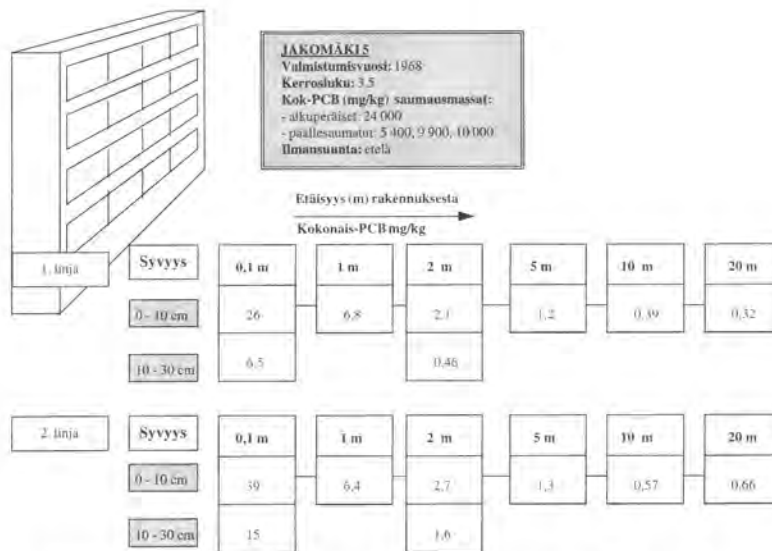




HELSINGIN KAUPUNGIN

YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA

# PCB elementtitalojen saumaus- massoissa ja pihojen maaperässä



Saumausmassa- ja maaperänäytteiden PCB-pitoisuudet tutkimuskohteessa Jakomäki 5

Virpi Pyy ja Olavi Lyly

Helsinki 1998



Virpi Pyy ja Olavi Lyly

PCB ELEMENTTITALOJEN SAUMAUSMASSOISSA  
JA PIHOJEN MAAPERÄSSÄ

Helsingin kaupungin ympäristökeskus  
Helsinki 1998



# Sisällys

TIIVISTELMÄ .....	1
SAMMANDRAG.....	2
SUMMARY.....	3
1. JOHDANTO.....	5
2. KIRJALLISUUS- JA KYSELYSELVITYKSET .....	6
2.1. PCB-YHDISTEIDEN OMINAISUUDET JA KÄYTTÖ.....	6
2.2. PCB-YHDISTEIDEN KÄYTTÄYTYMINEN .....	6
2.3. PCB-YHDISTEIDEN YMPÄRISTÖ- JA TERVEYSVAIKUTUKSET .....	6
2.4. ELASTISET SAUMAUSMASSAT .....	7
2.4.1. Elementtien ja rakennusosien väliset tiivistykset .....	8
2.4.2. Suomessa 1960-1970-luvuilla käytetyt elastiset saumaussmassat .....	8
2.4.3. Lämpölasien tiivistykset .....	9
2.4.4. PCB:n käyttö Ruotsissa ja Saksassa .....	9
2.5. SAUMAUSTEN UUSINTATILANNE.....	9
2.6. PCB:N KÄYTÖN RAJOITTAMINEN.....	10
2.7. PCB-PITOISUUKSIA KOSKEVAT OHJE- JA RAJA-ARVOT.....	10
3. KENTTÄTUTKIMUKSEN AINEISTO JA MENETELMÄT.....	11
3.1. NÄYTTEIDENOTTO .....	11
3.2. NÄYTTEIDEN ANALYSOINTI .....	12
4. KENTTÄTUTKIMUKSEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	13
4.1. SAUMAUSMASSOJEN PCB-PITOISUUDET .....	13
4.2. MAAPERÄN PCB-PITOISUUDET .....	14
4.3. SAUMAUSMASSOJEN VIEREISTEN RAKENNUSMATERIAALIEN PCB- PITOISUUDET .....	16
4.4. YKSITTÄISTEN PCB-YHDISTEIDEN PITOISUUDET JA OSUUDET .....	17
4.5. VIRHELÄHTEET .....	19
5. ARVIOITA SAUMAUSMASSOJEN PCB:N AIHEUTTAMISTA ONGELMISTA.....	19
6. VIRANOMAISSOHJEET .....	20
7. JATKOTOIMENPITEET.....	20
8. LÄHDELUETTELO .....	21
9. LIITETAULUKOT .....	24

## Tiivistelmä

Elementtitalojen ulkoseinillä on runsaasti liitos- ja saumakohtia, jotka on tiivistetty saumausmassoilla. Kaksikomponenttisissa polysulfidimassoissa käytettiin 1950-luvun lopulta 1970-luvun alkuun pehmittimenä PCB:tä eli polykloorattuja bifenyylejä. Näitä saumausmassoja käytettiin aikanaan hyvin yleisesti.

Ympäristömyrkyynä tunnettu ja ihmisille haitallinen PCB voi levitä saumausmassoista viereisiin rakennusmateriaaleihin ja lähiympäristöön. Selvityksen tarkoituksena oli kuvata ja kartoittaa rakennetun ympäristön PCB-ongelmaa pohjaksi viranomaisten ohjeistukselle PCB-pitoisten materiaalien ja maa-aineksen suhteen noudatettavista menettelytavoista.

Raportissa selvitetään Suomessa 1960- ja 1970-luvuilla käytettyjen elastisten saumausmassojen tuotemerkkejä, massojen koostumusta ja käyttökohteita sekä elementtikerrostalojen saumausten uusintatilannetta. Tietoja kerättiin vanhoista rakennusalan julkaisuista sekä kyselyillä saumausrakentajilta ja massojen valmistuksessa ja markkinoinnissa mukana olleilta henkilöiltä.

Suuri osa 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa rakennettujen asuinkerrostalojen elementtisaumoista on uusittu kertaalleen. 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa saumauksia uusittiin päällesaumauksella, jolloin vanha massa jäi uuden alle. Alkuperäisiä saumausmassoja on myös katto- ja ikkunapeltien ja ikkunoiden vesilistojen alla sekä lämpölasien tiivistyksissä.

Kenttätutkimuksella selvitettiin Helsingin lähiökerrostalojen saumausmassoista otettujen näytteiden PCB-pitoisuuksia. Alkujaan saumausmassat sisälsivät PCB:tä keskimäärin 10-20 paino-%. Jäljellä olevat PCB-pitoisuudet alkuperäisissä ja päällesaumauksella uusituissa saumausmassoissa vaihtelivat välillä 3 300-67 000 mg/kg keskiarvojen ollessa 24 000 ja 25 000 mg/kg. Myös vaihdetuissa saumausmassoissa oli PCB:tä yli 50 mg/kg, mitä on Helsingissä pidetty saumausmassojen uusintatöissä ongelmajätteen raja-arvona.

PCB:n leviämistä ympäristöön selvitettiin ottamalla näytteitä maaperästä ja saumausmassoja ympäröivistä julkisivurakenteista. Kaikkien kahdeksan maaperätutkimuskohteen pihamailta löytyi selvästi kohonneita, raja-arvosuosituksia ylittäviä PCB-pitoisuuksia. Pitoisuuden keskiar-

vo oli 62 mg/kg 0,1 metrin etäisyydellä rakennuksista, ja se aleni arvoon 0,56 mg/kg etäisyyden kasvaessa 20 metriin.

Betoninäytteitä otettiin seinäelementistä ja murskatusta jätebetonista. Pääosa betoniin imeytyneestä PCB:stä oli aivan saumausmassan vieressä, josta sitä löytyi enimmillään 28 mg/kg. Elementin keskiosassa PCB:tä ei ollut. Betonimurskeesta otettujen näytteiden PCB-pitoisuus vaihteli välillä 0,46-6,8 mg/kg. PCB:tä oli imeytynyt myös saumausmassojen alla olevaan muoviseen pohjanauhaan sekä ikkunakarmin ja seinäelementin saumaa suojaavaan puulistaan.

Näytteistä määritettiin kokonais-PCB:n lisäksi 12 yksittäisen PCB-yhdisteen pitoisuudet. Yleisimpiä olivat melko vaarattomina pidetyt yhdisteet. Myös myrkyllisimpinä pidettyjä tasomaisia PCB-yhdisteitä löytyi joistakin saumausmassa- ja maaperänäytteistä.

Helsingissä on useita elementtitekniikalla 1960-luvulla ja 1970-luvun ensimmäisinä vuosina rakennettuja lähiöitä. Niissä tehdään parhaillaan laajoja ulkorakenteiden korjauksia, joiden yhteydessä käsitellään ja poistetaan PCB-pitoisia materiaaleja. Rakennuttajan tehtävänä on selvittää materiaalien PCB-pitoisuus ja yhdessä urakoitsijan kanssa estää PCB:n pääsy ympäristöön.

Rakennusmateriaalien sisältämä PCB vaikeuttaa materiaalien käsittelyä ja kierrättämistä. Saumauksista irroitettua massaa voivat olla ongelmajätteenä käsiteltäviä, puurakenteiden energiahyötykäyttö voi vaikeutua, betonielementtimurskeen maanrakennus- ja uusiokäyttöä on harkittava uudelleen ja saastuneiden pihamaiden kunnostustarve on ratkaistava.

## Sammandrag

I elementhusens ytterväggar finns skarvar och fogar som tätats med fogmassa. Mellan slutet av 1950-talet och början av 1970-talet användes polyklorerade bifenyl (PCB) som mjukningsmedel i polysulfidmassor. Fogmassor av den här typen var mycket allmänna på den tiden.

PCB klassificeras som miljögift och är skadligt för människan. PCB kan sprida sig från fogmassorna till närliggande byggnadsmaterial och närmiljön. Målet med utredningen var att beskriva och kartlägga PCB-problemet i bebyggd miljö som underlag för myndigheternas anvisningar om förfaringsätt angående material och jordämnen som innehåller PCB.

I rapporten utreds elastiska fogmassor av olika märken som användes på 1960- och 1970-talet, sammansättningen av massorna och användningsställena samt situationen angående förnyelsen av fogarna i elementhöghus. Informationen har samlats från gamla publikationer inom byggnadsbranschen och med hjälp av intervjuer med fogentreprenörer och personer som deltagit i tillverkningen och marknadsföringen av massorna.

En stor del av elementfogarna i bostadshöghusen som byggdes på 1960- och 1970-talet har förnyats en gång. På 1980-talet och i början av 1990-talet förnyades fogarna genom att täta de gamla fogarna på nytt så att den gamla massan lämnades kvar under den nya. Det finns ursprungliga fogmassor också under tak- och fönsterplåtarna och vattenbräderna vid fönstren samt i tätningarna för värmeglas.

Med en fältundersökning undersöktes PCB-halter i prov som tagits på fogmassorna i höghusen i förorter i Helsingfors. Från början innehöll fogmassorna i genomsnitt 10–20 vikt-% PCB. Den PCB-halt som fanns kvar i de ursprungliga fogmassorna och fogmassorna som tätats på nytt med nya massor varierade mellan 3 300–67 000 mg/kg och medelvärdena var 24 000 respektive 25 000 mg/kg. Också fogmassor som hade bytts ut uppvisade en PCB-halt på över 50 mg/kg, vilken i Helsingfors har varit gränsvärde för problemavfall vid förnyelse av fogmassor.

Spridningen av PCB i omgivningen undersöktes genom att ta prov på jordmånen och fasadkonstruktionerna som omgav fogmassorna. Alla åtta gårdsplaner där jorden undersöktes uppvisade klart höjda PCB-halter som överstiger de re-

kommenderade gränsvärdena. Halten var i medeltal 62 mg/kg på 0,1 m avstånd från byggnaderna och den sjönk till 0,56 mg/kg då avståndet ökades till 20 m.

Betongprov togs på väggelementen och på krossad avfallsbetong. Den största delen av PCB som upptagits i betongen låg strax intill fogmassan och halten var som högst 28 mg/kg. I elementets mellersta del fanns ingen PCB. PCB-halten i proven som tagits på krossad avfallsbetong varierade mellan 0,46 och 6,8 mg/kg. PCB hade också upptagits i plastbandet som ligger under fogmassorna och trälisten som skyddar fogarna i fönsterkarmar och väggelement.

I proven analyserades den totala PCB-halten och halten av 12 separata PCB-föreningar. De vanligaste var föreningar som anses rätt ofarliga. Också plana PCB-föreningar, som hör till de giftigaste, fanns i vissa fogmassor och jordsprov.

I Helsingors finns flera förorter som byggdes med elementteknik på 1960-talet och i början av 1970-talet. I dem utförs som bäst omfattande reparationer av ytterkonstruktionerna och material som innehåller PCB tas bort. Det är byggherrens uppgift att undersöka PCB-halten i materialen och tillsammans med entreprenören förhindra att PCB sprids i omgivningen.

Om PCB ingår i byggnadsmaterialen försvåras hanteringen och återvinningen av dem. Massorna som lösgjorts från fogarna måste kanske hanteras som problemavfall, energinyttoanvändningen av träkonstruktioner kan försvåras, återvinningen av krossade betongelement och användningen av dem i markarbeten måste övervägas noga och beslut angående de förorenade gårdsplanerna fattas.



## Summary

The external walls of prefabricated houses contain many joints and junctures which have been sealed with sealing compound. Between the late 1950s and the beginning of the 1970s, the plasticizer used in two-component polysulphide sealants was PCB, i.e. polychlorinated biphenyl. At that time, this type of sealing compound was widely used.

Known as an environmental pollutant, and hazardous to humans, PCB can spread to the adjoining construction materials and surrounding environment. The aim of the survey was to describe and study the PCB problem of the constructed environment to serve as a basis for instructions made by authorities concerning the procedures to follow in handling material and earth containing PCB.

The report studies the brands, compound composition, and objects of use of the elastic sealants used in Finland in the 1960s and 1970s as well as the renewal status of the sealings in prefabricated apartment houses. Information was collected from old construction-related publications and by conducting questionnaires among sealing contractors and people involved in the manufacturing and marketing of the compounds.

A major part of the element seams of the apartment buildings constructed in the 1960s and in the early 1970s have been renewed once. In the 1980s and at the beginning of the 1990s, seams were renewed by seaming on top of the existing seam, leaving the old compound underneath the new one. Original sealing compounds are also found underneath the roofing and window sills as well as under weather rails, and in the sealing of insulation panes.

A field study surveyed the PCB content of the sealing compounds in suburban apartment buildings in Helsinki. Originally, the compounds contained an average of 10 to 20 weight percent of PCB. The remaining PCB content in the original compound and in the seams renewed by applying the compounds on top of the existing seams ranged from 3,300 to 67,000 mg per kg, and the averages were 24,000 and 25,000 mg/kg. Even replaced sealing compounds had more than 50 mg per kg of PCB, which is considered the limit value for hazardous waste in the renewal of sealing compounds in Helsinki.

The spreading of PCB to the environment was studied by sampling the soil and façade structures surrounding the sealing compounds. All eight yards included in the soil survey exhibited clearly elevated PCB content which exceeded the recommended limit values. The average content was 62 mg per kg within a distance of 0.1 meter from the buildings, and decreased to 0.56 mg per kg as the distance increased to 20 meters.

Concrete samples were taken from wall elements and from crushed waste concrete. The majority of the PCB absorbed in the concrete was located directly next to the sealing compound, where the maximum PCB content was 28 mg per kg. There was no PCB detected in the middle of the elements. The PCB content of the samples taken from crushed concrete ranged from 0.46 to 6.8 mg per kg. PCB had also been absorbed to the plastic strip underneath the sealing compounds and to the wooden list protecting the seam between the window frame and the wall element.

In addition to the total PCB content, the content of 12 individual PCB compounds was determined. Compounds that are considered relatively non-dangerous were the most common ones. Also coplanar PCB compounds that are considered to be among the most toxic ones were found in some sealing compound and soil samples.

There are several suburban areas in Helsinki which were built using element technology in the 1960s and at the beginning of the 1970s. Extensive exterior renovations are currently in progress on these areas. Materials containing PCB are being handled and removed during these renovations. It is the builder's duty to determine the PCB content of the materials and to work in cooperation with the contractor to prevent the emission of PCB to the environment.

