



## Åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor

Studie och rekommendationer om skyddsåtgärder, utrustning och rutiner

Rapport från Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier

Februari 2006

Gunilla Bernevi Rex • Eva Sikander

**SBUF** 

  
**RIV- OCH SANERINGSENTREPRENÖRERNA**  
inom Sveriges Byggindustrier

**afa**



## Förord

Riv- och Saneringsentreprenörerna har tagit initiativ till denna studie för att få fram mer kunskap om sanering av fogmassor med PCB – vilka ämnen som avges och halter av dessa och vilka skyddsåtgärder som behövs – samt för att komma fram till ett branschgemensamt sätt att arbeta. Studien har fokuserat på föroreningar som sprids till luften vid fogsanering, lämpliga verktyg för bearbetning och funktionen hos dammsugare och andningsskydd.

Syftet med studien har varit att få mer kunskap om avgivning av gaser och partiklar och skydd mot dessa vid PCB-sanering, som underlag för att

- utforma en branschstandard för tekniska krav på skyddsåtgärder för arbetare och yttre miljö vid PCB-sanering av fogmassor.
- i samarbete med tillverkare av saneringsutrustning undersöka möjligheter att utveckla utrustningen för bättre uppsamling av farliga gaser och partiklar.
- beskriva motiven och de tekniska kraven på ett begripligt och lättillgängligt sätt och sprida informationen.

Resultaten ska delges entreprenörer, beställare och deras konsulter med uppmaning att tillämpa de rekommendationer som tas fram. Resultaten ska också redovisas för Arbetsmiljöverket för eventuell översyn av verkets rekommendationer eller utformning av formella krav på arbetarskydd vid PCB-sanering.

De praktiska mätningarna har genomförts av Sveriges Provnings- och forskningsinstitut (SP) vid en sanering av ett objekt i Lund, där Entreprenadsystem West hade saneringsentreprenaden.

## Utrustning som använts

Verktyg	Bild nr / sid
<b>För skärning av fogmassa</b>	
Ny oscillerande kniv från Fein, modell FSC 1.6	1 / 15
Oscillerande kniv från Fein, modell FSN 400E, med SP-utsug med Riktaflex	2 / 15
<b>För slipning av fogkanter</b>	
Rakslip från Bosch GGS 27LC och diamanbeklätt koniskt slipstift, försedd med ett utsug med ställbar slang, Riktaflex, monterad med tejp enligt önskemål från saneringspersonalen.	3 / 15
Vinkelslip Milwaukee AGV 16180 QXC, försedd med diamanbeklädd slipskiva, med storleken 180 x 7 mm.	5 / 16
<b>För sågning i betong</b>	
Vinkelslip Hilti DC 125-S/EX, försedd med en diamanbeklädd kapskiva med diametern 125 mm med utsugskåpa enl nedan.	6 / 16
<b>För uppsamling av gaser och partiklar</b>	
<b>Utsugskåpa</b> SP utsugskåpa till Hilti vinkelslip med 125 mm kapskiva med dammsugaranslutning 50 mm.	9 / 17
<b>Dammsugare Nederman P55:</b> Effekt: 5,5 kW Nominell kapacitet ca 400 m <sup>3</sup> /h (fritt flöde, d v s utan slangar eller verktyg). Anslutning slang: 50 mm Dammavskiljning sker i tre steg: Steg 1 är en fallkammare eller cyklon för grova partiklar, steg 2 är ett finfilter och steg 3 är ett mikrofilter med avskiljningsgraden 99,997 %.	7 / 17

<b>Verktyg</b>	<b>Bild nr / sid</b>
<b>Dammsugare Pullman PVL 4200:</b> Effekt: 3,6 kW Nominellt flöde ca 400 m <sup>3</sup> /h (fritt flöde, d v s utan slangar eller verktyg) Anslutning slang: 63 mm Dammavskiljning sker i tre steg. Större partiklar avskiljs i en cyklon och därefter passerar luften huvudfilter och mikrofilter (HEPA-filter) som är monterade före fläktarna. Avskiljningsgraden för huvudfilter är 99,5 % och för mikrofilter 99,97 %.	7 / 17
Kolfilter att montera efter dammsugaren, levererades av Nederman respektive Pullman.	11 / 19
<b>Andningsskydd</b>	
Sundström Safety AB: helmask (SR200), fläkt (SR500), partikelfilter (SR510 P3) och gasfilter (SR518 A2).	8 / 17

### **Medverkande i projektet**

I projektgruppen har medverkat:

- Sven Berg, Industri- och Skadesanering AB
- Niclas Johansson, Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier
- Per Karlsson, Aros Sanering AB
- Gunilla Bernevi Rex, Rex Hus & Miljökonsult
- Georges Samiotis, ABVAC
- Lars Sandström, Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier
- Eva Sikander, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP).

Lars Sandström har ansvarat för projektet och Gunilla Bernevi Rex har varit projektledare och ansvarig för rapportskrivning och presentationsmaterial. Eva Sikander har varit ansvarig för SPs arbete i form av mätningar, analyser, utvärdering och för beskrivningen av detta i rapporten. Mats Tornevall har genomfört mätningarna med hjälp av Lars Rosell, Sarka Langer har ansvarat för analyserna.

Andra medverkande har varit:

Mikael Södergren, Industri- och Skadesanering AB, Hans Zackrisson och Mikael Zackrisson, Fogspecialisten AB, som har bidragit med värdefulla synpunkter. Leif Freidestam, Entreprenadsystem West AB, och hans personal på arbetsplatsen i Lund har lagt ned ett stort arbete på att göra mätningarna möjliga att genomföra.

Bo Jonsson, AB Ph. Nederman & Co, och Tomas Otterberg och Torbjörn Bengtsson, Pullman Scandinavian AB, har levererat dammsugarutrustning. Svante Stocks och Christer Odenborg, Specma AB, har i projektets inledning gett värdefulla synpunkter, Lars Ronner, Sundström Safety AB, har tillhandahållit friskluftsmask.

Referenspersoner:

Ett antal personer från konsultföretag och myndigheter samt Björn Funcke, Svenska Fogbranschens Riksförbund, har för fram synpunkter vid möten i projektet och på rapporten.

Ett stort tack till alla som har engagerat sig och bidragit i projektet!

### **Finansiärer**

Studien finansieras huvudsakligen av Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier samt Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och AFA. I övrigt, se omslagets sista sida!

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b>	<b>7</b>
<b>1 Bakgrund</b>	<b>12</b>
1.1 Tidigare studier	12
1.2 Behov av mer kunskap och en branschstandard	12
<b>2 Syfte</b>	<b>13</b>
<b>3 Beskrivning av genomfört arbete</b>	<b>13</b>
3.1 Förberedande arbete	13
3.2 Beskrivning av mätprogram	13
3.3 Beskrivning av utrustning som använts vid sanering	14
3.4 Test av nya metoder och utrustning	18
3.5 Beskrivning av mätobjekt	20
<b>4 Resultat från mätningar inklusive kommentarer</b>	<b>21</b>
4.1 Allmänt	21
4.2 PCB i luft i andningszon i axelhöjd vid skärning av fogmassa	21
4.3 PCB i luft i andningszon i axelhöjd vid slipning	22
4.4 PCB i luft i andningszon i axelhöjd vid sågning med vinkelslip	22
4.5 PCB innanför andningsskyddet	23
4.6 PCB-halt i avluft från dammsugare	24
4.7 VOC i luft	25
4.8 Dioxiner i luft	26
4.9 Inhalerbart damm i luft i andningszon	27
4.10 Dammsugarens flöde och inverkan på föroreningar i andningszon	27
4.11 Kommentarer till temperaturmätningar	29
4.12 Beräkning av spridning av PCB till yttre miljö	30
4.13 Slutsatser om utrustning, arbetsmetod och skyddsutrustning	31
<b>5 Branschstandard för åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor</b>	<b>35</b>
5.1 Checklista – grundad på slutsatser från denna studie	36
5.2 Åtgärder enligt SFRs handledning	37
5.3 Åtgärder enligt ”Checklista för fastighetsägare vid utvändig sanering”, www.sanerapcb.nu	38
<b>6 Förslag till fortsatt utvecklingsarbete</b>	<b>39</b>
6.1 Förbättring av den oscillerande kniven	39
6.2 Indikation för filterrengöring	39
6.3 Små effektiva dammsugare	39
6.4 Mindre dammsugare vid användning av rakslip med slipstift?	39
6.5 Ytterligare dioxinmätningar	39
<b>7 Referenser</b>	<b>40</b>



## **Sammanfattning**

Riv- och Saneringsentreprenörerna har tagit initiativ till ett projekt för att få fram mer kunskap om sanering av fogmassor med PCB – vilka ämnen som avges och halter av dessa och vilka skyddsåtgärder som behövs – och för att komma fram till ett branschgemensamt sätt att arbeta. Studien har fokuserat på föroreningar som sprids till luften vid fogsanering, lämpliga verktyg för bearbetning och funktionen hos dammsugare och andningsskydd. Projektets arbetsnamn har varit ”Luftföroreningar och skyddsåtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor”.

## **Ett frivilligt åtagande och en kommande förordning**

PCB är ett miljögift som finns i vissa material i våra byggnader från perioden 1956 -1973 och som har visat sig läcka ut från fogmassor i fasad till omgivande mark och luft. Genom Kretsloppsrådet har byggsektorn gjort ett åtagande att ta bort dessa fogmassor samt golvmassor med PCB. Enligt en grov bedömning kan cirka 10 – 15 % av ursprungligen applicerade PCB-haltiga fogmassor vara sanerade fram till idag.

Miljödepartementet har förberett en förordning för att påskynda arbetet med inventering och sanering. Ett förslag finns nu, som bör kunna träda i kraft under 2006.

## **Ett omfattande arbete som kräver bra teknik**

Många byggnader är idag sanerade från fogmassor med PCB, men den största delen av saneringsarbetet i landet återstår! En bedömning är att det kan finnas i storleksordningen 80 ton PCB kvar i fogmassor i våra byggnader. Sanering innebär risk för spridning av PCB till arbetsmiljön och till den yttre miljön och människor i omgivningen. Inför detta omfattande saneringsarbete är det därför väsentligt att bästa möjliga teknik används. Det innebär att verktyg väljs med tanke på effektivitet, ergonomi och minimal dammspridning och att dammsugare med god dammuppsamling används. Skyddsåtgärder krävs också för arbetare och yttre miljö.

## **Såga i stället för slipa?**

Den teknik som hittills använts mest vid fogsanering har varit utskärning av fogmassan med oscillerande (vibrerande) kniv och därefter rengöring av fogkanterna genom slipning med vinkelslip eller slipstift. Några entreprenörer har börjat använda en teknik som innebär att man sågar bort några få millimeter av fogkanten. För sågningen används vinkelslip med kapskiva. Fogmassan avlägsnas då genom ett enda arbetsmoment på varje fogsida och bearbetningen av själva fogmassan minimeras. Entreprenören använde i detta fall kapskiva med 125 mm diameter och tyckte att metoden fungerade bra. Om fogkanterna är fasade och fogen försänkt, krävs större kapskiva för att nå tillräckligt långt in. Det innebär att verktyget blir tyngre och svårare att hantera.

## **Nya verktyg**

I projektet har vi studerat förbättringar av verktygen för att underlätta arbetet och för att förbättra dammuppsamlingen. Inför mätningarna utvecklade SP i samråd med Entreprenadsystem West en utsugskåpa anpassad till metoden att såga i fogkanten och till Hilti vinkelslip med 125 mm kapskiva. Den nya kåpan tillverkades med utgångspunkt i samma koncept som de kåpor som använts under en längre tid vid slipning av fogkanter med vinkelslip. Denna kåpa, som också kan användas vid slipning, visade sig fungera väl.

