



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Roope Meriläinen

PCB-yhdisteiden käyttö maaleissa Suomessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

2.12.2019

Tekijä Otsikko	Roope Meriläinen PCB-yhdisteiden käyttö maaleissa Suomessa
Sivumäärä Aika	52 sivua + 2 liitettä 2.12.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Materiaali- ja pinnoitetekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Kai Laitinen Tiimipäällikkö Jarno Komulainen Asiantuntija Paula Wuokko
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli selvittää PCB-yhdisteiden käyttöä maaleissa Suomessa. Tavoitteena oli selvittää PCB-yhdisteitä sisältävien maalien ominaisuuksia ja käyttökohteita. Työn tilaajana toimi Vahanen Rakennusfysiikka Oy. Tässä työssä kasattiin kirjallisuudesta kattava tietopaketti PCB-yhdisteiden käytöstä Suomessa ja muualla maailmassa. Insinööriyössä käsiteltiin kirjallisuustarkastelun lisäksi tilaajayrityksen toimittamaa maalinäytedataa PCB-yhdistepitoisista maaleista. Näytedatan käsittelyssä oli tavoitteena selvittää mahdollisia syitä PCB-yhdisteiden käytölle Suomessa käytetyissä maaleissa. Näytedatan käsittelyn tuloksista arvioitiin, että PCB-yhdisteitä sisältäviä maaleja on käytetty pääasiassa kulutuskestävyyttä vaativilla pinnoilla. Ainakin ennen vuotta 1980 valmistuneiden rakennusten haitta-ainetutkimuksen yhteydessä on syytä kiinnittää huomiota erityisesti lattiamaalien tutkimiseen PCB-yhdisteiden kannalta.</p> <p>PCB-yhdisteet, eli polyklooratut bifenyylit, ovat pysyviä orgaanisia yhdisteitä, jotka eivät hajoa luonnossa. Pysyvyytensä ja rasvaliukoisuutensa vuoksi ne kertyvät eliöstöön ja ympäristöön. PCB-yhdisteiden teollinen valmistus kaupalliseen käyttöön alkoi 1920-luvulla Yhdysvalloissa. PCB-yhdisteitä on valmistettu myöhemmin myös Euroopassa ja Neuvostoliitossa vuodesta 1939 eteenpäin. Suomessa PCB-yhdisteitä ei ole valmistettu, vaan niitä on tuotu maahan lähinnä Euroopan maista, kuten Saksasta ja Ranskasta.</p> <p>Euroopassa ensimmäiset PCB-yhdisteitä koskevat rajoitukset tulivat voimaan 1970-luvulla ja niiden myynti ja käyttö kiellettiin vuonna 1985. PCB-yhdisteiden tuotantokielto astui voimaan Yhdysvalloissa vuonna 1979. Neuvostoliitossa ja myöhemmin Venäjällä PCB-yhdisteiden valmistus jatkui vielä vuoteen 1993 asti.</p> <p>Yksi PCB-yhdisteiden merkittävistä käyttökohteista Suomalaisessa maaliteollisuudessa on ollut lattiapinnoitteina käytetyt kloorikautsumaalit. PCB-yhdisteitä on käytetty myös muissa rakennusmateriaaleissa, kuten elastisissa saumaussmassoissa ja betonin lisäaineena. Sähkölaitteissa ja kondensaattoreissa, eli suljetuissa järjestelmissä, käytetyt öljyt ovat myös sisältäneet PCB-yhdisteitä. PCB-yhdisteitä sisältävä jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, jos sen PCB-yhdistepitoisuus ylittää 50 mg/kg.</p>	
Avainsanat	PCB, maalit, kloorikautsu, haitta-aineet, Aroclor, pinnoitteet

Author Title	Roope Meriläinen Use of PCBs in Paints in Finland
Number of Pages Date	52 pages + 2 appendices 2 December 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Bio- and Chemical Engineering
Professional Major	Materials Technology and Surface Engineering
Instructors	Kai Laitinen, Principal Lecturer Jarno Komulainen, Team Leader Paula Wuokko, Specialist
<p>The subject of this thesis was to gather information about the use of PCBs in paints in Finland. The goal of this thesis was to research the properties and use of paints containing PCB's. The employer company for this thesis was Vahanen Rakennusfysiikka Oy. Comprehensive information about the use of PCBs was gathered from literature into a compact form in this thesis. In addition to the literature research, data from paint samples containing PCB-compounds provided by the employer company were examined. Most of the paint samples were collected from surfaces inside of the subject buildings. The aim for the examination of sample data was to find reasons for the use of PCBs in paints used in Finland. The information collected from the paint sample data examination suggests that PCB-containing coatings were used mostly in interior floor surfaces, where good wear resistance is needed. On the basis of these results, it is recommended that floor paints and coatings should be analyzed for PCBs during the hazardous materials survey of buildings constructed before the year 1980.</p> <p>PCBs, polychlorinated biphenyls, are a group of organic chlorine compounds. PCBs are classified as persistent organic pollutants, which do not degrade in the environment and are bio-accumulative. The industrial scale manufacturing of PCBs began in the United States during the 1920s. PCBs have also been manufactured in Europe and the Soviet Union from 1939 onwards. PCBs have never been manufactured in Finland but have been mostly imported from Europe.</p> <p>PCBs have been used in chlorinated rubber paints during the manufacturing and application in Finland until the year 1971. The use of PCBs in Europe was restricted only to certain types of closed applications in 1976, until the full prohibition of use and marketing followed in 1985. PCBs were still manufactured in the Soviet Union, later Russian Federation, until the year 1993.</p> <p>PCBs have been used in many applications in construction materials, for example sealants, caulks and as an additive in concrete. Oils used in electric capacitors and transformers, so called closed systems, also contained PCBs. Waste containing PCB's is classified as hazardous waste if total-PCB concentration is above the limit of 50 mg/kg.</p>	
Keywords	PCB, paint, chlorinated rubber, hazardous materials, Aroclor

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	PCB-Yhdisteet	2
2.1	PCB-yhdisteiden ominaisuuksia	2
2.2	Kaupalliset PCB-valmisteet	4
2.2.1	Aroclor-tuotteet	4
2.2.2	Muut kaupalliset PCB-valmisteet	8
2.3	PCB-yhdisteiden vaikutukset ympäristöön ja terveyteen	8
2.3.1	Ympäristövaikutukset	8
2.3.2	Terveysriskit	9
3	PCB-yhdisteet maaleissa ja rakennusmateriaaleissa	13
3.1	Yleistä maaleista	13
3.2	PCB-yhdisteiden käyttö maaleissa ja pinnoitteissa	16
3.2.1	Suomessa	17
3.2.2	Muissa Pohjoismaissa	19
3.2.3	Muualla maailmassa	19
3.3	PCB-yhdisteiden käyttö rakennusmateriaaleissa	20
4	PCB-yhdistepitoisten materiaalin käsittely	22
4.1	Yleistä	22
4.2	Direktiivit ja lainsäädäntö	23
4.2.1	Direktiivit	23
4.2.2	Lainsäädäntö Suomessa	23
4.3	PCB-yhdistepitoisuuden tutkiminen	24
4.3.1	Maalinäytteet	25
4.3.2	Tiivistys- ja saumaussmassanäytteet	25
4.3.3	Rakenteisiin imeytyneiden PCB-yhdisteiden näytteenotto	26
4.3.4	Ilma- ja pyyhintänäytteet	27
4.3.5	Ympäristötekniset näytteet	28

4.4	PCB-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkutyöt	33
4.5	PCB-yhdistepitoinen jäte ja sen käsittely	35
5	Maalinäytetiedon käsittely	37
5.1	Kohderakennukset	37
5.2	Maalinäytteiden analysointi	38
5.3	Maalinäytteet	39
5.3.1	Näytteenottoaikkojen sijainnit rakennuksissa	39
5.4	Maalinäytteiden PCB(7)-yhdistepitoisuudet	42
5.5	Näytteiden PCB-kongeneeriprofiilit	45
5.6	Tulosten arviointi	47
6	Yhteenveto	50
	Lähteet	53
	Liitteet	
	Liite 1. Tutkittujen kohteiden tiedot	
	Liite 2. Esimerkki analyysilaboratorion raportista	

Lyhenteet ja selitteet

Aroclor	Monsanto Chemical Companyn valmistama tuotemerkki, joka sisälsi PCB-yhdisteitä
BTEX	Bentseeni, tolueeni, etylibentseeni ja ksyleenit
FTIR	Fourier-muunnosinfrapunaspektroskopia (Fourier-transform infrared spectroscopy), jota käytetään esimerkiksi maalin sideaineen määrittämisessä
Kloorikautsu	Kloorattua kumia, jota käytetään mm. maalien side- ja lisäaineena
Kongeneerit	Samasta kanta-aineesta johdetut kemikaalit
PCB	Polykloorattu bifenyylä (Polychlorinated biphenyl)
PCB (7)	Seitsemän yleisintä kongeneeria, määritetään PCB7 analyysissä
PCDD/F	Dioksiinit ja furaanit
PCP	Pentakloorifenoli (Pentachlorophenol)
PCT	Polykloorattu terfenyylä (Polychlorinated terphenyl)
POP-asetus	Vuonna 2001 solmittu maailmanlaajuinen asetus pysyvien orgaanisten yhdisteiden käytön kieltämisestä tai rajoittamisesta
POP-yhdiste	Pysyvä orgaaninen yhdiste, haitallisimpia ympäristömyrkyjä (Persistent Organic Pollutant)
PVAc	Polyvinyyliaasettaatti, yleisesti maaleissa ja liimoissa käytetty sideaine (Polyvinyl acetate)

REC-pumppu Kaasumaisten näytteiden keräämiseen käytetty pumppu (REC = reciprotor)

Syklokautsu Isomeroitua kumia, jota käytetään mm. maalien sideaineena

TCDD 2,3,7,8-tetraklooridibentso-p-dioksiini

TEF-kerroin Toksisuusekvivalenttikerroin (Toxic equivalency factor)

XAD-keräin XAD-2 hartsia sisältävä ampulli, liitetään REC-pumpun letkun päähän

1 Johdanto

PCB-yhdisteet, eli polyklooratut bifenyylit, ovat ihmisen teollisesti tuottamia, ympäristölle haitallisia aineita. Kemiallisen kestäväytensä vuoksi ne eivät hajoa luonnossa, vaan kertyvät eliöstöön ja maaperään. Tavallisesti PCB-yhdisteet ovat öljymäisiä tai kiinteitä aineita, mutta luonnossa ne sitoutuvat hiukkasiin ja päätyvät usein vesistöihin sekä sitä kautta sedimenttiin. Hyvä kemiallinen kestävyys, korkea syttymispiste ja sähkönvastus on mahdollistanut PCB-yhdisteille useita käyttökohteita, esimerkiksi sähkölaitteissa ja rakennusmateriaaleissa.

PCB-yhdisteiden teollinen valmistus alkoi 1920-luvulla Yhdysvalloissa, jossa tuotettiinkin suurin osa kaikista maailman PCB-yhdisteitä sisältävistä tuotteista. Alun perin PCB-yhdisteitä käytettiin muuntajanesteissä, mutta käyttö laajeni erilaisiin sovelluksiin, kun valmistusmenetelmät kehittyivät ja tuotteiden ominaisuuksia pystyttiin määrittelemään paremmin. PCB-yhdisteiden käyttöä alettiin kuitenkin Euroopassa rajoittamaan jo 1970-luvulla suljettuihin sähköjärjestelmiin ja muihin ympäristöltä suljettuihin sovelluksiin, kun niiden ympäristölle haitallisista ominaisuuksista saatiin tietoa. Yhdysvalloissa PCB-yhdisteiden tuotantokielto astui voimaan vuonna 1979. Vuonna 1985 PCB-yhdisteiden käyttö ja myynti kiellettiin kokonaan Euroopassa.

Rasvaliukoisuutensa vuoksi PCB-yhdisteet kertyvät eliöstöön ja ihmisiin. Ihmisille PCB-yhdisteet voivat aiheuttaa erilaisia oireita riippuen altistumistavasta. Joidenkin PCB-yhdisteiden on todettu aiheuttavan syöpää. Oireita on esiintynyt lähinnä työtehtävissään PCB-yhdisteille altistuneilla työntekijöillä, esimerkiksi kondensaattoritehtaiden tuotantolinjastoilla. Nykyään PCB-yhdisteille altistumista voi tapahtua puutteellisen henkilökohtaisen suojauksen kautta, esimerkiksi rakennusten purku- ja saneeraustöiden yhteydessä. PCB-yhdisteitä sisältävä jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, kun sen pitoisuus ylittää 50 mg/kg.

Tässä insinööriyössä on koottu yhteen tietoa PCB-yhdisteistä ja niitä sisältävistä kaupallisista valmisteista. Työssä käydään läpi PCB-yhdisteiden ympäristövaikutuksia, käyttökohteita, lainsäädäntöä ja PCB-yhdistepitoisen materiaalin tutkimusmenetelmiä kenttätöiden kannalta. Tavoitteena oli kasata kattava tietopaketti PCB-yhdisteistä ja niiden

käytöstä maaleissa, pinnoitteissa ja rakennusmateriaaleissa erityisesti Suomessa. PCB-yhdisteiden käyttöä on kuitenkin tutkittu varsin vähän pelkästään Suomen kannalta, minkä vuoksi esimerkiksi PCB-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä koskevia tietoja on tarkasteltu laajemmin. PCB-yhdisteiden käyttökohteet ovat olleet eri puolilla maailmaa hyvin samankaltaisia ja samoja tuotteita on myyty useilla eri kauppanimillä eri mantereilla. Elementtisaumojen elastisten saumausmassojen tiedetään olevan yksi yleinen käyttökohde PCB-yhdisteille. Tässä insinööriyössä keskitytään Euroopan, entisen Neuvostoliiton ja Yhdysvaltojen alueilla valmistettuihin ja käytettyihin tuotteisiin. PCB-yhdisteet ovat yksi monista haitallisista aineista, jotka tutkitaan rakennusten haitta-ainetutkimuksen yhteydessä.

Insinööriyön tilaajana toimii Vahanen Rakennusfysiikka Oy, joka on tekemissään haitta-ainetutkimuksissa löytänyt useista kohteista PCB-yhdistepitoisia maaleja. Tässä työssä käsitellään myös Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n toimittamaa näytedataa kohteista, joiden maalinäytteet sisältävät PCB-yhdisteitä. Tässä työssä maalinäytteiden analyysituloksista selvitettiin PCB-yhdistepitoisten maalien välisiä yhtenäisyyksiä ja syitä kyseisten yhdisteiden käyttöön maaleissa. Tilaajayritys voi käyttää tätä tietoa hyväkseen tulevilla haitta-ainetutkimuksissa.

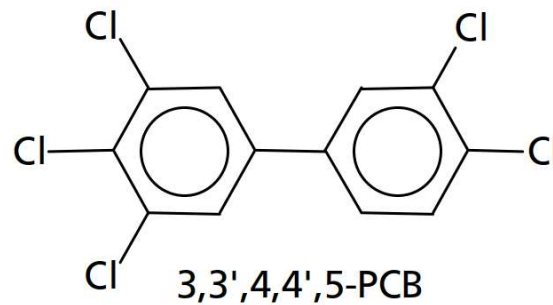
2 PCB-Yhdisteet

2.1 PCB-yhdisteiden ominaisuuksia

PCB-yhdisteet ovat kemiallisesti erittäin pysyviä ja korkean viskositeetin omaavia öljymäisiä tai kiinteitä ympäristölle haitallisia aineita. Niitä on käytetty esimerkiksi sähkölaitteiden jäähdytysnesteissä niiden korkean syttymispisteen ja suuren sähkönvastuksen vuoksi. PCB-yhdisteiden liukenevuus veteen on huono, mutta ne ovat kohtuullisen rasvaliukoisia. Luonnossa PCB-yhdisteet ovat pysyviä ja kertyvät rasvaliukoisuutensa vuoksi eliöstöön, mikä tekee niistä erittäin haitallisen ihmisille. [1, s. 7–8.]

PCB-yhdisteiden rakenne koostuu kahdesta bentseenirenkaasta, eli bifenyylimolekyylisestä sekä eri määristä klooriatomeja (Kuva 1). Klooriatomeja voi PCB-yhdisteissä olla yhdestä kymmeneen yhdisteestä riippuen. Teoreettisesti PCB-yhdisteitä on 209 erilaista.

Kaupallisissa valmisteista PCB-yhdisteitä on tunnistettu noin 130 erilaista kongeneeria. Kongeneerilla tarkoitetaan yksittäistä PCB-yhdistettä, jossa on tietty määrä klooriatomeja. Kaupalliset PCB-yhdisteet koostuvat usein kymmenistä eri kongeneereista. [1, s. 7–8.] PCB7-analysissä määritetään seitsemän valtioneuvoston asetuksessa 403/2009 määrätyn kongeneerin summa, joka esitetään muodossa PCB(7) [2].



Kuva 1. PCB-126:n kemiallinen rakenne [3, s. 22].

PCB-yhdisteiden kemiallinen kestävyys ja valon sekä kuumuuden aiheuttaman rasituksen sietokyky ovat täysin omaa luokkaansa muihin vastaaviin aineisiin verrattuna. Ne antavat myös erinomaisen korroosiosuojan ja johtavat huonosti sähköä. Hyvien ominaisuuksien vuoksi PCB-yhdisteille on löydetty useita käyttökohteita. [4, s. 6]

PCB-yhdisteiden käyttökohteet voidaan jaotella avoimiin ja suljettuihin järjestelmiin. Avoimilla järjestelmillä tarkoitetaan sellaista käyttökohdetta, jossa materiaali altistuu ympäristön vuorovaikutukselle, joka voi aiheuttaa materiaalin leviämistä ympäristöön. Suljetulla järjestelmällä tarkoitetaan käyttökohdetta, jossa materiaali ei ole vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa eikä teoriassa pääse leviämään ympäristöön. [4, s. 6.]

PCB-yhdisteitä on käytetty pääosin suljetuissa järjestelmissä, kuten kondensaattoreissa, muuntajissa, kaivoslaitteissa ja lämmönsiirtojärjestelmissä. Avoimien järjestelmien sovelluksia, joissa PCB-yhdisteitä on käytetty, ovat esimerkiksi saumausaineet, korroosionestomaalit, lakat ja liimat. PCB-yhdisteitä on myös käytetty voiteluaineissa, muoveissa, vahoissa, palosuojatuotteissa, valumassoissa ja hyönteismyrkyissä. [4, s. 6.]

2.2 Kaupalliset PCB-valmisteet

2.2.1 Aroclor-tuotteet

Aroclor-tuotteet ovat eniten kaupallisesti valmistettu tuoteryhmä, joka koostuu PCB-yhdisteistä sisältävistä seoksista. Aroclor-tuotteita valmisti aikanaan yhdysvaltalainen yritys Monsanto Chemical Company (myöhemmin pelkkä Monsanto), jonka arvellaan tuottaneen 99 % kaikista PCB-yhdisteistä sisältäneistä tuotteista Yhdysvalloissa. [5, s. 467.] Vuosien 1963–1975 aikana Monsanto on vienyt Yhdysvaltojen ulkopuolelle noin 38 000 tonnia Aroclor-tuotteita [6]. Aroclor -tuotteita valmisti alun perin Swann Chemical Company vuodesta 1929 alkaen, kunnes Monsanto osti Aroclorin tuotantolaitoksen vuonna 1935. Aroclor-tuotteiden valmistus jatkui vuoteen 1977, tuotannon ollessa huipussaan vuonna 1970. Vuonna 1970 Aroclor-tuotteita valmistettiin arviolta 39 000 tonnia Yhdysvalloissa. Vuodesta 1971 eteenpäin Monsanto on valmistanut vain muutamaa Aroclor-tuotetta ja lopulta lopetti tuotannon vuonna 1977, kaksi vuotta ennen tuotantokielloa. Tuotteiden käyttö kuitenkin jatkui ympäri maailmaa vielä 1980 -luvulle ja todennäköisesti siitä eteenpäinkin. [7, s. 136].

Aroclor-tuotteita valmistettiin suoraan klooraamalla bifenyyleitä. Kloorauksessa katalyyttinä käytettiin rauta(III)kloridia, eli ferrikloridia. Prosessissa kaasufaasissa olevaa klooria johdettiin suoraan bifenyylin läpi, kunnes haluttu kloorausaste saavutettiin. Reaktion sivutuotteena syntyi suolahappoa, joka puhdistettiin kloorauksen jälkeen ilmapuhalluksella tuotteesta. Tuotteeseen jäänyt jäännöshappo neutraloitiin lipeällä, jonka jälkeen se puhdistettiin tyhjiötilauksella. [7, s. 137.]

Aroclor-tuotteet eroteltiin toisistaan niihin liitettyjen nelinumeroisten numerosarjojen perusteella (Taulukko 1). Ensimmäiset kaksi numeroa numerosarjasta ovat valmistajan sarjamerkintöjä ja kaksi viimeistä kertovat kloorin massaprosenttiosuuden tuotteesta. Esimerkiksi A-1242 sisälsi 42 massaprosenttia klooria. Kaikki Aroclor-tuotteet sisälsivät PCB-yhdisteitä, paitsi 5000-sarja, joka sisälsi PCT-yhdisteitä, eli polykloorattuja terfenyylejä (Kuva 2). PCT-yhdisteitä sisältäneet Aroclor-tuotteet tunnettiin myös nimellä ”kiinteät Aroclorit”, joihin lukeutuivat myös klooratuimmat PCB-yhdisteitä sisältäneet tuotteet. 6000-sarjaan kuuluvat Aroclor-tuotteet olivat sekoituksia Aroclor 5460 ja Aroclor 1221 -tuotteista, joten ne sisälsivät PCB- ja PCT-yhdisteitä. Eniten valmistettu ja käytetty

Aroclor-tuotteista oli 1200-sarja (Taulukko 1), jonka tuotteet olivat ns. jalostettuja PCB-yhdisteitä. Jokaiselle 1200-sarjalaiselle tuotteelle löytyi vastaava tuote 1100-sarjasta, joita kutsuttiin ”jalostamattomiksi” PCB-yhdisteiksi. Esimerkiksi tislaamalla Aroclor 1142 -tuotetta valmistettiin Aroclor 1242-tuotetta. [7, s. 137–138.]

Taulukko 1. Aroclor-tuotteita ja niiden käyttökohteita [8, s. 7–8; 9, s.10].

