Rapport

0202

# Spridning av PCB från fogmassor till angränsande material

## Rivning och sanering vid rivning

Ett projekt inom FoU-VÄST

*Gunilla Rex • Mikael Sundahl • Ingvar Folkesson*

Spridning av PCB från fogmassor till angränsande material
Rivning och sanering vid rivning

© FoU-Väst 2002

ISSN 1402-7410

Sveriges Byggindustrier
Ekmansgatan 1
411 32 Göteborg

Författare: Gunilla Rex, Mikael Sundahl, Ingvar Folkesson
Projektledare: Gunilla Rex
Tryckeri: SG idé & tryck ab
Datum: Juni 2002
E-mail: fou@bygg.org
Internet: www.bygg.or

# Förord

Detta projekt påbörjades i juni 2000 med syfte att undersöka PCB-invandring i material angränsande till PCB-haltig fogmassa och om möjligt även till golvmassa med PCB, för att därefter göra en bedömning av lämpliga metoder för rivning och sanering i samband med rivning samt miljöriktig hantering av PCB-förorenade restprodukter.

Projektet har genomförts av Projektet PCB i byggnader inom Byggsektorns Kretsloppsråd, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) och Svenska Fogbranschens Riksförbund (SFR) som ett projekt inom FoU-Väst.

Projektledare har varit Gunilla Rex, Rex Hus & Miljökonsult, sekreterare i Projektet PCB i byggnader. För den första del av projektet som avsåg provtagning, analys och utvärdering har Mikael Sundahl, SP, ansvarat. Denna del var klar i början av 2001 och redovisas i en separat rapport, SP Rapport 2001:02, Spridning av PCB från PCB-haltiga fogmassor till angränsande byggmaterial. Sarka Langer, SP, har ansvarat för den analys som utförts i samband med kompletterande provtagning hösten - vintern 2001 - 2002. Ansvarig för studier av rivnings- och saneringsmetoder har varit Ingvar Folkesson, SFR, som också tagit fram en metodanvisning för sanering i samband med rivning samt arbetat med diagram och beräkningar. Niklas Johansson har bidragit med synpunkter på riskerna med återvinning av mineraliska massor med låg PCB-halt för t ex vägunderbyggnad. Gunilla Rex har skrivit slutrapporten från projektet i samråd med övriga medverkande och referensgruppen.

**I projektgruppen har medverkat:**

Ingvar Folkesson, Svenska Fogbranschens Riksförbund (SFR)
Per Lilliehorn, Sveriges Fastighetsägareförbund (även sekreterare i Byggsektorns Kretsloppsråd och ansvarig för projektet PCB i byggnader)
Sven-Ola Nilsson, Marknadskonsult Sven-Ola Nilsson (tidigare VD och förbundsdirektör för Maskinentreprenörerna)
Gunilla Rex, Rex Hus & Miljökonsult
Claes Sandell, CBS Bygg- & Anläggningsservice AB
Mikael Sundahl, SP Kemi och Materialteknik (på SP då studien gjordes)
Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier

**Referenspersoner**

Projektet har också haft en stor referensgrupp som vi tackar för bidrag med värdefulla synpunkter i det löpande arbetet och vid bedömning av lämpliga metoder för sanering, rivning och restprodukthantering:
Lars Asplund, Naturvårdsverket
Bo Jansson, Stockholms Universitet, Institutet för Tillämpad Miljöforskning (ITM)
Ulf Järnberg, Stockholms Universitet, Institutet för Tillämpad Miljöforskning (ITM)
Niklas Johansson, Naturvårdsverket och Institutet för Miljömedicin vid Karolinska Institutet
Kerstin Wahlberg, Arbetsmiljöverket
Anneli Åstebro, Miljö- och stadsbyggnadskontoret Järfälla kommun (tidigare Miljöförv. Stockholm)
Christer Björklund, ÅF-Energi Stockholm AB (ingår i projektgruppen för projektet PCB i byggnader)
Bertil Grandinson, SBUF (ingår i projektgruppen för projektet PCB i byggnader)
Arne Hellström, Strängbetong (ingår i projektgruppen för projektet PCB i byggnader)
Nils-Olof Rynell, Postfastigheter AB
Rickard Sten, Rivners AB

**Projektgrupp för delprojekt om rivnings- och saneringsmetoder**
Ingvar Folkesson, SFR, projektledare
Sven-Ola Nilsson, Marknadskonsult Sven-Ola Nilsson
Gunilla Rex, Rex Hus & Miljökonsult
Mikael Sundahl, SP Kemi och Materialteknik

**Projektgrupp för delprojekt om provtagning och analys**
Mikael Sundahl, SP Kemi och Materialteknik, projektledare
Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier och FoU Väst, projektsamordning
Birgitta Ek-Olausson, SP, analyser
Annette Hjorthage, SP, analyser
Cecilia Torstensson, SP, analyser
Ulrika Hammargren/Åsa Jönsson, Skanska Teknik
Claes Sandell, CBS Bygg- & Anläggningsservice AB
Nils Olof Sandell, Betongsprutnings AB BESAB
Helen Wengholt Johnsson, NCC Teknik

**Referenspersoner för delprojektet om provtagning och analys**
Referenspersoner för delprojektet har varit företag inom FoU Väst (se SP rapport 2001:02).

**Kompletterande provtagning och analyser**
Sarka Langer, SP
Mats Tornevall, SP, provtagning

**Medverkande entreprenörer**
Vi vill också rikta ett stort tack till de entreprenörer som hjälpt till vid provtagningar i projektet:
AB Fogspecialisten
Riv-Tjänst i Örebro AB
Grubits Miljö AB
Entreprenadsystem West AB
Toto's Fog & Bygg

**Finansiärer**
Projektet har finansierats av Formas (tidigare BFR) och SBUF samt medverkande företag.

**Fotografer**
Bilderna i rapporten har tagits av:
Ingvar Folkesson, omslagsbild samt bild nr 2 - 7.
Thomas Strand, bild nr 8 - 9.

Stockholm i juni 2002
Gunilla Rex

# Innehållsförteckning


- Sammanfattning 7
- Bakgrund 9
  - PCB 9
  - Byggsektorns åtagande 9
  - PCB-spridning till angränsande material och hantering av dessa vid rivning 10
  - Sanering av fog- och golvmassor med PCB vid rivning 10
  - Lagstiftning 10
- Mål och syfte med projektet 11
- Metod och genomförande 13
  - Kunskapsinsamling - referensvärden 13
  - Metoder för rivning och sanering vid rivning 13
  - Provtagning och analys av material angränsande till PCB-haltiga fogmassor 13
    - Mätningar enl SP 2001:2 14
    - Kompletterande mätningar av PCB i betong sommaren 2000 14
    - Kompletterande mätningar av PCB i betong och tegel samt granit 2001 - 2002 14
  - Restprodukthantering 14
- Sanering vid rivning – erfarenheter 17
  - Byggnad med betongelement 17
    - Objektbeskrivning 17
    - Sanering av betongelementen 18
    - Miljöskydd 20
    - Arbetsmiljön 20
  - Byggnader av tegel 21
    - Objekt 1 21
    - Objekt 2 21
  - Enkät till rivningsentreprenörer 22
- Resultat - PCB-halter 25
  - Mätningar utförda av SP, redovisade i rapport SP 2001:2 25
    - Betong 26
    - Lättbetong 26
    - Tegel 26
    - Trä 27
    - Marmor 27
  - Kompletterande mätningar 2001 - 2002 27
    - Betong, Storstockholm 27
    - Jämförelse mellan provtagning med slipning respektive borrning 28
    - Betong, Västra Sverige 29
    - Tegel, Västra Sverige 29
    - Granit 30
  - Referensvärden från andra mätningar 30
  - Sammanställning av alla resultat för undersökta material 30

Uppmätta halter i betong 31
Halter i betong (Sätra), linjära axelskalor 32
Uppmätta halter i tegel 33
Uppmätta halter i lättbetong 34
Uppmätta halter i trä (SP 2001:2) 34

- Tolkning av resultaten och slutsatser 35

Vad visar mätresultaten? **35**
Jämförelse mellan provtagningsmetoder 35
Mycket höga halter närmast fogmassan 36
Stor variation i PCB-spridning 36
Slutsats 40
Beräkning av mängder och halter i angränsande material 40
Utgångspunkter för beräkning av mängder och halter 40
Hur tillförlitliga är beräknade värden? 41
Halter och mängder i skiktet 0 – 2 mm från fogen 42
Mängder PCB på olika avstånd från fogen 42
PCB-mängder och halter kvar efter sanering med olika omfattning 44
Risker med kvarlämnad PCB i restprodukterna 45
Restprodukthantering 46
Utgångspunkter för bedömning av PCB-halter i restprodukter 46
Återvinning av restprodukter 46
Återvinning av betong mm 47
Återvinning av trä? 47
Rivning av tidigare sanerat hus 48
Förslag till saneringsnivåer **48**
Betong 48
Tegel 48
Lättbetong 48
Trä 48

- Rekommendationer 49

Fastighetsägarens tillvägagångssätt inför rivning med sanering 49
Saneringsnivå 49
Restprodukthantering **49**
Betong 50
Lättbetong 50
Tegel 50
Fönster, dörrar av trä 50
Kostnader för destruktion 50
Rivning av tidigare sanerad byggnad **50**
Rivnings- och saneringsmetoder **50**
Allmänna synpunkter 50
Saneringsnivå för olika material 51
Arbetsmetoder och teknisk utrustning för sanering 51
Miljöskydd och arbetsmiljö 53
Ekonomi 53
Upphandling av sanering vid rivning 54

- Slutord 55

Bristande kunskap om PCB!? **55**
Osäkra resultat **55**
Behov av fortsatt undersökning och forskning 55

- Referenser 57

# Sammanfattning

Bakgrunden till projektet var bristande kunskap om hur PCB-förorenade material bör saneras och restprodukter tas omhand i samband med rivning. De huvudsakliga frågeställningarna i projektet har varit:

- I vilken omfattning vandrar PCB från fogmassor in i angränsande material?
- I vilken omfattning bör sanering utföras i byggnader som ska behållas respektive rivas?
- Vilka rivnings- och saneringsmetoder är lämpliga för hus med PCB-haltiga fogmassor?
- När och hur kan byggmaterial och produkter med förorening av PCB återvinnas?

Syftet är att återvinna så mycket restprodukter som möjligt efter rivning och minimera mängden avfall till destruktion eller deponi. Målet har varit att ta fram rekommendationer för byggsektorn för saneringsmetoder, rivningsmetoder och restprodukthantering vid rivning.

Det har visat sig att höga halter PCB finns i skiktet närmast fogmassan, 0 - 2 mm från fogmassan. Exempelvis betong har här i genomsnitt 14 % av halten i fogmassan och - summerat för båda fogsidorna - cirka 10 % av mängden i fogmassan beräknad på en ”normalfog” (cirka 15 x 6-7 mm). Det är alltså mycket viktigt att dessa 2 mm av fogkanten tas bort i samband med fogsanering av hus som ska behållas.

PCB-inträngningen är störst i betong, tegel och lättbetong, där man kan finna cirka 4 - 5 % av halten i fogmassan på 2 - 4 mm avstånd från fogen och 2 - 3 % 4 - 6 mm in i materialet. Inträngningen är mindre i trä och natursten som också har undersökts. Beräkningar av mängder PCB i betong och tegel jämfört med mängden i ”normalfogen”, visar att skiktet 2 - 100 mm från fogen - summerat för båda fogsidorna - i genomsnitt innehåller knappt 1 % av mängden i fogmassan. Det innebär att vid 2 mm sanering av fogkanterna på dessa material, tas cirka 99 % av den ursprungliga PCB-mängden bort.

En viktig erfarenhet från projektet är den stora variationen i värden som finns för PCB-halter i olika angränsande material. Detta innebär att alla beräkningar och slutsatser som dras blir osäkra. Vi anser att vi ändå får en god uppfattning om storleksordningen av den PCB som finns i dessa material. Men i det praktiska fallet bör en närmare undersökning göras för att man ska kunna göra mer realistiska beräkningar.

Det är troligt att PCB-halten i materialet intill fogmassan är proportionell mot halten i fogmassan. För att kunna jämföras har värdena räknats om för att motsvara byggmaterial intill en fogmassa med 10 % PCB. För betong, som är det vanligaste materialet i anslutning till PCB-haltig fogmassa, kan då värdena skilja upp till 50 - 100 gånger mellan prover från olika objekt. En möjlig orsak till detta kan vara betongens porositet, på så sätt att högre porositet ger större inträngning av PCB. Motsvarande förhållande kan man se för tegel. Även i lättbetong och trä finns en stor variation i uppmätta värden.

Vid 10 % PCB-innehåll eller mindre i fogmassan rekommenderas en bortsanering av cirka 2 cm betong respektive tegel intill 25 - 30 mm djup. I ett betongelement får man då en resterande halt i samma storleksordning som Naturvårdsverkets riktvärde för känslig markanvändning, vilket innebär att restprodukterna bör kunna återvinnas t ex för vägunderbyggnad. Lättbetongprover har visat högre PCB-halter långt in i materialet än betong- och tegelprover. Det kan innebära att dessa restprodukter måste deponeras även efter en mer omfattande sanering.

Totalt i våra byggnader kan det finnas omkring 100 ton PCB kvar. Så småningom kommer troligen alla dessa byggnader att rivas. Om vi antar att all PCB-haltig fogmassa finns intill betong och tegel, och dessa material saneras i samband med rivning så att

resthalten blir cirka 0,02 mg/kg eller lägre, är bedömningen att dessa restprodukter totalt innehåller mindre än 100 kg PCB.

Sanerings- och rivningsmetoder måste bestämmas utifrån förutsättningarna i det enskilda fallet. Som saneringsmetod rekommenderas sågning, där det är möjligt. Bilning kan vara ett alternativ. Dammuppsamling, arbetarskydd, miljöskydd, avfallshantering mm ska utföras på motsvarande sätt som då huset inte ska rivas.

Sanering av PCB-fogar i tegelfasader måste utföras före rivning, liksom i andra hus där inte hela element kan demonteras. Vid betongelementhus finns alternativet att först demontera elementen, lämpligen sedan ett snitt skurits genom fogmassan för att minimera spridningen av fogmassebitar vid demonteringen. Elementen kan i detta fall saneras på en arbetsstation på marken, där man har bättre möjlighet att ordna bra klimatskydd och lämpliga arbetsställningar och fogarna är lättare att komma åt.

En grov uppskattning av merkostnaden för sanering i samband med rivning är cirka 15 - 20 % för ett betongelementhus med mycket fogmassa.

Undersökningarna i projektet har gjorts genom provtagning av fogmassor och angränsande material och laboratorieanalys av proverna. Proverna har huvudsakligen tagits genom slipning, på motsvarande sätt som fogkanter i normalfallet görs rena vid sanering. Slipdammet har samlats upp som provmaterial. En del borrprover har också tagits i projektet och värden från andra mätningar har använts som referens. Någon systematisk skillnad i resultat från olika provtagningsmetoder kunde inte påvisas.

Metoder vid sanering och rivning av betong- och tegelbyggnader har studerats i begränsad omfattning och en enkät har genomförts, där rivningsentreprenörer fått beskriva sina erfarenheter. Enkäten visar på att det finns stor kunskapsbrist och att sanering inte alltid utförs på miljöriktigt sätt, också beroende på de extra kostnader som saneringen medför. Här finns ett stort behov av mer information till fastighetsägare - som ansvariga, till konsulter, entreprenörer och tillsynsmyndigheter.

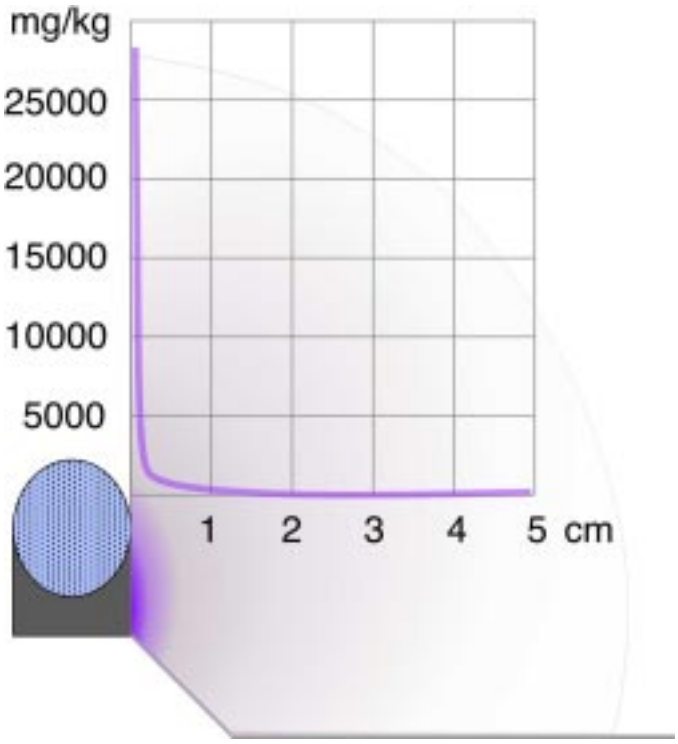



**Bild 1: Illustration av PCB-spridning i betong**

# Bakgrund

## PCB

PCB - polyklorerade bifenyler - är en typ av svårnedbrytbara organiska föreningar som finns i vissa material i våra byggnader från perioden 1956 -1973.

Det har visat sig att PCB-föreningar som finns kvar i fogmassor i byggnader läcker ut till omgivande mark och luft och på det sättet sprider PCB till miljön. När PCB har kommit ut i miljön tas det lätt upp i levande organismer och kan så småningom hamna i djur som människan äter.

Den hittills mest uppmärksammade miljöeffekten av PCB är reproduktionsstörningar som drabbat bl a säl, utter, sillgrissla och havsörn. En viktig hälsoeffekten är påverkan på nervsystemets utveckling. PCB kan också påverka immunsystemet och så småningom även leda till cancer.

I byggnader kan PCB finnas i fogmassor, golvmassor, kondensatorer och isolerrutor.

PCB kan finnas som tillsats i polysulfidbaserade fogmassor i hus som har byggts eller renoverats under perioden 1956 – 1973. PCB-haltiga fogmassor har framförallt använts utvändigt för tätning av rörelsefogar mellan fasadelement, i dilatationsfogar och i fogar vid fönster och dörrar, men man kan även hitta dem inomhus. PCB kan även finnas i lägre halter som förorening i andra typer av fogmassor.