En ny modell av den oscillerande kniven, ”Feinkniven”, med integrerat utsug för dammuppsamling testades också och visade sig ge lägre halt PCB i andningszonen än den äldre typen av ”Feinkniven”.

### **Slipstift bäst för sanering i innerhörn**

För sanering av fogmassa i invändiga hörn används oftast slipning med slipstift med konisk utformning. Denna slipning är mer tidskrävande än arbete med vinkelslip. För att testa en metod att använda vinkelslip vid sanering i innerhörn togs en prototyp fram till kåpa för dammuppsamling vid verktyget. Tyvärr visade sig denna inte fungera så bra. För sådana svåråtkomliga fogar kan i dagsläget bara rakslip med slipstift rekommenderas. Den dammuppsamlade utrustningen kan i detta fall vara försedd med ett munstycke av typ ”Riktaflex” som monteras på slipverktyget.

### **Maximera dammsugarflödet!**

Dammsugare från Nederman och Pullman har testats i projektet. Väsentligt för att erhålla maximalt luftflöde är att minimera slanglängden, att så långt som möjligt bibehålla diametern på slangen från dammsugaren och att anslutningen till kåpan har samma diameter som anslutande slang. Rengöring av dammsugarens partikelfilter förbättrade dammsugarens kapacitet även då relativt få meter fog hade sanerats.

### **Behövs kolfilter?**

PCB-prover har tagits i avluften från dammsugaren och luftprover har även tagits efter ett kolfilter som monterats efter dammsugaren. Slipning med slipstift gav högre halter i avluften (ca 10 gånger högre än det arbetshygieniska gränsvärdet) än annan bearbetning. Man bör därför se till att avluften från dammsugaren inte förorenar sanerarens eller någon annans andningszon. Kolfiltret reducerade i denna mätning PCB-halten betydligt (98 %). Men de PCB-mängder som avges till miljön från dammsugare utan kolfilter bedöms som små i förhållande till vad som kan spridas i annan form vid sanering, t ex i form av större partiklar och fogmassebitar som inte fångas upp av dammsugaren. Kolfilter är stora och tunga. Det är därför osäkert om det är meningsfullt att komplettera dammsugaren med kolfilter vid slipning med slipstift.

### **Synpunkter från saneringspersonal**

Under mätningarnas gång framkom synpunkter och kommentarer om metoder och utrustning. Genomgående framfördes synpunkter på att åtkomlighet i kombination med effektiv avverkning är det viktigaste. De arbetare som utförde saneringen i detta fall sade sig hellre göra avkall på arbetsmiljön, t ex genom att ta bort avvibrerade handtag från skärverktygen än att arbetsmomentet försvåras genom att verktyget blir mer svåränvänt. Som exempel kan nämnas den ”nya” Feinkniven, vars avvibrerande handtag upplevdes som positivt, men arbetarna i vår studie ansåg också att det var i vägen vid arbetet.

På den äldre typen av kniven använde de hellre tejp än monteringsbeslag för montering av dammsugarens utsugmunstycke.

### **Arbetsmiljörisker och dagens rekommendationer**

Rekommendationer för skyddsåtgärder finns på webbplatsen [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu) och i skriftlig form från Svenska Fogbranschens Riksförbund, handboken ”Sanera PCB-haltiga fogar”.

Beträffande arbetsmiljö finns föreskrifter (AFS) om t ex vibrationer, buller, belastningsergonomi och hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverket har också gett ut rekommendationer i form av en tillsynsvägledning för arbetsmiljöinspektörer (2003, uppdatering 2005). (Kan hämtas från [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu))



Arbetsmiljöverket rekommenderar där fläkthörsatt filterskydd med visir som andningsskydd mot PCB i gas- och partikelform samt betongdamm. Skyddet ska ha både gas- och partikelfilter. Skyddsoverall med huva och handskar ska användas – PCB kan även tas upp genom huden. Bullerskydd och skydd mot vibrationer på vissa maskiner kan var nödvändigt för att uppfylla Arbetsmiljöverkets regler.

## Mätning av farliga ämnen i arbetsmiljön

PCB-haltig fogmassa sitter oftast i anslutning till betong och mätningarna har därför gjorts på ett hus med betongelement i fasad med cirka 14 procent PCB i fogmassan. Det viktigaste syftet med studien har varit att undersöka halter av PCB och eventuellt andra farliga ämnen som avges till luften vid sanering. Vi har mätt PCB som avges vid skärning av fogmassa med oscillerande kniv, vid slipning med vinkelslip respektive raxslip samt vid sågning i betongkanten med vinkelslip.

De ämnen som mätts i andningszon (i axelhöjd) är

- PCB i partikel- och gasform
- dioxiner
- flyktiga organiska ämnen (VOC)
- inhalerbart damm.

Luftprover har också tagits innanför andningsskyddet för att undersöka halter av gas- och partikelformig PCB.

Vid skärning och vid slipning och sågning med vinkelslip, ligger halterna av PCB över eller strax under det arbetshygieniska gränsvärdet, som är  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Slipstiftet gav betydligt lägre halt PCB ( $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Halterna av inhalerbart damm i andningszon (axelhöjd) uppmättes ligga strax över eller under det nya arbetshygieniska gränsvärdet som är  $10 \text{mg}/\text{m}^3$ . (Gäller från 1 oktober 2005.)

## Andningsskydd ska användas!

Temperaturen på fog och saneringsutrustning har mätts för att ge ett underlag för att bedöma om det finns risk för att farliga ämnen ska avges från en fogmassa som värms upp genom bearbetningen. Temperaturhöjningen var inte så hög som vi befarat. Den uppmättes som mest till  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Även om det är svårt att rätt mäta temperaturen, eftersom verktyg m m kallnar snabbt, så är det ändå en måttlig temperaturhöjning som sker vid bearbetningen.

Mätningarna av dioxinhalt i arbetsmiljön (mätt i axelhöjd) under skärning respektive slipning visar inte några påvisbara mängder. Detektionsgränsen vid mätningarna är cirka  $0,1 \text{ ng I-TEQ}/\text{m}^3$ . Detta innebär att dioxinhalten vid provtagningen kan ha varit låg men den kan också ha legat strax under detektionsgränsen, vilket innebär att exponeringen skulle ge högre intag av dioxiner än tolerabelt dagligt intag (TDI), om saneringen görs utan andningsskydd.

Halterna av flyktiga organiska ämnen, "VOC", (andra än PCB, dioxiner) i luften i arbetsmiljön visar i de aktuella mätfallen på låga värden.

Mätresultaten innebär att PCB-halterna och halterna av inhalerbart damm, som ligger i närheten av och ofta över de arbetshygieniska gränsvärdena motiverar att andningsskydd ska användas. Det andningsskydd som testades i detta fall reducerade PCB-halten till under detektionsgränsen ( $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Dioxinhalterna under detektionsgränsen har vi inte någon kunskap om och tills vi vet mer är detta också ett skäl till att använda andningsskydd.

## Risker för den yttre miljön vid sanering

PCB sprids både genom att det läcker ut från bland annat fogmassor i våra byggnader och genom att PCB som sedan tidigare finns i miljön flyttar sig med vind och vatten. Det yttersta syftet med att sanera fogmassor med PCB är att minska avgivningen av PCB till den yttre

miljön. När PCB väl kommit ut i miljön, tas det lätt upp av levande organismer och kan så småningom hamna i djur som människan äter.

Alla de åtgärder som vidtas för att minska damm- och PCB-spridning till arbetsmiljön under saneringsarbete genom god uppsamling av föroreningarna vid källan, minskar också spridningen av PCB till den yttre miljön och till människor i omgivningen. Lika viktigt är att bland annat sköta rengöring på ett bra sätt, så att inte fogbitar och större partiklar lämnas kvar på marken efter sanering. Vid avfallshanteringen är det viktigt att allt samlat PCB-haltigt avfall tas omhand enligt reglerna i avfallsförordningen.

## Slutsatser som kan dras av studien

- Den PCB som avges vid skärning med den vanliga ”Feinkniven” respektive vid slipning och sågning med vinkelslip, och då föroreningar samlas upp med dammsugare, ligger nära de arbetshygieniska gränsvärdena och motiverar att andningsskydd ska användas.
- Halterna av inhalerbart damm vid slipning och sågning med vinkelslip, och med uppsamling av föroreningar, ligger nära de arbetshygieniska gränsvärdena och motiverar att andningsskydd ska användas vare sig PCB påvisats i fogarna eller inte.
- Andningsskydd av testad typ, fläktmatad mask med gas- och partikelfilter, fungerar väl för reducering av luftföroreningarna.
- Ny oscillerande kniv (Fein) med integrerat utsug har visat sig fungera väl för uppsamling av gas- och partikelformig PCB vid verktyget – bättre än den äldre typen av kniv försedd med utsug typ Riktaflex.
- Slipstift med konisk utformning bedöms i dagsläget vara den bästa slipmetoden för fogar i innerhörn och andra trånga utrymmen. Åtkomlighet och dammuppsamling är då bättre än med vinkelslip.
- Vid slipning med slipstift avges betydligt lägre halter PCB till luft i andningszonen än vid bearbetning med vinkelslip. Slipstift bedöms därför vara det bästa verktyget för slipning vid sanering inomhus.
- En metod för sanering genom sågning av betongkant och fogmassa i ett arbetsmoment har visat sig ge en spridning av PCB till arbetsmiljön som ligger strax under det arbetshygieniska gränsvärdet.
- Ny kåpa framtagen av SP fungerar väl vid sågning med det verktyg den tillverkats för. Den kan även användas vid slipning med samma verktyg. (Motsvarande kåpor kan tas fram för andra maskiner.)
- Den uppmätta temperaturhöjningen på fog, verktyg och betong (som mest 70 °C) visar att det inte blir någon kraftig uppvärmning vid bearbetningen.
- Dioxiner kunde inte påvisas i den aktuella studien men detektionsgränsen ligger på ganska korta mättider så högt att tolerabelt dagligt intag skulle kunna överskridas betydligt vid sanering utan andningsskydd. Eftersom vi därför genom denna studie ej fått kunskap om eventuell förekomst av dioxiner bör andningsskydd användas.
- Halterna av VOC (flyktiga organiska ämnen) var låga och innebär inga krav på skyddsåtgärder.
- Dammsugaren bör ha ett uppmätt flöde, utan slangar och verktyg kopplade, som inte understiger ca 370 m<sup>3</sup>/h.
- Dammsugarens luftflöde minskade med 20 % vid inkoppling av 10 + 2 m slang, med diameter 63 resp 50 mm. Slangdimensionen är viktig för kapaciteten. Även anslutningarna vid verktygen har stor betydelse.

- Exempel på utrustning som fungerar tillfredsställande om den sköts på rätt sätt är:  
Dammsugare med uppmätt flöde cirka 370 m<sup>3</sup>/h (uppmätt utan slangar och verktyg) med tillsats av
  - max 10 m slang, diameter 63 mm + max 2 m slang, diameter 50 mm +
  - + Feinkniv FSN 400 E med Riktaflex eller Feinkniv FSC 1,6
  - eller vinkelslip med SP slipkåpa 180 mm (för slipning)
  - eller vinkelslip med SP slipkåpa 125 mm (för sågning)
  - eller rakslip med slipstift och Riktaflex.
- Rengöring av dammsugarens filter är viktigt för att behålla ett bra flöde.
- PCB-halterna i dammsugarens avluft var högre vid bearbetning med slipstift än med andra verktyg.
- Kolfilter kopplat efter dammsugaren minskar PCB-halterna i avluften och kan möjligen diskuteras vid bearbetning med slipstift. Men värdet av minskad PCB-spridning via dammsugarens avluft bör bedömas i relation till andra spridningsvägar vid sanering.
- Summan av spridningen från verktygen och från avluften ur dammsugaren blir i storleksordningen 1 g PCB vid sanering av 120 m fogmassa under 40 timmar, utifrån de värden som uppmäts i projektet.