Aroclor tuote	Käyttökohde
A-1016	Kondensaattorit
A-1221	Kondensaattorit Kaasuturbiinit Kumit Polyvinyliasettaatti – Kestävyyden parantaminen Polystyreeni – Pehmittimenä Epoksihartsit – Kemiallisen kestävyyden ja tartunnan parantaminen
A-1232	Hydrauliikkaneste Kumi Tartunta-aineet Polyvinyliasettaatti – Kestävyyden parantaminen
A-1242	Muuntajat Lämmönsiirto Hydrauliikkaneste Kaasuturbiinit Kumit Hiiletön kopiopaperi Vahan täyteaine Polyvinyliasettaatti – Kestävyyden parantaminen
A-1248	Hydrauliikkaneste Tyhjiöpumput Kumit Polyvinyylilokloridi – Pehmitin, kemiallisen- ja tulenkestävyyden parantaminen Epoksihartsit – Kemiallisen kestävyyden ja tartunnan parantaminen
A-1254	Muuntajat Kondensaattorit Hydrauliikkaneste Tyhjiöpumput Synteettiset hartsit Vahan täyteaine Pölynpoistoaineet Musteet Leikkuuöljyt Tuholaismyrkyt Uima-altaiden maalit Polyuretaanipinnoitteet Etyyliseluloosalakat Saumaus- ja tiivisteaineet Polyvinyylilokloridi - Pehmitin, kemiallisen- ja tulenkestävyyden parantaminen Styreeni-butadieeni kopolymeerit – Kemiallisen kestävyyden parantaminen Etyleenivinyliasettaatti – Paineherkät tartunta-aineet Kloorattu kumi – Parempi kestävyys, palosuojaus ja sähkön eristys

A-1260	Muuntajat Väliaikaiset suojapinnoitteet Hydrauliikanesteet Pölynpoistoaineet Polyvinyylikloridi - Pehmitin, kemiallisen- ja tulenkestävyyden parantaminen Polyesterihartsit – Lasikuidun vahvistaminen; lujitetut hartsit ja palonsuojaus Lakat – Parempi veden ja emästen kesto
A-1262	Synteettiset hartsit Kreppikumi – Pehmittimenä maaleissa Nitroselluloosalakka - Pehmitin Vahat – Kosteuden ja tulenkesto ominaisuuksien parantaminen
A-1268	Kumit Synteettiset hartsit Neopreeni – Palonestoaineena ruiskuvalukoneissa Vahan täyteaine

Ainoa poikkeus Aroclor-tuotteiden nimeämisessä on Aroclor 1016. Aroclor 1016 kehitettiin ja tuotiin markkinoille vuonna 1971, kun huomattiin, että PCB-yhdisteen sisältäessä vähemmän kuin neljä klooriatomia sen biohajoaminen on paljon nopeampaa kuin sellaisilla yhdisteillä, jotka sisältävät yli viisi klooriatomia. Nimikäytännöstä poiketen Aroclor 1016 sisältää enemmän kuin 16 % klooria, sillä se valmistettiin tislamalla Aroclor 1242 -tuotetta. [7, s. 138.]



Kuva 2. Aroclor-tuotteita näytekauksissa, vasemmalla Aroclor 1254 ja oikealla Aroclor 5460. [10].

Vuonna 1948 Monsanto julkaisi ohjeen PCB-yhdisteiden käytöstä klooratun kumin valmistuksessa. Ohjeessa mainittiin Aroclor-tuotteiden ja muiden klooribifenyyliden olevan tehokkaita pehmittimiä kloorikautsulakoissa ja -maaleissa. Kloorikautsumaaleja on tavallisesti käytetty korroosion, tulen ja kemikaalien kestävyyttä vaativissa käyttökohteissa. Kloorikautsumaaleja on myös käytetty sähköneristystä vaativissa kohteissa. Kyseisten maalien mainitaan soveltuvan puu-, tiili-, kivi-, betoni-, metalli- ja tekstiilipinnoille. [11, s. 20.]

Monsanton ohjeessa mainittiin esimerkkikäyttökohteiksi kloorikautsumaaleille [11, s. 20.] seuraava:

- laivanrakennuksessa käytettävät metalli- ja puuosat
- kattojen, siltojen ja voimajohtojen metallirakenteet
- kemianteollisuuden, öljy- ja kaasuteollisuuden rakenteiden suojaaminen kaasuilta ja emäksiltä
- säiliöautojen ja muiden liikkuvien varastointi- ja rakennuskaluston suojaaminen korroosiolta
- betoniset uima-altaat, seinät ja lattiat.
- tiemerkinään käytetyt maalit
- tulenkestoa, kemikaalinkestävyyttä ja vedenpitävyyttä vaativat pinnoituskohteet
- tekstiilien vedenpitävyyden, kemikaalien ja tulenkeston parantaminen

Aroclor -tuotteita on myyty myös sekoitettuna muihin tuotteisiin tai muulla tuotenimellä. Monsanto valmistamat Therminol FR -sarjaan kuuluvat lämmönsiirtonesteet FR-1, FR-2 ja FR-3 koostuivat pelkistä Aroclor-tuotteissa. Muihin Therminol FR -sarjan tuotteisiin lisättiin Aroclor-tuotteita. FR tulee sanoista "Fire Retardant", jolla viitataan tuotteiden palonesto-ominaisuuksiin. Monsanto on valmistanut myös hydrauliiKANesteitä tuotemerkillä Pydraul. Pydraul-tuotteet sisälsivät usein PCB-yhdisteitä ja ne valmistettiin lähes aina asiakkaan tarpeiden mukaan. Pydraul-tuotteiden tarkasta koostumuksesta ei ole tietoa, mutta niiden valmistusta jatkettiin ilman PCB-yhdisteitä. [7, s. 139.]

2.2.2 Muut kaupalliset PCB-valmisteet

Aroclorin kaltaisia tuotteita on myyty ympäri maailmaa erilaisilla kauppanimillä, kuten Kanechlor, Clophen, Phenclor ja Sovol. Tietyn käyttökohteen tuotteita myytiin usein lisäksi omalla nimellään, kuten Monsanto palonestonesteitä Therminol FR:ää ja General Electricin sähköä eristävää nestettä Pyranolia. [7, s. 140.]

Sovol tuotenimellä valmistettuja PCB-yhdisteitä valmistettiin Neuvostoliitossa nykyisen Venäjän alueella vuosina 1939–1993. PCB-yhdisteiden valmistajia Neuvostoliitossa ja myöhemmin Venäjällä olivat Orgsteklo ja Orgzintes. Sovolia käytettiin erityisesti maali- ja lakkateollisuudessa ja sitä valmistettiin arvioiden mukaan yhteensä noin 52 500 tonnia, josta noin 37 000 tonnia käytettiin maalien ja lakkojen valmistuksessa. Sovolia lisättiin myös voiteluöljyihin ja erilaisiin kotitaloustarvikkeisiin. Maalitehtaille Sovolin toimittaminen lopetettiin vasta vuonna 1992. PCB-yhdisteitä valmistettiin myös muilla tuotenimillä Neuvostoliitossa ja kokonaistuotannon arvioidaan olevan noin 179 500 tonnia. [11, s. 20.]

2.3 PCB-yhdisteiden vaikutukset ympäristöön ja terveyteen

2.3.1 Ympäristövaikutukset

PCB-yhdisteet ovat yksi haitallisimmista ihmisen tuottamista ympäristömyrkyistä. PCB-yhdisteiden kaupallinen valmistus alkoi vuonna 1929 ja sitä on arvioiden mukaan valmistettu eri tarkoituksiin Yhdysvalloissa noin 600 000 tonnia, josta noin kolmasosan arvioidaan päätyneen ympäristöön. Ne ovat hyvin pysyviä ja kertyvät maaperään sekä eläimiin ja ihmisiin. PCB-yhdisteitä ei esiinny luonnossa muuten kuin ihmisen tuottamana ympäristömyrkkynä. Pysyvyytensä ja kertyvyytensä vuoksi PCB-yhdisteitä tavataan joka puolella maailmassa ympäristöstä riippumatta. PCB-yhdisteet leviävät pääosin ilmakehän kautta, johon ne päätyvät epätäydellisesti palaneista jätteistä tai haihtumalla vesistöistä. [1, s. 7-10.]

PCB-yhdisteet voivat päätyä ympäristöön suurista maalipinnoista ja elementtien elastisista saumausmassoista, esimerkiksi rakennusten julkisivuista. Etenkin kaupunkialueilla ja rannikolla kuormittavat ympäristöolosuhteet voivat saada lohkeilevan maalin

irtoamaan ja leviämään ympäristöön. PCB-yhdisteitä voi levitä ympäristöön myös saneeraus- raustöiden, kuten hiekkapuhalluksen tai painepesun yhteydessä. [12, s. 301.]

Maaperään ja vesistöihin PCB-yhdisteet voivat päätyä väärin toteutetun jätteenkäsittelyn, kuten väärän lajittelutavan, seurauksena. Myös laitteiden vioittumisen seurauksena PCB-yhdisteet voivat levitä ympäristöön, esimerkiksi kondensaattorin halkeamisen tai räjähtämisen seurauksena. Maaperässä PCB-yhdisteet jäävät pintakerrokseen, koska ne sitoutuvat tehokkaasti orgaanisiin aineisiin. Vesistöissä PCB-yhdisteet aiheuttavat haittaa vesieliöille ja voivat kertyä kaloihin. PCB-yhdisteet voivat aiheuttaa selkärangkaimille kehitys- ja lisääntymishäiriöitä sekä aineenvaihdunnan muutoksia. Rasvaliukoisuutensa vuoksi PCB-yhdisteet ovat aiheuttaneet erityistä haittaa esimerkiksi hylkeille, joille pienikin pitoisuus PCB-yhdisteitä naarashylkeen rasvakudoksessa voi aiheuttaa hedelmättömyyttä. [1, s. 7–10.]

PCB-yhdisteiden liikkuminen ympäristössä määrittyy osittain niiden kloorausasteiden mukaan. Vähemmän klooratut yhdisteet haihtuvat helpommin vesistöistä ja palautuvat maaperään ilmakehästä sateen mukana. Haihtuvuutensa vuoksi vähemmän klooratut yhdisteet leviävät laajemmalle alueelle. Raskaammat, enemmän klooria sisältävät yhdisteet eivät yleensä haihdu ja jäävät PCB-yhdisteillä saastuneen alueen lähistölle sedimenttiin ja maaperään. PCB-yhdisteet voivat kulkeutua merivirtojen mukana pitkiäkin matkoja hiukkasiin sitoutuneena. Maaperästä ja ilmakehästä PCB-yhdisteet päätyvät myös mantereiden kasvillisuuteen. [5, s. 486–487.]

2.3.2 Terveysriskit

Ihmiset altistuvat PCB-yhdisteille pääasiassa eläinperäisen ruuan kautta. Itämerestä pyydetyistä kaloista valmistettu ruoka on Suomessa suurin PCB-yhdisteiden lähde. Ihmisestä toiseen PCB-yhdisteet siirtyvät lähinnä äidiltä lapselle äidinmaidon kautta ja voivat aiheuttaa lapselle hampaiden kehityshäiriöitä. Äidinmaidon PCB- ja dioksiinipitoisuuksia on Suomessa seurattu vuodesta 1987 lähtien 5–7 vuoden välein. Vuoteen 2010 mennessä PCB- ja dioksiinipitoisuudet äidinmaidossa olivat pienentyneet noin 80 % vuodesta 1987. [13.]

Dioksiinit syntyvät usein kloorausprosessin sivutuotteena, ja niitä löydetään usein samoista elintarvikkeista kuin PCB-yhdisteitä. Myrkyllisiä dioksiineja on 17, joista myrkyllisin on TCDD, johon PCB-yhdisteiden myrkyllisyyttä ja muiden dioksiinien myrkyllisyyttä verrataan. TCDD, eli 2, 3, 7, 8- tetraklooridibentso-p-dioksiini, on tutkituin kaikista dioksiineista. PCB-yhdisteiden ja dioksiinien vertailu TCDD:hin tapahtuu vertailukertoimien avulla. [14.] Jokaiselle PCB-yhdisteelle ja dioksiinille on kansainvälisesti määritelty yhdistekohtainen vertailukerroin, eli TEF-kerroin (Taulukko 2). TEF-kerroin on lyhenne englanninkielisestä termistä toxic equivalency factor, eli toksisuusekvivalenttikerroin, joka kertoo yhdisteen toksisuudesta suhteessa TCDD:hin. [3, s. 52.]

Taulukko 2. Dioksiinien ja PCB-yhdisteiden TEF-kertoimia [3, s. 52.]

Yhdiste	TEF-Kerroin
Dibentso-para-dioksiinit (PCDD:t)	
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01
OCDD	0,0003
Dibentsofuraanit (PCDF:t)	
2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01
OCDF	0,0003
Ei-orto-PCB-yhdisteet	
PCB 77	0,0001
PCB 81	0,0003
PCB 126	0,1
PCB 169	0,03
Mono-orto-PCB-yhdisteet	
PCB 105	0,00003
PCB 118	0,00003
PCB 123	0,00003
PCB 156	0,00003
PCB 157	0,00003
PCB 167	0,00001
PCB 189	0,0001

PCB-yhdisteille voi myös altistua saastuneen juomaveden, ihokosketuksen ja hengitysteiden kautta. Altistuspitoisuudet ovat kuitenkin paljon alhaisempia kuin ravinnon kautta saatavat pitoisuudet. PCB-yhdisteille altistumisen yleisimpiä oireita ovat ihon oireilu, kuten akne ja ihottumat. PCB-yhdisteiden kanssa työskenteleviltä on myös löydetty viitteitä maksavaurioista. [15, s. 1–2.] PCB-yhdisteiden on todettu aiheuttavan syöpää [16]. Yleisesti PCB-yhdisteistä aiheutuvia oireita ja syöpäriskiä ei esiinny muilla kuin niiden kanssa työskenteleviltä ja muilla, jotka altistuvat runsaasti PCB-yhdisteille. [15, s. 1–2.]







Ruuan kautta PCB-yhdisteille altistumista voidaan mitata WHO:n määrittelemillä indikaattorikongeneereilla. Indikaattorikongeneereja on yhteensä kuusi kappaletta: PCB 28, 52, 101, 138, 153 ja 180. Näistä indikaattorikongeneereista elimistöön kertyvimmat ovat eniten klooria sisältävät 138, 153 ja 180. Vähemmän klooratut kongeneerit kertyvät elimistöön huonommin ja poistuvat nopeammin aineenvaihdunnan mukana. [11, s. 14.]

PCB-yhdisteille altistumisesta voi seurata immunologisia muutoksia, kuten kasvanutta alttiutta korvatulehduksille ja hengitystieinfektioille. Immuunijärjestelmän herkkyys PCB-yhdisteille on todennettu useilla ihmistutkimuksilla, joissa on todettu erityisesti lapsien olevan herkkiä PCB-yhdisteiden vaikutuksille. PCB-kongeneeri PCB-153 on yhdistetty rintasyövän kehittymiseen. Kyseistä kongeneeria on löydetty rintasyöpää sairastavilta naisilta korkeampina pitoisuuksina verestä syöpää sairastamattomiin verrattuna. [11, s. 16.]

PCB7-yhdisteiden varoitusmerkinnät ja vaaralausekkeet löytyvät taulukosta 3. PCB-yhdisteet aiheuttavat terveysongelmia lähinnä pitkäaikaisessa ja toistuvassa altistuksessa, mutta rasvaliukoisuutensa vuoksi kertyvät elimistöön eivätkä poistu sieltä helposti [16].

Taulukko 3. PCB7-yhdisteiden nimet, varoitusmerkinnät ja vaaralausekkeet [17.]

PCB-yhdiste	Varoitusmerkinnät	Vaaralausekkeet
PCB 28 2,4,4'-Trikllooribifenyyl IUPAC: 28 CAS: 7012-37-5		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesielioille H410, Erittäin myrkyllistä vesielioille, pitkäaikaisia vaikutuksia

PCB 52 2,2'5,5'-Tetraklooribifenyyl IUPAC: 52 CAS: 35693-99-3		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesieliöille H410, Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia
PCB 101 2,2'4,5,5'-Pentaklooribifenyyl IUPAC: 101 CAS: 37680-73-2		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesieliöille H410, Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia
PCB 118 2,3'4,4'5-Pentaklooribifenyyl IUPAC: 118 CAS:31508-00-6		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesieliöille H410, Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia
PCB 138 2,2'3,4,4'5-Hexaklooribifenyyl IUPAC: 138 CAS: 35065-28-2		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesieliöille H410, Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia
PCB 153 2,2'4,4'5,5-Hexaklooribifenyyl IUPAC: 153 CAS: 35065-27-1		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesieliöille H410, Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia
PCB 180 2,2'3,4,4'5,5'-Heptaklooribi- fenyyl IUPAC: 180 CAS: 35065-29-3		H373, Saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa H400, Erittäin myrkyllistä vesieliöille H410, Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia

PCB-yhdisteet voivat myös aiheuttaa muutoksia ihmisen kilpirauhashormonitasoihin. Erään PCB-tuotantotehtaan lähialueiden asukkailla ja tehtaan työntekijöillä havaittiin kilpirauhasen kasvua. PCB-yhdisteet voivat jäljitellä hormoneja ja aiheuttaa näin hormonipäätasapainoa elimistössä, mikä johtaa erilaisiin ongelmiin aineenvaihdunnassa ja esimerkiksi hermoston kehitykseen. Kilpirauhashormonitasojen vääristymät aiheuttavat etenkin lapsilla lukuisia kehityshäiriöitä. Vääristyneet hormonitasot voivat olla syynä myös kasvainten kehitykseen. [11, s.17.]

Veren PCB-pitoisuus ja ylähengitysteiden sekä silmien ärsytys on yhdistetty erään kondensaattoritehtaan työntekijöiden tutkimuksessa. Toisessa vastaavassa tutkimuksessa veren PCB-pitoisuudet on myös yhdistetty kävellessä ilmenevään rintakipuun. Keskimäärin tutkitut kondensaattoritehtaan työntekijät olivat hengittäneet eri Aroclor -valmisteita 0,007–11 mg/m³. Koe-eläimillä PCB-yhdisteet on yhdistetty myös kuulovaurioihin. [11, s. 17.]

3 PCB-yhdisteet maaleissa ja rakennusmateriaaleissa

3.1 Yleistä maaleista

Maalit ovat pintakäsittelyaineita, joilla voidaan suojata maalattavaa alustaa siihen kohdistuvalta rasitukselta, tehdä maalattavasta alustasta esteettisempi ja pidentää maalattavan tuotteen tai kappaleen käyttöikä. Maalit koostuvat pääosin neljästä ainesosasta: sideaineesta, liuotteista, pigmenteistä ja lisäaineista (Kuva 3). [18, s. 8–11.] Sideaineen tehtävä on muodostaa maalikalvo ja kiinnittää se alustaansa. Erilaisilla sideaineilla saadaan aikaiseksi eri käyttöolosuhteisiin sopivia maalikalvoja. Esimerkiksi korroosionsuojamaaleissa käytetään usein sideaineena alkydihartsia, koska se muodostaa tiiviin ja vedenpitävän kalvon kuivuessaan. Alkydimaalit eivät kuitenkaan kestä jatkuvaa kondenssia tai upotusrasitusta. Alkydimaaliin voidaan lisätä tarpeen vaatiessa korroosionestopigmentejä parantamaan korroosiosuojaa. [19. s. 24, 51]. Maalit voidaan luokitella monella eri tavalla. Taulukossa 4 on luokiteltu maalit kuivumistavan ja sideaineen mukaan [20, s. 6–7].

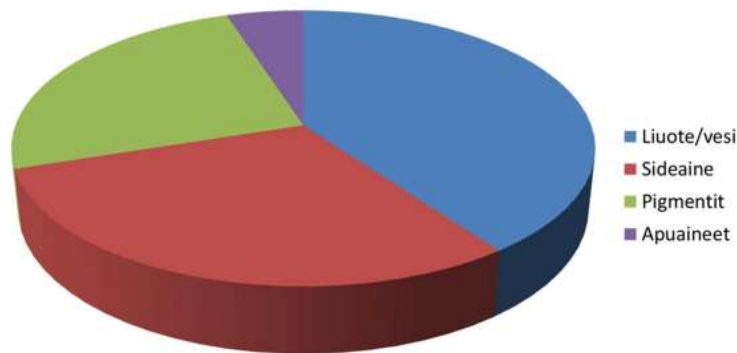
Taulukko 4. Maalityypit kuivumistavan mukaan [20, s. 6–7].

Maalityyppi	Sideaine	Kuivumisominaisuudet
Ilmakuivuva	Alkydit Uretaanialkydit Epoksiesterit	Kalvonmuodostus tapahtuu liuotteen haihtuessa ja sideaineen reagoiessa ilman hapen kanssa. Lämpötila vaikuttaa kuivumisaikaan.
Liuteohenteinen fysikaalisesti kuivuva	Kloorikautsu Vinyylimaalit Akryylihartsi Bitumi	Kalvonmuodostus tapahtuu liuotteen haihtuessa. Palautettava maalityyppi, eli liukenee takaisin liuotteen.

		Lämpötila ja ilman liike vaikuttaa kuivumisaikaan.
Vesiohenteinen fysikaalisesti kuivuva	Akryylidispersio Vinyylidispersio Polyuretaanidispersio	Kalvonmuodostus tapahtuu veden haihtuessa ja dispergoituneen sideaineen molekyylien kiinnittyessä toisiinsa. Ei palautettava maalityyppi, eli ei liukene takaisin veteen. Lämpötila ja ilman liike vaikuttaa kuivumisaikaan.
Kemiallisesti kuivuva 2-komponenttiepoksi	Epoksi Epoksivinyyli Epoksiyhdistelmät	Liuteohenteinen, vesiohenteinen tai liuotteeton. Liituuntuu UV-valossa. Eri kovetteet pinta- ja pohjamaaleissa, pintamaalissa amidikovete, pohjamaalissa amiinikovete.
Kemiallisesti kuivuva 2-komponenttipolyuretaani	Polyesteri Akrylaatti Epoksi Polyeetteri Fluorihartsit	Liuoteohenteinen tai liuotteeton. Korkea ilmankosteus saattaa aiheuttaa kuplia ja huokosia maalikalvoon. Kovetteina aromaattinen tai alifaattinen polyisosyanaatti.
Kosteuskovettava	Polyuretaani 1-komponenttietyylisilikaatti 2-komponenttietyylisilikaatti	Kalvonmuodostus tapahtuu liuotteen haihtuessa ja kovetuu reaktiossa ilmankosteuden kanssa. Liian suurella kuivakalvonpaksuudella voi syntyä halkeamia. Liian matala tai korkea ilmankosteus haittaa kalvonmuodostusta.