The PCB content in the building materials makes it more difficult to process and recycle them. Removed sealants may have to be processed as hazardous waste, it may be more difficult to utilize wooden structures for energy production, and the use of crushed concrete panes as landfill or recycled material must be reconsidered, and, finally, the need for restoring polluted yards must be resolved.



## 1. Johdanto

PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyyliä tunnetaan erityisesti vesiekosysteemin ravintoketjuissa rikastuvina ympäristömyrkkynä. Ne olivat yhdessä DDT:n kanssa 1960-1970-luvuilla koi-tua Suomen hylje- ja merikotkakantojen kohta-loksi. 1990-luvulla näiden ravintoketjun huipulla olevien lajien kannat ovat elpyneet. Siihen on vaikuttanut keskeisesti PCB-yhdisteiden käytön rajoittaminen.

PCB:tä lisättiin 1960-1970-luvuilla julkisivura-kenteiden tiivistyksissä käytettäviin saumaus-massoihin. Ruotsissa on todettu vuosina 1956-1972 rakennettujen elementtitalojen saumaus-massojen sisältävän PCB:tä enimmillään useita kymmeniä prosentteja. PCB:tä on käytetty myös lattiamaaleissa ja lämpölasien tiivistysmas-soissa<sup>1,2,3</sup>.

Korkeita PCB-pitoisuuksia on havaittu Ruotsissa myös rakennusten viereisestä maaperästä. Kau-empuna rakennuksista pitoisuudet ovat olleet pienempiä kuin lähellä, mutta olleet sielläkin taustapitoisuuksia korkeampia. Tausta-arvot ylittäviä PCB-pitoisuuksia on Ruotsissa mitattu myös elementtirakennusten sisäilmasta ja ul-koilmasta rakennusten läheisyydessä sekä todettu PCB:n kulkeutuneen saumausmassoista muihin julkisivujen rakennusmateriaaleihin<sup>1,3</sup>.

Rakennusten PCB-mittauksia on tehty myös Saksassa, jossa PCB:tä on määritetty saumaus-massojen lisäksi PCB-pitoisilla massoilla sau-mattujen rakennusten sisäilmasta<sup>4</sup>. Suomalaisista selvityksistä löytyy mainintoja PCB-pitoisten saumausmassojen käyttövuosista ja -määristä<sup>5,6</sup>.

Helsinkiin 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa ra-kennettujen lähiöiden tultua peruskorjausikään, voi PCB:tä levitä rakennettuun ympäristöön huomattavasti aiempaa runsaammin. Lähiöiden peruskorjauksen yhteydessä käsitellään PCB-pitoisia rakennusmateriaaleja ja maata, jolloin syntyy PCB-pitoista rakennusjätettä. Valtioneu-voston päätös rakennustyön turvallisuudesta<sup>7</sup> velvoittaa rakennuttajan ennen korjaustöiden aloittamista selvittämään, onko rakennuksissa käytetty aineita, joista voi aiheutua haittaa työn-tekijöille. Purkutöistä tai korjausrakentamisesta ja niissä syntyvistä jätteistä ei saa aiheutua hait-taa myöskään asukkaille tai ympäristölle. Tätä koskevat säädökset on kirjattu terveydensuojelu- ja jätelakiin<sup>8,9</sup>.

Tämän selvityksen tarkoituksena on kartoittaa PCB-pitoisten saumausmassojen käyttöä lä-hiö rakentamisessa 1960-1970-luvuilla ja sau-mausmassojen sekä niitä ympäröivien raken-nusmateriaalien ja lähiöiden pihamaiden PCB-pitoisuutta. Tavoitteena on, että selvityksen pohjalta voitaisiin nykyistä perustellummin oh-jeistaa ne korjausrakentamisessa noudatettavat toiminta- ja menettelytavat, joita seuraa PCB:n läsnäolosta elementtirakenteissa ja niiden ympä-ristössä.

Mmyo Virpi Pyy on vastannut selvityksen suun-nittelusta ja toteutuksesta näytteenottoineen PCB-selvityksen ohjausryhmän tuella sekä laati-nut alustavan käsikirjoituksen. Näytteiden ana-lytiikasta on vastannut kemisti Asta Ekman. Analyysit teki tutkimuslaborantti Katariina Vuo-rensola. Raportin on käsikirjoituksen pohjalta laatinut ympäristötarkastaja Olavi Lyly kiinteäs-sä yhteistyössä Virpi Pyy:n kanssa.

Raporttiluonnoksen on tarkastanut PCB-selvityksen ohjausryhmä, johon kuuluivat ympä-ristövalvontapäällikkö Pertti Forss, johtava ympä-ristötarkastaja Markku Viinikka, ympäristö-tarkastaja Hannu Arovaara ja ympäristötarkas-taja Katariina Leminen sekä julkaisutoimikunnan jäsenenä kemisti, FT Helena Kontsas. PCB:n ympäristö- ja terveysvaikutuksia koskevan luvun on tarkastanut Kansanterveyslaitoksen ympäris-töterveyden osastoryhmän professori Terttu Vartiainen. Tekijät esittävät parhaan kiitoksensa heille sekä muille työtä sen eri vaiheissa edesauttaneille henkilöille ja yhteistyötahoille, joista erikseen mainittakoon ympäristösuunnitte-lija Kari Silfverberg.

## 2. Kirjallisuus- ja kyselyselvitykset

PCB-yhdisteiden ominaisuuksia ja ympäristö- ja terveysvaikutuksia sekä käyttöä selvitettiin kirjallisuuden perusteella. Aikalaishaastatteluin ja rakennusalan lehdistä selvitettiin 1960-1970-luvuilla elementtirakentamisessa vallinneita, PCB-pitoisten saumausmassojen käsittelyyn liittyneitä työtapoja ja käyttökohteita sekä käytössä olleiden saumausmassojen tuotemerkkejä ja valmistajia. Saumausmassojen koostumusta koskevat tiedot koottiin kyselyin 1960-1970-luvuilla massojen valmistuksessa ja markkinoinnissa mukana olleilta henkilöiltä.

Helsingin kaupungin kiinteistöyhtiöiden elementtisaumausten uusintatilannetta selvitettiin haastattelemalla 22 yhtiön isännöitsijöitä puhelimitse kesällä 1997. Samanaikaisesti tehtiin puhelinkysely, jossa kahdeksalta saumausurakoitsijalta kysyttiin heillä sillä hetkellä korjauksessa olleiden kohteiden rakennusvuodet. Samalla kysyttiin heidän arviotaan siitä, moniko 1960-luvun ja 1970-luvun alkupuolen rakennuksista oli edelleen alkuperäissaumauksen jäljiltä. Osalla kiinteistöistä tarkastettiin saumausten uusintatilanne ja verrattiin havaintoja haastattelulla saatuihin.

### 2.1. PCB-yhdisteiden ominaisuudet ja käyttö

PCB-yhdisteet ovat teollisesti valmistettuja, ren-gasrakenteisia, orgaanisia klooriyhdisteitä. Teoriassa erilaisia PCB-yhdisteitä on 209, joista noin 130 esiintyy kaupallisissa PCB-valmisteissa. Ympäristöstä otetuista näytteistä löytyvien PCB-yhdisteiden määrä on pienempi. Kaupalliset valmisteet ovat PCB-yhdisteiden seoksia<sup>10</sup>.

PCB:n kaupallinen valmistus alkoi 1930-luvulla. Pian havaittiin sen ylivoimaiset ominaisuudet muihin vastaaviin aineisiin verrattuna, koska PCB-yhdisteet ovat erittäin kestäviä kemiallisten aineiden sekä kuumuuden ja valon aiheuttamia rasituksia vastaan, ne suojaavat erinomaisesti korroosiolta ja niiden sähkönjohtokyky on alhainen. Siksi PCB:tä käytettiin lukuisiin eri tarkoituksiin<sup>6</sup>.

Pääosa PCB:n käytöstä rajoittui suljettuihin järjestelmiin, kuten kondensaattoreihin, muuntajiin, lämmönsiirtojärjestelmiin ja kaivoslaitteisiin. Merkittävimpiä avoimien järjestelmien käyttökohteita olivat ruosteensuojamaalit, saumausai-

neet, lakat ja liimat. Muita avoimen järjestelmän käyttökohteita olivat voiteluaineet, muovit, vahat, kopiopaperit, palosuojatuotteet, pakkelit, valumassat ja hyönteismyrkyt sekä mittalaitteet<sup>6</sup>.

Kaupallisten PCB-valmisteiden olomuoto vaihtelee öljymäisestä lähes kiinteään ja väri vaaleankeltaisesta tummanruskeaan. Ne ovat rasvaliukoisia. Valmisteet eroavat toisistaan mm. kloorausasteen osalta<sup>11,12</sup>. Valmisteissa esiintyy epäpuhtauksina supermyrkyiksi kutsuttuja polykloorattuja dibentsofuraaneja (PCDF) ja dibentso-p-dioksiineja (PCDD). Dioksiineja ja furaaneja muodostuu myös PCB-yhdisteiden palauksessa 600-900°C lämpötilassa<sup>13</sup>.

### 2.2. PCB-yhdisteiden käyttäytyminen

PCB:n runsas käyttö ja korkea pysyvyys ympäristössä ovat aikaansaaneet sen, että sitä löytyy lähes kaikkialta maapallolta. Osa PCB-yhdisteistä rikastuu ravintoketjuissa ja kertyy etenkin vesieliöihin haitallisina pitoisuuksina. Laskeuman PCB:tä seurataan Suomessa kolmella mittausasemalla<sup>14</sup>. Pitoisuuskeskiarvot ovat 1990-luvulla olleet eri asemilla välillä 2-10 µg/m<sup>2</sup>/kk.

Rasvaliukoisuutensa takia PCB pidättyy maaperässä orgaaniseen ainekseen. Hienojakoiseen maa-ainekseen se pidättyy runsaammin kuin karkeaan. Raekoostumuksella on merkitystä etenkin niukasti orgaanista ainesta sisältävissä maissa. Voimakkaimmin pidättävät korkean kloorausasteen ja tasomaisen avaruusrakenteen omaavat bifenyylit, joiden fenyylirenkaiden ortoasemissa ei ole klooria<sup>15</sup>. PCB-yhdisteiden biohajoavuuteen maaperässä vaikuttavat klooriatomien määrä ja sijainti. Klooriatomien lukumäärän ollessa 5 tai suurempi ovat yhdisteet maaperässä pysyviä<sup>13</sup>.

### 2.3. PCB-yhdisteiden ympäristö- ja terveysvaikutukset

PCB:n haitalliset vaikutukset alkoivat selvitä 1960-luvun puolivälissä, kun hylkeiden rasvakudoksista löytyi korkeita PCB-pitoisuuksia<sup>16</sup>. PCB imeytyy elimistöön ruuansulatuskanavan, keuhkojen ja ihon kautta. Pääosa ihmisen altistuksesta tulee ravinnon, etenkin kalan kautta. Suomalaiset saavat ravinnostaan PCB:tä keskimäärin 1,64 µg henkeä kohden päivässä<sup>17</sup>. PCB

varastoituu rasvakudoksiin ja maksaan ja poistuu elimistöstä hitaasti ulosteiden ja virtsan sekä äidinmaidon kautta<sup>17</sup>.

PCB-yhdisteet luokitellaan sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä<sup>18</sup> vaaraa osoittavilla standardi- eli R-lausekkeilla seuraavasti: *haitallinen, ympäristölle vaarallinen, terveydellisten haittojen vaaran pitkäaikaisessa altistuksessa aiheuttava, erittäin myrkyllinen vesieliölle ja voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä*.

Kaupallisten PCB-valmisteiden akuutti toksisuus on selkärangaisille melko vähäinen. Oraalinen LD<sub>50</sub>-arvo vaihteli rotilla välillä 1-11 g/kg. Ihon kautta altistetuilla jäniksillä LD<sub>50</sub>-arvot olivat 0,8-3,2 g/kg<sup>10</sup>.

PCB voi aiheuttaa nisäkkäille lisääntymis- ja kehityshäiriöitä sekä haitallisia aineenvaihdunnan muutoksia. PCB:lle altistuneilla työntekijöillä on todettu silmien ärsytystä, rintakipuja, hengitysvaikeuksia, ruokahaluttomuutta, unettomuutta ja muistihäiriöitä. Onnettomuustilanteissa suurille PCB-pitoisuuksille altistuneilla on todettu klooriaknea, pigmentaatio- ja hermostollisia häiriöitä, maksavaurioita ja vastustuskyvyn heikkenemistä<sup>10, 11</sup>.

Yksittäisen PCB-yhdisteen myrkyllisyys on riipuvainen sen sisältämien klooriatomien määrästä ja sijainnista. Osalle yhdisteistä on määritetty toksisuusekvivalenttikerroin, jonka avulla niiden haitallisuutta voidaan verrata TCDD:hen. Mitä suurempi kerroin on, sitä haitallisempaa yhdistettä pidetään<sup>19</sup>. Taulukossa 1. on lueteltu 12 PCB-yhdisteen kemiallinen kaava ja avaruus rakenne sekä nisäkkäille, linnuille ja kaloille määritetyt toksisuusekvivalenttikertoimet. Kyseisten

12 yhdisteen pitoisuus on määritetty tämän selvityksen kenttätutkimuksessa otetuista näytteistä. Yhdisteiden joukkoon kuuluu kolme haitallisinta, avaruusrakenteeltaan tasomaista eli koplanaarista PCB-yhdistettä koodinumeroilla 77, 126 ja 169.

Uusimmat tutkimukset<sup>20</sup> viittaavat siihen, että PCB:n haittavaikutukset ihmiselle ovat luultua vähäisempiä useiden yksittäisten yhdisteiden osalta, mikä näkyy myös siten, että WHO<sup>21</sup> on vuonna 1997 antanut useille yhdisteille uudet, aiempaa alemmat TEF-arvot. Toisaalta on myös viitteitä siitä, että PCB-yhdisteillä olisi hormonaalisia vaikutuksia nisäkkäisiin ympäristön estrogeenimatkijana<sup>22</sup>.

## 2.4. Elastiset saumausmassat

Elementtirakennuksissa on runsaasti erilaisia liitos- ja saumakohtia. Jotta sadeveden ja kosteuden pääsy rakenteisiin saadaan estettyä, tiivistetään sauma- ja liitoskohdat saumausmassoilla ja -nauhoilla. 1950-luvun lopulta lähtien on markkinoilla ollut käyttötarkoitukseltaan erilaisia saumaustarvikkeita<sup>23</sup>. Massojen sideaineena on käytetty silikonaa, polyuretaania, polysulfidia, akryyliä ja butyyliä sekä öljyjä ja hartseja<sup>24</sup>. Elastiset massat on kehitetty saumoihin, joita rajaavissa rakenteissa tapahtuu muodonmuutoksia esimerkiksi lämmönvaihteluiden seurauksena<sup>23, 25</sup>.

Sideaineen lisäksi massat voivat sisältää koveintia, pehmitintä, täyteaineita, väripigmenttejä ja tartuntaa parantavia aineita. Massat voivat olla yksi- tai kaksikomponenttisiä, ja niiden kovettuminen voi tapahtua kemiallisesti tai fysikaalisesti. PCB:tä käytettiin pehmittimenä kaksikompo-

**Taulukko 1. Määritetyt PCB-yhdisteet ja niiden ominaisuuksia.** TEF = toksisuusekvivalenttikerroin, Safen<sup>19</sup> arvot vuodelta 1990 ihmiselle ja WHO:n<sup>21</sup> arvot vuodelta 1997 nisäkkäille, linnuille ja kaloille.