# 1 Bakgrund

PCB är miljö- och hälsofarliga ämnen som finns i vissa material i våra byggnader från perioden 1956 -1973. Förkortningen PCB betyder polyklorerade bifenyler som är ett stort antal ämnen (teoretiskt 209 st) med olika kloreringsgrad. Olika PCB-föreningar har också olika egenskaper. PCB har visat sig läcka ut från fogmassor i fasad till omgivande mark och luft. Fogmassorna bör därför tas bort, även om de i vissa fall har kvar sin tekniska funktion.

Genom Kretsloppsrådet har byggsektorn gjort ett åtagande att ta bort fogmassor och golv-massor med PCB. Enligt en grov bedömning kan cirka 10 – 15 % av aktuella fogmassor vara sanerade, mycket arbete återstår därför.

Miljödepartementet har förberett en förordning för att påskynda arbetet med inventering och sanering. Ett förslag finns nu, som bör kunna träda i kraft under 2006.

Vid sanering av fogmassor med PCB finns risker dels för spridning av PCB till den yttre miljön och människor i omgivningen, dels arbetsmiljörisker. Rekommendationer för skyddsåtgärder finns från Svenska Fogbranschens Riksförbund och på PCB-informationsprojektets webbplats [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu). Beträffande arbetsmiljö finns rekommendationer i form av en tillsynsvägledning för arbetsmiljöinspektörer från Arbetsmiljöverket (2003, senast uppdaterad 2005) (kan hämtas från [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu)).

## 1.1 Tidigare studier

Ett fåtal mätningar som är officiellt kända har gjorts tidigare. Arbetslivsinstitutet har 1999 redovisat några uppgifter i artikeln Arbetsmiljö vid sanering av PCB-fogar, en rapportering från det Nordiska Arbetsmiljömötet 1999.

1999 presenterades också en rapport från ett projekt som genomförts av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Utveckling och utvärdering av metoder för utbyte av PCB-haltiga fogmassor. Detta arbete utfördes av bl a Eva Sikander, Mikael Sundahl och Mats Tornevall, SP. (SP rapport 1999:07) Vissa jämförelser med mätresultat från detta projekt redovisas nedan.

Utveckling av verktyg och mätningar har också utförts inom AB Fogspecialisten genom Hans Zackrisson.

## 1.2 Behov av mer kunskap och en branschstandard

Det har konstaterats att mycket slarv och fusk förekommer när det gäller PCB-sanering av fogmassor. Bland annat är det vanligt att arbetarna inte använder rekommenderad utrustning och vidtar erforderliga skyddsåtgärder.

Det kan också många gånger vara svårt att hitta optimala verktyg för att utföra en sanering som inte sprider PCB till luften och det är osäkert hur mycket PCB och andra ämnen som i praktiken kommer ut i luften även om kraftig dammsugare används. Inte mycket har varit känt om den uppvärmning som fogmassa och fogkanter utsätts för vid sanering och vilken avgivning av andra farliga ämnen än PCB som den kan medföra.

## 2 Syfte

Syftet med studien har varit att få mer kunskap om avgivning av gaser och partiklar och skydd mot dessa vid PCB-sanering, som underlag för att

- utforma en branschstandard för tekniska krav på skyddsåtgärder för arbetare och yttre miljö vid PCB-sanering av fogmassor.
- i samarbete med tillverkare av saneringsutrustning undersöka möjligheter att utveckla utrustningen för bättre uppsamling av farliga gaser och partiklar.
- beskriva motiven och de tekniska kraven på ett begripligt och lättillgängligt sätt och sprida informationen.

Resultaten ska delges

- sanerande entreprenörer och deras personal med uppmaning att uppfylla de tekniska kraven på skyddsåtgärder vid fogsanering.
- beställare (fastighetsägare, entreprenörer) och deras konsulter med uppmaning att ställa och följa upp krav på utrustning, skyddsåtgärder och rutiner vid PCB-sanering.
- Arbetsmiljöverket för eventuell översyn av verkets rekommendationer eller utformning av formella krav på arbetarskydd vid PCB-sanering.

## 3 Beskrivning av genomfört arbete

### 3.1 Förberedande arbete

För att få en god förankring hos entreprenörer, beställare och myndigheter startade projektet med ett möte, dit alla som sagt sig ha intresse av att medverka i projektet bjudits in. På mötet presenterades bl a tidigare mätningar av PCB i arbetsmiljön och en studie om PCB-halter i blod på personal som arbetat med PCB-sanering av fogar.

Det inledande arbete bestod i att söka lämpligt objekt för provtagning, samarbetspartners till projektet och att utarbeta ett detaljerat mätprogram samt planera för provtagningen. Erfarna sanerare lämnade uppgifter om vilken utrustning de vanligen använde och idéer till hur den skulle kunna utvecklas. Kontakt togs också med ett antal leverantörer av utrustning för sanering av PCB, för medverkan och bidrag till finansieringen av projektet.

### 3.2 Beskrivning av mätprogram

Mätningar i samband med sanering av PCB-haltig fogmassa har haft som syfte att klarlägga

- vilka halter av föroreningar som finns i luften i andningszonen (utanför andningsskyddet i axelnivå) hos saneraren vid arbetsmomenten
  - skärning av fogmassa
  - slipning av fogkant mot betong med rakslip (slipstift)
  - slipning av fogkant mot betong med vinkelslip
  - sågning i betongkanten med vinkelslip för att i ett moment ta bort fogmassa och betongkant

Mätningar har även utförts för att studera hur användning av olika utrustning vid de olika momenten påverkar mängden ämnen som frigörs till arbetsmiljön. De ämnen som mätts i andningszon är

- PCB i partikel- och gasform, (Teknik: SKCs OVS-provtagare + GCMS-analys)
  - dioxiner, (OVS-provtagare, GCMS-analys)
  - flyktiga organiska ämnen, "VOC" (Tenaxadsorbent + GC-FID/MS-analys)
  - inhalerbart damm (0,8 µm CA-filter i IOM-provtagare, gravimetrisk bestämning)
- förekomst av luftföroreningar innanför andningsskyddet. Luftprovtagningen här avser endast gas- och partikelformig PCB.
  - förekomst av luftföroreningar i avluft från dammsugare med grov- och finfilter. Luftprovtagningen här avser gas- och partikelformig PCB samt flyktiga organiska ämnen (totalhalt VOC).
  - förekomst av luftföroreningar i avluft efter dammsugare med grov- och finfilter samt kolfilter som tagits fram av dammsugartillverkare. Luftprovtagningen här avser gas- och partikelformig PCB samt flyktiga organiska ämnen (VOC).
  - dammsugarnas luftflöden vid olika slanglängder och med olika verktyg.
  - temperaturen på fog och saneringsutrustning för att få underlag för bedömning av risk för att farliga ämnen skall avgå till arbetsmiljön från en fogmassa som värms upp genom bearbetningen.

#### **Om PCB-analys**

PCB har analyserats i ett antal olika luftprover för att belysa förekomst av PCB i såväl gasform som på partiklar. Resultaten presenteras som "totalhalt PCB". "Totalhalt PCB" avser i luftprov summan av fyra kongener (nr 28, 52, 101 och 138) multiplicerat med uppräkningsfaktorn 6. För materialproven (fog) avser totalhalten summan av sju kongener multiplicerat med en uppräkningsfaktor som är beroende av kongenermönstret. I detta fall bedömdes kongenermönstret från fogmassan motsvara typ Clophen A40, vilket innebär att en uppräkningsfaktor på 4,6 använts.

#### **Om VOC-analys**

Tenaxrören (VOC) har desorberats termiskt och analyserats enligt SP-metoden 601. Denna innebär i korthet gaskromatografisk analys med flamjonisationsdetektor och masselektiv detektor (GC-FID och GC-MS). Halter har beräknats utifrån FID-signalen och den aktuella provtagningsvolymen.

Som ett grovt samlingsmått har också totalhalten VOC beräknats. Denna omfattar främst ämnen i kokpunktsintervall 70-320°C. Detta motsvarar för kolväten ämnena hexan till oktadekan, C6-C18. Totalhalt VOC anges som toluen-ekvivalenter. Halter av enskilda ämnen har omräknats till ämnesspecifik halt om inget annat anges. Enskilda ämnen har identifierats med masspektrometer.

### **3.3 Beskrivning av utrustning som använts vid sanering**

#### **Skärning**

Skärning utfördes med två oscillerande handhållna maskiner från Fein vars huvudsakliga användningsområde är utskärning av limmade bilrutor. Dels användes FSN 400 E, som har använts av saneringsföretagen under de senaste åren för utskärning av fogmassa, dels FSC 1.6 som är en vidareutveckling av FSN 400 E med, enligt uppgift, lägre vibrationer. FSC 1.6 har av tillverkaren försetts med ett integrerat utsug av gaser medan FSN 400 E kan försees med utsug utvecklade av SP alternativt att dammsugarslangen ansluts med tejp. FSN 400 E kan försees med avvibrerande handtag utvecklade av Specma medan FSC 1.6 har försetts med ett avvibrerande handtag av tillverkaren.



Bild 1: Ny oscillerande kniv från Fein, modell FSC 1.6, som användes för skärning av PCB-haltig fogmassa.



Bild 2: Oscillerande kniv från Fein, modell FSN 400E med SP-utsug med Riktaflex.

### Slipning med raxslip

Slipning med diamantbeklädda slipstift utvecklades av Fogspecialisten i Göteborg i början av 2000. Metoden har visat sig vara lämplig när kravet på åtkomlighet och minimal dammspridning har varit stor, t ex vid sanering inomhus.

Slipningen utfördes med en raxslip från Bosch (GGS 27LC) och diamantbeklätt koniskt slipstift. Slipningen utfördes i hörn mellan entréer och huvudbyggnad. Dammsugarslangen anslöts till verktyget med tejp enligt önskemål från saneringspersonalen och närmast verktyget monterades en ställbar slang (Riktaflex).



Bild 3: Slipverktyg för slipning i svåråtkomliga utrymmen. Till raxslipen från Bosch (GGS 27LC) är ett utsug med en ställbar slang monterad.



Bild 4: Slipning med raxslip pågår.

### Slipning med vinkelslip

Slipning med vinkelslip har varit den dominerande metoden sedan sanering av PCB startade. Slipmomentet görs då den huvudsakliga fogmassan skurits bort med oscillerande kniv. Slipningen utfördes med vinkelslip Milwaukee AGV 16180 QXC. Diamantbeklädd slipskiva, med storleken 180 x 7 mm levererades av Fogspecialisten. Utrustningen var försedd med utsugskåpa från SP.



Bild 5: Slipning av fogkanter med vinkelslip Milwaukee AGV 16180 QXC försedd med utsugskåpa från SP.



Bild 6: Vinkelslip från Hilti (DC 125-S/EX) med kapskiva för sågning i betong, försedd med ny utsugskåpa från SP.

### **Sågning med vinkelslip**

Sågningen gjordes så att cirka 0,5 mm av fogmassan och 2,5 mm av betongen tas bort. Det innebär att fogmassan avlägsnas genom endast ett arbetsmoment på varje fogsida. För sågningen användes en vinkelslip från Hilti (DC 125-S/EX) försedd med en diamantbeklädd kapskiva med diametern 125 mm och en för momentet och maskinen anpassad utsugskåpa utvecklad i projektet av SP.

### **Dammsugare – flöden**

Verktygets dammpuffångningsförmåga beror bland annat på luftflödet och lufthastigheten vid uppsamlingsstället. Det är viktigt att slangar, kopplingar m m inte reducerar effekten från dammsugaren mer än nödvändigt och att uppsättningen optimeras för varje saneringsfall.

