

Afhjælpningstiltag ved forhøjede PCB-niveauer i indeluften

Februar 2016

Udgivelsesdato : 10. februar 2016
Vores reference : 30.9020.02

Udarbejdet af : Rune Østergaard Haven
Kontrolleret af : Majbrith Langeland

FORORD

Regeringen vedtog i 2011 en handlingsplan for håndtering af PCB i bygninger, indeklima, arbejdsmiljø og affald /1/. Et af handlingsplanens initiativer var at udarbejde konkrete anbefalinger om, hvordan man bedst afhjælper PCB i indeluften og nedbringer PCB-niveauerne til et acceptabelt niveau.

I maj 2011 udgav Erhvervs- og Byggestyrelsen og Socialministeriet 1. udgave af rapporten "Afhjælpningstiltag ved forhøjede PCB-niveauer i indeklimaet" /2/. Rapporten blev udarbejdet af Grontmij (nu Sweco) og omfattede en kortlægning af erfaringer med PCB-afhjælpningstiltag i Danmark og i udvalgte nabolande.

I perioden fra rapportens udgivelse i 2011 og frem til i dag, er der udført og afsluttet et større antal PCB-saneringer i Danmark, og på en del af projekterne er der udført systematisk dokumentation i form af indeluftmålinger før og efter udførelse af de konkrete afhjælpningstiltag. Videns- og erfaringsgrundlaget vedr. afhjælpningstiltag er derfor markant større i dag end i 2011.

Dette projekt har til formål at kortlægge de nyeste erfaringer med PCB-afhjælpningstiltag i Danmark. På baggrund af de kortlagte erfaringer er der opstillet anbefalinger til, hvordan bygningsejere kan håndtere et forhøjet PCB-niveau i indeklimaet.

Projektet er gennemført i perioden fra september 2015 til december 2015. Dataindsamlingsfasen er afsluttet i oktober 2015.

Trafik- og Byggestyrelsen har finansieret projektet, som er gennemført af Sweco, der med baggrund i det den gennemførte dataindsamling har det faglige ansvar for rapporten og sammenfattede anbefalinger.

Rapporten er udarbejdet af Rune Østergaard Haven og Majbrith Langeland, Sweco. Helle Vibeke Andersen, SBI, har kommenteret rapporten.

Projektet har været fulgt af Heidi Mie Hammer og Ersün Züfer, Trafik- og Byggestyrelsen

INDHOLDSFORTEGNELSE		SIDE
1	INDLEDNING OG SAMMENFATNING	3
2	BAGGRUND	6
2.1	Ansvar for gennemførelse af afhjælpningstiltag	6
2.2	Aktionsværdier	7
2.3	Arbejdstilsynets regler og grænseværdier	8
2.4	Forundersøgelser	10
2.5	Afhjælpningstiltag	12
2.6	Dokumentation af afhjælpningstiltag	12
3	DATAGRUNDLAG	14
3.1	Indsamling af data	14
3.2	Præsentation af projekter	15
4	AFHJÆLPNINGSTILTAG	19
4.1	Midlertidige afhjælpningstiltag	20
4.2	Permanente afhjælpningstiltag	32
4.3	Planlagte tiltag når eftermålingerne viser uacceptable PCB-niveauer	46
5	OMKOSTNINGER	49
6	VURDERING OG ANBEFALING	54
7	REFERENCER	58

BILAG 1: Spørgeskema anvendt ved indhentning af data vedr. cases

BILAG 2: Liste over anvendte cases

BILAG 3: Liste over type og koncentration af primære kilder

BILAG 4: Liste over afhjælpningstiltag på de anvendte cases

BILAG 5: Sammenstilling af analyseværdier og udvalgte data for anvendte cases

BILAG 6: Tabel med angivelse af oplysninger om omkostninger

1 INDLEDNING OG SAMMENFATNING

Formålet med projektet har været at indsamle, vurdere og formidle relevant viden og erfaring vedr. afhjælpning af PCB i indeluften i bygninger i Danmark.

Fokus har været på at udpege de metoder og kombination af metoder, som erfaringsmæssigt og med høj grad af sikkerhed kan nedbringe PCB-niveauet i indeluften til et acceptabelt niveau vurderet i forhold til Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdier for PCB i indeluften /4/.

Der er foretaget en omfattende vidensindsamling fra bygningsejere og udvalgte aktører, herunder kommuner, regioner, boligforeninger, rådgivere, entreprenører og leverandører.

Der er indsamlet sagsmateriale vedrørende 56 konkrete projekter, og der er foretaget en systematisk gennemgang af det indsamlede materiale. Ved gennemgangen er der registreret relevante erfaringer fra det konkrete projekt med fokus på PCB i indeluft og afhjælpningstiltag, der dokumenteret kan nedbringe PCB-niveauet i indeluften.

Projektgennemgangen er objektiv og er alene baseret på det datagrundlag, der har været til rådighed på udarbejdelsestidspunktet for dette projekt. Datagrundlaget og rapportens anbefalinger er dermed baseret på det projektmateriale, som bygnings ejere og branchens aktører har fremsendt til brug for projektets gennemførelse.

Af de 56 gennemgåede projekter vurderes 33 projekter at omfatte detaljerede oplysninger om de udførte afhjælpningstiltag, eller anden betydende og relevant viden for branchens vidensniveau om afhjælpning af PCB i indeluft. Disse 33 projekter udgør det primære datagrundlag, som rapportens anbefalinger er baseret på.

De gennemgåede projekter har dannet grundlag for en databehandling og vurdering, og har sammen med det samlede vidensgrundlag, som er præsenteret i denne rapport, skabt udgangspunktet for en række anbefalinger for håndtering af PCB i indeluften fra identifikation til afhjælpning.

Valget af den endelige løsning afhænger i høj grad af den konkrete sag og den specifikke bygning. Det er vigtigt, at man inden valg af afhjælpningsmetoder har gennemført en grundig forundersøgelse i den konkrete bygning.

Ved udførelse af forundersøgelser bør der bl.a. være fokus på den eksponering brugerne af bygningerne er udsat for. Herunder risiko for direkte kontakt til PCB-holdige bygningsdele, indånding af PCB i indeluften og påvirkning fra støvende aktiviteter.

Forundersøgelserne anbefales som minimum at omfatte følgende forhold:

- Detaljeret kortlægning af PCB-kilder – både primære, sekundære og tertiære
- PCB-koncentrationer i indeluften
- Spredningsveje og konstruktionsmæssige forhold
- Luftskifte og ventilationsforhold
- Forhold vedr. rengøring
- Bygningsanvendelse og brugeradfærd

Det anbefales, at der iværksættes midlertidige afhjælpningstiltag med det samme, når man bliver opmærksom på, at PCB-niveauet i indeluften er for højt, indtil man kan gennemføre en varig løsning.

De midlertidige afhjælpningstiltag bør så vidt muligt omfatte:

- Hovedrengøring
- Grundig og hyppig almindelig rengøring
- Systematisk udluftning gennem vinduer og døre
- Optimering af drift og rengøring af eksisterende ventilationsanlæg
- Sænkning af temperatur

De midlertidige afhjælpningstiltag kan også omfatte afdækning eller indkapsling af PCB-kilder med lister, membraner, indkapslingsprodukter eller adsorptionsmaterialer.

Endvidere vurderes luftrensere at kunne anvendes til akut afhjælpning af PCB i udvalgte lokaler eller sektion af bygninger, hvor der ønskes en hurtig sænkning af PCB-koncentrationen i indeluften.

Ved fastlæggelse af den endelige løsning anbefales det, at der tænkes i helhedsløsninger, således at driften af bygningen efter PCB-saneringen optimeres så meget som muligt. Nogle af de ressourcer, der anvendes til PCB-sanering, kan dermed være med til at løse andre eventuelle udfordringer i bygningen, som lavt luftskifte, dårlig belysning osv.

Samlet set vurderes det, at projekter, hvor der gennemføres en kombination af flere forskellige tiltag, giver den største sikkerhed for et tilfredsstillende resultat.

Ved fastlæggelse af afhjælpningsmetoder på en konkret sag, anbefales følgende:

Fjernelse af primære kilder bør så vidt muligt indgå i den endelige løsning og alle PCB-holdige kondensatorer i lysstofarmaturer bør fjernes.

Luftskifte og ventilationsforhold bør som udgangspunkt indgå i overvejelserne om en endelig løsning. Det kan være optimering af eksisterende ventilationsanlæg eller etablering af et nyt moderne ventilationsanlæg.

Det bør overvejes, om det er nødvendigt at fjerne eller på anden vis behandle sekundære og tertiære kilder, for at opnå et tilfredsstillende resultat. Hvis sekundære og tertiære kilder er svært tilgængelige eller af anden grund ikke fjernes, og vurderes at have en afgørende betydning for nedbringelse af indeluftkoncentrationen, kan disse kilder indkapsles eller behandles på anden vis.

Udbagning kan overvejes som supplerende afhjælpningsmetode til behandling af sekundære og tertiære kilder, hvis det er nødvendigt for at nedbringe PCB-koncentrationen til et acceptabelt niveau.

Rengøring, udluftning og sænkning af temperatur kan indgå som en del af den endelige løsning. Alle metoder vurderes at kunne reducere PCB-koncentrationen i indeluften.

Målinger af PCB-koncentrationerne i indeluften er nødvendige for at kunne vurdere, om afhjælpningstiltaget har ført til et acceptabelt PCB-niveau i indeluften.

Anvender man en afhjælpningsmetode, der ikke fjerner PCB fra bygningen, vil der være behov for at følge forløbet over en årrække, for at sikre, at den opnåede effekt er varig. Dette er f.eks. nødvendigt, hvis indkapsling af PCB-kilder indgår i det udførte afhjælpningstiltag.

Det er endvidere vigtigt, at oplysninger om efterladte PCB-kilder indgår i planlægning af bygningens fortsatte drift og vedligehold, således at PCB-holdige bygningsdele håndteres forsvarligt, når der i fremtiden skal udføres rengøring, vedligehold, renovering og lignende.

Omkostningerne forbundet med afhjælpning af PCB i indeluften vurderes at være bygningsspecifikt. Det vurderes dog, at de indhentede oplysninger om omkostninger fra konkrete cases kan anvendes til at estimere et groft skøn over omkostningerne forbundet med afhjælpning af PCB i indeluften i folkeskoler og børneinstitutioner. Omkostningerne kan groft estimeres ud fra følgende ligning.

Omkostninger (kr./m²) = 218 + 2,3 x Gennemsnitlig PCB-koncentration i indeluften (ng/m³).

Det skal understreges, at der vil være tale om et groft skøn og at de faktiske omkostninger vil kunne være væsentlig højere og lavere.

2 BAGGRUND

Dette afsnit indeholder baggrundsviden i forhold til planlægning, gennemførelse, vurdering og dokumentation af afhjælpningstiltag. For generel baggrundsviden om PCB henvises der til beskrivelserne i SBI-anvisningerne nr. 241 og 242. Disse er offentligt tilgængelige på hjemmesiden www.anvisninger.dk.

Med afhjælpningstiltag menes tiltag, der reducerer bygningsbrugernes eksponering for PCB i indeluften. Afhjælpningen kan være permanent tiltag eller midlertidige tiltag, der kan sættes i værk, indtil permanente tiltag til nedbringelse af PCB-niveauet i indeluften gennemføres.

PCB er i Danmark anvendt i byggematerialer i perioden 1950-1977 og i kondensatorer i lysstofarmaturer frem til 1986. Der er desuden viden om, at kondensatorer kan indeholde PCB i mindre mængder helt frem til 2004 /11/. I byggematerialer er PCB bl.a. anvendt i termoruder, maling, elastiske fuger ved vinduer, døre, gulve og beton-elementer /3/.

Erfaringerne viser, at både bygningsdele og kondensatorer med indhold af PCB kan udgøre kilder til et uacceptabelt PCB-niveau i indeluften.

2.1 Ansvar for gennemførelse af afhjælpningstiltag

På PCB-guiden.dk findes der information om PCB i bygninger til borgere, byggevirk-somheder, bygningsejere og kommuner, så de kan finde den information, der er relevant for netop deres målgruppe. Herunder hvilke ansvar de forskellige aktører har i forhold til afhjælpning og håndtering af PCB i indeluften.

Det er bygningsejerens ansvar at sikre, at en bygning ikke er sundhedsfarlig at bo eller opholde sig i, f.eks. som følge af PCB. Dvs. at det er bygningsejer, som er ansvarlig for at gennemføre de nødvendige undersøgelser og at udarbejde en handlingsplan for gennemførelse af afhjælpningstiltag, hvis der findes uacceptable PCB-niveauer i indeluften i en bygning /12/.

Ejer af en bygning, hvor der er offentlig adgang, har ansvaret for, at brugerne af bygningen ikke bliver udsat for PCB-koncentrationer, der medfører en sundhedsrisiko. Ansvaret gælder uanset om bygningen bliver brugt til bolig, privat erhverv, daginstitution, skole, plejehjem, uddannelsesinstitution eller anden brug /12/.

Det er arbejdsgiverens ansvar at sikre, at arbejdsmiljøet er sikkert og sundt. Det indebærer bl.a., at der ikke må være materialer på arbejdspladsen, der afgiver dampe eller støv til arbejdsrummet, så medarbejderne udsættes for sundhedsskadelige påvirkninger /13/.

Hvis der fjernes PCB-holdige bygningsdele i forbindelse med udførelse af afhjælpningstiltag skal byggeaffaldet håndteres og bortskaffes efter særlige retningslinjer /15/. Affaldet skal anmeldes til kommunen inden projektet påbegyndes og anmeldelsen skal indeholde oplysninger om, hvilke typer affald og hvor meget, der vil fremkomme /12/.

2.2 Aktionsværdier

Sundhedsstyrelsens aktionsværdier fremgår af hjemmesiden www.pcb-guiden.dk /4/ og er gengivet i dette afsnit.

PCB eksponeringen i indeluften og helbredsrisikoen bliver vurderet ud fra koncentrationen af PCB målt i ng (nanogram) pr. m³ luft, i relation til Sundhedsstyrelsens anbefalede aktionsværdier.

Ud fra en sundhedsmæssig tilgang er der to centrale indsatsområder for at reducere skadevirkningerne af PCB

1. Minimere udsættelsen for PCB i indeluften med særlig fokus på steder, hvor der er:

- Høj forureningsgrad med PCB i indeluften
- Stor anvendelse af bygningen til ophold
- Hvor der er børn, unge og kvinder i den fødedygtige alder.

2. Sikre, at mest muligt af den tilstedeværende PCB i bygninger behandles forsvarligt som farligt affald, så det ikke senere kommer ud i naturens kredsløb, hvor det kan ende i fødevarerne og dermed udgør en sundhedsrisiko.

Ny viden viser nu klart, at selv ved udsættelse for PCB i indeluften i dele af døgnet vil der ske en akkumulering af specielt lavklorerede PCB-former, og at en sådan udsættelse må anses for sundhedsskadelig, og derfor så vidt muligt bør undgås.

Da PCB i indeluften har vist sig udbredt, kan det være påkrævet at foretage prioriteringer. Sundhedsstyrelsen har i grundlaget for anbefalingerne inkluderet, at der i de undersøgte boliger generelt *ikke* er fundet meget høje koncentrationer, jf. den i 2013 udførte kortlægning af PCB i luften inde i danske bygninger /3/. Samtidig kendes der dog fra særskilte undersøgelser eksempler på nogle boligkomplekser med høje koncentrationer.

Med udgangspunkt i den nyeste viden har Sundhedsstyrelsen opstillet følgende prioriteringer:

Forureningsgrad (beregnet som 5 x PCB ₇)	Anbefalet handling
Over 3.000 ng PCB/m ³ i indeklimaet	<p>Det vurderes, at ophold i længere tid kan være forbundet med en betydende helbredsrisiko, og det må i de fleste sammenhænge betragtes som en nærliggende sundhedsfare.</p> <p>Det anbefales, at der gribes ind med kildefjernelse og/eller forsegling uden unødigt forsinkelse, også i bygninger, som kun anvendes dele af døgnet. Midlertidige afværgeforanstaltninger bør umiddelbart iværksættes. Disse vil sædvanligvis omfatte optimering af ventilation, temperaturregulering og intensiveret rengøring, afpasset efter det aktuelle rengøringsniveau og bygningens brug.</p>
300 – 3.000 ng PCB/m ³ luft	<p>Det må antages, at ophold i længere tid kan medvirke til sundhedsskader. Det anbefales, at der umiddelbart iværksættes midlertidige afværgeforanstaltninger. De midlertidige foranstaltninger vil kun ved lette forureninger kunne forventes at nedbringe niveauet til under 300 ng/m³, hvorfor kildefjernelse og/eller indkapsling ofte vil være påkrævet.</p> <p>I prioriteringen af indsatsen bør følgende indgå:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bygninger, som bruges af børn og yngre, prioriteres. • Bygningernes anvendelsesgrad og grad af forurening med PCB i intervallet 300-3.000 ng/m³ kan indgå. <p>Bygninger, som kun anvendes en del af døgnet, bidrager kun til den enkeltes PCB-belastning svarende til opholdstiden.</p> <p>Bygninger, som anvendes af mange forskellige personer, men i de fleste tilfælde i kort tid for hver enkelt person (f.eks. gangareal og faglokaler i en skole), giver lavere belastning for den enkelte.</p>
Under 300 ng PCB/m ³ i indeklimaet	Der er PCB i bygningen, men udsættelsen vurderes ikke at medføre en betydende forøget helbredsrisiko.

Tabel 1 - Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdier /4/

Sundhedsstyrelsen (ved embedslægen) kan rådgive den kommunale bygningsmyndighed om betydningen af indeklimaets kvalitet for sundheden.

2.3 Arbejdstilsynets regler og grænseværdier

Arbejdstilsynets retningslinjer for PCB fremgår af At-intern instruks IN-9-3, PCB i bygninger /13/.

I instruksen er der bl.a. angivet grænseværdier for PCB ved arbejde i rum forurennet med PCB. Afsnittet herunder er uddrag af instruksen.

Hvis der er konstateret høje værdier af PCB i indeluften, afgives der som udgangspunkt påbud eller vejledning.

Påbuddet eller vejledningen afgives efter en konkret vurdering af blandt andet arbejdstid, niveau af PCB i luften m.m. Nedenstående tabel er vejledende. Det skal bemærkes, at de niveauer, som Arbejdstilsynet anvender, tager udgangspunkt i Sundhedsstyrelsens anbefalinger til aktionsværdier, men er sat i forhold til, at man kun er på arbejde en del af ugens timer.

Den laveste værdi i tabellen svarer således til Sundhedsstyrelsens anbefalinger til aktionsværdier multipliceret med fire, da arbejdstiden ved fuldtidsbeskæftigelse på ugebasis er ca. ¼ af den samlede tid af ugens totale timetal.

Arbejdstilsynets grænseværdi for arbejde med PCB er 10.000 ng/m³ (dog målt over 8 timer). Det accepteres normalt ikke, at denne værdi overskrides andet end kortvarigt og lejlighedsvist.

Koncentrationer ng/m ³	Typisk reaktion
Over 10.000	Der afgives som udgangspunkt et strakspåbud om, at der skal træffes foranstaltninger straks, så koncentrationen sænkes. Der kan vejledes om midlertidige og varige foranstaltninger, der kan bidrage til at sænke niveauet. Foranstaltningerne kan være rengøring, ventilation, temperatursænkning, udskiftning el.lign.
10.000-3.000	Påbud gradueres efter arbejdstiden. Arbejdstilsynet accepterer kun kortvarigt og lejlighedsvist arbejde ved værdier nær de 10.000 ng/m ³ , som er Arbejdstilsynets grænseværdi. Afhængig af arbejdstiden for den enkelte, afgives der som udgangspunkt et påbud med frist om, at der skal træffes foranstaltninger så koncentrationen sænkes. Afhængig af arbejdstiden for den enkelte, antallet af beskæftigede og karakteren af kilden (nem eller vanskelig at fjerne/indkapsle) kan fristen være mellem tre måneder og et år ved fuldtidsarbejde. Der kan vejledes om midlertidige og varige foranstaltninger, der kan bidrage til at sænke niveauet. Foranstaltningerne kan være rengøring, ventilation, temperatursænkning, udskiftning el. lign.
3.000-1.200	Påbud gradueres efter arbejdstiden. Det er arbejdstiden for den enkelte der er relevant. Afhængig af arbejdstiden for den enkelte afgives der som udgangspunkt et påbud med frist om, at der skal træffes foranstaltninger så koncentrationen sænkes. Afhængig af arbejdstiden for den enkelte, antallet af beskæftigede og karakteren af kilden (nem eller vanskelig at fjerne/indkapsle) kan fristen være mellem et og to år ved fuldtidsarbejde. Der kan vejledes om midlertidige og varige foranstaltninger, der kan bidrage til at sænke niveauet. Foranstaltningerne kan være rengøring, ventilation, temperatursænkning, udskiftning el. lign.
Under 1.200	Ingen reaktion.

Tabel 2 - Arbejdstilsynets grænseværdier for PCB i indeklimaet /13/

Hvis midlertidige foranstaltninger, såsom ventilation, rengøring og temperaturstyring har bragt koncentrationerne ned på et lavere niveau, skal du reagere svarende til dette lavere niveau.

2.4 Forundersøgelser

Ved udførelse af tekniske undersøgelser forud for beslutning om gennemførelse af afhjælpningstiltag er det afgørende, at der dannes et robust beslutningsgrundlag for, hvilke metoder der bedst kan afhjælpe forhøjede PCB-niveauer i indeluften i en given bygning.

Det anbefales, at omfanget af nødvendige forundersøgelser altid vurderes for den specifikke bygning og ikke ud fra generelle betragtninger.

Ved udførelse af forundersøgelser bør der bl.a. være fokus på den eksponering brugerne af bygningerne er udsat for. Herunder risiko for direkte kontakt til PCB-holdige bygningsdele, indånding af PCB i indeluften og påvirkning fra støvende aktiviteter ved påvirkning af PCB-holdige bygningsdele.

I nedenstående afsnit er der angivet en række forhold, som bør undersøges og vurderes ved planlægning og gennemførelse af afhjælpningstiltag.

2.4.1 PCB-koncentrationer i indeluften

Hvis der er anvendt PCB-holdige materialer i en bygning, vil der med stor sandsynlighed være PCB i indeluften. Koncentrationen af PCB i indeluften er afhængig af en lang række faktorer, og det er derfor normalt ikke muligt at fastlægge, om der findes uacceptable PCB-koncentrationer i indeluften, uden at der udføres konkrete målinger.

Når der planlægges og udføres målinger af PCB-koncentrationer i indeluften skal man være opmærksom på, at koncentrationerne varierer $1/3$. Variationer skyldes en række forskellige faktorer:

- Bygningsspecifikke forhold som omfang og placering af PCB-kilder samt spredningsveje i bygningskonstruktionen
- Vejræssige forhold og andre udefrakommende påvirkninger, herunder temperatur, vindforhold, barometertryk og solindstråling
- Driftsmæssige forhold som indendørs temperatur, indstilling af ventilation og omfang af rengøring
- Brugerafærd. F.eks. øget manuel udluftning om sommeren

PCB-koncentrationerne varierer både over tid og mellem de forskellige lokaler i bygningen. Det er derfor ofte nødvendigt at udføre målinger i mange forskellige målepunkter fordelt over bygning og på forskellige tider af året, for at opnå et retvisende billede af PCB-koncentrationerne i bygningen.

SBi anvisning 241 angiver, hvordan man undersøger PCB-koncentrationerne i indeluften og de faktorer, der skal tages hensyn til, når målingerne planlægges, udføres og tolkes.

2.4.2 Detaljeret kortlægning af PCB-kilder.

PCB-koncentrationen i alle væsentlige bygningsdele bør være omfattet af kortlægningen. På baggrund af kortlægningen kan der foretages en vurdering af, hvilke PCB-kilder der påvirker PCB-koncentrationen i indeluften.