IUPAC-koodi	Kemiallinen kaava	Avaruus-rakenne	TEF Safe 1990	TEF WHO 1997		
				nisäkkäät	linnut	kalat
PCB 52	2,2',5,5'-tetraCB		-	-	-	-
PCB 77	3,3',4,4'-tetraCB	ei-orto	0,01	0,0001	0,05	0,0001
PCB 101	2,2',4,5,5'-pentaCB		-	-	-	-
PCB 105	2,3,3',4,4'-pentaCB	mono-orto	0,001	0,0001	0,0001	<0,000005
PCB 118	2,3',4,4',5-pentaCB	mono-orto	0,001	0,0001	0,00001	<0,000005
PCB 126	3,3',4,4',5-pentaCB	ei-orto	0,1	0,1	0,1	0,005
PCB 138	2,2',3,4,4',5-heksaCB	di-orto	0,00002	-	-	-
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-heksaCB	di-orto	0,00002	-	-	-
PCB 156	2,3,3',4,4',5-heksaCB	mono-orto	0,001	0,0005	0,0001	<0,000005
PCB 169	3,3',4,4',5,5'-heksaCB	ei-orto	0,05	0,01	0,001	0,00005
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-heptaCB	di-orto	0,00002	-	-	-
PCB 195	2,2',3,3',4,4',5,6-oktaCB		-	-	-	-



nenttimassoissa, joiden sideaineena oli polysulfidikumi<sup>2,4</sup>. Ne olivat 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa käytetyimpiä saumaussmassoja. Sideaineena käytettiin muun muassa Thiokol LP -kauppanimellä tunnettuja polysulfideja<sup>25</sup>.

Kaksikomponenttimassojen toisen komponentin muodostavat massan sideaine sekä seos- ja lisäaineet, toisen kovetin. Kovettimina käytetään esimerkiksi metallioksideja ja -peroksidesia. Ennen saumausta kovetin sekoitetaan muuhun massaan. Elastisten polysulfidimassojen työstöaika vaihteli yhdestä muutamaan tuntiin, ja massojen lopullinen jähmettyminen päivästä muutamaan viikkoon<sup>23,25</sup>.

#### 2.4.1. Elementtien ja rakennusosien väliset tiivistykset

Julkisivuelementit saumataan saumaussmassoilla, joiden alle asennetaan pohjanauha massan pidentämiseksi saumaan. Vanhimmissa elementtitaloissa käytettiin laastilla tiivistettyjä saumoja sekä avoimia "tuulisaumoja" ja peltiäuskalla suljettuja saumoja. Ikkunoiden, ovenkarmien ja venttiilien liitokset voidaan tiivistää ulkopuolelta saumaussmassalla. Muita saumaussmassojen käyttökohteita ovat kattorakenteiden peltiliitokset ja vesipenkkipeltien tiivistykset. Elastisia saumaussmassoja on voitu käyttää laastin sijasta myös tiili- ja kivelementtien tiivistyksissä<sup>26,27</sup>. Usein myös julkisivun puupanelien reunat kitattiin ohuella massakerroksella<sup>28</sup>.

Suurin osa elastisilla saumaussmassoilla tehdyistä tiivistyksistä tehtiin 1960-1970-luvuilla rakennusten pystyttämisen yhteydessä. Suurikokoisiin ruutuelementteihin voitiin kuitenkin kiinnittää ikkunat ja vesipenkkipelti valmiiksi elementtitehtaalla. Tällöin saatettiin tehdä puukarmien reunoihin tiivistyssaumauksia, jotka peitettiin puisilla vesilistoilla<sup>28</sup>.

Kaikki edellä luetellut elastisten saumaussmassojen käyttökohteet ovat rakennusten julkisivun puoleisia sauma- ja liitoskohtia. Elastisia polysulfidipohjaisia saumaussmassoja ei niiden pahan hajun takia juurikaan käytetty rakennusten sisätiloissa<sup>29</sup>.

Elementtirakenteisessa julkisivussa saumametrin määrä vaihtelee sadoista tuhansiin. Nelikerroksisessa pienkerrostalossa on saumaa kussakin julkisivussa useimmiten vähintään 100 metriä<sup>27</sup>. Saumaussmassojen määrät vaihtelevat muuta-

masta kymmenestä useisiin satoihin kiloihin rakennusta kohden<sup>2</sup>.

#### 2.4.2. Suomessa 1960-1970-luvuilla käytetyt elastiset saumaussmassat

Saumaussmassoja on sekä sekoitettu ulkomaa-laisten valmistajien lisensseillä että tuotu ainakin Ruotsista, Tanskasta ja Yhdysvalloista. 1960-luvun alkupuolella elastisia saumaussmassoja valmistivat sittemmin toimintansa lopettaneet helsinkiläinen Onsa-tehtaat Nordström & Sjögren Ab, joka valmisti Thiotät-nimistä tiokoli-pohjaista massaa ja porvoolainen Oy Sulfiittimuuraus Ab, joka valmisti Thioseal-nimistä massaa<sup>30</sup>. Myöhemmin Thiotät-massaa toi maahan Raitalinna Oy. Lisäksi Raitalinna markkinoi British Paints Ltd:n valmistamaa P.R.C.-massaa, jota myytiin myös nimellä PR-massa. 1970-luvulla Raitalinna myös valmisti kyseisiä massoja lisenssillä.

Bostik Oy:n valmistamaa Bostik vulkseal-nimistä massaa tuotiin Suomeen 1960-luvun alusta lähtien. Bostikin lyijyä ja PCB:tä sisältävät polysulfidimassat kiellettiin myrkyllisten lyijykovettimien takia Ruotsissa vuonna 1972. Suomeen viimeinen erä tuotiin vuonna 1973. Massassa oli lyijyoksidia ja -peroksidia arviolta 5-10 % ja PCB:tä arviolta 10-20 %<sup>31</sup>.

1960-luvun puolivälin jälkeen Valke Oy alkoi valmistaa Evomastics Ltd:n lisenssillä Polevomastic-massaa. Massa sisälsi PCB:tä kymmenisen prosenttia määrän ollessa 1960-luvulla suurempi kuin 1970-luvulla<sup>32</sup>. RN-tuonti toi 1960- ja 1970-luvun vaihteessa Yhdysvalloista kahta Tremco Manufacturing Co:n valmistamaa saumaussmassaa, jotka eivät sisältäneet PCB:tä. Niitä markkinoitiin nimillä Monometric ja Dymetric. Ne olivat muita kalliimpia, joten niiden markkinaosuus jäi pariin prosenttiin.

RN-tuonti markkinoi myös Tremco Manufacturing Co:n Lastometric-massaa, joka sisälsi PCB:tä 7,5 %. Osassa kyseisen valmistajan saumaustarvikkeita käytettiin asbestia 0,44-1,44 % parantamaan tartuntaa<sup>33</sup>. Woodmont Products'in Thiokol Resin -niminen lämpölasien tiivistysmassa sisälsi vuonna 1975 lyijyä, mutta ei PCB:tä<sup>34</sup>. PCB-pitoisten saumaussmassojen käytöstä luovuttiin 1970-luvun alkuvuosina. Lyijyn käytöstä luopuminen oli teknisesti vaikeampaa, ja sitä käytettiin ainakin vuoteen 1975<sup>35</sup>.

### 2.4.3. Lämpölasien tiivistykset

Yksi elastisten saumausmassojen käyttökohde oli lämpö- eli eristyslasien tiivistykset. Lämpölasit valmistetaan kahdesta tai useammasta lasilevystä, joiden välitilat suljetaan reunoista mahdollisimman tiiviisti. Tiivistyksiä on tehty elastisilla massoilla. Lämpölaseja käytetään erityisesti kiinteisiin ikkunoihin ja julkisivuihin. Elastisilla saumausmassoilla tiivistettyjä laseja on käytetty myös kulkuneuvoissa ja työkonneissa<sup>36</sup>.

Lämpölaseja on Suomessa valmistettu Riihimäen Lasi Oy:ssä ja Lahden Lasitehtaalla sekä tuotu jonkin verran ulkomailta. 1970-luvulla alalle tuli useita uusia valmistajia ja maahantuoja<sup>37</sup>. Lahden Lasitehtaalla lämpölasien tiivistyksiä tehtiin elastisilla saumausmassoilla. Massat olivat polysulfidipohjaisia 1980-luvulle asti, jolloin ne korvattiin silikonipohjaisilla. Tuotemerkkejä olivat P.R.C.-massa ja amerikkalaiset Woodmontin massat<sup>36</sup>.

Lahden Lasitehtaan valmistamia, elastisilla massoilla tiivistettyjä lämpölaseja markkinoitiin tuotenimellä Polarpane-eristyslasit. Valmiissa lasissa oli metallistalla suojattua tiivistysmassaa noin 200 grammaa elementtinieliötä kohden. Vuosina 1969-1974 Lahden Lasitehtaalla valmistettiin lämpölaselementtejä vuosittain noin 300 000 neliötä, joten tiivistysmassoja käytettiin niihin arviolta 60 tonnia vuodessa<sup>36</sup>.

Lämpölasien pääasiallisia käyttökohteita olivat julkiset rakennukset sekä omakoti- ja rivitalot. 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa laseja uusittiin paljon vuoto-ongelmien takia. 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa asennettuja lämpölaseja voi edelleen olla rakennuksissa satojatuhan neliötä<sup>36</sup>.

### 2.4.4. PCB:n käyttö Ruotsissa ja Saksassa

Ruotsissa PCB:tä sisältäviä saumausmassoja käytettiin vuosina 1956-1972 valmistuneissa elementtitaloissa. PCB:tä massoissa oli noin 20 paino-%. Ruotsissa oli markkinoilla seuraavia PCB:tä sisältäviä saumausmassoja: SikaLastik, valmistaja Göta Kemi, Bio-tät, valmistaja Skandinavisk Byggkemi, Nordsjö Färg ja Trebafog, valmistaja Trelleborgs Gummifabrik sekä lämpölasien tiivistyksissä käytetty P.R.C. 408-massa<sup>1</sup>.

Saksassa PCB:tä sisältäviä elastisia polysulfidikumisia saumausmassoja ja tiivistysaineita valmistettiin vuosina 1955-1972, ja niiden käytön

on arvioitu jatkuneen vuoteen 1975. Keskimäärin massoissa käytettiin PCB:tä noin 15 paino-%, pienimmillään 1, suurimmillaan 50 paino-%. Eniten PCB:tä sisältäviä saumausmassoja käytettiin vuosina 1964-1972, jolloin niitä arvioidaan käytetyn vähintään 20 000 tonnia. PCB:n käyttö avoimissa järjestelmissä kiellettiin Länsi-Saksassa 1978 ja DDR:ssä 1984<sup>4</sup>.

### 2.5. Saumausten uusintatilanne

Nykyisin saumat uusitaan pääosin tavalla, joka on kuvattu RT-kortissa *Elementtitalojen uusintasaumaus*<sup>38</sup>. Tiedot aiemmista uusintasaumauksen käytännöistä ja työtavoista on koottu haastattelu<sup>28,34,39</sup>. Nykyisin uusintasaumauksia tekevät siihen erikoistuneet urakoitsijat, kun niitä aiemmin tekivät yleisesti myös muut rakennusurakoitsijat.

1980-luvulla ja 1990-luvun alussa saumauksia korjattiin päällesaumauksella, jolloin vanha massa jäi uuden alle. Toisinaan vanhoja massoja saatettiin poistaa vain osittain. Tällöin ne leikattiin mattopuukolla ilman elementtien reunojen hiomista, joten reunoihin jäi ohut kerros alkupeiristä massaa.

Nykyisin suuressa osassa uusintasaumauksia vanhat massat pohjanauhoineen poistetaan ja elementtien reunat hiotaan koneellisesti puhtaaksi. Ovi- ja ikkunakarmien tiivistysaumausta saatetaan edelleen uusia päällesaumauksella.

Saumauksia oli uusittu kaikissa vuosina 1962-1971 valmistuneissa Helsingin kaupungin omistamissa kiinteistöyhtiöissä. Vuosina 1972-1979 valmistuneista taloista puolet oli alkuperäis-, puolet uusintasaumattuja. Monissa rakennuksissa saumausten uusintatilanne oli kuitenkin poikkeava. Niissä oli tehty eri tavoin useita osittaisia uusintasaumauksia, joten rakennuksen julkisivulla oli useanlaisia ja -ikäisiä saumausmassoja. Kolmessa kohteessa alkuperäiset saumausmassat oli jätetty sellaisenaan uusien pintaverhouselementtien alle.

Saumausten uusintatilannetta tarkastettaessa löytyi kohteita, joissa uusintasaumauksia oli tehty, vaikka saumat ilmoitettiin alkuperäisiksi. Kiinteistöillä ei ollut 1980-luvun uusintasaumauksista tallessa urakkasopimuksia. Kun myös isännöitsijät olivat vaihtuneet, ei tarkkoja tietoja kaikista kohteista saatu.

Suurin osa kesän 1997 uusintasaumauskohteista oli vuonna 1975 tai myöhemmin valmistuneita.

Vanhimmat kohteet oli rakennettu vuosina 1969 ja 1973. Urakoitsijoiden yksimielinen arvio saumaustilanteesta oli, että lähes kaikki 1960-luvulla ja 1970-luvun alkuvuosina valmistuneet elementtitalot on jo kertaalleen uusintasaumattu ja saumausten toinen uusimiskierros on alkamassa.

## 2.6. PCB:n käytön rajoittaminen

1970-luvun alusta lähtien PCB:n käyttöä on asteittain rajoitettu, ja nykyisin sen käytöstä on tutkimustarkoituksia lukuunottamatta länsimaissa luovuttu. Ruotsi ryhtyi ensimmäisenä rajoittamaan PCB:n käyttöä, ja vuonna 1972 sen käyttö tuli luvanvaraiseksi avoimissa järjestelmissä. OECD velvoitti vuonna 1973 jäsenmaitaan luopumaan PCB:n käytöstä muissa tarkoituksissa kuin muuntajien, suurien voimakondensaattorien, lämmönvaihtimien ja kaivoslaitteiden eristys- ja hydraulinesteissä<sup>6</sup>. EEC:n direktiivi<sup>40</sup> 1976/769/EEC edellytti jäsenvaltioita kieltämään PCB-yhdisteiden ja niitä vähintään 0,1 paino-% sisältävien valmisteen käytön avoimissa järjestelmissä.

Suomessa ryhdyttiin 1970-luvun alussa rajoittamaan PCB:n käyttöä muihin tarkoituksiin kuin kondensaattoreihin ja muuntajiin. PCB:tä korvaavia aineita koskevassa selvityksessä todettiin, että huolimatta lainsäädännön puuttumisesta PCB:n käyttöä rajoitettiin vapaaehtoisin sopimuksin samalla tavalla kuin esimerkiksi Ruotsissa<sup>41</sup>. PCB:n käyttökartoituksessa<sup>5</sup> vuoden 1970 lopulla arvioitiin, ettei muoviteollisuuden tuotteisiin lisätty Suomessa enää PCB:tä. Myös saumausmassoissa PCB-yhdisteet oli selvityksen mukaan korvattu klooratuilla parafiineilla ja muilla yhdisteillä.

Kondensaattorit ja muuntajat olivat vuonna 1972 tehdyn selvityksen<sup>5</sup> mukaan ainoita PCB:n käyttökohteita suomalaisessa teollisuudessa. Vuonna 1979 tehdyn kartoituksen<sup>6</sup> mukaan PCB-yhdisteitä ei enää esiintynyt edes epäpuhtauksina suomalaisen muoviteollisuuden tuotteissa. Virallisesti PCB:n valmistus, maahantuonti, myynti ja luovutus muihin kuin tutkimustarkoituksiin kiellettiin valtioneuvoston päätöksellä<sup>42</sup> vuonna 1989.

Valtioneuvoston päätöksen<sup>42</sup> mukaisesti PCB:tä enemmän kuin 50 mg/kg sisältävät muuntajat ja PCB-eristeiset, vähintään yhden kVAR:n kondensaattorit tuli poistaa käytöstä vuoden 1994 loppuun mennessä. Käytössä olevien laitteiden si-

sältämien PCB-yhdisteiden käsittelyä koskeva direktiivi<sup>43</sup> hyväksyttiin syksyllä 1996. Direktiivi koskee kaikkia seoksia, joissa PCB-yhdisteitä on enemmän kuin 50 mg/kg. Direktiivin mukaan PCB-jätteenä pidetään mitä tahansa esinettä tai ainetta, joka sisältää PCB:tä yli 50 mg/kg ja jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä. PCB-jätteen käsittelyn tulisi tapahtua jäteasetuksen mukaisesti. Valtioneuvoston päätös<sup>44</sup> direktiivin täytäntöönpanemisesta on annettu 24.9.1998.