I detta projekt användes två dammsugare tillverkade av Nederman – Nederman P55 – respektive Pullman – PVL 4200. Dammsugarnas flöden testades vid friblåsning och utan och med gasfilter. Luftflöden från de båda dammsugarna mättes vid ett stort antal tillämpningar som t ex olika slanglängder, olika dimensioner på slangen och med olika verktyg/kåpor inkopplade.

### **Dammsugare – filter**

Dammsugarna var vid leverans försedda med finfilter och mikrofilter med en uppgiven avskiljningsförmåga av 99,997 % (Nederman) respektive 99,95 % för huvudfilter och 99,97 % för mikrofilter (Pullman). Tillverkarna levererade också kolfilter för de aktuella mätningarna. VOC och PCB mättes i avluft efter grov- och finfilter samt efter kolfilter. Mätning av luftflöden utfördes innan maskinerna togs i bruk, efter sanering samt med kolfilter inkopplat.





Bild 7: Dammsugare av märkena Pullman och Nederman användes vid mätningarna.

Samtliga luftprovtagningar genomfördes med 10 m slang med diametern 63 mm och 2 m slang med diametern 50 mm. Uppställningen simulerar en sanering av ett trevåningshus med dammsugarna placerade på marken.

### **Andningsskydd**

Andningsskydden levererades av Sundström Safety AB och bestod av en helmask (SR200), fläkt (SR500), partikelfilter (SR510 P3) och gasfilter (SR518 A2). Mätning av gaser och partiklar utfördes i andningszon i axelhöjd och mätning av gaser innanför helmasken.



Bild 8: Andningsskydd från Sundström Safety AB användes. Mätningar utfördes innanför andningsskyddet samt i axelnivå utanför andningsskyddet.

### 3.4 Test av nya metoder och utrustning

#### SP-kåpa för dammuppfångning – SP-kåpa 2

Saneringen i testobjektet utfördes bland annat genom att fogen sågades ut med vinkelslip enligt ovanstående beskrivning. Inför mätningarna utvecklade SP i samråd med saneringsföretaget, Entreprenadsystem West AB, en utsugskåpa anpassad till denna metod och till Hilti vinkelslip med 125 mm kapskiva. Fogsanerarna lämnade följande viktiga synpunkter på hur kåpan borde vara utformad, baserade på erfarenheter av den utrustning som de använde:

- Låg vikt
- Kraftiga infästningar till maskinen
- Nuvarande kåpa fastnar i ballasten
- Förlängning av borst

Den nya utsugskåpan tillverkades med utgångspunkt i samma koncept som de kåpor som använts under en längre tid vid slipning av fogkanter med vinkelslip. Anslutningen till dammsugaren bibehölls således till 50 mm för att reducera strypning av luftflödet. Infästningen ändrades från att kåpan tidigare klämts fast på maskinens hals till en styrning och fästöron som ansluter till maskinens fästen för handtag.



Bild 9: Vidareutvecklad kåpa för dammuppsamling, för Hilti vinkelslip med 125 mm kapskiva.

Kåpans anliggningsyta mot väggen förändrades så att anliggningsytan ”före” sågklingan fasades ca 10 mm. Därigenom uppnåddes god anliggning utmed hela ytan utan att kåpan fastnade i ballasten.

Beträffande vikten kan anslutningsröret till dammsugarslangen kortas. I övrigt är vår bedömning att ingående material behöver vara av nuvarande tjocklek eftersom belastningen är relativt stor. Tillverkning av kåpor i lättmetall diskuterades också. Någon provtillverkning har dock inte gjorts.

#### Testkåpa för slipning i innerhörn

Förutom slipning med rakslip med slipstift har metoder för slipning av fogar i invändiga hörn saknats. I syfte att utveckla en alternativ metod togs en prototyp fram till en kåpa att prova i projektet. Kåpan var avsedd för vinkelslip med 180 mm klinga och försedd med 38 mm anslutning till dammsugarslangen. Dammsugaranslutningen anslöt till navet i kåpan och bedömningen var att kåpan skulle ge god åtkomlighet. Det visade sig emellertid att alltför mycket av dammet inte samlades upp. Se vidare under punkt 5.3. Det är troligt att vinkelslip

inte kan användas för fogar som sitter i innerhörn, även om vissa förbättringar skulle kunna göras på kåpan.



Bild 10: Testkåpa för vinkelslip med 180 mm klinga för slipning i innerhörn. Kåpan gav inte den önskade åtkomlig heten och dammuppsamlingen blev därför inte acceptabel.

### Utvärdering av metod för sågning med vinkelslip

Inom projektet utvärderades metoden att såga i betong invid fogen, så som beskrivits under 4.3 ovan. Sågningen utfördes med vinkelslip med 125 mm kapskiva och med ett utsug kopplat till verktyget. Metoden innebär att bara ett moment krävs på vardera fogsidan för att ta bort fogmassan och göra betongkanterna rena, vilket förenklar arbetet. PCB-halterna som uppmättes var något högre än de halter som uppmättes vid slipning av fogkanter med vinkelslip, sedan fogmassan skurits bort. Halterna underskrider dock det yrkeshygieniska gränsvärdet. (Se vidare under punkt 5.4.) Metoden bedöms som användbar, men storleken på maskin, kåpa och klinga behöver anpassas till hur djupt in fogmassan sitter. En större vinkelslip med 180 mm klinga är tyngre och besvärligare att hantera.

### Kolfilter

Luftprover togs i avluften från dammsugaren då kolfilter kopplats in efter dammsugarnas finfilter. Kolfilter vid PCB-sanering har inte utvärderats tidigare. Kolfiltret reducerade PCB-halten betydligt. Se vidare under punkt 5.6.



Bild 11: Kolfiltret som utvärderats inom detta projekt har levererats av Nederman (bilden) och Pullman. Utvärderingen genomfördes genom provtagning av luft före och efter filtret.

### 3.5 Beskrivning av mätobjekt

När mätobjekt söktes för denna studie var ett krav att det skulle innehålla fogmassa mot betong, eftersom det är det vanligast förekommande materialet vid PCB-haltiga fogar. Fogmassan skulle också ha en PCB-halt på minst ca 10 %, som är en vanlig halt på fogar som saneras. Byggnaden som valdes som objekt är en av många byggnader i ett område i Lund där Entreprenadsystem West AB sanerade fogmassor med PCB våren 2005. Byggnaden har fasadelement av betong som var fogade med PCB-haltig massa. PCB-halten i fogmassan var enligt analys 14 % (medelvärde från två prover).

Den PCB som använts i fogmassan är enligt analysen lågklorerad. Lågklorerade PCB-föreningar innehåller mindre antal kloratomer (trikloro-PCB; maximum antal kloratomer i PCB är 10) som innebär att de lättare avgår i gasform i jämförelse med högklorerade PCB-föreningar. Kongenermönstret från fogmassan bedömdes motsvara typ Clophen A40, vilket innebär att en uppräkningsfaktor på 4,6 använts.

Vid saneringen användes en skylift. Vid sanering får inklädnad av skyliftkorg inte göras över räckeshöjd. En sådan inklädnad kan innebära att man förändrar egenskaperna som ställningen är CE-märkt för. I detta fall arrangerades ett provisoriskt väderskydd med klen infästning för att förhindra att varierande vindförhållanden skulle påverka jämförelserna mellan olika arbetsätt och att vinden förde bort föroreningarna från arbetsmiljön. Mätningarna motsvarar således förhållanden som råder i det ”värsta fallet ” med tanke på föroreningar i andningszonen hos saneraren.



Bild 12: Mätobjektets gavel där de flesta mätningarna genomfördes.



Bild 13: Lift med klen monterat väderskydd.

## 4 Resultat från mätningar inklusive kommentarer

### 4.1 Allmänt

Mätningarna ger en uppfattning om storleksordningen på föroreningarna i det aktuella saneringsfallet. Föroreningarnas numerära storlek beror bland annat av hur stor mängd fogmassa som sanerats under aktuell mätning. Andelen aktiv ”maskin”-/saneringstid per mätperiod varierade beroende på vilken höjd man jobbade på, olika maskinproblem etc. Vi har tagit hänsyn till denna aspekt i projektet – förutom PCB-mängd per kubikmeter provtagen luft redovisar vi föroreningar ”normaliserade mot” sanerad foglängd under aktuell mätning.

De resultat som erhållits avser endast det objekt där proverna tagits och med den utrustning och saneringsteknik som användes i det aktuella fallet. Resultaten ger dock en uppfattning om storleksordning på föroreningarna vid olika arbetsmoment och hur t ex andningsskyddet inverkar på den luft som saneraren andas in och hur dammsugarens luftfilter påverkar den luft som släpps ut från dammsugaren.

### 4.2 PCB i luft i andningszon i axelhöjd vid skärning av fogmassa

Använd utrustning	Totalhalt PCB* [µg/m <sup>3</sup> ]	Sanerad foglängd under mätningen [m]
Feinkniv FSN 400E, utsug med Riktaflex	23	32,6
Feinkniv FSN 400E, utsug med Riktaflex	6	31,0
Feinkniv FSC 1,6, integrerat utsug	0,4	6,8
Tidigare projekt** Feinkniv med utsug	5,6 resp 9,4	
<i>Arbetshygieniskt gränsvärde</i>	<i>10</i>	

\* Partikel- och gasformig PCB (Hur ”PCB” beräknats, se avsnitt 3.2)

\*\*Mätningar utförda i ett pilotprojekt och avrapporterade i SP Rapport 1999:07.

Mätningarna av gas- och partikelhaltig PCB i andningszon i axelhöjd visar att halten kan variera kraftigt vid skärning med Feinkniv. Framförallt beror halten av hur effektivt dammsugarens uppsamling fungerar. I detta projekt visade det sig att det integrerade utsuget fungerade bäst.

Av resultaten framgår även att halten kan variera från en mätning till en annan med samma utrustning för saneringen. I ett av mätfallen överskred halten PCB i arbetsmiljön det yrkeshygieniska gränsvärdet. **Detta visar sannolikt på att det har stor betydelse hur saneraren hanterar utrustningen. Det innebär även att utbildning och vana att hantera den utrustning som används är viktig för att spridningen av PCB ska minimeras.**

### 4.3 PCB i luft i andningszon i axelhöjd vid slipning

Använd utrustning	Totalhalt PCB [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Sanerad foglängd under mätningen [m]
Slipstift/rakslip, utsug med Riktaflex	0,5	15,0
Vinkelslip, 180mm skiva, utsug via SP Kåpa	6,7	17,5
Vinkelslip, 180mm skiva, utsug via SP Kåpa	5,0	5,8
Vinkelslip, 180 mm skiva, utsug via testkåpa för innerhorn	11 000	
Tidigare projekt* slipning med vinkelslip	11,0 resp 5,5	
Arbetshygieniskt gränsvärde	10	

\* Mätningar utförda i ett pilotprojekt och avrapporterade i SP Rapport 1999:07.

Mätningarna av PCB i andningszon i axelnivå hos saneraren visar att det vid slipning av fogkanter mot betong var värden som ligger under det arbetshygieniska gränsvärdet. Det gäller i de fall då fogkanter i släta fasadytor slipades men inte då slipningen utfördes i ett svåråtkomligt innerhorn, då höga halter PCB kunde konstateras och man tydligt såg att det dammade. Slipningen utfördes i det senare fallet med en prototyp till ny kåpa som var framtagen för att passa just ett sådant arbetsmoment. Provet visar att vinkelslip med den nya kåpan inte var ett lämpligt verktyg i detta fall.