Liuotteen tehtävä maalissa on auttaa sideaineen levittämisessä alentamalla viskositeettia. Liuote haihtuu maalin kuivuessa, mutta se vaikuttaa ratkaisevasti maalikalvon ominaisuuksiin levitysvaiheessa. Jos liuotetta on liian paljon, maalikalvo voi jäädä liian ohueksi. Yleisiä liuotteita maaleissa ovat vesi ja orgaaniset öljypohjaiset ja aromaattiset hiilivedyt. Pigmentit ovat maalille värin ja peittokyvyn antavia hienojakoisia jauheita. Pigmentit voivat auttaa korroosionestossa, tiivistää maalikalvoa tai antaa maalikalvolle väriä. Pigmentit voivat olla orgaanisia ja epäorgaanisia luonnontuotteita tai synteettisesti valmistettuja yhdisteitä.

Lisäaineilla, eli apuaineilla, voidaan parantaa maalien ominaisuuksia, kuten pehmittimillä maalin elastisuutta tai hyytelöintiaineilla vähennetään maalin valumista. Muita maaliin lisättäviä apuaineita ovat esimerkiksi nahoittumisen estoaineet, sakkautumisenestoaineet ja pinta-aktiiviset aineet. Nahoittumisen estoaineet auttavat maalia säilymään toimituspakkauksessa estämällä maalin pinnan kuivumista eli nahoittumista. Sakkautumisenestoaineilla maali saadaan pysymään tasalaatuisena ja sen koostumus yhtenäisenä. Pinta-aktiiviset aineet vahvistavat sideaineiden ja pigmenttien välisiä sidoksia. Maaliin voidaan tarpeen vaatiessa lisätä ohennetta. Ohenne on nimensä mukaisesti maaliin lisättävää liuotetta, jolla ohennetaan maalia, eli tehdään siitä juoksevampaa. Maalit voivat olla vesi- tai liuoteohenteisia. Maalia ohennetaan sen levittämisen helpottamiseksi ja jotkin levitystavat, kuten ruiskumaalaus, voivat vaatia maalin ohentamista. [19, s. 13–17, 45–50.]



Kuva 3. Maalien koostumus yleisesti [18, s. 11].

PCB-yhdisteitä on käytetty pääasiassa kloorikautsu ja vinyylimaaleihissa. Kloorikautsu- ja vinyylimaaleja on käytetty betoni- ja muurauspinoilla niiden hyvän iskun- ja kulutuskestävyytensä vuoksi. Tyypillinen käyttöikä kloorikautsu- ja vinyylimaaleille on noin 10–15 vuotta. [8, s. 398.] Kloorikautsu on sideaineena hartsimainen ja se valmistetaan klooraamalla kumia liuoksessa. Kaupalliset kloorikautsuvalmisteet sisälsivät noin 65 % klooria. Kloorikautsua on käytetty sideaineena fysikaalisesti kuivuvissa maaleissa kohteissa, jossa vaaditaan hyvää kemiallista ja kulutuksen kestävyttä. Kloorikautsu on kiinteänä polymeerinä hauras, joten maalissa käytetään pehmittimiä lisäaineena. [21, s. 405.]

Tyypillisiä kloorikautsumaalien käyttökohteita ovat olleet esimerkiksi sillat, kemianteollisuuden tehtaiden pinnat ja putkistot. Kloorikautsumaaleja on myös käytetty laivojen teräspinnoilla korroosionestossa. Yksi kloorikautsumaalien eduista esimerkiksi öljymaaleihin verrattuna oli niiden nopea kuivumisaika, varsinkin kylmissä lämpötiloissa. Kloorikautsumaaleilla voitiin maalata jopa -20°C :n lämpötiloissa. Kertamaalauksella voitiin maalata paksuja, jopa $125\ \mu\text{m}$, kuivakalvon paksuuksia. Kloorikautsumaalit muodostavat hyvin höyrytiivin kalvon. Kloorikautsumaalit soveltuvat käytettäväksi useampiin käyttökohteisiin kuin syklokautsu- ja vinyylimaalit. [21, s. 405.]

Kloorikautsua on voitu käyttää myös lisäaineena alkydimaaleissa parantamaan vedenkestoa. Kloorikautsumaalien hyvät ominaisuudet perustuvat niiden kalvonsisäisiin tartuntaominaisuuksiin, kun kloorikautsumaalialia käytetään kaikissa maalikerroksissa [21, s. 405, 540.]

Nykyisin kloorikautsumaalien käyttö on hyvin vähäistä, mutta ne olivat vielä 1970–1980-luvulla tärkeimpiä maaleja korroosionestossa ja betonipinnoilla. Kloorikautsun valmistaminen maaleissa käytettäväksi raaka-aineeksi alkoi 1930-luvulla. Suomessa kloorikautsumaaleja on ainakin myyty Duranol -tuotenimellä. [22.]

3.2 PCB-yhdisteiden käyttö maaleissa ja pinnoitteissa

Maalista ei voida pelkän sideaineen perusteella päätellä, sisältääkö se PCB-yhdisteitä [23, s. 89].

PCB-yhdisteitä on käytetty orgaanista sideainetta sisältävissä maaleissa, yksikomponenttisissa silikaattimaaleissa ja sementtimaaleissa. Polyuretaanipinnoitteisiin ja uimaaltaissa käytettyihin pinnoitteisiin, kuten syklokautsu- ja kloorikautsumaaleihin, on myös lisätty PCB-yhdisteitä. [12, s. 298.] Teollisuudessa PCB-yhdisteitä sisältäviä maaleja on käytetty putkistojen ja seinien pinnoituksessa, kun pinnoitteelta vaadittiin kestävyttä lämpötilanvaihteluille ja hyviä tartuntaominaisuuksia [9, s. 15]. PCB-yhdisteitä on voinut päätyä joihinkin maaleihin myös pigmenttien tuotannon aikana syntyvänä sivutuotteena. PCB-yhdisteitä on löytynyt ainakin orgaanisista keltaisista, vihreistä ja sinisistä pigmenteistä. Sinisistä ja vihreistä pigmenteistä löytyneet PCB-yhdisteet sisälsivät selvästi enemmän klooria kuin keltaisesta pigmentistä löydetty PCB-yhdisteet. Lisäksi on todettu,

että titaanioksidin tuotannon yhteydessä voi syntyä PCB-yhdisteitä sivutuotteena valmistusprosessin olosuhteiden vuoksi. [23, s. 89.]

3.2.1 Suomessa

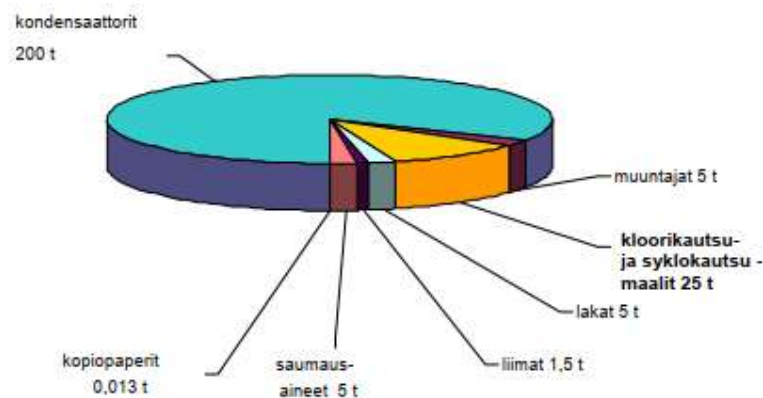
Tampereen yliopiston vuonna 2007 tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin PCB-yhdisteitä suomalaisissa rakennuksissa ja niiden saneeraamisen aiheuttamien työhygieenisten riskien vähentämistä. Tutkimuksen mukaan suomalaisista maalinvalmistajista ainakin Tikkurilan väritehtaat Oy (nykyinen Tikkurila Oyj), Teknos-maalit Oy (nykyinen Teknos Oy) ja Oy Lohja Ab Winter ovat ilmoittaneet käyttäneensä PCB-yhdisteitä kaupallisesti valmistettujen maalien lisäaineina ja muissa sovelluksissa (Taulukko 5). Tikkurila käytti PCB-yhdisteitä lämmönsiirtonesteissä ja kloorikautsumaalien lisäaineena vuoteen 1971 asti. Lattiamaalaukseen käytettyihin Tikkurilan Duranol-pohja- ja pintamaaleihin lisättiin PCB-yhdisteitä pehmittimiksi ja tartunnan parantamiseksi. Duranol-tuotteisiin lisätty PCB-yhdisteiden määrä oli noin 20 % sideaineen määrästä. Sideainetta Duranol-tuotteissa oli noin 5–10 % maalikalvosta. [11, s.21.]

Taulukko 5. Suomalaisen maalitehtaiden Tampereen yliopiston tutkimuksessa ilmoittamat PCB-yhdisteiden käyttökohteet [11, s.21].

Maalitehdas	Käyttökohde	Tuotteet	Käytetyiden PCB-yhdisteiden tuotemerkit
Tikkurilan väritehtaat Oy	Kloorikautsumaalit Lämmönsiirtonesteet	Duranol-lattiamaalit	Chlopen A60 Phenoclor DP6
Teknos-maalit Oy	Kloorikautsumaalit Vinyylimaalit	-	-
Oy Lohja Ab Winter	Kloorikautsumaalit Syklokautsumaalit	-	-

Tikkurilan käyttämät PCB-yhdisteitä sisältäneet tuotteet, Euroopassa valmistetut saksalainen Chlopen A60 ja ranskalainen Phenoclor DP6, ovat verrattavissa PCB-kongeneeriprofiililtaan Monsanto Chemical Companyn (myöhemmin pelkkä Monsanto) valmistamaan tuotteeseen Aroclor 1260. Monsanto vuonna 1948 antamissa ohjeissa kloorikautsumaaleihin suositeltiin lisättäväksi Aroclor 1260 -seosta. Ohjeen mukaan myös Aroclor 1254 -seosta voitiin käyttää kloorikautsumaaleissa (Kuva 4). Kellarin lattioissa käytettyihin kloorikautsumaaleihin Monsanto suositteli lisättäväksi 10 % PCB-yhdistepitoista seosta ja uima-altaissa käytettyihin maaleihin 8 %. [11, s. 22].

Teknos on ilmoittanut käyttäneensä PCB-yhdisteitä kloorikautsu- ja vinyylimaaaleissa vuoteen 1971 asti. Winter on käyttänyt PCB-yhdisteitä ainakin kloorikautsu ja syklokautsumaaleissa myös vuoteen 1971 asti. Tarkkoja tietoja käyttömääristä tai tuotemerkeistä ei ole tiedossa. Vuonna 1971 maalien kokonaistuotanto Suomessa oli noin 50 000 tonnia. Fysikaalisesti kuivuvia maaleja ja lakkoja tuotettiin noin 1 100 tonnia, kaksikomponenttisia maaleja ja lakkoja noin 1 900 tonnia. Muista maista, pääasiassa Euroopasta, tuotiin maaleja ja lakkoja yhteensä 633 tonnia. [11, s. 21.]



Kuva 4. PCB-yhdisteiden käyttö Suomessa vuonna 1969 [11, s. 19].

Tyypillisiä käyttökohteita Suomessa PCB-yhdisteitä sisältäville maaleille olivat rakennusten betonipinnat teollisuudessa ja yleisissä tiloissa. PCB-yhdisteitä sisältäviä tuotteita on myös käytetty erilaisten metallipintojen suojaamisessa, kuten metallisäiliöiden ja putkien pinnoittamisessa. PCB-yhdisteitä sisältävien maalien valmistus loppui 1970-luvun alkupuolella, kun tietoa saatiin selville PCB-yhdisteiden ympäristölle haitallisista vaikutuksista. PCB-yhdisteiden käytön lopettaminen ohjasi maalitehtaita kehittämään uudenlaisia, vähemmän ympäristölle haitallisia, pehmittimiä erikoismaaleille. [11, s. 21.]

3.2.2 Muissa Pohjoismaissa

PCB-yhdisteitä sisältäviä maaleja on käytetty Norjassa ainakin vuosina 1952–1975. Yleisiä käyttökohteita ovat olleet uimahallien, koulujen ja elintarviketeollisuuslaitosten ulko- ja sisäpinnoilta. Tärkeimpiä maalityyppejä, joihin PCB-yhdisteitä on Norjassa lisätty, ovat kloorikautsu- ja korroosionestomaalit. Ruotsissa on todettu maalien olevan kolmanneksi suurin PCB-yhdisteiden käyttökohteista. Vuosina 1957–1980 PCB-yhdisteiden kokonaistuontimäärän arvioidaan olevan 8000–10 000 tonnia Ruotsissa. PCB-yhdisteitä on käytetty myös Ruotsissa kloorikautsumaaleissa ja laivojen pohjamaaleissa. Käyttömäärä oli vuonna 1968 noin 65 tonnia vuodessa, mutta väheni vuoteen 1970 mennessä vain 35 tonniin vuodessa. [11, s. 19–20.]

Ruotsissa on löydetty PCB-yhdisteitä akryylimuovipohjaisista lattiamassoista. Acrydur -tuotenimellä myydyssä lattiamassasta on mitattu jopa 20 % pitoisuuksia PCB-yhdisteitä. Acrydur -lattiamassoja on käytetty pääasiassa suurkeittiöiden ja tehtaiden lattioissa 1960-luvun puolivälissä, mutta sitä on löydetty myös vuosina 1956–1973 rakennetuista parvekkeista. [11, s. 20.]

3.2.3 Muualla maailmassa

Yhdysvalloissa PCB-yhdisteitä on käytetty maalien lisäaineena 1920-luvulta lähtien aina 1980-luvulle saakka. Yhdisteiden käyttömäärä kuitenkin väheni jo 1970-luvulla, kun niiden haittoihin alettiin kiinnittämään huomiota [4, s.10]. Vielä 1960-luvulla PCB-yhdisteet olivat yleisin maalin pehmittimenä käytettävä lisäaine. Pehmittimiä käytetään maaleissa parantamaan maalin kestävyyttä ja estämään haurastumista. Haurastunut maalikalvo lohkeilee helpommin ympäristörasituksien ja alustan muodonmuutoksien vaikutuksesta [12, s. 298]. PCB-yhdisteitä on lisätty ainakin kloorikautsumaaleihin pehmittimeksi ja niitä on käytetty öljypohjaisissa sideaineissa jopa 20–30 massaprosenttia, jolloin maalin PCB-yhdistepitoisuus saattoi olla jopa 200 000–300 000 mg/kg maalin märkäpainosta. Kuiva- kalvoista otetuista maalinäytteistä on löydetty jopa 97 000 mg/kg pitoisuuksia Yhdysvalloissa. [22. s. 6.]

PCB-yhdisteitä käytettiin maaleissa pääasiassa parantamaan maalien ominaisuuksia haasteellisissa olosuhteissa, kuten lentokoneiden ja laivojen maalipinnoissa.

Ruosteenesto- ja homesuojamaalit sekä tiemerkinään käytettävät maalit sisälsivät myös usein PCB-yhdisteitä. [12, s. 298.]

Neuvostoliitossa ja myöhemmin Venäjällä PCB-yhdisteitä on valmistettu eri kauppanimillä vuosien 1939 ja 1993 välillä yhteensä noin 179 500 tonnia. Tästä määrästä noin 37 000 tonnia on käytetty maali- ja lakkateollisuudessa. Suurin osa Neuvostoliitossa tuotetuista PCB-yhdisteistä on ollut käytössä koko entisen Neuvostoliiton alueella. [11, s. 20.]

3.3 PCB-yhdisteiden käyttö rakennusmateriaaleissa

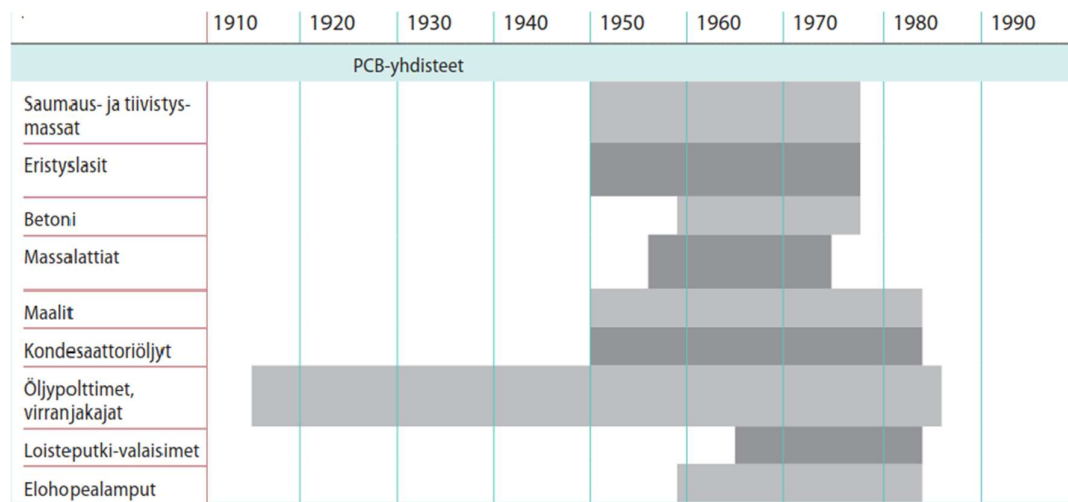
PCB-yhdisteitä on löydetty useista rakennusmateriaaleista, mutta pääosin niitä on käytetty elementtien saumaussaineissa, ikkunoiden tiivisteissä ja ovenkarmien tiivisteissä (Kuvat 5 ja 6). PCB-yhdisteet imeytyvät huokosiin materiaaleihin tehokkaasti, minkä vuoksi niitä on löydetty usein saumausmassojen viereisistä betoni- ja muurauspintoista. Korkeita pitoisuuksia PCB-yhdisteitä on Yhdysvalloissa löydetty myös liimoista, palonestotuotteista ja akustiikkalevyistä. [24, s. 4.]



Kuva 5. PCB-yhdisteitä sisältävää elementtien saumausmassaa [25, s. 2].

Vuosien 1950-1970 aikana Suomessa valmistetuista betonielementeistä voi myös löytyä PCB-yhdisteitä, koska niihin aikoihin käytettiin sementtivalimoilla muottiöljynä jäteöljyjä,

joihin lukeutuivat mukaan PCB-yhdisteitä sisältävät kondensaattori- ja muuntajaöljyt. [4, s. 17.] PCB-yhdisteitä on myös löydetty ennen vuotta 1979 valmistetuista valaisimien virranrajoittimista. Kun virranrajoittimen käyttöikä on täynnä, se voi haljeta ja vuotaa PCB-yhdisteitä sisältäviä aineita ympäristöön. Jos valaisimen virranrajoitin on valmistettu ennen vuotta 1979 tai siitä ei löydy merkintää ”Ei sisällä PCB:tä”, voidaan olettaa sen sisältävän PCB-yhdisteitä. Vuoden 1998 jälkeen virranrajoittimia on kuitenkin saanut valmistaa ja myydä ilman erillistä merkintää PCB-yhdisteiden sisältämisestä. [16, s. 5.]



Kuva 6. PCB-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien markkinoillaoloajat Suomessa [26].

PCB-yhdisteitä voi myös esiintyä puunsuoja-aineissa epäpuhtauksina, esimerkiksi pentakloorifenolin seassa. Pentakloorifenolia käytettiin puutavarassa sienien tuhoamiseen ja sinistymisen estoon. Pentakloorifenolia eli PCP:tä ei Suomessa ole saanut käyttää tai luovuttaa markkinoille vuoden 2000 jälkeen. [16, s. 1.] Yhdysvalloissa on löydetty pieniä pitoisuuksia PCB-yhdisteitä tervapaperista, kattohuovista ja muista vastaavista katemateriaaleista. [8, s. 5].

Sementtilaastia sisältävissä rakennusmateriaaleissa voi esiintyä PCB-yhdisteitä myös laastiin lisätyn polyvinyyliasetaatin seassa [27, s. 760]. Polyvinyyliasetaattiin usein lisättiin PCB-yhdisteitä sen kestävyuden parantamiseksi [8, s. 7-8]. Polyvinyyliasetaatin lisäyksellä portlandsementtiin saavutettiin jopa kymmenkertaisia vetolujuuksia verrattuna

normaaliin Portlandsementtiin 28 päivän kuivumisajalla. Polyvinyylisetaatin lisäyksellä sementistä saatiin myös helposti työstettävää ja se saavutti hyvät ominaisuutensa normaalioloissa kuivumalla. [27, s. 760, 767]. Polyvinyylisetaattia käytetään pääasiassa sideaineena liimoissa ja maaleissa sen erinomaisten tartuntaominaisuuksien vuoksi. Muita polyvinyylisetaatin ominaisuuksia ovat esimerkiksi hyvä UV-säteilyn, emästen, veden ja hapettumisen kesto, sekä vesihöyryn läpäisevyys. [28 s. 99.] Laasteissa on käytetty PCB-yhdisteitä lisäaineena sellaisenaan antamaan laastille notkeutta. Kiviainespitoisissa rakennusmateriaaleissa, kuten tiilissä, on myös käytetty PCB-yhdisteitä sisältävää lisäainetta. Betonissa PCB-yhdisteitä on käytetty lisäaineena halkeamien estämiseen ja notkeuttamiseen. [29, s. 4–9].

4 PCB-yhdistepitoisten materiaalin käsittely

4.1 Yleistä

Seuraavassa kappaleessa keskitytään PCB-yhdisteiden asemaan jätteiden luokittelun, lainsäädännön ja haitta-ainetutkimuksien kannalta.

PCB-yhdisteet luokitellaan EU:ssa POP-asetuksen mukaan yhdeksi haitallisimmista ympäristömyrkyistä. Tällä hetkellä POP-yhdisteiksi luokiteltuja kemikaaleja on yhteensä 28. Kaikille POP-yhdisteille on määritetty omat jäteraja-arvot, joiden ylittyessä jätteestä tulee vaarallista jätettä. [30.]

Rakennusten haitta-ainetutkimuksen yhteydessä tutkitaan tavallisesti myös mahdolliset PCB-yhdisteitä sisältävät rakennusmateriaalit. PCB-yhdisteitä voidaan tutkia myös maaperästä ja muista ympäristöteknisistä kohteista. Jos rakennusmateriaalin PCB-yhdistepitoisuus ylittää vaarallisen jätteen raja-arvon, purkutyöt tulee suorittaa haitta-ainepurkuna. PCB-yhdistepitoinen jäte tulee säilyttää omassa pakkauksessaan, joka on merkitty CLP-asetuksen mukaisesti. Vaarallinen jäte sijoitetaan sille soveltuvalla kaatopaikalla tai se voidaan hävittää polttamalla.

