derfor blev der i 2004 indført et retursystem for termoruder finansieret af branchen. I forbindelse med udskiftning af termoruder fra før 1979 skal der tages prøve af forseglingsmassen, og hvis koncentrationen er højere end 50 ppm skal ruden behandles som problemaffald. Der gives anvisninger for demontering af PCB i termoruder og anbefalinger for håndtering af det resulterende PCB-affald.

I forbindelse hermed har man i 2007 lavet en unik mærkningspligt for PCB-holdige termoruder i brug, der letter affaldsindsamlingen. De norske regler gælder også for en- og tofamiliehuse, men disse er endnu ikke blevet undersøgt og kontrolleret af myndighederne.

Man har i Sverige været opmærksom på termoruder som PCB kilde, men vurderede at murfugerne var den vigtigste PCB forekomst at få afdækket.

Det er overraskende, at man i Tyskland og Schweiz endnu ikke har været rigtigt opmærksomme på forekomst af PCB/PCT i termoruder og taget højde for det.

#### **i. PCB i lysarmaturer**

Der blev i 2003 i Norge vedtaget en national handlingsplan for udskiftning og indsamling af visse PCB-holdige lysarmaturer. Disse er nu væk fra erhvervsbygninger, men mange private har sat de af virksomhederne kasserede armaturer op hjemme i garager og lignende. De norske regler gælder også for en- og tofamiliehuse, men disse er endnu ikke blevet undersøgt og kontrolleret af myndighederne.

#### **j. PCB i loftsplader og akustiske plader**

I Tyskland har de har også haft stor anvendelse af loftsplader imprægneret med PCB som brandhæmmer. Det er et krav i Tyskland at etageadskillelser i boligblokke skal være brandsikre. Anvendelsen af akustiske plader med PCB i skoler og lignende synes også især være forekommet i tysktalende områder.

#### **k. Arbejds miljø ved sanering**

Ved sanering af PCB fuger er blevet målt koncentrationer på 500-1000 gange kontamineret indeluft og langt over arbejdsmiljøgrænseværdien på 1000 ng/m<sup>3</sup>. Derfor er beskyttelsesdragt og andre forebyggende foranstaltninger nødvendige. I tidligt foretagne saneringer i Sverige uden tilstrækkelige afværgeforanstaltninger er arbejdere blevet udsat for sundhedsskadelige koncentrationer af PCB. I Finland har man haft arbejdsmiljøproblemer i forbindelse med sanering af PCB i præfabrikerede huse.

## I. PCB i indeluft

Der blev i Sverige tidligt lavet enkelte undersøgelser med bestemmelse af PCB i indeklimaet og i beboeres blod. PCB i indeluften var typisk 50-100 gange højere i bygninger med PCB fuger i forhold til bygninger uden. Der var imidlertid i disse undersøgelser ikke altid en direkte sammenhæng mellem PCB koncentrationen i fuger og i luften, idet den højeste luftkoncentration blev målt, hvor PCB indholdet i fuger kun var 11 %. Andre forhold som fx ventilation og afdækning har indflydelse på koncentrationen af PCB i luften.

Afgivelsen af PCB fra PCB-holdige byggematerialer til indeklimaet og de aktuelle luftkoncentrationer vil være knyttet til en række bygningsfysiske forhold fx rumtemperaturen, luftfugtigheden i rummet, luftskiftet, dels i rummet, dels ved ventilation, dels luftskiftet gennem utætheder i facaden. Disse forhold er så vidt vides endnu ikke undersøgt i relation til PCB, hverken i Danmark eller i andre lande.

Der er ikke noget henfald af betydning og ingen ændring af indeluft koncentrationen af PCB med tiden, hvis sanering ikke er gjort. Det er en yderst lille del af fugens PCB, der fordampes, og der er tale om en uhyre lav ligevægtskoncentration i betragtning af, at PCB indholdet i fugerne er i % størrelse, så fjernelse ved fordampning betyder ingenting.

Permanent ventilation vil formentlig nedsætte koncentrationen, mens den kører, men den vil også føre til øget fordampning. Når den stopper gendannes ligevægtskoncentrationen. Denne stiger igen med øget temperatur, og temperaturen har sikkert ofte større betydning end ventilation. Der er ikke som med radon tale om en forurening med en luftart, hvor ventilation har større betydning end temperaturen.