## Byggsektorns åtagande

Att PCB läcker ut från PCB-haltiga fogmassor i byggnader konstaterades i en studie som Naturvårdsverket genomförde och som beskrivs i rapporten ”PCB i fogmassor” [Jansson m fl, 1997]. Mot denna bakgrund bildades inom Byggsektorns Kretsloppsråd hösten 1997 en arbetsgrupp för att samordna byggsektorns arbete med PCB-frågor.

Arbetet bedrivs sedan våren 1998 i projektet ”PCB i byggnader”. Projektet pågår under en femårsperiod med den största insatsen under 1998 och 1999. Projektet omfattar bl a kunskapsinsamling om PCB i byggnader, värdering och utveckling av teknik för sanering av fogmassor med PCB och en omfattande informationsspridning om PCB i byggnader och hur det hanteras.

Kretsloppsrådet har antagit ett handlingsprogram som syftar till att PCB i landets byggnader ska inventeras och de PCB-haltiga byggprodukter som innebär stor risk för hälsa och miljö ska saneras. Det innebär att fogmassor och golvmassor som läcker ut PCB till omgivningen ska saneras. Målet är att saneringen ska vara genomförd till årsskiftet 2002/2003.

I Kretsloppsrådets projekt har uppstått ett antal frågeställningar, som visar på behov av ytterligare kunskap om PCB i byggnader. Bland annat har det konstaterats [Jansson m fl, 1997; Jansson m fl, 2000; Sikander m fl, 1999 ] att PCB sprider sig från fogmassor in i angränsande material. Det betyder dels att om den PCB-haltiga fogmassan byts ut mot en ny fogmassa, blir det en återvandring av PCB till den nya massan, dels att det även efter en noggrann sanering finns en viss kontaminering i det material som har suttit intill den PCB-haltiga fogmassan.

## PCB-spridning till angränsande material och hantering av dessa vid rivning

För att kunna göra en bedömning av hur byggprodukter förorenade med PCB ska hanteras i samband med PCB-sanering och vid rivning är viktigt att veta i vilken grad produkten är förorenad.

Därför finns behov av att undersöka hur PCB sprids till angränsande material, i första hand från PCB-haltiga fogmassor till material såsom betong, lättbetong, trä och tegel.

## Sanering av fog- och golvmassor med PCB vid rivning

För sanering av fogmassor med PCB finns utvecklade metoder för effektiv borttagning av fogmassan i många sammanhang, då byggnaden ska behållas. Däremot är inte mycket känt om metoder för hur fogmassa och golvmassa med PCB i dag tas bort, om hur de på bästa sätt bör tas bort samt hur mycket av intilliggande material som bör tas bort i samband med rivning av byggnader. Rivning avser många gånger just hus från den period då PCB-haltiga fogmassor byggdes in, vilket kan medföra spridning av PCB till miljön om de inte avlägsnas och tas omhand på lämpligt sätt.

I den studie av PCB i fogmassor som utfördes i Sätra i Stockholm [Jansson m fl, 1997] finns bland annat mätresultat som visar att PCB återfinns i betongelementet även på en halv meters avstånd från fogen men att halten sjunker snabbt med avståndet från fogen.

Erfarenhet finns också från projektet ”Metodbeskrivning för identifiering och utbyte av PCB-fogmassor i byggnadsbeståndet” [Sikander m fl, 1999] som ingick som en del i projektet ”PCB-Fria Fogar” där en inledande studie av spridningen till intilliggande material gjordes. Bland annat visades i ett fåtal prover att PCB-halten kan vara mycket hög i de första två millimetrarna betong intill en utskuren fog. Dessa resultat pekar på behov av ytterligare kunskap.

Vissa mätningar i material som sitter intill PCB-haltiga fogmassor har också gjorts av konsultföretag på uppdrag av olika fastighetsägare.

## Lagstiftning

I och med att Miljöbalken trädde i kraft vid årsskiftet 1998/99 har var och en ansvar för all miljöpåverkan från sin egen verksamhet. Detta innefattar även miljöpåverkan från fastigheter, t ex spridning av PCB till omgivningen.

En byggnad som läcker PCB kan betraktas som ”miljöfarlig verksamhet”. En fastighetsägare är som ”verksamhetsutövare” ansvarig för att undersöka om det inom fastighetsbeståndet finns byggnader som läcker PCB till omgivningen. Om så är fallet ställs enligt Miljöbalken krav på att föroreningskällan ska tas bort.

Fastighetsägaren är ansvarig för att saneringen genomförs på ett korrekt sätt med hänsyn till miljön och människors hälsa.

# Mål och syfte med projektet

I projektet har undersökts vilka PCB-halter som kan förväntas i olika material angränsande till PCB-haltiga fog- och golvmassor. En uppgift har varit att ta fram underlag för bedömning av hur omfattande sanering som krävs för att byggmaterial och produkter med liten kontaminering av PCB skall kunna återanvändas eller materialåtervinnas i samband med rivning. Bedömningen har gjorts utifrån tillgänglig kunskap om spridningssätt till miljön och hälso- och miljöeffekter av PCB. Syftet är att vid rivning återvinna så mycket som möjligt och minimera mängden avfall som går till destruktion eller deponi.

Dessutom har undersökts vilka metoder som idag används vid PCB-sanering i samband med rivning och hur rivning och restprodukthantering av PCB-förorenade byggvaror går till. Syftet har varit att finna lämpliga metoder för rivning av hus med PCB-fogmassa och för sanering och restprodukthantering i samband med rivning.

De frågor som vi främst har försökt besvara är:

- Kan PCB-halterna i angränsande material beräknas när man vet fogmassans halt?
- När kan restprodukter återvinnas och hur?
- Hur bör restprodukter hanteras som inte kan återvinnas?
- Med vilken noggrannhet bör sanering av fogmassor utföras intill olika material?
- Vilka saneringsmetoder är lämpliga vid rivning?
- Vilka rivningsmetoder bör användas för PCB-kontaminerade material?

Målet har varit att ta fram rekommendationer för lämpliga saneringsmetoder i samband med rivning samt rekommendationer för rivning och restprodukthantering av PCB-kontaminerade restprodukter. Rekommendationerna ska spridas till byggsektorn för att tillämpas i praktiskt arbete.

# Metod och genomförande

## Kunskapsinsamling - referensvärden

Uppgifter har samlats in från några tidigare gjorda undersökningar av PCB-spridning från PCB-haltiga fog- och golvmassor. Uppgifterna kommer dels från publicerade undersökningar i Sätra [Jansson m fl, 1997] och kv Ögonmåttet [Jansson m fl, 2000] i Stockholm dels från konsultföretag som gjort mätningar för olika fastighetsägares räkning. Vi har också ett fåtal uppgifter från tidigare undersökningar av PCB-halter i och under golvmassor.

Vi har även sökt information från länder i Västeuropa och USA genom litteratursökning och genom direkta kontakter med branschorganisationer och företag. Vi har dock inte funnit några uppgifter om PCB-spridning från fogmassa till intilliggande material.

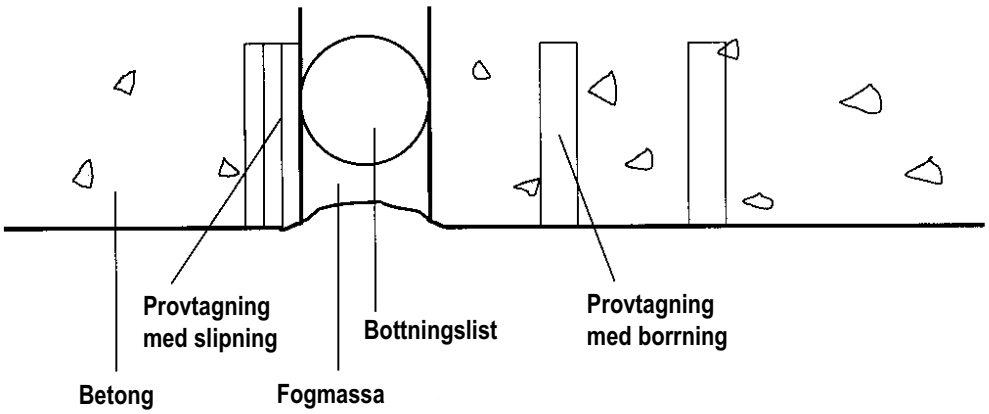
## Metoder för rivning och sanering vid rivning

De metoder som idag används vid demontering/rivning av byggnader med PCB-haltiga fog- massor har undersökts för ett betongelementhus i Västsverige. PCB-spridningen till mark har där studerats genom att markprover tagits före och efter rivning. Restprodukt-hanteringen har också undersökts och arbetsmiljöaspekter studerats.

Ett rivningsobjekt med tegelfasader har studerats genom besök på platsen före rivning och intervjuer med fastighetsägarens konsult och entreprenören.

En enkät har också genomförts genom att ett frågeformulär skickats ut till ett antal rivningsentreprenörer och på grund av låg svarsfrekvens kompletterats med telefon-kontakter.

## Provtagning och analys av material angränsande till PCB-haltiga fogmassor




**Principsnitt genom fog mellan betongelement**

## *Mätningar enl SP 2001:2*

Lämpliga objekt för provtagning har sökts där spridningen av PCB till olika material skulle kunna studeras. Prover har tagits på betong, lättbetong, tegel och trä samt på marmor, där emellertid fogmassans PCB-halt intill stenen inte kunde kontrolleras. Prov har också tagits på polyuretanskum innanför en bottningslist mot fogmassa.

Prover har tagits dels i fält, dels på laboratoriet. Samarbete har skett med flera fogentreprenörer, som hjälpt till vid provtagningen av de olika materialen.

Provtagningen har utförts genom slipning 0 - 2, 2 - 4 och 4 - 6 mm från fogkanten. Vid provtagningen har en filterpåse anslutits mellan slipverktyget och sugmunstycket till dammsugaren för att samla upp det damm som bildades vid slipningen. Detta förfaringssätt har använts för att resultaten ska återspegla verkligheten. Det medför t ex att precisionen i tjockleken på det skikt som slipats bort inte är hög, men så är också fallet när saneringar utförs. Toleransen har varit ± 1 mm.

Prover av trä och lättbetong har skiktats på laboratoriet och här är precisionen i skikttjockleken ± 0,5 mm.

Något exempel på golvmassa med PCB att analysera har vi inte lyckats finna för detta projekt. Vid en provtagning som gjordes av en golvbeläggning som misstänktes innehålla PCB, visade sig provet vara fritt från PCB.

Jordprover vid rivningen av betongelementhusen har tagits dels före rivningen vid ett av husen, dels efter rivning vid två av de rivna husen och vid den betongplatta på marken där saneringen utfördes. Prover har tagits från markytan och till ca 10 cm djup.

Provtagningar, analyser och utvärdering presenteras i SP rapport 2001:2 (anges sist i referenslistan). Närmare beskrivning av provtagningsmetod, upparbetning och analys av prover, se rapporten.

## *Kompletterande mätningar av PCB i betong sommaren 2000*

De mätresultat för betong som kom fram i provtagnings- och analysarbetet under hösten 2000 (SP 2001:2) visade att stora mängder PCB hade spritt sig in i betongen – ända upp till 50 - 100 gånger mer än i ett par referensobjekt i andra undersökningar. För att få ett något fylligare och säkrare underlag har därför kompletterande mätningar gjorts.

Den första kompletterande undersökningen gjordes i form av två mätserier i ett objekt i Storstockholm med betongelementfasad. Prover togs av J&W med borrning som provtagningsmetod. Proverna lämnades till ackrediterat laboratorium för analys.

## *Kompletterande mätningar av PCB i betong och tegel samt granit 2001 - 2002*

### Provtagning

SP har därefter under hösten 2001 genomfört ett antal nya mätningar på betong och tegel, där proverna togs ut med tre olika provtagningsmetoder parallellt: slipning (som tidigare), sågning och borrning. Avsikten var dels att få ytterligare mätvärden och därmed ett bättre underlag för bedömning av vilka PCB-halter som kan förväntas i angränsande material, dels att undersöka om det kan finnas systematiska skillnader mellan olika provtagningsmetoder.

För provtagningen användes slipmaskin med uppsamlingskåpa och dammsugare (2100 W). Slip- och sågningsprover togs med samma maskin ansluten till dammsugare, med olika klingor. Dammet samlades vid slipningen i filter, som monterats mellan maskinen och dammsugarslangen. Sliprondell och kåpa dammsögs ren mellan slipningarna av de olika skikten. Sliprondell och sågklinga gick in till cirka 40 mm djup i fasaden.

Slipningen gjordes som tidigare i tre skikt, 0 – 2 mm, 2 – 4 mm och 4 – 6 mm från fogen och på samma avsnitt av fogkanten.

Sågning och borrning gjordes delvis på plats och delvis på laboratoriet.

Sågningen gjordes så att provbitar togs ut cirka 0 – 2 mm, 0 – 4 mm och 0 – 6 mm

från fogen, intill varandra utefter fogens längd. Tanken att använda sågning som provtagningsmetod var att man då skulle få ett mindre ”stört” provmaterial. Mängderna i de olika skikten skulle kunna beräknas genom att mängden i skiktet närmast fogen räknades bort från mängden i nästa tjockare skikt osv.

Borrproverna togs huvudsakligen med 4 mm borr. Proverna togs ut på 2, 5, 10, 20 och 50 mm avstånd från fogkanten. Borrdjupet varierade något mellan de olika provtagningarna men var mellan 25 och 40 mm in i fasaden. Borrproverna togs från fogen och utåt. Borrarna byttes vid byte av avstånd från fogen.

Alla verktyg rengjordes med aceton före provtagningen.

### Analys

Från fogmassan togs ca 0,1 g material som klipptes i bitar, betong- eller tegelprover mortlades och invägdes till ca 0,3 g material. Proverna extraherades 3 ggr i heptan. Extraktet skakades med svavelsyra och heptanfasen överfördes till en 10 ml mätkolv och späddes till märket med heptan. Från detta togs 1 ml som överfördes till en ny 10 ml mätkolv med tillsats av internstandard (100µl av 1,2,3,4-tetraklornaftalen) och späddes till märket med heptan.

Bestämningen utfördes med masspektrometrisk teknik, i princip enligt SP-metod 2298. I korthet innebär det att de i provet ingående PCB-ämnena separeras med gaskromatograf. Identifiering och kvantifiering görs med en selektiv massdetektor, programmerad för SIM-körning (Selected Ion Monitoring) för att uppnå hög känslighet. Analysen görs med avseende på sju utvalda PCB som är benämnda med följande IUPAC-nummer: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 och 180. Resultaten presenteras som en summa av dessa sju och som totalhalt. I de fall där totalhalt PCB förekommer över detektionsgräns ges förslag på typ av teknisk blandning som provet liknar.

## Restprodukthantering

Halter och mängder PCB i angränsande material har studerats i relation till halter i fogmassan. Diskussion har förts, huvudsakligen med representanter för Naturvårdsverket, om vilka miljörisker som kan finnas med återvinning av främst betongelement, med olika mängd förorening av PCB, nerkrossade för vägunderbyggnad o d. Kontakt har tagits med Vägverket beträffande krav från miljösynpunkt på krossad betong och tegel för vägunderbyggnad. Kontakt har tagits med avfallsmottagare angående deras hantering av rivningsmassor.

Möjlig återvinning har också diskuterats med betongvaruindustrin om tillverkarnas syn på betongelement med liten förorening av PCB som material i ny betong.

# Sanering vid rivning - erfarenheter

Vi ville inom projektet studera några typiska rivningsobjekt med dokumenterad förekomst av PCB. Två typer av byggnader var primärt intressanta; bostadshus byggda med betongelement, typiska för 1960-talets miljonprogram, och byggnader med tegelfasader. De senare innehåller normalt betydligt mindre andel fogar än betongelementhus. Fogarna förekommer vanligen runt fönster och dörrar samt som dilatationsfogar i fasader.

Det visade sig vara svårt att hitta och få tillgång till byggnader som inom den aktuella perioden skulle rivas och som innehöll PCB-haltiga fogar. I några fall var man från fastighetsägarens sida inte heller villig att lämna tillträde till objektet. Bakgrunden uppgavs vara att objekten hade fått negativ uppmärksamhet i lokalpressen och att man därför inte ville ha ytterliggare uppmärksamhet kring rivningarna. Vi fick dock tillfälle att på plats studera rivning och sanering dels av ett objekt med betongelement och dels en mindre tegelbyggnad, båda på västkusten. Dessutom har vi tagit del av erfarenheterna från några andra projekt genom telefonkontakter med entreprenörerna.

**Bild 2 Hus med betongelement innan elementen demonteras.**

## Byggnad med betongelement

### *Objektbeskrivning*

Byggnaden var ett treplans flerbostadshus uppfört kring 1967 och utgjorde en del av ett bostadsområde omfattande ett flertal liknande hus. Byggnadsarean var ca 500 m$^2$. Byggnaden var grundlagd med platta på mark. Stommen var platsgjuten armerad betong, väggarna prefabricerade betongelement av sandwichtyp med mellanliggande isolering av cellplast. Foglängden var ca 400 meter per hus. Förutom mellan väggelementen förekom fogar runt dörrar och vid balkonger

Fogarna innehöll ca 8 % PCB. Fogen innehöll två distinkt olika skikt vilket tyder på att en renovering skett genom överfogning av den ursprungliga fogen. Den inre delen av fogen innehåller därför troligen mer än 8% PCB.

Innanför fog och bottningslist var en isolering av fogskum. Detta fyllde hela fogutrymmet, dvs det fanns ingen luftspalt innanför bottningslisten.

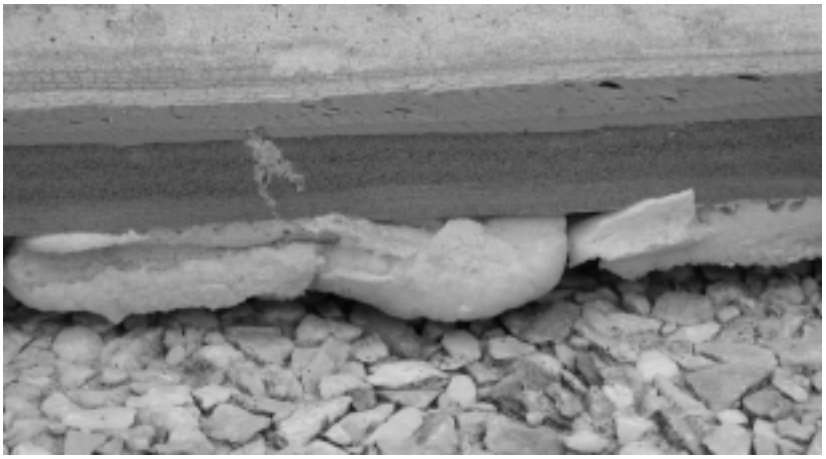


**Bild 3 Elementkant med fog, bottningslist och bakomliggande skumisolering. Observera att fogsträngen har två skikt efter en tidigare renovering.**

**Bild 4 Upplag med betongelement**

## *Sanering av betongelementen*

Rivningsplanen angav att miljöfarligt avfall skulle omhändertas före rivning. Man hade därför påbörjat saneringen med elementen på plats, enligt de metoder som gäller för byggnader som inte ska rivas. Man bedömde dock att det borde vara mer kostnadseffektivt att demontera elementen först och därefter utföra saneringen på marknivå. Man gjorde därigenom ett avsteg från den ursprungliga rivningsplanen.