## 2.7. PCB-pitoisuuksia koskevat ohje- ja raja-arvot

1980-luvulla PCB-pitoisten jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa käytetyt raja-arvot ovat vaihdelleet eri maissa välillä 5-100 mg/kg<sup>45</sup>. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostus- eli SAMASE-projektissa<sup>46</sup> on esitetty ehdotuksia maankäytön ohje- ja raja-arvoiksi terveydelle ja ympäristölle haitallisille aineille. Monikäytön ohjearvoja pienempiä pitoisuuksia pidetään ihmiselle ja ympäristölle turvallisinä. Raja-arvot ilmaisevat haitta-ainepitoisuuden, jonka ylittyminen maaperässä edellyttää kunnostustoimenpiteitä. Arvoista voidaan poiketa tapauskohtaisen riskinarvioinnin perusteella. PCB:n raja-arvoksi maaperässä on esitetty pitoisuutta 0,5 mg/kg ja ohjearvoksi pitoisuutta 0,05 mg/kg.

Rakentamisen ympäristöteknologiaohjelmaan kuuluneen tutkimushankkeen *Saastuneiden maiden tutkiminen ja kunnostus* raportissa<sup>47</sup> esitetään PCB:n ohjearvoksi maanrakennukseen ja täyttömaakäyttöön arvoa 0,5 mg/kg ja kaatopaikkojen ja vastaavien peitemaatäyttöön arvoa 1,5 mg/kg. Kaatopaikkasijoitukseen alle 50 tonnin maa-ainesmäärille ohjearvoehdotus on 2,5 mg/kg.

Saastuneeksi epäillyn maa-alueen haitallisen aineen pitoisuutta voidaan verrata raja- ja ohjearvojen lisäksi lähiympäristön taustapitoisuuteen. PCB-pitoisuuksia on määritetty puisto- ja metsä-alueilta eri puolilta Helsinkiä<sup>48</sup>. Suurin osa pitoisuuksista on jäänyt alle määritysrajan 0,05 mg/kg. PCB:tä sisältäneet näytteet ovat olleet peräisin täyttömaa-alueilta ja sisältäneet PCB:tä 0,05-0,18 mg/kg. Nämä pitoisuusarvot on ilmoitettu poikkeuksellisesti näytteen märkäpainokiloa kohti.

Terveydensuojelullisin perustein on PCB:lle annettu haitalliseksi tunnettu pitoisuus- eli HTP-



arvot<sup>49</sup> suojaamaan työntekijöitä ilman epäpuhtauksilta esimerkiksi PCB-saumausten purku-työissä. Arvot ovat 0,5 mg/8 h ja 1,5 mg/15 min hengitysilmauutiometriä kohden. Kontaminoituneiden pintojen suositeltu työsuojelullinen raja-arvo<sup>50</sup> on 100 µg/m<sup>2</sup>. Elintarvikekäyttöön tarkoitettulle kalalle on raja-arvoksi asetettu 2,0 mg/kg<sup>51</sup>.

### 3. Kenttätutkimuksen aineisto ja menetelmät

Kenttätutkimus aloitettiin kesällä 1997 esitutkimuksella, jonka tarkoituksena oli alustavasti selvittää saumausmassoista ja rakennusten vierustojen maaperästä löytyviä PCB-pitoisuuksia sekä ohjata tutkimuskohteiden valintaa. Esitutkimuksessa otettiin näytteitä neljän 1960-luvun lopussa rakennetun asuinkerrostalon saumausmassoista sekä rakennusten viereisestä maaperästä.

Esitutkimuksen sekä kirjallisuus- ja haastatteluaineiston perusteella tutkimuskohteiksi valittiin vuosina 1965-1970 rakennettuja taloja, joiden saumauksissa voitiin olettaa käytetyn PCB:tä sisältäviä massoja. Tutkimuskohteiksi valitut asuinkerrostalot piha-alueineen sijaitsivat lähiöissä, joissa naapuritalot lähiympäristöineen olivat tutkimuskohteiden kaltaisia. Tutkimuskohteet ja niistä otetut näytteet on esitetty taulukossa 2. Esitutkimuksessa otetut näytteet sisältyvät aineistoon.

#### 3.1. Näytteidenotto

Näytteet otettiin heinä-lokakuussa 1997. Saumausmassanäytteiksi otettiin 1,5 - 5,0 metrin korkeudelta noin 10 cm:n pätkä saumausmassaa

elementtien pystysaumoista, rakennusten etelä-, länsi- ja pohjoissivuilta. Näytteistä otettiin seinäelementtien välisistä saumauksista 22 kpl, ikkunoita ympäröivistä tiivistyssaumauksista 5 kpl, joista 2 kpl rakennuksen pohjakerroksesta, ja 2 kpl parveke-elementtien saumauksista. Näytteitä otettiin alkuperäisistä ja uusituista massoista.

Kahden talon saumauksista otettiin saumausmassan lisäksi näytteet massojen alla sijanneista pohjanauhoista, joita oli käytetty kaikissa saumauskohteissa.

Taulukossa 2. mainittujen näytteiden lisäksi otettiin kohteesta Jakomäki 4. yksi näyte ikkunakarmin ja seinäelementin liitossaumaa suojaavasta puisesta vesilistasta, jonka alla oli alkupe-  
räistä saumausmassaa, sekä kaksi näytettä rakennuksen valmistumisen jälkeen tehdyistä lisätiivistyssaumauksista.

Vaihdettuja saumausmassoja tutkittaessa otettiin näytteitä kohdista, joissa elementtien reunoihin oli vaihdon yhteydessä jäänyt alkuperäistä massaa. Näytteenoton yhteydessä kirjattiin rakennusten kerrosluku, massojen kunto ja väri sekä saumausmassan sijainti. Pohjanauhoista kirjattiin ylös tiedot niiden materiaalista. Vesilistanäyte otettiin poraamalla lastuja listan läpi useasta kohdasta.

#### Maanäytteet

Maanäytteet otettiin nurmikoilta rakennuksen seinään nähden kohtisuorassa linjassa yhden tai kahden sellaisen pystysauman kohdalta, josta oli otettu saumausmassanäyte. Näytteenottoetäisyydet seinästä olivat 10 cm ja 1, 2, 5, 10 ja 20 metriä. Kohteesta Jakomäki 1, josta julkisivuele-

Taulukko 2. Tutkimuskohteet ja niistä otettujen näytteiden lukumäärä							
Kohde	Saumausmassat ja nauhat				Maaperä ja mineraaliaines		
	Alku- peräiset	Päälle- saumatut	Vaihte- tut	Pohja- nauha	Maa- perä	Seinä- betonit	Leikki- hiekkia
Jakomäki 1	1	2		1	10	1	1
Jakomäki 2	2		2	2		5	
Jakomäki 3	2	1				13	
Jakomäki 4	1	1					
Jakomäki 5	1	3			16		1
Kontula 1	1		2		10		
Kontula 2			2		16		1
Laajasalo 1		3			6		
Laajasalo 2		2			5		
Pihlajisto 1	1				7		
Pihlajisto 2					7		
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>77</b>	<b>19</b>	<b>3</b>



mentit purettiin kesän 1997 aikana, otettiin näytepari myös 30 metrin etäisyydeltä rakennuksesta ennen ja jälkeen elementtien purkamisen. Näytteet otettiin talon seinustalta alkaen ensimmäisellä näytteenottokerralla 10 metriin asti. 20 metrin etäisyydeltä otetut näytteet haettiin myöhemmin. Piha-alueen ollessa näytteenottokohdalla asfalttia tai soraa, ei näytteitä otettu. Näytteet otettiin siten, että tutkittava rakennus oli aina näytteenottoa kohden lähin rakennus.

Maanäytteet kaivettiin metallilapiolla pinta- maasta 0-10 cm syvyydeltä. Lapiolla puhdistettiin kunkin näytteenoton välillä harjaamalla. Kukin näyte koostui kolmesta, samalta etäisyydeltä seinästä puolen metrin välein otetusta 0,5 litran osanäytteestä. 10 cm etäisyydeltä rakennuksesta otettiin kustakin kohteesta esitutkimuksen tapaan vain yksi osanäyte. Jokaisessa tutkimuskohteessa näytteitä otettiin myös 10-30 cm syvyydestä näytteenottoa varten kaivetun kuopan seinäältä samoilta kohdilta kuin kyseisen etäisyyden pinta- maakerroksen osanäytteet. Osanäytteet sekoitettiin yhdeksi kokoomanäytteeksi. Näytteistä poistettiin suurimmat kivet ja juuret.

Näytteenoton yhteydessä tarkistettiin, oliko maa- aineksen joukossa vanhojen saumaussmassojen tai muiden rakennusjätteiden kappaleita. Tiedot maalajista sekä näytteenottokohdan kasvillisuu- desta ja maaperän kaltevuudesta kirjattiin.

Hiekkalaatikat, joista hiekkänäytteet otettiin, si- jaitivat 5 ja 20 metrin etäisyydellä kyseisten kohteiden rakennuksista. Hiekkalaatikoista yksi oli paikassa, jonka molemmiin puoliin sijaitsevista taloista purettiin julkisivuelementit kesän 1997 aikana. Näytteenotolla haluttiin selvittää, kul- keutuuko PCB:tä purkutyön yhteydessä piha- maalle.

#### Betoninäytteet

Elementtibetoninäytteet porattiin elementistä, jonka koko oli 280 cm x 200 cm x 7 cm. Näyt- teet otettiin pystylinjalta vaakasaumasta alaspäin ja vaakalinjalta pystysaumasta sivulle. Pystylinja jaettiin kuuteen ja vaakalinja viiteen osaan jao- tuksella 0-2, 2-10, 10-20, 20-60, 60-100 ja 100- 140 cm. Lisäksi otettiin näyte elementin keski- kohdasta.

Näytteet otettiin poraamalla kolme yhden cm:n läpimittaista reikää elementin läpi kuhunkin osaan ja yhdistämällä kustakin osasta saatu jauhe yhdeksi näytteeksi. Näytteenottolinjojen koh-

dalta otettiin näyte myös saumaussmassasta. Po- rausnäytteet otettiin kohteesta Jakomäki 3. Ele- mentti oli pesubetonia, jonka pintaan oli pese- mällä paljastettu kiviaines.

Murskenäytteet otettiin kahdesta talosta pure- tuista pintaelementeistä, jotka oli toimitettu murskausasemalle. Elementinkappaleiden reu- noista irrotettiin suurin osa saumaussmassoista. Näytteet kerättiin murskauskoneen hihnalta asti- aan, jossa niistä poistettiin lasivillan kappaleet. Näytteet seulottiin 5 mm:n seulalla. Toisesta ta- losta peräisin ollutta betonielementtijätettä murskattiin lisäksi sellaisenaan irrottamatta sau- maussmassoja. Tästä murskeesta otettiin seulot- tujen lisäksi myös seulomaton näyte.

#### Näytteiden kuljetus ja säilytys

Saumaussmassa- ja pohjanauhanäytteet suojattiin kuljetuksen ja säilytyksen ajaksi alumiinifoliolla. Muiden näytteiden kuljetus- ja säilytysastioina käytettiin 0,5-1,5 litran tiiviitä lasipurkkeja. Näytteitä säilytettiin laboratoriossa huoneen- lämmössä valolta suojattuna.

### **3.2. Näytteiden analysointi**

Näytteet analysoitiin Helsingin kaupungin ympä- ristölaboratoriossa soveltaen Tukholman yli- opiston soveltavan ympäristötutkimuksen insti- tuutissa, *Institutet för tillämpad miljöforskning vid Stockholms universitet*, kehitettyä menetel- mää<sup>3</sup>.

#### Esikäsittely

Saumaussmassa- ja pohjanauhanäytteistä ana- lysoitava noin 50 mg:n palanen otettiin sau- maussmassan tai pohjanauhan keskeltä. Kun näytteessä oli päällekkäin vanha ja uusi massa- kerros, otettiin näyte vanhasta.

Maanäytteet sekoitettiin ennen analysoitavan näyttemäärän punnitsemista. Punnettava määrä oli 1-10 grammaa riippuen maa-aineen hienoja- koisuudesta, orgaanisen aineksen määrästä ja näytteen PCB-pitoisuudesta. Näytteistä määri- tettiin kuivapaino. Orgaanisen aineksen määrää kuvaava hehkutushäviö määritettiin standardin SFS 3008 mukaisesti<sup>52</sup> muista kuin esitutkimuk- sessa kerätyistä näytteistä. Vesilistasta otettu puulastunäyte käsiteltiin maanäytteiden tavoin määrittämättä kuitenkaan hehkutushäviötä.

Betoninäytteiden rakeisuus vaihteli hienosta jau- heesta muutaman sentin kokoisiin kappaleisiin. Betonijätenäytteestä osa seulottiin 2 mm:n seu-

lalla. Osa betonijätenäytteistä ja murskatuista elementinkappaleista jauhettiin karkaistussa hii-literäs jauhinaastiassa rengasmyllyllä Geologian tutkimuslaitoksella. Näytteiden välillä mylly pestiin kvartsi-vesiseoksella ja etanolilla. PCB-pitoisuus määritettiin seulomattomasta, seulaan jääneestä ja seulan läpäisseestä murskeesta sekä mahdollisen esikäsittelyhävikin vuoksi myös jauhamattomasta näytteestä. Näytteitä punnittiin analyysiin niiden hienojakoisuudesta riippuen 0,1-1 grammaa.

#### Kokonais-PCB:n laskeminen ja PCB-yhdisteiden määrittäminen

Näytteet uutettiin ultraäänialtaassa asetoni-heksaaniseokseen. Kvantitatiivinen määrittäminen tehtiin kaasukromatografisesti massaselektiivisellä detektorilla. Kokonais-PCB määritettiin vertaamalla kunkin näytteen massaspekttriä kolmen kloorausasteeltaan erilaisen teknisen Aroclor-PCB-valmisteiden ja niiden seosten spektreihin. Vertailuvalmisteina käytettiin valmisteita Aroclor 1248, Aroclor 1254 ja Aroclor 1260. Vertailuyhdisteseokseksi valittiin se, jonka spektri muistutti eniten näytteestä saatua.

Aroclor-valmisteet ovat yksi teknisten PCB-valmisteiden ryhmä, jossa eri valmisteet erotetaan toisistaan tunnuslukusarjan mukaan. Nelinumeroisen lukusarjan kaksi viimeistä numeroa kertovat PCB-valmisteiden klooripitoisuuden prosentteina.

Kokonais-PCB laskettiin IUPAC:n, *International Union of Pure and Applied Chemistry*, suositusten mukaisesti neljää eri kloorausastetta edustavien viiden eri PCB-yhdisteen avulla. Niiden koodinumerot olivat 52, 101, 138, 153 ja 180. Yhdisteiden %-osuudet määritettiin teknisistä PCB-valmisteista. Kokonais-PCB laskettiin olettaen, että yksittäisten yhdisteiden osuus näytteessä oli sama kuin vertailuyhdisteseoksessa. Määrittämisraja oli kokonais-PCB:n osalta 0,02 mg/kg ja yksittäisten PCB-yhdisteiden osalta näytteestä riippuen 0,0006-0,005 mg/kg.

Kaikista näytteistä määritettiin lisäksi taulukossa 1. mainittujen 12 yksittäisen PCB-yhdisteen pitoisuus. Myös nämä yhdisteet valittiin IUPAC:n suositusten mukaisesti.