2.4.3 Spredningsveje og konstruktionsmæssige forhold

Særligt i de tilfælde, hvor PCB-kilden er placeret skjult i konstruktionen eller på udvendig side af klimaskærmen, er det vigtigt at vurdere spredningsvejene til indeluften.

Det kan endvidere være nødvendigt at vurdere en række andre konstruktionsmæssige forhold. F.eks. i hvilken grad det er muligt at fjerne PCB-holdige bygningsdele uden at forringe bygningens stabilitet.

2.4.4 Luftskifte og ventilation

Luftskifte og ventilationsforhold har stor indflydelse på PCB-koncentrationerne i indeluften. Det er derfor vigtigt at fastlægge, hvordan bygningen ventileres, og om det er muligt at optimere på eksisterende ventilationssystemer. Forhold der bør indgå i undersøgelserne omfatter bl.a.:

- Overordnede principper for eksisterende anlæg. F.eks. balanceret ventilation eller mekanisk udsugningsventilation
- Placering af udsugning og indblæsning. Herunder placering i forhold til PCB-kilder
- Type og stand af ventilationsaggregat
- Type og stand af ventilationskanaler
- Faktisk luftskifte fastlagt ved luftskiftemålinger
- Rengøringsstand for ventilationsanlæg

Ved beskrivelse og evaluering af eksisterende ventilationsanlæg kan rapporten "Velfungerende løsninger til ventilationssystemer i skoleklasser" anvendes /16/.

2.4.5 Forhold vedr. rengøring

Det skal fastlægges, om der er ophobet større mængder af støv i bygningen, og hvordan rengøringsrutinerne er fastlagt. Herunder præcist hvordan rengøringsrutinerne er beskrevet og udføres samt om lokalerne er indrettet eller anvendes på en måde som hindrer effektiv fjernelse af støv i forbindelse med rengøring.

2.4.6 Bygningsanvendelse og brugeradfærd

For at kunne udarbejde en risikovurdering er det nødvendigt at have viden om, hvilke anvendelser og brugeradfærd, der er i den konkrete bygning og i de forskellige bygningssektioner, herunder forhold som:

- Hvem anvender bygningen
- Er der offentlig adgang til bygningen
- Opholdstider for de forskellige brugergrupper
- Opholdstider for de enkelte lokaler

2.5 Afhjælpningstiltag

Der skelnes mellem midlertidige afhjælpningstiltag og permanente afhjælpningstiltag. De midlertidige tiltag iværksættes typisk med det samme, når man bliver opmærksom på, at PCB-niveauet i indeluften er for højt og fortsættes, indtil man kan gennemføre en varig løsning. Anbefalingen om iværksættelse af midlertidige afhjælpningstiltag fremgår bl.a. af Sundhedsstyrelsens anbefalinger ved konstatering af PCB-koncentrationer i intervallet 300-3.000 ng/m³ /3/.

Der er ikke nogen skarp opdeling mellem, hvilke tiltag der kan udføres som midlertidige tiltag, og hvilke der kan udføres som permanente tiltag. F.eks. er øget luftskifte og indkapsling af PCB-holdige bygningsdele ofte både en del af de midlertidige tiltag og de permanente tiltag.

Følgende afhjælpningsmetoder anvendes ofte som midlertidige afhjælpningstiltag:

- Hovedrengøring
- Grundigere og hyppigere almindelig rengøring
- Systematisk udluftning gennem vinduer og døre
- Optimering af drift og rengøring af eksisterende ventilationsanlæg
- Simpel afdækning af PCB-holdige fuger med f.eks. lister eller offerfuger
- Indkapsling af PCB-holdige bygningsdele
- Sænkning af temperatur
- Opsætning af luftrensere
- Opsætning af adsorptionsmaterialer så som tapet med indhold af aktivt kul

Permanente afhjælpningstiltag er tiltag, som varigt og med høj grad af sikkerhed reducerer PCB-koncentrationerne i indeluften til et acceptabelt niveau.

Følgende afhjælpningsmetoder anvendes ofte som permanente afhjælpningstiltag:

- Fjernelse af primære PCB-kilder
- Fjernelse af sekundære og tertiære PCB-kilder
- Fjernelse af PCB-holdige kondensatorer i lysstofarmaturer
- Øget luftskifte ved ventilation
- Termisk behandling (udbugning)
- Indkapsling af PCB-holdige bygningsdele
- Tætning af spredningsveje og opbygning af fysiske barrierer
- Udtrækning og kemisk nedbrydning

I afsnit 4 af denne rapport er der en detaljeret beskrivelse af de mulige afhjælpningsmetoder og erfaringerne med anvendelse af disse.

2.6 Dokumentation af afhjælpningstiltag

Målinger af PCB-koncentrationerne i indeluften er nødvendige for at kunne vurdere, om afhjælpningstiltaget har ført til et acceptabelt PCB-niveau i indeluften.

Dokumentation af afhjælpningstiltag har to overordnede formål /8/.

1. Vurdering af, om der er opnået et acceptabelt PCB-niveau i indeluften
2. Vurdering af effekten i forhold til PCB-niveauet før gennemførelse af afhjælpningstiltag

Ved fastlæggelse af et acceptabelt PCB-niveau kan Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdier anvendes /3/. Endvidere kan Arbejdstilsynets grænseværdier anvendes, når der er tale om arbejdspladser /13/. I den resterende del af rapporten er Sundhedsstyrelsens aktionsværdier generelt anvendt som grundlag for vurdering, da disse er generelt gældende, mens Arbejdstilsynets grænseværdier kun finder anvendelse på arbejdspladser.

For at kunne sammenligne med Sundhedsstyrelsens aktionsværdier anbefales det, at målingerne i så stor udstrækning som muligt afspejler eksponeringen af PCB for bygningens brugere. Det indebærer bl.a., at målingerne udføres under normal drift og anvendelse af bygningen /8/.

For at kunne vurdere effekten af de udførte afhjælpningstiltag er det nødvendigt at kende PCB-koncentrationen i indeluften før og efter udførelse af tiltagene. Ved sammenligning af før- og eftermålinger skal man være opmærksom på, at koncentrationerne varierer pga. de fysiske forhold og bygningens anvendelse /3/. For at opnå sammenlignelige resultater af før- og eftermålinger er det derfor nødvendigt, at udføre målingerne under ens målebetingelser. I praksis kan det være vanskeligt at opnå fuldstændigt samme målebetingelser ved forskellige målerunder, så det kan være nødvendigt at foretage en vurdering af effekten af ændrede målebetingelser, når resultaterne af forskellige målerunder sammenlignes.

I SBI-anvisning 241 om undersøgelse og vurdering af PCB i bygninger er der givet konkrete anbefalinger til udførelse af indeluftmålinger før og efter udførelse af afhjælpningstiltag. Antallet af målinger er en skønssag, men der skal som udgangspunkt måles mindst 2 steder. F.eks. 2 steder i en lejlighed og 2 til 3 steder i et parcelhus. I større bygning måles 5 eller flere steder /17/.

Der bør foretages flere målerunder, således at forskellige driftssituationer og variationer over tid afdækkes /17/.

Anvender man en metode, der ikke fjerner PCB fra bygningen, vil der være behov for at følge forløbet over en årrække, for at sikre, at den opnåede effekt er varig /17/.

Det er endvidere vigtigt, at oplysninger om efterladte PCB-kilder indgår i planlægning af bygningens fortsatte drift og vedligehold, således at PCB-holdige bygningsdele håndteres forsvarligt, når der i fremtiden skal udføres rengøring, vedligehold, renovering og lignende.

3 DATAGRUNDLAG

3.1 Indsamling af data

I dataindsamlingsfasen er der indsamlet sagsmateriale vedrørende konkrete projekter, hvor der er foretaget afhjælpning af forhøjede PCB-niveauer i indeluften. Dels er der foretaget en opfølgning på de projekter, som udgjorde datagrundlaget ved udarbejdelse af 1. udgave af rapporten i 2011. Dels er der indsamlet materiale om nye projekter fra bygningsejere og andre aktører, som typisk er involveret i afhjælpningsprojekter. Følgende typer aktører har bidraget til projektets datagrundlag:

- Kommuner
- Byggestyrelsen (Staten)
- Forsvaret
- Almene boligorganisationer
- Rådgivende ingeniørfirmaer
- Entreprenører
- Leverandører af tekniske løsninger og produkter

De konkrete aktører er udvalgt, da de har været involveret i et stort antal projekter vedr. afhjælpning af PCB i indeluft. Det vurderes, at de kontaktede aktører repræsenterer langt størstedelen af de projekter, der er gennemført inden for området i Danmark. Det kan dog ikke afvises, at der findes andre aktører i markedet, som kunne have bidraget til projektet. De potentielle bidragsydere er kontaktet pr. mail og/eller telefon vedr. mulige bidrag til projektet.

Det indhentede sagsmateriale består typisk af rapporter, notater, mails med uddybende oplysninger, referater af møder, byggregnskaber og lignende. I nogle tilfælde er der foretaget telefoninterview for indsamling af supplerende oplysninger.

Totalt set er der i dataindsamlingsfasen modtaget materiale vedr. 56 konkrete projekter. De 56 projekter vurderes at repræsentere et bredt udsnit af udførte projekter for afhjælpning af PCB i indeluften i Danmark.

For hvert projekt er der foretaget en projektgennemgang, hvor en række oplysninger er registreret med fokus på de udførte afhjælpningstiltag og dokumentation af effekten. I bilag 1 er der vedlagt en samlet liste over de data der er indsamlet oplysninger om.

Projektgennemgangen er objektiv og er alene baseret på det datagrundlag, der har været til rådighed på udarbejdelsestidspunktet for dette projekt. Datagrundlaget og rapportens anbefalinger er dermed baseret på det projektmateriale, som bygningsejere og branchens aktører har fremsendt til brug for projektets gennemførelse.

Det kan ikke afvises, at der for de anvendte projekter kan eksistere yderligere materiale, som ikke har været til rådighed for projektets udførelse.

Af de 56 gennemgåede projekter vurderes 33 at omfatte detaljerede oplysninger om de udførte afhjælpningstiltag eller anden betydende og relevant viden for branchens vidensniveau om afhjælpning af PCB i indeluft. Disse 33 projekter udgør det primære datagrundlag, som rapportens anbefalinger er baseret på.

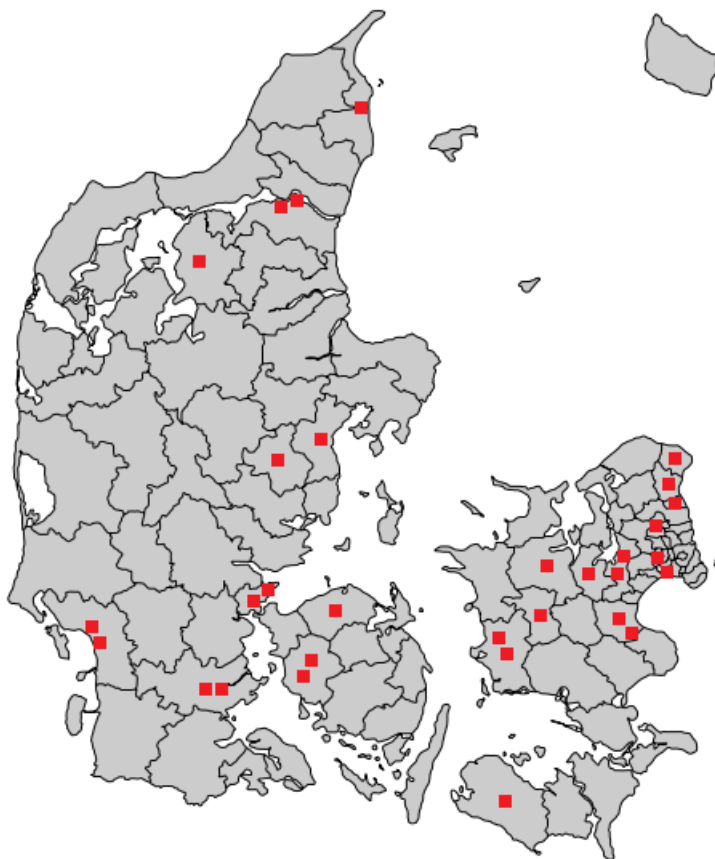
Af de 56 gennemgårede projekter er 23 projekter frasorteret pga. manglende data-grundlag. F.eks. pga. manglende før- og eftermåler i indeluften eller fordi der ikke er gennemført egentlige afhjælplingstiltag.

En aktør har bidraget med to projekter, men ønsker at være anonym. De to projekter anvendes derfor i anonymiseret form.

3.2 Præsentation af projekter

Bilag 2 indeholder en liste over de 33 projekter med angivelse af udvalgte stamdata. Det fremgår endvidere, hvilke af de anvendte cases der indgik i afhjælplingstiltag rapporten fra 2011.

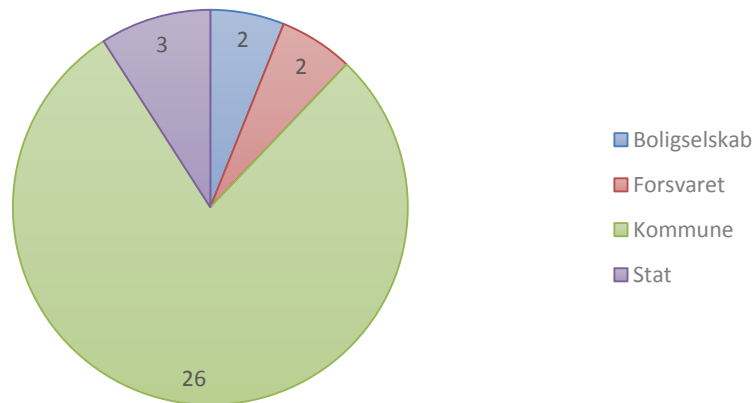
Den geografiske fordeling af de 33 projekter er vist i figur 1.



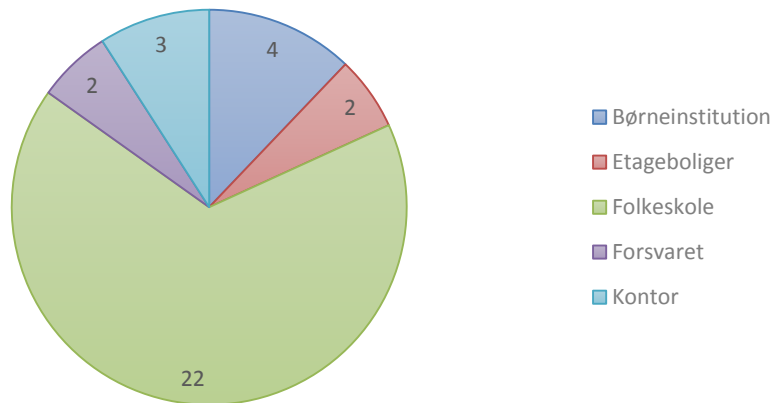
Figur 1 - Geografisk fordeling af de 33 projekter. Hvert projekt er repræsenteret med en rød prik placeret i den kommune, hvor projektet er gennemført. To anonymiserede projekter er ikke placeret på kortet.

Som det fremgår af figur 1, er de anvendte projekter jævnt fordelt over landet. Dog er region Midtjylland relativt svagt repræsenteret med kun to projekter.

Ejerforhold og anvendelse af de omfattede bygninger fremgår af figur 2 og 3.



Figur 2 - Ejerforhold for de anvendte projekter



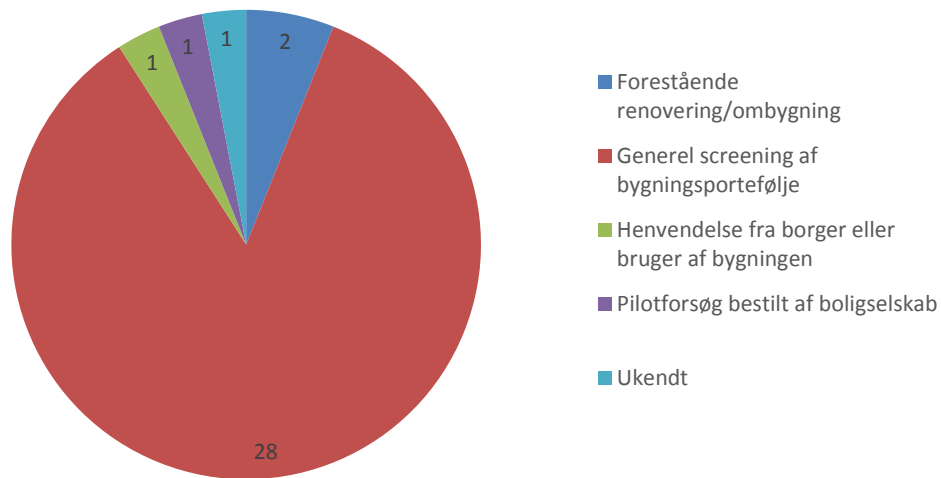
Figur 3 - Anvendelse af bygninger i de anvendte projekter

Som det fremgår af figur 2 og 3 udgøres de anvendte projekter af 31 offentligt ejede bygning og 2 bygninger ejet af boligselskaber.

22 projekter omfatter folkeskoler, mens de resterende 11 projekter omfatter børneinstitutioner, etageboliger, kontorer og forsvarets bygninger.

Det indsamlede datagrundlaget er dermed baseret på en stor overvægt af offentligt ejede bygninger og i særdeleshed folkeskoler, som udgør 2/3 af de anvendte projekter. Dette vurderes at have flere årsager. Ved den nationale kortlægning af PCB i 2013 blev der påvist en højere forekomst af PCB i skoler end i andre offentlige bygninger /3/. I mange kommuner har man valgt at fokusere undersøgelses- og afhjælpningsindsatsen på bygninger, hvor der opholder sig børn og unge. Dette er i overensstemmelse med Sundhedsstyrelsens anbefalinger om, at bygninger, som bruges af børn og yngre, bør prioriteres /4/. Endvidere udviser de offentlige bygningsejere normalt stor villighed til at dele erfaringerne og projektmateriale.

Motivationen for udførelse af afhjælpningstiltag for de 33 projekter fremgår af figur 4.



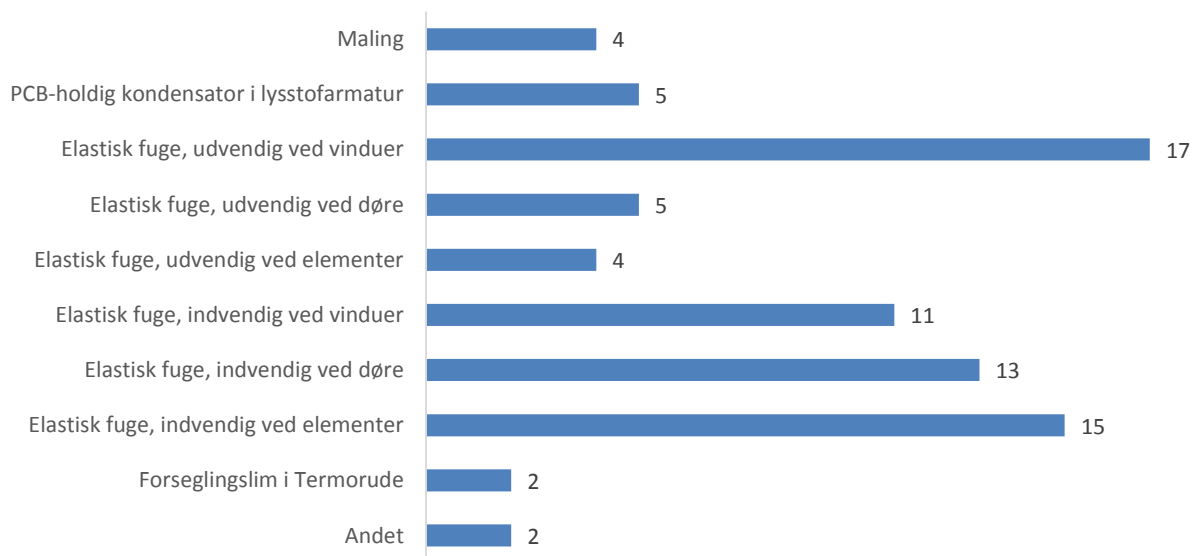
Figur 4 - Motivation for udførelse af afhjælpningstiltag

Som det fremgår af figur 4 er de udførte afhjælpningstiltag i 28 ud af 33 tilfælde motiveret i en generel screening af bygningsporteføljen.

Generelle screeninger af større bygningsporteføljer er i Danmark udført af mange kommuner og flere af de større almenyttige boligselskaber. Det fremgår af datagrundlaget, at disse generelle screeninger er den hyppigste årsag til, at der iværksættes afhjælpende foranstaltninger.

I bilag 3 er der vedlagt en samlet liste med angivelse af målte PCB-koncentrationer i primære kilder i de anvendte projekter.

I figur 5 er det angivet, hvor mange gange hver type primær PCB-kilde totalt set er tilstede i de 33 projekter. Det samlede antal er over 33, da bygningerne ofte indeholder mere end én type primær PCB-kilde.



Figur 5 – Opgørelse over tilstedeværelsen af primær PCB-kilde i de 33 projekter

Det fremgår af figur 5, at elastiske fuger generelt er den hyppigst forekommende primære kilde i de anvendte projekter. Både placeret ind- og udvendigt ved vinduer, døre og elementer. Dette er i overensstemmelse med resultaterne i kortlægningsrapporten fra 2013 /3/, hvor de højeste koncentrationer af PCB i indeluften blev konstateret i bygninger med elastiske fuger som primære PCB-kilder.

4 AFHJÆLPNINGSTILTAG

I dette afsnit er der foretaget en gennemgang af mulige afhjælpningstiltag og en vurdering af data fra de anvendte projekter. I bilag 4 er der vedlagt en samlet liste over udførte afhjælpningstiltag på de 33 projekter. Da beskrivelsen af de udførte afhjælpningstiltag er baseret på det indsamlede materiale er detaljeringsniveauet i beskrivelserne varierende.

Ved 5 af de anvendte projekter er der udført og dokumenteret to forskellige kombinationer af afhjælpningstiltag. Der er dermed totalt set informationer om 38 afhjælpningstiltag/kombinationer af afhjælpningstiltag. I den fortsatte databehandling omtales de 38 forskellige afhjælpningstiltag/kombinationer af afhjælpningstiltag som cases.

Vurderingen af effekten af de udførte tiltag er baseret på resultater af før- og eftermålinger af PCB-koncentrationer i indeluften foretaget i forbindelse med de konkrete projekter. Der er en vis usikkerhed forbundet med at sammenligne resultater af før- og eftermålinger, idet der kan være forskel på målebetingelser ved de udførte målerunder. Sammenligning af resultater af før- og eftermålinger vurderes dog som den bedste og mest objektive metode til vurderingen af effekten af de udførte tiltag.

Hvis de udførte afhjælpningstiltag kun vedrører enkelte sektioner eller enkelte lokaler i en bygning er der kun anvendt måleresultater for de relevante dele af bygningen.

For en række af de anvendte cases er der foretaget flere målerunder før udførelse af afhjælpningstiltag. I disse tilfælde indgår alle analyseresultaterne fra de udførte målerunder som datagrunde for førmålinger.

For en række af de anvendte cases er der foretaget flere runder eftermålinger som dokumentation af effekten over en længere tidsperiode efter udførelse af afhjælpningsprojektet. I de tilfælde, hvor der er væsentlige forskelle mellem resultaterne af flere runder af eftermålinger, er den sidst udførte målerunde anvendt som datagrundlag for eftermålinger. I de tilfælde, hvor flere målerunder giver resultater i samme koncentrationsinterval, er alle måleresultater anvendt som datagrundlag for eftermålinger.

I bilag 5 er der vedlagt en sammenstilling af analyseværdier og udvalgte data for de 38 cases. Sammenstillingen er angivet på tabelform og der er foretaget en opdeling i cases vedr. midlertidige afhjælpningstiltag og cases vedr. permanente afhjælpningstiltag. Bilag 5 omfatter også en samlet grafisk sammenstilling af alle anvendte måledata for luftmålinger før og efter afhjælpning for hver enkelt case.