4.2 Direktiivit ja lainsäädäntö

PCB-yhdisteiden käyttöä ja tuotantoa on säädelty 1970-luvulta lähtien EU-direktiiveillä ja maakohtaisilla lainsäädännöllisillä rajoituksilla. Direktiivejä ja lainsäädäntöä on tarkennettu vuosien mittaan PCB-yhdisteiden käytön ja jätteenkäsittelyn kannalta, ensin maahantuonti- ja markkinointikielloilla, jonka jälkeen annettiin määräyksiä PCB-yhdistepitoisten laitteiden puhdistuksesta ja siitä syntyvän jätteen hävittämisestä.

4.2.1 Direktiivit

Ensimmäiset PCB-yhdisteitä koskevat rajoitukset alkoivat ilmaantua 1970-luvulla maakohtaisina rajoituksina, mutta jo vuonna 1976 silloinen Euroopan yhteisöjen neuvosto antoi direktiivin (76/769/ETY) PCB-yhdisteiden käytöstä. Vuonna 1976 annetussa direktiivissä PCB-yhdisteiden käyttö kiellettiin kaikissa avoimissa järjestelmissä. Direktiivin mukaan PCB-yhdisteiden käyttöä sai jatkaa suljetuissa sähköjärjestelmissä, kondensaattoreissa, lämmönsiirtonesteissä ja tietyissä hydraulikkaneesteissä. [31.] Vuonna 1985 Euroopan yhteisöjen neuvosto muutti direktiiviä 76/769, jolloin PCB-yhdisteiden käyttö ja markkinoille tuonti kiellettiin kokonaan [32, s.191]. Direktiiviä tarkennettiin vuonna 1996, jolloin siihen lisättiin PCB-yhdisteiden hävittämistä ja sitä sisältävien laitteiden puhdistusta koskevia määräyksiä. Muutoksen myötä puhdistettuihin PCB-yhdisteitä sisältäneisiin laitteisiin tuli merkitä selkeästi millä aineella PCB-yhdisteet oli korvattu. Osassa EU-maista vuonna 1995 sähkölaitteisiin pakolliseksi tullut CE-merkintä ei takaa sitä, että laite ei sisällä PCB-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja. [33, s. 33-35.]

4.2.2 Lainsäädäntö Suomessa

Valtioneuvoston asetuksen 179/2012 mukaan jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, jos sen PCB-pitoisuus ylittää 50 mg/kg. Vaarallinen jäte tulee pakata tiiviiseen ja kestäväan pakkaukseen, jonka materiaalit eivät reagoi vaarallisen jätteen kanssa siten, että jätteestä aiheutuu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Vaarallisen jätteen pakkaukseen tulee merkitä, mitä jätettä pakkaus sisältää, jätteen haltijan nimi sekä muut jätehuollon ja turvallisuuden kannalta oleelliset tiedot ja varoitukset. Vaaraominaisuuksia aiheuttavat aineet ja niiden CLP-asetuksen mukaiset merkinnät on myös syytä esittää vaarallisen jätteen pakkauksessa. [34.]

CLP-asetus, eli aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta annettu asetus (EY) 1272/2008 perustuu Yhdistyneiden kansakuntien maailmanlaajuisesti yhdenmukaistettuun luokitus- ja mittausjärjestelmään, GHS-järjestelmään. CLP-asetuksella pyritään varmistamaan terveyden ja ympäristön suojelun korkea taso ja aineiden, seosten sekä esineiden vapaa liikkuvuus. CLP-asetuksen tärkein tavoite on määrittää, onko aineella tai seoksella sellaisia ominaisuuksia, joiden perusteella se voidaan lueta vaaralliseksi. Kaikissa jäsenvaltioissa käytetään CLP-asetuksen mukaisia yhdenmukaistettuja vaaramerkintöjä. [35.]

Jätelain 646/2011 mukaan vaarallista jätettä ei saa sekoittaa tai laimentaa laadultaan erilaiseen jätteeseen tai muuhun materiaaliin. Tästä kiellosta voidaan poiketa, jos kyseiseen toimintaan on ympäristölain mukainen ympäristölupa ja se on jätteen käsittelymiseksi tarpeellista. Jos vaarallista jätettä on sekoitettu kiellon vastaisesti, on jätteet erotettava, mikäli sillä voidaan ehkäistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuvaa vaaraa ja se voidaan toteuttaa aiheuttamatta kohtuuttomia kustannuksia. [36.]

4.3 PCB-yhdistepitoisuuden tutkiminen

PCB-yhdisteet tutkitaan rakennuksissa tyypillisesti haitta-ainetutkimuksen yhteydessä. Haitta-ainetutkimuksessa voidaan tutkia myös muita vaarallisia aineita, kuten asbestia, metalliyhdisteitä, puun kyllästeaineita, betonin lisäaineita ja rakenteisiin imeytyneitä öljyjä ja muita haihtuvia yhdisteitä. Haitta-ainetutkimuksesta laadittava raportti toimii pohjana korjaus-, purku- ja pölynhallintatyön suunnittelussa turvallisuusriskien hallinnan ja vaarallisen jätteen käsittelyn osalta. [37, s. 4-5.] Seuraavissa luvuissa on esitelty PCB-yhdisteitä sisältävien materiaalien näytteidenottomenetelmiä haitta-ainetutkimuksen kannalta. Näytteenotossa tulee aina käyttää asianmukaisia ja standardeissa määriteltyjä henkilösuojaimia ja suojavaatetusta tilanteen niin vaatiessa. Lähtökohtaisesti kädet tulee aina suojata kemikaalisuojahanskoilla näytteitä käsiteltäessä. RT-kortista RT-18-11245 löytyy yleistä ohjeistusta haitta-ainetutkimukseen ja näytteenottoon liittyen.

4.3.1 Maalinäytteet

Maalinäytteet voidaan irrottaa alustastaan maalihöylällä tai muuten mekaanisesti poistamalla (Kuva 7). Maalinäytettä ottaessa on otettava huomioon, ettei alustamateriaalia ole tarttunut maalinäytteeseen liikaa. Usein maalin alustamateriaali on maalia raskaampaa ja se saattaa vääristää analyysituloksia. Analysoitavaa materiaalia on hyvä ottaa vähintään kymmenen grammaa, jotta näytteille voidaan suorittaa ainakin kaksi analyysia. Jos epäillään maalinäytteiden sisältävän asbestia, kaikkia laboratorioita joihin näytteitä toimitetaan tutkittavaksi, on tiedotettava asbestialtistumisriskistä. Maalinäytteille voidaan suorittaa asbestianalyysi, PAH(16)-yhdisteiden määrittäminen, PCB(7)-analyysi ja metallianalyysi maalista riippuen. [38, s. 10.]



Kuva 7. Maalinäytteitä voidaan kerätä maalihöylällä.

4.3.2 Tiivistys- ja saumasmassanäytteet

Julkisivukuntotutkimuksissa kerättävien elastisten saumasmassanäytteiden määrä tulee suhteuttaa tutkimuksen kohteena olevan julkisivun kokoon. Näytteitä tulee ottaa vähintään rakennuksen kolmelta sivulta ja kaikista saumasmassa tyypeistä tulee olla edustava näyte. Saumasmassanäytteet voidaan irrottaa helpoiten puukolla tai mattoveitsellä. Saumasainenäytteestä tulee löytyä kaikkia saumasmassakerroksia (Kuva 8). [38, s. 12.]



Kuva 8. Vanhaa PCB-pitoista saumausmassaa ei ole poistettu huolellisesti saumauksen uusi-
misen yhteydessä, joka näkyy erillisinä kerroksina uuden saumausaineen reunoilla [38,
s. 12].

Näytteenottovälineet tulee puhdistaa näytteenottojen välissä asetonilla tai etanolilla kontaminaation välttämiseksi, sillä pienetkin kontaminaatiopitoisuudet vääristävät tuloksia. PCB- ja lyijyanalyysieihin tarvitaan vähintään 10 cm:n pala analysoitavaa saumamassaa. Asbestianalyysia varten tarvitaan vain 2 cm:n pala. Asbestianalyysia varten on syytä kerätä näyte erikseen. [38, s. 12.]

4.3.3 Rakenteisiin imeytyneiden PCB-yhdisteiden näytteenotto

PCB-yhdisteet ja muut öljymäiset haitta-aineet imeytyvät herkästi huokosiin rakenteisiin, kuten betoniin, tiiliin, tasoitteisiin ja laasteihin. Betoni- ja tiilipinnoista suositeltavin näytteenottotapa on vesijähdytteinen timanttiporaus. Haitta-ainetutkimuksessa ei suositella käytettäväksi rakenteita kuumentavia menetelmiä, kuumentavat menetelmät voivat aiheuttaa tutkittavien yhdisteiden haihtumista näytekappaleesta. Timanttiporauksessa ei kannata käyttää muita jäähdytystä avustavia aineita, kuten pakkasnestoaineita, koska niiden sisältävät alkoholit voivat liuottaa haitta-aineita näytekappaleesta. Timanttiporauksesta saatavasta poralierionäytteestä voidaan tutkia haitta-aineiden lisäksi esimerkiksi eri rakennekerroksia ja niiden materiaaleja. [38, s. 15.]

Tasoitteista ja laasteista näytteet voidaan ottaa taltan ja vasaran avulla. Keraamisten laattojen kiinnitys- ja saumalaastien tutkimiseksi on syytä irrottaa ainakin yksi laatta, jotta voidaan varmistua kaikkien laastityyppien edustuksesta näytteissä. Tarvittaessa voidaan käyttää timanttiporausmenetelmää. Työkalujen asianmukainen puhdistus esimerkiksi asetonilla pyyhkimällä on syytä tehdä eri näytteenottopisteiden välillä, jotta vältetään näytteiden kontaminaatiolta. [38, s. 9–10]

4.3.4 Ilma- ja pyyhintänäytteet

Sisäilman PCB-pitoisuutta mitataan yleensä haitta-ainepurun aikana, kun tiedetään purettavan rakenteen sisältävän PCB-yhdisteitä. Sisäilmamittauksilla voidaan varmistaa osastoinnin toimivuuden varmistamiseksi, sekä sen jälkeen laadunvarmistusmittauksien yhteydessä. PCB-yhdisteet voivat päätyä sisäilmaan kuluneesta maalipinnasta hiukkas-ten mukana esimerkiksi harjauksen seurauksena. Ilmasta voidaan mitata PCB-pitoisuutta myös silloin, kun epäillään PCB-yhdisteiden kulkeutumista sisäilmaan. PCB-yhdisteet voivat esiintyä sisäilmassa kaasufaasissa tai hiukkasiin sitoutuneina. Sekä kaasumaiset yhdisteet että hiukkasiin sitoutuneet yhdisteet voidaan kerätä yhdessä tai erikseen (Kuva 9). Ilmanäytteitä kerätessä kannattaa tutkittavan tilan pintoja harjata tasaisin väliajoin, koska PCB-yhdisteet kertyvät pinnoille ja ovat ilmaa raskaampia. Tätä kutsutaan ns. aggressiiviseksi näytteenottomenetelmäksi. Näytteenotossa käytettävä harja tulee puhdistaa tai vaihtaa puhtaaseen harjaan eri näytteenottotilojen välissä. Analyysilaboratoriossa PCB-yhdisteet uutetaan liuottimeen ja analysoidaan yleisesti kaasukromatografi-massaspektrometrisesti tai kaasukromatografiin liitetyllä elektronin sieppaus-ilmalämpimellä. Ilmanäytteen yksittäisen PCB-kongeneerin pitoisuus ilmoitetaan muodossa $\mu\text{g}/\text{m}^3$. PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus ilmoitetaan summaamalla kuuden mitatun kongeneerin pitoisuudet yhteen ja kertomalla saatu tulos viidellä. Kuusi ilmanäytteistä mitattavaa kongeneeria ovat PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-152 ja PCB-180. [38, s. 20.]



Kuva 9. Ilmanäytteen keräämiseen käytettävää laitteistoa, etualalla suurtehopölynkeräin lasikuitusuodattimella, vasemmalla statiiviin kiinnitettynä XAD-keräin kaasumaisia yhdisteitä varten, joka on kytketty takana olevaan harmaaseen REC-pumppuun [11, s. 31].

Pyyhintänäytettä voidaan käyttää, kun halutaan selvittää pinnoille laskeutuneiden PCB-yhdisteiden määrä. Pyyhintänäytteitä voidaan kerätä, kun halutaan tehdä laadunvarmistusmittauksia esimerkiksi saneerauksen loppusiivoukselle. Pyyhintänäytteet otetaan käyttäen etanolilla kostutettua pumpulituppoa. Pyyhintäala on tyypillisesti noin 20 cm x 20 cm, ja se pyyhitään kahteen kertaan. Ensin koko alue pyyhitään yhteen suuntaan, jonka jälkeen pumpulituppo taitellaan niin, että ulkopinnaksi jää puhdas pinta. Puhtaalla pinnalla pyyhitään sen jälkeen sama alue kohtisuoraan edelliseen pyyhintään nähden. Analyysilaboratoriossa pyyhintänäytteet analysoidaan ja tulokset ilmoitetaan ilmanäytteiden tapaan. [38, s. 20.]

4.3.5 Ympäristötekniset näytteet

Maaperän haitta-aine pitoisuuksia mitataan esimerkiksi maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia varten. Näytteitä voidaan kerätä myös seurantanäytteinä maaperän kunnostustöiden aikana. Tavallisesti maaperänäytteitä kerätään alle puoli kiloa ja kerätyn näytteen on oltava mahdollisimman edustava. Maaperänäytteiden

kerääminen on hyvä suunnitella etukäteen, jotta voidaan varmistua tulosten luotettavuudesta. Yksittäinen näyte edustaa aina vain sitä osaa maaperästä, josta se on kerätty. Kokoomanäytteet ovatkin yleistyneet maaperänäytteenotossa, koska sillä voidaan määrittää maaperän keskimääräisiä haitta-ainepitoisuuksia. Kokoomanäytteitä käytetään myös analyysimäärien vähentämiseen ja paremman alueellisen edustavuuden saavuttamiseksi. [39, s. 15.]

Näytteenottosyvyyden ollessa alle kolme metriä, käytetään tavallisesti koekuoppatutkimus menetelmää. Koekuoppatutkimuksessa kaivetaan kaivinkoneella halutun syvyisiä kuoppia. Koekuoppatutkimuksen etuna on se, että tutkija voi tarkastella maaperän kerroksia ja kohdistaa näytteenottoa ohuisiin maaperän kerroksiin. Koekuoppatutkimus vaatii tavallisesti varsin suuren alan, yleensä yli 2 m², johon koekuoppa kaivetaan. [39, s. 33.]

Syvemältä kuin kolmen metrin syvyydestä tehtävässä näytteenotossa käytetään tavallisesti kairalla varustettuja tela-alustaisia tutkimusvaunuja (Kuva 10). Tutkimusvaunut voidaan luokitella kevyisiin, keskiraskaisiin ja raskaisiin kairaus- tai poravaunuihin. [39, s. 29.]



Kuva 10. Raskas porakaira ja työryhmä [39, s. 29].

Näytteitä voidaan ottaa myös käsikäyttöisillä työkaluilla, kuten lapioilla tai käsikairoilla. Käsikäyttöisillä menetelmillä voidaan ottaa runsaasti näytteitä suuriltakin pinta-aloilta. Näytteenottosyvyys jää myös yleensä alle yhteen metriin käsikäyttöisillä työkaluilla. Näytteitä voidaan myös ottaa maa-ainekasasta, kun halutaan selvittää sille sopivaa jatkokäsittelyä. Maa-ainekasasta otetaan yleensä kokoomanäyte, jonka osanäytteiden määrä määräytyy yleensä maa-aineksen kokonaismäärän mukaan. [39, s. 35.]

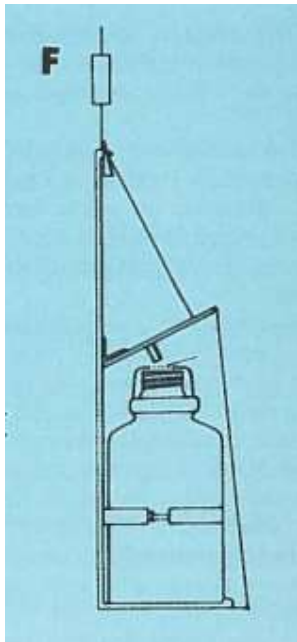
Pohjavesistä tutkitaan tavallisesti vesiliukoisia ja muita haitta-aineita, jotka voivat pohjavesien mukana kulkeutua erillisenä faasina. Veteen liukenevia haitta-aineita ovat esimerkiksi bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleeni. Nämä haihtuvat yhdisteet esitetään yleensä lyhenteellä BTEX. Erillisenä faasina pohjavesissä voi esiintyä kloorattuja hiilivetyjä. PCB-yhdisteet ovat yleensä vettä raskaampia, eivätkä kulkeudu pitkiä matkoja pohjavesien mukana. Pohjavesinäytteitä otetaan tyypillisesti niitä varten asennetuista havaintoputkista (Kuva 11), lähteistä, kaivoista tai koekuopista. Joskus pohjavesinäytteitä otetaan myös vesijohtoverkostoista. [39, s. 52–55.]



Kuva 11. Pohjavesinäytteitä voidaan ottaa pohjavesiputkesta [39, s. 52].

Havaintoputkesta tehtävässä näytteenotossa tulee varmistua siitä, ettei havaintoputkessa oleva vesi ole seissyt liian kauaa. Hyvin tuottavasta putkesta tulee pumpata kolme putkantilavuutta vastaava vesimäärä ennen näytteenottoa edustavan näytteen varmistamiseksi. Jos putki tuottaa huonosti vettä, se käydään tyhjentämässä päivää tai jopa viikkoa ennen näytteenottoa. Näytteet kerätään tavallisesti uppopumpuilla, inerttipumpuilla tai itseimevällä pumpulla ja varastoidaan näytteenottoa varten puhdistettuihin pulloihin tai astioihin. Näytteet tulee suojata jäätymiseltä, mutta säilytys- ja kuljetusolosuhteiden tulee olla viileät. [39, s. 52–55.]

Vesistöistä otettavat näytteet kerätään tavallisesti noutimilla. Öljyjen ja kloorattujen hiilivetyjen pitoisuuksia tutkittaessa käytetään tavallisesti suljettua pullonoudinta (Kuva 12), joka voidaan täyttää halutussa syvyydessä. Pullonoudin lasketaan vesistöön teräsvaijeriin ja painon avulla haluttuun syvyyteen, jonka jälkeen pullon sulkeva teflonkalvo voidaan puhkaista toisen teräsvaijerin varassa laskettavan painon avulla. [40, s. 12.]



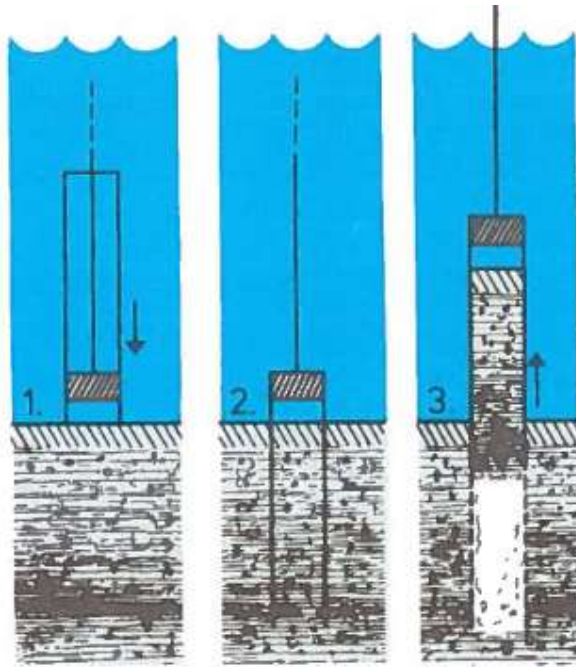
Kuva 12. Vesistönäytteiden keräämiseen soveltuvan pullonoutimen toimintaperiaate [40, s. 13].

Noutimessa on yleensä hana, jonka kautta näyte voidaan laskea näytepulloon. Kloorattuja hiilivetyjä ja muita kaasukromatografisesti tutkittavia näytteitä otettaessa on näytepullot syytä puhdistaa alkoholilla tai asetonilla ja lopuksi heksaanilla ennen

näytteenottoa. Näytepullot ovat tavallisesti lasista valmistettuja ja kierre- tai hiostulpalla varustettuja. Pullojen tulpan tiivisteessä on oltava ehjä teflon- tai metallikalvo. [40, s. 12–15.]

Sedimentti on vesistön pohjalle laskeutuneesta kiintoaineesta muodostunut kerrostuma. Sedimentit sisältävät kivennäisaineksesta peräisin olevaa materiaalia ja eloperäistä materiaalia. Raskaammat, eli runsaasti klooratut, PCB-yhdisteet kertyvät usein vesistöjen sedimentteihin. Sedimenttitutkimuksia tehdään usein vesistöjen kunnostustöiden ja rakentamisen yhteydessä. Pysyvästi sedimenttiä kerrostuu vain virtauksettomiin syvänteisiin. Järvisyvänteillä ja merialueilla tehtävään sedimenttinäytteenottoon käytetään tavallisesti painovoimakairoja ja mäntäkairoja (Kuva 13). [40, s. 46.]

Painovoimakaira nimensä mukaisesti hyödyntää maan vetovoimaa sedimenttiin tunkeutumisessa. Laite on usein vain painoilla varustettu putki, jonka halkaisija on noin neljästä seitsemään senttimetriä. Putken yläpäässä on usein venttiili, jolla voidaan säätää alipainetta näytteen pitämiseksi putkessa. [40, s. 46.]



Kuva 13. Mäntäkairan toimintaperiaate [40, s. 46].

Mäntäkairassa hyödynnetään alipainetta kairan tunkeutumisessa sedimenttiin. Eri mäntäkairatyyppeiden käyttötavat ja mekaniikka eroavat toisistaan jonkin verran, mutta perusajatus on hyvin samankaltainen. Mäntäkairalla saadaan pidempiä ja häiriytymättömiä kerrostumanäytteitä. [40, s. 46.]