Elementen demonterades sedan man först skurit ett snitt i centrum genom fogarna med fogskäraren FSN 400E för att frilägga dem från varandra. Elementen placerades på en betongplatta och staplades därefter ovanpå varandra. Som betongplatta använde man grundplattan från ett tidigare rivet hus. Avsikten var att man därigenom skulle skydda marken från förorening med fogrester och slipdamm.

Den egentliga saneringen genomfördes genom att fogarna skars bort från elementkanterna med den konventionella fogskäraren FSN 400E. Därefter slipades fogkanterna med vinkelslip försedd med damminfångningshuv och ansluten till en dammsugare.

**Bild 5 Bortskärning av fog med fogskärare**

**Bild 6 Slipning av fogkanter på demonterat betongelement**

### *Miljöskydd*

Att utföra saneringen på marknivå efter demontering av elementen har vissa fördelar. Man kan arbeta utan arbetsställning, arbetssituationen blir ergonomiskt fördelaktigare, det blir lättare att komma åt fogarna vilket innebär att kapaciteten bör bli högre. Det kräver dock att arbetsstationen vindskyddas och att den fortlöpande hålls ren från fogrester. I det studerade fallet användes inget vindskydd och fogresterna samlades in med för långa tidsintervall.

För att undersöka spridningen av PCB utanför saneringsplattan bestämdes PCB-halten i kringliggande mark av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP. Resultaten redovisas i SP:s rapport 2001:2. Eftersom man inte hade möjlighet att göra analys innan saneringen påbörjades kan säkra slutsatser inte dras, men en jämförelse med andra markprov inom området pekade på en signifikant förhöjning av halten på ”saneringsplattans” ena sida. På de andra sidorna skilde sig halterna inte från bakgrundsnivån inom området.

Motsvarande jordanalyser från andra byggnader i området visar inte några förhöjda värden av PCB-halten från rivningar av intilliggande hus.

### *Arbetsmiljön*

Arbetsmiljön kräver i huvudsak i allt väsentligt samma hänsynstagande som vid utbyte av fogar i byggnader som ska behållas. Dessa åtgärder beskrivs i SFR:s handledning Sanera PCB-haltiga fogar. Det krävs skyddsåtgärder avseende buller, förekomst av PCB och damm i andningsluft samt skydd mot vibrerande handverktyg. De ergonomiska aspekterna måste beaktas.

Arbetsmiljöfrågorna hade analyserats innan entreprenaden påbörjades genom medverkan från Yrkesinspektionen – nuvarande Arbetsmiljöinspektionen. Trots detta kunde man konstatera väsentliga brister. Det är dock inte ovanligt att det förekommer skillnader mellan arbetsmiljöplan och det faktiska utförandet.

Följande brister i arbetsmiljön noterades:

- Fogskäraren FSN 400E användes utan avvibreringshandtag, vilket innebär att vibrationerna sannolikt överskred rekommenderad maxnivå.
- Som andningsskydd vid både knivskärning och slipning användes enbart partikelfilter. Det föreskrivna andningsskyddet ska vara en fläktdriven friskluftsmask med kombinerat partikelfilter och aktivt kol-filter, eftersom slipning av fogkanter förekom.
- Vid skärning och slipning på element som ligger på låg höjd över marken är man ofta tvungen att arbeta i hukande ställning, lutad över elementet. Det är en obekväm och ergonomiskt olämplig ställning som kan ge förslitningsskador vid långvarigt arbete.

**Bild 7 Slipning av fogkanter**

## Byggnader av tegel

Tegelbyggnader måste till skillnad från byggnader med betongelementfasader alltid saneras före rivning. Vanligen förekommer fogar runt fönster och dörrar samt, på större byggnader, som dilatationsfogar.

Vi har i projektet studerat saneringen av en mindre skolbyggnad på västkusten (objekt 1) samt ett större rivningsobjekt på ostkusten (objekt 2), det senare omfattande ett antal flerbostadshus.

### *Objekt 1*

I den nämnda skolbyggnaden förekom PCB-haltiga fogar mellan dörrkarmar och väggar, även i innerväggar. Saneringen gjordes genom att man bilade bort kanterna på teglet med fogrester liksom kanterna på träkarmarna. Slipning kunde därigenom undvikas. Det PCB-haltiga avfallet samlades fortlöpande in med en stor industridammsugare. Arbetssättet innebar att man i stort sett undvek direkt bearbetning av fogen. Avfallet samlades i plastsäckar som i sin tur placerades i en låsbar container.

Saneringspersonalen använde partikelfilter som andningsskydd, vilket bedömdes tillräckligt eftersom arbetsmetoden innebar man inte kom i direktkontakt med fog-materialet.

**Bild 8 Bostadshus i tegel under sanering**

### *Objekt 2*

Detta avsåg ett antal flerbostadshus i tegel på norrlandskusten. Entreprenaden gällde i första hand sanering av fönsterfogar med ca 26 % PCB-innehåll. Arbetet skulle utföras vintertid och man kunde räkna med att köld, snö och blåst skulle försämra arbetsmiljön och försvåra arbetet. Man valde därför att arbeta från insidan vilket gav en bra arbetsmiljö. Arbetsmiljön kunde ytterliggare förbättras genom att man höjde temperaturen med värmefläktar.

När fönsterbågarna demonterats täcktes öppningarna på utsidan med paraplyliknande fönsterskydd som anslöt tätt till fasaden. Därigenom kunde man förhindra att avfall spreds utanför byggnaden. Detta var särskilt angeläget eftersom marken var snötäckt vilket hade gjort det svårt att skydda den med fiberduk.

Fönsterskydden hölls på plats genom att stöttor riggades upp mellan golv och tak i rummet innanför fönstret varefter spännband monterades mellan fönsterskydd och stöttor.

**Bild 9 Sanering av fönster karmar och smygar**

Karmarna frigjordes från väggen genom att spikinfästningen sågades av från insidan med tigersåg. Den PCB-haltiga fogmassan satt på fogens utsida. På insidan täcktes fogen av foder som först fick avlägsnas. Därefter kunde karmarna demonteras. Huvuddelen av fogmassan satt kvar på karmen och endast mindre rester på väggsidans tegel.

Fogmassan på karmarna skars först bort med moraknivar. Sedan de avsågade infästningsspikarna slagits in i träet med dorn hyvlades karmsidorna cirka 2 mm med maskinhyvel för att ta bort resterna från fogmassa och PCB som trängt in i karmträet. Eftersom en del fogmassa fastnade i hyveln rengjordes denna regelbundet med aceton. Saneringsarbetet utfördes i rummet på en täckning av fiberduk för att underlätta insamling av avfallet. Hyvling valdes som arbetsmetod huvudsakligen för att fönstren skulle kunna återanvändas.

På tegelsidan bilade man bort hörnen med fogmasserester. Fönsterskyddet hindrade att avfall föll till marken på utsidan.

Eftersom ingen slipning förekom bedömdes att andningsskydd bestående av partikelfilter var tillräckligt.

## Enkät till rivningsentreprenörer

En skriftlig enkät har gått ut inom branschorganisationen Maskinentreprenörerna till rivningsföretag och ekonomiska föreningar för maskinentreprenörer med frågor om deras erfarenheter av rivning av byggnader med PCB. De flesta medlemsföretagen hos Maskinentreprenörerna är små, 98 % har färre än 10 anställda. Av de 64 företag/föreningar som enkäten skickades till, har 10 företag (varav ett avfallsföretag) svarat skriftligt. Cirka 30 föreningar och företag har också kontaktats per telefon.

Generellt kan sägas att erfarenheten av rivning av byggnader som innehåller PCB ännu är mycket liten. Endast några av de större företagen har kommit i kontakt med detta problem och har också haft synpunkter på hanteringen och på beställarens ansvar och kunskaper. Främst pekar man då på att beställarnas uppföljning ofta är mycket dålig. Risken för att felaktig eller bristfällig hantering ska upptäckas anses mycket liten. Ofta

görs också upphandlingen till lägsta pris utan tanke på miljön. Vissa tillfrågade företag ser sig ibland tvungna att lämna två anbudsnivåer!

Stora byggentreprenörer anlitar ofta små maskinentreprenörer för rivning och pressar då priserna. De små entreprenörerna, som också har kostnader för utbildning av sin personal, har svårt att förhandla om priset.

Vissa hanteringsmetoder ger problem - speciellt för arbetsmiljön (slipning av fogkanter).

Större smidighet i lagstiftningen önskas beträffande transporter av små mängder farligt avfall.

Det är svårt att i övrigt dra några generella slutsatser av resultatet av enkäten. Av nio rivningsentreprenörer som svarat skriftligt har fyra ingen erfarenhet av rivning av hus med PCB-fogar, men underentreprenör kan i vissa fall ha anlitats för sanering. Två företag utan erfarenhet av rivning av hus med PCB har inte svarat på några ytterligare frågor. Ett företag tackar nej till rivning av hus med PCB.

I övrigt framgår av svaren att sanering av fogmassa vid betong i allmänhet görs före nedmontering av betongelementen. Skyddsåtgärder vidtas inte av alla, kanske finns inte kunskapen. Några tar bort fogmassan enbart med manuella metoder - kniv eller spackelspade medan några använder maskinutrustning som sliprondell eller kaprondell. Fyra av sex gör ren fogkanterna noga. Företaget som använder kaprondell tar bort någon centimeter av betongen.

På frågan vilket material den PCB-haltiga fogmassan har suttit intill svarar man huvudsakligen ”betong”. Att ingen tar upp tegel kan möjligen innebära att entreprenörerna - och byggherrarna - inte har kunskap om att sådana fogmassor också kan finnas i tegelväggar.

När det gäller avfallshanteringen tycks de flesta företagen veta hur den ska gå till, andra har lämnat otydliga svar.

På frågan om merkostnad för rivningen på grund av saneringen varierar svaren, men de flesta uppskattar den till cirka 10 - 20 %.

Enkätformuläret med frågorna finns i bilaga 4.

# Resultat - PCB-halter

Mängden PCB i angränsande material antas vara proportionell mot mängden PCB i fogmassan. Därmed kan mängden PCB i materialet uppskattas, då halten i fogmassan är känd.

Resultat från provtagningar och analyser i detta projekt samt referensvärden redovisas dels i tabeller, dels i diagram. Det har visat sig att för de analyserade materialen kan sambandet mellan avståndet från fogkanten och PCB-halten någorlunda väl beskrivas empiriskt med en potensfunktion, vilket betyder att sambandet kan återges med en rät linje i ett diagram med logaritmiska axlar. Andra beskrivningsmodeller prövades men med sämre resultat. Regressionslinjens ekvation beräknades med den inbyggda funktionen i Excel och användes vid kalkylering av mängder. För vissa material är spridningen i mätvärden mycket stor vilket naturligtvis ger motsvarande osäkerhet för de framräknade sambanden.

I tabellerna nedan anges värden i procent av halten i fogmassan och totalhalter normaliserade till en antagen total PCB-halt i fogmassan på 10 %. (Erfarenhetsmässigt ligger halterna ofta mellan 5 % och 20 % i de fogmassor som finns kvar i våra byggnader.) Även i diagrammen visas PCB-halter normaliserade till en halt i fogmassan på 10 %.

Vid analys används summahalten av 7 PCB-föreningar (betecknad 7PCB) som indikatorer (se vidare bilaga 2). Då PCB-mönstret för dessa sju föreningar stämmer mellan provet och någon teknisk produkt, brukar resultatet räknas om till totalhalt PCB (betecknad _ PCB).

För att man ska kunna bedöma hur mycket PCB som totalt har spritt sig till angränsande material har i denna rapport uppräkning till totalhalter gjorts, även om det finns en osäkerhet om sådana beräkningar ger relevanta värden. (Beträffande uppräkningsfaktorer se bilaga 2.)

*Underlag till värden införda i diagram nedan, anges i tabellform i bilaga 1 - 3. Inlagda värden är totalhalter normaliserade till en antagen total PCB-halt i fogmassan på 10 % (= 100 000 mg/kg).*

*Värden som anges i mg/kg avser totalhalt PCB om inte annat anges.*

## Mätningar utförda av SP, redovisade i rapport SP 2001:2

Mätningarna i detta projekt har huvudsakligen utförts inom ett delprojekt, som genomfördes hösten 2000 och redovisas i Mikael Sundahl m fl, ”Spridning av PCB från PCB-haltiga fogmassor till angränsande byggmaterial, SP rapport 2001:2”. (För närmare uppgifter om halter, se denna rapport. Mönstret, dvs relativa halter för de olika proven finns redovisat i bilaga till rapporten.)

Proverna har tagits med slipning som provtagningsmetod, om inte annat anges nedan.

### *Betong*

Proverna är tagna på tre objekt i västra Sverige, två prover på vardera (totalt sex prover på varje skikt). Fogmassans halt varierade mellan cirka 4 och 13 % PCB.

| Avstånd från fogen (mm) fogmassan | Medelvärde % av halten | Lägsta och högsta värde % av halten i fogmassan | | Medelvärde normaliserat till 10 % PCB i fogmassan i (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 15 | 4,8 | 25 | 15 000 |
| 2 - 4 | 5,1 | 2,2 | 8,6 | 5 100 |
| 4 - 6 | 3,5 | 0,9 | 6,7 | 3 500 |

### *Lättbetong*

Proverna är tagna på två objekt i Västra Sverige (totalt fyra prover på varje skikt). Prover från det ena har skiktats på laboratoriet, prover på det andra, som hade puts på lättbetongen, har tagits genom slipning. Fogmassans halt varierade mellan cirka 5 och 8 % PCB.

| Avstånd från fogen (mm) fogmassan | Medelvärde % av halten | Lägsta och högsta värde % av halten i fogmassan | | Medelvärde normaliserat till 10 % PCB i fogmassan i (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 18 | 4,7 | 41 | 18 000 |
| 2 - 4 | 3,7 | 0,8 | 4,7 | 3 700 |
| 4 - 6 | 1 | 0,09 | 3 | 1 100 |

### *Tegel*

Proverna är tagna på två objekt i västra Sverige (totalt fyra prover på varje skikt). Fogmassans halt varierade mellan cirka 4 och 13 % PCB.

| Avstånd från fogen (mm) fogmassan | Medelvärde % av halten | Lägsta och högsta värde % av halten i fogmassan | | Medelvärde normaliserat till 10 % PCB i fogmassan i (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 16 | 11 | 22 | 16 000 |
| 2 - 4 | 6,2 | 0,3 | 13 | 6 200 |
| 4 - 6 | 3,4 | 0,1 | 9,1 | 3 400 |

### *Trä*

Proverna är tagna från tre olika objekt i västra Sverige (totalt sex prover på varje skikt). Proverna har skiktats på laboratoriet. Fogmassans halt varierade mellan cirka 4 och 14 % PCB.

| Avstånd från fogen (mm) fogmassan | Medelvärde % av halten | Lägsta och högsta värde % av halten i fogmassan | | Medelvärde normaliserat till 10 % PCB i fogmassan i (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 2,3 | 0,78 | 3,5 | 2 300 |
| 2 - 4 | 0,4 | 0,02 | 1,2 | 400 |
| 4 - 6 | 0,11 | 0,01 | 0,38 | 110 |

### *Marmor*

Proverna togs på två ställen på ett objekt (totalt fyra prover på varje skikt). Fogmassan var redan borttagen och några säkra uppgifter om halten fanns inte.

| Avstånd från fogen (mm) | Medelvärde (mg/kg) |
|---|---|
| 0 - 2 | 6 900 |
| 2 - 4 | 56 |
| 4 - 6 | 44 |

## Kompletterande mätningar 2001 - 2002

De värden som är resultatet av SPs mätningar enligt SP 2001:2, visade på PCB-halter i betongelement intill PCB-fogmassa som var cirka 50 - 100 gånger högre än vad tidigare mätningar med borrning som provtagningsmetod gett som resultat. Ytterligare mätningar har därför genomförts.

Dessa gjordes dels av J&W på ett objekt i Storstockholm sommaren 2001, dels av SP på objekt i Västra Sverige med betong- respektive tegelfasad vintern 2001 - 2002. Proverna togs i det senare fallet med olika provtagningsmetoder parallellt: slipning, sågning, borrning. Avsikten var att få veta om det kan finnas systematiska skillnader mellan metoderna. Även ett mindre prov på granit har analyserats.