Måleværdierne for PCB i indeluften er angivet som den totale koncentration af PCB i indeluften som ng/m³. Ved den statistiske databehandling er der anvendt en værdi på nul, når analyseresultatet er angivet til ikke påvist (i.p.).

4.1 Midlertidige afhjælpningstiltag

I de følgende afsnit er der foretaget en gennemgang af midlertidige afhjælpningsmetoder. For hver metode er der foretaget en generel beskrivelse af metoden og derefter er der foretaget en gennemgang af data fra de anvendte cases.

4.1.1 Rengøring

Rengøring kan normalt iværksættes med kort varsel og omfatter tiltag, som nedbringer eksponeringen for PCB bundet til støv.

Rengøring som tiltag kan omfatte grundig hovedrengøring, ændring på frekvens og omfang af normal rengøring samt specialrengøring af ventilationsanlæg og lignende.

Endvidere kan bygningens indretning og anvendelse gøres mere rengøringsvenlige. F.eks. ved minimering af mængden af inventar og diverse oplag, som er vanskeligt at rengøre.

For en objektiv vurdering af rengøringskvaliteten kan der anvendes flere forskellige metoder. Dansk Standard INSTA 800 beskriver et system til fastlæggelse og vurdering af rengøringskvalitet /9/. Arbejds miljøinstituttet (AMI) har beskrevet en metode til måling af rengøringskvaliteten baseret på et bærbart instrument (BM-Dustdetector) /10/.

Rengøringspersonalets arbejde skal være planlagt, tilrettelagt og udføres forsvarligt og det skal sikres, at der anvendes passende værnemidler i forhold til de konkrete forhold i bygningen /15/.

Rengøring i forbindelse med reoverings- eller nedrivningsarbejde anses ikke som et egentligt afhjælpningstiltag, men som en integreret del af udførelse af arbejdet.

I tabel 3 er der foretaget en opsummering af data fra de tre cases, hvor der er foretaget rengøring som midlertidigt afhjælpningstiltag.

Casenummer	4	25	32-1
Midlertidigt (M) / permanent (P)	M	M	M
Fysisk fjernelse af primære kilder			
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder			
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer			
Indkapsling af primære kilder			
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder			
Termisk metode (udbagning)			
Ventilation	x		
Rengøring	x	x	x
Udluftning			x
Luftrensning			
Sænkning af temperatur	x		
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)			
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	2	2	8
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	6.342	870	2.391
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	2	2	106
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	1.405	680	1.088
Reduktion i PCB-koncentration i %	78	22	54
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	1 mdr.	1 mdr.	3 år og 8 mdr.

Tabel 3 - Case som indeholder data vedr. rengøring

I case 25 er rengøring udført som det eneste afhjælpningstiltag. Her er der opnået en relativt beskedne reduktion i den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 870 ng/m³ til 680 ng/m³. I denne case har det været nødvendigt at gennemføre 2 grundige rengøringsrunder for at opnå det fastlagte succeskriterie jf. valgte succeskrav opstillet efter Dansk Standard INSTA 800. Måling af rengøringsniveauet er udført ved anvendelse af en BM-Dustdetector. Ved brug af denne metode er der opnået en reduktion på 22%, hvor eneste afhjælpningstiltag har været rengøring.

For to cases (4 og 32-1) er der konstateret relativt høje PCB-koncentrationer på hhv. 6.342 og 2.391 ng/m³ før udførelse af de midlertidige afhjælpningstiltag. I begge tilfælde er rengøring kombineret med andre afhjælpningstiltag og det er derfor ikke muligt at vurdere den isolerede effekt af rengøring for disse cases.

I case 4 er der udført en kombination af øget luftskifte ved ventilation, rengøring og sænkning af temperatur. Der er opnået en reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 6.342 ng/m³ til 1.405 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³.

I case 32-1 er der udført en kombination af rengøring og udluftning. Der er opnået en reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 2.391 ng/m³ til 1.088 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³.

På baggrund af datagrundlaget vurderes det, at rengøring har en vis effekt på PCB-koncentrationen i indeluften og bør indgå i de midlertidige tiltag.

4.1.2 Øget luftskifte

Når luftskiftet øges, påvirker det PCB-koncentrationen i indeluften næsten omgående /17/, og metoden anbefales som et umiddelbart afhjælpningstiltag efter identifikation af forhøjede koncentrationer af PCB i indeluften /8/. Et øget luftskifte vil dog samtidigt øge fordampningen fra visse kilder og det er således ikke entydigt, hvor meget et øget luftskifte vil påvirke koncentrationen af PCB i indeluften /17/.

Flere forskellige relativt simple og hurtige metoder kan anvendes til at etablere et øget luftskifte som en del af et midlertidigt afhjælpningstiltag. Det kan f.eks. være ved:

- Systematisk udluftning ved åbning af vinduer og døre
- Øget naturligt luftskifte. F.eks. ved åbning af ventiler og spjæld i ydermure, vinduer og døre
- Optimeret drift af eksisterende mekanisk ventilation

Systematisk udluftning kan f.eks. indføres som en fast rutine på faste klokkeslæt. F.eks. i forbindelse med frikvarterer på skoler. Det kræver dog en høj grad af involvering og engagement fra bygningens brugere og/eller servicepersonale, hvis de fastlagte rutiner skal overholdes.

Hvis der findes ventiler eller spjæld i ydervægge, vinduer og døre kan disse åbnes. Det kan dog være svært at kontrollere, om klapperne bliver lukket af bygningens brugere. F.eks. hvis der opleves trækgener eller lave temperature indendørs.

I de tilfælde, hvor der findes et eksisterende mekanisk ventilationsanlæg i bygningen vil det i nogle tilfælde være muligt at reducere PCB-koncentrationerne ved en optimeret drift af anlægget. Optimeret drift kan f.eks. omfatte et øget luftskifte eller øget driftstid for anlægget.

Der er eksempler på, at øget ventilation eller ændrede trykforhold har forøget PCB-indholdet i indeluften /8/. Hvor der er PCB i udvendige fuger, skal det undgås, at luften trækker PCB ind gennem klimaskærmen til indeluften./8/.

Hvis ventilationsanlægget er forurennet med PCB-holdigt støv kan recirkulation bidrage til en højere koncentration i lokalet /8/. Det bør derfor overvejes, om der skal foretages en rengøring af eksisterende ventilationsanlæg- og kanaler.

I tabel 4 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er foretaget øget luftskifte som midlertidigt afhjælpningstiltag.

Casenummer	4	18	26-2	32-1
Midlertidigt (M) / permanent (P)	M	M	M	M
Fysisk fjernelse af primære kilder				
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder				
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer				
Indkapsling af primære kilder				
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder				
Termisk metode (udbagning)				
Ventilation	x	x	x	
Rengøring	x			x
Udluftning		x		x
Luftrensning				
Sænkning af temperatur	x	x		
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)		1.293		
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	2	7	2	8
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	6.342	2.429	535	2.391
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	2	5	8	106
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	1.405	816	465	1.088
Reduktion i PCB-koncentration i %	78	66	13	54
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	3 år og 8 mdr.

Tabel 4 – Case som indeholder data vedr. indkapsling af primære kilder

I case 26-2 er ventilation udført som det eneste afhjælpningstiltag. Her er der opnået en relativt beskedne reduktion i den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 535 ng/m³ til 465 ng/m³.

I tre cases er øget luftskifte udført i kombination med andre tiltag og det er derfor ikke muligt at vurdere den isolerede effekt af øget luftskifte på disse cases.

I case 18 er der udført en kombination af øget luftskifte ved ventilation og udluftning samt sænkning af temperatur. Der er opnået en væsentlig reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 2.429 ng/m³ til 816 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³.

I case 32-1 er der udført en kombination af rengøring og udluftning. Der er opnået en væsentlig reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 2.391 ng/m³ til 1.088 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³.

I case 4 er der udført en kombination af øget luftskifte ved ventilation, rengøring og sænkning af temperatur. Der er opnået en væsentlig reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 6.342 ng/m³ til 1.405 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³.

Samlet set vurderes det, at effekten af øget luftskifte er meget specifikt for den enkelte bygning. Herunder hvordan luftskifte og ventilationsforhold er i bygningen før udførelse af afhjælpningstiltag.

Det vurderes, at luftskifte og ventilationsforhold altid bør vurderes detaljeret, når der planlægges afhjælpningstiltag i en konkret bygning. I de tilfælde, hvor det er praktisk muligt, bør eksisterende ventilationsanlæg optimeres og der bør iværksættes simple tiltag for at øge luftskiftet, f.eks. ved systematisk udluftning. Ved etablering af et øget luftskifte skal det sikres, at der ikke sker en øget spredning af PCB fra kilder i facaden, f.eks. elastiske vinduesfuger, til indeluften.

4.1.3 Luftrensning

Luftrensere kan opsættes med kort varsel og kan derfor anvendes som midlertidigt afhjælpningstiltag. Ved anvendelse af luftrensere med aktivt kulfilter kan PCB fjernes kontinuerligt, og koncentrationen af PCB i indeluften reduceres. Effekten af luftrensere afhænger af flowet gennem filteret og filterets effektivitet /2/.

Efter en periode vil kulfiltret være mættet med PCB og det skal udskiftes for at opretholde luftrenseren effektivitet. Ved udskiftningen af kulfiltre skal der anvendes værnemidler og tages særlige forholdsregler, så der ikke sker spredning af PCB til omgivelserne. Brugte kulfiltre skal håndteres som farligt affald og må f.eks. ikke opbevares indendørs, da den PCB der er opsamlet på filtret kan frigives og spredes til omgivelserne igen.

Generelle erfaringer omkring mobile luftrensere blev beskrevet ved udarbejdelse af rapporten vedr. afhjælpningstiltag i 2011 /2/:

- Der skal anvendes mange luftrensere for at give en betydende påvirkning af indeluften
- Giver støjgener for brugerne
- Bør kun anvendes som en midlertidig løsning
- Integreret kulfilter skal vedligeholdes
- Psykologisk påvirkning af brugere ved opstilling af luftrensere
- Det bør kontrolleres at luftrensere har været i drift hele den forventede periode.

Der findes flere leverandører af luftrensere med aktivt kulfilter i Danmark. Det vides, at bl.a. Østergaard Filter og TWO Teknik kan levere luftrensere beregnet til afhjælpning af PCB i indeluft.

I tabel 5 er der foretaget en opsummering af data fra en case, hvor der er foretaget luftrensning som midlertidigt afhjælpningstiltag.

Casenummer	17
Midlertidigt (M) / permanent (P)	M
Fysisk fjernelse af primære kilder	
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer	
Indkapsling af primære kilder	
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	
Termisk metode (udbugning)	
Ventilation	
Rengøring	
Udluftning	
Luftrensning	x
Sænkning af temperatur	
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m²)	168
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	4
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m³)	4.250
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	10
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m³)	2.910
Reduktion i PCB-koncentration i %	32
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af ef-termålinger	ca. 1 år og 6 mdr.

Tabel 5 - Case som indeholder data vedr. luftrensning

I case 17 er luftrensning udført som det eneste afhjælpningstiltag. Her er der opnået en reduktion i den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 4.250 ng/m³ til 2.910 ng/m³. Den gennemsnitlige PCB-koncentration er altså reduceret til et gennemsnitligt niveau lige under Sundhedsstyrelsens højeste aktionsværdi på 3.000 ng/m³.

I forbindelse med udførelse af luftmålingerne i case 17, blev der også udført målinger af PCB i indsugnings- og udblæsningsluften fra luftrenseren. En uge efter opsætning blev der målt 3.500 ng/m³ i indsugningsluften og intet indhold af PCB i udblæsningsluften. Efter 3 måneder og 2 ugers drift blev der målt 1.900 ng/m³ i indsugningsluften og 41 ng/m³ i udblæsningsluften. På den konkrete case blev det besluttet at udskifte filtre hver 3. måned.

I 2011 blev erfaringerne fra to konkrete cases vurderet og der blev i begge tilfælde opnået en reduktion i PCB-koncentrationerne på ca. 50% /2/.

Det vurderes, at der kan opnås en vis reduktion af PCB-koncentrationen i indeluften ved anvendelse luftrensere. På baggrund af de opnåede erfaringer vurderes det, at der kan opnås en reduktion på op til 50%.

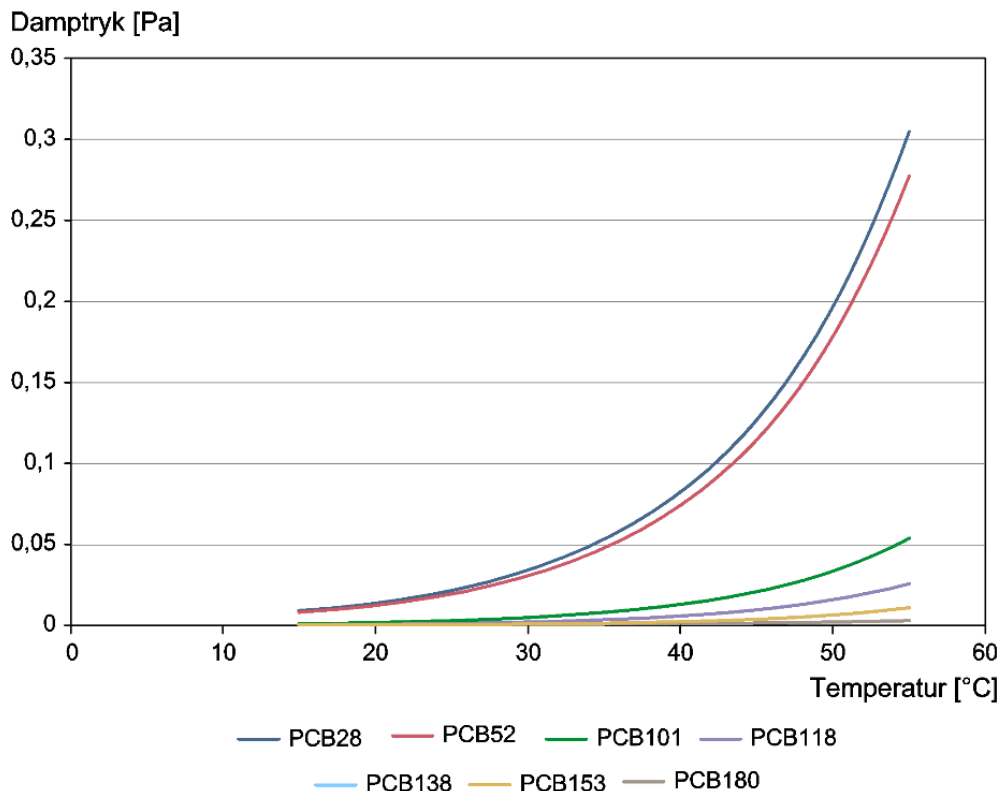
Tiltaget vurderes egnet til akut afhjælpning af PCB i udvalgte lokaler eller sektion af bygninger, hvor der ønskes en hurtig sænkning af PCB-koncentrationen i indeluften. Der kan dog ikke forventes en reduktion til et niveau under Sundhedsstyrelsens aktionsværdi på 300 ng/m³, hvis PCB-koncentrationerne er væsentligt over 600 ng/m³.

Der er drift og vedligehold forbundet med anvendelse af luftrensere og filtre skal løbende udskiftes. Det vurderes derfor, at tiltaget ikke er umiddelbart egnet som permanent afhjælpningstiltag. Ved permanent afhjælpning, hvor løsningen skal være i drift over en længere periode anbefales det, at der foretages en vurdering af, om passiv tilførsel af udeluft, simpel mekanisk ventilation, eller lignende kan erstatte anvendelsen af luftrensere.

4.1.4 Sænkning af temperatur

Emissionen fra PCB-holdige byggematerialer stiger med stigende temperatur, da damptrykket er temperaturafhængigt /8/.

Temperaturafhængigheden fremgår af nedenstående figur, som viser damptrykket for syv PCB-kongener som funktion af temperaturen.



Figur 6 - Afhængighed mellem damptrykket for de syv indikatorkongener og temperaturen, figur fra SBI-anvisning 242 /8/.

Hvis de PCB-holdige kilder er placeret indvendigt i en bygning, vil temperaturen i kilden i mange tilfælde følge temperaturen i indeluften i bygningen. Ved sænkning af temperaturen vil afdampningen reduceres, og der vil kunne opnås en lavere ligevægtskoncentration i indeluften /2/.

Temperaturen i PCB-kilden kan dog også være påvirket af andre forhold så som solindstråling og påvirkning fra varmekilder i bygningen.

PCB-kilderne er placeret i bygningens klimaskærm, kan der opstå væsentlige forskelle mellem temperaturen indendørs i bygning og temperaturen i PCB-kilden. Eksempelvis vil fuger omkring vinduer og døre i mange tilfælde være påvirket af udedørstemperaturen. I sådanne tilfælde kan indelufttemperatur være af mindre betydning for emissionen af PCB fra kilderne.

Temperaturen kan f.eks. sænkes ved indstilling af radiatorer og andre varmekilder i bygningen, ved anvendelse af aircondition eller ved tilførsel af kølig udeluft til bygningen. Solafskærmning kan anvendes for at hindre opvarmning af PCB-kilderne og kan også mindske den generelle opvarmning af bygningen som følge af solindstråling.

Sænkning af temperatur kræver i nogle tilfælde involvering af bygningens daglige brugere og servicepersonale. Hvis temperatursænkningen er opnået ved en ændret indstilling af termostater på radiatorer er der en risiko for, at bygningens brugere skruer op for temperaturen igen, hvis temperaturen opleves for lav. Hvis temperatursænkningen opnås ved tilførsel af udeluft, kan der opstå gener som oplevelse af træk, hvilket kan medføre, at bygningens brugere tildækker ventilationsriste og -ventiler.

I tabel 6 er der foretaget en opsummering af data fra to cases, hvor der er foretaget sænkning af temperatur som midlertidigt afhjælpningstiltag.

Casenummer	4	18
Midlertidigt (M) / permanent (P)	M	M
Fysisk fjernelse af primære kilder		
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder		
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer		
Indkapsling af primære kilder		
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder		
Termisk metode (udbagning)		
Ventilation	x	x
Rengøring	x	
Udluftning		x
Luftrensning		
Sænkning af temperatur	x	x
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)		1.293
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	2	7
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	6.342	2.429
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	2	5
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	1.405	816
Reduktion i PCB-koncentration i %	78	66
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	1 mdr.	1 mdr.

Tabel 6 – Cases som indeholder data vedr. sænkning af temperatur

I begge cases er sænkning af temperatur udført i kombination med andre tiltag, og det er derfor ikke muligt at vurdere den isolerede effekt af temperatursænkningen.

I case 18 er der udført en kombination af øget luftskifte ved ventilation og udluftning samt sænkning af temperatur. Der er opnået en reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 2.429 ng/m³ til 816 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³. Temperaturen registreret ved udførelse af førmålinger er i intervallet 25,1 – 27,3 ° C. Temperaturen registreret ved udførelse af eftermålinger er i intervallet 21 - 23,8 ° C. Der er dermed opnået en reduktion i temperaturen på ca. 4° C.

I case 4 er der udført en kombination af øget luftskifte ved ventilation, rengøring og sænkning af temperatur. Der er opnået en væsentlig reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 6.342 ng/m³ til 1.405 ng/m³. Tiltaget har dog ikke nedbragt koncentrationen til et acceptabelt PCB-niveau, når der sammenlignes med Sundhedsstyrelsens vejledende aktionsværdi på 300 ng/m³. Temperaturen registreret ved udførelse af førmålinger er i intervallet 20 - 26° C. Der er ikke angivet temperatur i forbindelse med udførelse af eftermålinger.

For bygninger med en indelufttemperatur væsentligt over 22° C vurderes det, at der i mange tilfælde kan opnås en væsentlig effekt ved at sænke temperaturen i indeluften til et niveau på 20-22° C. Endvidere bør det hindres, at der sker en opvarmning af PCB-kilder pga. solindstråling eller pga. påvirkning fra varmekilderne i bygningen. Hvis PCB-kilderne er placeret i facaden kan en sænkning af temperaturen i indeluften have mindre indflydelse på afdampningen. I sådanne tilfælde kan der i stedet fokuseres på tætning af spredningsvejene fra kilden til indeluften (se mere i afsnit 4.1.7).

Temperaturen i indeluften kan være vanskelig at kontrollere hele året rundt og visse typer tiltag kræve en høj grad af involvering af bygningens brugere og/eller servicepersonale. Der kan for eksempel opsættes digitale termometre for at synliggøre den aktuelle temperatur i forhold til den ønskede temperatur.

4.1.5 Indkapsling

Indkapsling benævnes i visse tilfælde også forsegling.

Ved metoden påføres den PCB-holdige bygningsdel et produkt eller en membran, som hindrer afdampning af PCB til indeluften. Flydende produkter påføres typisk ved maling, sprøjtning eller pudsning. Membraner og tape klæbes typisk på den PCB-holdige bygningsdel og/eller tilstødende bygningsdele.

I USA har EPA udført laboratorieforsøg med ti forskellige indkapslingsprodukter. Herunder epoxy, akryl, polyuretan, polyurea, alkyd og latex. Produkterne er alle tilgængelige på markedet i USA, og der er ikke testet silikatbaserede belægninger. Resultaterne viser bl.a., at den mest modstandsdygtige af de testede belægninger er en epoxy uden opløsningsmiddel, der dog ikke er fuldstændig diffusionstæt /6/.

En screening af forskellige produkter har vist følgende produkter på det danske marked:

- Produkter fra Remmers markedsføres af Intro Flex ApS. Produkterne omfatter bl.a. PCB Spærre EP 2K, PCB spærrepuds, PCB Spærre W. Produkterne er anvendt på en række konkrete projekter i Danmark.
- Produkter fra TWO Teknik ApS. Produkterne omfatter bl.a. TWO SPS PRIMÆR. Produkterne er anvendt på en række konkrete projekter i Danmark.
- Produkter fra Scandipaint markedsføres af Miljø Eksperten a/s. Produkterne omfatter bl.a. Contamiblock. Produkterne er anvendt på en række konkrete projekter i Danmark.
- Produkt fra PCB Forsegling ApS. Produkterne omfatter bl.a. forseglere 1, 2 og 3 samt transparent forseglere. Produkterne er testet og dokumenteret på laboratorieskala af Teknologisk Institut.
- Alutape, alufolie og andre membraner forhandles af mange forskellige forhandlere. Herunder byggemarkeder og byggevaregrossister.

Det kan ikke afvises, at der findes andre indkapslingsprodukter og andre forhandlere på markedet.

Fælles for produkterne er, at de primært anbefales anvendt til behandling af PCB-kilder med relativt lave koncentrationer af PCB, altså sekundære og tertiære kilder. Indkapsling af PCB-holdige fuger med høj koncentration af PCB anbefales for visse produkter som midlertidigt afhjælpningstiltag, men anbefales ikke som permanent afhjælpningstiltag.

I tabel 7 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er foretaget indkapsling af primære kilder som afhjælpningstiltag.

Casenummer	1	10	11	32-2
Midlertidigt (M) / permanent (P)	M	M	M	M
Fysisk fjernelse af primære kilder				
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder				
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer				
Indkapsling af primære kilder	x	x	x	x
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder				
Termisk metode (udbagning)				
Ventilation				
Rengøring				
Udluftning				
Luftrensning				
Sækning af temperatur				
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)		2.600	2.000	
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	4	13	12	3
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	628	218	543	1.739
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	8	8	9	8
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	472	197	306	942
Reduktion i PCB-koncentration i %	25	10	44	46
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	4 år 10 mdr.	1 år og 3 mdr.	1 år og 3 mdr.	4 år og 1 mdr.

Tabel 7 – Cases som indeholder data vedr. indkapsling af primære kilder

Som det fremgår af tabel 7 er der i fire cases udført indkapsling af primære kilder som eneste afhjælpningstiltag (case 1, 10, 11 og 32-2).