Mätresultaten visade att slipning med slipstift/rakslip med utsug via Riktaflex medförde en lägre halt PCB i andningszon än då andra slipverktyg användes.

### 4.4 PCB i luft i andningszon i axelhöjd vid sågning med vinkelslip

Använd utrustning	Totalhalt PCB [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Sanerad foglängd under mätningen [m]
Vinkelslip Hilti DC 15-S/EX, utsug via SP kåpa 2*	9,2	17,0
Arbetshygieniskt gränsvärde	10	

Mätningarna gjordes i andningszon i axelhöjd hos saneraren då vinkelslip användes för att säga ut fogmassan i gränsen mellan betongelement och fogmassa. Mätresultatet visar att värdet ligger strax under det arbetshygieniska gränsvärdet. Resultatet ligger strax över de PCB-halter som uppmättes vid slipning med vinkelslip då både fogmasserester och betongkanter slipas.

Sågningen har utförts så att fogmassan i stort sett har varit fri från betonghud. Det innebär att både fogmassan och fogkanten har bearbetats vid sågningen.

#### 4.5 PCB innanför andningskyddet

Använd andningsmask	Totalhalt PCB utanför andningsmask [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Totalhalt PCB innanför andningsmask [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Sundström Safety AB: SR200	23 (vid skärning)	< 0,2*
Sundström Safety AB: SR200	6,7 (vid slipning)	< 0,2*
<i>Guideline level enligt rekommendationer i Tyskland</i>	0,3	
<i>Arbetshygieniskt gränsvärde</i>	10	

\* Detektionsgränsen är 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mätningar av halten gas- och partikelformigt PCB utanför och innanför andningsmasken vid några av arbetsmomenten i detta saneringsprojekt visar att andningsmasken kraftigt reducerar totalhalten PCB. Värdet ligger under 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , som var detektionsgräns. Det innebär att halten PCB innanför andningsmasken underskrider arbetshygieniskt gränsvärde avsevärt, och även en ”guideline level” som används i Tyskland som riktmärke för miljöer inomhus. Riktvärdet framgår av en referens från 1992, men har refererats till i Sverige så sent som 2002 (se nr 12 i listan över referenser).

Vid provtagningen användes testadapter SR 328 (levererades av Sundströms Safety AB) som monterades på en av utandningsventilerna på helmasken SR 200, då man inte vill få någon risk för läckage mellan masken och användaren. Adaptern monterades av leverantören av masken. I masken är det ett övertryck i förhållande till omgivande luft med hjälp av en batteridrivna fläkt som bärs på ryggen.



Bild 14: Bilden visar utrustningen för att mäta innanför andningsmasken.

Temperaturmätning görs för skärningsmomentet.

#### 4.6 PCB-halt i avluft från dammsugare

Arbetsmoment	Totalhalt PCB efter partikelfilter [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Totalhalt PCB efter partikelfilter och kolfilter [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	% sänkning av totalhalt PCB med kolfilter
Skärning	0,3		
Slipning med slipstift/rakslip	99	1,3	98%
Slipning med vinkelslip	28,5	6,5	77%
Slipning med vinkelslip	16,6	0,5	97%
Tidigare projekt	15 resp 17		
<i>Guideline level</i>	<i>0,3</i>		
<i>Arbetshygieniskt gränsvärde</i>	<i>10</i>		

De dammsugare som använts i detta projekt är tillverkade av Pullman och Nederman. De är båda försedda med partikelfilter enligt tidigare beskrivning. I några av mätfallen har även ett kolfilter utvärderats. De kolfilter som tagits fram av dammsugartillverkarna Pullman och Nederman visar att halten PCB sänks avsevärt med hjälp av kolfiltret. Sänkningen är 77-98 % i de aktuella mätfallen.

De kolfilter som använts i detta projekt var vid mättillfällena nya. Hur effektiv avskiljningen är på använda filter är oklart. Enligt uppgift från leverantörerna håller filtret i 9 - 12 månader. Hur mycket det används och koncentrationen av PCB och andra föroreningar påverkar sannolikt livslängden. Kolfiltrens effektivitet efter en viss tids användning bör utvärderas. Ytterligare en frågeställning är hur avluftens temperatur påverkar kolfiltrets effektivitet.

Dammsugarleverantörernas bedömning är att avskiljningsgraden endast påverkas marginellt av temperaturhöjningen.

I ett av mätfallen ovan var temperaturen på slipstiftet 70 °C högre än omgivande luft. Mätfallet för sanering med slipstift visar även att PCB-halten i avluften efter partikelfiltret är högre än i de övriga två fallen. En teori kan i detta fall vara att bearbetningen av fogen ger en högre uppvärmning och därmed högre halt gasformig PCB som inte tas upp av partikelfiltret. I sådana fall är effekten tydlig av att använda ett kolfilter efter partikelfiltret för att minska PCB-halten i avluften.

Halten PCB i avluften vid arbete med vinkelslip sjönk inte lika mycket som i de övriga två mätfallen. Vi har tyvärr ingen förklaring till detta.



## 4.7 VOC i luft

Arbetsmoment	Totalhalt VOC Axelnivå [mg/m <sup>3</sup> ]	Totalhalt VOC Efter partikel- filter och före kolfilter [mg/m <sup>3</sup> ]	Totalhalt VOC Efter kolfilter [mg/m <sup>3</sup> ]
Skärning	0,06		
Slipning med slipstift	0,08		
Slipning med vinkelslip	0,12		
Slipning med vinkelslip		0,06	0,15
Sågning med vinkelslip		>0,36*	
Bakgrundsnivå utomhus	0,02		

\* Temperaturen var hög i avluften i detta mätfall, vilket kan ha haft som följd att totalhalt VOC kan ha blivit underskattad.

Totalhalten flyktiga organiska ämnen (totalhalt VOC) i luften i arbetsmiljön är i de aktuella mätfallen i samma storleksordning som bakgrundsnivån utomhus.

### Mer information om VOC

Endast låga halter av VOC (mätområde: C6 till C18) kunde uppmätas vid de olika arbetsmomenten. Som ett summerat mått på detta anges i tabellen ovan "totalhalt VOC" beräknat som toluenekvivalenter. Jämfört med omgivande uteluft ses under arbetena ett mycket litet bidrag av några aromatiska och alifatiska kolväten (xylener resp dekan, undekan etc), en del tyngre aldehyder (nonanal, dekanal), några siloxaner (möjligen bidrag från provtagningsutrustning i form av slangar) samt ett tyngre ämne som med viss osäkerhet identifierats som "decahydrometanobensocyklodeken" (CASnr 74708-73-9).

Jämfört med aktuella arbetsmiljögränsvärden (för de ämnen där sådana finns) är halterna försumbara (Inga enskilda ämnen uppnår halter över 0,5 mg/m<sup>3</sup> även om man tar hänsyn till olika ämnens respons på FID-detektor). Som exempel är heldagsgränsvärdet för xylen 200 mg/m<sup>3</sup>.

Vid mätning på dammsugare före och efter kolfilter försvåras tolkningen av att material i den nya dammsugaren (slangar, behållare, filter, packningar) bidrar med egenemissioner av olika slag, så mycket att totalhalten VOC blir högre efter kolfilter än före (kolfilterdelen bidrar mer än övriga delar). Det handlar då främst om "vanliga" ämnen av typen mättade och omättade alifatiska kolväten, bl a "isododekan". Även "gummiämnet" acetofenon ses efter kolfilter.

Mätning i utblås på maskin Nederman (vid sågning med vinkelslip) utan kolfilter visar förekomst av låga halter av en icke identifierbar svavelförening samt triklor-1,1'-bifenyl (CASnr 16606-02-3), båda troliga produkter från PCB-fogen. Pga av oväntat hög temperatur i mätpunkten (dammsugaren ger hög värme efter fläkt), kan totalhalten ha underskattats då lättflyktiga ämnen riskerar att ej anrikas till 100%. De båda "fogämnena" kan ej noggrant haltbestämmas utan tillgång till refererenssubstanser, men en skattning ger att halterna av båda dessa understiger 1 mg/m<sup>3</sup>, även med hänsyn taget till temperaturen.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar AFS 2005:17 ([http://www.av.se/regler/afs/2005\\_17.pdf](http://www.av.se/regler/afs/2005_17.pdf)) ger översikt över gränsvärden av utvalda ämnens koncentrationer i arbetsmiljö. Värden erhållna i denna studie är några storleksordningar lägre än sk nivågränsvärden (NGV) vilket är värden som inte bör överskridas under 8 timmar.

Några exempel på NGV är

- tetrakloroetylen 70 mg/m<sup>3</sup>
- kolväten som nonan eller dekan (C9 och C10 alkaner) 800 - 900 mg/m<sup>3</sup>

Där VOC mätts i avluften från dammsugaren efter partikelfilter visar mätresultaten även här på låga värden. I samtliga fall kan VOC-värden uppmätta i denna studie betraktas som låga från arbetsmiljösynpunkt.

Mätningen av VOC i avluften efter kolfilter visar att totalhalten hade ökat något då luften passerat kolfiltret. Förklaringen till denna ökning (även om den är liten) är att behållaren som kolfiltret befann sig i var nyttillverkad och sannolikt hade egenemissioner från t ex lim, fogmassor och andra material.

## 4.8 Dioxiner i luft

Arbetsmoment	Dioxinmängd vid mätning i luften i axelnivå
Skärning	Ej påvisbart*
Slipning med slipstift/rakslip	Ej påvisbart*
Slipning med vinkelslip	Ej påvisbart*

\* Detektionsgräns cirka 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>

Mätning av dioxinhalten i luft i axelnivå under arbetsmomenten skärning respektive slipning visar inte några påvisbara mängder. Detektionsgränsen vid analyserna är cirka 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>.

Ur hälsosynpunkt talar man om TDI = "tolerable daily intake" i termer av intag per kg kroppsvikt. Senaste rekommendation för TDI för summa dioxiner och dioxinliknande PCB är 2 pg/kg kroppsvikt, alltså 120 pg för en vuxen vägande 60 kg. Om dioxinerna enligt vår mätning = max 100 pg/m<sup>3</sup> och vi antar att man andas in 7 m<sup>3</sup> luft per arbetsdag ger detta max 700 pg per arbetsdag (om all annan exponering försummas). Alltså ligger detektionsgränsen vid dessa analyser för högt för att vi ska kunna säga om luften i aktuell arbetsmiljö kan ge ett substantiellt bidrag till den exponering som finns i den allmänna befolkningen. Detektionsgränsen är beroende av massan av ämnet i provet och av provets volym. I denna studie var provtagningsvolymerna låga beroende på arbetets karaktär tidsmässigt. Längre provtagnings-tider och därtill större provvolymers tillsammans med mer högupplösande analysteknik skulle behövas för att kunna belägga betydelsen av denna exponeringsväg.

### Mera om TDI och dioxiner

Mer information kan hämtas från rapporterna i listan över referenser, nr 10, 11 och 21.

## 4.9 Inhalerbart damm i luft i andningszon

Arbetsmoment	Inhalerbart damm [mg/m <sup>3</sup> ]
Slipning med vinkelslip, utsug med SP-kåpa 2	12,4
Slipning med vinkelslip, utsug med SP-kåpa 2	12,9
Sågning med vinkelslip, utsug med SP kåpa 2	9,2
<i>Nytt arbetshygieniskt gränsvärde för inhalerbart damm (1 oktober 2005)</i>	<i>10</i>

Mängden inhalerbart damm mäts genom att 0,8 µm-filter vägs före och efter provtagning. Mätningarna i detta projekt visar att mängden inhalerbart damm ligger strax över det nya arbetshygieniska gränsvärdet för byggdamm. Detta resultat motiverar således tydligt att andningsskydd används vid sanering av PCB-haltiga fogmassor och även vid samma arbetsmoment vid utbyte av icke PCB-haltiga fogmassor.