### *Betong, Storstockholm*

Betongprover togs på ett objekt i Storstockholm med borrning som provtagningsmetod. Fogmassan innehöll i den första provserien ca 10 % PCB, i den andra cirka 7 % PCB.

| Avstånd från fogen, centrum borr (mm) | Medelvärde / enda värde, % av halten i fogmassan | Medelvärden / enda värde, normaliserat till 10% PCB i fogmassan (mg/kg) |
|---|---|---|
| 2 | 0,2 | 220 |
| 4 | 0,05 | 46 |
| 10 | 0,001 | 13 |
| 20 | 0,003 | 2,6 |
| 50 | 0,001 | 1,1 |
| 200 | 0,002** | 2,4** |
| 500 | 0 | 0 |
| 1 000 | 0 | 0 |

** Ev kontaminering från borren

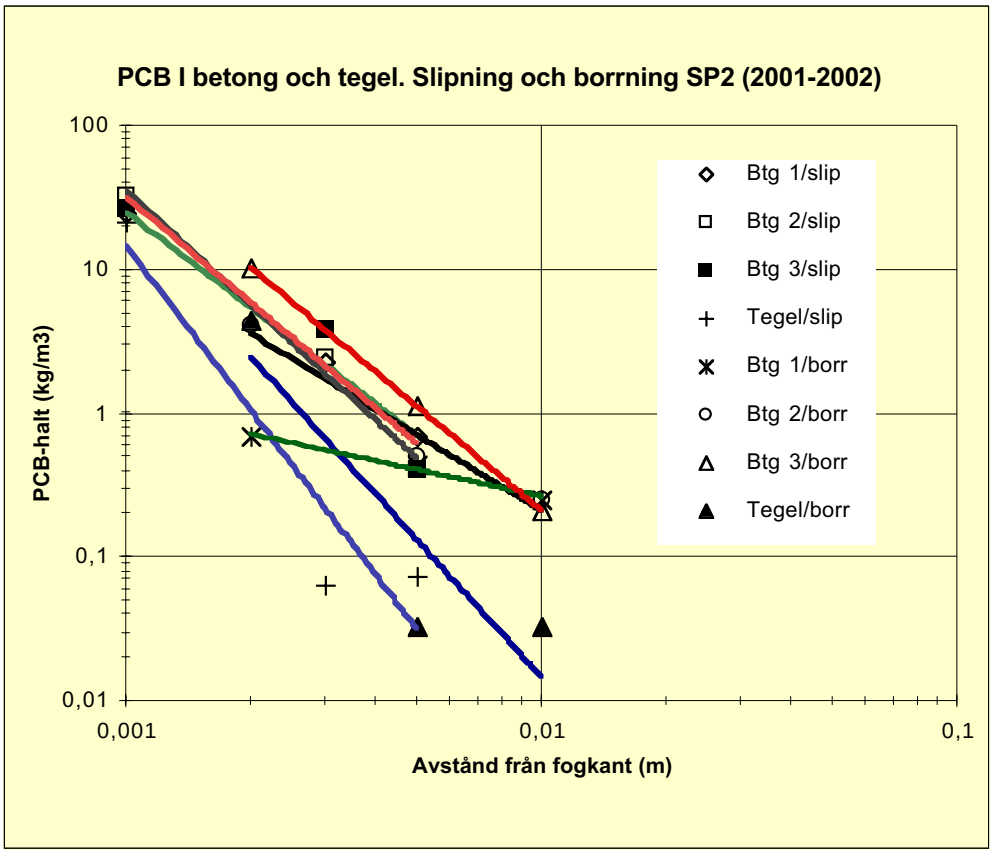
### *Jämförelse mellan provtagning med slipning respektive borrning*

Diagrammet nedan visar sambandet mellan avstånd från fogkanten och halter i betong och tegel från provtagning med slipning respektive borrning.

Resultatet från slipningen visar väl sammanhållna värden, medan värdena från borrningsprovtagningen är mer spridda. Från resultatet från sågningsmetoden har halterna i de inre skikten inte kunnat beräknas. Beräkningarna har gett svårbegripliga resultat som inte visas i diagrammet nedan. (Se bilaga 2.)

Relativa halter för olika kongener framgår av diagram i bilaga 2.

Diagram 1 PCB-halter i betong och tegel (kg/m³), normaliserade till 10% antagen PCB-halt i fogmassa (Kurvorna för borrning är heldragna linjer som börjar en bit in från värdeaxeln.)



### *Betong, Västra Sverige*

Proverna togs på tre objekt i Västra Sverige med tre olika provtagningsmetoder: slipning, sågning och borrning.

Halterna i de inre skikten har inte kunnat beräknas från sågprovtagningen, se avsnitt ”Utgångspunkt för beräkning av mängder och halter” och bilaga 2. Halterna i det yttersta skiktet kan ändå vara intressanta att jämföra med värdena från slipning och borrning och redovisas därför nedan.

Fogmassans PCB-halter låg på cirka 2,7 % för två objekt och 4,5 % för det tredje.

| Provtagnings-metod Avstånd från fogen (mm) | Medelvärde % av halten | Lägsta och högsta värde % av halten i fogmassan | | Medelvärde normaliserat till 10 % PCB i fogmassan (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| Sågning 0 - 2 | 6,6 | 4,1 | 10 | 6 600 |
| Slipning 0 - 2 | 12 | 11 | 14 | 12 000 |
| Borrning c 2 | 2,2 | 0,32 | 4,4 | 2 200 |
| Slipning 2 - 4 | 1,2 | 0,98 | 1,7 | 1 300 |
| Borrning c 5 | 0,31 | 0,21 | 0,5 | 310 |
| Slipning 4 - 6 | 0,22 | 0,17 | 0,32 | 220 |
| Borrning c 10 | | * | 0,09 | |
| Borrning c 20 | | * | * | |
| Borrning c 50 | | * | * | |

*** Uppmätta halter 7 PCB var under detektionsgräns (se bilaga 2), räknas ej om och ingår ej i diagram.**

### *Tegel, Västra Sverige*

Proverna togs med samma metoder som betongproverna. Slip- och borrproverna togs på horisontell fog över fönstret, sågning gjordes på vertikal fog vid sidan av fönstret. För provtagningen med sågning har inte halter för de inre skikten kunnat beräknas, se bilaga 2. Halterna i skiktet närmast fogen kan vara intressanta att jämföra med värdena från slipning och borrning.

Fogmassa totalhalt 219 000 mg/kg, typ A 60.

| Provtagnings-metod Avstånd från fogen (mm) | Tegel, ett objekt % av halten i fogmassan | Värde normaliserat till 10 % PCB i fogmassan (mg/kg) |
|---|---|---|
| Sågning 0 - 2 | 6,1 | 6 100 |
| Slipning 0 - 2 | 12 | 12 000 |
| Borrning c 2 | 2,5 | 2 500 |
| Slipning 2 - 4 | 0,037 | 37 |
| Borrning c 5 | 0,017 | 17 |
| Slipning 4 - 6 | 0,042 | 42 |
| Borrning c 10 | 0,017 | 17 |
| Borrning c 20 | * | |
| Borrning c 50 | * | |

*** Uppmätta halter 7 PCB var under detektionsgräns (se bilaga 2), räknas ej om och ingår ej i diagram.**

### *Granit*

Proverna är tagna på laboratoriet på en bit granit med kvarsittande fogmassa från en byggnad i Stockholm. Stenen skrapades ren från fogmassa och skivor av materialet pulvriserades för analys. Halten i fogmassan var endast 150 mg/kg (summa 7 PCB), totalhalt 460 mg/kg. Fogmassa typ A60.

Det fanns spår av PCB i granitens yttersta 2 mm skikt men halten var under detektionsgränsen (10 mg/kg). Vilka halter man kan finna i stenmaterial vid en PCB-halt i fogmassan på 10 %, kan denna undersökning inte ge svar på.

## Referensvärden från andra mätningar

Resultat från andra mätningar av PCB-spridning från fogmassor till olika material redovisas i bilaga 3. Dessa värden används i diagrammen nedan som jämförelse med de mätresultat som erhållits i detta projekt. För att dra slutsatser för lämplig saneringsnivå vid rivning och lämplig hantering av restprodukter, är det värdefullt med erfarenheter från fler mätningar än de som kunnat genomföras i detta projekt.

## Sammanställning av alla resultat för undersökta material

### *Uppmätta halter i betong*

Nedanstående sammanställning visar en jämförelse mellan resultat från olika mätningar av PCB i betong. Medelvärden samt lägsta och högsta uppmätta värden i detta projekt visas tillsammans med medelvärden från referensprojekt.

Tabell: Totalhalter PCB i betong normaliserade till 10 % PCB i fogmassan. Halter i mg/kg

| Provtag-ningsmetod | Västra Sverige SP2001:2 | Stor-Sthlm J&W2001 | Västra Sverige SP2 (2001-02) | Alla mät-ningar i projektet | | Göteborg 1999 | Sätra 1997 | Ögonm 2000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avstånd från fogen (mm) | Medelv | Medelv | Medelv | Lägst | Högst | Medelv. | Medelv. | Medelv. |
| Sågning 0 - 2 | | | 6 600 | 4 100 | 10 000 | | | |
| Slipning 0 - 2 | 16 000 | | 12 000 | 5 000 | 25 000 | 16 000 | | |
| Borrning c 2 | | 220 | 2 200 | 220 | 4 400 | | | |
| Slipning 2 - 4 | 5 000 | | 1 200 | 980 | 9 000 | 600 | | |
| Borrning c 5 | | 46 | 310 | 46 | 500 | | 97 | |
| Slipning 4 - 6 | 3 000 | | 220 | 170 | 7 000 | 80 | | |
| Borrning c 10 | | 13 | * | ej påvisat | 90 | | 3,4 | 8 |
| Borrning c 20 | | 2,6 | * | ej påvisat | * | | 1,5 | |
| Borrning c 50 | | 1,9 | * | 1,5 | * | | 0,14 | 0,6 |
| Borrning c 200 | | 2,4** | | 0 | 4,8** | | 0,1 | 0,8 |
| Borrning c 500 | | ej påvisat | | 0 | 0 | | 0,04 | |
| Borrning c 1000 | | ej påvisat | | 0 | 0 | | | 0,17 |

* Under detektionsgräns (10 mg/kg)

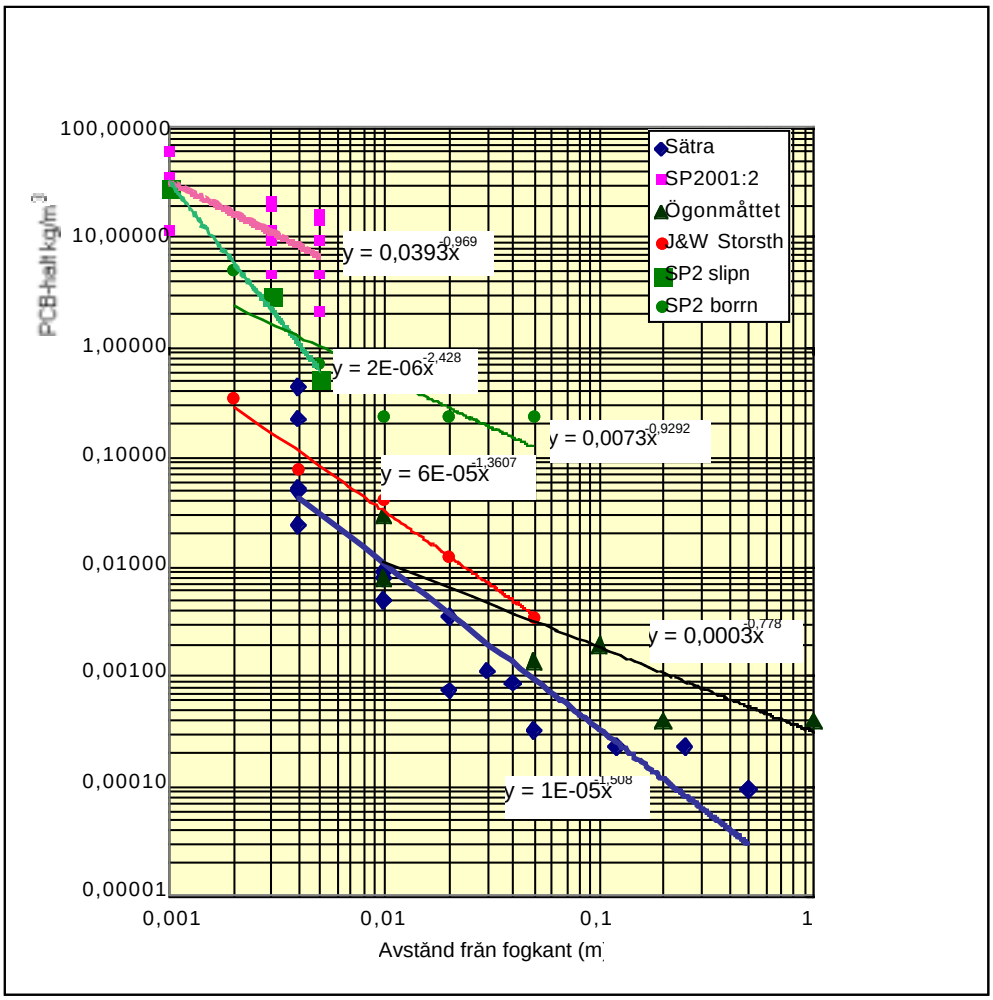
** Ev kontaminering från borren

Tabell: Medelvärden och standardavvikelse för alla betongmätningar med slipning i projektet

| Avstånd från fogen (mm) | Medelvärde (mg/kg) | Medelvärde, % av halten i fogmassan | Standard-avvikelse |
|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 14 000 | 14 | ± 6 |
| 2 - 4 | 4 000 | 4 | ± 3 |
| 4 - 6 | 2 000 | 2 | ± 2 |

Diagrammet nedan visar resultat från betongmätningar, normaliserade till 10 % i fogmassan. Här redovisas alla resultat i detta projekt samt från andra undersökningar som används som referensprojekt.

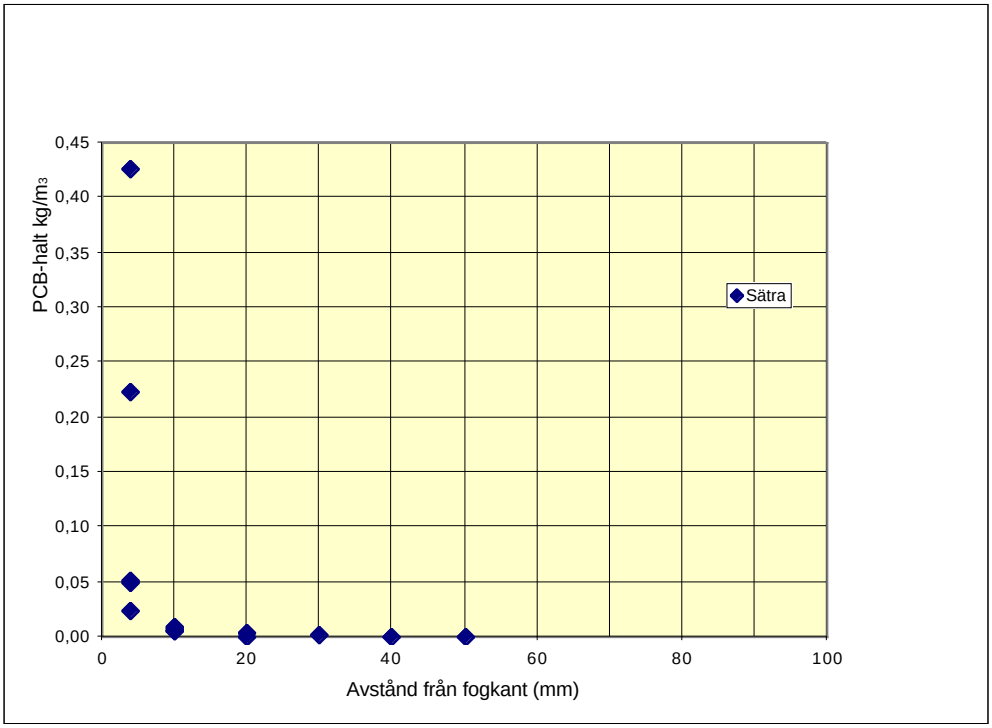
Diagram 2 PCB-halter i betong (kg/m³), normaliserade till 10 % PCB-halt i fogmassan (Kurvorna för borrning är heldragna linjer som börjar en bit in från värdeaxeln.)




## *Halter i betong (Sätra), linjära axelskalor*

Diagrammet ger en grafisk bild av hur snabbt PCB-halterna avtar med avståndet från fogkanten (se nästa sida)

.




## *Uppmätta halter i tegel*

Värden visas från mätningar i detta projekt.

Tabell: Totalhalter PCB i tegel normaliserade till 10 % PCB i fogmassan. Halter i mg/kg

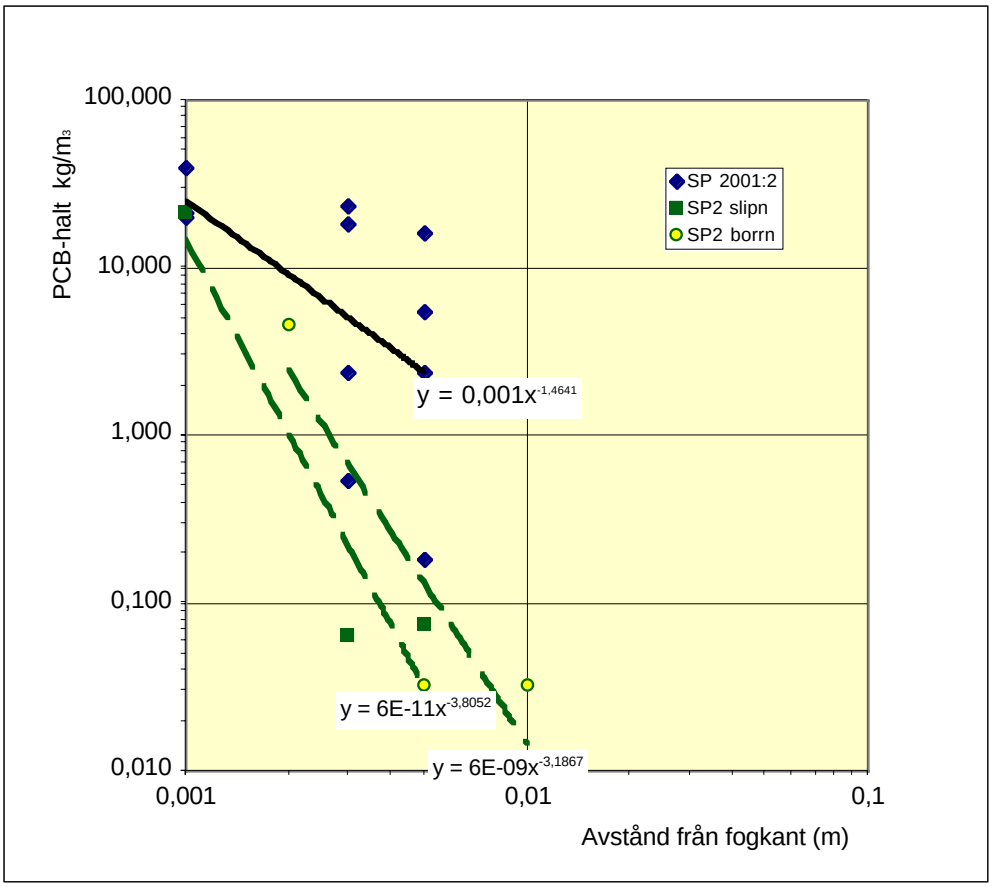
| Provtagningsmetod Avstånd från fogen (mm) | Västra Sverige SP 2001:2 medelvärde | Västra Sverige SP2 (2001-02) Medelv./enda värde | Alla mätningar i projektet, lägsta och högsta värde | |
|---|---|---|---|---|
| Sågning 0 - 2 | | 6 100 | | |
| Slipning 2 - 4 | 16 000 | 12 000 | 11 000 | 22 000 |
| Borrning c 2 | | 2 500 | | |
| Slipning 2 - 4 | 6 200 | 37 | 37 | 13 000 |
| Borrning c 5 | | 17 | | |
| Slipning 4 - 6 | 3 400 | 42 | 42 | 9 100 |
| Borrning c 10 | | 17 | | |
| Borrning c 20 | | * | | |
| Borrning c 50 | | * | | |