For alle fire cases er der tale om indkapsling af PCB-holdige elastiske fuger med silikatspærre fra TWO Teknik.

For case 10 er der opnået en meget begrænset reduktion i den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 218 til 197 ng/m³. Gennemsnitskoncentrationerne er under 300 ng/m³, men både før og efter er der ved enkeltmålinger konstateret PCB-koncentrationer over 300 ng/m³ (se bilag 5-3). Den maksimale koncentration før afhjælpning er på 464 ng/m³, mens den efter afhjælpning er på 380 ng/m³.

For case 1, 11 og 32-2 er der opnået en vis reduktion i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer på mellem 25 og 46 %. I ingen tilfælde er der opnået en gennemsnitlig PCB-koncentration under 300 ng/m³ ved de udførte eftermålinger.

Ved udarbejdelse af afhjælpningstiltag rapport fra 2011 /2/ blev der gennemgået en case, hvor forsegling af elastiske fuger tilsyneladende nedbragte PCB-koncentrationen fra maksimalt 1.169 til 58 ng/m³. Denne case indgår også i dette projekt (case 1) og der er indhentet supplerende materiale vedr. målerunder udført efter 2011. Målerunder udført efter 2011 har vist, at PCB-koncentrationerne i indeluften ikke er nedbragt til et niveau under 300 ng/m³. Ved seneste målerunde er der konstateret en gennemsnitlig koncentration på 472 ng/m³.

Samlet set vurderes det, at der kan opnås en vis effekt ved indkapsling af primære PCB-kilder. Metoden vurderes at være egnet som midlertidigt afhjælpningstiltag, eventuelt i kombination med andre midlertidige afhjælpningstiltag.

Langtidseffekten af indkapsling kan ikke vurderes ud fra de anvendte cases. I case 1 og 32-2 er der målt efter mere end 4 år og der er i begge tilfælde dokumenteret en vis effekt af forseglingen,

Hvis indkapsling af primære PCB-kilder indgår som afhjælpningstiltag på et konkret projekt anbefales det, at effekten løbende dokumenteres ved måling af PCB-koncentrationerne i indeluften i bygningen.

4.1.6 Adsorptionsmetoder

Der findes produkter med indhold af aktivt kul, som kan påføres PCB-holdige bygningsdele og adsorbere den PCB der afdamper. Til forskel fra indkapslingsmetoderne beskrevet i afsnit 4.1.5 adsorberes PCB'en, mens indkapslingsmetoderne alene hindrer afdampning fra en bygningsdel.

Ved anvendelse af produkter med indhold af aktivt kul udnyttes det, at PCB adsorberes til overfladen af kulpartiklerne. Den påførte tapet skal være diffusionsåbent, således at PCB kan diffundere gennem materialet til kul-partiklerne, hvor den adsorberes til overfladen /2/.

Ved udarbejdelse af rapporten vedr. afhjælpningstiltag i 2011 blev anvendelse af tapet med indhold af aktivt kul vurderet på baggrund af data fra et udenlandsk projekt /2/. Her blev tapet med indhold af aktivt kul testet til opsætning på vægge og lofter, efter de primære kilder var fjernet. Der blev dokumenteret en samlet effekt af afhjælpningstiltagene, hvor koncentrationen af PCB i indeluften blev nedbragt fra op til 4.500 ng/m³ til under 100 ng/m³ /2/.

Tapet med indhold af aktivt kul fra producenten Saratech markedsføres af ZenZors i Danmark. Produkterne omfatter Permasorb Wallpaper. Produktet omtales ikke som indkapsling, men som filtrering. Der er ingen information om afprøvning af produktet på konkrete projekter i Danmark, men produktet har ifølge Zenzors været anvendt i Tyskland.

Aktivt kultapet er ikke anvendt på nogle af de anvendte cases i dette projekt.

4.1.7 Fysiske barrierer og tætning af spredningsveje

Det vurderes, at spredningen af PCB til indeluften i nogle tilfælde kan reduceres ved opbygning af fysiske barrierer eller ved tætning af spredningsveje. Det kan f.eks. være opbygningen af en ny indvendig væg eller tætning af utætheder i facaden for at hindre luftstrømning fra udvendig PCB-holdig fuge til indeluften. Der kan f.eks. være tale om at lave en diffusionstæt fuge indvendigt, således at denne termisk styret spredningsvej hindres.

Metoden vurderes at være særligt relevant i de tilfælde, hvor de primære PCB-kilder findes skjult i konstruktionen eller udvendigt på bygningen.

Fysiske barrierer og tætning af spredningsveje er ikke anvendt på nogle af de anvendte cases i dette projekt.

4.1.8 Offerfuger

Offerfuger kan anvendes som midlertidigt afhjælpningstiltag efter fjernelse af PCB-holdige elastiske fuger. Ved anvendelse af offerfuger isættes der en ny elastisk fuge med det formål at optage PCB fra en sekundær kilde. F.eks. fra tilstødende murværk efter fjernelse af PCB-holdige vinduesfuger. Offerfugen kan senere udskiftes, når den har optaget en vis mængde PCB fra den sekundære kilder.

Offerfuger er ikke anvendt og dokumenteret på nogle af de anvendte cases i dette projekt.

4.2 Permanente afhjælpningstiltag

I de følgende afsnit er der foretaget en gennemgang af permanente afhjælpningsmetoder. For hver metode er der foretaget en generel beskrivelse af metoden og derefter er der foretaget en gennemgang af data fra de anvendte cases.

4.2.1 Fjernelse af primære kilder

En fysisk fjernelse af forureningskilden giver en permanent reduktion i afdampningen af PCB og er dermed en mulighed for en permanent reduktion af koncentrationen af PCB i indeluften /8/.

Fjernelse af de primære PCB-kilder vil også sikre, at der ikke er risiko for direkte kontakt til bygningsdele med de højeste koncentrationer af PCB.

Fjernelse af primære PCB-kilder er dog ikke et lovgivningsmæssigt krav og kan derfor undlades, hvis særlige forhold taler for det.

Fjernelse af primære kilder kan f.eks. omfatte grundig udskæring af elastiske fuger ved vinduer, døre og betonelementer eller fjernelse af maling med høje koncentrationer af PCB.

Når de primære kilder fjernes er det vigtigt, at arbejdsprocesserne er planlagt detaljeret, og at der anvendes en række tiltag til sikring mod spredning af PCB fra arbejdsområdet. Anbefalede tiltag omfatter bl.a. etablering af lufttætte skærmvægge omkring arbejdsområdet og opretholdelse af undertryk i arbejdsområdet og forhøjet luftskifte i arbejdsområdet. Forholdsreglerne er beskrevet mere detaljeret i branchevejledninger fra Asbestforeningen /18/ og Branchearbejdsmiljørådet for Bygge og Anlæg /19/.

I tabel 8 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er foretaget fjernelse af primære kilder.

Casenummer	2	3	5	6	7	9	13	14	16	19	20	21	26-1	27-1	28	29	33-1	33-2
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	x								x	x	x			x	x	x	x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer										x								
Indkapsling af primære kilder																		
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	x			x			x	x	x	x	x						x	x
Termisk metode (udbagning)	x	x															x	
Ventilation			x	x							x	x						
Rengøring			x							x								
Udluftning			x															
Luftrensning																		
Sænkning af temperatur												x						
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)	35.7 50			7.83 0	1.00 0			400	2.75 8	5.41 1	6.84 2	100		750	120		77	77
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	16	15	10	2	34	2	4	4	17	16	29	1	2	6	1	4	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	1.19 6	2.01 3	1.74 7	1.05 0	318	1.11 5	136	533	305	809	1.26 6	640	565	1.19 3	1.50 0	442	3.38 0	3.55 4
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	68	18	14	24	5	2	56	8	7	8	10	2	8	4	1	32	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	120	327	374	283	224	42	71	271	236	211	65	180	608	1.74 8	150	139	1.43 3	646
Reduktion i PCB-koncentration i %	90	84	79	73	30	96	48	49	22	74	95	72	-8	-46	90	69	58	82
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	9 mdr.	5 år og 11 mdr.	3 år og 1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	ca. 8 år	1 år og 11 mdr.	1 år og 3 mdr.	3 mdr.	Ikke oplyst	Ikke oplyst	ca. 2 år	1 mdr.	3 år	3 mdr.	1 år	1 mdr.	1 mdr.

Tabel 8 - cases som indeholder data vedr. fjernelse af primære kilder. Rød og grøn markering angiver gennemsnitlige eftermålinger hhv. over og under 300 ng/m³.

Fjernelse af primære kilder er udført på 18 cases.

Ved 3 cases udgør fjernelse af primære kilder det eneste udførte tiltag (case 7, 9 og 26-1) og effekten for disse cases er varierende. For case 7 er der opnået en mindre reduktion fra 318 ng/m³ til 224 ng/m³. Den gennemsnitlige koncentration er altså nedbragt fra lige over til lige under Sundhedsstyrelsens aktionsværdi på 300 ng/m³. For case 9 er der opnået en væsentlig reduktion fra 1.115 ng/m³ til 42 ng/m³. For case 26-1 er den gennemsnitlige PCB-koncentration steget fra 565 ng/m³ til 608 ng/m³. Det har ikke været muligt at identificere årsagen til den manglende reduktion i case 26-1, men det kan muligvis være kontakt med lokaler, hvor der ikke er foretaget en nedbringelse af koncentrationerne i indeluften. Case 1 og 9 dokumenterer at fjernelse af primær kilden kan nedbringe påvirkningen af indeluften.

For de resterende cases er fjernelse af primære kilder udført i kombination med et eller flere andre tiltag. Fjernelse af primære kilder er ofte kombineret med fjernelse af sekundære/tertiære kilder (9 cases) og/eller indkapsling af sekundære/tertiære kilder (9 cases). Endvidere er fjernelse af primære kilder kombineret med et eller flere af følgende tiltag: udbagning, ventilation, rengøring, udluftning, sænkning af temperatur.

Generelt er der opnået væsentlige reduktioner i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer og i 10 ud af 15 cases er den gennemsnitlige PCB-koncentration nedbragt til under 300 ng/m³.

For fire cases (5, 6, 20 og 21) er fjernelse af primære kilder kombineret med ventilation og der ses for alle disse cases en stor reduktion i PCB-koncentrationerne på mellem 72% og 95%. Ved tre af de fire cases er den gennemsnitlige PCB-koncentration i indeluften nedbragt til under 300 ng/m³, mens den i case 5 er nedbragt til 374 ng/m³ efter ca. 3 år.

Samlet set vurderes fjernelse af primære kilder at være et effektivt afhjælpningstiltag. Den største sikkerhed for en god effekt opnås, hvis tiltaget kombineres med et eller flere andre tiltag.

4.2.2 Fjernelse af PCB-holdige kondensatorer

PCB-holdige kondensatorer er i princippet også en primær kilde, men behandles i et separat afsnit, da der er stor forskel på, om PCB kilden udgøres af en bygningsdel eller af en kondensatorer.

PCB er i Danmark anvendt i kondensatorer i lysstofarmaturer fra 1950-1986. Der er desuden viden om, at kondensatorer kan indeholde PCB i mindre mængder helt frem til 2004 /11/. Erfaringer viser, at lysstofarmaturer fra før 1986 stadig findes i en lang række bygninger i dag, f.eks. kontorer, skoler, haller og private boliger /3/.

Ved utætheder i kondensatorerne kan der ske afdampning af PCB i mængder, som fører til uacceptable PCB-koncentrationer i indeluften og PCB vil over tid spredes til indvendige overflader i bygninger, som derefter vil udgøre terciære kilder /21/. Udsivningen kan ske ved, at der over en længere periode afgives en mindre mængde PCB til indeluften, men der kan også ske en større lækage, hvor hele PCB-indholdet spredes til lokalet på kort tid /21/.

EPA angiver, at hvis en kondensatorer i et lysstofarmatur er fra før 1986, er den forventede levetid overskredet, og der er derfor stor risiko for, at kondensatoren bliver utæt eller får lækage /22/.

Miljøstyrelsen har udgivet en udførlig vejledning i håndtering og fjernelse af PCB-holdige kondensatorer i lysstofarmaturer /11/.

I tabel 9 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er foretaget fjernelse af PCB-holdige kondensatorer i lysstofarmaturer.

Casenummer	12	19	22	23-1	23-2	24	27-2	31
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder		x						
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder		x	x		x	x		x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer	x	x	x	x	x	x	x	x
Indkapsling af primære kilder								x
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder		x	x		x			x
Termisk metode (udbagning)					x			
Ventilation					x	x	x	x
Rengøring	x	x						x
Udluftning								
Luftrensning								
Sænkning af temperatur								
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)	121	5.411	5.774	1.500	1.500	120		
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	5	16	87	15	5	1	5	2
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	2.520	809	481	1.301	2.060	550	2.080	1.800
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	3	8	114	5	20	1	6	2
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	1.667	211	300	2.060	125	130	882	220
Reduktion i PCB-koncentration i %	34	74	38	-58	94	76	58	88
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	1 mdr.	Ikke oplyst	ca. 10 mdr.	1 mdr.	7 mdr.	10 mdr.	3 år	1 mdr.

Tabel 9 - cases hvor der er udført fjernelse af PCB-holdige kondensatorer. Rød og grøn markering angiver gennemsnitlige eftermålinger hhv. over eller lig med og under 300 ng/m³.

Fjernelse af PCB-holdige kondensatorer i lysstofarmaturer er udført på 8 cases.

I en enkelt case (23-1) er PCB-holdige kondensatorer udført som eneste tiltag. Her er der konstateret en større stigning i gennemsnitskoncentrationen af PCB. Årsagen kan ikke fastlægges med sikkerhed, men det vurderes, at stigningen kan skyldes spild og spredning af PCB i forbindelse med nedtagning af de PCB-holdige kondensatorer.

I to cases (12 og 27-2) er der opnået en vis reduktion på hhv. 34% og 58% ved kombination med hhv. rengøring og ventilation. I begge tilfælde er koncentrationen dog ikke nedbragt til en koncentration under 300 ng/m^3 . I case 12 er eftermålingerne foretaget ca. en måned efter fjernelse af de PCB-holdige kondensatorer, mens målinger i case 27-2 er foretaget 3 år efter fjernelse af de PCB-holdige kondensatorer.

I fire cases (19, 23-2, 24 og 31) er den gennemsnitlige PCB-koncentration nedbragt til under 300 ng/m^3 og i en enkelt case (22) er gennemsnitværdien nedbragt til 300 ng/m^3 . For alle disse fem cases indgår fjernelse af sekundære/tertiære kilder som en del af de udførte tiltag.

De største reduktioner er opnået i case 23-2 og 31, hvor der i begge tilfælde er udført en kombination af en række tiltag. I case 23-2 er den gennemsnitlige koncentration nedbragt fra 2.060 til 120 ng/m^3 . Her er fjernelse af PCB-holdige kondensatorer kombineret med fjernelse og indkapsling af terciære kilder, udbagning og ventilation. I case 31 er den gennemsnitlige koncentration nedbragt fra 1.800 til 220 ng/m^3 . Her er fjernelse af PCB-holdige kondensatorer kombineret med indkapsling af primære, sekundære og terciære kilder, fjernelse af sekundære og terciære kilder, ventilation og rengøring.

Hvis der findes PCB-holdige kondensatorer i en bygning kan PCB løbende frigives til indeluften og der er endvidere stor risiko for, at der spredes en stor mængde PCB ved et decideret læk. Det anbefales derfor generelt, at de PCB-holdige kondensatorer fjernes, således at udsivningen standses.

Fjernelse af PCB-holdige kondensatorer vurderes at skulle udføres i kombination med andre afhjælpningstiltag, hvis PCB-koncentrationerne i indeluften skal nedbringes fra et højt niveau til under 300 ng/m^3 .

Ved fjernelse af PCB-holdige kondensatorer bør Miljøstyrelsens vejledning /11/ følges, så der ikke sker utilsigtet spredning af PCB i bygningen i forbindelse med udførelse af projektet.

4.2.3 Fjernelse af sekundære og terciære kilder

PCB vil fra primære kilder trænge ind i tilstødende materialer og danne grundlag for en sekundær PCB forekomst i disse materialer /3/. Indtrængningen i tilstødende materialer er bl.a. dokumenteret i forbindelse med den landsdækkende PCB-kortlægning i 2013 /3/. Sekundære kilder udgøres typisk af:

- Rammer og karme omkring vinduer og døre
- Tilstødende murværk/beton omkring vinduer og døre
- Betonelementer
- Vægge og gulve bemalet med PCB-holdig maling
- Fodlister, gerikter, lister og andet med direkte kontakt til primære PCB-kilder

I bygninger, hvor indeluften i en årrække har haft en høj koncentration af PCB, vil alle indvendige overflader, belægning, inventar og møbler osv. have optaget PCB og udgøre tertiære kilder.

Optagelsen af PCB i forskellige materialetyper er bl.a. undersøgt af EPA ved en række laboratorieforsøg. Mængden af PCB adsorberet pr. overfladeareal varierede for de forskellige testede materialer. Størst optag blev konstateret i oliemaling, latexmaling, tæppe og vinylgulv og mindst optag blev konstateret i epoxy og mursten /20/.

For visse bygningsdele kan det være svært at udføre en fuldstændig afrensning af PCB-holdigt fugemasse, maling eller anden primær PCB-kilde. F.eks. kan det være vanskeligt at fjerne elastisk fugemasse fuldstændigt fra tilstødende murværk. I praksis vil der derfor ofte være rester af primære kilder på bygningsdele, som ellers betragtes som sekundære kilder.

Nogle sekundære kilder kan relativt let fjernes samtidigt med, at de primære kilder fjernes. F.eks. foretages der ofte udskiftning af vinduer, lette facadepartier, døre og lignende samtidigt med fjernelse af PCB-holdige fuger ved disse bygningsdele. Andre sekundære kilder som murværk, betonelementer og lignende kan være vanskeligere at fjerne.

Det samme gør sig gældende med tertiære kilder, hvor nogle kilder relativt let kan fjernes, f.eks. belægning, tæpper og møbler med indhold af skummaterialer, mens fjernelse af andre kilder som maling og puds på vægge og lofter kræver omfattende afrensningsarbejder.

I nogle tilfælde kan det rent praktisk ikke lade sig gøre at fjerne alle betydende sekundære og tertiære kilder. F.eks. pga. tilgængelighed eller pga. bygningens konstruktionsmæssige stabilitet.

I tabel 10 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er foretaget fjernelse af sekundære og tertiære kilder.

Casenummer	2	16	19	20	22	23-2	24	27-1	28	29	30	31	33-1	33-2
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x	x	x				x	x	x			x	x
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer			x		x	x	x					x		
Indkapsling af primære kilder											x	x		
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x
Termisk metode (udbagning)	x					x							x	
Ventilation				x		x	x				x	x		
Rengøring			x								x	x		
Udluftning														
Luftrensning														
Sænkning af temperatur														
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)	35.750	2.758	5.411	6.842	5.774	1.500	120	750	120		58		77	77
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	16	17	16	29	87	5	1	6	1	4	1	2	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	1.196	305	809	1.266	481	2.060	550	1.193	1.500	442	1.600	1.800	3.380	3.554
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	68	7	8	10	114	20	1	4	1	32	1	2	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	120	236	211	65	300	125	130	1.748	150	139	270	220	1.433	646
Reduktion i PCB-koncentration i %	90	22	74	95	38	94	76	-46	90	69	83	88	58	82
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	9 mdr.	3 mdr.	Ikke oplyst	Ikke oplyst	ca. 10 mdr.	7 mdr.	10 mdr.	3 år	3 mdr.	1 år	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.

Tabel 10 - cases hvor der er udført fjernelse af sekundære/tertiære kilder. Rød og grøn markering angiver gennemsnitlige eftermålinger hhv. over eller lig med og under 300 ng/m³.

Oplysningerne om håndtering af sekundære og terciære kilder i de anvendte cases er af meget varierende omfang. For de fleste cases er det i et vist omfang beskrevet, hvilke sekundære og terciære kilder der er fjernet, men der er generelt meget få oplysninger om, hvilke kilder der efterladt i bygningen.

Case 2 omhandler PCB-sanering af Birkhøjterrasserne i Farum Midtpunkt og denne case har den mest detaljerede gennemgang af håndteringen af sekundære og terciære kilder. Der er udført en meget omfattende PCB-sanering, hvor alle sekundære og terciære kilder som udgangspunkt er fjernet. Det er dog været nødvendigt at efterlade visse PCB-kilder i bygningen pga. de fysiske forhold.

Det vurderes for da anvendte cases, at der i langt de fleste tilfælde kun er foretaget en delvis fjernelse af de sekundære og terciære kilder, selv om der i mange tilfælde ikke er oplysninger om dette i materialet.

Fjernelse af sekundære og/eller terciære kilder er udført i 14 cases. Tiltaget er i alle tilfælde kombineret med andre tiltag.

I tre cases (27-1, 28 og 29) er der udelukkende udført fjernelse af primære kilder kombineret med fjernelse af sekundære/tertiære kilder. Effekten for disse tre cases varierer meget. På case 28 og 29 er der opnået reduktioner i den gennemsnitlige PCB-koncentration i indeluften på hhv. 90% og 69% og i begge tilfælde er koncentrationen nedbragt til under 300 ng/m³. For case 27-1 er der en stigning i den gennemsnitlige PCB-koncentration i indeluften fra 1.193 til 1.748 ng/m³. Årsagen til den stigende koncentration i case 27-1 kan ikke fastlægges med sikkerhed.

For fem cases (20, 23-2, 24, 30 og 31) indgår ventilation i det samlede afhjælpningstiltag. Der ses for alle disse cases en stor reduktion i PCB-koncentrationerne på mellem 76% og 95% og for de fem cases er den gennemsnitlige PCB-koncentration i indeluften nedbragt til under 300 ng/m³, mens den i case 5 er nedbragt til 374 ng/m³.

Den største reduktion i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer i indeluften er opnået i case 20, som omfatter fjernelse af primære kilder, fjernelse af sekundære/tertiære kilder, fjernelse af PCB-holdige kondensatorer, indkapsling af sekundære/tertiære kilder og ventilation.

Ved gennemgang af de anvendte cases fremgår det, at fjernelse af sekundære og terciære kilder hovedsageligt er anvendt som supplerende tiltag på større samlede PCB-saneringsprojekter. F.eks. fjernelse af sekundært forurenede vinduer og døre samtidigt med fjernelse af PCB-holdige fuger eller fjernelse af større terciære PCB-forekomster som loftsplader, gulvbelægning og maling på vægge osv.

Kun i et enkelt tilfælde (case 30) er der ikke foretaget fjernelse af primære kilder samtidigt med fjernelse af sekundære og terciære kilder. Den primære kilde, som i denne case udgøres af elastiske fuger indvendigt ved betonelementer, er indkapslet med SPS Primær, alutape og en træliste. Tertiært forurenede lofter og gulvbelægninger er udskiftet, mens terciært forurenede vægoverflader er indkapslet. Endvidere er der etableret et nyt balanceret ventilationsanlæg. De samlede tiltag har nedbragt den gennemsnitlige PCB-koncentration i indeluften fra 1.600 ng/m³ til 270 ng/m³.

Det anbefales, at omfanget og PCB-koncentrationerne i de sekundære og terciære kilder indgår i forundersøgelserne, således at det kan vurderes, om afdampningen af PCB fra disse bygningsdele kan udgøre en væsentlig påvirkning af indeluften.

Ved fastlæggelse af, hvordan forskellige sekundære og terciære PCB-forekomster skal håndteres, kan der foretages en afvejning af, hvilke sekundære og terciære kilder der relativt let kan fjernes, og hvilke der kun vanskeligt kan fjernes.

Effekten af fjernelse af udvalgte sekundære og terciære kilder kan på et konkret projekt indgå i pilotforsøg forud for den endelige beslutning om metode for afhjælpningstiltag.

4.2.4 Indkapsling af sekundære/terciære kilder

I de tilfælde, hvor betydende sekundære og terciære kilder ikke fjernes, f.eks. pga. tilgængelighed eller bygningens stabilitet, kan indkapsling anvendes som en alternativ metode til at reducere afdampningen fra disse kilder.