## 4.10 Dammsugarens flöde och inverkan på föroreningar i andningszon

Två olika dammsugare användes i projektet. Dammsugarna levererades nya av tillverkarna och beskrivs nedan.

### Beteckning: Nederman P55

Effekt: 5,5 kW

Nominell kapacitet ca 400 m<sup>3</sup>/h (fritt flöde, d v s utan slangar eller verktyg).

Anslutning slang: 50 mm

Industridammsugare med en högtrycks sidkanalfläkt som sugkälla. Dammavskiljning sker i tre steg. Steg 1 är en fallkammare eller cyklon för grova partiklar, steg 2 är ett finfilter och steg 3 är ett mikrofilter med avskiljningsgraden 99,997 %.

### Beteckning: Pullman PVL 4200

Effekt: 3,6 kW

Nominellt flöde ca 400 m<sup>3</sup>/h (fritt flöde, d v s utan slangar eller verktyg)

Anslutning slang: 63 mm

Dammavskiljningen i en Pullman PVL 4200 sker i tre steg. Större partiklar avskiljs i en cyklon och därefter passerar luften huvudfilter och mikrofilter (HEPA-filter) som är monterade före fläktarna. Efter fläktarna kan ett kolfilter monteras för avskiljning av gaser. Avskiljningsgraden för huvudfilter är 99,5 % och för mikrofilter 99,97 %.

### Flödesmätningar

Uppmätta luftflöden vid friblåsning var av samma storleksordning för de båda dammsugarna. I detta projekt har således inte effekten av olika flöden hos dammsugare kunnat utvärderas. Därmed har heller inte mätningar gjorts för olika uppsättningar av slangar och verktyg för båda dammsugarna.

Tabellen åskådliggör inverkan på luftflödet av olika slanglängder, olika verktyg och rengöring av filter. Som exempel kan nämnas att

- luftflödet reduceras med ca 20 % enbart genom att slangarna (10 + 2 m) som användes vid mätningarna anslöts.
- anslutningarna vid verktygen har väsentlig betydelse. SP-kåpan med 50 mm anslutning reducerar flödet med 3 % medan prototypen till ny kåpa, för arbete i innerhorn, med 38 mm anslutning (inklusive 1,7 m Ø 38 mm slang) reducerar flödet med 41 %. Nya Feinkniven med integrerat utsug reducerar flödet med 41%.
- Flödet vid användning av en helt ny dammsugare är högre än på samma dammsugare efter en tids användning. Vid mätningarna i detta referensobjekt minskade dammsugarens flöde från 419 m<sup>3</sup>/h friblåsande (helt ny dammsugare) till 371 m<sup>3</sup>/h efter 6 dagars användning. Hur omfattande användningen har varit och hur maskinen rengjorts under dessa dagar har vi inga uppgifter om. Efter rengöring av filter är flödet tydligt understigande det flöde som uppmättes hos helt ny dammsugare.
- Flödet minskar under sanering. Mätningarna (friblåsande) visar att flödet minskade med 3% efter en blandning av arbetsmoment utan rengöring av filter (skärning av 70 m fog, slipning av cirka 40 meter, sågning av 17 m fog). Flödet kan sannolikt minska ytterligare beroende av arbetsmoment och intervall mellan rengöringarna.
- Eftersom flödet minskar under sanering är det viktigt med regelbunden rengöring av filter. Mätningarna visar att en rengöring av filter medför en ökning av flödet med 8 m<sup>3</sup>/h.

Erfarenheter från tidigare mätningar med denna typ av dammsugare är att slang med diametern 50 mm intill verktyget (större diameter medför hanteringsproblem) och därefter 63 mm är att rekommendera. Mindre diameter innebär en reduktion av flödet, medan en större diameter (Ø 100 mm) medför att damm sedimenteras i slangen på grund av den flödesminskning som sker vid övergången från 50 till 100 mm.

Mätfall	Slang- längd Ø 63 mm	Slang- längd Ø 50 mm	Slang- längd Ø 38 mm	Verktyg	Flöde Nederman (m <sup>3</sup> /h)	Flöde Pullman (m <sup>3</sup> /h)
Enl dammsu- garleverantör: Friblåsande					ca 400	ca 400
Friblåsande utan gasfilter					371	378
Friblåsande med gasfilter					371	367
Friblåsande efter sanering					360	
Friblåsande efter rengöring					368	
Med kona till 63 mm (avser testkåpa för innerhorn)					359	

Mätfall	Slang- längd Ø 63 mm	Slang- längd Ø 50 mm	Slang- längd Ø 38 mm	Verktyg	Flöde Nederman (m <sup>3</sup> /h)	Flöde Pullman (m <sup>3</sup> /h)
	5				338	339
	10				327	327
	15				309	303
	10	2			300	297
	10	2		SP 180 slipkåpa	293	288
	10	2		"Gamla" Feinkniven med SP-utsug	262	221
	10		1,7	Prototyp kåpa för smygslip	232	
	10	2		Nya Feinkniven med integrerat utsug	178	
	10	2		SP 125 kåpa för sågning	344*	
	10	2		Rakslip med påtejp 38-slang	292*	
	10	2		Rakslip med SP-utsug + Riktaflex	275*	

\* Mätningen gjordes vid ett mättillfälle 6 dagar före övriga mätningar. Vid detta mättillfälle var dammsugaren helt ny med nya filter. Flödena vid detta mättillfälle är högre än vid nästa (övriga mätresultat) sannolikt pga att flödet minskar efter användning av dammsugaren. (bl a kan filtren ha inverkat på flödet).

Väsentligt för att erhålla maximalt luftflöde är således att minimera slanglängden, att så långt som möjligt bibehålla diametern på slangen från dammsugaren och att anslutningen till kåpan har samma diameter som anslutande slang. Det är också viktigt att regelbundet rengöra och byta filter så att dessa inte medför stort tryckfall.

#### 4.11 Kommentarer till temperaturmätningar

Mätningen utfördes med instrument Tastoterm D1200 och med ansluten yttemperaturgivare T1202. Instrumentet med givare har en upplösning av 0,1 °C. Vid samtliga moment (skärning, slipning med slipstift, slipning med slipskiva och skärning med sågklinga) utfördes mätningarna i slutet av arbetsmomentet då temperaturen bedömdes som högst. Samtliga mätningar upprepades minst tre gånger för att få repeterbarhet i mätningarna.

##### Skärning

Vid mätning av fogmassans temperatur följdes sanerarens kniv med temperaturgivaren så att mätningen skedde i direkt anslutning till avverkningen. Temperatursänkningen mellan arbetsmomentet och mätningen bedöms därför var <1 °C. Vid mätningen av knivens temperatur avbröt saneraren momentet och mätningen skedde inom några få sekunder. Mätningen utfördes på flera platser på knivbladet för att finna högsta temperaturen. Temperatursänkningen mellan arbetsmomentet och mätningen bedöms därför var <3 °C.

##### Slipning med slipstift

Vid mätning av betongens temperatur följdes sanerarens stift med temperaturgivaren så att mätningen skedde i direkt anslutning till avverkningen. Temperatursänkningen mellan

arbetsmomentet och mätningen bedöms därför var  $<1^{\circ}\text{C}$ . Vid mätningen av stiftets temperatur avbröt saneraren momentet och mätningen skedde inom några få sekunder. Mätningen utfördes på flera platser på stiftet för att finna högsta temperaturen. Temperatursänkningen mellan arbetsmomentet och mätningen bedöms därför var  $<3^{\circ}\text{C}$ .

### Slipning med slipskiva och sågning med sågklinga

Vid mätning av betongens temperatur följdes sanerarens verktyg med temperaturgivaren så att mätningen skedde i direkt anslutning till avverkningen. Temperatursänkningen mellan arbetsmomentet och mätningen bedöms därför var  $<1^{\circ}\text{C}$ . Vid mätningen av slipskivans/sågklingans temperatur avbröt saneraren momentet och mätningen skedde inom några få sekunder. Mätningen utfördes på flera platser på slipskivan/sågklingan för att finna högsta temperaturen. Temperatursänkningen mellan arbetsmomentet och mätningen bedöms därför var  $<3^{\circ}\text{C}$ .

Arbetsmoment	Temperaturhöjning verktyg [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Temperaturhöjning fog [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Temperaturhöjning betong [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Skärning	Ca 40	Ca 20	
Slipning med slipstift	70	3	0
Slipning med vinkelslip	5	3	
Sågning med vinkelslip	30	25	

Temperaturhöjningen vid de moment och mätpunkter som kontrollerats enligt tabellen ovan är inte så hög att risken bedöms som stor för att ämnen skall frigöras utöver vad vi redan vet vid bearbetning av PCB-haltig fogmassa.

Men man kan notera att temperaturhöjningen på verktyget är högre då sanering utförts med slipstift (rakslip) än för övriga fall. Den högre halten PCB i avluften från dammsugaren i detta fall har kommenterats tidigare (under punkt 4.6).

## 4.12 Beräkning av spridning av PCB till yttre miljö

### Mängd PCB som sprids vid verktyg

Arbetsplatsvolym	$1,5 \text{ m}^2 \times 2,2 \text{ m} = 3,3 \text{ m}^3$
Antag PCB-halt i arbetsmiljö	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Antal arbetstimmar	40 h
Antag 20 luftomsättningar	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 3,3 \text{ m}^3 \times 20 \text{ oms/h} \times 40 \text{ h} = \mathbf{0,026 \text{ g PCB}}$
Antag 40 luftomsättningar	$10 \times 3,3 \times 40 \times 40 = \mathbf{0,053 \text{ g PCB}}$
Antag 80 luftomsättningar	$10 \times 3,3 \times 80 \times 40 = \mathbf{0,105 \text{ g PCB}}$

**Spridningen av PCB vid verktygen**, det vill säga PCB som inte fångas upp av dammsugaren, ger en grovt uppskattad spridning av PCB till den yttre miljön som är **mindre än 0,1 g under 40 arbetstimmar, vilket i detta fall med sanering genom sågning motsvarar sanering av 120 m fogmassa**. Beräkningen är gjord för fall där saneringen ger en PCB-halt i luften i axelhöjd som är maximalt  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Om saneringen genomförs i två moment med skärning och därefter slipning tar arbetet längre tid och spridningen per löpmeter fog blir större, men storleksordningen bör vara 0,1 – 0,2 g.

## Mängd PCB som sprids via dammsugarens avluft

Arbetsmoment	Totalhalt PCB efter partikelfilter [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Dammsugarens flöde [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Utsläpp under 40 arbetstimmar [g PCB]	Totalhalt PCB efter partikelfilter och kolfilter [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Utsläpp under 40 arbetstimmar [g PCB]
Skärning	0,3				
Slipning med slipstift/rakslip	99	232	<b>0,92</b>	1,3	<b>0,012</b>
Slipning med vinkelslip	28,5	293	<b>0,33</b>	6,5	<b>0,076</b>
Slipning med vinkelslip	16,6	288	<b>0,19</b>	0,5	<b>0,005</b>
Tidigare projekt	15 resp 17				
<i>Guideline level</i>	<i>0,3</i>				
<i>Arbetshygieniskt gränsvärde</i>	<i>10</i>				

Den avluft som släpps från dammsugarna ger dock föroreningar i luften som överstiger arbetshygieniska gränsvärdet. Det är alltså viktigt att vara uppmärksam på att inte människor stadigvarande vistas där avluften släpps ut.

Spridningen av PCB till den yttre miljön från dammsugaren bedöms vara liten, om motsvarande dammsugare och filter som i detta projekt används. Beräkningar visar att spridningen kan uppskattas till som mest **1 g PCB under 40 arbetstimmar och 120 m sanerad fog**. Om dammsugarens filter i detta fall kompletteras med ett kolfilter minskar spridningen till under 0,1 g PCB för detta arbete.