Sedimenttinäytteenotossa on syytä kiinnittää huomiota näytteenottolaitteen varovaiseen laskemiseen pystysuorassa sedimenttiin. Näytteenottolaitetta nostettaessa on syytä välttää äkillisiä liikkeitä ja näyteputken suu tulee tukkia vedenpinnan alapuolella ennen kuin näytteenottolaitte nostetaan pois vedestä. Näyteputki on pidettävä pystyasennossa aina, kun se sisältää näytteen. Kerätty näytepatsas ositetaan näytepurkkeihin työntämällä sitä ulos näyteputkesta männän avulla alhaalta ylöspäin ja käyttämällä sopivaa työkalua näytteen pilkkomiseen. Löysemässä sedimenttinäytteessä voidaan käyttää lusikkaa, paksummassa leveää veistä. Jos sedimentistä tehdään metallianalyysejä, on syytä käyttää muovisia työkaluja, eikä näytteenottolaitteessa saa olla metallikärkeä. Jos näytepatsasta ei pystytä osittamaan kenttäolosuhteissa, voidaan näytteenottoputki kuljettaa pystyasennossa laboratorioon. Ositettujen näytteiden säilyttämiseen käytetään suljettavia muovipurkkeja tai suljettavia muovipusseja. Kloorattuja orgaanisia yhdisteitä tutkiessa on kuitenkin syytä välttää muovin käyttöä säilytysastiana ja valita näytteille esimerkiksi suljettavat lasiset säilytysastiat. [40, s. 47.]

4.4 PCB-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkutyöt

Rakennusmateriaaleille tulee suorittaa vaarallisten aineiden tutkimus ennen purkutöitä, jos voidaan epäillä niiden sisältävän PCB-yhdisteitä tai muita vaarallisia aineita. Tutkimus tehdään analysoimalla rakennusmateriaaleista otettuja näytekappaleita. Vaarallisen materiaalin purkutyöalueet tulee merkitä selvästi ja ulkopuolisten pääsy alueelle on estettävä. Purkutyöalue tulee myös eristää niin, ettei purkutyöstä syntyvä pöly pääse leviämään ympäristöön. Työalueelle tulee järjestää riittävä ilmanvaihto. Vaarallisten aineiden purkutyöt tulee toteuttaa erillisenä työvaiheena siten, ettei alueella ole muita työvaiheita käynnissä. Kun purkutyö on valmis, alue tulee puhdistaa mahdollisimman hyvin pölyämättömillä menetelmillä. [41, s. 3–6.]

PCB-yhdisteitä sisältävien maalipintojen purkutöihin ei ole erillistä purkuohjetta Suomessa, vaan siihen sovelletaan PCB-yhdisteitä tai lyijyä sisältävien saumausmassojen

purkuohjetta (Ratu-82-0382). Kyseinen purkuohje soveltuu huonosti maalipintojen purkutöihin, sillä purkutyökaluiksi mainitaan lähinnä piikkaustyökalut ja kulmahiomakone, sekä muita yleisiä purkutyövälineitä. Työturvallisuuden ja ympäristönsuojelun kannalta työohjetta voidaan noudattaa maalipintojen purussa. [41, s. 9.] Ainakin Sveitsissä on panostettu PCB-yhdisteitä sisältävien pinnoitteiden purkutöihin. Töitä saa suorittaa ja valvoa vain aiheeseen erikoistuneet ammattilaiset oikeanlaisella kalustolla. Mahdollisuuksien mukaan puhdistettava rakenneosia siirretään erilliseen työskentelytilaan, jossa se voidaan puhdistaa korkeapainevesipesulla. Kaikissa PCB-maalien purkutöissä purkujäte kerätään välittömästi talteen ympäristön saastumisen välttämiseksi (Kuva 14). Sveitsissä on tehty useita tutkimusprojekteja PCB-yhdisteiden puhdistamiseen ja työtapoihin liittyen. [25, s. 4–5].



Kuva 14. PCB-yhdisteitä sisältävän lattiapinnan puhdistusta Sveitsissä [25, s. 4].

Yhdysvalloissa NASA on kehittänyt PCB-yhdisteiden poistoainetta maalipinnoille. Kyseinen tuote mahdollistaa PCB-yhdisteiden poistamisen suoraan maalipinnasta vahingoittamatta maalipintaa ja alustaa. Käsittelyn nimi on Activated Metal Treatment System, lyhennettynä AMTS. Se perustuu aktivoidun metallin reaktioon maalin tai muun materiaalin PCB-yhdisteiden kanssa, jotka muuttuvat harmittomiksi yhdisteiksi reaktion aikana. Laboratorio-olosuhteissa maalista on saatu poistettua noin 80 % PCB-yhdisteistä neljän tunnin aikana ja 24 tunnin aikana jopa 100 %. Aine voidaan levittää puhdistettavalle pinnalle ja poistaa halutun ajan jälkeen, tai puhdistettava kappale voidaan upottaa aineeseen esimerkiksi ennen sen siirtämistä jätteenkäsittelyyn. Puhdistettu pinta voidaan käsitellä uudestaan, kun aine on poistettu. Aineen käytöstä ei synny vaarallista jätettä, eikä sen käyttöön vaadita haitta-ainepurkuun liittyviä järjestelyjä rakennustyömailla, joten se on varsin kustannustehokas tapa hankkiutua eroon PCB-yhdisteistä. [42.]

4.5 PCB-yhdistepitoinen jäte ja sen käsittely

PCB-yhdistepitoisuuksia määritettäessä, esimerkiksi rakennusjätteestä, määritetään seitsemän PCB-kongeneerin summa, joka tehdään Valtioneuvoston asetuksen 403/2009 mukaisesti ja ilmaistaan muodossa PCB(7) [2]. Jätettä, joka sisältää PCB-yhdisteitä syntyy pääosin rakennusmateriaaleista, kuten muovimatoista, vanhoista maalipinnoista ja saumausaineista. Myös jotkin muovituotteet ja sähkölaitteet voivat sisältää PCB-yhdisteitä. PCB-yhdisteet luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, jonka oikeanlainen käsittely on kallista ja hankalaa. Tämän vuoksi vaarallista jätettä saatetaan sekoittaa muihin jätteisiin ja hävittää väärällä tavalla. Tämä lisää PCB-yhdisteiden leviämistä ympäristöön. [3, s. 4.]

Euroopan komission päätöksessä (2014/955/EU) PCB-yhdisteitä sisältävä jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, kun sen PCB-yhdiste pitoisuus on yli 50 mg/kg. EU:n POP-asetuksessa on määritelty PCB-yhdisteitä sisältävien jätteiden laskentaan käytettävät standardit. POP-asetuksessa on määritelty, milloin POP-yhdisteitä sisältävä jäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. POP-yhdisteillä tarkoitetaan pysyviä orgaanisia ympäristömyrkyjä. Kiinteän jätteen PCB-pitoisuus määritetään standardin EN 15308 mukaan ja siihen sovelletaan kokonaispitoisuuden laskukaavaa standardista EN-12766-2. Nestemäisille tai nestefaasia sisältäville jätteille, kuten esimerkiksi teollisuuden

puhdistusvesille, suositellaan käytettäväksi standardia EN-12766-1 PCB-pitoisuuden määrittämiseksi ja EN-12766-2 jätteen PCB-pitoisuuden laskemiseksi. [43, s. 35-36, 132.]

Standardissa EN-12766-2 on määritelty PCB-yhdisteiden laskentakaava jätteelle seuraavanlaiseksi [43, s. 46]:

$$PCB - yhdisteiden kokonaispitoisuus = 5 * \sum_{28}^{180} C_i$$

Kaavassa C_i vastaa kongeneerien 28, 52, 101, 138, 153 ja 180 yhteenlaskettua pitoisuutta. Laskentakaavassa käytetään kerrointa 5, koska voidaan olettaa määritettyjen kongeneerien pitoisuuden edustavan noin 13–30 % PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudesta. PCB7-analyysissä määritettävä kongeneeri PCB 118 ei sovellu tähän laskentakaavaan, joten sen pitoisuutta ei huomioida. [44, s. 46].

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa käytetään eri laskentamenetelmiä kuin vaarallisen jätteen pitoisuuden määrittämisessä. Pilaantuneen maan PCB-pitoisuutta laskettaessa ei käytetä erillistä kerrointa, sillä kerroin on huomioitu terveysvaaran perusteella annetuissa pilaantuneen maan kynnys- ja ohjearvoissa (Taulukko 6). Pilaantuneen maan riskiarviossa saatua PCB-pitoisuutta ei voida suoraan verrata vaarallisen jätteen pitoisuuteen, vaan siinäkin on käytettävä kerrointa 5, jos arvioidaan pilaantuneen maan jäteluokitusta PCB-pitoisuuden perusteella. [43, s. 46].

Taulukko 6. PCB-, PCDD- ja PCDF- yhdisteiden maaperän haitallisen pitoisuuden kynnys- ja ohjearvot. [43, s. 178].

Aine	Kynnysarvo (mg/kg)	Alempi ohjearvo (mg/kg)	Ylempi ohjearvo (mg/kg)
PCB(6)	0,1	0,5	5
PCDD-PCDF-PCB(7)	0,00001	0,0001	0,0015

Vaaralliseksi luokiteltua jätettä voidaan sijoittaa sille tarkoitettulle kaatopaikalle tai hävittää polttamalla siihen tarkoitettussa polttolaitoksessa. Vaarallisen jätteen polttamisesta

säädetään Valtioneuvoston asetuksessa jätteen polttamisesta (151/2013). Koska PCB-yhdisteet sisältävät klooria yli 1 %, on polttouunin saavutettava vähintään 1 100 °C:n lämpötila kahden sekunnin ajaksi. [43, s. 21].

5 Maalinäytedatan käsittely

Tässä luvussa tarkastellaan tilaajayritykseltä (Vahanen Rakennusfysiikka Oy) saatua näytedataa PCB-yhdistepitoisiin maaleihin liittyen. Tutkittu näytedata on peräisin tilaajayrityksen suorittamista näytteenotoista ja näytteille tehdyistä analyyseistä vuosilta 2010–2019. Näytedataa oli käytettävissä tuhansista näytteistä, mutta vain muutamasta prosentista näistä löydettiin PCB-yhdistepitoisia maaleja.

Käsittelystä näytedatasta kerättiin tarkastelua varten mahdollisimman paljon tietoa, kuten maalinäytteen sävy, maalityyppi ja näytteenottoaikan sijainti kohteessa. Näytteenottoaikoista kirjattiin ylös kohteen sijainti ja rakennusvuosi. Kohteiden ja näytteiden tiedot on poimittu tutkimusraporteista ja laboratorioiden analyysiraporteista.

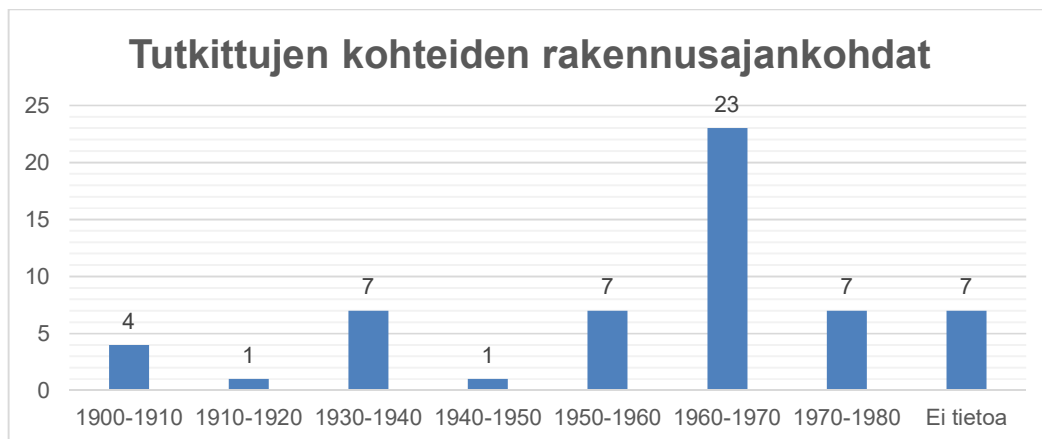
5.1 Kohderakennukset

Tutkitut kohteet ovat pääasiassa asuinrakennuksia, teollisuusrakennuksia, toimistotiloja, sairaaloita, kouluja tai päiväkoteja. Kohteista suurin osa sijaitsee pääkaupunkiseudulla (Taulukko 7.). Kaikki tutkitut kohteet, joista alkuperäinen rakennusvuosi oli tiedossa, on rakennettu ennen vuotta 1980 (Kuva 15). Suurimman osan tutkituista kohteista muodostavat 1960-luvulla rakennetut kohteet.

Taulukko 7. Tutkittujen kohteiden sijainnit

Sijainti	Lukumäärä
Pääkaupunkiseutu	41
Muut	16
Yhteensä	57

Muut kuin pääkaupunkiseudulla sijainneet kohteet sijaitsevat Kanta-Hämeessä, Päijät-Hämeessä, Varsinais-Suomessa, Pirkanmaalla, Uudellamaalla, Etelä-Karjalassa ja Lapissa.



Kuva 15. Tutkittujen kohteiden rakennusajankohdat

Näytedataa otettiin tarkasteltavaksi 57 eri kohteesta ja näytteitä oli yhteensä 179 (Liite 1). Kohteet valittiin käsiteltäviksi, jos vähintään yhdessä niistä kerätyistä näytteistä PCB(7) -yhdistepitoisuus ylitti 10 mg/kg. Jos valittu kohde sisälsi enemmän kuin seitsemän näytettä, joiden PCB(7) -yhdistepitoisuus alitti 10 mg/kg, kyseiset näytteet jätettiin huomioimatta. Pääasiassa tutkitut näytteet on kerätty pääkaupunkiseudulta vuosina 1900–1980 rakennetuista rakennuksista. Tarkkaa tietoa kohteiden huolto- ja saneeraus- töistä ei aina ollut käytettävissä. Näytedatan tutkimustulokset pätevät vain tutkittuihin kohteisiin.

5.2 Maalinäytteiden analysointi

Kaikki maalinäytteet on kerätty tässä työssä luvussa 4.3.1 mainituilla menetelmillä, pääasiassa maalihöylällä ja muilla mekaanisilla työkaluilla. Näytteiden PCB-pitoisuudet on tutkittu akkreditoiduissa laboratorioissa. Kaikille näytteille on tehty PCB7 -analyysi menetelmien DIN 38407-2 ja SGSF155 mukaan, riippuen laboratoriosta. Näytteet on analysoitu kaasukromatografisesti (Liite 2). Toinen analyysilaboratorioista on ilmoittanut yksittäisten PCB-kongeneerien pitoisuuksien mittausepävarmuudeksi noin ± 40 %.

Yksittäisten kongeneerien määrittämissä rajat olivat laboratoriosta riippuen 0,5 mg/kg tai 0,7 mg/kg. Joidenkin näytteiden kohdalla määrittämissä rajoja on jouduttu nostamaan matriisihäiriöiden takia.

5.3 Maalinäytteet

5.3.1 Näytteenottoaikojen sijainnit rakennuksissa

Suurin osa kohteiden näytteenottoaikojista sijoittuu kellarikerrokseen ja maantasolla sijaitseviin kerrokseen (Taulukko 8.). Maalinäytteet on pääosin otettu lattiapinnoista, seinistä ja katoista. Yleisimpiä tiloja, joista näytteitä on otettu ovat väestönsuojatilat ja varastot sekä lämmönjakohuoneet kellarikerroksissa.

Taulukko 8. Näytteenottoaikojen sijainnit kohteessa

Sijainti kohteessa	Näytteiden lukumäärä
Kellari	60
Varasto	6
Lämmönjakohuone	9
1. Kerros	18
Muut	48
Ei Tiedossa	38
Yhteensä	179

Ulkonäöltään samankaltaisista maalinäytteistä löydettiin paljonkin toisistaan poikkeavia tuloksia (Kuvat 16 ja 17). Materiaali, jonka PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää 50 mg/kg, luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Maalipinnasta ei voida arvioida, sisältääkö se PCB-yhdisteitä, pelkän ulkonäön perusteella.

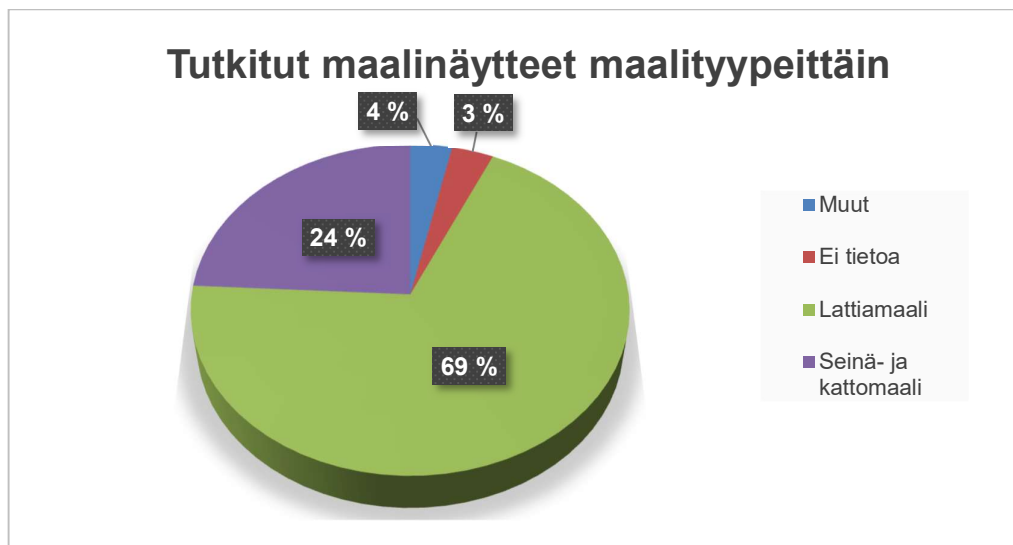


Kuva 16. Kohteen 10 näyte 2, joka on otettu harmaasta lattiamaalista, sisältää PCB(7)-yhdisteitä jopa 27 500 mg/kg. PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus näytteessä oli jopa 135 261 mg/kg, joka on poikkeuksellisen korkea.



Kuva 17. Kohteen 27 näyte 7, joka on otettu harmaasta lattiamaalista, ei sisällä määritysrajaa 0,70 mg/kg korkeampia pitoisuuksia PCB(7)-yhdisteitä.

Kellarikerrosten ja maantasoisten kerrosten lisäksi näytteitä on otettu esimerkiksi eri kerrosten WC-tiloista, käytävistä, siivoustiloista, hissien konehuoneista, parvekkeiden pinnoitteista ja julkisivujen sokkeleista.



Kuva 18. Tutkitut näytteet maalityypeittäin

Suurin osa kaikista tutkituista maalityypeistä oli lattia-, seinä- ja kattomaaleja. Muita tutkittuja maalityyppejä ovat esimerkiksi sokkelimaalit, ovien maalit ja ikkunalautojen maalit (Taulukko 9 ja Kuva 18.).

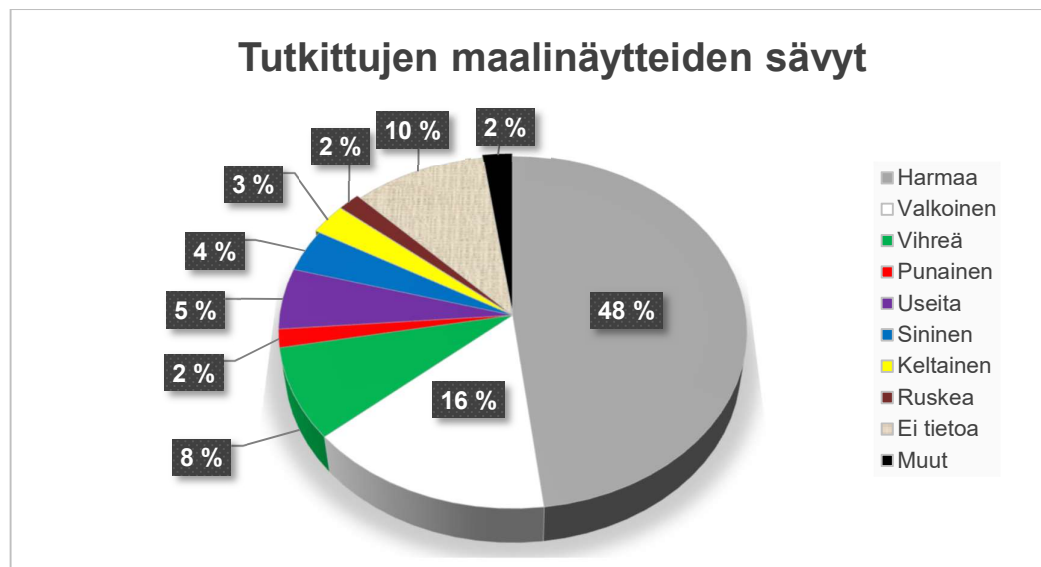
Taulukko 9. Tutkittujen näytteiden maalityypit

Sijainti kohteessa	Näytteiden lukumäärä
Ei tietoa	6
Lattiamaaali	123
Seinä- ja kattomaali	43
Sokkelimaali	3
Ovimaali	1
Ikkunalautamaali	2
Parvekkeen pinnoite	1
Yhteensä	179

Näytteiden alustamateriaalit voivat vaihdella, eikä kaikille näytteille ollut määritelty tarkkoja tietoja niiden alustamateriaalista. Pääosa lattiapintojen maaleista otetuista

näytteistä on kerätty betonipinnoilta. Muita alustamateriaaleja ovat esimerkiksi metalli- ja puupinnat.

Tutkituista näytteistä selvitettiin myös maalinäytteen sävy, jos se oli arkistointitiedoista selvitettävissä. Lähes puolet tutkituista näytteistä oli väriltään harmaita ja sen eri sävyjä. Näytteen sisältäessä useita maalikerroksia ei värisävyä määritetty näytedatan käsittelyn yhteydessä. Lähtökohtaisesti usean maalikerroksen näytteissä laboratorioanalyysien tulokset eivät koske yksittäistä maalikerrosta, vaan kaikkia maalikerroksia. (Kuva 19.)



Kuva 19. Tutkittujen maalinäytteiden värisävyt

Harmaa sävy oli yleistä lattiamaaleissa ja valkoinen seinä- ja kattomaaleissa. Yleisimpiä useiden maalikerroksien näytteitä olivat lattiamaalit.