## 4. Kenttätutkimuksen tulokset ja niiden tarkastelu

### 4.1. Saumausmassojen PCB-pitoisuudet

Saumausmassat jaettiin neljään luokkaan suhteessa saumausten uusintatilanteeseen. Alkuperäisiä saumausmassoja ei oltu rakennusten valmistumisen jälkeen korjattu tai paikattu. Uusitut saumausmassat on jaettu päällesaukauksella uusittuihin ja vaihdettuihin. Rakennusten valmistumisen jälkeen tehty lisätiivistys-saumaukset on käsitelty omana ryhmänään. Näin luokiteltujen massojen PCB-pitoisuudet on esitetty taulukossa 3. Pitoisuusmäärittysten tulokset on selvityksessä esitetty kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

**Taulukko 3. Saumausmassojen PCB-pitoisuuksien keskiarvot vaihteluväleineen uusintatilanteen mukaisesti ryhmiteltynä, mg/kg**

Uusintatilanne	n	pienin	keskiarvo	suurin
Alkuperäinen	9	3300	24000	67000
Päällesauauttu	12	3300	25000	54000
Vaihdettu	6	73	810	2500
Lisätiivistysmassa	2	4,4	47	89

Kaikkien tutkittujen, vuosina 1965-1970 valmistuneiden talojen saumausmassoista löytyi PCB:tä, joten rakennusvaiheen saumaus oli niissä tehty PCB:tä sisältävillä massoilla. Vaihdettuihin saumausmassoihin, jotka eivät alunperin sisältäneet PCB:tä, sitä oli imeytynyt ympäröivistä rakenteista. Pienin havaittu PCB-pitoisuus oli lisätiivistysmassasta mitattu 4,4 mg/kg ja suurin alkuperäisestä saumausmassasta mitattu 67 000 mg/kg. Päällesaukauksella uusituista massoista PCB-pitoisuuden määrittäminen tehtiin alkuperäisestä massasta, minkä vuoksi niistä saadut tulokset ovat hyvin samankaltaisia alkuperäissaumauksista saatujen kanssa.

Alkuperäisissä ja päällesaumatuissa massoissa pitoisuudet olivat suurimmat rakennusten pohjoisseinustoilla ja pienimmät etelä-länsiseinustoilla. Esimerkiksi kohteessa Jakomäki 3 rakennuksen länsiseinustalta otetuissa näytteissä pitoisuudet olivat 15 000 ja 17 000 mg/kg ja saman rakennuksen pohjoisseinustan näytteessä 53 000 mg/kg. On todennäköistä, että kukin rakennus on alunperin saumattu massalla, jonka PCB-pitoisuus on ollut sama koko rakennuksessa. Rakennuksen etelä- ja länsiseinustalla sijaitsevista saumausmassoista olisi siten vapautunut

PCB:tä ympäristöön enemmän kuin pohjois-seinustan saumauksista.

Saumausmassojen PCB-pitoisuudet vaihtelivat tutkimuskohteittain taulukossa 4. esitetyllä tavalla.

**Taulukko 4. PCB-pitoisuuksien vaihtelu samasta rakennuksesta otetuissa saumausmassanäytteissä kohteittain, mg/kg**

Kohde	pienin	uusintatilanne	suurin	uusintatilanne	n
Jakomäki 1	3300	päällesaumattu	36000	alkuperäinen	3
Jakomäki 2	440	vaihdettu	67000	alkuperäinen	4
Jakomäki 3	15000	alkuperäinen	53000	päällesaumattu	3
Jakomäki 4	19000	päällesaumattu	33000	alkuperäinen	2
Jakomäki 5	5400	päällesaumattu	24000	alkuperäinen	4
Kontula 1	4,4	lisätiivistys	4000	alkuperäinen	4
Kontula 2	89	lisätiivistys	2500	vaihdettu	3
Laajasalo 1	22000	päällesaumattu	54000	päällesaumattu	3
Laajasalo 2	11000	päällesaumattu	29000	päällesaumattu	2

Tulos osoittaa, että yhden ja saman rakennuksen eri kohdissa olevien saumausmassojen PCB-pitoisuudet voivat poiketa toisistaan huomattavasti. Suurimpia pitoisuuserot ovat uusintatilanteeltaan erilaisten saumausmassojen välillä. Tällöin erot voivat muodostua kertaluokkien suuruiseksi.

Yhteensä 29 tutkitusta saumausmassanäytteestä yhtä lisätiivistysmassanäytettä lukuunottamatta kaikkien pitoisuus ylitti PCB-direktiivin<sup>43</sup> 50 mg/kg raja-arvon, keskimäärin 350-kertaisesti. Näytekohtaiset tulokset mukaanlukien kohteiden rakennusvuodet, näyteseinustan ilmansuunta ja näytteenottokohdan sijainti on esitetty uusintatilanteen mukaisesti ryhmiteltyinä liitetaulukossa 1.

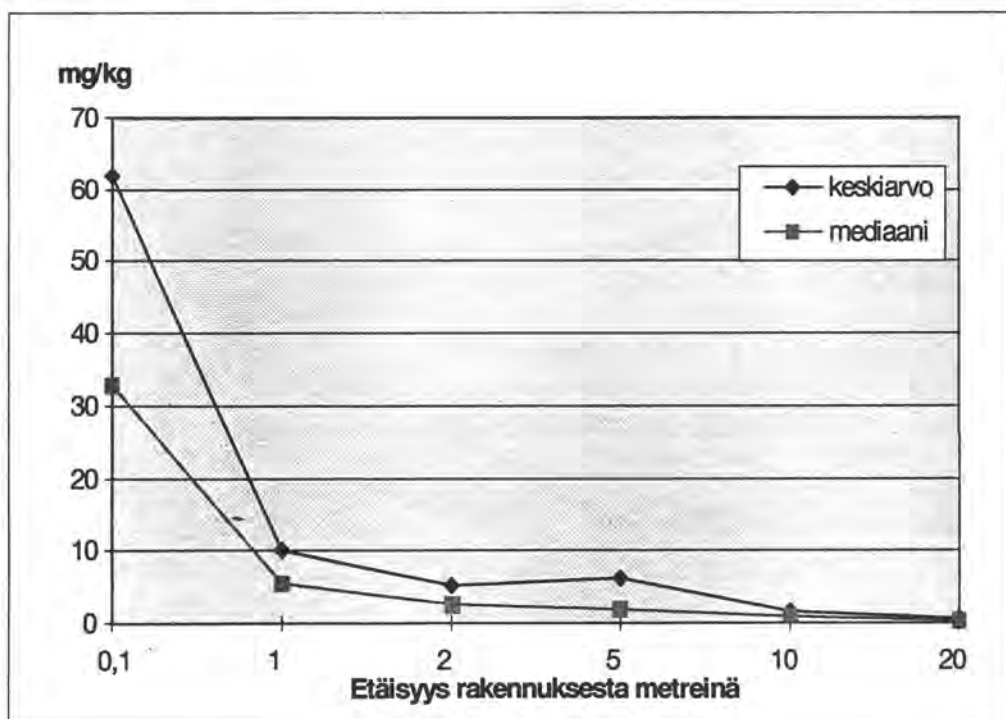
PCB-pitoisuuden runsasta vaihtelua selittää se, että rakennusvaiheen saumausmassojen PCB-pitoisuudet vaihtelivat eri rakennusten välillä, ja näytteet olivat peräisin uusinta-

tilanteelta erilaisista saumausmassoista. Saumausmassoihin alunperin lisätyt PCB-määrät olivat keskimäärin 100 000 mg/kg eli kymmenisen prosenttia. Näistä lukemista alkuperäisten saumausmassojen PCB-pitoisuudet ovat laskeutuneet noin 2,5 % tasolle.

Nyt saadut tulokset sijoittuvat sen laajan vaihtelun sisälle, joka on kuvattuna vastaavassa Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa<sup>3</sup> ja vastaavat sen keskiarvotasoa. Tulos, jonka mukaan PCB-pitoisuudet ovat suurimpia rakennusten pohjois-seinustan massoissa, saa myös tukea em. tutkimuksesta.

#### 4.2. Maaperän PCB-pitoisuudet

Kaikissa tutkituissa kohteissa oli PCB:tä levinnyt saumausmassoista rakennuksia ympäröivään maaperään. Maaperästä havaitut pitoisuudet olivat luokkaa 33 ja 62 mg/kg 0,1 metrin etäisyydellä rakennuksesta ja alenivat niin, että 20 metrin etäisyydellä ne olivat luokkaa 0,43 ja 0,56 mg/kg mediaanilla ja keskiarvolla kuvattuina. Pitoisuudet on laskettu näytteen kuivapainoa kohden.



Kuva 1. Asuinrakennusten piha-alueiden pintamaan PCB-pitoisuus eri etäisyyksillä rakennuksista 0-10 cm:n syvyydessä. Huomaa etäisyysakselin tasavälisyys.



Maaperän PCB-pitoisuudet pääsääntöisesti pienenevät, kun etäisyys rakennuksesta kasvoi. Joissakin yksittäisissä näytepisteissä pitoisuudet olivat korkeampia kauempana rakennuksesta. Kuvassa 1. on esitettyä kaikista kohteista eri etäisyyksiltä rakennuksista 0-10 cm syvyydestä otettujen maanäytteiden PCB:n keskipitoisuudet. Vastaavat lukuarvot hajontoineen ja vaihteluväleinen on esitetty liitetaulukossa 2.

Kaikilla näytteenottoetäisyyksillä ero pienimmän ja suurimman PCB-pitoisuuden välillä oli moninkertainen. Aivan seinustan vierestä otettujen näytteiden pitoisuudet vaihtelivat välillä 5,8-300 mg/kg, 1 metrin etäisyydellä välillä 1,0-36 mg/kg, 2 metrin etäisyydellä välillä 1,6-21 mg/kg, 5 metrin etäisyydellä välillä 0,96-21 mg/kg, 10 metrin etäisyydellä välillä 0,39-5,2 mg/kg ja 20 metrin etäisyydellä välillä 0,11-1,7 mg/kg. Näytekohtaiset tulokset on esitetty liitetaulukossa 3.

Näytteen PCB-pitoisuus oli kussakin näytteenottokohdassa aina suurempi syvyydellä 0-10 cm kuin 10-30 cm. Pienin mitattu pitoisuus näytesyvyydellä 10 cm oli 0,5 mg/kg ja syvyydellä 10-30 cm 0,089 mg/kg, suurin vastaavasti 300 ja 26 mg/kg. Taulukossa 5. ja kuvassa 2. on esitetty maaperän PCB-pitoisuuksien keskitulokset ja vaihteluväli niistä näytteenottokohdista, joista otettiin näytteet kummastakin näytesyvyydestä.

Kahdessa rakennuksen vierestä otetussa pintamaanäytteessä

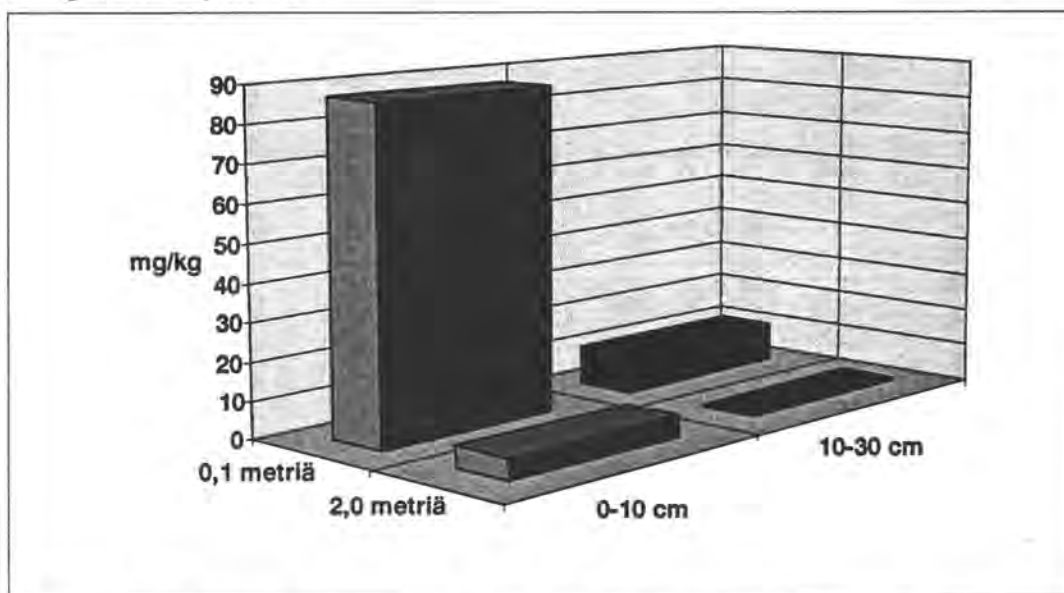
PCB-pitoisuudet ylittivät PCB-direktiivin<sup>43</sup> raja-arvon 50 mg/kg. Kyseisessä kohteessa pitoisuudet olivat korkeita myös 1 ja 2 metrin etäisyydellä rakennuksesta. Kohteen piha oli rakennukseen päin kalteva, joten saumaussmassoista vapautuva PCB saattoi kertyä rakennuksen vierustalle.

VTT:n<sup>47</sup> ehdottama kaatopaikkakelpoisuusraja-arvo 2,5 mg/kg, mitä on tarkoitettu sovellettavaksi alle 50 tonnin maa-ainesmääriin, asetui kohdalle, joka kattoi rakennusten viereiset pintamaat keskimäärin viiden metrin etäisyydelle rakennuksista. SAMASE-raportissa<sup>46</sup> maan monikäytölle ehdotettu ohjearvopitoisuus 0,05 mg/kg ylittyi kaikissa näytteissä (yhteensä 77 kpl) ja raportissa ehdotettu raja-arvopitoisuus 0,5 mg/kg ylittyi 65 näytteessä.

Kummassakin Pihlajiston kohteessa, joissa rakennusten viereisiä maa-aineksia oli siirrelty korjaustöiden yhteydessä, löytyivät korkeimmat PCB-pitoisuudet 5 metrin etäisyydeltä rakennuksesta. Maaperänäytteessä, joka otettiin puistomaisesta metsiköstä 30 metrin etäisyydeltä rakennuksesta purkutöiden alkuvaiheessa, oli PCB:tä

**Taulukko 5. Maaperän PCB-pitoisuus eri syvyyksillä maan pinnasta ja eri etäisyyksillä PCB-saumatuista rakennuksista**

Syvyys cm	Etäisyys m	n	PCB-pitoisuudet mg/kg			
			pienin	mediaani	keskiarvo	suurin
0-10	0,1	5	5,8	39	87	300
0-10	2	7	2,1	2,8	5,6	21
0-10	5-20	5	0,50	1,7	8,4	21
10-30	0,1	5	1,5	6,5	11	26
10-30	2	7	0,26	0,84	0,84	1,6
10-30	5-20	5	0,089	0,30	0,43	1,3



**Kuva 2. PCB-pitoisuus pintamaassa 0-10 cm:n ja 10-30 cm:n syvyydellä välittömästi sokkelin vieressä ja kahden metrin etäisyydellä rakennuksesta.**

0,65 mg/kg. Samasta metsiköstä purkutyön loppuvaiheessa otetun näytteen PCB-pitoisuus oli 5,4 mg/kg. Mahdollinen selitys tälle on elementtien sahauksen ja alaspudottelun yhteydessä työmaalta metsikköön leijunut PCB-pitoinen pöly.

PCB:n sitoutumiseen maaperään vaikuttaa orgaanisen aineksen määrä ja maalajin hiukkaskoko<sup>15</sup>. Orgaanista ainesta oli pintamaassa keskimäärin kaksi kertaa enemmän kuin syvemmällä, taulukko 6, joten PCB:n pidäytyminen runsaampana pintamaakerrokseen oli odotettua. Ensimmäinen selittäjä lienee kuitenkin PCB:n voimakas pidäytyminen maaperään. PCB:n kulkeutuminen pintamaasta alempiin maakerrokseen on hyvin heikkoa<sup>53</sup>. PCB-pitoisuuksiin vaikutti etäisyys rakennuksesta niin hallitsevasti, ettei pitoisuuden riippuvuutta orgaanisen aineksen määrästä tarkasteltu erikseen.