### 4.13 Slutsatser om utrustning, arbetsmetod och skyddsutrustning

Med de ovan redovisade resultaten från mätningar vid sanering av ett enskilt objekt kan vissa slutsatser dras i fråga om föroreningar i luften i arbetsmiljön, efter dammsugaren och därmed i en förlängning spridning av PCB till miljön. Slutsatserna är framförallt följande:

#### Halter av luftföroreningar

Vid skärning med den vanliga ”Feinkniven” och vid slipning och sågning, med bra uppsamling av föroreningar, ligger PCB- och dammhalterna i andningszonen över eller strax under de arbetshygieniska gränsvärdena. Dessa halter bör kunna anses som acceptabla vid sanering, men kräver att arbetarna använder rekommenderad skyddsutrustning. Vid bearbetning med några andra verktyg (se nedan) har lägre halter uppmätts.

Den uppmätta temperaturhöjningen på fog, verktyg och betong är som mest 70 °C, vilket är en måttlig temperaturhöjning.

PCB-halterna i avluften från dammsugaren varierar beroende på verktyg som används vid saneringen.

Mätningarna av dioxinhalt i arbetsmiljön (mätt i axelhöjd) under skärning respektive slipning visar inte några påvisbara mängder, men detektionsgränsen vid mätningarna är cirka 0,1 ng I-TEQ/ $\text{m}^3$ . Detta innebär att dioxinhalten vid provtagningen kan ha varit låg men den kan också

ha legat strax under detektionsgränsen, vilket innebär att exponeringen skulle ge högre intag av dioxiner än tolerabelt dagligt intag (TDI), om saneringen görs utan andningsskydd.

Halterna av VOC (flyktiga organiska ämnen) visar låga värden, i samma storleksordning som bakgrundshalter utomhus.

### **Bearbetande verktyg med tillbehör och val av arbetsmetod**

Det är viktigt att lämplig utrustning används vid sanering av PCB-haltiga fogmassor. De bearbetande verktygen i kombination med utrustningen för dammuppsamling ska minimera mängden damm och gaser som avges vid arbetet. I dessa mätningar har några exempel på verktyg testats och visat följande:

- Ny oscillerande kniv (Fein) med integrerat utsug har visat sig fungera väl för uppsamling av gas- och partikelformig PCB vid verktyget.
- En ny kåpa utvecklad av SP för slipning vinkelslip Hilti med slipskiva 125 mm har visat sig effektiv för att minska spridningen/förbättra uppsamlingen av gas- och partikelformig PCB i arbetsmiljön.
- Slipmetod med slipstift/rakslip i kombination med utsug typ Riktaflex har utvärderats och visat sig ge liten spridning av PCB. Rakslipen bedömer vi därmed vara ett lämpligt verktyg vid PCB-sanering inomhus.
- Rakslip med koniska slipstift är det verktyg som hittills visat sig fungera väl i trånga utrymmen och vid svåråtkomliga fogar som i innerhörn.
- En metod för sanering genom sågning av betongkant och fogmassa i ett arbetsmoment har visat sig ge en spridning av PCB till arbetsmiljön som ligger strax under det arbets-hygieniska gränsvärdet.

### **Utrustning för dammuppfångning**

Det måste säkerställas att uppsamlingen vid verktygen där partikel- och gasformig PCB avges blir så effektiv som möjlig. Viktigt är då att luftflödet optimeras genom dammsugaren med tillhörande komponenter som slangar, anslutningar, filter mm. Inom ramen för detta projekt har det konstaterats att uppfångningen av damm och gas fungerar väl med 12 m slang – 10 m med diameter 63 mm och 2 m med diameter 50 mm – mellan dammsugare och verktyg och med anslutningar som anpassats till slang och verktyg. I varje enskilt fall bör dock uppsättningen med dammsugare, slang och verktyg optimeras.

De luftflöden som vi i vår studie har mätt upp gav PCB- och dammhalter som ligger nära de hygieniska gränsvärdena. Dessa flöden har uppmätts till som lägst ca 370 m<sup>3</sup>/h. Till en sådan maskin bör man då kunna använda som mest de slangar som nämns ovan plus något av de verktyg med bra dammuppsamling vi testat i projektet.

Notera att det flöde som anges vid leverans av dammsugare kan vara högre än det flöde som dammsugaren presterar efter användning vid saneringar. Flödet 370 m<sup>3</sup>/h som anges ovan avser dammsugarens verkliga flöde och inte det flöde som anges för nyttillverkad dammsugare.

Vid arbete med slipstift bör ett lägre flöde kunna accepteras. Här skulle ytterligare undersökningar kunna göras för att hitta ett acceptabelt lägre flöde.

Vid tveksamhet om luftflödet är acceptabelt kan en flödesmätning göras. Sådana kan ev utföras av dammsugarleverantören eller t ex SP. Mätning av PCB-halter i andningszonen kan också utföras. Tag hjälp av kvalificerat konsultföretag eller laboratorium för hjälp med mätningarna!

PCB-halterna i dammsugarens avluft var högre vid bearbetning med slipstift än med andra verktyg. PCB-halten i avluften kan sänkas genom användning av kolfilter som tar upp gasformig PCB som passerat partikelfiltren. Kolfiltrens avskiljning behöver dock studeras ytterligare efter en tids användning av filtren.



Filter rengörs under arbetet genom ”filterrensning” (man ”slår” filtret så att damm faller ner i säcken där det samlas upp). Stora maskiner har automatik för detta. Filter kan också rengöras sedan de tagits ur maskinen, och dammsugas i ett avgränsat utrymme som förses med luftrenare. Filtren kan rengöras på detta sätt 2 – 3 ggr och får därmed längre hållbarhet.

### **Utbildning och rutiner**

Rätt utbildning är viktig för förståelsen av det arbete som utförs och vad som är viktigt att iaktta då det gäller verktyg, skyddsutrustning och ergonomi och skydd av den yttre miljön.

Vana och förmåga att hantera verktygen bör ha betydelse för spridningen av PCB.

Utbildning och bra rutiner är viktiga så att utrustning handhas på rätt sätt. I annat fall kan spridningen till arbetsmiljön och miljön bli stor. Exempel på viktiga rutiner är

- rengöring av filter, för att behålla ett acceptabelt dammsugarflöde
- byte av filter under former som inte sprider PCB
- noggrann uppsamling av fogmassebitar och dammsugning av täckmaterial

### **Andningsskydd**

Halterna av PCB och inhalerbart damm i andningszonen motiverar att andningsskydd skall användas. Andningsskydd av testad typ, fläktassisterad (fläktmatad) mask med gas- och partikelfilter, fungerar väl för reducering av luftföroreningarna.

Halterna av inhalerbart damm överskrider det nya yrkeshygieniska gränsvärdet. De uppmätta halterna av gas- och partikelformig PCB visar i något fall att halterna kan ligga högre än det hygieniska gränsvärdet. Det har också visat sig att smärre misstag under saneringen tillfälligt kan ge större spridning av PCB och damm.

### **Synpunkter från saneringspersonal**

Under mätningarnas gång framkom synpunkter och kommentarer om metoder och utrustning. Genomgående framfördes synpunkter på att åtkomlighet i kombination med effektiv avverkning är det viktigaste. De aktuella sanerarna sade sig hellre göra avkall på arbetsmiljön, t ex genom att ta bort avvibrerande handtag från skärverktygen än att arbetsmomentet försvåras genom att verktyget blir mer svårhanterat. Som exempel kan nämnas den ”nya” Feinkniven, vars avvibrerande handtag upplevdes som positivt, men att det också var i vägen vid arbetet. Metoden att först skära ur fogen och sedan slipa kanterna var föremål för en del kommentarer. Dels föredrogs den metod som användes med att såga ur fogen eftersom det enbart var ett moment, dels upplevdes slipmaskinen med slipskiva som tung och svårhanterlig.

### **Spridning av PCB till omgivande miljö**

Spridningen av PCB vid verktygen i vår studie, det vill säga PCB som inte fångas upp av dammsugaren, ger en grovt uppskattad spridning av PCB till den yttre miljön som är mindre än 0,1 g från 120 meter sanerad fog under 40 arbetstimmar. Beräkningen är gjord för fall där saneringen ger en PCB-halt i arbetsmiljön som är maximalt  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Spridningen av PCB till den yttre miljön från dammsugaren bedöms vara liten, om motsvarande dammsugare och filter som i detta projekt används. Beräkningar visar att spridningen kan uppskattas till 1 g PCB från sanering av 120 meter fogmassa under 40 arbetstimmar. Om dammsugarens filter i detta fall kompletteras med ett kolfilter minskar spridningen till under 0,1 g PCB under 40 arbetstimmar.

Summan av spridningen från verktygen och från avluften blir i storleksordningen 1 g PCB vid sanering av 120 m fogmassa under 40 arbetstimmar, utifrån de värden som uppmätts i projektet, om kolfilter inte används. Det finns andra spridningskällor vid PCB-sanering som tillkommer och som inte studerats inom ramen för detta projekt, nämligen spridning av fogbitar

och större partiklar som faller ner och inte blir uppsamlade vid rengöring, samt spridning i samband med påsbyte, filterbyte och rengöring av dammsugare. Det är möjligt att dessa spridningskällor står för den största delen av utsläppen i samband med PCB-sanering.

## 5 Branschstandard för åtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor

Allt fogsaneringsarbete syftar till att avlägsna PCB som en spridningskälla till miljö och människor.

De viktigaste åtgärderna för att minimera spridning av PCB vid fogsanering är att samla upp gas och partiklar vid källan, att ta hand om avfallet på rätt sätt och att göra rent ytor, skyddstäckning och kläder från PCB-haltigt damm. Därför är entreprenörernas egen kunskap och engagemang avgörande.

Det är också viktigt att fastighetsägare och konsulter ställer krav vid upphandlingen på att entreprenören redovisar arbetsmiljöåtgärder samt skyddsåtgärder och dagliga rutiner för att skydda miljö och hyresgäster/lokalanvändare.

### Hjälpmedel för entreprenörer, beställare och konsulter

Följande checklista, i kombination med tidigare utgivna rekommendationer för sanering av PCB, kan användas av entreprenörer vid planering och genomförande av saneringsentreprenader och för att ta fram kvalitets- och miljöplaner. Beställare och konsulter kan använda rekommendationerna som underlag för att ställa krav vid upphandling.

### Skyddsåtgärder beskrivs på flera ställen

Skyddsåtgärder vid saneringsarbete beskrivs dels i SFRs (Svenska Fogbranschens) handledning **Sanera PCB-haltiga fogar**, dels på [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu).

Beträffande arbetsmiljö finns föreskrifter (AFS) om t ex vibrationer, buller, belastningsergonomi och hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverket har också gett rekommendationer i form av en tillsynsvägledning för arbetsmiljöinspektörer (2003, rev 2005). (Kan hämtas från [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu)).

Med erfarenheterna från projektet **”Luftföroreningar och skyddsåtgärder vid sanering av PCB-haltiga fogmassor”** kan kompletteringar göras till dessa rekommendationer. Checklistans tabell visar nya och bekräftelse av vissa tidigare rekommendationer för skyddsåtgärder.

**De rekommendationer för åtgärder som redovisas här (punkt 5.1) tillsammans med åtgärder enligt SFRs handledning (punkt 5.2) bör ses som en branschstandard för de åtgärder som ska vidtas vid fogsanering för att skydda miljö, arbetsmiljö och människor i omgivningen.**

## 5.1 Checklista – grundad på slutsatser från denna studie

Förteckning över utrustning som testats finns i förordet med hänvisning till bilder i rapporten.