* Under detektionsgräns (10 mg/kg)

Tabell: Medelvärden och standardavvikelse för alla tegelmätningar med slipning i projektet

| Avstånd från fogen (mm) | Medelvärde (mg/kg) | Medelvärde, % av halten i fogmassan | Standard-avvikelse |
|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 14 000 | 14 | ± 5 |
| 2 - 4 | 5 000 | 5 | +6 -5 |
| 4 - 6 | 3 000 | 3 | +4 -3 |

Diagram 3 Totalhalter PCB i tegel (kg/m³), normaliserade till 10% PCB-halt i fogmassan



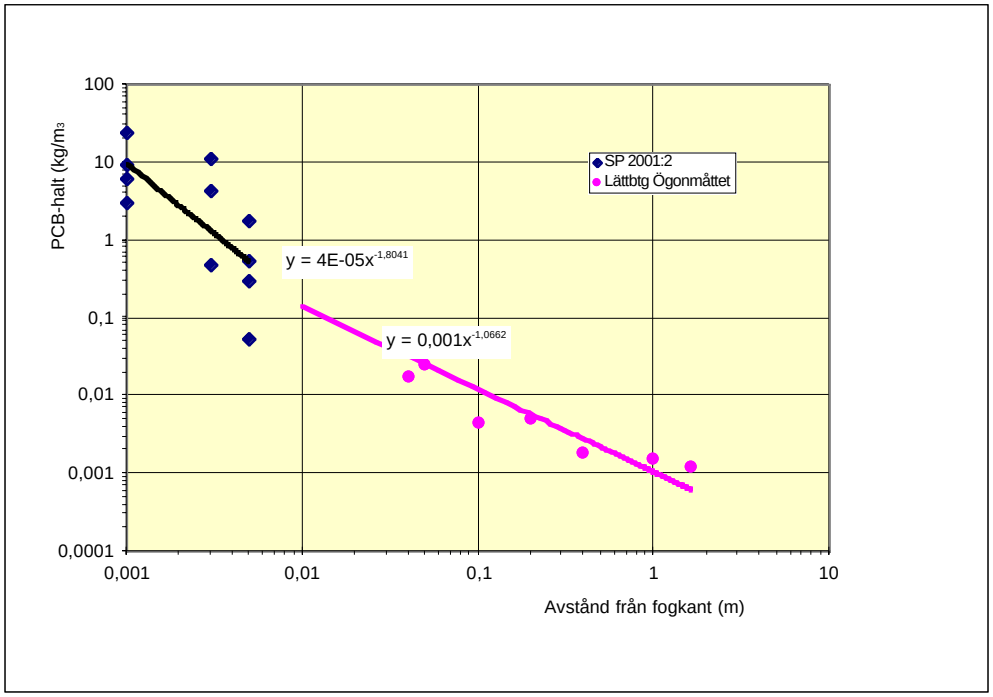

## *Uppmätta halter i lättbetong*

Värden visas från detta projekt och för jämförelse några värden från ett annat projekt som används som referensprojekt.

Tabell: Totalhalter PCB i lättbetong normaliserade till 10 % PCB i fogmassan. Halter i mg/kg.

| Provtagningsmetod Avstånd från fogen (mm) | Västra Sverige SP 2001:2 Medelvärde | Ögon-måttet 2000 Medelvärde | Lägsta och högsta värde | |
|---|---|---|---|---|
| Slipning 0 - 2 | 18 000 | | 4 700 | 41 000 |
| Slipning 2 - 4 | 3 700 | | 800 | 4 700 |
| Slipning 4 - 6 | 1 300 | | 90 | 3 000 |
| Borrning c 10 | | 740 | 500 | 1 300 |
| Borrning c 20 | | 220 | 200 | 240 |
| Borrning c 40 | | 29 | 22 | 36 |
| Borrning c 50 | | 41 | 33 | 48 |
| Borrning c 100 | | 7,5 | 7 | 8 |

Diagram 4 Totalhalter PCB i lättbetong (kg/m³), normaliserade till 10 % PCB-halt i fogmassan




## *Uppmätta halter i trä (SP 2001:2)*

Värden visas från mätningar i detta projekt (diagram , se under ”Stor variation i PCB-spridning”, sid. 37).

Tabell: Totalhalter PCB i trä normaliserade till 10 % PCB i fogmassan. Halter i mg/kg

| Avstånd från fogen (mm) | Västra Sverige SP 2001:2 | Lägsta och högsta värde | |
|---|---|---|---|
| 0 - 2 | 2 300 | 780 | 3 500 |
| 2 - 4 | 400 | 20 | 1 200 |
| 4 - 6 | 110 | 10 | 380 |

# Tolkning av resultaten, diskussion och slutsatser

## Vad visar mätresultaten?

### *Jämförelse mellan provtagningsmetoder*

De första slipproverna som togs visar på betydligt högre halter än de som tagits med borrning som provtagningsmetod (på andra objekt). Från slipprovtagningen finns bara värden för skikten närmast fogen: 0 – 2, 2 – 4 och 4 – 6 mm från fogen. Borrning har utförts även på större avstånd från fogen. Möjliga orsaker till skillnader i resultat med de olika provtagningsmetoderna kan diskuteras:

- Den uppvärmning som slipningen medför kan eventuellt göra att PCB ”pressas in” i innanförliggande skikt. För borrprovtagningen som inte görs från ett mer kontaminerat skikt till ett mindre kontaminerat finns inte denna effekt, även om borrningen också alstrar värme.
- Resultat från borrprover tagna med centrum borr cirka 2 mm från fogkanten bör kunna jämföras med genomsnittet av slipvärden från 0 till 4 mm, men visar lägre värden. En rimlig hypotes är att slipvärden från skiktet 0 – 2 mm innehåller fogmasserester från kanten.

Osäkerheten om provtagningsmetodens betydelse för resultatet var anledningen till att en ny omgång prover togs, denna gång med både slipning, sågning och borrning som provtagningsmetoder.

Om man jämför kurvorna för slipning och borrning från den nya omgången av provtagning (”SP2” som visas i diagrammet sid. 28), visar resultatet från slipningen brantare kurvor vilket kan bero på att det yttersta skiktet 0 – 2 mm från fogkanten med fogmasserester då kommer med.

*I övrigt har de två provtagningsmetoderna slipning och borrning gett värden i samma storleksordning och någon systematisk skillnad mellan provtagningsmetoderna kan inte utläsas av dessa begränsade mätningar.*

Slipproverna från den första omgången (SP 2001:2) visade sig ha högre halter än de som togs senare. Möjliga orsaker kan vara:

- Uppvärmningen vid provtagningen kanske kan bli olika t ex beroende på vilket verktyg som används, så att det blir en skillnad i mängd PCB som ”pressas in” i nästa skikt.
- Slipdjupet kan ha varit något mindre vid den första undersökningen (SP 2001:2), jfr diskussion om spridning i djupled under ”Utgångspunkter för beräkning av mängder och halter” på sid. 40.
- Det kan finnas skillnader i betongkvalitet, se sid. 36 nedan.

De uppmätta värdena från provtagningen med sågning är svåra att förklara. Sågproverna togs ut så att kanten närmast fogmassan fanns med i varje prov. Proverna sågades cirka 2, 4 respektive 6 mm tjocka. Halter för de inre skikten gick inte att beräkna med avsedd metod (genom beräkning och subtraktion av mängderna i de olika skikten). De tjockare skikten innehöll förvånansvärt låga halter i förhållande till de tunnare skikten närmast fogen. Även de tjockare skikten inkluderade ju de yttersta 2 mm närmast fogmassan.

Det är svårt att veta vad detta kan bero på. Möjligen kan det ha varit mindre fogmassa kvar på de tjockare provbitarna. Genomsnittliga halter i varje provbit skulle tas fram men

kanske kan mindre av det yttersta skiktet ha kommit med, då provmaterialet för analysen har tagits ut. Provtagning med sågning borde hellre göras utan att skiktet närmast fogen tas med, för att ge ett säkrare analysresultat.

## *Mycket höga halter närmast fogmassan*

Skiktet 0 - 2 mm, närmast fogkanten, innehåller i alla prover höga halter PCB i förhållande till halten i fogmassan. Halterna i alla mätningar varierar i betongen i detta skikt mellan 5 och 25 procent av halten i fogmassan. Därmed bekräftas den slutsats som drogs i SP 2001:2:

”Stora mängder PCB kan tas bort genom slipning av byggmaterial som suttit närmast PCB-haltiga fogmassor, till stor del troligen beroende på en rent fysiskt inträngning av fogmassa i porösa material. För de flesta material är PCB-halten markant lägre om man jämför djupare in än 2 mm med det 2 mm skikt som sitter närmast fogen.”

Se vidare beräkningar under punkt ”Halter och mängder i skicktet 0-2 mm från fogen”, sid. 42.

## *Stor variation i PCB-spridning*

Mätresultaten från detta projekt och referensprojekt visar på en PCB spridning i mycket varierande grad från fogmassan till det angränsande materialet. De diagram som visas här nedan bygger på resultat från alla tillgängliga mätningar (i projektet samt referenser) med slipning och borrning som provtagningsmetod.

Kurvorna visar medelvärden för all mätningar för respektive material. Punkterna i diagrammen visar enskilda mätvärden och ger en grafisk bild av spridningen. Diagrammen ger en ungefärlig uppfattning om mellan vilka värden halterna i angränsande material kan ligga vid en halt i fogmassan på 10%.

### Variation i betong

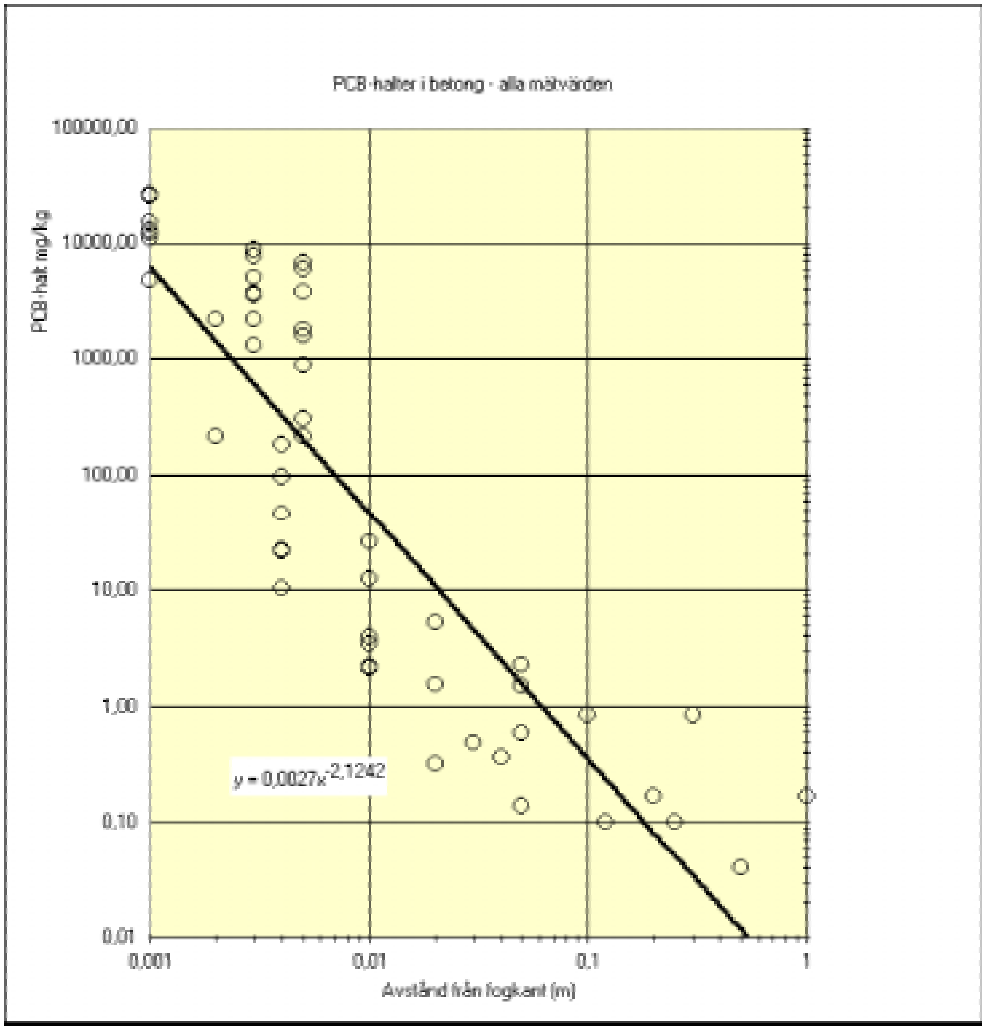
PCB-halter i skikten innanför 0-2 mm i exempelvis betong varierar cirka 50 gånger mellan olika objekt.

Endast utvändiga fogar har studerats i detta projekt. Fogmassa vid betongelement sitter vid den yttre delen av elementen som antingen är beklädnadselement eller den yttre skivan i ett sandwichelement.

De stora skillnaderna i uppmätta halter i betong kan bero på skillnader i betongkvalitet och därmed i täthet i de betongelement, där proverna tagits. Inträngningsdjupet varierar med stor sannolikhet med betongens täthet.

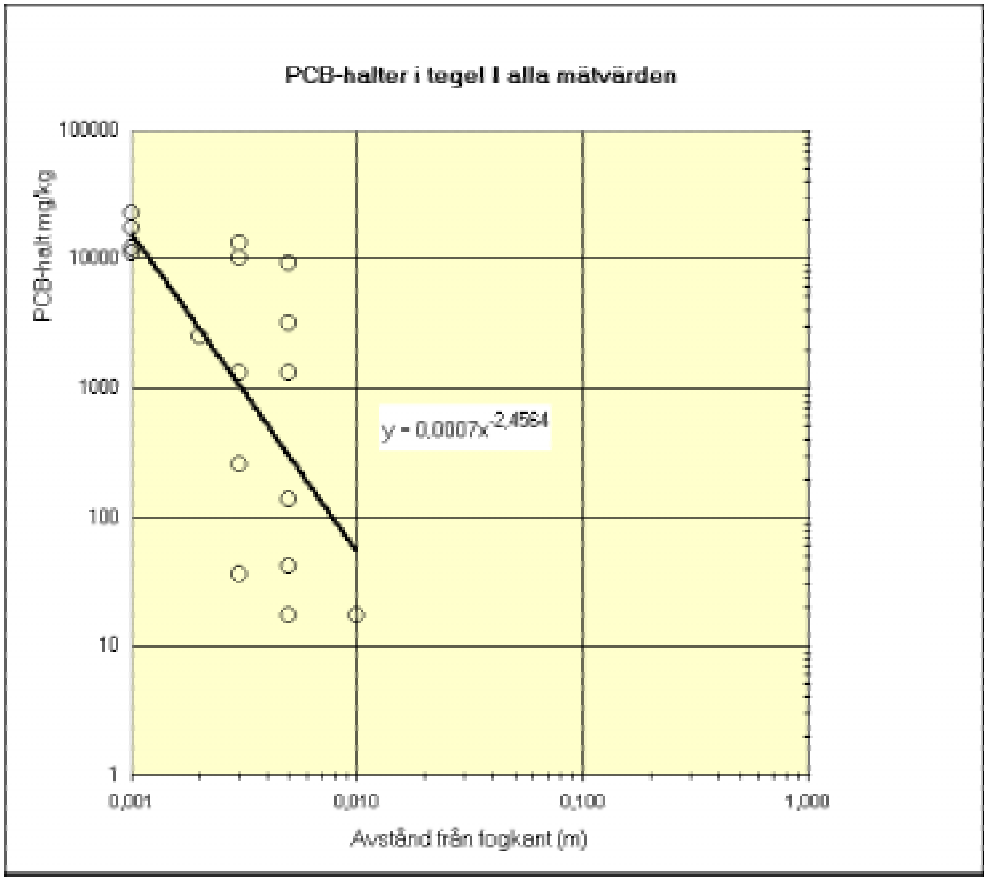
Tätheten hos betong har varit föremål för omfattande studier i samband med betongens karbonatisering, som är ett kriterium för beständighet. Karbonatisering av betong är den process då koldioxiden i luften reagerar med betongens alkali. Sannolikt kan man göra analogier med inträngning av karbonatisering och inträngning av PCB. Inträngningsdjupet skulle i så fall bero av följande faktorer.

- Fasadytans sammansättning. Vanligt var att själva fasadytan göts av en ytsats med avvikande färg eller med ballast som skulle friläggas. Då användes ofta en betong med högt vattencementtal. Det gav en betong med stor porositet som därmed blev öppen för djupare inträngning. Höga vattencementtal ger nämligen hög porositet. Ytor av frilagd ballast är ett exempel på detta.
- Fasadytans position i gjutformen. Om fasadytan göts uppåt i formen ökade porositeten av två skäl. Det ena är att gjuttrycket blev lågt. Det andra är att vattenavgången ökar när betongytan är i kontakt med luften. Snabb uttorkning av betong ökar porositeten. Exempel på sådana ytor är borstade och krattade ytor.