Principperne for indkapsling er beskrevet i afsnit 4.1.5.

De omtalte produkter på det danske marked anbefales primært anvendt til indkapsling af bygningsdele med relativt begrænsede koncentrationer af PCB, herunder sekundære og tertiære kilder.

I tabel 11 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er foretaget indkapsling af sekundære og tertiære kilder.

Casenummer	2	6	13	14	16	19	20	22	23-2	30	31	33-1	33-2
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x	x	x	x	x	x					x	x
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer						x		x	x		x		
Indkapsling af primære kilder										x	x		
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Termisk metode (udbagning)	x								x			x	
Ventilation		x					x		x	x	x		
Rengøring						x				x	x		
Udluftning													
Luftrensning													
Sænkning af temperatur													
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)	35.750	7.830		400	2.758	5.411	6.842	5.774	1.500	58		77	77
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	16	2	4	4	17	16	29	87	5	1	2	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	1.196	1.050	136	533	305	809	1.266	481	2.060	1.600	1.800	3.380	3.554
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	68	24	56	8	7	8	10	114	20	1	2	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	120	283	71	271	236	211	65	300	125	270	220	1.433	646
Reduktion i PCB-koncentration i %	90	73	48	49	22	74	95	38	94	83	88	58	82
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger	9 mdr.	1 mdr.	1 år og 11 mdr.	1 år og 3 mdr.	3 mdr.	Ikke oplyst	Ikke oplyst	ca. 10 mdr.	7 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.

Tabel 11 – cases hvor der er udført indkapsling af sekundære/tertiære kilder. Rød og grøn markering angiver gennemsnitlige eftermålinger hhv. over eller lig med og under 300 ng/m³.

Indkapsling af sekundære og/eller tertiære kilder er udført i 13 cases og er dermed en udbredt afhjælpningsmetode på de gennemgåede cases. Tiltaget er typisk udført i forbindelse med fjernelse af primære kilder og det er derfor vanskeligt at vurdere den isolerede effekt af indkapsling af sekundære og tertiære kilder.

Det kan dog konstateres, at i 10 ud af 13 cases er PCB-koncentrationerne nedbragt til under 300 ng/m³ og i en enkelt case er PCB-koncentrationen nedbragt til 300 ng/m³. Data kunne altså indikere, at indkapsling er en effektiv metode til at behandle betydende sekundære og tertiære kilder, som ikke fjernes.

Det anbefales, at omfanget og PCB-koncentrationerne i de sekundære og tertiære kilder indgår i forundersøgelserne. Hvis udvalgte sekundære eller tertiære kilder vurderes at udgøre en betydende kilde til påvirkning af indeluften, men disse kilder ikke kan fjernes pga. tilgængelighed eller bygningens stabilitet kan indkapsling anvendes som alternativ metode.

Hvis indkapsling af PCB-kilder indgår som afhjælpningstiltag på et konkret projekt anbefales det, at effekten løbende dokumenteres ved måling af PCB-koncentrationerne i indeluften. Dermed kan det sikres og dokumenteres, at der opnås en varig effekt ved det anvendte produkt.

4.2.5 Etablering af ventilationsanlæg

Luftskiftet i en bygning kan øges gennem mekanisk ventilation og det øgede luftskifte vil kunne reducere PCB-koncentrationerne i indeluften /8/. Et øget luftskifte vil dog samtidigt øge fordampningen fra visse kilder og det er således ikke entydigt, hvor meget et øget luftskifte vil påvirke koncentrationen af PCB i indeluften /17/.

Der kan både være tale om optimering af eksisterende ventilationsanlæg eller etablering af nyt ventilationsanlæg.

Ved beskrivelse og evaluering af eksisterende ventilationsanlæg kan rapporten "Velfungerende løsninger til ventilationssystemer i skoleklasser" anvendes /16/. Ved udførelse af luftskiftemålingerne kan det vurderes, om eksisterende ventilationsforhold i en bygning lever op til de gældende krav /3/.

Hvis der er ophobet støv i eksisterende ventilationsanlæg og kanaler, kan der foretages en rengøring af disse. Retningslinjer for rensning af ventilationsanlæg og -kanaler fremgår af norm for ventilationsrens /24/. Hvis der er tale om en bygning som er forurennet med PCB, så bør der være særligt fokus på rensning af ventilationsanlæg og kanaler med det formål at nedbringe spredning af PCB.

Øget luftskifte kan kun reducere PCB-koncentrationerne til et vist niveau. Dette skyldes, at afdampningen fra tertiære PCB-holdige materialer ikke er konstant, fordi bl.a. koncentrationen af PCB i luften har betydning for afdampningen fra PCB-kilderne. Dermed vil et øget luftskifte over tid føre til, at der afdamper mere PCB fra de tertiære kilder i bygningen /17/.

Effekten af øget luftskifte vurderes derfor at være størst, hvis udgangspunktet er et meget lavt luftskifte. Hvis der i forvejen er et højt luftskifte i en bygning vurderes effekten af øget ventilation at være begrænset /25/.

I tabel 12 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor ventilation indgår som afhjælpningsmetode.

Casenummer	5	6	8	15	20	21	23-2	24	27-2	30	31
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x			x	x					
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder					x		x	x		x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer							x	x	x		x
Indkapsling af primære kilder				x						x	x
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder		x			x		x			x	x
Termisk metode (udbagning)							x				
Ventilation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rengøring	x									x	x
Udluftning	x										
Luftrensning											
Sænkning af temperatur						x					
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)		7.830	7.525	1.938	6.842	100	1.500	120		58	
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	10	2	8	4	29	1	5	1	5	1	2
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	1.747	1.050	518	308	1.266	640	2.060	550	2.080	1.600	1.800
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	14	24	10	6	10	2	20	1	6	1	2
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	374	283	168	202	65	180	125	130	882	270	220
Reduktion i PCB-koncentration i %	79	73	68	34	95	72	94	76	58	83	88
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger*	3 år og 1 mdr.	1 mdr.	ca. 2 år	Ikke oplyst	Ikke oplyst	ca. 2 år	7 mdr.	10 mdr.	3 år	1 mdr.	1 mdr.

Tabel 12 - cases hvor der er etableret ventilation. Rød og grøn markering angiver gennemsnitlige eftermålinger hhv. over og under 300 ng/m³.

Etablering af ventilation indgår som en del af de udførte tiltag i 11 cases. Projekterne omfatter både opsætning af decentrale ventilationsenheder i et eller flere lokaler, etablering af nye centrale ventilationsanlæg i hele bygningen og optimering/renovering af eksisterende ventilationsanlæg. Ved gennemgang af materialet for de anvendte cases er der generelt begrænsede oplysninger om, hvilke type ventilation og hvor stort et luftskifte der er i bygningerne før udførelse af afhjælpning.

Der er generelt opnået en stor reduktion i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer og i 9 ud af 11 cases er PCB-koncentrationerne nedbragt til under 300 ng/m³ og i en enkelt case er PCB-koncentrationen nedbragt til 374 ng/m³.

I case nr. 8 er ventilation det eneste udførte afhjælpningstiltag, og her er der opnået en reduktion af den gennemsnitlige PCB-koncentration fra 518 ng/m³ til 168 ng/m³, hvilket er en reduktion på 68%. Ved planlægning af afhjælpningstiltaget blev der i udvalgte sektioner udført forsøg med det eksisterende ventilationsanlæg. På baggrund af de udførte forsøg blev der etableret et helt nyt mekanisk ventilationsanlæg på hele skolen. Anlægget er indstillet til at køre med overtryk, så der ikke trækkes PCB fra facaden ind i bygningen.

I case 5 er et gammelt ventilationsanlæg, som var lukket ned pga. høje driftsomkostninger, taget i brug igen.

I case 6 er der foretaget optimering af et eksisterende ventilationsanlæg. De eksisterende ventilationsaggregater er skiftet, mens eksisterende kanaler er bibeholdt. Driften af anlægget er ændret, således at der kun indblæses frisk udeluft, hvor der tidligere blev foretaget opblanding med udsugningsluft af energihensyn.

I case 15 var det oprindelige mekaniske ventilationsanlæg taget ud af drift. Der blev udført et pilotprojekt med etablering af en decentral mekanisk ventilationsenhed i et enkelt lokale. På baggrund af det udførte forsøg blev der etableret et helt nyt mekanisk ventilationsanlæg i hele den sektion af skolen, hvor der var forhøjede koncentrationer af PCB i indeluften.

I case 20 var der ingen mekanisk ventilation på store dele af skolen. Som en del af de udførte afhjælpningstiltag blev der udført et nyt mekanisk ventilationsanlæg på hele skolen.

Case 21 omhandler et enkelt lokale, hvor der ikke var mekanisk ventilation før afhjælpning. Som en del af de udførte afhjælpningstiltag blev der opsat en decentral mekanisk ventilationsenhed i lokalet.

I case 23-2 er der udført luftskiftemålinger i forbindelse med forundersøgelserne. Her er der målt luftskifter i intervallet 0,1-0,5 gange i timen. Som en del af de udførte afhjælpningstiltag blev der udført et nyt mekanisk ventilationsanlæg på hele skolen.

I case 24 er der ingen detaljerede oplysning om, hvordan luftskiftet øges. Det fremgår dog, at ventilationen øges.

I case 27-2 er der i et enkelt lokale ændret på driften af et eksisterende ventilationsanlæg.

I case 30 bestod den eksisterende ventilation af udsugningsventilatorer i vægge og tilførsel af frisk luft gennem spjæld i facader og gennem utætheder ved døre og vinduer. Der blev etableret et balanceret ventilationsanlæg.

I case 31 fremgår det, at der fandtes et udsugningsanlæg, som ikke var i brug. Som en del af de udførte afhjælpningstiltag blev der udført et nyt mekanisk ventilationsanlæg med balanceret ventilation i de omfattede lokaler.

Samlet set vurderes ventilation som et effektivt afhjælpningstiltag, særlig i situationer, hvor udgangspunktet er et meget lavt luftskifte. De specifikke indstillinger for det enkelte anlæg og en effektiv indkøring af anlægget vurderes at være afgørende for effekten. Ventilation vurderes endvidere at være et effektivt afhjælpningstiltag i kombination med andre metoder.

Hvis øget luftskifte skal indgå som en del af en permanent afhjælpning af PCB i indeluften er det afgørende, at det øgede luftskifte bibeholdes i bygningens levetid. Det er derfor vigtigt, at der udarbejdes en driftsmanual, som beskriver hvorledes anlægget skal serviceres for at opretholde et tilstrækkeligt luftskifte.

4.2.6 Termisk behandling (udbagning)

Udbagning er gennem de seneste år udført på flere lokaliteter i Danmark.

Metoden bygger på, at afdampningen af PCB fra byggematerialer stiger med stigende temperatur. Temperaturafhængigheden er vist på figur 6, som viser damptrykket for syv PCB-kongener som funktion af temperaturen /8/.

Indeluften i en bygning opvarmes over en længere periode og gradvist stiger temperaturen af de forskellige PCB-holdige bygningsdele også. Gennem opvarmning øges mobiliteten af PCB, og fordampningen fra materialet til indeluften øges. Samtidigt med opvarmningen cirkuleres indeluften gennem et kulfilter, så den afdampede PCB løbende fjernes /8/.

Behandlingen foretages typisk over flere uger, og bygningen opvarmes typisk til mellem 50-70°C.

Metoden er begrænset af, at der kan ske konstruktionsmæssige skader på bygningen, hvis nogle af bygningsdelene ikke kan tåle opvarmning.

I tabel 13 er der foretaget en opsummering af data fra cases, hvor der er udført udbagning.

Casenummer	2	3	23-2	33-1
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x		x
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	x		x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer			x	
Indkapsling af primære kilder				
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	x		x	x
Termisk metode (udbagning)	x	x	x	x
Ventilation			x	
Rengøring				
Udluftning				
Luftrensning				
Sænkning af temperatur				
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)	35.750		1.500	77
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	16	15	5	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	1.196	2.013	2.060	3.380
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	68	18	20	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	120	327	125	1.433
Reduktion i PCB-koncentration i %	90	84	94	58
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger*	9 mdr.	5 år og 11 mdr.	7 mdr.	1 mdr.

Tablet 13 - cases hvor der er udført udbagning. Rød og grøn markering angiver gennemsnitlige eftermålinger hhv. over og under 300 ng/m³.

Udbagning er udført i fire cases og er i alle tilfælde kombineret med andre tiltag. For måledata fra de fire cases med udbagning gælder, at der er tale om temperaturkorregerede data. Temperaturkorrektionen er foretaget for at kunne sammenligne resultaterne af forskellige målerunder foretaget ved forskellige temperature.

I alle fire cases er de primære kilder fjernet forud for udbagningen og i tre cases er der endvidere udført en delvis fjernelse af sekundære og terciære kilder. I case 2, 3 og 33-1 udgøres den primære kilder af elastiske fuger, mens den primære kilde i case 23-2 udgøres af kondensatorer i lysstofarmaturer.

Udbagningen er i alle tilfælde anvendt til behandling af efterladte terciære og sekundære kilder.

I alle fire cases er der opnået væsentlige reduktioner i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer. I to cases (2 og 23-2) er den gennemsnitlige PCB-koncentration nedbragt til under 300 ng/m³ og i en enkelt case (3) er gennemsnitværdien nedbragt til 327 ng/m³. I en enkelt case (33-1) er den gennemsnitlige PCB-koncentration nedbragt fra 3.380 til 1.433 ng/m³, og er dermed stadig væsentlige over sundhedsstyrelsens aktionsværdi på 300 ng/m³.

I case 3 er det angivet, at opvarmningen er foretaget over to perioder. 1. opvarmning er foretaget til mellem 50 og 55° C over fire dage. 2. opvarmning er foretaget til ca. 48° C over 12 dage.

I case 23-2 er opvarmningen foretaget ved 50-60°C over en periode på 3 uger.

Samlet set vurderes udbagning at være et effektivt afhjælpningstiltag efter fjernelse af kilder med høje koncentrationer af PCB. Metoden vurderes dog at være tidskrævende, da opvarmningen skal foretages over en længere periode, forbruger en del energi og stiller store krav til planlægning og forberedelse af lokaliteten. Der er endvidere risiko for skader på bygningen og installationerne i bygningen, som følge af opvarmningen. Visse skader vil være umiddelbart synlige efter udførelse af opvarmningen, mens skader på skjulte installationer kan være vanskelige at lokalisere og udbedre.

4.2.7 Udtrækning og kemisk nedbrydning

Ved metoden udtrækkes PCB fra den PCB-holdige bygningsdel og nedbrydes kemisk. Metoden er detaljeret beskrevet i SBI-anvisning 242 /8/.

En konkret metode til udtrækning og kemiske nedbrydning, kaldet AMTS (Activated Metal Treatment System), blev beskrevet detaljeret i forbindelse med udarbejdelse af 1. udgave af rapporten vedr. afhjælpningstiltag i 2011 /2/. Det blev i den forbindelse vurderet, at metoden godt kan være virksom og burde afprøves fuldskala i Danmark med et højt dokumentationsniveau.

EPA har i 2012 testet AMTS-metode i laboratorieskala, og det blev i den forbindelse vurderet, at AMTS metoden har potentiale til, at blive en anvendelig metode til at fjerne PCB i bygninger, og at metoden bl.a. er lovende til behandling af forurenede murværk, hvor der er fjernet PCB-holdige fuger /7/. NASA, som har udviklet metoden, har udført fuldskala forsøg med anvendelse af AMTS metoden. Bl.a. til fjernelse af PCB-holdig maling /23/.

AMTS-metoden og andre metoder til udtrækning og kemisk nedbrydning indgår ikke i de projekter, der udgør datagrundlag for denne rapport. Det vurderes derfor, at metoden ikke på nuværende tidspunkt har opnået udbredt anvendelse på afhjælpningsprojekter i Danmark.

4.3 Planlagte tiltag når eftermålingerne viser uacceptable PCB-niveauer

På de anvendte cases, som omfatter permanente afhjælpningstiltag er der i 9 tilfælde konstateret gennemsnitlige PCB-niveauer over 300 ng/m³ ved de udførte eftermålinger. I tabel 14 er der foretaget en opsummering af data fra disse cases.

Casenummer	3	5	12	22	23-1	26-1	27-1	27-2	33-1	33-2
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x				x	x		x	x
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder				x			x		x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer			x	x	x			x		
Indkapsling af primære kilder										
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder				x					x	x
Termisk metode (udbagning)	x								x	
Ventilation		x						x		
Rengøring		x	x							
Udluftning		x								
Luftrensning										
Sænkning af temperatur										
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)			121	5.774	1.500		750		77	77
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	15	10	5	87	15	2	6	5	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng/m ³)	2.013	1.747	2.520	481	1.301	565	1.193	2.080	3.380	3.554
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	18	14	3	114	5	8	4	6	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng/m ³)	327	374	1.667	300	2.060	608	1.748	882	1.433	646
Reduktion i PCB-koncentration i %	84	79	34	38	-58	-8	-46	58	58	82
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger*	5 år og 11 mdr.	3 år og 1 mdr.	1 mdr.	ca. 10 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	3 år	3 år	1 mdr.	1 mdr.

Tabel 14 - cases hvor der ved eftermålingerne er konstateret gennemsnitlige PCB-koncentrationer lig med eller over 300 ng/m³.

Materialet indeholder i nogle tilfælde informationer om yderligere planlagte tiltag for at nedbringe PCB-niveauer i indeluften yderligere.

I case 3 er de gennemsnitlige PCB-koncentrationer nedbragt fra 2.013 ng/m³ til 327 ng/m³. Det forventes, at niveauet fortsat vil falde og bygningsafdelingen vil følge udviklingen i det kommende år ved at foretage målinger. På sigt skal niveauet falde til under den vejledende grænseværdi på 300 ng/m³.

I case 5 er de gennemsnitlige PCB-koncentrationer nedbragt fra 1.747 ng/m³ til 374 ng/m³. Af materialet fremgår det, at der planlægges etablering af nyt ventilationsanlæg på en del af skolen og fjernelse af efterladte PCB-fuger ved ovenlysvinduer.

Case 12 omfatter pilotforsøg i to lokaler, hvor der er opnået en reduktion af de gennemsnitlige PCB-koncentrationer fra 2.520 ng/m³ til 1.667 ng/m³. Da der er tale om pilotforsøg vurderes det sandsynligt, at de udførte tiltag indgår i planlægning af en varig løsning for hele lokaliteten. Der er dog ingen oplysninger om de videre planer for nedbringelse af PCB-niveauer i indeluften.

I case 23-1 er der foretaget fjernelse af PCB-holdige kondensatorer i lysstofarmaturer, hvilket har medført en stigning i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer fra 1.301 ng/m³ til 2.060 ng/m³. Efterfølgende er der ved case 23-2 udført en række yderligere afhjælpningstiltag, som har nedbragt de gennemsnitlige PCB-koncentrationer fra 2.060 ng/m³ til 125 ng/m³.

I case 22 er de gennemsnitlige PCB-koncentrationer nedbragt fra 481 ng/m³ til 300 ng/m³. Det fremgår ikke af materialet, om der udføres yderligere tiltag for nedbringelse af PCB-niveauer i indeluften.

I case 26-1 omfattet et pilotforsøg, hvor der i et enkelt lokale er foretaget fjernelse af PCB-holdige fuger. Dette har medført en stigning i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer fra 565 ng/m³ til 608 ng/m³. I et andet lokale er der udført pilotforsøg med ventilation, hvor der er opnået en reduktion til under 300 ng/m³. Da der er tale om pilotforsøg vurderes det sandsynligt, at de udførte tiltag indgår i planlægning af en varig løsning for hele lokaliteten. Der er dog ingen oplysninger om de videre planer for nedbringelse af PCB-niveauer i indeluften.

I case 27-1 og 27-2 ikke opnået en reduktion af koncentrationerne i indeluften til under 300 ng/m³. Der er dog ingen oplysninger om de videre planer for nedbringelse af PCB-niveauer i indeluften.

I case 33-1 og 33-2 er der udført pilotforsøg for test af forskellige kombinationer af afhjælpningstiltag. I begge tilfælde er der ikke opnået en reduktion af PCB-koncentrationerne til under 300 ng/m³. Resultaterne af pilotforsøgene indgår i den igangværende planlægning af PCB-sanering af de omfattede bygninger.

5 OMKOSTNINGER

I bilag 6 er der angivet data vedr. omkostninger for de cases, hvor det har været muligt at indhente oplysninger om økonomi, og hvor det samtidig er oplyst, hvor mange kvadratmeter der er omfattet af projektet. Som det fremgår af bilag 6 har det været muligt at indhente disse oplysninger for 18 cases.

De 18 cases omfatter 1 case vedr. etageboliger, 2 børneinstitutioner og 15 folkeskoler

Detaljeniveauet vedr. økonomi varierer fra case til case, og materialet består bl.a. af budgetskemaet, byggeregnskaber, mails, notater og mødereferater. Omkostningerne omfatter generelt entreprenør- og håndværkerudgifter til udførelse af tiltagene. I nogle tilfælde er de oplyste omkostninger også inklusiv omkostninger til rådgivning, prøve-tagning, dokumentation. Omkostningerne omfatter generelt ikke driftsomkostninger eller afledte omkostninger til f.eks. genhusning m.v.

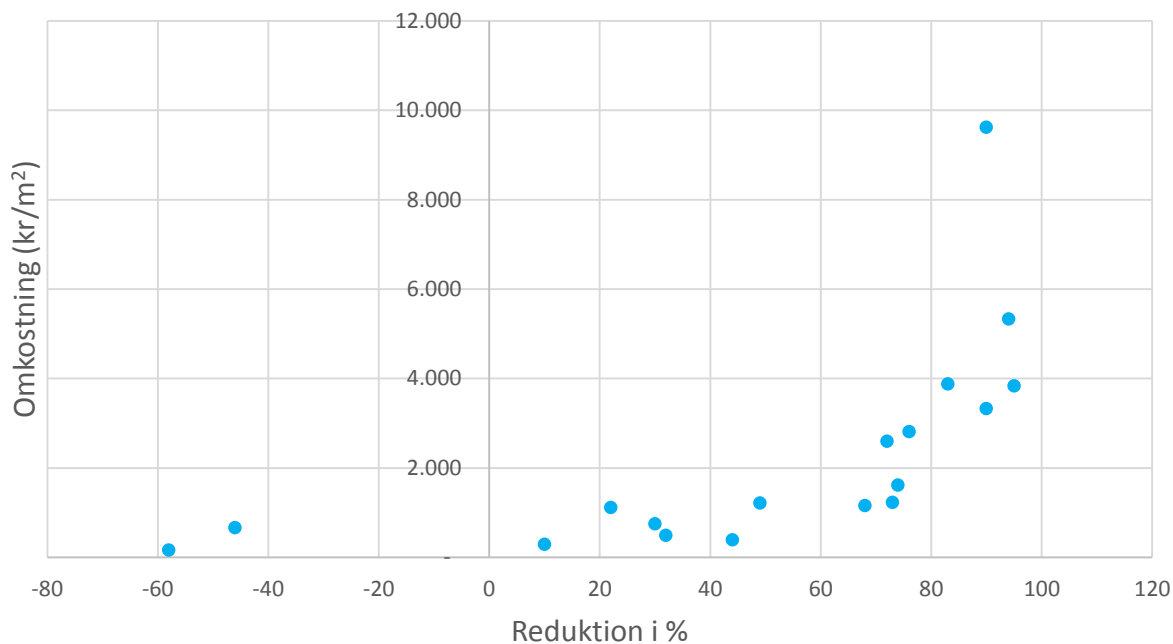
Da der er en vis variation i, hvilke poster der er medtaget i de oplyste omkostninger, kan økonomien for de enkelte cases kun sammenlignes indbyrdes med en vis usikkerhed.