Indeklimaet undersøges sjældent for PCB i Danmark, selvom konkrete undersøgelser i en række bygninger har påvist, koncentrationer af PCB i luften på mellem de tyske aktionsværdier på 300 ng/m<sup>3</sup> og 3000 ng/m<sup>3</sup>. De tyske aktionsværdier er model for andre lande heriblandt Danmark, og de er lavere end de tilsvarende grænseværdier i Schweiz. Der er imidlertid forskere, der påpeger, at nyere risikovurderinger viser, at værdierne er omkring 50 gange for høje og ikke tager hensyn til dioxinlignende effekter.

Det vurderes, at forhøjede koncentrationer af PCB kan forekomme i indeluften i alle bygningstyper opført eller renoveret i de år, hvor PCB blev brugt, heriblandt i danske en- og tofamiliehuse.

En mulig screeningmetode for PCB i en- og tofamiliehuse kunne være undersøgelse af overfladestøv eller husstøv fra støvsugerposer.

## m. Målinger og målemetoder

Formålet med de foretagne PCB målinger har enten været at finde ud af:

- hvor udbredt problemet var, dvs. hyppighed af PCB forekomst, eller
- hvor betydelig koncentrationerne var i byggematerialer, indeluft og/eller –støv.

De prøveopsamlings- og analysemetoder, der har været anvendt i landene gennem årene, har været forskellige i tid og sted, men en konsensus nærmer sig med at benytte tyske- og europæiske standarder med en PCB kvantificering byggende på summen af 6

indikator PCB-congenere (PCB<sub>6</sub>: PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180) multipliceret med en faktor 5 for at få total-PCB. I nogle tilfælde medtages den dioxinlignende PCB118 og blandingen beskrives som PCB<sub>7</sub>.

Det er nødvendigt at tage måleresultater med et gran salt. Erfaringen i Schweiz er at der er store afvigelser i måleresultater mellem forskellige laboratorier. I en ringtest blev 5 af 17 deltagne laboratorier kasseret pga. for store afvigelser.

De nærmere retningslinjer for måling af PCB i indeluften, er i dag uklare, og rummer risiko for, at målinger, som foretages, ikke er direkte sammenlignelige. I de fleste undersøgelser og i alle lande dominerer de mest flygtige PCB28 og PCB52 i indeluften. I nogle undersøgelser er der en klar sammenhæng mellem PCB-koncentrationer i luft og fuger og i luft og blod, men sammenhængen er ikke altid helt klar og tydelig.

Aktiv og passiv sampling er to forskellige ting, som har hver sine fordele og ulemper, ligesom målinger af PCB i husstøv har.

## **n. Opsummering**

- Byggestil og byggeskikke i relation til anvendelse af PCB i byggematerialer i Danmark vurderes at svare til forholdene i vore nabolande. De udenlandske fund af PCB kan derfor benyttes i mangel af datagrundlag i Danmark.
- I Danmark og i udlandet er PCB især anvendt og fundet i højeste koncentrationer i elastiske fuge- og gulvmasser, men er også anvendt i byggematerialer som tætningsmasse til termoruder, ældre armaturer til lysstofrør, maling til ind- og udvendig brug, puds- og cement, gulvplejemidler og væg- og loftsplader. De største restmængder af PCB i Danmark vurderes pt. at være til stede i de elastiske murfuger samt i termoruder.
- I alle lande har det været elementbyggeri af boligblokke, kontorbygninger og uddannelsesinstitutioner, som har været mest undersøgt for PCB, og hvor PCB er mest hyppigt forekommende.
- En- og tofamiliehuse har kun været undersøgt i få tilfælde, men der er alligevel i nogle tilfælde fundet PCB.
- De enkelte landes har en forskelligartet indsats mod PCB. Sverige har som det eneste land en lovpligtig krav om undersøgelse af fuge- og gulvmassen i visse bygninger for PCB og sanering hvis PCB indholdet i fuge- og gulvmassen er over 500 ppm.
- I Danmark vurderes det at være mest relevant at undersøge PCB i indeluft, ind- og udvendige fuger, gulvmasse og udvendig maling i bygninger som boligblokke, erhvervs- og institutionsbygninger af elementbyggeri samt elementbyggede parcel- og rækkehuse bygget af større byggefirmaer i perioden 1956-1976. Desuden er det relevant at undersøge termoruder i alt byggeri fra den kortere periode (1965-1973), hvor PCB/PCT med stor sandsynlighed kan have været anvendt som tætningsmasse.