PCB-halter i betong - alla mätvärden
PCB-halt mg/kg
100000,00
10000,00
1000,00
100,00
10,00
1,00
0,10
0,01
0,001
0,01
0,1
1
Avstånd från fogkant (m)
y = 0,0027x^-2,1242

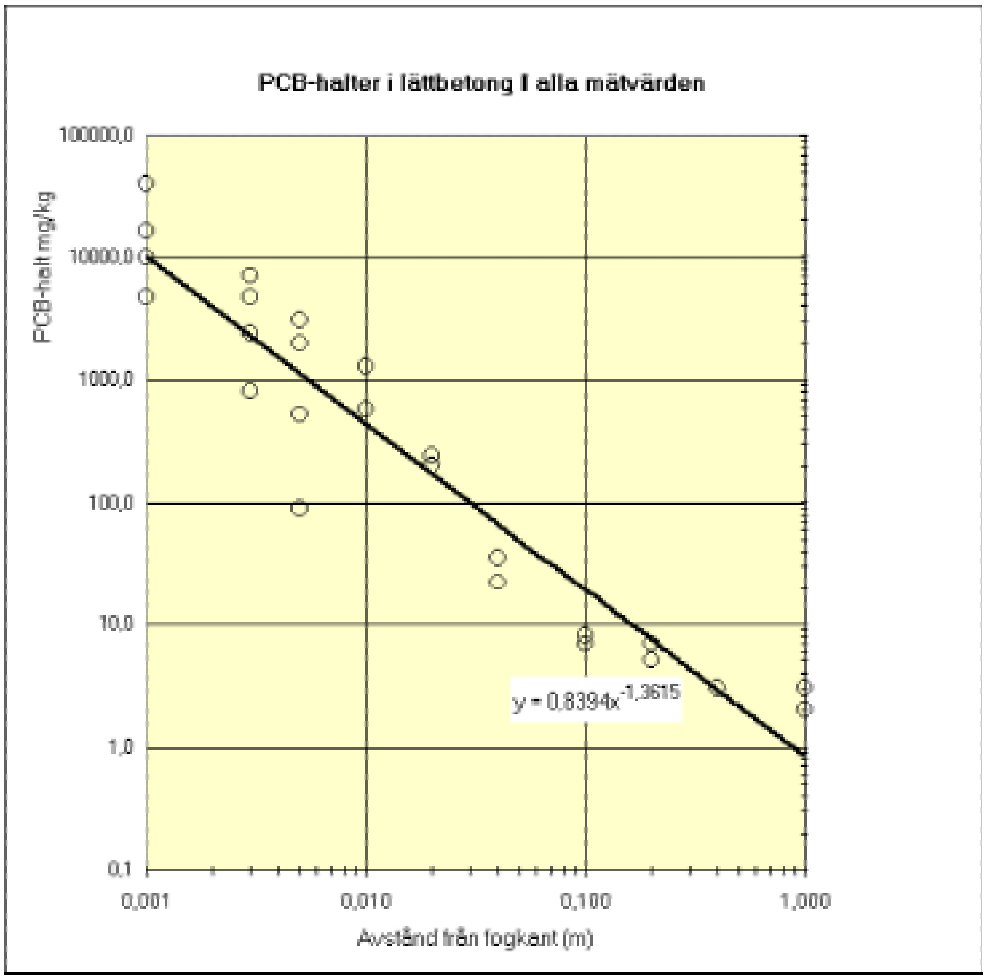
**Variation av PCB-spridning i tegel**

I tegel varierar värdena mycket i de inre skikten mellan olika objekt, upp till drygt 300 gånger i något fall. Det är troligt att spridningen även för tegel påverkas av en skillnad i täthet, som kan bero på att materialet är olika hårt bränt.



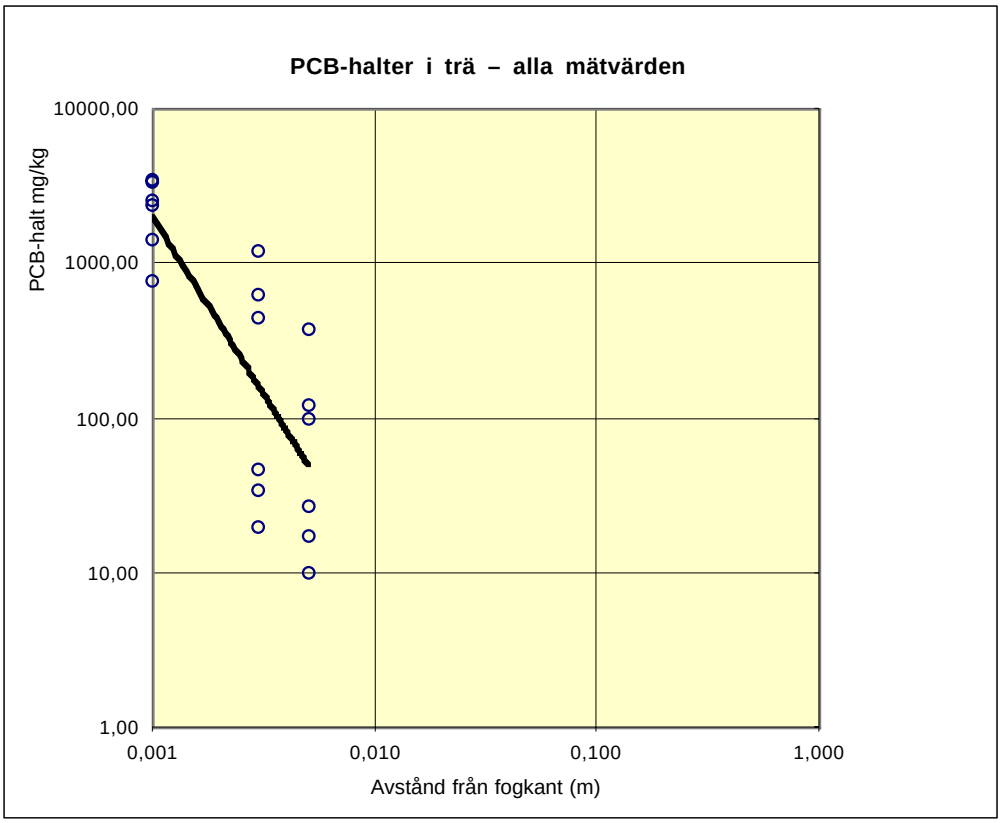
**Variation av PCB-spridning i lättbetong**

Lättbetongen visar något mer sammanhållna värden. Men mellan det högsta och lägsta uppmätta värdet skilde det ändå cirka 300 gånger!



**Variation av PCB-spridning i trä**

I trä var högsta värdet cirka 60 gånger större än motsvarande lägsta värde. Träkvaliteten (tätheten) kan möjligen påverka och kanske också ytbehandlingen.




### *Slutsats*

Det finns en möjlighet att olika provtagningsmetoder och -verktyg eventuellt kan påverka mätresultatet. Det är troligt att skillnader i täthet i materialet påverkar inträngningen av PCB, vilket gör att uppmätta halter visar mycket stor variation. Men vi har i detta projekt inte kunnat verifiera orsakerna till skillnaderna mellan de olika mätningarna.

*Den stora spridningen i mätvärden måste huvudsakligen tolkas så att det är stora reella skillnader mellan PCB-spridningen i olika objekt med samma material.*

*Därför är det nödvändigt att ta några prover på varje enskilt objekt, om man vill ha ett bra underlag för bedömning av PCB-spridningen.*

## Beräkning av mängder och resthalter i angränsande material

Resultat från provtagningar och analyser i detta projekt samt referensvärden från andra projekt används som underlag.

### *Utgångspunkter för beräkning av mängder och halter*

Provmaterialet har i de olika undersökningarna tagits från det yttre skiktet av byggmaterialet till något varierande djup men ofta till ca 20 - 30 mm djup från fasadytan och in i materialet. PCB-spridningen är dock tredimensionell, d v s det förekommer

naturligtvis en viss spridning även i materialets djupled, vilket visas i rapporten från Sätrastudien [Jansson m fl, 1997]. I det fallet fann man, på 4 mm avstånd från fogen, halter i de yttersta 10 mm som var nära fem gånger så höga som på 10 - 20 mm djup och nästan tio gånger så höga som på 20 - 30 mm djup. 10 mm från fogkanten innehöll de 15 mm närmast fasadytan en och en halv gång så mycket PCB som 15 - 20 mm in i materialet. (Se bilaga 2.)

Detta är begripligt eftersom det är i de yttersta 1-2 centimetrarna som fogmassan finns. Fogmassans anliggningsyta är i normalfallet högst 10 mm i djupled. Djupet räknas här från fogmassans ytterliv - som antas vara detsamma som angränsande materials ytterliv - och inåt i materialet. Ev fasade betongkanter räknas alltså inte med vid beräkningar för betong (men ska naturligtvis saneras i samma omfattning som betongen intill fogmassan).

Genom att anta att PCB-halterna är lika i ett 2 cm skikt vid en beräkning av totalmängder PCB, gör vi en förenkling som bör vara acceptabel i den förenklade modell vi tänker oss.

Beräkningarna görs därför med följande utgångspunkter:

- Mängden PCB i angränsande material antas vara proportionell mot mängden PCB i fogmassan. Därmed kan en uppskattning av PCB-mängderna göras, då halten i fogmassan är känd.
- Halterna har räknats om så att beräkningarna redovisar värden vid en antagen halt i fogmassan på 10 %.
- En viss indikation finns att PCB-föreningar med lägre kloreringsgrad tränger längre in i angränsande material (ett resultat med motsatsen har också registrerats), men effekten av detta bedöms av SP vara liten. Ingen hänsyn tas till detta vid beräkningarna.
- För beräkning av genomsnittliga halter i material: Som väggtjocklek respektive mått på fönster-/dörrkarm har valts ett standardmått som är litet men förekommer ofta. (När PCB-mängden fördelas på en mindre volym av materialet kommer värdena vid beräkning av medelhalt att ligga på säkra sidan.)
- Materialet antas innehålla den uppmätta halten i genomsnitt intill 20 mm och därinnanför ingen PCB.
- Kvarvarande mängder PCB i angränsande material beräknas sedan de 2 mm närmast fogen räknats bort, eftersom minst 2 mm alltid bör tas bort vid saneringen.
- För beräkning av den totala mängden PCB i ett betongelement används mängderna i de 50 cm närmast fogkanten (utom de 2 mm närmast fogen enl ovan) som multipliceras med foglängden runt elementet. Den mittersta delen av elementet räknas då ej med, men det blir en dubblering av halterna i hörnen (där kommer också PCB från två håll.).

Med ovan angivna förutsättningar är det möjligt att genom integration uppskatta kvarvarande totalmängder PCB i en byggnadsdel.

Vid beräkningen av mängder och genomsnittliga halter PCB har resultaten använts från mätningarna i detta projekt (utom sågproverna) och från referensprojekt. Alla värden som utgör underlag visas som punkter i diagram nedan för varje undersökt material. Man kan därigenom grafiskt få en uppfattning om spridningen i värdena. Med hjälp av funktionen i diagrammen har PCB-mängder integrerats. PCB-mängden har beräknats för 1 m utmed fogkanten för olika skikt av materialet.

### *Hur tillförlitliga är beräknade värden?*

Det har visat sig vid beräkning av mängder att exempelvis det antagande som vi gjort beträffande hur mycket som bör räknas i djupled, har stor betydelse för de värden man får fram. Höga halter i skiktet 0 - 2 mm kan också påverka kurvans lutning, vilket kan vara en felkälla vid integrering av mängder PCB i materialet.

Detta tillsammans med den stora spridningen i uppmätta halter gör att det finns en mycket stor osäkerhet i de värden som anges för PCB-mängder och genomsnittshalter nedan. Vi har trots allt valt att visa dessa beräknade värden, eftersom de ger en grov uppfattning om storleksordningen av de PCB-mängder man kan hitta i angränsande material.

### *Halter och mängder i skiktet 0 – 2 mm från fogen*

Lägsta och högsta uppmätta halt anges för detta skikt. Mängderna har beräknats manuellt utifrån respektive halt i skiktet för dels den ena sidan av fogen, dels summerat för båda sidorna. (Halter hämtade från tabellerna i kap. ”Resultat - PCB-halter”, sid. 25). Värdena anges för en halt i fogmassan på 10 %.

Tabell: Halter och mängder PCB i skiktet 0 - 2 mm i olika material i % av halten/mängden i fogmassan.

| Material | Lägsta och högsta halt (mg/kg) | Halt jämfört med halten i fogmassan | Mängd PCB per löpmeter fogsida (mg) | Mängd jämfört med mängden i fogmassan - ena sidan | Mängd jämfört med mängden i fogmassan - båda sidorna |
|---|---|---|---|---|---|
| Betong | 5 000 - 25 000 | 5 - 25% | 460 - 2 300 | 1,8 - 9,2% | 3,7 - 18% |
| Tegel | 6 000 - 22 000 | 6 - 22% | 430 - 1 600 | 1,7 - 6,4% | 3,4 - 13% |
| Lättbtg. | 5 000 - 40 000 | 5 - 40% | 120 - 960 | 0,48 - 3,8% | 0,96 - 7,7% |
| Trä | 800 - 3 500 | 0,8 - 4% | 26 - 130 | 0,1 - 0,52% | 0,21 - 1,0% |

PCB-mängderna i angränsande material per meter fog kan också jämföras med mängden PCB per meter i en normalstor fog (b = 15 mm, d = 6-7 mm) med halten 10 %. Denna innehåller cirka 25 000 mg PCB per m. Som medelvärde beräknas betong i skiktet 0 - 2 mm innehålla cirka 10 % av mängden i fogmassan.

PCB-mängden beräknas till mellan 920 och 4 600 mg/m i betongens yttersta 2 mm skikt på båda sidor, vilket motsvarar mellan 3,7 % och 18 % av summan av mängden PCB i dessa två skikt och i fogmassan. Det innebär i det värsta fallet att cirka 1/6 av denna PCB-mängd kan finnas i betongen i skiktet 0 – 2 mm!

*Vid sanering av byggnader som ska stå kvar bör därför alltid de yttersta 2 mm av angränsande material tas bort och kanterna göras rena från all synlig fogmassa!*

Men vid sanering av byggnader som ska rivas gäller det också att förhindra PCB-spridning från de delar som ligger längre från fogkanten, som har visat sig innehålla mycket varierande halter PCB.

### *Mängder PCB på olika avstånd från fogen*

Mängderna är, som tidigare, beräknade vid en PCB-halt i fogmassan på 10 %.

Vid 10 % PCB i fogmassan räknar vi att en ”normalstor” fog enligt ovan innehåller cirka 25 000 mg PCB per löpmeter. Andel i % finns i tabellen nedan.

Tabell: Mängd PCB per löpmeter fog för betong, tegel, lättbetong.

| Avstånd från fogen (mm) | Betong: PCB (mg/kg) | PCB-mängd i betongen i % av PCB-mängd i fogmassan | Tegel: PCB (mg/kg) | PCB-mängd i teglet i % av PCB-mängd i fogmassan | Lätt-betong: PCB (mg/kg) | PCB-mängd i lättbetongen i % av PCB-mängd i fog-massan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 - 10 | 94 | 0,38 | 106 | 0,42 | 114 | 0,46 |
| 10 - 20 | 10 | 0,04 | 7,1 | 0,03 | 32 | 0,13 |
| 20 - 30 | 3,1 | 0,01 | 1,8 | 0,007 | 15 | 0,06 |
| 30 - 50 | 2,4 | 0,01 | 1,2 | 0,005 | 17 | 0,07 |
| 50 - 100 | 1,7 | 0,007 | 0,7 | 0,003 | 18 | 0,07 |
| 100 - 500 | 1,2 | 0,005 | 0,4 | 0,002 | 28 | 0,11 |
| 500 - 1 500 | 0,2 | | 0 | | 12 | 0,05 |
| *2 - 500* | *113* | *0,45* | *117* | *0,47* | *225* | *0,9* |

I tabellen visas även mängderna på 500 – 1 500 mm avstånd från fogen, där lättbetongen har tydligt större mängder än andra material. PCB vandrar alltså längre in i lättbetong än i de andra provtagna materialen enligt beräkningarna från tillgängliga undersökningar. Genom att sanera bort 2 cm av betongen vid rivning tar man bort ungefär 92 % av den mängd som finns kvar innanför 2 mm från kanten, 3 cm sanering avlägsnar 95 % av denna mängd.

För tegel är motsvarande värde efter 2 cm sanering cirka 97 %, för lättbetong ungefär 65 %. För lättbetong kan en mer omfattande sanering behövas. Om man tar bort 5 cm innebär det cirka 79 % av mängden innanför 2 mm från kanten.

Tabell: Mängd PCB per löpmeter fog för trä

| Avstånd från fogen (mm) | Trä: PCB (mg/kg) | PCB-mängd träkarmen i % av PCB-mängd i fogmassan |
|---|---|---|
| 1 - 2 | 15 | 0,06 |
| 2 - 5 | 6,9 | 0,03 |
| 5 - 10 | 1,8 | 0,007 |
| 10 - 40 | 1,0 | 0,004 |
| *2 - 40* | *9,7* | *0,041* |

Skiktet 2 - 5 mm från fogen innehåller cirka 71 % av den PCB som finns i karmen innanför 2 mm.

### *PCB-mängder och halter kvar efter sanering med olika omfattning*

Mängder och halter (total PCB) har beräknats som genomsnittsvärden för ett betongelement intill 500 mm från fogkanten, efter olika saneringsnivå, då fogmassan innehåller 10 % PCB. Elementet antas vara utan fönster och med måtten 2,7 x 3 x 0,07 m. Genomsnittshalter har beräknats för ett sådant element.

Genomsnittshalterna som är kvar i elementet har även räknats om till summa 7 PCB, som för våra mätvärden innebär division med 3 eller 5,3.

Tabell: Betong efter sanering

| Saneringsnivå (mm) | Mängd PCB som saneras bort utöver 2 mm (mg/kg) | Mängd PCB kvar per löpmeter 2-500 mm från fogen (mg/kg) | Mängd PCB kvar totalt i elementet (mg) | Genomsnittshalt kvar i elementet Totalhalt (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar i elementet Summa 7 PCB (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | 113 | 1 280 | 0,98 | 0,18 - 0,37 |
| 10 | 94 | 18 | 205 | 0,16 | 0,030 - 0,053 |
| 20 | 104 | 8,3 | 95 | 0,074 | 0,014 - 0,025 |
| 30 | 107 | 5,2 | 60 | 0,047 | 0,0089 - 0,016 |
| 50 | 109 | 2,8 | 33 | 0,026 | 0,0049 - 0,0087 |
| 100 | 111 | 1,2 | 14 | 0,012 | 0,0023 - 0,004 |

För tegel har beräknats mängder och genomsnittshalter PCB som finns kvar intill 500 mm från fogkanten, efter olika saneringsnivå, då fogmassan innehåller 10 % PCB.

Genomsnittshalt har beräknats för en tegelvägg med tjockleken 120 mm.

Tabell: Tegel efter sanering

| Saneringsnivå (mm) | Mängd PCB kvar per löpmeter karm (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar. Totalhalt (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar. Summa 7 PCB (mg/kg) |
|---|---|---|---|
| 2 | 9,7 | 2,7 | 0,50 - 0,89 |
| 5 | 2,8 | 0,88 | 0,17 - 0,29 |

För lättbetong har likaså beräknats mängder och genomsnittshalter PCB som finns kvar intill 500 mm från fogkanten, efter olika saneringsnivå, då fogmassan innehåller 10 % PCB. Obs att även mängden på 500 – 1500 mm avstånd från fogen är jämförelsevis stor för lättbetong jämfört med betong och tegel (12 mg/m enl tabell sid. 43).

Genomsnittshalt har beräknats för lättbetongvägg med tjockleken 250 mm.

Tabell Lättbetong efter sanering.

| Saneringsnivå (mm) | Mängd PCB kvar per löpmeter 2-500 mm från fogen (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar 2-500 mm från fogen. Totalhalt (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar 2-500 mm från fogen. Summa 7 PCB. (mg/kg) |
|---|---|---|---|
| 2 | 225 | 3,0 | 0,57 - 1,00 |
| 20 | 78 | 1,1 | 0,20 - 0,36 |
| 50 | 46 | 0,68 | 0,13 - 0,23 |
| 100 | 28 | 0,47 | 0,088 - 0,16 |

Om hela 500 mm tas bort av lättbetongen blir restmängden från 500 till 1 500 mm från fogen 12 mg/m. Genomsnittlig halt i denna del av väggen blir totalt 0,08 mg/kg och summa 7 PCB 0,015 - 0,026 mg/kg.