På baggrund af de indhentede oplysninger er omkostningerne pr. kvadratmeter beregnet for hver case. Omkostningerne opgjort pr. kvadratmeter varierer fra 167 kr./m² til 9.622 kr./m² i de gennemgåede cases.

I case 2 (Farum Midtpunkt) er der oplyst et væsentligt højere omkostningsniveau end på de andre cases. Omkostningen pr. kvadratmeter er her på 9.622 kr./m². Den næsthøjeste oplyste omkostning er på 5.333 kr./m² for case 23-2 (Gadstrup Skole). Det er oplyst, at omkostningerne i case 2 inkluderer teknisk rådgivning, arbejdsmiljørådgivning og PCB-målinger. Undlades udgifter til rådgivere og PCB-målinger kan omkostningerne pr. kvadratmeter beregnes til 9.175 kr./m². Der er tale om den eneste case vedr. etageboliger og det vurderes, at det højere omkostningsniveau bl.a. kan skyldes en anden indretning og et forholdsmæssigt større omfang af vægoverflader end i skoler og børneinstitutioner.

Der er oplysninger om omkostninger for 3 cases hvor der er udført midlertidige afhjælpningstiltag (case 10, 11 og 17), og på disse tre cases er omkostningerne opgjort til mellem 293 og 497 kr./m².

I figur 7 er sammenhængen mellem omkostninger pr. kvadratmeter og reduktionen i de gennemsnitlige PCB-koncentrationer vist.



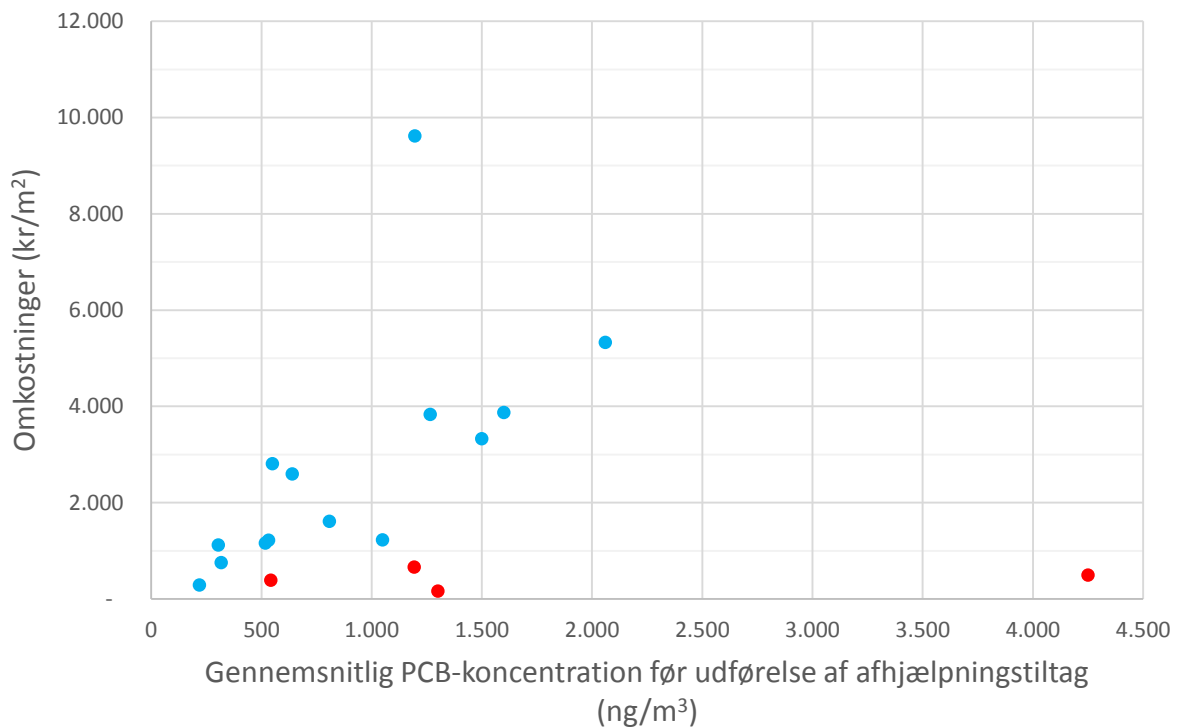
Figur 7 – omkostninger som funktion af reduktion i PCB-koncentration

Som det fremgår af figur 7, ses der en vis sammenhæng mellem omkostningerne og de opnåede reduktioner i PCB-koncentrationer.

I fem cases er der opnået en reduktion i den gennemsnitlige PCB-koncentration på over 80% (case 2, 20, 23-2, 28 og 30). Omkostningerne ligger for alle disse fem cases i den høje ende af intervallet og varierer mellem 3.333 kr./m² og 9.622 kr./m².

I tre cases er der opnået en reduktion i den gennemsnitlige PCB-koncentration på mindre end 10% eller en stigning i den gennemsnitlige PCB-koncentration (case 10, 23-1 og 27-1). Omkostningerne ligger for alle disse tre cases i den lave ende af intervallet og varierer mellem 167 kr./m² og 667 kr./m².

I figur 8 er sammenhængen mellem den gennemsnitlige PCB-koncentration før udførelse af afhjælpningstiltag og omkostningerne ved udførelse af afhjælpningstiltaget vist. På grafen er cases, hvor PCB-koncentrationerne er reduceret til under 300 ng/m³ angivet med blå og cases, hvor PCB-koncentrationerne ikke er reduceret til under 300 ng/m³ angivet med rød.



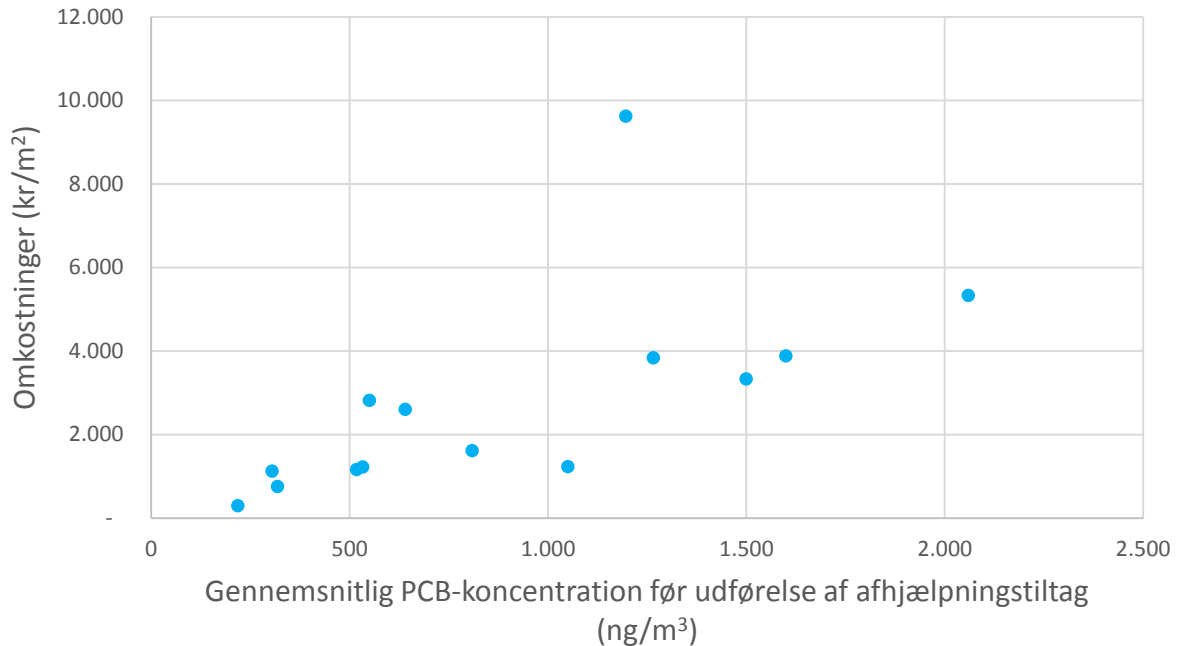
Figur 8 - omkostninger som funktion af gennemsnitlig koncentration af PCB i indeluften før udførelse af afhjælpningstiltag.

For fire cases er der ikke opnået en reduktion af PCB-koncentrationen til under 300 ng/m³. Disse cases er angivet med rød. Omkostningerne for disse fire cases er i alle tilfælde under 1.000 kr./m².

For ni cases var PCB-koncentrationen før udførelse af afhjælpningstiltag under 1.000 ng/m³. I otte af de ni cases blev PCB-koncentrationen reduceret til under 300 ng/m³ og omkostninger ved de otte cases er i intervallet fra 293 – 2.815 kr./m².

I otte cases var PCB-koncentrationen før udførelse af afhjælpningstiltag i intervallet 1.000 til 2.500 ng/m³. I de to cases, hvor omkostningerne har været lavest blev PCB-koncentrationen ikke reduceret til under 300 ng/m³. I de resterende seks cases blev PCB-koncentrationen reduceret til under 300 ng/m³ og omkostninger ved de seks cases er i intervallet fra 1.231 – 9.622 kr./m².

I figur 9 er der afbilledet data for de 14 cases, hvor det er lykkedes at reducere den gennemsnitlige PCB-koncentration til under 300 ng/m³.



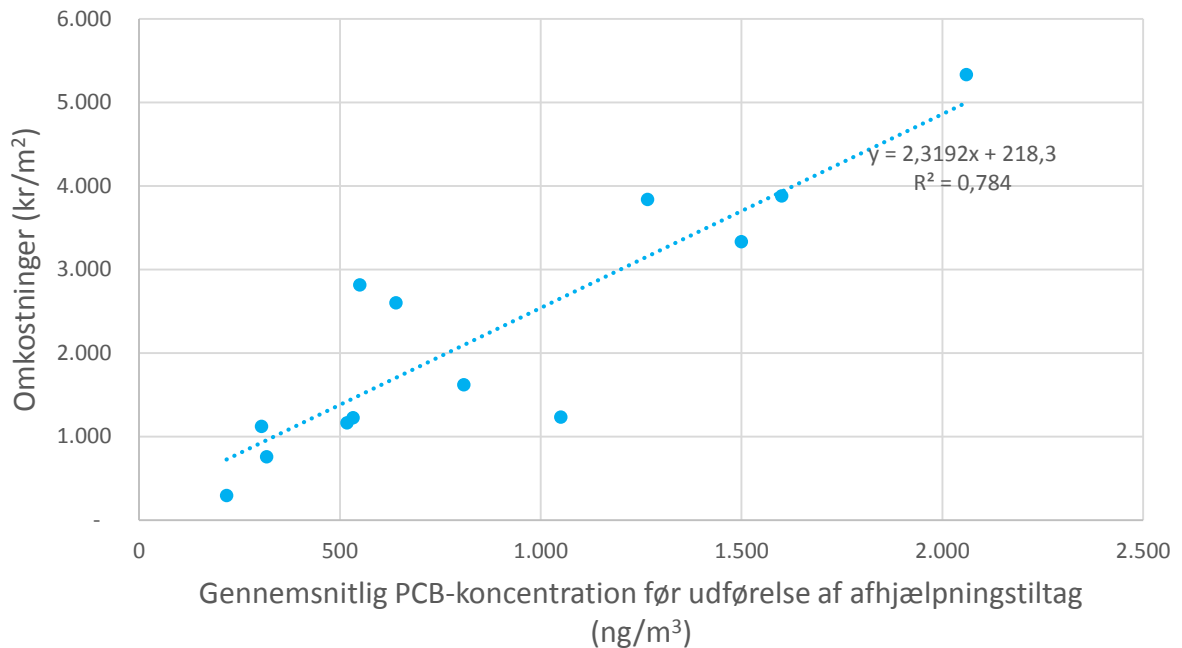
Figur 9 - omkostninger som funktion af gennemsnitlig koncentration af PCB i indeluften før udførelse af afhjælpningstiltag

Hvis der alene ses på de 14 cases, hvor det er lykkedes at reducere den gennemsnitlige PCB-koncentration til under 300 ng/m³, ses der en vis sammenhæng mellem omkostningerne og den gennemsnitlige PCB-koncentration før udførelse af afhjælpningstiltag.

Det vurderes at lineær regression mellem punkterne kan anvendes som værktøj til fastlæggelse af et groft skøn over omkostningerne ved afhjælpning af PCB i indeluften.

Et enkelt punkt på grafen falder dog markant udenfor med en omkostning på 9.622 kr./m², hvilket er næste det dobbelte af den næsthøjeste omkostning på 5.333 kr./m². Der er tale om case 2 som omhandler PCB-sanering af Birkhøjterrasserne i Farum Midtpunkt. Der er tale om den eneste case som vedrører etageboliger, hvilke kan have betydning for omkostningsniveauet. Endvidere fremgår det af materialet, at der er foretaget en lang række forundersøgelser og pilotforsøg i forbindelse med planlægning af dette projekt og den udførte PCB-sanering omfatter meget vidtgående tiltag til fjernelse af PCB-kilder og efterfølgende udbagning. En statistisk analyse af datasættet viser, at punktet er en outlier (afvigelse) og dermed undlades det i den lineære regression.

I figur 10 er den lineære regression tilføjet til figur 9 og datapunktet for case 2 er undladt.



Figur 10 - omkostninger som funktion af gennemsnitlig koncentration af PCB i indeluften før udførelse af afhjælpningstiltag

Ligningen for den lineære regression vurderes at kunne anvendes som værktøj til fastlæggelse af et groft skøn over omkostningerne ved afhjælpning af PCB i indeluften i folkeskoler og børneinstitutioner. Omkostningerne kan groft estimeres ud fra følgende ligning.

Omkostninger (kr./m²) = 218 + 2,3 x Gennemsnitlig PCB-koncentration i indeluften (ng/m³).

Det skal understreges, at der vil være tale om et groft indledende skøn og at de faktiske omkostninger vil kunne være væsentlig højere og lavere.

I 2014 blev der gennemført en undersøgelse af erfaringspriser for PCB-sanering /5/. I forbindelse med rapporten blev der vurderet et omkostningsniveau i intervallet 500 – 2.500 kr./m² for nedbringelse af koncentrationen af PCB i indeluften fra et niveau mellem 300 ng/m³ og 3.000 ng/m³ til et niveau under 300 ng/m³.

De indsamlede data vedr. omkostninger på dette projekt viser, at omkostningerne i en række cases har været højere end det angivne interval i rapporten fra 2014 /5/.

6 VURDERING OG ANBEFALING

Der er indsamlet data vedrørende 33 konkrete projekter, hvor der er udført afhjælpning af forhøjede PCB-niveauer i indeluften. I fem projekter er der gennemført flere forskellige kombinationer af afhjælpningstiltag. Datagrundlaget omfatter derfor alt i alt informationer om 38 forskellige cases.

For hver case er effekten af de udførte tiltag vurderet på baggrund af data for før- og eftermålinger af PCB-koncentrationer i indeluften. De opnåede reduktioner varierer meget, men der er generelt opnået væsentlige reduktioner i PCB-koncentrationerne i hovedparten af de gennemgåede cases.

I 13 ud af 38 cases er der udført et enkelt afhjælpningstiltag, mens 25 cases omfatter en kombination af flere afhjælpningstiltag. Ved 2/3 af de anvendte cases har den indledende beslutningsproces altså ført til, at man har valgt et projekt bestående af en kombination af flere afhjælpningstiltag.

Da mange af de gennemførte projekter omfatter mere end en type afhjælpningstiltag er det vanskeligt at vurdere den isolerede effekt af de enkelte afhjælpningsmetoder.

Udførelsen af en kombination af flere tiltag har i 16 ud af 25 tilfælde ført til, at den gennemsnitlige PCB-koncentration er nedbragt til under 300 ng/m³. Udførelse af et enkelt afhjælpningstiltag har kun i 4 ud af 13 tilfælde ført til, at den gennemsnitlige PCB-koncentration er nedbragt til under 300 ng/m³.

Samlet set vurderes det, at projekter, hvor der gennemføres en kombination af flere forskellige tiltag, giver den største sikkerhed for et tilfredsstillende resultat.

Valget af den endelige løsning afhænger i høj grad af den konkrete sag og den specifikke bygning. Det er vigtigt, at man inden valg af afhjælpningsmetoder har gennemført en grundig forundersøgelse i den konkrete bygning.

Ved udførelse af forundersøgelser bør der bl.a. være fokus på den eksponering brugerne af bygningerne er udsat for. Herunder risiko for direkte kontakt til PCB-holdige bygningsdele, indånding af PCB i indeluften og påvirkning fra støvende aktiviteter.

Forundersøgelserne anbefales som minimum at omfatte følgende forhold:

- Detaljeret kortlægning af PCB-kilder – både primære, sekundære og tertiære
- PCB-koncentrationer i indeluften
- Spredningsveje og konstruktionsmæssige forhold
- Luftsifte og ventilationsforhold
- Forhold vedr. rengøring
- Bygningsanvendelse og brugeradfærd

Det anbefales, at der iværksættes midlertidige afhjælpningstiltag med det samme, når man bliver opmærksom på, at PCB-niveauet i indeluften er for højt, indtil man kan gennemføre en varig løsning.

På baggrund af vurderingerne i rapporten anbefales det, at følgende midlertidige afhjælpningstiltag så vidt muligt gennemføres:

- Hovedrengøring
- Grundig og hyppig almindelig rengøring
- Systematisk udluftning gennem vinduer og døre
- Optimering af drift og rengøring af eksisterende ventilationsanlæg
- Sænkning af temperatur

De midlertidige afhjælpningstiltag kan også omfatte afdækning eller indkapsling af PCB-kilder med lister, offerfuger, membraner, indkapslingsprodukter eller adsorptionsmaterialer.

Endvidere vurderes luftrensere at kunne anvendes til akut afhjælpning af PCB i udvalgte lokaler eller sektion af bygninger, hvor der ønskes en hurtig sænkning af PCB-koncentrationen i indeluften. Pga. driftsomkostninger vurderes luftrensning at være bedst egnet til afhjælpning i korte perioder.

Ved fastlæggelse af en varig løsning anbefales følgende:

Fjernelse af primære kilder bør så vidt muligt indgå i den endelige løsning og vurderes, at være et effektivt afhjælpningstiltag i kombination med andre metoder. Når de primære kilder fjernes sikres det, at der ikke sker en fortsat spredning af PCB til tilstødende materialer og andre overflader i bygningen. Fjernelse af de primære PCB-kilder vil også sikre, at bygningsbrugernes ikke har risiko for direkte kontakt til bygningsdele med høje koncentrationer af PCB.

Fjernelse af primære PCB-kilder er dog ikke et lovgivningsmæssigt krav og kan derfor undlades, hvis særlige forhold taler for det. F.eks. hvis rester af elastisk fuge ikke kan fjernes fuldstændigt pga. manglende tilgængelighed. Hvis det er nødvendigt at efterlade primære kilder i bygninger, kan indkapsling af disse anvendes som en del af afhjælpningstiltaget.

Det bør altid undersøges, om der findes ældre lysstofarmaturer med PCB-holdige kondensatorer i bygningen. Alle PCB-holdige kondensatorer bør fjernes fra bygningen. Hvis kondensatorerne er fra før 1986 er der stor risiko for spredning af store mængder PCB i bygningen, hvis kondensatoren springer læk.

Det bør vurderes, om der findes sekundære eller tertiære PCB-kilder i bygningen, som kan bidrage væsentligt til afdampningen af PCB til indeluften. Disse kilder kan enten fjernes eller på anden måde håndteres.

Hvis væsentlige sekundære eller tertiære kilder efterlades i bygningen kan der anvendes en række metoder til behandling af disse. Herunder:

- Indkapsling
- Opsætning af adsorptionsmaterialer
- Termisk behandling (udbagning)

Hvis indkapsling af PCB-kilder indgår som afhjælpningstiltag på et konkret projekt anbefales det, at effekten løbende dokumenteres ved måling af PCB-koncentrationen i indeluften. Dermed kan det sikres og dokumenteres, at der opnås en varig effekt ved det anvendte produkt.

Det er vigtigt, at oplysninger om efterladte PCB-kilder indgår i planlægning af bygnings fortsatte drift og vedligehold, således at PCB-holdige bygningsdele håndteres forsvarligt, når der i fremtiden skal udføres rengøring, vedligehold, renovering og lignende.

Opsætning af adsorptionsmaterialer er så vidt vides ikke anvendt på projekter i Danmark, men erfaringer fra Tyskland indikerer, at metoden kan være effektiv.

Udbagning vurderes at være et effektivt afhjælpningstiltag i kombination med fjernelse af PCB-kilder kilder og evt. andre tiltag. Metoden er dog energikrævende og tidskrævende, da opvarmningen skal foretages over en længere periode og stiller store krav til planlægning og forberedelse af lokaliteten. Der er endvidere risiko for skader på bygningen og installationerne i bygningen, som følge af opvarmningen. Visse skader vil være umiddelbart synlige efter udførelse af opvarmningen, mens skader på skjulte installationer kan være vanskelige at lokalisere og udbedre.

Luftskifte og ventilationsforhold bør som udgangspunkt indgå i overvejelserne om en permanent løsning til nedbringelse af PCB-koncentrationen i indeluften. Det kan være optimering af eksisterende ventilationsanlæg eller etablering af et nyt mekanisk ventilationsanlæg. Et øget luftskifte vil dog samtidigt øge fordampningen fra visse kilder og det er således ikke entydigt, hvor meget et øget luftskifte vil påvirke koncentrationen af PCB i indeluften /17/.

Udførelse af luftskiftemålingerne kan vise, om eksisterende ventilationsforhold i en bygning lever op til de gældende krav. Såfremt der ikke er tilstrækkelig luftskifte kan der, ud over en reduktion i PCB-niveauerne, også opnås en række andre positive effekter ved etablering af et nyt moderne ventilationsanlæg. F.eks. reduktion i CO₂-niveauerne.

Ventilation vurderes som et effektivt afhjælpningstiltag, særlig i situationer, hvor udgangspunktet er et meget lavt luftskifte. De specifikke indstillinger for det enkelte anlæg og en effektiv indkøring af anlægget vurderes at være afgørende for effekten. Ventilation vurderes endvidere at være et effektivt afhjælpningstiltag i kombination med andre metoder.

Hvis øget luftskifte skal indgå som en del af en permanent afhjælpning af PCB i indeluften er det vigtigt, at det øgede luftskifte bibeholdes i bygningens levetid. Det er derfor vigtigt, at der udarbejdes en driftsmanual, som beskriver hvorledes anlægget skal serviceres for at opretholde et tilstrækkeligt luftskifte og hvordan nødvendig rengøring af ventilationsanlægget opnås og hvor ofte dette skal foregå.

Målinger af PCB-koncentrationerne i indeluften er nødvendige for at kunne vurdere, om afhjælpningstiltaget har ført til et acceptabelt PCB-niveau i indeluften.

Anvender man en afhjælpningsmetode, der ikke fjerner PCB fra bygningen, vil der være behov for at følge forløbet over en årrække, for at sikre, at den opnåede effekt er varig.

Ved fastlæggelse af den endelige løsning anbefales det, at der tænkes i helheds løsninger, således at drift af bygningen efter PCB-saneringen optimeres så meget som muligt. Nogle af de ressourcer der anvendes til PCB-sanering kan dermed være med til at løse andre eventuelle problemer i bygningen. Herunder f.eks.:

- Udskiftning af gamle vinduer og døre
- Energirenovering af facader
- Opgradering af ventilationsforhold
- Ny belysning
- Forbedring af akustik
- Bedre disponering og indretning af lokaler

Omkostningerne forbundet med afhjælpning af PCB i indeluften vurderes at være bygningsspecifikt. Det vurderes dog, at de indhentede oplysninger om omkostninger fra konkrete cases kan anvendes til at estimere et groft skøn over omkostningerne forbundet med afhjælpning af PCB i indeluften i folkeskoler og børneinstitutioner. Omkostningerne kan groft estimeres ud fra følgende ligning.

Omkostninger (kr./m²) = 218 + 2,3 x Gennemsnitlig PCB-koncentration i indeluften (ng/m³).