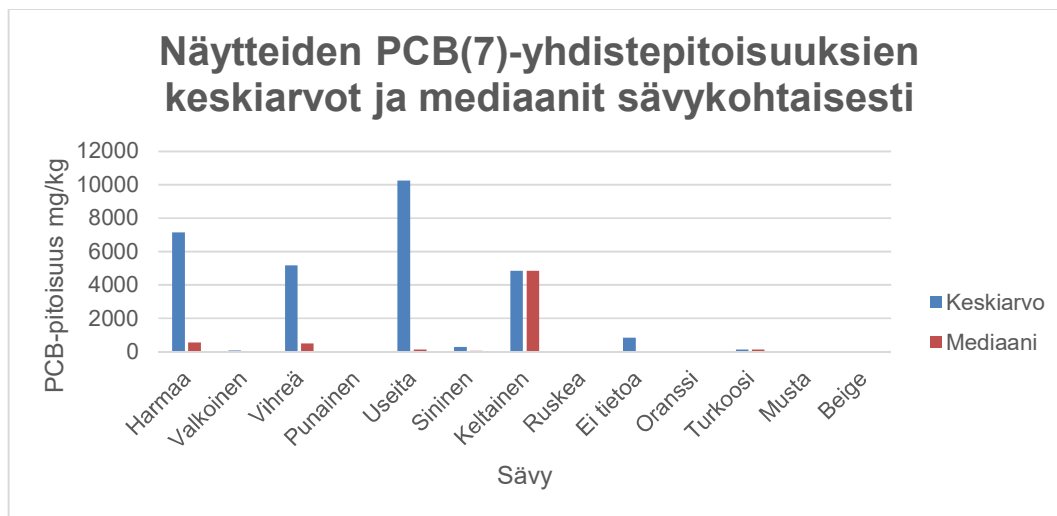
5.4 Maalinäytteiden PCB(7)-yhdistepitoisuudet

Kaikki käsiteltujen näytteiden eri sävyt sekä niiden PCB(7)-pitoisuuksien keskiarvot on esitetty taulukossa 10 ja kuvassa 20.

Taulukko 10. Maalinäytteiden määrät ja PCB(7)-pitoisuuden keskiarvot sekä mediaanit sävykohtaisesti. "Useita" luokittelu tarkoittaa usean eri sävyisen maalikerroksen näytettä.

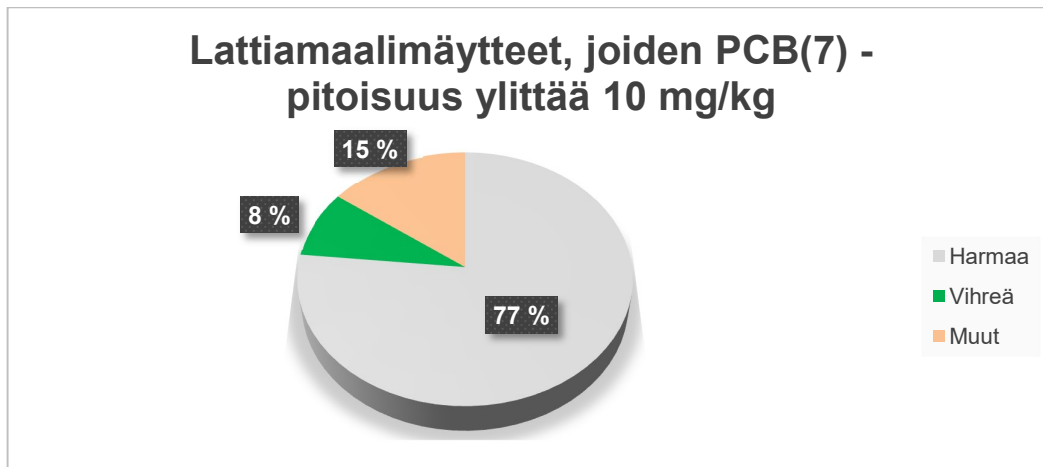
Sävy	Näytemäärä	Keskiarvo [mg/kg]	Mediaani [mg/kg]
Harmaa	86	7160	575
Valkoinen	28	78	14
Vihreä	15	5170	520
Punainen	3	4	4
Useita	10	10250	140
Sininen	7	290	64
Keltainen	5	4850	4850
Ruskea	3	7	7
Ei tietoa	18	860	20
Oranssi	1	24	24
Turkoosi	1	140	140
Musta	1	<3,5	<3,5
Beige	1	3	3
Yhteensä	179	2400	44

PCB(7)-pitoisuudet vaihtelivat runsaasti eri näytteiden välillä, mikä voidaan nähdä keskiarvojen ja mediaanien suurista eroista. Erittäin korkeita pitoisuuksia sisältäviä maalinäytteitä oli vähän verrattuna pienempiä pitoisuuksia sisältäviin maalinäytteisiin.



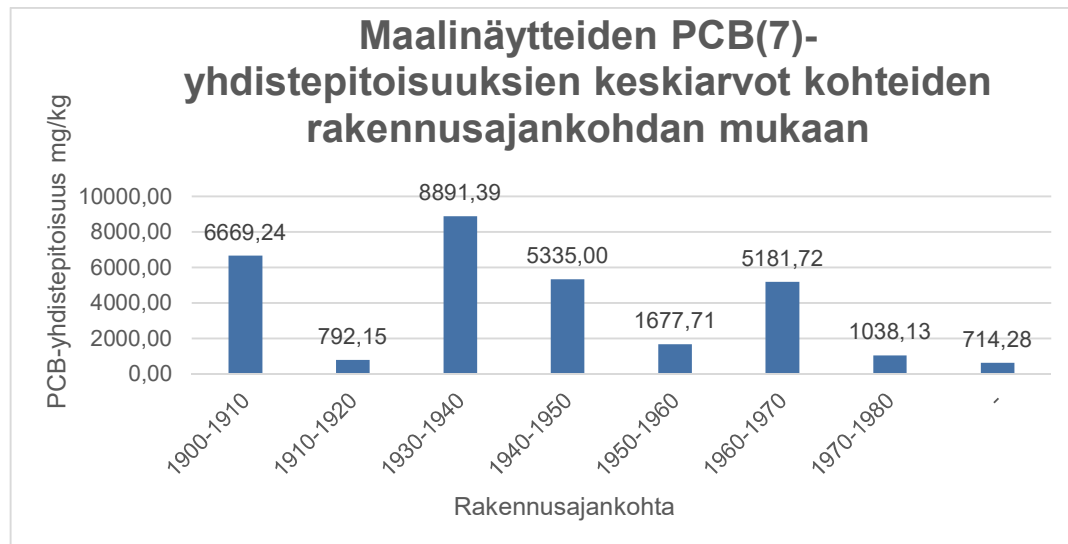
Kuva 20. Näytteiden PCB-pitoisuuksien keskiarvot ja mediaanit sävykohtaisesti. "Useita" luokittelu tarkoittaa usean eri sävyisen maalikerroksen näytettä.

Tutkituista maalinäytteistä 123 oli lattiamaaleja, joista 93 näytteessä PCB(7) -yhdistepitoisuus ylitti 10 mg/kg. Eniten 10 mg/kg pitoisuuden ylittäviä näytteitä on kerätty suhteessa harmaista ja vihreistä lattiamaaleista (Kuva 21).



Kuva 21. Lattiamaalinäytteiden osuus, joiden PCB(7) -pitoisuus ylittää 10 mg/kg

Näytedatasta määritettiin myös PCB(7)-yhdisteiden keskimääräiset pitoisuudet kohteen rakennusaikakauden mukaisesti (Kuva 22.). Kohteiden määrien vaihdellessa aikakautta kohden tätä tietoa voidaan pitää korkeintaan suuntaa antavana tietona.

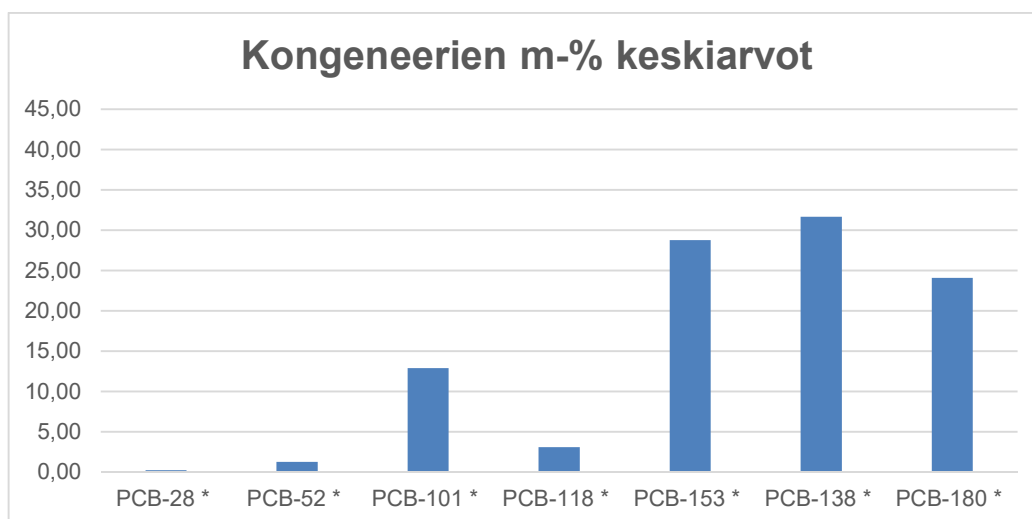


Kuva 22. Maalinäytteiden PCB(7)-pitoisuuksien keskiarvot kohteiden rakennusajankohdan mukaan. Oikeanpuoleisin pylväs merkitsee kohteita, joiden rakennusajankohta ei ole tiedossa.

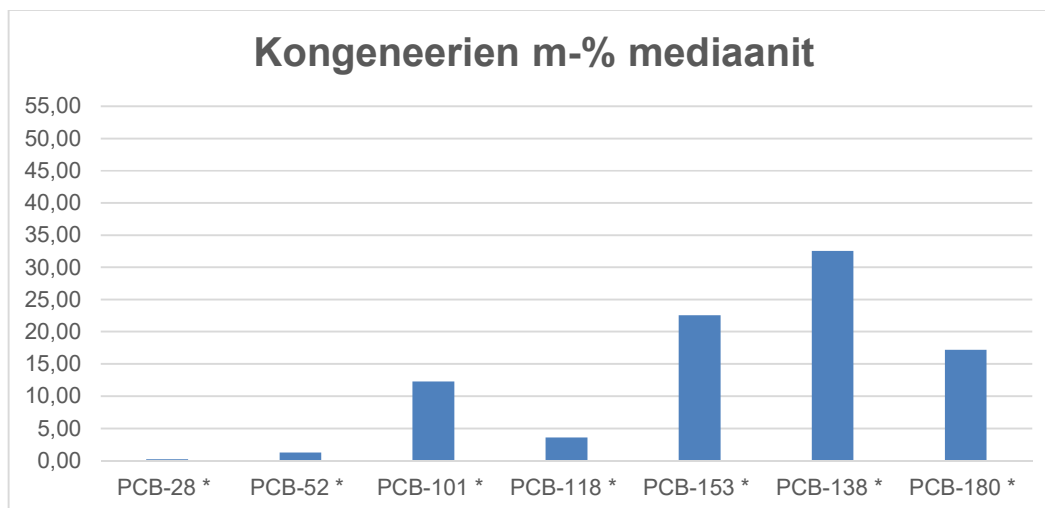
5.5 Näytteiden PCB-kongeneeriprofiilit

Näytteiden laboratorioanalyysien tuloksista määritettiin myös näytteiden PCB-kongeneeriprofiilit. PCB-kongeneeriprofiililla tarkoitetaan maalinäytteen sisältämien yksittäisten PCB-kongeneerien pitoisuuksien tarkastelua. Laboratorioanalyysistä saaduissa tuloksissa PCB-kongeneerien pitoisuudet ilmoitetaan muodossa mg/kg, sekä PCB(7)-yhdistepitoisuus, joka on seisemän määritetyn kongeneerin summa.

Kongeneeriprofiilit määritettiin näytteistä, joista oli saatavissa tarkka lukuarvo PCB(7) -yhdistepitoisuudesta ja se ylitti 10 mg/kg. Kongeneeriprofiilit määritettiin yhteensä 97 eri näytteestä 57 eri kohteesta. Kaikkien tutkittujen näytteiden kongeneereista voitiin ottaa massaprosentin keskiarvo ja mediaani, koska näytteiden kongeneerijakauma oli hyvin samankaltainen pitoisuuksien määrästä riippumatta (Kuvat 23 ja 24). Merkittäviä pitoisuuksia maalinäytteistä mitattiin pääosin neljästä kongeneerista: PCB-101, PCB-153, PCB-138 ja PCB-180.

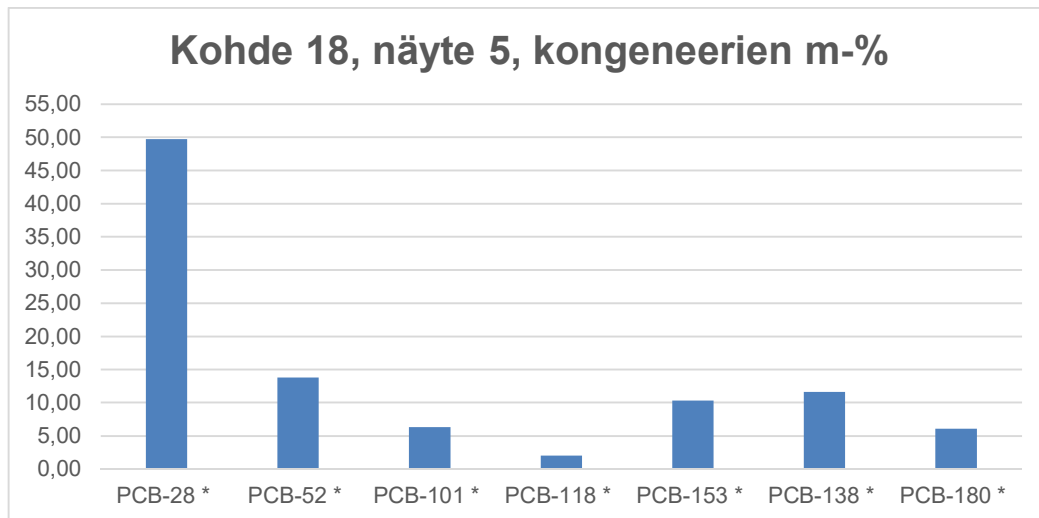


Kuva 23. Näytteiden kongeneerien massaprosenttien keskiarvot



Kuva 24. Näytteiden kongeneerien massaprosenttien (m-%) mediaanit

Vain yhdestä näytteestä löydettiin erilainen kongeneeriprofiili muihin näytteisiin verrattuna. Tästä näytteestä (Kohde 18 näyte 5) löydetty erilainen kongeneeriprofiili sisältää muihin näytteisiin verrattuna runsaasti enemmän kongeneereja PCB-28 ja PCB-52. Muiden kongeneerien suhde toisiinsa vaikuttaa samankaltaiselta (Kuva 25).



Kuva 25. Muista eroavan näytteen kongeneerien massaprosentit (m-%)

Eroava näyte on kerätty kohteen 18 ensimmäisen kerroksen varastotilan lattiasta. Kyseistä vihreää maalia oli käytetty myös muissa vastaavissa tiloissa samassa kerroksessa, kuten esimerkiksi sähköpääkeskuksessa.

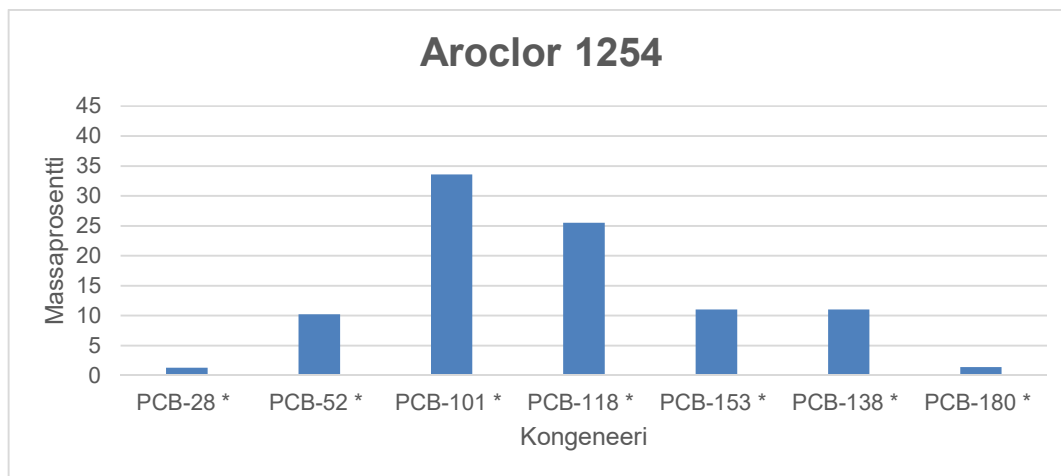
5.6 Tulosten arviointi

Tutkittuja näytteitä saatiin arvioitua eri aikakausien rakennuksista. Eniten näytteitä tutkittiin vuosien 1960–1970 aikana valmistuneista kohteista. Korkeimpia PCB-pitoisuuksia keskimäärin kuitenkin löydettiin vuosien 1930–1940 aikana valmistuneista kohteista. Ei voida kuitenkaan olla varmoja, ovatko kyseessä alkuperäiset maalipinnat vai saneerauksen yhteydessä uudelleenmaalatut maalipinnat.

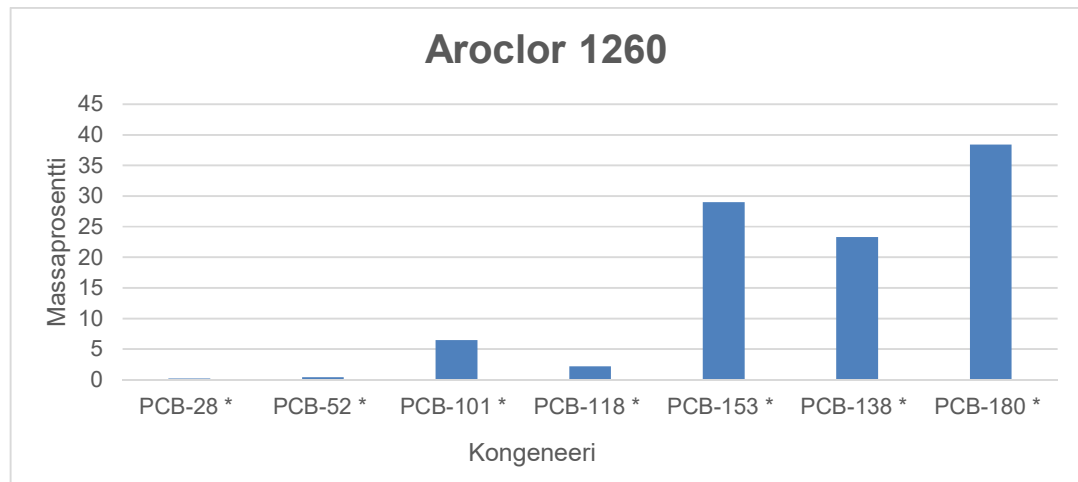
Tilajayrityksellä oli jo tiedossa, että erityisesti harmaista lattiamaaaleista on löydetty PCB-yhdisteitä useissa kohteissa. Näytedatasta valituista maalinäytteistä 48 % oli sävyllään harmaita ja 69 % lattiamaaaleja. Harmaita lattiamaalinäytteitä, joiden PCB(7)-yhdistepitoisuus ylitti 10 mg/kg oli yhteensä 72 eli noin 40 % tarkastelluista näytteistä. Näytedatasta ei pystytty selvittämään maalien sideaineita, koska tiedot perustuvat kirjalliseen arkistointitietoon eikä fyysisiä näytteitä ollut enää käytettävissä. On kuitenkin tiedossa, että Suomessa on valmistettu ja myyty PCB-pitoisia kloorikautsumaaleja, joita on käytetty ainakin betonilattioiden maalauksessa.

Käsiteltyjen näytteiden kongeneeriprofiileja tarkastellessa voidaan kuitenkin todeta, että ne ovat verrattavissa Aroclor 1254- ja Aroclor 1260 -tuotteiden kongeneeriprofiileihin (Kuvat 26 ja 27). Kongeneeriprofiililtaan vastaavaa tuotetta, Clophen A60 on käytetty Suomessa ainakin kloorikautsumaaleissa pehmittimenä. Monsanto vuonna 1948 antamassa ohjeessa Aroclor -tuotteiden käyttämisestä kloorikautsumaaleissa suositellaan lisäämään maaliin Aroclor 1254- tai Aroclor 1260 -tuotteita 8–10 % riippuen käyttökohteesta. Kongeneeriprofiilien tarkastelussa on kuitenkin ongelmallista se, että saman määrän klooria sisältävien kongeneerien pitoisuudet voivat vaihdella paljonkin. Esimerkiksi kongeneerien PCB-153 ja PCB-138 yhteenlasketun pitoisuuden Aroclor 1260 -tuotteessa tiedetään olevan noin 43,2 %, mutta yksittäisen kongeneerin pitoisuutta ei voida tietää ilman PCB-yhdistepitoisuuksien mittauksia. [45, s. 17.]

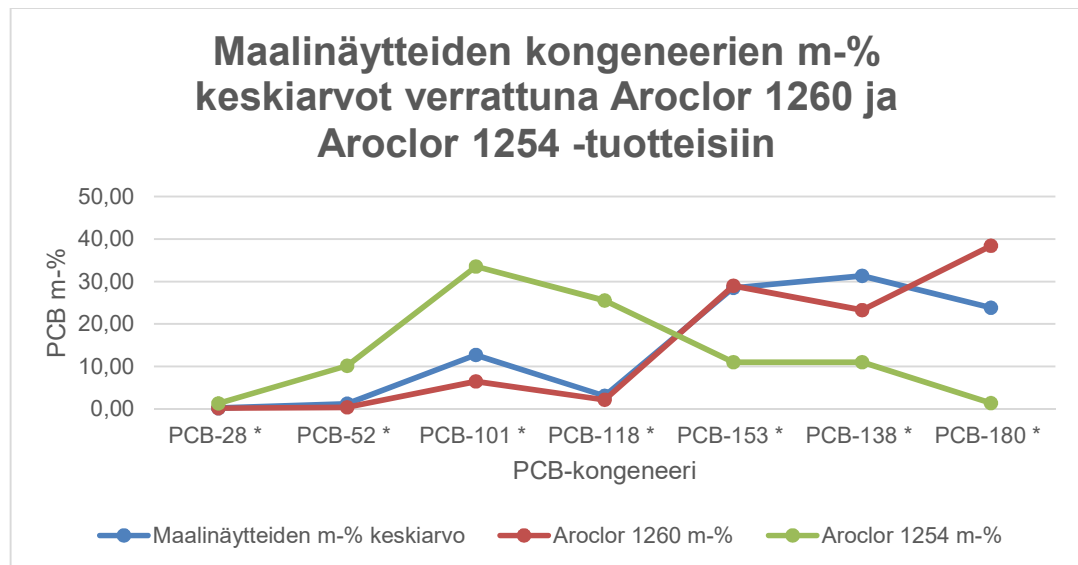
Tarkastelussa todetun yhden kongeneeriprofiililtaan eroavan näytteen (Kohde 18, näyte 5) kongeneeriprofiilia tarkastellessa voidaan huomata sen sisältävän samassa suhteessa kongeneereja PCB-153, PCB-138 ja PCB-180 kuin muutkin PCB-pitoiset maalinäytteet, mutta se sisälsi runsaasti enemmän kongeneereja PCB-28 ja PCB-52. Kyseinen poikkeama voi johtua esimerkiksi kondensaattorista tai muusta sähkölaitteesta vuotaneesta öljystä, koska näyte on otettu teknisestä tilasta. Kyseisiä kongeneereja on käytetty ainakin kondensaattoriöljyissä ja tartunta-aineissa, mutta ei maaleihin lisätyissä pehmittimissä.