**Taulukko 6. Maaperän orgaanisen aineksen määrä hehikutushäviönä määritettynä eri syvyyksiltä, %** Esitutkimuksen yhteydessä otetuista näytteistä määrittystä ei tehty

Syvyys	pienin	keskiarvo	suurin	hajonta	n
Pintamaakerros 0-10 cm	2	12	41	5,7	56
Alempi kerros 10-30 cm	3	6,6	18	3,6	17

Maaperän PCB-pitoisuuksiin vaikuttavat lisäksi asfaltoitujen alueiden osuus ja piha-alueen kaltevuus, jotka mahdollistavat PCB:n kertymisen tiettyihin paikkoihin, sekä pihamailla tehty kivi- ja maansiirtotyöt.

Hiekkalaatikkohiekasta ei todettu PCB:tä. Hiekka uusitaan ajoittain eikä se sisällä PCB:n sitoutumisessa keskeistä orgaanista ainesta. Hiekkalaatikonäytteissä orgaanisen aineksen määrä jäi enimmillään yhteen prosenttiin. Myöskään keskellä purkutyömaita sijainneeseen hiekkalaatikkoon ei ollut kertynyt PCB:tä. Tutkimuskohteissa ei ollut lasten leikkipaikkoja viittä metriä lähempänä rakennuksia.

Ruotsissa tehdyn<sup>3</sup> ja tämän tutkimuksen tulosten vastaavuus on hyvä havaittujen etäisyys- ja syvyysriippuvaisten kausaalisuhteiden osalta. Rakennusten läheisyydessä viiteen metriin asti havaittiin tässä tutkimuksessa selvästi korkeampia pitoisuuksia osassa kohteista kuin em. tutkimuksessa. Sen aineisto oli peräisin vain yhdestä kohteesta, jossa ei oltu tehty saumauskorjauksia, mikä osaltaan selittänee eroa.

Uusintasaumauksia tehtäessä on PCB-pitoisia jätteitä päässyt leviämään ympäristöön. PCB:tä on saattanut levitä maaperään myös rakennusvaiheen yhteydessä massoja sekoitettaessa ja kä-

siteltäessä. Aiemmin oli käytäntönä, että ylijääneet tai ennen levitystä kovettuneet saumaussmassat ja muut jätteet haudattiin rakennusten sokkelien juureen<sup>39,54</sup>. Näytteenotossa merkkejä tällaisesta ei havaittu. PCB:tä on käytetty myös maakaapeleissa<sup>55</sup> ja muissa rakennusmateriaaleissa kuten ruostesuojamaaleissa<sup>6</sup>. Nämä mahdollistavat satunnaisten korkeiden pistekoh- taisten PCB-pitoisuuksien esiintymisen.

#### 4.3. Saumaussmassojen viereisten rakennusmateriaalien PCB-pitoisuudet

##### Julkisivubetonit

Julkisivubetonista aivan sauman vierestä poraamalla otettujen näytteiden PCB-pitoisuudet olivat tuhannesosien luokkaa saumaussmassan pitoisuudesta ja laskivat etäämmälle mentäessä nope-

asti. Osassa näytteitä PCB:tä ei todettu. Selvitetessä PCB:n siirtymistä saumaussmassasta parveke-elementtiin 2 cm:n päähän saumasta mitattiin massasta pitoisuus 36 000 mg/kg ja betonista 20 mg/kg. Julkisivuelementistä otettujen näytteiden PCB-pitoisuudet on esitetty taulukossa 7. yhdessä elementtinäytteiden porauslinjojen kohdalta otettujen saumaussmassanäytteiden pitoisuuksien kanssa.

**Taulukko 7. PCB-pitoisuudet saumaussmassoissa ja niiden viereisessä julkisivubetonissa eri etäisyyksillä saumoista**

Pystylinja	mg/kg	Vaakalinja	mg/kg
Massassa	15 000	Massassa	17 000
0 - 2 cm	28	0 - 2 cm	5,8
2 - 10 cm	0,16	2 - 10 cm	0,18
10 - 20 cm	0,01	10 - 20 cm	ei tod.
20 - 60 cm	ei tod.	20 - 60 cm	ei tod.
60 - 100 cm	0,099	60 - 100 cm	ei tod.
100 - 140	0,13		
keskikohta	ei tod.	keskikohta	ei tod.

Betonijäte ja elementtien kappaleet olivat peräisin rakennuksista, joiden saumauksista otettujen näytteiden PCB-pitoisuudet vaihtelivat välillä

**Taulukko 8. Betonimurskenäytteiden PCB-pitoisuudet**

Näytteen laatu ja käsittely	Pitoisuus, mg/kg
<b>Elementin kappaleet</b>	
murskaus, seulonta, hienonnus	4,4
murskaus, seulonta, hienonnus	0,50
<b>Betonijäte</b>	
murskaus	6,8
murskaus, seulonta (> 2 mm jae)	0,46
murskaus, seulonta (< 2 mm jae)	4,4
murskaus, hienonnus	2,7
<b>Pitoisuuskeskiarvo</b>	<b>3,21</b>

440-67 000 mg/kg. Taulukossa 8. on esitetty näytteiden esikäsittely ja PCB-pitoisuudet.

Betonimurskeesta otettujen näytteiden PCB-pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,46-6,8 mg/kg. Näytteet kuvasivat betonijätteen keskimääräistä PCB-pitoisuutta. PCB-direktiivin<sup>43</sup> raja-arvo 50 mg/kg ei ylittynyt betonista otetuissa näytteissä, joita tutkittiin 19 kpl. Kaatopaikkasijoituksen ohjearvosuositus<sup>47</sup> 2,5 mg/kg ylittyi 7 näytteessä, joista kolme oli otettu 0-2 cm etäisyydeltä saumausmassasta. Murskenäytteissä oli PCB:tä yli 0,5 mg/kg, mitä on esitetty maanrakennuksessa ja -täytössä käytettävien aineiden raja-arvoksi<sup>47</sup>.

Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa aivan betonielementin reunasta, 0,4 cm:n etäisyydeltä, otettujen näytteiden PCB-pitoisuudet olivat poraussyvydestä riippuen välillä 13-180 mg/kg. Elementin reunasta 50 cm etäisyydeltä löytyi PCB:tä noin 0,05 mg/kg<sup>3</sup>. Pitoisuudet vastasivat nyt määritettyjä.

Murskatusta betonista otettujen näytteiden PCB-pitoisuuteen saattoi vaikuttaa se, oliko murskatun jätteen joukossa rakennusaikaisia vaiko vaihdettuja saumausmassoja. Koska elementin kappaleista ja betonijätteestä otetut näytteet antoivat saman suuruusluokan tuloksia, ei saumausmassan läsnäolo murskauksen aikana näyttänyt lisäävän itse näytteen PCB-pitoisuutta.

Osa tehdasvalmisteisista betonielementeistä on saattanut alunperin sisältää PCB:tä. Sementtivalimoilla käytettiin 1950-1970-luvuilla muottiöljyjä jätteenä, joiden joukossa oli myös kondensaattori- ja muuntajaöljyjä<sup>56</sup>.

#### Pohjanauhat ja vesilista

Alkuperäisten saumausmassojen alla olleiden pohjanauhojen PCB-pitoisuudet olivat 16 000 ja 1 300 mg/kg ja uusintasaumausten yhteydessä vaihdetun pohjanauhan 310 mg/kg. Alkuperäiset

pohjanauhat olivat avosoluista vaahtomuovia ja vaihdettu umpisoluista solumuovia. Pohjanauhanäytteiden ja nauhojen päällä olleiden saumausmassojen PCB-pitoisuudet on esitetty taulukossa 9.

**Taulukko 9. Pohjanauhojen ja saumausmassojen PCB-pitoisuudet, mg/kg**

Uusintatilanne	nauha	massa
Alkuperäinen	16000	36000
Alkuperäinen	1300	42000
Vaihdettu	310	730

Koska pohjanauha on kiinnittyneenä saumausmassaan koko leveydeltään, siirtyy PCB siihen helposti. On myös mahdollista, että osa alkupe-  
räisistä pohjanauhoista on muovipohjaisina tuotteina sisältänyt PCB:tä.

Puisen vesilistan alla oli alkuperäistä saumausmassaa. Listasta otetun näytteen PCB-pitoisuudeksi määritettiin 17 mg/kg, mikä on samaa luokkaa kuin saumausmassaa lähinnä olevassa betonikerroksessa.

#### **4.4. Yksittäisten PCB-yhdisteiden pitoisuudet ja osuudet**

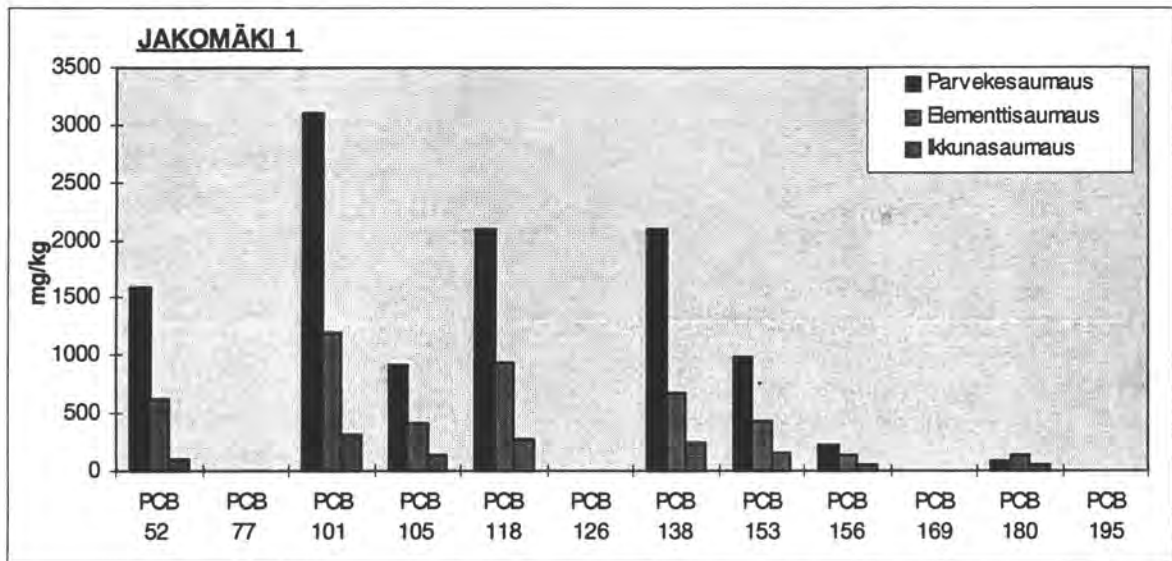
##### Saumausmassat

Tutkitut saumausmassat sisälsivät kloorausasteeltaan ja klooriatomien sijainniltaan erilaisia PCB-yhdisteitä. Niiden yhdistekoostumus vastasi vertailumateriaaleina käytettyjä teknisiä PCB-valmisteita. Koska eri kauppanimillä markkinoit-  
dut PCB-valmisteet olivat koostumukseltaan toistensa kaltaisia, ei määritysten perusteella voitu päätellä, mitä valmistetta saumausmassoissa oli käytetty. Kaikista tutkituista massoista löytyivät yhdisteet PCB 101 ja PCB 118, lähes kaikista myös yhdisteet PCB 138 ja PCB 52. Seuraavaksi yleisimmin esiintyivät yhdisteet PCB 180 ja PCB 156.

Tasomaisista yhdisteistä todettiin yhden kohteen näytteistä PCB 77 -yhdistettä pitoisuuksina 1,0 ja 24 mg/kg. PCB 126 - tai PCB 169 -yhdisteitä ei näytteistä todettu.

Määritettyjen PCB-yhdisteiden suhteelliset osuudet vaihtelivat eri kohteissa. Vaihtelua oli myös samasta kohteesta otettujen näytteiden välillä. Eri kohteille olivat tyypillisiä joko neljäviisiklooriset Aroclor 1248 -tyypin, viisikuusiklooriset Aroclor 1254 -tyypin tai kuusi-seitsemänklooriset Aroclor 1260 -tyypin yhdisteet. Myös näiden seostyyppinä esiintyi.





**Kuva 3. Yksittäisten PCB-yhdisteiden pitoisuudet tutkimuskohteesta Jakomäki 1 otetuissa, eri kohdissa rakennusta sijainneissa saumausmassanäytteissä.**

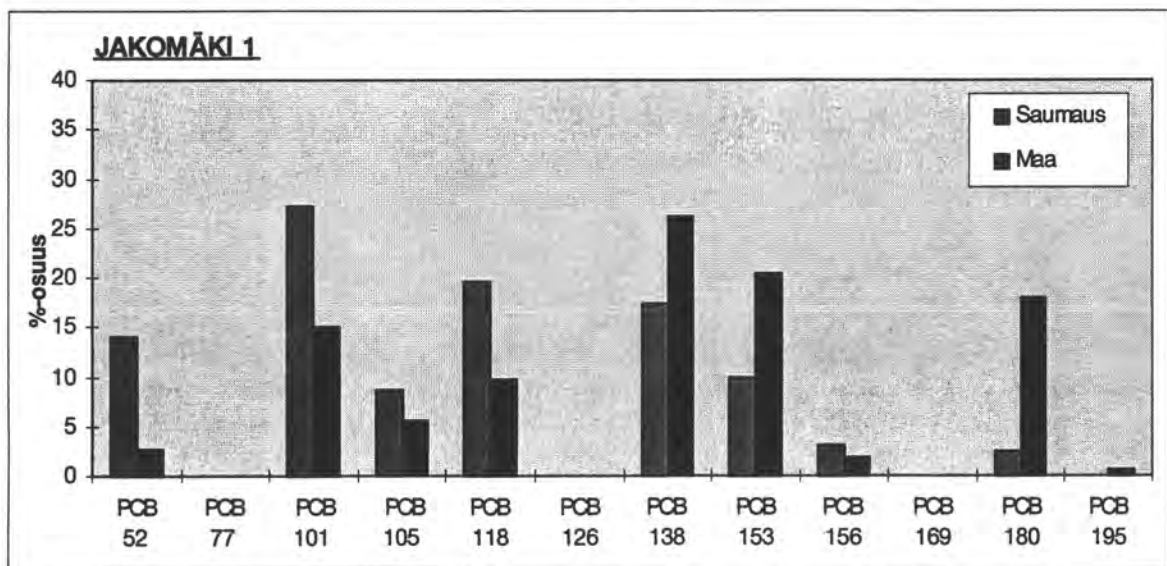
Kuvassa 3. on esitetty PCB-yhdisteiden pitoisuudet kohteen Jakomäki 1 saumausmassoissa saumojen sijainnin mukaisesti ryhmiteltyinä.

Runsaimpia Aroclor 1248 -tyypin yhdisteitä olivat PCB 52, PCB 101 ja PCB 118, Aroclor 1254 -tyypin yhdisteitä PCB 101, PCB 118 ja PCB 138 ja Aroclor 1260 -tyypin yhdisteitä PCB 138, PCB 153 ja PCB 180. Viimemainitun yhdisteityypin näytteistä löytyi myös kahdeksankloorista PCB 195 -yhdistettä. Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa<sup>3</sup> ei yksittäisten PCB-yhdisteiden pitoisuuksia raportoitu eikä mitään vertailukelpoisia tuloksia ollut käytettävissä.

#### Maaperä

Niissä maanäytteissä, joissa todettiin PCB:tä, oli kaikissa PCB 138 - ja PCB 153 -yhdisteitä ja lähes kaikissa myös PCB 101 -, PCB 118 - ja PCB 180 -yhdisteitä.

Tasomaisista yhdisteistä PCB 126:tä oli kuudessa yhteensä 77 näytteestä. Kolmessa näytteessä sen pitoisuudet olivat 0,001, 0,001 ja 0,006 mg/kg. Muissa pitoisuus jäi määrittämissä 0,0006 mg/kg alapuolelle. PCB 77 -yhdistettä todettiin yhdeksässä näytteessä. Kahdessa näytteessä sitä oli 0,004 ja 0,012 mg/kg muiden jäädessä alle määrittämissä. PCB 169 -yhdistettä ei näytteistä todettu.