Det skal understreges, at der vil være tale om et groft skøn og at de faktiske omkostninger vil kunne være væsentlig højere og lavere.

7 REFERENCER

- /1/ Regeringen, Handlingsplan for håndtering af pcb i bygninger, indeklima, arbejdsmiljø og affald, Maj 2011
- /2/ Erhvervs- og Byggestyrelsen og Socialministeriet, Afhjælplingstiltag ved forhøjede PCB-niveauer i indeklimaet, udarbejdet af Grontmij I Carl Bro, maj 2011
- /3/ Energistyrelsen, Kortlægning af PCB i materialer og indeluft, samlet rapport, udarbejdet af Grontmij og Cowi, 10. december 2013
- /4/ Sundhedsstyrelsen, notat, Sundhedsstyrelsens anbefalinger om aktionsværdier, december 2013
- /5/ Energistyrelsen, Undersøgelse af erfaringspriser for PCB-sanering, udarbejdet af Grontmij og Cowi, april 2014
- /6/ EPA/600/R-11/156B, April 2012, Laboratory Study of Polychlorinated Biphenyl (PCB) Contamination and Mitigation in Buildings Part 3. Evaluation of the Encapsulation Method
- /7/ EPA/600/R-11/156C, November 2012, Laboratory Study of Polychlorinated Biphenyl (PCB) Contamination and Mitigation in Buildings, Part 4. Evaluation of the Activated Metal Treatment System (AMTS) for On-site Destruction of PCBs.
- /8/ SBI-anvisning 242, Renovering af bygninger med PCB, udgivet juni 2013
- /9/ DS/INSTA 800:2011, Rengøringskvalitet - System til fastlæggelse og bedømmelse af rengøringskvalitet, udgivelsesdato 2011-04-15
- /10/ AMI Dokumentation 5, Kvalitetskrav for rengøring i kontorer, skoler og daginstitutioner, Arbejdsmiljøinstituttet, 2001
- /11/ Miljøstyrelsen, Vejledning om håndtering af PCB-holdige kondensatorer i lysarmaturer, udgivet i 2015, udarbejdet af konsortiet Grontmij/Cowi
- /12/ informationer på www.pcb-guiden.dk, 17. december 2015
- /13/ At-intern instruks IN-9-3, PCB i bygninger, Senest revideret: 1. april 2014
- /14/ Arbejdstilsynets tema om PCB, <http://arbejdstilsynet.dk/da/temaer/tema-kemi/pcb-i-arbejdsmiljoet/pcb-i-indeklimaet.aspx>, 17. december 2015
- /15/ Affaldsbekendtgørelsen, BEK nr. 1309 af 18/12/2012
- /16/ Velfungerende løsninger til ventilationssystemer i skoleklasser, udarbejdet af Alecia for Energistyrelsen, februar 2014
- /17/ SBI-anvisning 241, Undersøgelse og vurdering af PCB i bygninger, 2. udgave, 18-12-2015, Forfatter, Helle Vibeke Andersen, SBI
- /18/ Asbestforeningen, PCB-vejledning (den gule), udgivet 2010

/19/ Branchearbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg, HÅNDBOG OG FJERNELSE AF PCB-HOLDIGE BYGNINGSMATERIALER, udgivet 2010

/20/ EPA/600/R-11/156A, January 2012, Laboratory Study of Polychlorinated Biphenyl (PCB) Contamination and Mitigation in Buildings, Part 2. Transport from Primary Sources to Building Materials and Settled Dust

/21/ EPA/600/R-11/156, October 2011, Laboratory Study of Polychlorinated Biphenyl (PCB) Contamination and Mitigation in Buildings, Part 1. Emissions from Selected Primary Sources

/22/ EPA, PCBs in Building Materials—Questions & Answers, July 28, 2015, www3.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/pcbs/pubs/caulk/pdf/pcb_bdg_mat_qa.pdf, den 17. December 2015

/23/ NASA, Activated Metal Treatment System (AMTS) for Paints, A safe and effective method for removing polychlorinated biphenyls

/24/ Norm for ventilationsrens, <http://www.skorstensfejerlauget.dk/ydelser.html#s5>, den 17. December 2015

/25/ Lyng, N.L., Gunnarsen, L., & Andersen H.V. (2015). The effect of ventilation on the indoor air concentration of PCB: An intervention study. *Building and Environment* 95: 305-312.

BILAG 1
[Spørgeskema anvendt ved indhentning af data vedr. cases]

Rediger denne formular

Spørgeskema til PCB-afhjælpningstiltag 2015

Dataindsamling vedr. cases

Påkrævet*Casenummer ***

Det unikke nummer denne case er identificeret med (se særskilt regneark)

Case navn

F.eks. Gasværksvejens skole eller Farum Midtpunkt

Adresse

F.eks. Kokbjerg 5, 6000 Kolding

Kommune

F.eks. Kolding

EjertypeSe evt. www.ois.dk Kommune Region Stat Boligselskab Privat Andet: **Bygningsanvendelse**Benyt registreringen i www.ois.dk Stuehus til landbrugsejendom Fritliggende enfamilieshus (parcelhus)

- Række-, kæde-, eller dobbelthus (lodret adskillelse mellem enhederne)
- Etagebebyggelse (flerfamiliehus, herunder to-familiehus (vandret adskillelse mellem enhederne))
- Kollegium
- Døgninstitution (plejehjem, alderdomshjem, børne- eller ungdomshjem)
- Anden bygning til helårsbeboelse
- Bygning til erhvervmæssig produktion vedrørende landbrug, gartneri, råstofudvinding o. lign.
- Bygning til erhvervmæssig produktion vedrørende industri, håndværk m.v. (fabrik, værksted o. lign.).
- El-, gas-, vand- eller varmeværk, forbrændingsanstalt m.v..
- Anden bygning til landbrug, industri etc.
- Transport- og garageanlæg (fragtmandshal, lufthavnsbygning, banegårdsbygning, parkeringshus).
- Bygning til kontor, handel, lager, herunder offentlig administration
- Bygning til hotel, restaurant, vaskeri, frisør og anden servicevirksomhed.
- Anden bygning til transport, handel etc.
- Bygning til biograf, teater, erhvervmæssig udstilling, bibliotek, museum, kirke o. lign.
- Bygning til undervisning og forskning (skole, gymnasium, forskningslaboratorium o. lign.).
- Bygning til hospital, sygehjem, fødeklinik o. lign.
- Bygning til daginstitution.
- Bygning til anden institution, herunder kaserne, fængsel o. lign.
- Sommerhus.
- Bygning til ferieformål m.v., bortset fra sommerhus (feriekoloni, vandrehjem o. lign.)
- Bygning i forbindelse med idrætsudøvelse klubhus, idrætshal, svømmehal o. lign.).
- Kolonihavehus.
- Anden bygning til fritidsformål.
- Garage med plads til et eller to køretøjer.
- Carport.
- Udhus.

Kommentar til bygningsanvendelse

Bygningstype

Benyt registreringen i www.ois.dk

- Mursten (tegl, kalksten, cementsten)
- Letbeton (lette bloksten, gasbeton)
- Plader af fibercement, herunder asbest (eternit el. lign.)
- Bindingsværk (med udvendigt synligt træværk)
- Træbeklædning
- Betonelementer (etagehøje betonelementer)
- Metalplader
- Plader af fibercement (asbestfri)
- PVC
- Glas
- Ingen
- Andet

Kommentar til bygningstype (detaljer omkring typen, ændringer til typen)

Opførelsesår

Årstal for opførelse. Se evt. www.ois.dk. Skriv en kommentar hvis der er sket væsentlig renovering/ombygning i PCB-perioden

Kommentar til opførelsesår

Er bygningen renoveret i perioden 1950-1977?

- Ja
- Nej

Er bygningen renoveret i perioden 1978-1986?

- Ja
- Nej

Antal etager (ekskl. kælder)

- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 Andet:

Kælder

- Ja
 Nej
 Delvis
 Andet:

Bygningsstørrelse, data fra www.ois.dkBebygget areal [m²]Kælderareal [m²]Boligareal [m²]Erhvervsareal [m²]

Kommentar til bygningsstørrelse

Referencer

Indtast de referencer der er anvendt for data til casen. Eksempel, rapport: "Statusrapport april 2010: PCB i byggematerialer og indeklime i Birkhøjterrasserne, Farum Midtpunkt, SBMI 13587, 27. april 2010". Eksempel, mail: "Mail af den 23. december 2010 vedr. "forespørgsel omkring Frederiksberg".

Motivation for PCB-afhjælpning

- Generel screening af bygningsportefølje
- Forestående renovering/ombygning
- Henvendelse fra borger eller bruger af bygningen
- Henvendelse fra Arbejdstilsynet
- Ukendt
- Andet:

Primær kilde 1

- Maling

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 2

- Kondensatorer

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 3 Elastisk fuge, udvendig ved vinduer

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 4 Elastisk fuge, udvendig ved døre

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 5 Elastisk fuge, udvendig ved elementer

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 6 Elastisk fuge, indvendig ved vinduer

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 7 Elastisk fuge, indvendig ved døre

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 8 Elastisk fuge, indvendig ved elementer

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Primær kilde 9

Andet som primær kilde

Max koncentration. Angives i mg PCB-total/kg samt evt. kommentar

Kommentar til primære kilder**Sekundære kilder og koncentrationer**

F.eks. Beton = 500 mg PCB-total/kg

Tertiære Kilder og koncentrationer

F.eks. Maling = 25 mg PCB-total/kg, Linoleum = 10 mg/kg TS

Afhjælpningstiltag 1

Midlertidig eller permanent tiltag for afhjælpningstiltag 1 Midlertidig tiltag Permanent PCB-afhjælpning Andet: **Afhjælpningstiltag 1**

Vælg alle der er relevante og lav en detaljeret beskrivelse i kommentarfeltet

 Indkapsling Ventilation Udluftning Luftrensere Rengøring Sænkning af temperatur

- Termisk metode (udbagning)
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved døre
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved elementer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved døre
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved elementer
- Fysisk fjernelse af maling
- Fysisk fjernelse af kondensatorer
- Fysisk fjernelse af anden primær kilde
- Fysisk fjernelse af sekundær kilde
- Fysisk fjernelse af tertiær kilde
- Andet:

Kommentar til afhjælpningstiltag 1

Periode for udførelse (start og slut på projektet)

Beskrivelse af ventilation. Hvilken type (mekanisk, naturlig), omfang, flow osv.

Saneringsomfang for afhjælpningstiltag 1

Lav en detaljeret beskrivelse i kommentarfeltet

- Hele bygningen
- Dele af bygningen
- Pilotprojekt

Andet:

Antal kvadratmeter for afhjælpningstiltag 1

Hvis antal kvadratmeter er oplyst, skrives det her

Kommentar til saneringsomfang for afhjælpningstiltag 1

Målinger af PCB i indeluften før afhjælpningstiltag 1

Antal målinger

Dato for målinger

Skriv alle målte indeluftværdier separeret af semikolon. Værdierne skal indtastes i enheden ng PCB/m³

Beskrivelse af prøvetagningsmetode (Tidspunkt, flow, bygning i anvendelse eller ej, volumen, temperatur for målinger)

Kommentarer til målinger før afhjælpningstiltag 1

Målinger af PCB i indeluften efter afhjælpningstiltag 1

Antal målinger

Dato for målinger

Skriv alle målte indeluftværdier separeret af semikolon. Værdierne skal indtastes i enheden ng PCB/m³

Beskrivelse af prøvetagningsmetode (Tidspunkt, flow, bygning i anvendelse eller ej, volumen, temperatur for målinger)

Kommentarer til målinger efter afhjælpningstiltag 1

Økonomi, total pris for afhjælpningstiltag 1

Angives i kr.

Kommentarer til økonomi. Hvis den totale økonomi ikke kendes, beskriv de kendte tal. Hvor kommer de fra (f.eks. entreprenørens tilbud, budget fra kommunen osv.), hvad dækker de (dele af bygningen, fjernelse af fuger)?

Afhjælpningstiltag 2

Midlertidig eller permanent tiltag for afhjælpningstiltag 2

- Midlertidig tiltag
- Permanent PCB-afhjælpning
- Andet:

Afhjælpningstiltag 2

Vælg alle der er relevante og lav en detaljeret beskrivelse i kommentarfeltet

- Indkapsling
- Ventilation
- Udluftning
- Luftrensere
- Rengøring
- Sænkning af temperatur
- Termisk metode (udbugning)
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved døre
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved elementer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved døre
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved elementer
- Fysisk fjernelse af maling
- Fysisk fjernelse af kondensatorer
- Fysisk fjernelse af anden primær kilde
- Fysisk fjernelse af sekundær kilde
- Fysisk fjernelse af tertiær kilde
- Andet:

Kommentar til afhjælpningstiltag 2

Periode for udførelse (start og slut på projektet)

Beskrivelse af ventilation. Hvilken type (mekanisk, naturlig), omfang, flow osv.

Saneringsomfang for afhjælpningstiltag 2

Lav en detaljeret beskrivelse i kommentarfeltet

- Hele bygningen
- Dele af bygningen
- Pilotprojekt
- Andet:

Antal kvadratmeter for afhjælpningstiltag 2

Hvis antal kvadratmeter er oplyst, skrives det her

Kommentar til saneringsomfang for afhjælpningstiltag 2

Målinger af PCB i indeluften før afhjælpningstiltag 2

Antal målinger

Dato for målinger

Skriv alle målte indeluftværdier separeret af semikolon. Værdierne skal indtastes i enheden ng PCB/m³

Beskrivelse af prøvetagningsmetode (Tidspunkt, flow, bygning i anvendelse eller ej, volumen, temperatur for målinger)

Kommentarer til målinger før afhjælpningstiltag 2

Målinger af PCB i indeluften efter afhjælpningsmetode 2

Antal målinger

Dato for målinger

Skriv alle målte indeluftværdier separeret af semikolon. Værdierne skal indtastes i enheden ng PCB/m³

Beskrivelse af prøvetagningsmetode (Tidspunkt, flow, bygning i anvendelse eller ej, volumen, temperatur for målinger)

Kommentarer til målinger efter afhjælpningstiltag 2

Økonomi, total pris for afhjælpningstiltag 2

Angives i kr.

Kommentarer til økonomi. Hvis den totale økonomi ikke kendes, beskriv de kendte tal. Hvor kommer de fra (f.eks. entreprenørens tilbud, budget fra kommunen osv.), hvad dækker de (dele af bygningen, fjernelse af fuger)?

^

v

Afhjælpningstiltag 3

Midlertidig eller permanent tiltag for afhjælpningstiltag 3

- Midlertidig tiltag
- Permanent PCB-afhjælpning
- Andet:

Afhjælpningstiltag 3

Vælg alle der er relevante og lav en detaljeret beskrivelse i kommentarfeltet

- Indkapsling
- Ventilation
- Udluftning
- Luftrenser
- Rengøring
- Sænkning af temperatur
- Termisk metode (udbugning)
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved døre
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved elementer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre
- Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved elementer
- Fysisk fjernelse af maling
- Fysisk fjernelse af kondensatorer
- Fysisk fjernelse af anden primær kilde
- Fysisk fjernelse af sekundær kilde
- Fysisk fjernelse af tertiær kilde
- Andet:

Periode for udførelse (start og slut på projektet)

Kommentar til afhjælpningstiltag 3

Beskrivelse af ventilation. Hvilken type (mekanisk, naturlig), omfang, flow osv.

Saneringsomfang for afhjælpningstiltag 3

Lav en detaljeret beskrivelse i kommentarfeltet

- Hele bygningen
- Dele af bygningen
- Pilotprojekt
- Andet:

Antal kvadratmeter for afhjælpningstiltag 3

Hvis antal kvadratmeter er oplyst, skrives det her

Kommentar til saneringsomfang for afhjælpningstiltag 3

Målinger af PCB i indeluften før afhjælpningstiltag 3

Antal målinger

Dato for målinger

Skriv alle målte indeluftværdier separeret af semikolon. Værdierne skal indtastes i enheden ng PCB/m³

Beskrivelse af prøvetagningsmetode (Tidspunkt, flow, bygning i anvendelse eller ej, volumen, temperatur for målinger)

Kommentarer til målinger før afhjælpningstiltag 3

Målinger af PCB i indeluften efter afhjælpningstiltag 3

Antal målinger

Dato for målinger

Skriv alle målte indeluftværdier separeret af semikolon. Værdierne skal indtastes i enheden ng PCB/m³

Beskrivelse af prøvetagningsmetode (Tidspunkt, flow, bygning i anvendelse eller ej, volumen, temperatur for målinger)

Kommentarer til målinger efter afhjælpningstiltag 3

Økonomi, total pris for afhjælpningstiltag 3

Angives i kr.

Kommentarer til økonomi. Hvis den totale økonomi ikke kendes, beskriv de kendte tal. Hvor kommer de fra (f.eks. entreprenørens tilbud, budget fra kommunen osv.), hvad dækker de (dele af bygningen, fjernelse af fuger)?

Bemærkninger

Andre bemærkninger til casen

Indsend aldrig adgangskoder via Google Analyse.

Leveret af

Dette indhold er hverken oprettet eller godkendt af Google.

[Rapportér misbrug](#) - [Servicevilkår](#) - [Yderligere vilkår](#)

BILAG 2
[Liste over anvendte cases]

BILAG 2. Liste over anvendte cases

Case nr.	Case navn	Adresse	Kommune	Ejertype	Bygnings-anvendelse
1	Byskolen*	Lundegade 5, 3000 Helsingør	Helsingør	Kommune	Folkeskole
2	Farum Midtpunkt*	Birkhøjterrasserne, blok 46, 3520 Farum	Furesø	Boligselskab	Etageboliger
3	Børnehuset Frederik Clausens Vænget*	Frederik Clausens Vænge 12, 2840 Holte	Rudersdal	Kommune	Børneinstitution
4	Borup Skole	Hovedgaden 39, 4140 Borup	Køge	Kommune	Folkeskole
5	Hvalsø Skole*	Skolevej 3-7, 4330 Hvalsø	Lejre	Kommune	Folkeskole
6	Esbjerg Kommune - Fourfeldtskolen	Nordre Fovrfeldtvej 1, 6710 Esbjerg V	Esbjerg	Kommune	Folkeskole
7	Nørrevangsskolen	Rosenkildevej 88 4200 Slagelse	Slagelse	Kommune	Folkeskole
8	Humblebæk Skole Baunebjergvej	Baunebjergvej 401, 3050 Humlebæk	Fredensborg	Kommune	Folkeskole
9	Børnehaven Rosenly	Naverland 28, 2600 Albertslund	Albertslund	Kommune	Børneinstitution
10	Anonymiseret Case				Folkeskole
11	Anonymiseret Case				Folkeskole
12	Lyseng Alle 1, Blog G	Lyseng Alle 1, 8270 Højbjerg	Århus	Stat	Kontor
13	Aalborg Politigård	Jyllandsgade 27, 9000 Aalborg	Aalborg	Stat	Kontor
14	Børnehaven Havbakken	Havbakken 1-3, Hjerting, 6710 Esbjerg V	Esbjerg	Kommune	Børneinstitution
15	Fjordbakkeskolen	Taulov Kirkevej 35A, Taulov, 7000 Fredericia	Fredericia	Kommune	Folkeskole
16	Mellervangskolen	Frøstrupvej 4, 9220 Aalborg Øst	Aalborg	Kommune	Folkeskole
17	Slagelse Kommune - CSU	Sverigesvej 15, 4200 Slagelse	Slagelse	Kommune	Børneinstitution
18	Søndre Skole	Gl. Ringstedvej 32, 4300 Holbæk	Holbæk	Kommune	Folkeskole
19	Over Jerstal Skole	Hovedgaden Øst 33, Over Jerstal, 6500 Vojens	Haderslev	Kommune	Folkeskole
20	Lagoniskolen	Unionvej 4, 6100 Haderslev	Haderslev	Kommune	Folkeskole
21	Ullerup Bæk Skolen, afd. Nørre Allé (Alleskolen)	Nørre Allé 5, 7000 Fredericia	Fredericia	Kommune	Folkeskole
22	Hastrup Skole, Køge	Langelandsvej 70, 4600 Køge	Køge	Kommune	Folkeskole
23	Gadstrup Skole	Ramsømaglevej 17c, 4621 Gadstrup	Roskilde	Kommune	Folkeskole
24	Rødby Skole	Byskolevej 1, 4970 Rødby	Lolland	Kommune	Folkeskole
25	Flyvestation Skalstrup, Gadstrup	Køgevej 167, 4621 Gadstrup	Roskilde	Forsvaret	Forsvaret
26	Flådestation Frederikshavn	Flådestationen 1, 9900 Frederikshavn	Frederikshavn	Forsvaret	Forsvaret
27	Sletten Skole (Otterup skole)	Skolegade 12, 5450 Otterup	Nordfyns	Kommune	Folkeskole
28	Vestermarksskolen, Års	Vestre Boulevard 17, Års	Vesthimmerland	Kommune	Folkeskole
29	VD, Thomas Helstedsvej, Skanderborg	Thomas Helstedsvej 22, Skanderborg	Skanderborg	Stat	Kontor
30	Skallebølle skole	Kelstrupvej 84, 5492 Vissenbjerg	Assens	Kommune	Folkeskole
31	Glamsbjerg skole	Kaj Nielsens Vej 10, 5620 Glamsbjerg	Assens	Kommune	Folkeskole
32	Sorø Kommune - Frederiksbjerg Skole*	Smedeparken 1, 4180 Sorø	Sorø	Kommune	Folkeskole
33	Pilotprojekt Brøndby Strand	Albjergparken 6, 2660 Brøndby Strand	Brøndby	Boligselskab	Etageboliger

* Case anvendt ved udarbejdelse af afhjælpningstiltag rapporten fra 2011.

BILAG 3
[Liste over type og koncentration af primære kilder]

BILAG 3. Angivelse af primære kilder og koncentrationer af PCB i de anvendte cases

For hver case er angivet den maksimale koncentration af PCB for de primære PCB-kilder. PCB-koncentrationen er angivet som PCB-total svarende til PCB₇ x 5 i enheden mg/kg. For enkelte cases er koncentrationen ikke oplyst.