Kuva 26. Aroclor 1254 -tuotteen kongeneeriprofiili. [45, s. 17]



Kuva 27. Aroclor 1260 -tuotteen kongeneeriprofiili. [45, s. 17]



Kuva 28. Maalinäytteiden kongeneerien massaprosenttien keskiarvon vertailu Aroclor -tuotteisiin.

Tampereen yliopiston vuonna 2007 tekemässä tutkimuksessa rakennusmateriaalien PCB-yhdistepitoisuuksista on todettu, että suurimpia pitoisuuksia PCB-yhdisteitä on löydetty 1950-luvun alkupuolella rakennetuista koulurakennuksista. Tutkimuksen kohteisiin kuuluvista kahdesta rakennuksesta löydettiin sävyltään harmaita PCB-yhdistepitoisia maaleja kellarikerrosten lattiapinnoista. Kyseisessä tutkimuksessa PCB-yhdisteitä löydettiin myös kasarmirakennusten vanhoista puulattioista ja alkydimaaaleista. Samassa

tutkimuksessa maalien kongeneeriprofiilit pystyttiin myös yhdistämään Clophen A60 -tuotteen kongeneeriprofiiliin. Tampereen yliopiston tutkimuksessa tutkittiin yhteensä 114 näytettä 18 eri kohteesta. [12, s. 41.]

Tämän työn tarkastelussa saadut tulokset ovat yhteneväiset Tampereen yliopiston vuonna 2007 julkaiseman tutkimuksen kanssa. Tarkastelussa pystyttiin tunnistamaan PCB-yhdistepitoisten maalien välillä olevia yhteneväisyyksiä, kuten niiden esiintyminen kellarikerrosten harmaissa lattiamaaleissa. Näytteiden kongeneeriprofiilit on myös pystytty yhdistämään Aroclor 1260- ja Clophen A60 -tuotteisiin molemmissa tutkimuksissa. Tampereen yliopiston tutkimuksessa näytteet kerättiin ja analysoitiin kyseistä tutkimusta varten, toisin kuin tässä työssä, jossa tiedot kerättiin maalinäytteiden arkistointitiedoista PCB-pitoisuuden perusteella.

Näiden tulosten ja kirjallisuustutkimuksen perusteella voidaan suositella haitta-ainetutkimuksien yhteydessä tutkittavaksi ainakin kaikki harmaat lattiamaalit ainakin ennen vuotta 1980 rakennetuista kohteista, jos on syytä epäillä jonkin maalikerroksista olevan alkuperäinen. Kohteissa, joissa lattiapinnat on maalattu esimerkiksi saneeraustöiden yhteydessä, voi olla aiheellista tarkistaa maalikerrosten määrä ja tarpeen vaatiessa tehdä PCB-yhdisteanalyysi näytteelle, joka sisältää kaikki maalikerrokset. Jos näytteestä löydetään määritysrajat ylittävä määrä PCB-yhdisteitä, voidaan näytteelle tehdä kalvonpaksuuksien määrittäminen mikroskooppisesti ja sideaineen määrittäminen FTIR-spektroskopiolla. Sideaineen määrittämisessä voidaan selvittää esimerkiksi, onko jokin maalinäytteen maalikerroksista esimerkiksi kloorikautsumaalia, joihin on Suomessa joissain tapauksissa liitetty PCB-yhdisteitä.

6 Yhteenveto

Polyklooratut bifenyylit, eli PCB-yhdisteet, ovat kemiallisesti kestäviä ja ympäristölle haitallisia aineita. PCB-yhdisteet ovat ihmisen teollisesti tuottamia, eikä niitä esiinny luonnossa muuten kuin saastumisen seurauksena. PCB-yhdisteet kertyvät maaperään ja sedimenttiin hiukkasiin sitoutuneena ja eliöstöön rasvaliukoisuutensa vuoksi. Kemiallisen kestäväytensä vuoksi PCB-yhdisteet luokitellaan pysyviksi orgaanisiksi ympäristömyrkyiksi. Ihmisille PCB-yhdisteet voivat aiheuttaa erilaisia oireita riippuen altistumistavasta.

Joidenkin PCB-yhdisteiden on todettu aiheuttavan syöpää. Hyvän kemiallisen kestäväyytensä vuoksi PCB-yhdisteitä on käytetty monissa teollisuuden ja rakentamisen sovelluksissa. Suuren sähkönvastuksen ja korkean syttymispisteensä vuoksi PCB-yhdisteitä on käytetty useissa eri sähkölaitteissa, esimerkiksi kondensaattorien öljyissä ja muuntajanesteissä. Elementtisaumojen elastisista saumausmassoista on myös löydetty korkeita PCB-pitoisuuksia ainakin ennen 1980-lukua rakennetuista rakennuksista. Suomessa käytetyissä maaleissa PCB-yhdisteitä on käytetty pehmittimenä ainakin kloorikautsu- ja vinyylimaleissa.

PCB-yhdisteitä alettiin valmistaa 1920-luvulla Yhdysvalloissa, jossa niitä tuotettiin 1970-luvulle asti. Neuvostoliitossa ja Venäjällä PCB-yhdisteitä valmistettiin 1990-luvulle asti. PCB-yhdisteiden käyttöä alettiin rajoittamaan 1970-luvulla, kun niiden haitallisista ympäristövaikutuksista saatiin tietoa. Vuonna 1985 PCB-yhdisteiden käyttö kiellettiin Euroopassa. PCB-yhdisteitä sisältävä jäte, jonka PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää 50 mg/kg, luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. PCB-yhdisteitä sisältävää jätettä syntyy pääosin rakennusten purkutöiden yhteydessä.

Tässä insinööriyössä tutkittiin tilaajayrityksen (Vahanen Rakennusfysiikka Oy) toimittamaa näytedataa PCB-yhdistepitoisista maaleista. Tavoitteena oli selvittää syitä PCB-yhdisteiden käytölle maaleissa Suomessa ja mahdollisia yhteneväisyyksiä maalinäytteiden välillä. Tilaajayritys on useissa toteuttamissaan haitta-ainetutkimuksissa löytänyt PCB-yhdistepitoisia maaleja useista eri kohteista, jotka on rakennettu eri vuosikymmenillä. Pääasiassa kaikki maalinäytteet, jotka ovat sisältäneet PCB-yhdisteitä on kerätty ennen vuotta 1980 rakennetuista kohteista. Tutkimukseen valittiin kohteet, joista oli löydetty maalinäytteitä, joiden PCB(7)-yhdistepitoisuus ylitti 10 mg/kg.

Insinööriyössä tutkittiin arkistoidusta maalinäytedatasta maalinäytteiden värit, alustamateriaalit, PCB(7)-pitoisuudet ja kongeneeriprofiilit. PCB(7)-pitoisuudella tarkoitetaan seitsemän yleisimmän kongeneerin yhteenlaskettua pitoisuutta. Maalinäytteiden näytteenottokohteista kerättiin tietoja, kuten rakennusvuosi ja sijainti. Maalinäytteiden kongeneeriprofiileja voitiin verrata sellaisten kaupallisten PCB-valmisteiden kongeneeriprofiileihin, joita tiedettiin Suomessa käytetyiksi. Yhteneväisyyksiä maalinäytteiden ja tunnettujen kaupallisten valmisteiden kongeneeriprofiileista löydettiin.

Maalinäytedatan tarkastelussa selvisi, että lähes kaikilla tutkituilla näytteillä oli hyvin samankaltainen kongeneeriprofiili. Pitoisuudet saattoivat vaihdella runsaastikin, mutta kongeneerien suhde toisiinsa pysyi hyvin samanlaisena. Voitiin myös todeta, että kongeneeriprofiilit muistuttivat kaupallisia PCB-yhdisteitä sisältäviä valmisteita, kuten Yhdysvaltalaisista Aroclor 1260-tuotetta. Euroopassa vastaava PCB-yhdisteitä sisältävä tuote kulki markkinoilla nimellä Clophen A60. Eniten PCB-yhdisteitä sisältäviä näytteitä löydettiin harmaista lattiamaaleista, joita oli käytetty esimerkiksi kellaritiloissa tai muissa kulutuskestävyyttä vaativissa tiloissa. Korkeimmat PCB-yhdistepitoisuudet löydettiin myös lattiamaaleista. Tulokset ovat samansuuntaisia Tampereen yliopiston vuonna 2007 tekemän tutkimuksen kanssa, jossa maalinäytteiden kongeneeriprofiilit voitiin yhdistää samoihin kaupallisiin tuotteisiin. Tulokset vahvistavat tilaajayrityksen aikaisempaa käsitystä siitä, että PCB-yhdisteitä on erityisesti käytetty lattiamaaleissa tiloissa, joissa maalilta vaaditaan hyvää kulutuskestävyyttä ja kemiallista kesto.

Maalista ei voida sideaineen perusteella päätellä, sisältääkö se PCB-yhdisteitä. Tampereen yliopiston tutkimuksen mukaan ainakin kloorikautsumaaleihin, jotka on valmistettu ennen vuotta 1971, on Suomessa lisätty PCB-yhdisteitä. Tulevissa tutkimuksissa voisi olla hyvä selvittää PCB-yhdisteitä sisältävien maalinäytteiden sideaineet, esimerkiksi FTIR-spektroskopiolla. Sideaineiden selvityksellä voidaan saada lisää tietoa mahdollisista käyttökohteista PCB-yhdisteitä sisältäville maaleille ja helpottaa useamman maalikerroksen sisältävien näytteiden tutkimista, kun yritetään selvittää mikä maalikerroksista sisältää PCB-yhdisteitä. Useamman maalikerroksen näytteestä sideaine voidaan selvittää maalikerroskohtaisesti, mikä on helpompaa kuin kerätä yksittäinen maalinäyte halutusta kerroksesta. Näitä menetelmiä voidaan hyödyntää yleisesti myös haitta-ainetutkimusten yhteydessä.

Lähtökohtaisesti kaikista ennen vuotta 1980 rakennetuista rakennuksista kannattaa haitta-ainetutkimuksen yhteydessä tutkia kaikki lattiamaalit PCB-yhdisteiden kannalta, jos voidaan epäillä jonkin maalikerroksista olevan alkuperäinen. Voi olla myös syytä kiinnittää huomiota myöhemminkin rakennettujen rakennusten lattiamaaleihin PCB-yhdisteiden osalta ainakin vuoteen 1995 asti, sillä PCB-yhdisteitä sisältäviä maaleja on valmistettu Neuvostoliitossa ja myöhemmin Venäjällä vielä 1990-luvulla, josta niitä on voinut kulkeutua Suomeen työvoiman tai muiden kuljetusten mukana.

Lähteet

- 1 Saura, Terhi. 2010. PCB-yhdisteillä pilaantuneen maaperän kunnostaminen & tapausesimerkki Lohjalla. Opinnäytetyö. Laurea-ammattikorkeakoulu. Theseustietokanta.
- 2 Valtioneuvosto. 2009. Asetus 403/2009 Eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa annetun valtioneuvoston asetuksen liitteiden muuttamisesta.
- 3 Tuomisto, J. Vartiainen, T & Tuomisto, J.T. 2011. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet: synopsis. THL:n raportti. <<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201205085000>>. Luettu 13.9.2019.
- 4 Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 1998. PCB elementtitalojen saumaussmassoissa ja pihojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 1998. Verkkoaineisto. <<https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-10-98.pdf>>. Luettu 11.9.2019.
- 5 Agency for toxic substances & disease registry, Toxicological profile for polychlorinated biphenyls, 2000. Verkkoaineisto. <<https://www.atsdr.cdc.gov/tox-profiles/tp17.pdf>>. Luettu 25.9.2019.
- 6 United States Environmental protection agency. PCB Manufacture and sales: Monsanto industrial chemicals company. Verkkoaineisto. <<https://sem-sp.gov/work/05/163948.pdf>>. Luettu 25.9.2019.
- 7 Erickson, M.D & Kayley, R.G. 2010 Applications of polychlorinated biphenyls. Springer. Verkkoaineisto. <<https://mitcheldericksonassociates.files.wordpress.com/2016/09/erickson-kaley-applications-of-pcb-espr-2011.pdf>>. Luettu 25.9.2019.
- 8 Oregon Department of Environmental Quality, Fact sheet: Sources of polychlorinated biphenyls. 2003. Verkkoaineisto. <<https://www.oregon.gov/deq/Filter-Docs/ph-SourcePCBs.pdf>>. Luettu 13.9.2019.
- 9 Public works technical bulletin. PCBs in caulk and paint. US Army Corps of Engineers 2012. Verkkoaineisto. <https://www.wbdg.org/FFC/AR-MYCOE/PWTB/pwtb_200_1_126.pdf>. Luettu 11.9.2019
- 10 Galvin, Dave. Toxic chemicals overview. Local hazardous waste management program in King County, Washington. Verkkodokumentti. <https://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@diroff/documents/webcontent/01_029693.pdf>. Luettu 15.11.2019.

- 11 Tuuhkanen, Tuula; Kuusisto, Sari; Lindroos, Outi; Palukka, Tuulia; Hellman, Sannamari; Priha, Eero & Rantio, Tiina. 2007. PCB-yhdisteet rakennuksissa ja niiden saneeraamisen aiheuttamien työhygieenisten riskien vähentäminen. Raportti 22. Tampereen teknillinen yliopisto, Bio- ja ympäristötekniikan laitos.
- 12 Jartun, Morten; Steinnes, Eiliv; Ottesen R.T & Volden, Tore. 2008. Painted surfaces – Important sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) contamination to the urban and marine environment. Elsevier. Verkkodokumentti. <https://www.researchgate.net/publication/23174298_Painted_surfaces_-_Important_sources_of_polychlorinated_biphenyls_PCBs_contamination_to_the_urban_and_marine_environment>. Luettu 11.9.2019.
- 13 Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. 2019. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. Verkkoaineisto. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet>>. Luettu 13.9.2019
- 14 Vartiainen, Terttu; Kiviranta, Hannu; Hallikainen, Arja & Strandman, Teija. 2001 Elintarvikkeiden orgaaniset ympäristömyrkyt ja niiden siirtyminen ihmiseen. Verkkoaineisto. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. <<https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2001/1/duo92005>>. Luettu 13.9.2019
- 15 Agency for toxic substances & disease registry. 2014. Polychlorinated biphenyls (PCBs). Verkkoaineisto. <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts17.pdf>>. Luettu 13.9.2019.
- 16 Ympäristöhallinto, Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet. Suomen ympäristökeskus 2013. Verkkodokumentti. <<https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7B52DF81C8-DB6F-4A71-8E51-0BD7CB86C708%7D/94325>>. Luettu 13.9.2019.
- 17 Tuoteseloste. PCB standard solution 7. Sigma-aldrich katalogi. Verkkoaineisto. <<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/36989?lang=fi®ion=FI>>. Luettu 13.9.2019
- 18 Laitinen, Timo, Maalikemia osa 1: Johdanto, käsitteet ja Maalin komponentit: si-deaineet, niiden jaottelua ja kemiaa. Luentoaineisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 19 Laitinen, Kai, Korroosionestomaalit. Luentoaineisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 20 MT-0.6011 Korroosionestotekniikka: Maalaus, Maalaustyön erittely. työsuunnitelma. Luentoaineisto. Aalto-Yliopisto.
- 21 Lambourne, R & Strievens, T.A. 1999. Paint and Surface Coatings: theory and practice. 2. painos. Cambridge: Woodhead publishing.

- 22 Tikkurila Oyj. Verkkoaineisto. Sideaineiden ja maalityyppien kehityksestä. <https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/tuotteet_aakkosjarjestyksessa/tuotehistoria/maalityyppien_kehitys_kautta_aikojen/sideaineiden_ja_maalityyppien_kehityksesta>. Luettu 31.10.2019.
- 23 Grossman, Elizabeth. 2013. Nonlegacy PCBs: Pigment manufacturing by-products get a second look. Environmental Health Perspectives. Verkkoaineisto. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3621189/pdf/ehp.121-a86.pdf>>. Luettu 30.9.2019.
- 24 United States Environmental Protection Agency. PCBs in Building Materials — Questions & Answers. 2015. Verkkodokumentti. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/pcbs_in_building_materials_questions_and_answers.pdf>. Luettu 13.9.2019.
- 25 Wagner, Urs; Schneider, Evelyne; Watson, Alan & Weber, Roland. 2014. Management of PCBs from open and closed applications – Case study Switzerland. Verkkoaineisto. <https://www.global-chemicals-waste-platform.net/fileadmin/files/doc/Management_of_PCBs_Case_Study_Switzerland.pdf>. Luettu 3.10.2019.
- 26 Haitta-ainespitoisten rakennusaineiden ja -tarvikkeiden markkinoillaoloaikoja. 2014. RatuTT 09-01117. Rakennustieto Oy.
- 27 Geist, Jacob; Amagna, Servo & Mellor, Brian. 1953. Improved portland cement mortars with polyvinyl acetate emulsions. Massachusetts institute of technology, Cambridge. Verkkodokumentti. <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie50520a031>>. Luettu 13.9.2019.
- 28 Standeven, Harriet A.L. 2011. House paints 1900-1960: History and use. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- 29 Sirviö, Salla. 2008. Rakennusten haitta-aineet. Opinnäytetyö. Theseus-tietokanta. Lahden Ammattikorkeakoulu.
- 30 Ympäristöhallinto. 2013. Pysyvät orgaaniset yhdisteet. Verkkoaineisto. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Kemikaalien_ymparistorisikit/Pysyvat_organiset_yhdisteet_POP>. Luettu 15.11.2019.
- 31 EU-Direktiivi. 1976. 76/69/ETY.
- 32 EU-Direktiivi. 1985. 85/467/ETY.
- 33 EU-Direktiivi. 1996. 96/59/EY.

- 34 Valtioneuvoston asetus jätteistä. 2012. 179/2012.
- 35 ECHA. Verkkoaineisto. CLP-asetus tutuksi. <<https://echa.europa.eu/fi/regulations/clp/understanding-clp>>. Luettu 28.10.2019.
- 36 Jätelaki. 2011. 646/2011.
- 37 Haitta-ainetutkimus: tilaajan ohje. 2016. RT 18-11244. Rakennustieto Oy
- 38 Haitta-ainetutkimus: Rakennustuotteet ja rakenteet. 2016. RT 18-11245. Rakennustieto Oy.
- 39 Lepistö, Jani; Westerholm, Henrik; Schultz, Eija; Uljas, Jenni & Katarina Björklof. 2014. Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa. Suomen Ympäristökeskus. Verkkoaineisto. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42681/YO_2014.pdf?sequence=1>. Luettu 1.11.2019.
- 40 Mäkelä, Ari; Antikainen, Sari; Mäkinen, Irma; Kivinen, Jarmo & Leppänen, Tuula. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallitus. VAPK-kustannus, Helsinki. Verkkoaineisto. <<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/157222/Vesi-%20ja%20ymp%c3%a4rist%c3%b6hallinnon%20julkaisu%20B%2010.pdf?sequence=4&isAllowed=y>>. Luettu 1.11.2019.
- 41 PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purku. 2011. Ratu 82-0382. Rakennustieto Oy.
- 42 NASA. Verkkoaineisto. Activated metal treatment system (AMTS) for paints fact sheet. <<https://technology.nasa.gov/patent/TOP10-114>>. Luettu 1.11.2019.
- 43 Häkkinen, Eevaleena. 2019. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas. Ympäristöministeriön julkaisuja. Verkkoaineisto. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74873/OH_1_2016.pdf>. Luettu 15.10.2019.
- 44 SFS EN-15308. Characterization of waste. Determination of selected polychlorinated biphenyls (PCB) in solid waste by gas chromatography with electron capture or mass spectrometric detection. 2016. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 45 Leidos. 2016. Green-Duwamish River Watershed: PCB Congener Study: Phase 1. Spokane river regional toxics task force. Verkkoaineisto. <<https://fortress.wa.gov/ecy/gsp/DocViewer.ashx?did=54944>>. Luettu 15.11.2019.