För trä har beräknats mängder och halter efter 2 respektive 5 mm sanering. Här handlar det ju främst om träkarmar till dörrar och fönster och då är en mer omfattande sanering inte aktuell. Karmens mått antas vara 120 x 42 mm.

Tabell Trä efter sanering.(tabell)

| Saneringsnivå (mm) | Mängd PCB kvar per löpmeter karm (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar. Totalhalt (mg/kg) | Genomsnittshalt kvar. Summa 7 PCB (mg/kg) |
|---|---|---|---|
| 2 | 9,7 | 2,7 | 0,50 - 0,89 |
| 5 | 2,8 | 0,88 | 0,17 - 0,29 |

Ett fönster t ex med måtten 0,7 x 1,3 m innehåller efter 2 mm sanering cirka 39 mg total PCB, efter 5 mm sanering 11 mg PCB.

Sten

PCB-mängder i sten har inte kunnat beräknas.

## Risker med kvarlämnad PCB i restprodukterna

Vad är långsiktigt hållbart? I biologiskt material har vi från början av 70-talet och framåt sett sjunkande halter av PCB. De åtgärder som hittills vidtagits gör att det går åt rätt håll. Men minskningen av halterna i miljön har planat ut och kroppsbelastningen för människan är nära de nivåer, där man sett effekter på känsliga individer. Vi bör därför ej öka exponeringen och begränsningar av utsläppen är nödvändiga.

Den acceptabla ökningen av biologiskt ackumulerbara, långlivade substanser i miljön ska enligt miljömålen vara noll. Kan man då beräkna en godtagbar halt?

Vi vet att PCB sprids från fogmassa i hus, i gasfas och i partikelform. Men vi vet inte hur mycket som vandrar från t ex PCB-kontaminerad betong om den läggs ute i miljön. Någon säker riskbedömning kan inte göras eftersom vi inte vet hur mycket som kan

spridas med vatten t ex från underbyggnaden till en vägbana. Vi vet inte heller om PCB bundet till partiklar är biotillgängligt.

## Restprodukthantering

Någon typ av bedömning av acceptabla halter och mängder med hänsyn till miljön måste trots all osäkerhet ändå göras för restprodukter som ska kunna återvinnas. Att låta alla PCB-kontaminerade restprodukter gå till SAKAB för destruktion eller läggas på säker deponi är inte tekniskt och ekonomiskt rimligt. Vid bedömning av lämplig återvinning måste en avvägning göras mellan

- miljöhänsyn
- vad som är tekniskt möjligt
- arbetsmiljö
- ekonomi.

Att få ett fungerande kretslopp med största möjliga återvinning av material och produkter står i motsats till målet att få en giftfri miljö.

### *Utgångspunkter för bedömning av PCB-halter i restprodukter*

Här nedan diskuteras betong som exempel. Betong kommer att stå för de största volymerna rivningsprodukter med PCB-kontaminering. Samma resonemang kan tillämpas på tegel, lättbetong och stenmaterial.

För att bestämma hur restprodukter ska hanteras måste man bedöma vilka halter restprodukterna kan innehålla. För att någon form av återvinning ska vara möjlig måste det vara låga halter i materialet. Men även om det är låga halter kan det vid stora mängder restprodukter ändå komma ut stor mängd PCB i miljön. Det är därför viktigt att vid bedömningen se på

- den genomsnittliga PCB-halten i betongelementet
- den totala mängden PCB som finns i restprodukterna från rivningen
- det som lämnas kvar efter sanering i relation till den mängd som tas bort.

För hantering av betong med förorening av PCB kan man tänka sig tre nivåer:

- SAKAB
- Deponi
- Materialåtervinning, t ex i vägunderbyggnad.

För att kunna göra en bedömning har vi jämfört resthalter efter olika omfattning av sanering med rekommendationer från PCB-studien i Sätra [Jansson m fl, 1997] och Naturvårdsverkets riktvärden för PCB i mark [Naturvårdsverket rapport 4638, 1996].

### *Återvinning av restprodukter*

Naturvårdsverket har generella riktvärden (summa 7 PCB) för förorenad mark, som anger

- 0,02 mg/kg TS (torrsubstans) för känslig markanvändning
- 4 mg/kg TS för mindre känslig markanvändning med grundvattenskydd
- 7 mg/kg TS för mindre känslig markanvändning

(Definitionen av Känslig markanvändning, se nämnda rapport ovan. Kortfattat innebär marktypen känslig markanvändning att markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning och att grundvattnet skyddas.)

Dessa nivåer bör kunna användas som en jämförelse då man diskuterar vid vilken nivå restprodukterna kan återvinnas och därmed hur omfattande sanering som ska göras för

att få acceptabla resthalter. Beträffande riktvärden för halter i mark används summa 7 PCB, vilket innebär att summa 7 PCB måste anges även för halter i byggmaterialen för att värdena ska bli jämförbara. Det innebär att våra redovisade uppräknade värden för halter och mängder måste divideras med ett värde mellan 3 och 5,3.

PCB rör sig mycket långsamt i betong, sannolikt långsammare än i jord. Detta innebär att den till miljön per tidsenhet spridda, och därmed för biota (biologiska organismer) potentiellt tillgängliga, andelen PCB sannolikt kommer att vara mycket liten. Denna mängd torde vara så liten att den inte signifikant kommer att bidra till en ökning eller förlångsammad minskning i vare sig miljö eller vår föda. Användning av restbetong med halt understigande 0,02 mg/kg torde därför inte innebära någon ökad hälso- eller miljörisk. Sannolikt skulle gränsen kunna sättas högre. Att lägga denna kontaminerade betong under en väg eller blanda in i ny betong innebär ju helt andra exponeringsförhållanden än där mark är klassad som känslig markanvändning.

Vid de saneringsnivåer som diskuteras för 10 % i fogmassan och med halter och mängder som redovisats tidigare i detta avsnitt, bör man kunna få restprodukter av betong och tegel som är möjliga att materialåtervinna, exempelvis för vägunderbyggnad.

I rapporten ”PCB i fogmassor - stort eller litet problem?” [Jansson m fl, 1997] skrevs en rekommendation att fogmassor med PCB-halter (totalhalter) i intervallet 2 - 50 mg/kg (0,0002 - 0,005 %) ska omhändertas på ett säkert sätt vid rivning och renovering. Detta intervall bör kunna ge riktvärden för när restprodukter från rivning ska omhändertas på ett säkert sätt.

### *Återvinning av betong mm*

Betong och andra mineraliska material i nerkrossad form bör kunna användas, t ex som förstärkningslager i vägar. För närvarande arbetar Vägverket med tekniska krav som ska kunna ställas på bl a nerkrossade material för vägbyggnad. Diskussion pågår t ex om hur renheten ska beskrivas.

Betongbranschen vill inte ha kontaminerad betong som råmaterial vid tillverkning av ny betong för bostadsändamål utan att en riskbedömning har gjorts. Betong med så låg resthalt som cirka 0,02 mg/kg och därunder (summa 7 PCB) bör ändå kunna användas i ny betong.

### *Återvinning av trä?*

Av tabellen som visar resthalter i trä sid. 45) framgår att en träkarm intill fogmassa med 10 % PCB kan innehålla drygt 2 mg PCB per kg (totalhalt) efter 2 mm sanering.

Grundregeln är att karmar till fönster, dörrar och partier av trä, som suttit intill PCB-haltig fogmassa, bör tas ur cirkulation. Sådana delar bör bara i undantagsfall återanvändas och det förutsätter att PCB-halten i fogmassan är låg samt att det dokumenteras att fönstret kan innehålla PCB. Återanvändning av PCB-haltiga fönster är ej lämpligt för bostäder od.

Normalt vid fönsterbyte vill man också ha mer energisnåla fönster och återanvändning är då inte aktuell.

### *Rivning av tidigare sanerat hus*

Hus som sanerats kommer förr eller senare att rivas. Hanteringen vid rivning påverkas av hur noggrann sanering som tidigare gjorts. Det är viktigt att så lite PCB som möjligt blir kvar för att minimera läckaget från senare rivna byggnader.

Det är också viktigt att veta hur mycket PCB som finns kvar, för att vid behov göra ytterligare sanering i samband med rivningen. *Det krävs alltså att dokumentation från saneringen sparas.*

Fogmassor, som har ersatt tidigare fogmassor med PCB, bör alltid kontrolleras med avseende på PCB inför en rivning. Många sådana kan ha halter som innebär att de blir

farligt avfall. Dessutom kan höga halter PCB finnas kvar i kanten på angränsande material om inte en noggrann sanering gjorts vid tidigare fogbyte.

Mätningarna som utfördes enligt SP 2001:2 omfattade också några exempel på återvandring av PCB till ny fogmassa 12 - 16 månader efter sanering. Genomsnittsvärdet från sex fogmassebitar, där både ytterkanten och mitten analyserades (tolv analyser) var 0,08 % av halten i den gamla fogmassan. Men variationen var stor; 0,002 - 0,2 % av PCB-halten i den ursprungliga fogmassan fanns i den nya fogmassan. Om den ursprungliga fogmassan innehållit 10 %, skulle genomsnittsvärdet betyda att den nya fogmassan innehåller 80 mg/kg, vilket ställer krav på att den hanteras som farligt avfall vid rivning.

## Förslag till saneringsnivåer

Med utgångspunkt från de beräknade värdena i avsnitt ”PCB-mängder och halter kvar efter sanering med olika omfattning”, sid. 44, presenteras nedanstående förslag.

### *Betong*

Vi gör ett räkneexempel med utgångspunkt från dessa värden för 10 % PCB i fogmassan. Om 2 cm betong saneras bort, så blir den återstående genomsnittliga halten i betongelementet, uttryckt i summa 7 PCB, cirka 0,02 mg/kg. Detta kan då som nämnts jämföras med Naturvårdsverkets riktvärde för PCB i mark vid känslig markanvändning (0,02 mg/kg TS). Vid 5 cm sanering blir återstående halt, summa 7 PCB, i genomsnitt cirka 0,007 mg/kg.

Om det är felaktiga värden vi får fram med dessa beräkningar utifrån genomsnittshalter, så att de i verkligheten skulle vara t ex 3 gånger större, så ger en 5 cm sanering ändå låga kvarvarande halter i betongen. Men 5 cm sanering ger stor mängd avfall och det finns därför anledning att i det enskilda fallet, genom att ta några prover på materialet, få ett bättre underlag för bedömning av resthalter och lämplig saneringsnivå.

### *Tegel*

Vid sanering av tegel är det ofta inte fråga om så stora mängder fogmassa och därmed också mindre tegelavfall. Även i detta fall kan en sanering med cirka 2 cm vid 10 % PCB i fogmassan vara en rimlig nivå. Hur halten i restprodukterna blir, beror ju på vilka mängder tegel PCB-mängden fördelas på. Den totala mängden PCB som blir kvar i en byggnad efter sanering är lätt att uppskatta.

### *Lättbetong*

I lättbetong tränger PCB in mycket längre än i betong och tegel. Det är därför svårt att ge en tydlig rekommendation om hur mycket som här bör saneras bort och hur restprodukterna bör hanteras. Efter ett par cm sanering har det återstående materialet med våra beräknade värden ändå PCB-mängder kvar som gör att det kan krävas speciell hantering av dessa restprodukter

### *Trä*

2 mm slipning på en träkarm intill PCB-haltig fogmassa avlägsnar fogmasseresterna. Om fogmassan innehållit cirka 10 % PCB eller mer, så bör ändå karmen tas ur cirkulation. Mer omfattande sanering är knappast meningsfull. Fönsterkarmar o d kan möjligen återanvändas efter sanering om halten i fogmassan är låg. Jfr ”Återvinning av trä”, sid. 47, om återvinning.

# Rekommendationer

## Fastighetsägarens tillvägagångssätt inför rivning med sanering

Den första rekommendationen är att undersöka fogmassans PCB-halt och PCB-halterna i några punkter i materialet i anslutning till fogmassan, t ex 2 cm från fogkanten. Det är troligt att halten i materialet är proportionell mot halten i fogmassan, och erhållna halter kan då jämföras med de halter som redovisas i denna rapport vid fogmassa med 10 % PCB och mängderna kan grovt beräknas.

Men man ska alltså vara uppmärksam på att halter och mängder som i denna rapport redovisats som medelvärden vid en halt på 10 % PCB i fogmassan, kan vara flera gånger större i det verkliga fallet men också betydligt lägre!

Hänsyn måste också för varje rivningsobjekt tas till den totala mängden PCB som riskerar att spridas ut i miljön från rivningsmassorna. Återvinning av massor som inte är rena är anmälningspliktigt eller tillståndspliktigt beroende på föroreningsrisken och därför krävs alltid kontakt med den lokala tillsynsmyndigheten för att man ska få veta vilka krav som ställs.

Fastighetsägaren tar fram underlag och gör ett förslag till sanering och restprodukthantering och kontaktar sedan den lokala tillsynsmyndigheten för bedömning av förslaget.

Följande tillvägagångssätt föreslås inför en rivning med sanering av PCB.

- Undersök PCB-halter i aktuell byggnad.
- Beräkna mängder PCB i angränsande material.
- Bedöm de tekniska möjligheterna för saneringen.
- Bedöm arbetsmiljöproblem och lösningar.
- Föreslå omfattning av saneringen och beräkna PCB-mängder som tas bort resp blir kvar.
- Beräkna genomsnittshalter i restprodukterna vid denna saneringsnivå-.
- Bedöm ekonomin för sanering, rivning och restprodukthantering.
- Gör ett förslag till sanering, rivning och restprodukthantering med en avvägning av:
  - genomsnittshalt i restprodukter
  - total mängd i material som planeras att återvinnas
  - kvarvarande mängd PCB i förhållande till bortsanerad
  - tekniska möjligheter att utföra arbetet
  - arbetsmiljön
  - ekonomin
- Redovisa och diskutera förslaget med den lokala tillsynsmyndigheten (kommunens miljökontor).
- Dokumentera efter rivning sanerad mängd PCB och hanteringen av restprodukterna.

## Saneringsnivå

Om fogmassan innehåller 10 % PCB eller mindre rekommenderas en bortsanering av cirka 2 cm betong respektive tegel intill 25 - 30 mm djup. Se vidare under ”Förslag till saneringsnivåer”, sid. 48

## Restprodukthantering

### *Betong*

Betong med mycket liten förorening av PCB – cirka 0,02 mg/kg och mindre - bör kunna användas för vägunderbyggnad och liknande.

Lämpligt omhändertagande vid halter mellan 2 och 50 mg/kg bör diskuteras i varje enskilt fall med den lokala tillsynsmyndigheten (miljökontoret), liksom för restprodukter med halter mellan 0,02 och 2 mg/kg.

### *Lättbetong*

Lättbetong från rivna hus förekommer inte i någon större omfattning. PCB sprids långt in i materialet och troligen är någon form av deponi det lämpligaste, beroende på PCB-innehållet. Lämplig lösning ska diskuteras med den lokala tillsynsmyndigheten.

### *Tegel*

Tegelmassor bör hanteras på motsvarande sätt som restprodukter av betong.

### *Fönster, dörrar av trä*

Grundregel: Delar som suttit i kontakt med PCB-haltig fogmassa tas ur cirkulation. Återanvändning är ej lämpligt för bostäder od. (Fönster och dörrar kan återanvändas utan den karm som suttit intill fogmassan.)

Om delar som suttit intill fogmassan ändå återanvänds krävs noggrann dokumentation.

### *Kostnader för destruktion*

För de restprodukter som skickas till SAKAB för destruktion gäller följande priser (april 2002):

- Fogavfall med PCB > 500 mg/kg 15,50 kr
- PCB-haltigt fast avfall med PCB < 500 ppm 8,50 kr
- PCB-haltigt fast avfall med PCB > 500 ppm 35 kr.

## Rivning av tidigare sanerad byggnad

Beräkningssättet i denna rapport ska inte användas vid utbytta fogmassor. Troligen finns större mängd PCB finns kvar i det angränsande materialet, än vad den nya fogmassans halt pekar mot. Uppgifter om den tidigare fogmassans halt kan vara en hjälp men prover bör alltid tas för att kontrollera halterna.

Kontrollera alltid utbytta fogmassor avseende PCB. Många sådana kan ha halter som innebär att de blir farligt avfall. (Även eventuella fogmassor som ej bytts ska naturligtvis kontrolleras.)

Gör en bedömning av vilken mängd PCB som kan finnas kvar i angränsande material. Använd tidigare fogmassors halter som underlag, och räkna bort den PCB-mängd som vandrat ut i den nya fogmassan.

Gör vid behov ytterligare sanering av angränsande material i samband med rivningen.

## Rivnings- och saneringsmetoder

### *Allmänna synpunkter*

Det finns stora likheter mellan arbetsmetoderna vid sanering i samband med rivning och vid sanering av hus som ska behållas. När det gäller arbetsskydd och avfallshantering är problemen i stort sett identiska liksom vid val av maskiner och verktyg. Den av Svenska

Fogbranschens Riksförbund utgivna handledningen Sanera PCB-haltiga fogar är därför grunden för PCB-sanering även vid rivning.

Liksom vid normal sanering kan förutsättningarna variera starkt vid olika objekt. Byggnaderna varierar i konstruktion och material, de PCB-haltiga fogarna förekommer på olika ställen i byggnaden, PCB-halterna i fog och omgivande material varierar. Det är därför inte möjligt att rekommendera en enskild arbetsmetod som kan tillämpas för alla objekt. Erfarenheter både från sanering av kvarstående byggnader och vid rivningsobjekt har bekräftat detta. Avgörande för ett gott resultat är att fastighetsägare och entreprenörer tillsammans med tillsynsmyndigheter och konsulter har en grundläggande förståelse för vikten av att arbeta så att spridningen av PCB till omgivningen minimeras och så att saneringspersonalen skyddas mot aktuella arbetsmiljörisker.

## *Saneringsnivå för olika material*

Den avgörande skillnaden mellan sanering av kvarstående byggnader och rivningsbyggnader är att man i det senare fallet inte behöver ta hänsyn till att byggnadsdelarna inte får skadas. En annan skillnad är att vid kvarstående byggnader kan man tillåta att material som vid en borttagning skulle bli klassificerat som farligt avfall kan kvarstanna i byggnaden tills den ska rivas. Vid rivning måste man däremot identifiera och ta hand om allt rivningsavfall som uppfyller kriterierna för farligt avfall enligt aktuell lagstiftning.