Denna checklista finns även som separat dokument med bilder på utrustningen.

	Rekommenderad åtgärd	Varför?
<b>Sågning</b>	1. Vid sanering genom sågning av fogmassa och fogkant i ett moment: Använd utsugskåpa med borst, t ex kåpa utvecklad av SP.	Ger effektiv dammuppsamling vid verktyget.
<b>Skärning</b>	2. Överväg användning av den nya modellen av "Feinkniven", FSC 1,6, med integrerat utsug.	Ger lägre halt PCB i andningszonen än den äldre typen av "Feinkniven".
<b>Slipning</b>	3. Använd rakslip försedd med slipstift med konisk utformning vid sanering i innerhörn.	Ger mindre dammspridning än slipning med vinkelslip.
	4. Använd rakslip försedd med slipstift med konisk utformning vid sanering inomhus.	Ger mindre dammspridning än slipning med vinkelslip.
<b>Andnings-skydd</b>	5. Använd fläktassisterad (fläktmatad) mask som andningsskydd. Skyddet ska ha både gas- och partikelfilter (beteckning TM3A2P). Skyddet ska alltid användas vid saneringsarbete med elektriskt anslutna verktyg.	Har visat sig effektivt reducera halterna PCB och damm i andningsluften.
<b>Uppsamling av PCB och damm</b>	6. Vid slipning med rakslip: Använd dammuppsamlare munstycke som går att böja och rikta in mot bearbetningsstället (t ex typ "Riktaflex")	Lätt att rikta in och ger effektiv dammuppsamling.
	7. Vid val av dammsugarutrustning: - Minimera slanglängden - Välj en grov slangdimension (helst diameter 63 mm). - Bibehåll diametern så långt som möjligt. - Anslutningen till uppsamlingskåpan ska ha samma diameter som anslutande slang.	För att få så bra flöde som möjligt.
	8. Krav på filter i dammsugare: Dammsugaren ska vara försedd med trestegs avskiljning, med Hepa-filter 99,95 %, klass H13 enl standarden SSEN 1822-1, tillsammans med lämpligt förfilter.	För god avskiljning av partiklar.
	9. Rengöring av dammsugarens filter (på plats i dammsugaren) utförs enligt dammsugartillverkarens anvisningar.  Rengör dammsugarens partikelfilter ofta! Var uppmärksam på försämrade dammuppsamling – då är det dags för rengöring!  Filterbyten skall utföras enligt dammsugartillverkarens anvisningar på en väl vindskyddad plats eller inomhus i avskärmat utrymme med luftrenare.	Förbättrar dammsugarens flöde och minskar därmed PCB-spridningen till miljön och arbetsmiljön.  Filterbyte enligt anvisningarna minimerar risken för PCB-spridning.

<b>Uppsamling av PCB och damm, forts</b>	<p><b>10.</b> Välj dammsugare med uppmätt flöde minst cirka 370 m<sup>3</sup>/h (utan slangar och verktyg). (Nominellt flöde måste vara större då flödet minskar efter användning.)</p> <p>Dammsugaren kan då som exempel förseas med det som testats i denna studie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>slangar</u>: max 10 m Ø 63 mm + max 2 m Ø 50 mm</li> <li>- <u>verktyg</u>: Feinkniv FSN 400 E med Riktaflex eller Feinkniv FSC 1,6 eller vinkelslip med SP slipkåpa 180 mm (för slipning) eller vinkelslip med SP slipkåpa 125 mm (för sågning) eller rakslip med slipstift och Riktaflex.</li> </ul>	Ger (enl erfarenheter från studien) halter av PCB och inhalerbart damm vid saneraren som ligger nära de arbetshygieniska gränsvärdena.
	<p><b>11.</b> Släpp ut avluften från dammsugaren så att den inte förorenar sanerarens eller någon annans andningszon.</p>	Minskar risken för arbetare och människor i omgivningen att få i sig PCB.
	<p><b>12.</b> Vid omfattande arbete med slipstift: Överväg om dammsugaren bör kompletteras med kolfilter för rening av avluften. (Redovisa kostnaden i anbudet.)</p>	Minskar kraftigt PCB-halten i dammsugarens avluft.
<b>Kvalitetsarbete</b>	<p><b>13.</b> Kvalitetsarbetet med fortlöpande egenkontroll och dokumentation av denna är viktigt som en hjälp att minimera PCB-spridningen vid alla moment i arbetet.</p>	Minskar risken för spridning av PCB.

## 5.2 Åtgärder enligt SFRs handledning

För övriga åtgärder som har betydelse för att minimera spridningen av PCB, se SFRs handledning "Sanera PCB-haltiga fogar" utgåva 5, januari 2005.

Där behandlas närmare

- Avspärning av arbetsplatsen
- Marktäckning vid arbete på fasad (fiberduk)
- Stängda fönster och balkongdörrar vid arbete på fasad
- Ventilationsöppningar stängs eller täcks vid arbete på fasad
- Byggnadens ventilation stängs om möjligt av vid arbete på fasad
- Arbetsplattformars utformning, bl a tät botten och tät anslutning mot vägg
- Vindskydd på ställningar (max upp till räckeshöjd)
- Uppmärksamhet på tillåten vindbelastning på ställningar (Hård vind innebär också ökad risk för PCB-spridning)
- Ergonomi allmänt och vid val av bearbetande maskiner
- Vibrationsskydd framförallt på oscillerande kniv
- Andningsskydd
- Hörselskydd

- Skyddskläder
- Noggrann rengöring av ytor från damm (skor, skyddskläder, arbetsplattform, täckmaterial på mark m m. Rengör även angränsande ytor på fasad eller i rum.)
- Noggrann hantering av avfallet så att allt PCB-haltigt avfall tas omhand på rätt sätt enligt avfallsförordningen och andra regler (insamling, förvaring, märkning, transport, journalföring, mottagning m m).

### **5.3 Åtgärder enligt "Checklista för fastighetsägare vid utvändig sanering", [www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu)**

Denna checklista (f n i version från 2002) tar upp motsvarande punkter som SFRs handledning. Där finns också kompletterande information om:

- Anmälan till kommunens nämnd för miljöfrågor
- Råd om information till boende/brukare.
- Rekommendationer för upphandling, t ex förfrågningsunderlag, anbudsvärdering, handlingar som ska begäras in (OBS att rekommenderade krav på dammsugare är reviderade, se checklistan ovan!)
- Rekommendationer för fastighetsägarens kontroll av saneringsarbetet och eventuella mätningar
- Dokumentation av kvarlämnad PCB
- Åtgärder på mark

## **6 Förslag till fortsatt utvecklingsarbete**

### **6.1 Förbättring av den oscillerande kniven**

Med Feinkniven med avvibrerande handtag monterade är det problem att nå in att arbeta i innerhorn. Ergonomin vid användning av Feinkniv utan handtag är inte acceptabel. Diskussion bör tas med leverantören beträffande utveckling av den oscillerande kniven för bättre ergonomi och åtkomlighet.

### **6.2 Indikation för filterrengöring**

Idag är det en bedömningsfråga när filtret är fullt, - beror av sanerarens kompetens. Dammsugarna borde kunna förses med en indikation på när filtret behöver bytas.

### **6.3 Små effektiva dammsugare**

Enligt SFR bör det som tidigare var rekommenderat nominellt flöde – 400 m<sup>3</sup>/h gärna ökas till 600 m<sup>3</sup>/h för att minimera dammspridning. Erfarenheter från våra mätningar visar att det behövs ca 420 m<sup>3</sup>/h för att klara de slangar och verktyg vi testat. Kanske går det också att få tillräckligt flöde med mindre dammsugare med kort slang, att ta med på lift eller annan ställning. Skylift är idag en vanlig typ av ställning att arbeta från. Kan små, effektiva dammsugare utvecklas och kan ett mindre flöde vara tillräckligt om man använder korta slangar?

### **6.4 Mindre dammsugare vid användning av rakslip med slipstift?**

Halten PCB i andningszonen vid arbete med slipstift har uppmätts till 0,5 µg/m<sup>3</sup>. Det är möjligt att dammsugarkapaciteten kan minskas vid detta arbete, om det finns svårigheter att arbeta med de stora dammsugare som krävs då andra verktyg används.

Frågan är då vilket flöde som är tillräckligt för bra dammuppsamling vid arbete med slipstift och hur påverkas PCB-halterna i dammsugarens avluft vid lägre dammsugarkapacitet?

### **6.5 Ytterligare dioxinmätningar**

Längre provtagningstider och större provvolymmer i kombination med mer högupplösande analysteknik torde krävas för att undersöka om dioxiner kan bildas vid dessa arbetsmoment, samt om mängderna är sådana att exponeringen för en oskyddad person skulle ge högre intag av dioxiner än tolerabelt dagligt intag (TDI) enbart från denna källa.

## 7 Referenser

1. *AFS 1985:1 PCB*
2. *AFS 2005:15 Vibrationer*
3. *AFS 1990:12 Ställningar*
4. *AFS 2005:16 Buller*
5. *AFS 1998:1 Belastningsergonomi*
6. *AFS 1999:3 Byggnads- och anläggningsarbete*
7. *AFS 2005:17 Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar*
8. *AFS 2001:1 Systematiskt arbetsmiljöarbete,*
9. *AFS 2001:3 Användning av personlig skyddsutrustning*
10. *Assessing Human Health Risks of Chemicals: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits*, IPCS, WHO, 1994, Geneva, Switzerland.  
<http://www.who.int/pcs/pubs/dioxin-exec-sum/exe-sum-final.html>
11. *Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*, WHO European Centre for Environment and Health & International Programme on Chemical Safety, 1998, Geneva, Switzerland.
12. Benthe C, Heinzow B, Jessen H, Mohr S, Rotard W; *Polychlorinated biphenyls. Indoorair contamination; Chemosphere*, pp. 1481-1486, 1992.
13. 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.
14. Folkesson I: *Sanera PCB-haltiga fogar*. Svenska Fogbranschens Riksförbund. (1999) Utgåva 5, januari 2005.
15. *Förordning (1985:837) om PCB m m.*
16. *Förordning (1998:122) om bortskaffande av PCB m m.*
17. *Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899)*
18. *Förordningen (1998:901) om verksamhetsutövarens egenkontroll*
19. Jansson B, Sandberg J, Johansson N, Åstebro A: *PCB i fogmassor - stort eller litet problem?* Rapport 4697 Naturvårdverket, 1997.
20. *Miljöbalk (1998:808)*.
21. *Report on Tolerable Daily Intake (TDI) of Dioxins and Related Compounds (Japan)*, Japanese Environment Agency and Ministry of Health and Welfare, June 1999.  
[http://satoru.eic.or.jp/eanet/en/org/dioxin/tdi\\_report.pdf](http://satoru.eic.or.jp/eanet/en/org/dioxin/tdi_report.pdf)
22. Rex G, Gustafsson B (2001). *Artikel: PCB-sanering. Hjälpmedel för upphandling och kontroll av saneringsentreprenader*. AMA-nytt 1/2001, Informationsdel AF Hus.
23. 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 Rapport 1999:07, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 1999.
24. Webbplats för PCB-informationsprojektet, Miljökonsultgruppen i Stockholm,  
[www.sanerapcb.nu](http://www.sanerapcb.nu)





Rapporten har utarbetats av

REX HUS & MILJÖKONSULT



#### Finansiärer

Studien har huvudsakligen finansierats av Riv- och Saneringsentreprenörerna inom Sveriges Byggindustrier samt Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och AFA. Följande leverantörer av utrustning har medverkat och även lämnat mindre bidrag till projektet: AB Ph. Nederman & Co, Pullman Scandinavian AB, Specma AB och Sundström Safety AB. Entreprenadsystem West AB har bidragit med tid och utrustning.