**Kuva 4. Määritettyjen PCB-yhdisteiden suhteelliset osuudet saumausmassoissa ja maaperässä tutkimuskohteessa Jakomäki 1.**



Kuvassa 4. on esitetty määritettyjen PCB-yhdisteiden suhteelliset osuudet esimerkkikohteen Jakomäki 1 saumausmassoissa ja maaperässä. Suhteelliset osuudet on laskettu keskiarvoina kaikista kyseisestä kohteesta otetuista näytteistä. Saumausmassoissa yleisimpiä olivat neljaviisiklooriset, maaperässä puolestaan kuusi-seitsemänklooriset yhdisteet.

Kohteissa, joiden saumausmassat olivat lähellä Aroclor-tyyppiä 1248 tai 1254, olivat määritettyjen PCB-yhdisteiden suhteelliset osuudet saumausmassoissa erilaiset kuin maaperässä. Maaperässä löytyi runsaammin korkeamman kloorausasteen yhdisteitä. Saumausmassojen oltua tyyppiä 1260 osuudet vastasivat toisiaan. Selitys tähän on eri PCB-yhdisteiden erilainen biohajoavuus maaperässä. Klooriatomien lukumäärän ollessa 5 tai suurempi ovat yhdisteet pysyviä<sup>13</sup>. Puhdistamolietteilä lannoitetuilla pelloilla on todettu 5- tai useampiklooristen yhdisteiden osuuden kasvavan ajan kuluessa<sup>57</sup>, mikä tukee nyt havaittua.

#### Julkisivubetoni, pohjanauhat ja vesilista

Betoni- ja pohjanauhanäytteitä otettiin rakennuksista, joiden saumausmassoista otetut näytteet olivat Aroclor-tyyppiä 1254, 1254+1260 ja 1260. Yleisimpiä määritetyistä yhdisteistä olivat PCB 101, PCB 118, PCB 138 ja PCB 153. Tasomaisia PCB-yhdisteitä ei todettu betoni- tai pohjanauhanäytteistä eikä vesilistanäytteistä.

#### **4.5. Virhelähteet**

PCB-pitoisuuksien vaihtelusta eri kohdissa saumausmassaa, pohjanauhaa, betonia ja maaperää oli selvitystä aloitettaessa vain vähän etukäteistietoa, joten näytteiden edustavuus ei ollut paras mahdollinen. Yhdistettynä pieneen näyttemäärään ja vähäiseen kohdemäärään saadut tulokset ovat pohjanauhojen ja betonin PCB-pitoisuuksien osalta sattumanvaraisia ja parhaimmillaankin vain suuntaa-antavia.

Maanäytteet rakennuksen seinästä 10 metriin asti otettiin vastoin hyvää kenttätutkimuskäytäntöä laskevan pitoisuusgradientin suuntaan, mikä mahdollisti alhaisen pitoisuuden näytteiden kontaminoitumisen 10 metrin näytteenottoetäisyydelle saakka. Vaikka tämä virhelähde tuskin vaikutti tuloksiin, on se metodisesti merkittävä.

### **5. Arvioita saumausmassojen PCB:n aiheuttamista ongelmista**

Helsingissä on useita lähiöitä, jotka on rakennettu 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa, jolloin PCB-pitoisia saumausmassoja käytettiin yleisesti. Suurin osa tuonaikaisista elementtien saumauksista on kertaalleen uusittu. 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa saumauksia korjattiin päällesaumauksella, jolloin vanha massa jäi uuden alle. Alkuperäisiä saumausmassoja on myös katto- ja ikkunapeltien ja ikkunoiden vesilistojen alla sekä lämpölasien tiivistyksissä. Lähiöissä tehdään lähivuosina laajoja ulkorakenteiden korjauksia, joiden yhteydessä käsitellään ja poistetaan PCB-pitoisia materiaaleja.

Elementtikerrostalon julkisivuilla on saumausmassaa keskimäärin sata kiloa. Mikäli saumat ovat alkuperäisiä tai päällesaumattuja, on rakennuksessa PCB:tä keskimäärin 2,5 kiloa. Monikerroksisten, moniportaisten elementtitalojen saumauksissa saattaa PCB:tä olla joitakin kymmeniä kiloja.

PCB-yhdisteistä yleisimpiä ovat melko vaaratomat yhdisteet. Haitallisimpia, tasomaisia yhdisteitä todettiin yhden kohteen saumausmassoista ja viidessä kohteessa maaperästä. Tasomaisten yhdisteiden pitoisuudet maaperässä olivat alhaisia.

PCB:tä oli kaikissa kohteissa siirtynyt saumausmassoista viereisiin materiaaleihin ja maaperään. Arvioitaessa piha-alueiden maaperässä olevan PCB:n aiheuttamia terveysriskejä pidetään yhtenä altistumistienä sitä, että lapset saavat PCB:tä maasta suuhunsa. Leikkialueet sijaitsevat kuitenkin harvoin kiinni rakennuksessa korkeiden PCB-pitoisuuksien vyöhykkeellä, ja tutkittujen hiekkalaatikoiden maa-aines oli puhdasta.

Laajojen julkisivukorjausten ja pihatöiden yhteydessä voi kaivettuja maa-aineksia olla läjitettynä piha-alueelle. Korjaustöiden valmistuttua ne siirretään takaisin kaivupaikoilleen. Jos ne jätetään ilman kasvillisuutta tai muuta katetta, voi niistä vapautua PCB:tä. Sitä voi myös löytyä syvemmältä rakennusten viereisestä maaperästä rakennusaikaisena jätteenä korkeina pistekohtaisina pitoisuuksina, mikä lisää mahdollisuutta altistumiseen korjaustöiden yhteydessä.

Rakennusmateriaalien sisältämä PCB vaikeuttaa materiaalien kierrättämistä ja käsittelyä. Puurakenteiden energiahyötykäyttö voi vaikeutua ja

betonielementtimurskeen maanrakennus- ja uusiokäyttöä on harkittava uudelleen.

Useissa rakennuksissa PCB-pitoisilla saumaussmassoilla on julkisivuelementtien lisäksi tiivistetty ikkunoiden ja ovien ympärykset. Korvausilmaa tulee niiden kautta elementtitalojen asuntoihin, ja PCB:tä voi sen mukana kulkeutua sisäilmaan. Saksassa on määritetty PCB-pitoisilla massoilla saumattujen vanhojen elementtirakennusten sisäilmasta PCB:tä. Pitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 35-7000 ng/m<sup>3</sup>. Vaikka rakennuksista poistettiin PCB-pitoiset saumaussmassat, löytyi ilmasta edelleen PCB:tä. Sen todettiin kulkeutuneen sisäilmaan paitsi alkuperäisestä lähteestä, myös huoneistojen seinistä ja katoista pölyämisen tai uudelleenhaihtumisen seurauksena<sup>58,59</sup>. Saksassa onkin tutkittu ja kehitelty erilaisia PCB:tä sisäilmasta poistavia saneerausmenetelmiä ja -välineitä kuten PCB:tä adsorboivia seinäpäällysteitä<sup>4</sup>. Suomesta ei ole esittää vastaavia tutkimustuloksia eikä siten myöskään arviota PCB:n mahdollisesti aiheuttamasta sisäilmaongelmasta.

Arvioitaessa PCB-saumausten aiheuttamaa ongelmaa ekosysteemitasolla on keskeistä, millainen merkitys saumaussmassoista vapautuneilla ja vapautuvilla PCB-määrillä on ravintoketjujen kannalta. Tähän kysymykseen ei tällä selvityksellä pyritty vastaamaan.

## 6. Viranomaisohjeet

Suurin osa saumaussmassoihin liittyvistä korjauksista on uusintasaumauksia, joissa vanhat saumaussmassat poistetaan. Suurissa julkisivukorjauksissa poistetaan myös saumaussmassojen vieressä olevia rakenteita. Ikkunaremonttien ja esimerkiksi julkisivuelementtien purkutöiden yhteydessä saumaussmassat jäävät yleensä kiinni poistettavien rakenteiden reunoihin.

Vuosina 1960-1973 rakennettujen elementtitalojen saumaussmassoissa on niin paljon PCB:tä, että ne ovat ongelmajätettä. Tämä koskee sekä alkuperäisiä että päällesaumauksella uusittuja ja vaihdettuja massoja. Tämän vuoksi Helsingin ympäristökeskus on antanut ohjeet jätteiden käsittelystä tähän selvitykseen otettujen PCB-pitoisuusnäytteiden tulosten tultua tietoon.

Helsingissä edellytetään<sup>60,61</sup>, että uusintasaumaus-, ikkunaremontti- ja pintaelementtien purkutyökohteissa saumaussmassojen PCB-pitoisuus selvitetään laboratoriotutkimuksella

ennen töiden aloittamista. Mikäli näytteet sisältävät PCB:tä, tulee korjaustyöt tehdä niin, ettei PCB:tä leviä ympäristöön. Sekä saumaussmassat ja pohjanauhat että elementtien hiontapöly ohjataan ongelmajätekäsittelyyn. Raja-arvona käytetään PCB-direktiivin<sup>43</sup> arvoa 50 mg/kg. Sitä alhaisemman pitoisuuden rakennusjäte ohjataan kaatopaikalle.

Saastuneiden maamassojen suhteen Helsinki on antanut ohjeen<sup>62</sup>, jonka mukaan maata ei saa ennen ympäristökeskuksen tutkimuksia kaivaa kohteissa, joiden on ollut mahdollista saastua saumaussmassojen PCB:stä. Mikäli maa-aines sisältää PCB:tä, se voidaan pakottavissa tapauksissa kaivaa ja siirtää, kun se välittömästi siirtotarpeen päätyttyä palautetaan kaivupaikalle. Tästä menettelyohjeesta<sup>63</sup> on sovittu ympäristöministeriön ja Uudenmaan ympäristökeskuksen kanssa.

## 7. Jatkotoimenpiteet

Rakennusmateriaaleissa havaitut PCB-pitoisuudet ovat niin työturvallisuuden kuin ympäristönkin kannalta huomattavan korkeita. Tutkimuksessa mitattiin myös saumaussmassojen liijypitoisuutta. Se vaihteli 1960-1970-luvulla rakennettujen talojen saumaussmassoissa puolesta viiteen painoprosenttiin. PCB:tä ja liijyä on käytetty saumaussmassojen lisäksi myös muissa rakennusmateriaaleissa ja rakennusten pinnoitteissa. Ulkomaiset selvitykset osoittavat lisäksi, että PCB:tä voi olla myös rakennusten sisäilmassa. Tämän vuoksi tulisi selvittää näiden ja myös muiden rakennusmateriaalien, kuten mineraalivillojen, mahdollisesti aiheuttamat haitat ja arvioida niistä asukkaille aiheutuva riski.

Maaperästä havaitut PCB-pitoisuudet ylittivät selvästi ohje- ja raja-arvosuosituksissa annetut pitoisuudet. Pihamaiden kunnostustarve tulisi selvittää terveystietojen ja riskin arvioinnilla. Tätä koskeva selvitys on tekeillä ympäristöministeriössä<sup>64</sup>.

Korjausrakentamistyömailla syntyy PCB:tä sisältävää rakennusjätettä ja käsitellään maamassoja, joiden kummankaan käsittelystä ei ole kattavia ohjeita. Niiden laatu on ensisijaisen tärkeää, ja saumaussmassojen ja maaperän osalta ne voidaan laatia osaltaan tämän selvityksen pohjalta. Saumaussmassojen viereisten rakenteiden, kuten ikkunakarmien, PCB-pitoisuus tulee selvittää, samoin kuin korjaus- ja purkutöissä poistettavien karmien ja betonielementtien hyötykäyttömahdollisuudet.

## 8. Lähdeluettelo

- <sup>1</sup> Hammar, T. 1992. PCB i fogmassor. Länsstyrelsen i Kalmar län informerar 1992:10. 51 + 4 s.
- <sup>2</sup> Kafkas, Y. 1993. PCB-innehållande fogmassor i Stockholm. En probleminventering. Ett examensarbete från den geografiska institutionen vid Stockholms universitet. 17 + 4 s.
- <sup>3</sup> Jansson, B., Sandberg, J., Johansson, N. & Åstebro, A. 1997. PCB i fogmassor - stort eller litet problem? Naturvårdsverkets rapport 4697. Stockholm. 39 + 3 s. ISBN 91-620-4697-7, ISSN 0282-7298.
- <sup>4</sup> PCB-belastung in Gebäuden. Erkennen, Bewerten, Sanieren. 1995. Katalyse e. V., Institut für angewandte Umweltforschung. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin. 141 + 8 s. ISBN 3-7625-3243-5.
- <sup>5</sup> Rautapää, J. 1972. The use of PCB compounds in Finland. *Kemian Teollisuus* 29 n:o 8, ss. 526-528.
- <sup>6</sup> PCB-toimikunnan mietintö, Komiteanmietintö 1983:47. Valtion painatuskeskus. Helsinki. 188 s. ISBN 951-46-5833-7
- <sup>7</sup> Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta. Suomen säädöskokoelma 1994 n:o 629.
- <sup>8</sup> Terveysuojelulaki. Suomen säädöskokoelma 1994 n:o 763.
- <sup>9</sup> Jätelaki, Suomen säädöskokoelma 1993 n:o 1072.
- <sup>10</sup> Ahlborg, U., Hanberg, A. & Kenne, K. 1992. Risk assessment of polychlorinated biphenyls (PCBs). Nordic Council of Ministers Environmental report in the Nord-series 1992:26. AKA-Print APS. Århus. 99 s. + 14. ISBN 92-9120-075-1, ISSN 0903-7004.
- <sup>11</sup> Luotamo, M. 1991. Assessment of exposure to polychlorinated biphenyls. Academic dissertation. University of Helsinki. Institute of Occupational Health. Helsinki, Finland. 48 + 1 s. ISBN 951-801-818-9.
- <sup>12</sup> Polyklooratut bifenyylit. 1997. Kemikaalitiedote. Suomen ympäristökeskus, kemikaaliyksikkö. 6 s.
- <sup>13</sup> Holopainen, K. 1993. Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja dibentsofuraanit: lähteet, käyttäytyminen, myrkyllisyys, hävittäminen ja analytiikka. SAMASE-projekti. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja. 530. 76 s. ISBN 951-47-8235-6, ISSN 0783-3288.
- <sup>14</sup> Polyaromaattiset hiilivedyt ja orgaaniset klooriyhdisteet laskeumassa 1990-luvulla. Ympäristökatsaus 1996/7. Suomen ympäristökeskus. ss. 12-14.
- <sup>15</sup> Paya-Perez, A., Riaz, M. & Larsen, B. 1991. Soil sorption of 20 PCB congeners and six chlorobenzenes. *Ecotoxicology and environmental safety* 21:1-17.
- <sup>16</sup> Jensen, S. 1966. Report of a new chemical hazard. *New Scientist* 32, n:o 525 s. 612.
- <sup>17</sup> Mustaniemi, A., Hietaniemi, V., Hallikainen, A. & Kumpulainen, J. 1995. PCB-yhdisteiden saanti ravinnosta. Elintarvikevirasto. Tutkimuksia 1/1995. 16 s. ISBN 951-732-016-7, ISSN 1235-2764.
- <sup>18</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös vaarallisten aineiden luettelosta. Suomen säädöskokoelma 1996 n:o 1027.
- <sup>19</sup> Safe, S. 1990. Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs), and related compounds: Environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors. *Critical Reviews in Toxicology* 21:51-88.
- <sup>20</sup> Liem, A. & Theelen, R. 1997. Chemical analysis, exposure and risk assessment. Thesis book 22.10.1997, Universiteit Utrecht.
- <sup>21</sup> WHO 1997. Toxic equivalency factors for dioxin-like compounds for humans and wildlife derived at a WHO meeting in Stockholm, Sweden. 15-17 june 1997.