Vid rivningssanering bör arbetsmetoderna väljas så att mängden farligt avfall av kostnadsskäl minimeras samtidigt som material med höga halter PCB verkligen separeras från övrigt material och tas om hand. Projektet har dock visat på svårigheterna att entydigt fastställa gränser för vad som ska betraktas som farligt avfall.. För det praktiska arbetet innebär det att man inför en rivning bör sanera på säkra sidan, dvs hellre ta bort för mycket än för lite. Eftersom byggnaden ska rivas är detta normalt också möjligt.

Diskussion om saneringsnivå med hänsyn till resthalter och -mängder, se ”Förslag till saneringsnivåer”, sid. 48.

## *Arbetsmetoder och teknisk utrustning för sanering*

### Allmänt

Vid rivning gäller i allmänhet att miljöfarliga ämnen ska tas bort innan den egentliga rivningen påbörjas. Ofta krävs detta i rivningsplan och rivningslov. Det är en väl motiverad regel, eftersom man då fortfarande har kontroll över de miljöfarliga komponenter och ämnen som enligt miljöinventeringen kan finnas i byggnaden. Regeln är tillämplig även för PCB-haltiga komponenter såsom kondensatorer, golvmaterial, fönster och i de flesta fall, för fogar i klimatskalet.

Till skillnad från förhållandet vid sanering av kvarstående byggnader bör saneringen så långt möjligt utföras genom att fogen sågas eller bilas bort. Slipning bör undvikas. Det är flera fördelar med sågning :

- saneringsnivån blir hög eftersom man samtidigt med fogen tar bort det angränsande material som har högst PCB-halter.
- bearbetning kan ske på ett avstånd från fogen där PCB-halten är låg. Därmed reduceras förekomsten av partiklar i luften med höga PCB-halter väsentligt vilket drastiskt minskar spridningen av PCB.
- av samma skäl som i föregående punkt kommer halten PCB i andningszonen sannolikt att bli så låg att andningsskyddet kan begränsas till ett partikelfilter.
- fogmassan med intilliggande material tas bort i stora sammanhängande stycken. Det gör det lättare att ta hand om avfallet och minskar risken för att tappa bort mindre fogpartiklar.

Bilning kan ibland vara en effektiv arbetsmetod, särskilt där det är svårt att komma åt med andra metoder. Till skillnad mot förhållandet vid normal sanering kan man här bortse från att bilning ger ojämna brottytor.

**Byggnader med betongelementfasader**

När det gäller byggnader med sandwich- eller beklädnadselement kan man överväga om det i vissa fall inte är fördelaktigt att demontera väggelementen före sanering och utföra saneringen på en särskilt förberedd arbetsstation. Alternativet är att sanera elementen på konventionellt sätt medan de fortfarande sitter på byggnaden. Det är dock inte möjligt att ge en entydig rekommendation för detta beroende på att förutsättningarna i olika objekt kan vara mycket olika.

Fördelar med att sanera efter demontering av väggelementen:

- arbetsställningar behövs ej
- lättare åtkomst till elementkanter och fogar
- bättre ergonomiska förutsättningar
- högre saneringskapacitet
- fogarna kan eventuellt tas bort med sågning vilket lättare utförs på liggande element
- ofta bra möjligheter att begränsa spridning av PCB

Fördelar med att sanera elementen på plats, före demontering:

- spridning som kan uppkomma i samband med demontering och flyttning av elementen undviks
- lätt att fortlöpande kontrollera saneringsarbetet
- elementen kan efter sanering och demontering transporteras direkt till deponi eller alternativ användning

Det är nödvändigt att i samband med att man upprättar rivningsplanen gör en analys av byggnaden med hänsyn till ovan angivna faktorer. Man bedömer då vilken arbetsmetod som i det aktuella fallet erbjuder bäst totalekonomi samtidigt som ett tillfredsställande skydd för både den yttre miljön och för arbetsmiljön åstadkommes. En väl genomförd analys av projektet avslöjar svaga punkter vid olika lösningar och visar på vilka åtgärder som måste vidtas.

Om man väljer att utföra saneringen på demonterade element måste följande frågor lösas:

- transport av elementen till saneringsplatsen måste ske på ett sådant sätt att lösa fogrester, bottningslister mm inte lossnar och faller till marken under transporten.
- saneringsplatsen måste väljas så att marken skyddas och underlaget lätt kan rengöras. Har man tillgång till en hårdlagd yta av betong eller asfalt kan denna användas, däremot bör man inte arbeta direkt på gräs eller andra ej belagda ytor. Presenningar utlagda som skydd ovanpå marken kan vara en godtagbar lösning.
- saneringsplatsen bör vindskyddas. Om man kan utföra arbetet inne i t ex ett tält är det en fördel. Man måste dock se till att elementen kan transporteras in och ut ur tältet på ett säkert sätt.

**Byggnader med tegelfasader**

Tegelbyggnader måste saneras före rivning. Fogarna kan med fördel sågas eller skäras ut med vinkelslipmaskiner försedda med kapskivor eller med handhållna torrsågningsmaskiner för betong och andra stenmaterial. Det finns maskiner med dubbla sågklingor avsedda för spårsågning i t ex golv, men de har i allmänhet inga fördelar vid rivningssanering.

Bilning är här också en användbar metod. Det praktiska arbetssättet måste anpassas efter de lokala förhållandena. Exempel på detta har beskrivits i ett tidigare avsnitt.

**Andra material**

Lättbetong erbjuder i allmänhet inga svårigheter vid sanering. Fogmaterialet sågas ut på säkert avstånd från fogmassan på samma sätt som vid tegel. Sågning i lättbetong utförs

betydligt lättare än i normalbetong och även lättare än i tegel.

Trä förekommer huvudsakligen i karmar runt fönster och dörrar. Eftersom inträngningen av PCB i trä är liten är det enklast att vid vanlig sanering såga bort några mm karmträ med cirkel- eller bandsåg.

I samband med utbyte eller rivning ska fönster endast i undantagsfall återanvändas. Men om man vid låg PCB-halt i fogmassan ändå väljer återanvändning, kan ett alternativ vara att med en handhållen maskinhyvel hyvla bort ca 2 mm trä sedan fogmassan skurits bort. Hyvelspånen samlas i en spåninsamlingspåse och hanteras som farligt avfall.

## *Miljöskydd och arbetsmiljö*

### Miljöskydd

Anvisningarna i SFR:s handledning Sanera PCB-haltiga fogar ska tillämpas där det är relevant. Den viktigaste åtgärden är att omsorgsfullt se till att avfallet omedelbart tas om vid arbetsstället medan man fortfarande har full kontroll över det. Ersätt så långt möjligt slipning med sågning, kapning eller bilning. Därmed elimineras risken för spridning genom slipdamm.

De viktigaste åtgärderna kan sammanfattas enligt följande:

- skärma av saneringsplatsen så att den är vindskyddad
- samla fortlöpande under arbetet in avfallet med hjälp av dammsugare. Se SFR:s anvisningar för närmare information om dammsugare.
- undvik slipning till förmån för sågning, kapning och bilning
- frigör fogen och omgivande material på så stort avstånd från fogmassan att PCB-halterna i omgivande material är försumbart låga. Jämför med rekommendationerna i tidigare avsnitt av denna rapport.

### Arbetsmiljö

Även i frågor om arbetsmiljön hänvisas till SFR:s anvisningar. Observera att förhandsanmälan ska göras till arbetsmiljöinspektionen om antalet arbetsdagar på objektet beräknas överskrida 30 och antalet sysselsatta vid arbetsstället vid något tillfälle överskrider 20, eller om antalet persondagar beräknas uppgå till minst 500. Vid osäkerhet i frågor som rör arbetsmiljön bör inspektionen rådfrågas även vid mindre omfattande arbeten.

Arbetsmiljöfrågorna hanteras i huvudsak som vid sanering av kvarliggande byggnader. De viktigaste punkterna och eventuella skillnader mot normal sanering sammanfattas nedan:

- hörselskydd behövs vid all maskinbearbetning
- vid användning av fogskäraren FSN 400 ska vibrationsdämpande handtag användas.
- de ergonomiska förhållandena motsvarar de som gäller vid normal sanering och måste uppmärksammas på samma sätt.
- vid sanering med sågning bör man undersöka om det är möjligt att arbeta med fast upphängda verktyg.
- friskluftsmatad andningsskydd med filterskydd A/P3 ska användas när saneringsmetoden kan innebära bearbetning av PCB-haltig fogmassa eller materialskikt som gränsar till fogmassa. I annat fall kan halvmask med partikelfilter var tillräckligt. I denna fråga bör ansvarig arbetsmiljöinspektör rådfrågas innan arbetet påbörjas.

## *Ekonomi*

Extrakostnaderna för saneringen kan uppskattas med erfarenheter bland annat från det tidigare nämnda objektet på västkusten.

Om saneringen utförs före demontering kan kostnaden uppskattas till ca 200 kr/m. Bedömningen grundas sig på kostnadsbilden för liknande rena saneringsentreprenader. Hänsyn har tagits till att återfogning inte är aktuellt vid rivning och att arbetet kan utföras med sågning. Med en total entreprenadsumman på ca 3 milj. kr och en total

foglängd på ca 2700 m blir saneringens andel av entreprenadsumman ca18 %. Kostnaderna för hantering och borttransport av avfallet är inte medräknat.

Vid sanering på marknivå kan kostnaderna möjligen bli något lägre. Kostnaderna kommer därmed att ligga inom det övre intervallet på 10-20 % vilket var den bedömning som gjordes av rivningsentreprenörer vid den tidigare refererade enkäten.

För tegelbyggnader finns inte motsvarande kalkylunderlag tillgängligt, men kostnaderna bör erfarenhetsmässigt hålla sig på samma nivå som vid betongbyggnader.

### *Upphandling av sanering vid rivning*

De hjälpmedel som finns för upphandling av sanering på webbplatsen www.sanerapcb.nu kan användas även i samband med rivning med erforderliga ändringar och tillägg.

# Slutord

## Bristande kunskap om PCB!?

De synpunkter som har kommit fram i enkäten till små rivningsföretag innebär att många beställare (fastighetsägare och större entreprenörer) ofta gör upphandling av rivning till lägsta pris utan att ställa de krav som en miljöriktig hantering kräver. Kanske finns här den största risken för att PCB och även andra giftiga ämnen ska komma ut i miljön!

Sannolikt beror detta på bristande kunskap. Förhållandet pekar bland annat på det stora behovet av information - om byggsektorns åtagande, om gällande lagstiftning och om vilka farliga ämnen som kan finnas i byggnader och hur de ska hanteras. Hjälpmedel i form av anvisningar och checklistor underlättar arbetet. Detta forskningsprojekt har genomförts som ett led i arbetet att ta fram hjälpmedel för fastighetsägare, entreprenörer med flera om hur PCB ska hanteras när det gäller rivning.

## Osäkra resultat

Den viktigaste erfarenheten från projektet är den stora variationen i värden som finns för PCB-halter i olika angränsande material. Detta innebär att alla beräkningar och slutsatser som dras blir osäkra. Vi anser att vi ändå får en uppfattning om storleksordningen av den PCB som finns i dessa material. Men i det praktiska fallet bör en närmare undersökning göras för att man ska kunna göra mer realistiska beräkningar.

## Behov av fortsatt undersökning och forskning

På många punkter i arbetet har det varit svårt att komma vidare, därför att det saknas kunskap.

Exempelvis skulle det vara bra med flera mätserier av halter i angränsande material för att ge ett säkrare underlag för att välja saneringsnivåer och hur restprodukterna ska hanteras. Kanske kan fastighetsägare som framöver ska riva hus med PCB-fogmassor bidra genom erfarenhet från undersökningar de gör för sitt eget behov?

Studier skulle också kunna göras av hur kvalitet (täthet) i olika material påverkar inträngningen av PCB.

Mer underlag för riskbedömning, t ex lakningsförsök, för material som återvinns för vägbyggnad e d skulle ge möjlighet att formulera riktlinjer för halter som kan accepteras i sådana material.

Studier skulle kunna göras av vilka ämnen som avges och eventuellt bildas vid den uppvärmning som sker vid skärning i fogmassa med PCB och vid slipning av PCB-haltiga byggmaterial. Vi skulle då kunna få veta vad och vilka mängder vi släpper ut i gasform under saneringsarbetet.

Vid sanering av byggnader som ska behållas slipas fogkanterna rena. Innebär det att PCB pressas in i materialet så att man får högre resthalter än man skulle få med t ex bilning eller sågning intill fogen?

Kanske kan saneringsmetoderna utvecklas så att de blir skonsammare för miljön och från arbetsmiljösynpunkt?

Det finns alltså mycket som skulle kunna studeras ytterligare, men det viktiga nu är att de som planerar och utför ingrepp i byggnader med PCB-haltiga fogar tar till sig den kunskap som finns och använder den i sitt arbete, så att spridningen av PCB till omgivningen minimeras.

# Referenser


1 Arnér M, Kallhauge U, Tolstoy N: Utveckling av metod för att identifiera och prioritera åtgärder för PCB-kontaminerade fastigheter. AB Jacobson & Widmark, 1998.
2 Avfallsförordning (2001:1063)
3 Bernes C: Organiska miljögifter. Ett svenskt perspektiv på ett internationellt problem. Naturvårdsverkets förlag, 1998.
4 Sanera PCB! Byggsektorns Kretsloppsråd - Projektet PCB i byggnader (1998). Ny utgåva hösten 2000.
5 Folkesson I: PCB i bygg fogar. Utveckling och värdering av metoder för sanering av PCB-haltiga fogar i byggnader. Svenska Fogbranschens Riksförbund, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, 1999.
6 Folkesson I: Sanera PCB-haltiga fogar. Svenska Fogbranschens Riksförbund. Utgåva 3, nov 2000.
7 Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899)
8 Förordningen (1998:901) om verksamhetsutövarens egenkontroll
9 Generella riktvärden för förorenad mark. Beräkningsprinciper och vägledning för tillämpning. Efterbehandling och sanering. Naturvårdsverket 1996.
10 http://www.sanerapcb.nu/ Webbplats för projektet PCB i byggnader inom Byggsektorns Kretsloppsråd.
11 http://www.sfr.nu. Webbplats för Svenska Fogbranschens Riksförbund.
12 Jansson B, Bergström U, Johansson C, Järnberg U, Shen Y, Åstebro A: Ogonmattet - a case study of emissions during replacement of PCB containing sealants. Institute of Applied Environmental Research, Stockholm University, and Environment and Health Protection Administration, City of Stockholm,2000.
13 Jansson B, Sandberg J, Johansson N, Åstebro A: PCB i fogmassor - stort eller litet problem? Rapport 4697 Naturvårdsverket, 1997.
14 Miljöbalk (1998:808). Rättsnätet - Svensk Lagsamling, fulltext. http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19980808.HTM
15 Persson-Engberg J, Sigfrid L, Torring M: Rivningshandboken. Planering, demonteringsmetoder, verktyg. Svensk Byggtjänst, 1999.
16 Rex, Gunilla och Gustafsson, Bengt: Artikel: PCB-sanering. Hjälpmedel för upphandling och kontroll av saneringsentreprenader. AMA-nytt 1/2001, Informationsdel AF Hus. Juni 2001.
17 Sikander E, Sundahl M, Tornevall M, Ek-Olausson B, Hjorthage A, Rosell L, Johannesson P-O: Utveckling och utvärdering av metoder för utbyte av PCB-haltiga fogmassor. SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 1999.

- I detta projekt
  Sundahl M, Hjorthage A, Torstensson C, Ek-Olausson B: Spridning av PCB från PCB-haltiga fogmassor till angränsande byggmaterial. Provtagningar, analyser och utvärdering. SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP rapport 2001:02.

# FoU policy

Sveriges Byggindustrier (BI) skall stimulera medlemsföretagen att ensamma eller tillsammans med andra bedriva FoU. Därutöver skall BI aktivt främja meningsfull FoU inom för medlemmarna vitala områden för att därigenom skapa förutsättningar för ett konkurrenskraftigt byggande med god lönsamhet och gott renommé.

FoU-verksamheten koncentreras på branschgemensamma frågor och formaliseras genom regionala utskott. Inom Region Väst hanteras dessa frågor av FoU-Väst som har egna lokaler på Chalmers Teknikpark.

**Målet uppnås genom:**

- att initiera och stödja FoU-projekt inom angelägna områden
- att samverka med högskolor och universitet
- att öka intresset i branschen för forskning och utveckling
- att aktivt följa FoU-insatser och försöka förutse FoU-behov
- att bidra till informationsspridning om avslutad, pågående och planerad FoU
- att samverka mellan flera företag i varje enskilt projekt

## Ledamöter i FoU-Väst

- Rolf Jonsson, ordförande
  NCC AB
  031-771 50 00
- Sune Almqvist
  Tidermans
  031-51 34 40
- Stellan Börjesson
  SBS Entreprenad AB
  031-65 34 02
- Peder Dahlöf
  NCC Teknik
  031-771 50 00
- Jörgen Eriksson
  Skanska Sverige AB
  031-771 10 00
- Gert Freiholtz
  Peab Sverige AB
  031-773 83 00
- Kent Haglund
  JM Bygg AB
  031-703 57 00
- Tomas Kutti
  Färdig Betong Göteborg AB
  031-51 84 80
- Nils-Olof Sandell
  Betongsprutnings AB Besab
  031-742 70 00
- Göran Winberg
  F O Peterson & Söner Byggnads AB
  031-724 80 00
- Andreas Brendinger
  Sveriges Byggindustrier
  031-708 41 10
- Pär Åhman
  Sveriges Byggindustrier
  031-708 41 04

PCB är en typ av svårnedbrytbara organiska föreningar som bl.a. finns i fogmassor i våra byggnader från perioden 1956 - 73. Totalt finns ca 100 ton i dessa byggnader. Kretsloppsrådet har antagit ett handlingsprogram som innebär att byggnaderna skall saneras.

Vid rivning och sanering i samband med rivning är det då viktigt att veta i vilken omfattning PCB har spridit sig till angränsande material, vilka metoder som är lämpliga att använda, hur och när PCB-förorenade byggmaterial kan återvinnas, hur arbetsmiljöfrågor bör beaktas mm. Denna rapport belyser dessa praktiska problem och lämnar rekommendationer om hur de bör hanteras.

SVERIGES BYGGINDUSTRIER

Sveriges Byggindustrier • Ekmansgatan 1 • 411 32 Göteborg • Tel 031-708 41 00 •
Fax 031-708 41 99 • fou@bygg.org • www.bygg.org