Case nr.	Maling	Konden-satorer	Elastisk fuge, udvendig ved vinduer	Elastisk fuge, udvendig ved døre	Elastisk fuge, udvendig ved elementer	Elastisk fuge, indvendig ved vinduer	Elastisk fuge, indvendig ved døre	Elastisk fuge, indvendig ved elementer	Forseglingslim i Termorude	Andet
1			210.552			128.059	185.292			
2						270.000	270.000	270.000		
3			Ikke angivet	Ikke angivet		240.000				
4			141.437							
5			23.658			80.411				
6			110.000		96.000	120.000	120.000	110.000		
7			85.000	96.000			82.000			
8			181.272		163.774			180.225		
9							87.000			
10	450		14.000					77.000		
11			20.000					40.000		
12		1.000.000								
13			190.373		159.937					
14			100.000	74.000			110.000			
15								210.000		
16	210					91.000	300.000	300.000		
17						14.000				
18								140.000		
19		1.000.000	190.000			220.000	220.000			180.000 (Skjult fuger langs lette vægpartier)
20	550			100.000		140.000	140.000			
21			150.000					160.000		
22		Ikke angivet								
23		180.000								
24		Ikke angivet							170.000	
25	2.050									
26						85.000				141.860 (Fuge bag bundkarm)
27			220.000				220.000	160.000		
28								100.000		
29			255.544					43.800		
30								200.000		
31			3.100				6.900	210.000	190.000	
32			210.000					165.000		
33				Ikke angivet	Ikke angivet	Ikke angivet	Ikke angivet			

BILAG 4
[Liste over afhjælpningstiltag på de anvendte cases]

BILAG 4. Liste over afhjælpningstiltag

Case nr.	Case navn	Midlertidigt (M) / permanent (P)	Afhjælpningstiltag	Kommentar
1	Byskolen	M	Indkapsling (primære kilder)	Indkapsling af elastiske fuger ved TWO forsegling
2	Farum Midtpunkt	P	Indkapsling (sekundære og tertiære kilder) Termisk metode (udbagning) Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved elementer Fysisk fjernelse af sekundær kilde Fysisk fjernelse af tertiær kilde	Afværgtiltagene er valgt og udført som en samlet 'pakke' på baggrund af en række pilotforsøg.
3	Børnehuset Frederik Clausens Vænget	P	Termisk metode (udbagning) Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre	Gennemførelse af PCB sanering omfattende følgende tiltag: 1. Færdiggørelse af klimaskærm i form af nye udvendige fuger 2. Udskiftning af indvendige fuger 3. Opvarmning af børnehaven til mellem 50 og 55°C i 4 dage incl. luftrensning. 4. Opvarmning af børnehaven og vuggestue til ca. 48°C i over 12 dage incl. luftrensning
4	Borup Skole	M	Ventilation Rengøring Sænkning af temperatur	Opsætning af decentrale airmasterenheder i lokaler, hvor PCB koncentration er over 3000 ng/m ³ . Udluftning samt intensiv rengøring. Inderegulering af radiatorer så temperatur ikke overstiger 20-22 C
5	Hvalsø Skole	P	Ventilation Udluftning Rengøring Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre, Udskiftning af døre og vinduer	Udskifte tilbageværende vinduer og døre i kombination med en sanering af de PCB-holdige fuger omkring vinduerne og dørene. Første tiltag skete i sommerferien 2010, hvor fugemassen omkring vinduer og døre blev udskiftet og der blev sat nye vinduer og døre i skolens værkstedsfløj. Efterfølgende fulgte samme tur i klasselokaler og senest skolens administrationsfløj i juleferien 2010. Ud over udskiftningen af vinduer og døre, er der foretaget forsøg med at øge skolens mekaniske ventilation, med henblik på at tiltagene i kombination vil nedbringe PCB i indeluften tilstrækkeligt.
6	Esbjerg Kommune – Fourfeldt-skolen	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Ventilation Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved elementer	Alle vinduespartier og døre i facader samt PCB-holdige elastiske fuger omkring er udskiftet. Alle indvendige døre med elastiske fuger omkring er udskiftet. Alle indvendige PCB-holdige elastiske fuger mellem betonelementer er udskiftet. Sekundære PCB-kilder i tilstødende beton er efterladt. Der er foretaget indkapsling med silikatforsegling (TWO-teknik) på sekundære kilder i beton, inden etablering af nye fuger. Indkapslingen er påført på skæreflader efter fjernede fuger og på 5 cm. på hver side af fugen. Efter indkapsling og etablering af ny fuge er der påsat en afdækning med en hård stenplade med en bredde, så både fuge og indkapsling er afdækket af pladen. Der er eksisterende mekanisk ventilation i bygningen. I forbindelse med afhjælpningsprojektet er der udført udskiftning af ventilationsaggregaterne, så der kan skrues op for luftskiftet og køres med indblæsning af 100% frisk luft. Tidligere var anlægget indstillet således, at en del af udsugningsluften blev opblandet med friskluft og indblæst igen. De ældre ventilationsaggregater kunne ikke opvarme indblæsningsluften tilstrækkeligt, hvis der blev kørt med 100% frisk luft.
7	Nørrevang-skolen	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre	Dette er et pilotprojekt i en fløj af skolen. Der er foretaget udskiftning af vinduer og døre samt elastiske fuger omkring.
8	Humblebæk Skole Baunebjergvej	P	Ventilation	Forsøg med skolens ventilationsanlæg har vist, at ventilationsforholdene har stor betydning for hvor meget PCB der måles i indeluften. På baggrund af en række pilotforsøg med regulering på de eksisterende ventilationsanlæg besluttes det, at installerer et nyt centralt ventilationsanlæg på skolen. Der foretages efterfølgende flere målerunder og foretages optimering af instillingerne af det nye ventilationsanlæg. Det er rådgivers vurdering, at et øget luftskifte i kombination med et let overtryk i bygningerne, vil kunne reducere koncentrationen af PCB i indeluften betydeligt. Omkostninger til etablering af ventilationssystemet, som består af 9 delsystemer er på 8,75 mio. kr. Driftsomkostningerne er estimeret til ca. 300.000 kr. pr. år. Ved maksimal ventilationsrate og døgndrift.
9	Børnehaven Rosenly	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre	Indvendige døre og elastiske PCB-fuger omkring er udskiftet
10	Anonymiseret Case	M	Indkapsling (primære kilder)	Foresgling med SPS PRIMÆR fra TWO Teknik
11	Anonymiseret Case	M	Indkapsling (primære kilder)	Foresgling med SPS PRIMÆR fra TWO Teknik
12	Lyseng Alle 1, Blog G	P	Rengøring Fysisk fjernelse af kondensatorer	Efter der er påvist forhøjede værdier af PCB i indeluften, er kondensatorer fjernet i de 2 rum hvor der er mere end 1.200 ng/m ³ i indeluften. Der blev foretaget en grundig rengøring. Kondensatorerne er endnu ikke fjernet i de resterende rum.

Case nr.	Case navn	Midlertidigt (M) / permanent (P)	Afhjælpningstiltag	Kommentar
13	Aalborg Politigård	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved elementer	"Ved en renovering af facaden vil en del af konstruktionen, hvor den tidligere PCB-fuger var placeret, blive en del af den indvendige konstruktion." "Bygning er opført med beton i søjle/drage system. Der skal foretages en facaderenovering af bygningen, hvor de eksisterende kuldebroer fjernes og facaden flyttes ud forbi søjlerne."
14	Børnehaven Havbakken	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved døre, Udskiftning af vinduer og døre	Vinduespartier og udvendige døre samt tilhørende fuger fjernes. Skæreflader efter fuger indkapsles med sprøjtemembran (TWO Teknik). Der indsættes nyt vinduesparti og døre samt fuger omkring. Indvendige døre fjernes. Indvendige døre samt tilhørende fuger fjernes. Skæreflader efter fuger indkapsles med sprøjtemembran. Der indsættes nye døre og gereder omkring dørerne.
15	Fjordbakke-skolen	P	Indkapsling (primære kilder) Ventilation	Indvendige elementfuger et indkapslet med alutape og træliste. Der er indstalleret et nyt centralt mekanisk ventilationsanlæg.
16	Mellervang-skolen	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved elementer Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved elementer Fysisk fjernelse af maling Fysisk fjernelse af sekundær kilde Fysisk fjernelse af tertiær kilde	Ingen detaljerede oplysninger om udført projekt
17	Slagelse Kommune - CSU	M	Luftrenser	De højeste koncentrationer er konstateret i Hjernens hus, som ikke er renoveret, og 4 luftrenser blev opsat i udvalgte lokaler i denne bygning
18	Søndre Skole	M	Udluftning Sænkning af temperatur Ventilation	Midlertidig afhjælpningstiltag ved at øge ventilation og udluftningen i bygningen samt holde temperaturen på 21 grader. Udluftningen øges ved at åbne vinduer regelmæssigt. Endvidere er der sat udluftningsventiler i vinduerne i stueplan, samt ventilationsriste i de interne døre
19	Over Jerstal Skole	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Rengøring Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved døre Fysisk fjernelse af kondensatorer Fysisk fjernelse af anden primær kilde Fysisk fjernelse af sekundær kilde	Udskiftning af døre og vinduer samt PCB-holdige elastiske fuger. Fjernelse af kondensatorer. Indkapsling af sekundære kilder.
20	Lagoniskolen	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder), Ventilation, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved døre, Fysisk fjernelse af sekundær kilde, Fysisk fjernelse af tertiær kilde	Udskiftning af døre og vinduer samt PCB-holdige elastiske fuger. Fjernelse af kondensatorer. Indkapsling af sekundære kilder. Etablering af ventilation
21	Ullerup Bæk Skolen, afd. Nørre Allé (Alleskolen)	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuger Sænkning af temperatur Ventilation	Kun udført i læreforberedelsesrummet. Elastiske fuger ved betonelementer er fjernet. Der er etableret mekanisk ventilation med decentrale airmasterenheder.
22	Hastrup Skole, Køge	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Fysisk fjernelse af kondensatorer Fysisk fjernelse af tertiær kilde	Lyskilder fjernet på hele skolen. Linoleum fjernet i klasselokaler med målt over 300 ng/m ³ (30 lokaler) PUR- forsegling i gangarealer og faglokaler med målt over 300 ng/m ³ (17 lokaler) Udskiftet trægulv og høvlebænke i sløjdløkalet.
23-1	Gadstrup Skole	P	Fysisk fjernelse af kondensatorer	Ca. 750 kondensatorer er fjernet.
23-2	Gadstrup Skole	P	Fysisk fjernelse af kondensatorer Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Termisk metode (udbugning) Fysisk fjernelse af tertiær kilde, etablering af ventilationsanlæg	Fjernelse af nedhængte lofter og inventar, termisk udbugning ved 50-60 gr. i 3 uger og indkapsling af lofter med Remmers W Spærre. Derudover er der etableret et nyt ventilationsanlæg
24	Rødby Skole	P	Ventilation Fysisk fjernelse af kondensatorer Fysisk fjernelse af tertiær kilde Udskiftning af døre + vinduer	Omfatter et enkelt lokale - musiklokale. Lysstofarmaturer med PCB-holdige kondensatorer er tidligere udskiftet. Ventilation forøges. Udskiftning af 2 døre og 10 vinduer. Udskiftning af vægbeklædning inklusiv tapet og maling, radioatorer og møbler
25	Flyvestation Skalsstrup, Gadstrup	M	Rengøring	Sikringsrum i kælder, sagsforløb: Forberedelse - af rum Indledende måling af luft Rengøring af sikringsrum Rengøringskontrol I efterfulgt af Luftmåling I Rengøringskontrol II efterfulgt af Luftmåling II Afrapportering.
26-1	Flådestation Frederikshavn	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuger, indendørs ved vinduer	Der blev opsat støvskærm. Fjernelse af 4 fuger ved bundkarmen, en fuger bag bundkarmen og en mindre mængde beton ved bundkarmens vægkontaktpunkter. Derefter grundig rengøring af rummet og ventilation i to døgn. Ny rengøring før fjernelse af støvskærm og afdækning. Opsætning af ny bundkarm.

Case nr.	Case navn	Midlertidigt (M) / permanent (P)	Afhjælpningstiltag	Kommentar
26-2	Flådestation Frederikshavn	M	Ventilation	Der er opsat en Airmaster enhed med ind- og udsug gennem det øverste vindue. Airmaster har tidligere siddet i Forsvarets bygninger i Hjørring. Filtrene i Airmaster enheden var gamle, og der blev skiftet til nye filtre dagen efter den var sat op. Airmasteren blev sat i gang samme dag den blev sat op. Effektiviteten blev først sat til 40% de første par dage og derefter til 60%.
27-1	Sletten Skole (Otterup skole)	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved elementer, Fysisk fjernelse af sekundær kilde	Fuger omkring vinduer, indvendige døre samt fuger ved limtræskonstruktion.
27-2	Sletten Skole (Otterup skole)	P	Ventilation Fysisk fjernelse af kondensatorer	Kun udført i Sløjdløkkale i kælderen i fløj F. Eksisterende ventilation øget ydelse
28	Vestermarkskolen, Års	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved elementer Fysisk fjernelse af maling Fjernelse af oprindeligt ydervægselement	Ingen detaljerede oplysninger om udført projekt
29	VD, Thomas Helstedsvej, Skanderborg	P	Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved elementer Fjernelse af en del af de tilstødende materialer (beton)	Ejendommen er blevet energirenoveret og der er udført tiltag overfor PCB.
30	Skallebølle skole	P	Indkapsling (primære kilder) Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Ventilation Rengøring Fysisk fjernelse af tertiær kilde	Første skridt var at rengøre lokalet, samt alt inventar i lokalet, dette blev gjort af Assens Kommunes egen rengørings afdeling, derefter blev plast fodlister fjernet og destrueret på Nord i Nyborg. Da der var begrænset luftskifte i lokalet, bestående af udsugning gennem spjæld i væggen som fører ud til loftrummet i gangareal og videre ud gennem 4 udsugnings motorer i taget, lufttilførselen til lokalet er gennem delvist lukkede facadespjæld generelle utætheder i døre og vinduer mm. Og derved konstant undertryk i lokalet. Der blev monteret midlertidig balanceret ventilations anlæg, anlægget var et Exhausto Vex 308. Eksisterende spjæld i væggen blev afdækket, således at den eksisterende udsugning ikke skulle have indflydelse på det midlertidige ventilations anlæg. Alle malede overflader og fuger blev behandlet af 2 omgange med ca. 30 minutters mellemrum med SPS Primær spærremaling, og derefter behandlet med standart vægmaling. Alle fuger blev afdækket med DAFA Self-Adhesive Sealing Tape Alu, og malede trælister således at det ikke er muligt at komme i fysisk kontakt med fugen. Gulv og loft blev dækket af med plastik, af to omgange, for at se hvilken effekt det havde på luftmålingerne. Luftmålinger viste tydeligt at både loftet og gulvet havde en relativt stor indflydelse på målingerne, derfor blev det besluttet at fjerne og destruerer både loft og gulv, da begge dele indeholdt mere de tilladte 50 mg/kg. Ved etablering af nyt loft blev der taget højde for at optimere lyd forholdene i lokalet, det nye loft er af mærket Rockfon Boxer A-24.
31	Glamsbjerg skole	P	Indkapsling (primære kilder) Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Ventilation Rengøring Fysisk fjernelse af kondensatorer Fysisk fjernelse af tertiær kilde	Der udpeges 2 prøve lokaler, valget faldt på musik lokalet og ungdomsklubben i blok 3, da målingerne i begge disse rum var et godt stykke over Sundhedsstyrelsens anbefalinger, P67 på 1900 ng/m ³ luft og P80 på 1700 ng/m ³ luft. Og i begge lokaler var der ingen eller meget ringe udsugning. Første skridt var at rengøre og fjerne alt inventar i lokalene, de ting af inventaret der blev vurderet uegnet til rengøring blev sendt til forbrænding på NORD i Nyborg. Herefter blev alle lofter og gulv belægninger fjernet og sendt til forbrænding på NORD i Nyborg, da der var gamle lys armaturer i ungdomsklubben blev disse demonteret og sendt til forbrænding på NORD i Nyborg. Alle malede overflader og fuger blev behandlet af 2 omgange med ca. 30 minutters mellemrum med SPS Primær spærremaling, og derefter behandlet med standart vægmaling. Alle fuger blev afdækket med DAFA Self-Adhesive Sealing Tape Alu, og malede trælister således at det ikke er muligt at komme i fysisk kontakt med fugen. Herefter blev der monteret nye lofter, i musik lokalet samt ungdomsklubben, i musik lokalet blev der monteret Rockfon Boxer A-24, i ungdomsklubben blev der monteret Knauf Danoline Corridor 400 loft, dette var udelukkende fordi der var et ønske om at loftet skulle males sort. Til sidst blev der lagt nyt linoleums belægning i begge rum.
32-1	Sorø Kommune – Frederiksborg Skole	M	Udluftning Rengøring	Hovedrengøring: Grundig støvsugning af alle lodrette og vandrette overflader Vaskbare overflader vasket med vand tilsat et egnet rengøringsmiddel Øvrigt løst og fast inventar, støvsuget og efterfølgende afvasket Vaskbare tekstiler som fx gardiner blev vasket 2 x ugentlig grundig rengøring og udluftning hver dag ifb. rengøring og udluftning hver morgen inden skolestart

Case nr.	Case navn	Midlertidigt (M) / permanent (P)	Afhjælpningstiltag	Kommentar
32-2	Sorø Kommune – Frederiksberg Skole	M	Indkapsling (primære kilder)	Forsegling af indvendige fuger med silikat PCB spærre (TWO) i AKT lokale (1.24) i blok 1
33-1	Pilotprojekt Brøndby Strand	P	Termisk metode (udbagning) Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre, Fysisk fjernelse af maling	Pilotprojekt udført i en lejlighed. Flere målerunder undervejs mellem de forskellige tiltag. Fjernelse af fuger, gulve, rørkasser, døre, vinduesfacader. Kontaktflader og sekundære kilder spartles/forsegles med Remmers spærrepuds/ PCB spærre EP 2K Fjernelse af maling/tapet Udbagning af terciære kilder
33-2	Pilotprojekt Brøndby Strand	P	Indkapsling (sekundære/tertiære kilder) Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, udendørs ved døre, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved vinduer, Fysisk fjernelse af Elastisk fuge, indendørs ved døre, Fysisk fjernelse af maling	Pilotprojekt udført i en lejlighed. Flere målerunder undervejs mellem de forskellige tiltag. Fjernelse af fuger, gulve, rørkasser, døre, vinduesfacader. Kontaktflader og sekundære kilder spartles/forsegles med Remmers spærrepuds/ PCB spærre EP 2K Fjernelse af maling/tapet Fuldspartling og forsegling af alle vægge og lofter med Remmers PCB spærre EP 2K

BILAG 5
[Sammenstilling af analyseværdier og udvalgte data for anvendte cases]

BILAG 5-1. Sammenstilling af analyseværdier og udvalgte data for cases vedr. midlertidige afhjælpningstiltag

I nedenstående tabel er gennemsnitlige PCB-koncentrationer før og efter afhjælpningstiltag angivet sammen med udvalgte data for cases, som omhandler midlertidige afhjælpningstiltag. Udførte afhjælpningstiltag er angivet ved afkrydsning.

Casenummer	1	4	10	11	17	18	25	26-2	32-1	32-2
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fysisk fjernelse af primære kilder										
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder										
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer										
Indkapsling af primære kilder	x		x	x						x
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder										
Termisk metode (udbagning)										
Ventilation		x				x		x		
Rengøring		x					x		x	
Udluftning						x			x	
Luftrensning					x					
Sænkning af temperatur		x				x				
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)			2.600	2.000	168	1.293				
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	4	2	13	12	4	7	2	2	8	3
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng PCB-total/m ³)	628	6.342	218	543	4.250	2.429	870	535	2.391	1.739
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	8	2	8	9	10	5	2	8	106	8
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng PCB-total/m ³)	472	1.405	197	306	2.910	816	680	465	1.088	942
Reduktion i PCB-koncentration i %	25	78	10	44	32	66	22	13	54	46
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger*	4 år 10 mdr.	1 mdr.	1 år og 3 mdr.	1 år og 3 mdr.	ca. 1 år og 6 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	3 år og 8 mdr.	4 år og 1 mdr.

* I tilfælde med flere målerunder efter afhjælpning, er datoen for sidste målerunde anvendt til vurdering af perioden

BILAG 5-2. Sammenstilling af analyseværdier og udvalgte data for cases vedr. permanente afhjælpningstiltag

I nedenstående tabel er gennemsnitlige PCB-koncentrationer før og efter afhjælpningstiltag angivet sammen med udvalgte data for cases, som omhandler midlertidige afhjælpningstiltag. Udførte afhjælpningstiltag er angivet ved afkrydsning.

Casenummer	2	3	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23-1	23-2	24	26-1	27-1	27-2	28	29	30	31	33-1	33-2
Midlertidigt (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x	x	x	x		x		x	x		x	x	x	x					x	x		x	x			x	x
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	x											x	x	x		x		x	x		x		x	x	x	x	x	x
Fysisk fjernelse af PCB-holdige kondensatorer								x					x			x	x	x	x			x				x		
Indkapsling af primære kilder											x														x	x		
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	x			x					x	x		x	x	x		x		x							x	x	x	x
Termisk metode (udbagning)	x	x																x									x	
Ventilation			x	x		x					x			x	x			x	x			x			x	x		
Rengøring			x					x					x												x	x		
Udluftning			x																									
Luftrensning																												
Sænkning af temperatur															x													
Antal kvadratmeter omfattet af afhjælpningstiltag (m ²)	35.750			7.830	1.000	7.525		121		400	1.938	2.758	5.411	6.842	100	5.774	1.500	1.500	120		750		120		58		77	77
Antal målepunkter før afhjælpningstiltag	16	15	10	2	34	8	2	5	4	4	4	17	16	29	1	87	15	5	1	2	6	5	1	4	1	2	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng PCB-total/m ³)	1.196	2.013#	1.747	1.050	318	518	1.115	2.520	136	533	308	305	809	1.266	640	481	1.301#	2.060#	550	565	1.193	2.080	1.500	442	1.600	1.800	3.380#	3.554#
Antal målepunkter efter afhjælpningstiltag	68	3	14	24	5	10	2	3	56	8	6	7	8	10	2	114	5	20	1	8	4	6	1	32	1	2	1	1
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng PCB-total/m ³)	120	327#	374	283	224	168	42	1.667	71	271	202	236	211	65	180	300	2.060#	125#	130	608	1.748	882	150	139	270	220	1.433#	646#
Reduktion i PCB-koncentration i %	90	84	79	73	30	68	96	34	48	49	34	22	74	95	72	38	-58	94	76	-8	-46	58	90	69	83	88	58	82
Anslået periode fra afslutning af afhjælpningstiltag til udførelse af eftermålinger*	9 mdr.	1 år og 11 mdr.	3 år og 1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	ca. 2 år	ca. 1 år	1 mdr.	1 år og 11 mdr.	1 år og 3 mdr.	Ikke oplyst	3 mdr.	Ikke oplyst	Ikke oplyst	ca. 2 år	ca. 10 mdr.	1 mdr.	7 mdr.	10 mdr.	1 mdr.	3 år	3 år	3 mdr.	1 år	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.

* I tilfælde med flere målerunder efter afhjælpning, er datoen for sidste målerunde anvendt til vurdering af perioden

Temperaturkorrigerede analysedata

BILAG 6
[Tabel med angivelse af oplysninger om omkostninger]

BILAG 6. Sammenstilling af oplysninger om økonomi

I nedenstående tabel er oplysninger om økonomi angivet sammen med udvalgte data. Der er kun medtaget cases, hvor det har været muligt at indhente oplysninger om økonomi, og hvor det samtidig er oplyst, hvor mange kvadratmeter der er omfattet af projektet.

Casenummer	2	6	7	8	10	11	14	16	17	19	20	21	23-1	23-2	24	27-1	28	30
Midlertidig (M) / permanent (P) afhjælpningstiltag	P	P	P	P	M	M	P	P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fysisk fjernelse af primære kilder	x	x	x				x	x		x	x	x				x	x	
Fysisk fjernelse af sekundære/tertiære kilder	x							x		x	x			x	x	x	x	x
Fysisk fjernelse af kondensatorer										x			x	x	x			
Indkapsling af primære kilder					x	x												x
Indkapsling af sekundære/tertiære kilder	x	x					x	x		x	x			x				x
Termisk metode (udbugning)	x													x				
Ventilation		x		x							x	x		x	x			x
Rengøring										x								x
Udluftning																		
Luftrensning									x									
Sænkning af temperatur												x						
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit før afhjælpning (ng PCB-total/m ³)	1.196	1.050	318	518	218	543	533	305	4.250	809	1.266	640	1.301	2.060	550	1.193	1.500	1.600
PCB-koncentration i indeluft, gennemsnit efter afhjælpning (ng PCB-total/m ³)	120	283	224	168	197	306	271	236	2.910	211	65	180	2.060	125	130	1.748	150	270
Reduktion %	90	73	30	68	10	44	49	22	32	74	95	72	-58	94	76	-46	90	83
Økonomi, total pris for afhjælpningstiltag (kr.)	344.000.000	9.639.801	756.300	8.750.000	760.773	791.825	489.000	3.092.429	83.500	8.750.000	26.250.000	259.870	250.000	8.000.000	337.800	499.994	400.000	225.000
Antal kvadratmeter for afhjælpningstiltag (m ²)	35.750	7.830	1.000	7.525	2.600	2.000	400	2.758	168	5.411	6.842	100	1.500	1.500	120	750	120	58
Omkostning pr. areal (kr./m ²)	9.622	1.231	756	1.163	293	396	1.223	1.121	497	1.617	3.837	2.599	167	5.333	2.815	667	3.333	3.879