- <sup>22</sup> Roy, D, Palangat, M, Chen, C-W, Thomas, R, Colerangle, J, Atkinson, A. & Yan, Z-J. 1997. Biochemical and molecular changes at the cellular level in response to exposure to environmental estrogen-like chemicals. *J. of Toxicology and Environmental Health*. 50:1-29.
- <sup>23</sup> Nilsson, S. 1961. Julkisivuelementtien saumaus. *Rakennustaito* 56, n:o 7. ss. 223-227.
- <sup>24</sup> Rautiainen, L. & Nousiainen, M. 1984. Rakennusten tiivistämistarvikkeiden käyttöominaisuudet. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 342. VTT Offsetpaino, Espoo. 187 + 36 s. ISBN 951-38-2024-6, ISSN 0358-5085.
- <sup>25</sup> Wäänänen, M. 1974. Julkisivusaumaukset. Finlandia-talossa Rakennuspäivillä 20.4.1974 pidetty esitelmä. Eripainos Rakennustekniikka 1974:5. ss. 385-388.
- <sup>26</sup> Walter, A, Sorsa, B. & Wäänänen, M. 1970. Luku 286. Liimat, liisterit ja saumausaineet. Rakennustekniikan käsikirja. Pääjakso 2: Rakennusaineet ja -tarvikkeet. Ab Byggmästarens förlag. Tukholma ja kustannusosakeyhtiö Tammi. KK:n kirjapaino. Helsinki. ss. 428-438. ISBN 951-30-2088-6.
- <sup>27</sup> Rautiainen, L. 1989. Julkisivusaumojen kunnonarvointi ja korjausperiaatteet. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita 1055. VTT Offsetpaino, Espoo. 25 + 3 s. ISBN 951-38-3587-1, ISSN 0358-5085.
- <sup>28</sup> Lyytikäinen, N. 1997. Joint-Nauha Oy. Suullinen tiedonanto.
- <sup>29</sup> Rautiainen, L. 1997. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Suullinen tiedonanto.
- <sup>30</sup> Suomessa valmistettujen kemiallisten tuotteiden luettelo. 1965. *Kemian Teollisuus* 22, n:o 4. ss. 235-252.
- <sup>31</sup> Rautavuoma, J. 1998. Bostic Oy, Tampere. Suullinen tiedonanto.
- <sup>32</sup> Oksanen, R. 1997. Yhtyneet Paperitehtaat Oy Valke. Saumausmassoja valmistaneen yksikön johtaja vuosina 1963-1984. Suullinen tiedonanto.
- <sup>33</sup> Kauppinen, J. 1997. Oy Tremco Ltd Finland. Suullinen tiedonanto.
- <sup>34</sup> Riala, R. 1997. Uudenmaan aluetyöterveyslaitos. Helsinki. Suullinen tieto.
- <sup>35</sup> Pälli, K. 1997. Yhtyneet Paperitehtaat Valke. Suullinen tiedonanto.
- <sup>36</sup> Ikonen, T. 1998. Lahden Lasitehdas Pilkington. Suullinen tiedonanto.
- <sup>37</sup> Nissinen, T. 1998. Glastech Oy, Vaasa. Suullinen tiedonanto.
- <sup>38</sup> Elementtitalojen uusintasaumaus. Saumalaakso Oy 1991. RT Y-33696 Tarviketiedosto. Rakennustietosäätiö. Helsinki. 2 s.
- <sup>39</sup> Panschin, B. 1997. Saumalaakso Oy. Suullinen tiedonanto.
- <sup>40</sup> Neuvoston direktiivi 76/769/ETY. Tiettyjen vaarallisten aineiden ja valmisteiden markkinoille saattamisen ja käytön rajoituksia koskevien jäsenvaltioiden lakien, asetusten ja hallinnollisten määräysten lähettämisestä. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti n:o L 262/201.
- <sup>41</sup> Sundström, G, Jansson, B, Bergman, Å. & Renberg, L. 1981. PCB-ersättare. En litteratussammanställning. GOTAB, Stockholm. 269 s. ISBN 0-906333-06-7.
- <sup>42</sup> Valtioneuvoston päätös PCB:n ja PCT:n käytön rajoittamisesta. Suomen säädöskokoelma 1989 n:o 1071.
- <sup>43</sup> Neuvoston direktiivi 96/59/EY, annettu 16. päivänä syyskuuta 1996, polykloorattujen bifenyyliden ja polykloorattujen terfenyyliden käsittelystä (PCB/PCT). Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, n:o L 243/31-35 FI.
- <sup>44</sup> Valtioneuvoston päätös PCB:n ja PCB-laitteistojen käytöstä poistamisesta sekä PCB-jätteiden käsittelystä. Suomen säädöskokoelma 1998. Painossa.

- <sup>45</sup> Laitinen, L. & Assmuth, T. 1991. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointi. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Selvitys 103/1991. Valtion painatuskeskus. Helsinki. 94 + 6 s. ISBN 951-47-4765-8, ISSN 0788-5903.
- <sup>46</sup> Puolanne, J, Pyy, O. & Jeltsch, U. (toim.) 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Muistio 5/1994. Painatuskeskus Oy Helsinki. 156 + 15 s. ISBN 951-47-4823-9, ISSN 0788-5911.
- <sup>47</sup> Mroueh, U-M, Järvinen, H-L. & Lehto, O. 1996. Saastuneiden maa-alueiden tutkiminen ja kunnostus. Teknologia katsaus 47/96. TEKES. 194 s.
- <sup>48</sup> Salla, A. 1998. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Suullinen tiedonanto.
- <sup>49</sup> Työministeriön päätös haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista. Suomen säädöskokoelma 1996 n:o 397. Liite: HTP-arvot 1996. Työturvallisuustiedote 1996 n:o 25. Työministeriö, kemian työsuojeluneuvottelukunta. PK-paino Oy. Tampere. 48 s. ISBN 951-735-087-2. ISSN 0385-2876.
- <sup>50</sup> Luotamo, M. 1991. Polyklooratut bifenyyli (PCB). Altisteet työssä 17. Työsuojelulaitos, työsuojelurahasto. 40s. ISSN 0787-5940. ISBN 951-801-839-1.
- <sup>51</sup> Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös eräiden tavallisimpien kontaminanttien enimmäismääristä elintarvikkeissa. Suomen säädöskokoelma 1996 n:o 134.
- <sup>52</sup> SFS 3008. Veden, lietteen ja sedimentin kuiva-aineen ja hehkutusjäännöksen määrittäminen.
- <sup>53</sup> Hagenmeier, H, She, J. & Lindig, C. 1992. Persistence of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in contaminated soil at Maulach and Rastatt in southwest Germany. Chemosphere 25 n:o 7-10. ss 1449-1456.
- <sup>54</sup> Korhonen, R. 1998. Rakennusteollisuuden keskusliiton Uudenmaan piiri. Suullinen tiedonanto.
- <sup>55</sup> Dolt miljöhöter upp till ytan. Elakablar läcker giftiga olja 1997. Miljöaktuellt. Naturvårdsverkets tidning 25 n:o 6-7, s. 3.
- <sup>56</sup> Saarimäki, O. 1998. Helsingin Talosiirto Oy. Suullinen tiedonanto.
- <sup>57</sup> Alcock, R, McGrath, S, & Jones, K. 1995. The influence of multiple sewage sludge amendment on the PCB content of an agricultural soil over time. Environmental Toxicology and Chemistry. 14 n:o 4, ss. 553-560.
- <sup>58</sup> Balfanz, E, Fuchs, J. & Kieper, H. 1993. Sampling and analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) in indoor air due to permanently elastic sealants. Chemosphere 26:871-880.
- <sup>59</sup> Bente, C, Heinzow, B, Jessen, H, Mohr, S. & Rotard, W. 1992. Polychlorinated biphenyls. Indoor air contamination due to thiokol-rubber sealants in an office building. Chemosphere 25:1481-1486.
- <sup>60</sup> Terveystieteiden tutkimuskeskuksen tutkimusraportti. Terveystieteiden tutkimuskeskuksen tutkimusraportti 1 §. Helsingin kaupunki, Ympäristölautakunta 10.1.1995. Moniste. 1 s.
- <sup>61</sup> PCB:tä ja lyijyä sisältävien jätteiden käsittely. Ohjeet 4.3.1998 Julkisivukorjauksia suunnitteleville kiinteistöille. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Kiertokirje.
- <sup>62</sup> PCB:tä sisältävien maamassojen kaivu- ja siirtotyöt. Ohjeet 4.3.1998 Julkisivukorjauksia suunnitteleville kiinteistöille. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Kiertokirje.
- <sup>63</sup> PCB:tä sisältävistä saumaussmassoista aiheutunut maaperän saastuminen. Muistio ympäristöministeriön, Uudenmaan ympäristökeskuksen ja Helsingin ympäristökeskuksen neuvottelusta 20.4.1998. Muistio. 4 s.
- <sup>64</sup> Seppänen, A. 1998. Ympäristöministeriö. Suullinen tiedonanto.

## 9. Liitetaulukot

<b>Liitetaulukko 1. Tutkimuskohteiden rakennusten valmistumisvuosi, näytteenot-</b> <b>toseinustan ilmansuunta ja sauman sijainti rakennuksessa sekä saumaussmassa-</b> <b>näytteen kokonais-PCB-pitoisuus saumausten uusintatilanteen mukaisesti ryh-</b> <b>miteltynä, PCB mg/kg</b>			
<b>Alkuperäiset saumaussmassat</b>			
<b>Kohde</b>	<b>Valmistumisvuosi</b>	<b>Ilmansuunta/sijainti</b>	<b>PCB-pitoisuus</b>
Jakomäki 1	1968	länsi/seinä	12 000
Jakomäki 2	1967	pohj./seinä	67 000
Jakomäki 2	1967	- /ikkuna	42 000
Jakomäki 3	1969	länsi/seinä	17 000
Jakomäki 3	1969	länsi/seinä	15 000
Jakomäki 4	1969	pohj./seinä	33 000
Jakomäki 5	1968	etelä/seinä	24 000
Kontula 1	1966-67	etelä/parveke	4 000
Pihlajisto 1	1969	- /seinä	3 300
<b>Päällesaukauksella uusitut massat</b>			
Jakomäki 1	1968	länsi/ikkuna	3 300
Jakomäki 1	1968	- /parveke	36 000
Jakomäki 3	1969	pohj./seinä	53 000
Jakomäki 4	1969	pohj./seinä	19 000
Jakomäki 5	1968	etelä/seinä	5 400
Jakomäki 5	1968	etelä/seinä	9 900
Jakomäki 5	1968	etelä/seinä	10 000
Laajasalo 1	1970	etelä/seinä	44 000
Laajasalo 1	1970	etelä/seinä	22 000
Laajasalo 1	1970	etelä/alaikkuna	54 000
Laajasalo 2	1970	etelä/seinä	11 000
Laajasalo 2	1970	etelä/alaikkuna	29 000
<b>Kertaalleen vaihdetut saumaussmassat</b>			
Jakomäki 2	1967	pohj./seinä	730
Jakomäki 2	1967	pohj./seinä	440
Kontula 1	1966-67	etelä/seinä	750
Kontula 1	1966-67	pohj./seinä	73
Kontula 2	1965	länsi/seinä	2 500
Kontula 2	1965	länsi/seinä	380
<b>Jälkikäteen tehdyt tiivistyssaumaukset</b>			
Kontula 1	1966-67	etelä/ikkuna	4,4
Kontula 2	1965	etelä/puupaneli	89

**Liitetaulukko 2. Maaperän PCB-pitoisuuksien tunnuslukuja eri etäisyyksiltä rakennuksista syvyydeltä 0-10 cm otetuissa maanäytteissä, etäisyys metreinä, pitoisuudet mg/kg.**

etäisyys seinästä	pienin arvo	medi-aani	keski-arvo	suurin arvo	keski-hajonta	n
0,1	5,8	33	62	300	98	8
1,0	1,0	5,5	10	36	12	8
2,0	1,6	2,7	5,1	21	6,7	8
5,0	0,96	2,0	6,1	21	6,9	12
10	0,39	0,84	1,5	5,2	1,4	14
20	0,11	0,43	0,56	1,7	0,50	8

**Liitetaulukko 3. Tutkimuskohteiden rakennusten kerrosluku ja syvyydestä 0-10 cm otettujen maanäytteiden PCB-pitoisuudet eri etäisyyksillä rakennuksista, mg/kg**

Kohde	kerrosluku	0,1 m	1 m	2 m	5 m	10 m	20 m
Jakomäki 5	3,5	26	6,8	2,1	1,2	0,39	0,32
Jakomäki 5	3,5	39	6,4	2,7	1,3	0,57	0,66
Kontula 1	3,5	5,8	20	2,8	1,5	0,97	0,11
Kontula 2	8,5	64	4,6	21	2,4	0,82	0,41
Kontula 2	8,5	300	36	2,4	1,4	0,72	0,46
Pihlajisto 1	8,5	Sora	1,0	5,1	9,7	2,3	0,29
Pihlajisto 2	4,5	Sora	4,4	3,0	5,4	0,86	
Kontula 1	3,5	Asfalttia 0-4 m			0,96	3,4	ei näytettä
Laajasalo 1	5,5	Asfalttia 0-4 m			21	0,67	
Laajasalo 1	5,5	Asfalttia 0-4 m			1,7	0,54	
Laajasalo 2	5,5	Asfalttia 0-4 m			17	5,2	
Laajasalo 2	5,5	Asfalttia 0-4 m			9,1	1,5	
Jakomäki 1	4,5	40	Asfalttia 2-9 m			2,9	1,7
Jakomäki 1	4,5	15	Asfalttia 2-9 m			0,49	0,50







## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1998

1. **Pakkala T, Tiainen J, Pitkänen M.** *Helsingin lintuatlas. Pesimälinnusto 1996 - 97*
2. **Vuori T (toim).** *Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 1998*
3. **Mikkola-Roos M, Oesch T.** *Viikki-Vanhankaupunginlahti. Ekologinen tila, kunnostus- ja hoitosuunnitelma*
4. **Pesonen L (toim).** *Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1997*
5. **Pönkä A, Saari S, Hämäläinen M-R, Janatuinen P, Mattila K, Holopainen M.** *Kaupunkilaisten näkemys ympäristöterveydenhuollon merkityksestä ja järjestämisestä Helsingissä*
6. **Ruth O.** *Mätäjoki - nimeään parempi. Kaupunkipuron virtaama, aineskuljetus ja veden laatu sekä valuma-alueen virkistyskäyttö*
7. **Ketola T.** *Veden laatu ja ainekuljetus Mellunkylänpurossa, Itä-Helsingissä*
8. **Levonen L, Kurtto A, Seimola T.** *Helsingiläisten Harakka 10 vuotta*
9. **Partanen T, Ahonen S, Aminoff I, Haglund B, Jämsen P, Siltanen I, Weber T, Pönkä A.** *Päiväkoti-ikäisten lasten ravinnonsaanti päiväkodissa ja kotona*
10. **Pyy V, Lyly O.** *PCB elementtitalojen saumausmassoissa ja pihojen maaperässä*

KUVAILULEHTI				
Tekijä(t)				
Virpi Pyy, Olavi Lyly				
Nimike				
PCB elementtitalojen saumausmassoissa ja pihojen maaperässä				
Julkaisija		Julkaisuaika	Sivumäärä	Liitteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus		1998	25	3
Sarjan nimike			Osanumero	
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja			10/98	
ISSN-numero	Kieli			
1235-9718				
ISBN-numero	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot	Kuvatestit
951-718-161-2	fin	fin, swe, eng	fin	
Avainsanat				
PCB, polyklooratut bifenyylit, pitoisuus, saumausmassat, maaperä				
Lisätietoja				
Olavi Lyly, p. (09) 7312 2757, sähköposti olavi.lyly@ymk.hel.fi				
Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinginkatu 24, 00530 Helsinki				