Liite 1: Tutkittujen kohteiden tiedot

Numerointi	Sijainti	Näyte	Maalin väri	Maalityyppi	Sijainti kohteessa	PCB(7) mg/kg	Näytetyyppi	Valmistusvuosi
1	Pks	1.9b	Vihreä	Lattiamaali	Kellari	12800	Materiaalinäyte	1960-1970
		1.16	Vihreä	Lattiamaali	Kellari	15700	Materiaalinäyte	
		1.20	Vihreä	Lattiamaali	Kellari	20400	Materiaalinäyte	
2	Pks	2.1	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	13700	Materiaalinäyte	1960-1970
		2.2	Valkoinen	Seinä- ja kattor	Kellari	20	Materiaalinäyte	
		2.5	Keltainen	Lattiamaali	Lattia muovimaton alla	8880	Materiaalinäyte	
3		3.1	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	2150	Materiaalinäyte	1960-1970
		3.2	Valkoinen	Seinämaali	Kellari	32	Materiaalinäyte	
		3.8+9	Useita	Lattiamaali	Kellari	18400	Materiaalinäyte	
4	Pks	4.1	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	28500	Materiaalinäyte	1960-1970
		4.2	Valkoinen	Seinämaali	Kellari	66	Materiaalinäyte	
		4.5+4.9	Keltainen	Lattiamaali	Kellari	814	Materiaalinäyte	
5	Pks	5.8	Harmaa	Lattiamaali	Portaikko	<3,5	Materiaalinäyte	1910-1920
		5.13	Harmaa	Lattiamaali	1. kerros	13	Materiaalinäyte	
		5.18	Oranssi	Lattiamaali	3.Kerros lattia	24	Materiaalinäyte	
		5.22	Turkoosi	Lattiamaali	4. Kerros lattia	143	Materiaalinäyte	
		5.26	Ruskea	Lattiamaali	2. Kerros lattia	<3,5	Materiaalinäyte	
		5.41	Punainen	Lattiamaali	2. Kerros lattia	7,9	Materiaalinäyte	
		5.50	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	<3,5	Materiaalinäyte	
6	Pks	5.59	Harmaa	Lattiamaali	4. Kerros lattia	4565	Materiaalinäyte	
		6.4	Harmaa	Lattiamaali	Portaikko	16600	Materiaalinäyte	1960-1970
		6.5	Valkoinen	Seinämaali	Portaikko	50,6	Materiaalinäyte	
		6.10	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	24200	Materiaalinäyte	
		6.22	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	16800	Materiaalinäyte	
7	Pks	7.1	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	21500	Materiaalinäyte	1960-1970
		7.2	Valkoinen	Seinämaali	Kellari	33,5	Materiaalinäyte	
		7.4	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	13100	Materiaalinäyte	
		7.8	Useita	Lattiamaali	Kellari	2,34	Materiaalinäyte	
		8.1	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	1700	Materiaalinäyte	1950-1960
8	Pks	8.3	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	<3,5	Materiaalinäyte	
		8.11	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	<3,5	Materiaalinäyte	
		8.12	Valkoinen	Seinämaali	Kellari	<3,5	Materiaalinäyte	
		8.13	Harmaa	Lattiamaali	1.kerros Varaston lattia	<3,5	Materiaalinäyte	
		8.18	Keltainen	Seinämaali	1. kerros Käytävän seinä	<3,5	Materiaalinäyte	
		8.19	Harmaa	Lattiamaali	1. kerros Käytävän lattia	<3,5	Materiaalinäyte	
		8.22	Useita	Lattiamaali	1. kerros	<3,5	Materiaalinäyte	
		9.2	-	Lattiamaali	T-kerros	178	Materiaalinäyte	1960-1970
		9.4	Harmaa	Lattiamaali	T-kerros Lattia	85	Materiaalinäyte	
9	Pks	9.20	Harmaa	Seinämaali	T-kerros Seinä	322	Materiaalinäyte	
		9.26	Harmaa	Lattiamaali	16. Kerros Lattia	24	Materiaalinäyte	
		9.27	Harmaa	Lattiamaali	16. Kerros Lattia	937	Materiaalinäyte	
		9.36	-	Sokkelimaali	Julkisivu	<3,5	Materiaalinäyte	
		9.1.3	Harmaa	Ikkunalautama	Ikkunaluta	2800	Materiaalinäyte	
		10.2	Harmaa	Lattiamaali	3. Kerros Lattia	135261	Materiaalinäyte	1930-1940
		10.3	-	Seinämaali	3. Kerros Seinä	126	Materiaalinäyte	
10	Pks	10.13	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	12338	Materiaalinäyte	
		10.14	Keltainen	Seinämaali	Kellari	<7,5	Materiaalinäyte	
		11.5	-	Lattiamaali	2. Kerros WC	5335	Materiaalinäyte	1940-1950
12	Pks	12.1	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	1310	Materiaalinäyte	1960-1970
		12.2	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	36800	Materiaalinäyte	
		12.11	Harmaa	Lattiamaali	1. kerros	5,68	Materiaalinäyte	
13	Espoo	12.17	Harmaa	Lattiamaali	1. kerros	-	Materiaalinäyte	
		13.21	-	Lattiamaali	1. kerros	12,8	Materiaalinäyte	1970-1980
14	Uusimaa	14.1.1b	Harmaa	Lattiamaali	Polttoainetarastori/Pesulan l	19,1	Materiaalinäyte	1960-1970
		15.1	-	Lattiamaali	6. kerros lattia	<2,5	Materiaalinäyte	1970-1980
15	Pks	15.7	Useita	Lattiamaali	Kattilahuone	<2,5	Materiaalinäyte	
		15.12	-	Seinämaali	Kattilahuone	8,7	Materiaalinäyte	
		15.1.12	Harmaa	Lattiamaali	Ullakko, Hissin konehuone	43	Materiaalinäyte	
16	Pks	16.9	Harmaa	Lattiamaali	Kellari, käytävä ja lämmönjak	4140	Materiaalinäyte	1930-1940
		16.14	Harmaa	Seinämaali	Tuloilmakammio	<0,70	Materiaalinäyte	
		16.16	Ruskea	Ikkunalautama	Kaikki tilat	7	Materiaalinäyte	
		16.17	Punainen	Lattiamaali	WC- ja Silvoustilat	4	Materiaalinäyte	
		17.1.3	Vihreä	Seinämaali	Kellari	4,55	Materiaalinäyte	1960-1970
17	Pks	17.1.4	Sininen	Seinämaali	Kellari	4,55	Materiaalinäyte	
		17.1.5	Valkoinen	Seinämaali	Kellari	4,55	Materiaalinäyte	
		17.2.5	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	54,3	Materiaalinäyte	
		17.2.3	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	<7	Materiaalinäyte	
		17.2.7	Valkoinen	Seinä- ja kattor	Kellari	2,76	Materiaalinäyte	
		17.2.13	Harmaa	Lattiamaali	Kellari	213	Materiaalinäyte	
		18.5	Vihreä	Lattiamaali	1. kerros	547	Materiaalinäyte	1970-1980
18	Pks	18.11	Sininen	Lattiamaali	Yhteinen tila	102	Materiaalinäyte	
		18.18	Harmaa	Lattiamaali	Yhteinen tila	38,1	Materiaalinäyte	
		19.N3	Sininen	Lattiamaali	Kellari, Lämmönjakohuone	3230	Materiaalinäyte	1960-1970
19	Pks	19.N4	Valkoinen	Seinämaali	Kellari, Lämmönjakohuone	8,2	Materiaalinäyte	
		20.R11/N3	Valkoinen	Seinä- ja kattor	Portaikon seinä	1000	Materiaalinäyte	1900-1910

		20.R14/N2	Harmaa	Lattiamaal	Käytävän lattia	6,2	Materiaalinäyte	
		20.R14/N3	Valkoinen	Seinä- ja katto	Portaikon seinä	<3,5	Materiaalinäyte	
		20.R14/N9	Harmaa	Lattiamaal	Käytävän lattia	<3,5	Materiaalinäyte	
21	Pks	21.1	Harmaa	Lattiamaal	1. kerros	340	Materiaalinäyte	1960-1970
		21.9	Harmaa	Lattiamaal	1. kerros	370	Materiaalinäyte	
		21.12	Harmaa	Lattiamaal	1. kerros	1400	Materiaalinäyte	
22	Kemijärvi	22.5	Vihreä	Seinämaal	Kellari, käytävän seinä	4,4	Materiaalinäyte	1950-1960
		22.7	Sininen	Lattiamaal	Kellari, varaston lattia	1440	Materiaalinäyte	
23	Lahti	23.L12	Useita	Lattiamaal		230	Materiaalinäyte	-
		23.L13	Valkoinen	Seinämaal		9,19	Materiaalinäyte	
		23.L15	Useita	Lattiamaal		0,96	Materiaalinäyte	
24	Pks	24.10	Vihreä	Lattiamaal	1. kerros	102	Materiaalinäyte	1950-1960
		24.9	Harmaa	Lattiamaal		<0,7	Materiaalinäyte	
25	Pks	25.3	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	33200	Materiaalinäyte	1960-1970
		25.5	Vihreä	Lattiamaal	Kellari, Lämmönjakohuone	5020	Materiaalinäyte	
26	Pks	26.38	Harmaa	Lattiamaal	Lämmönjakohuone	6570	Materiaalinäyte	1960-1970
27	Pks	27.1	Harmaa	Lattiamaal	Portaikko	2540	Materiaalinäyte	1900-1910
		27.6	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	<0,7	Materiaalinäyte	
		27.7	Harmaa	Lattiamaal	Lämmönjakohuone	<0,7	Materiaalinäyte	
28	Pks	28.2	Harmaa	Lattiamaal	Väestönsuoja	0,86	Materiaalinäyte	1950-1960
		28.3	Keltainen	Seinämaal	Väestönsuoja	<0,70	Materiaalinäyte	
		28.6	-	Lattiamaal	Porrashuone	0,96	Materiaalinäyte	
		28.9	Harmaa	Lattiamaal	Omakäyttömuuntaja	5850	Materiaalinäyte	
29	Pks	29.1a	-	Parvekkeen p	Parveke	3710	Materiaalinäyte	1960-1970
		29.4	-	Sokkelimaali	Sokkeli	<0,7	Materiaalinäyte	
30		30.1	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	8,69	Materiaalinäyte	1960-1970
		30.6	Sininen	Lattiamaal	Kellari	170	Materiaalinäyte	
		30.7	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	<0,7	Materiaalinäyte	
31	Tre	31.1H	Useita	Lattiamaal		246	Materiaalinäyte	-
		31.2j	-	Lattiamaal		8,49	Materiaalinäyte	
		31.2N	Punainen	Lattiamaal		0,74	Materiaalinäyte	
32	Pks	32.1	Harmaa	Lattiamaal	Tornimuuntamon alataso	1610	Materiaalinäyte	-
		32.2	Valkoinen	Seinämaal	Tornimuuntamo	0,8	Materiaalinäyte	
		32.3	Harmaa	Lattiamaal	Tornimuuntamon ylitaso	2210	Materiaalinäyte	
33	Pks	33.3	Harmaa	Lattiamaal	2. Kerros lattia	15	Materiaalinäyte	1960-1970
34	Pks	34.19	Harmaa	Lattiamaal		11,7	Materiaalinäyte	1960-1970
		34.20	Harmaa	Lattiamaal		97,8	Materiaalinäyte	
35	Pks	35.OA2	Harmaa	Lattiamaal	Varasto	1720	Materiaalinäyte	1970-1980
		35.H1	Harmaa	Lattiamaal	Verstas	<0,7	Materiaalinäyte	
		35.H10	Beige	Lattiamaal	Kuivaushuone	2,74	Materiaalinäyte	
		35.H14	Valkoinen	Seinämaal	Verstas	<0,7	Materiaalinäyte	
		35.P3	Harmaa	Lattiamaal	Varasto	<0,7	Materiaalinäyte	
36	Pks	36.1	Harmaa	Lattiamaal		38,1	Materiaalinäyte	-
		36.2	Valkoinen	Seinämaal		0,94	Materiaalinäyte	
37	Pks	37.1	Harmaa	Lattiamaal		10700	Materiaalinäyte	1970-1980
		37.2	Valkoinen	Seinämaal		5,55	Materiaalinäyte	
38	Pks	38.1	Harmaa	Lattiamaal		37,8	Materiaalinäyte	1970-1980
		38.2	Valkoinen	Seinämaal		14,1	Materiaalinäyte	
39	Espoo	39.9	Vihreä	Lattiamaal		162	Materiaalinäyte	1960-1970
40	Pks	40.1	Harmaa	Lattiamaal		16700	Materiaalinäyte	1960-1970
		40.2	Valkoinen	Seinämaal		53,1	Materiaalinäyte	
41	Pks	41.1	Harmaa	Lattiamaal		11,4	Materiaalinäyte	1960-1970
		41.2	Valkoinen	Seinämaal		1,09	Materiaalinäyte	
42	Pks	42.1	Harmaa	Lattiamaal		12,6	Materiaalinäyte	1950-1960
		42.2	Valkoinen	Seinämaal		<0,7	Materiaalinäyte	
43	Pks	43.1	Harmaa	Lattiamaal		<0,7	Materiaalinäyte	1930-1940
		43.2	Valkoinen	Seinämaal		14,9	Materiaalinäyte	
44	Pks	44.2	Valkoinen	Seinämaal		1,62	Materiaalinäyte	1900-1910
		44.4	Harmaa	Lattiamaal		40,7	Materiaalinäyte	
45	Espoo	45.1	Vihreä	Sokkelimaali	Julkisivu	0,7	Materiaalinäyte	1900-1910
		45.24+28	Useita	Seinämaal	Kellari	1,7	Materiaalinäyte	
		45.26	Vihreä	Lattiamaal	Kellari	1,5	Materiaalinäyte	
		45.27	Useita	Lattiamaal	Kellari	63100	Materiaalinäyte	
46	Pks	46.8	Ruskea	Lattiamaal	Kellari	<1,4	Materiaalinäyte	1930-1940
		46.9	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	4,3	Materiaalinäyte	
		46.12	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	2,87	Materiaalinäyte	
		46.13	Sininen	Lattiamaal	Portaikko	25	Materiaalinäyte	
47	Hyvinkää	47.8	-	Lattiamaal	Kellari	1,31	Materiaalinäyte	-
		47.9	-	Seinämaal	Kellari	<0,7	Materiaalinäyte	
		47.11	-	Seinämaal	Lämmönjakohuone	<0,7	Materiaalinäyte	
		47.12	-	Lattiamaal	Lämmönjakohuone	0,93	Materiaalinäyte	
		47.13	-	Seinämaal	Pesula	901	Materiaalinäyte	
		47.14	-	Lattiamaal	Pesula	<0,7	Materiaalinäyte	
48	Pks	48.1	Vihreä	Seinämaal	Kellari	5,92	Materiaalinäyte	1930-1940
		48.2	Harmaa	Lattiamaal	Kellari	8030	Materiaalinäyte	
		48.4	Valkoinen	Seinämaal		<0,7	Materiaalinäyte	
		48.5	Harmaa	Lattiamaal	Kaapelikellari	<0,7	Materiaalinäyte	

49	Lappeenranta	49.1	Harmaa	Lattiamaalii		780	Materiaalinäyte	-
		49.13	Vihreä	Seinämaalii		6800	Materiaalinäyte	
		49.23	Harmaa	Lattiamaalii		7,1	Materiaalinäyte	
50	Espoo	50.2	Harmaa	Lattiamaalii	Varasto	22,3	Materiaalinäyte	1960-1970
		50.9	Harmaa	Lattiamaalii		1,54	Materiaalinäyte	
		50.10	Harmaa	Lattiamaalii	Lämmönjakuhuone	46,5	Materiaalinäyte	
		50.21	Harmaa	Seinämaalii	Käytävän seinä	<0,7	Materiaalinäyte	
		50.30	Valkoinen	Seinämaalii	Aula	<0,7	Materiaalinäyte	
51	Imatra	51.42	Harmaa	Lattiamaalii		11,4	Materiaalinäyte	-
		51.43	Harmaa	Lattiamaalii		<0,7	Materiaalinäyte	
52	Kiuruvesi	52.1	Harmaa	Lattiamaalii		<0,7	Materiaalinäyte	1970-1980
		52.4	Vihreä	Lattiamaalii		22	Materiaalinäyte	
53		53.10	Valkoinen	Seinämaalii	Kellari	<0,7	Materiaalinäyte	1930-1940
		53.16	Useita	Lattiamaalii	Kellarin käytävä	47,4	Materiaalinäyte	
		53.19	Harmaa	Lattiamaalii	Kellari	7,15	Materiaalinäyte	
		53.20	Harmaa	Lattiamaalii	Kellari	0,9	Materiaalinäyte	
54	Pks	54.2	Musta	-	1. Kerros	<3,5	Materiaalinäyte	1930-1940
		54.3	Harmaa	-	1. Kerros	26	Materiaalinäyte	
		54.4	Valkoinen	-	1. Kerros	<3,5	Materiaalinäyte	
		54.5	Harmaa	-	1. Kerros	<3,5	Materiaalinäyte	
		54.6	Sininen	-	1. Kerros	4,5	Materiaalinäyte	
55	Pks	55.N7	Vihreä	Lattiamaalii		490	Materiaalinäyte	1960-1970
		55.N8	Valkoinen	Seinämaalii		11	Materiaalinäyte	
		55.N9	Valkoinen	Ovimaalii		29	Materiaalinäyte	
		55.N17	Vihreä	Lattiamaalii		<3,5	Materiaalinäyte	
56	Sauvo	56.14	Harmaa	Lattiamaalii	Pohjakerros	5780	Materiaalinäyte	1950-1960
57	Pks	57.15	Harmaa	Lattiamaalii	Kellari	8357	Materiaalinäyte	1950-1960

Liite 2: Esimerkki analyysilaboratorion raportista

Raportti

Sivu 1 (6)



Vastaanotettu 2017-05-04
Raportoitu 2017-05-11

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Linnoitustie 5
02600 Espoo

Projekti
Tilausnumero

Materiaalin analysointi

Asiakkaan näytetunnus						
Näytteenottaja						
Näyttenumero						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
Esikäsitteily						
esikäsitteily/murskaus < 1 kg*	-			1	1	ANHU
Metallit; kuningasvesihajotus, S-METAXHB1						
Ag	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
As	1.71	0.34	mg/kg	2	1	ANHU
Ba	82.6	16.5	mg/kg	2	1	ANHU
Be	0.844	0.169	mg/kg	2	1	ANHU
Cd	<0.40		mg/kg	2	1	ANHU
Cr	81.6	16.3	mg/kg	2	1	ANHU
Co	3.63	0.73	mg/kg	2	1	ANHU
Cu	16.2	3.2	mg/kg	2	1	ANHU
Fe	10000	2010	mg/kg	2	1	ANHU
Hg	<0.20		mg/kg	2	1	ANHU
Li	19.1	3.8	mg/kg	2	1	ANHU
Mn	145	29.0	mg/kg	2	1	ANHU
Mo	<0.40		mg/kg	2	1	ANHU
Ni	7.1	1.4	mg/kg	2	1	ANHU
P	232	46.4	mg/kg	2	1	ANHU
Pb	261	52.2	mg/kg	2	1	ANHU
Sb	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
Sn	1.4	0.3	mg/kg	2	1	ANHU
Sr	90.0	18.0	mg/kg	2	1	ANHU
Tl	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
V	10.8	2.16	mg/kg	2	1	ANHU
Zn	184	36.9	mg/kg	2	1	ANHU
PCB7, S-PCBECD02						
PCB 28	19.6	7.86	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 52	146	58.4	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 101	1760	702	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 118	384	154	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 138	4240	1690	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 153	3580	1430	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 180	2730	1090	mg/kg	3	1	ANHU
PCB, 7 yhdisteen summa	12800		mg/kg	3	1	ANHU

ALS Finland Oy
Ruosilankuja 3 A
00390 Helsinki
Finland

www.alsglobal.fi
info.hel@alsglobal.com
Tel: + 358 10 470 1200
Fax: + 358 10 470 1201

Raportti on hyväksytty ja
digitaalisesti allekirjoitettu

Kemist

2017.05.11 13:24:34

Raportti

Sivu 2 (6)



Asiakkaan näytetunnus 10/						
Näytteenottaja						
Näyttenumero						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<i>Esikäsittely</i>						
esikäsittely/murskaus < 1 kg*	-			1	1	ANHU
<i>PAH 16, S-BM-PAHL</i>						
naftaleeni	0.075	0.022	mg/kg	4	1	ANHU
asenaftyleeni	0.204	0.061	mg/kg	4	1	ANHU
asenafteeni	0.052	0.016	mg/kg	4	1	ANHU
fluoreeni	0.083	0.025	mg/kg	4	1	ANHU
fenantreeni	0.559	0.168	mg/kg	4	1	ANHU
antraseeni	0.164	0.049	mg/kg	4	1	ANHU
fluoranteeni	1.64	0.492	mg/kg	4	1	ANHU
pyreeni	1.40	0.420	mg/kg	4	1	ANHU
bents(a)antraseeni	2.60	0.781	mg/kg	4	1	ANHU
kryseeni	3.31	0.993	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(b)fluoranteeni	5.94	1.78	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(k)fluoranteeni	2.24	0.672	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(a)pyreeni	1.43	0.429	mg/kg	4	1	ANHU
dibentso(ah)antraseeni	0.961	0.288	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(ghi)peryleeni	2.37	0.712	mg/kg	4	1	ANHU
indeno(123cd)pyreeni	1.74	0.522	mg/kg	4	1	ANHU
PAH, 16 yhdistettä yhteensä	24.8		mg/kg	4	1	ANHU

ALS Finland Oy
Ruosilankuja 3 A
00390 Helsinki
Finland

www.alsglobal.fi
info.hei@alsglobal.com
Tel: + 358 10 470 1200
Fax: + 358 10 470 1201

Raportti on hyväksytty ja
digitaalisesti allekirjoitettu

Kemist

2017.05.11 13:24:34

Raportti

Sivu 3 (6)



Asiakkaan näytetunnus 16/						
Näytteenottaja						
Näyttenumero						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
Esikäsittely						
esikäsittely/murskaus < 1 kg*	-			1	1	ANHU
Metallit; kuningasvesihajotus, S-METAXHB1						
Ag	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
As	1.45	0.29	mg/kg	2	1	ANHU
Ba	240	48.0	mg/kg	2	1	ANHU
Be	0.409	0.082	mg/kg	2	1	ANHU
Cd	<0.40		mg/kg	2	1	ANHU
Cr	52.4	10.5	mg/kg	2	1	ANHU
Co	3.07	0.61	mg/kg	2	1	ANHU
Cu	19.9	4.0	mg/kg	2	1	ANHU
Fe	8520	1700	mg/kg	2	1	ANHU
Hg	<0.20		mg/kg	2	1	ANHU
Li	14.2	2.8	mg/kg	2	1	ANHU
Mn	205	41.0	mg/kg	2	1	ANHU
Mo	<0.40		mg/kg	2	1	ANHU
Ni	6.2	1.2	mg/kg	2	1	ANHU
P	319	63.8	mg/kg	2	1	ANHU
Pb	170	34.0	mg/kg	2	1	ANHU
Sb	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
Sn	<1.0		mg/kg	2	1	ANHU
Sr	181	36.2	mg/kg	2	1	ANHU
Tl	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
V	8.66	1.73	mg/kg	2	1	ANHU
Zn	316	63.2	mg/kg	2	1	ANHU
PCB7, S-PCBECD02						
PCB 28	26.9	10.8	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 52	234	93.8	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 101	2320	928	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 118	494	198	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 138	5190	2080	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 153	4220	1690	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 180	3180	1270	mg/kg	3	1	ANHU
PCB, 7 yhdisteen summa	15700		mg/kg	3	1	ANHU

ALS Finland Oy
Ruosilankuja 3 A
00390 Helsinki
Finland

www.alsglobal.fi
info.hel@alsglobal.com
Tel: + 358 10 470 1200
Fax: + 358 10 470 1201

Raportti on hyväksytty ja
digitaalisesti allekirjoitettu

Kemist

2017.05.11 13:24:34

Raportti

Sivu 4 (6)



Asiakkaan näytetunnus 20/						
Näytteenottaja						
Näyttenumero						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
Esikäsittely						
esikäsittely/murskaus < 1 kg*	-			1	1	ANHU
Metallit; kuningasvesihajotus, S-METAXHB1						
Ag	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
As	1.03	0.21	mg/kg	2	1	ANHU
Ba	396	79.3	mg/kg	2	1	ANHU
Be	0.384	0.077	mg/kg	2	1	ANHU
Cd	<0.40		mg/kg	2	1	ANHU
Cr	55.2	11.0	mg/kg	2	1	ANHU
Co	3.45	0.69	mg/kg	2	1	ANHU
Cu	12.8	2.6	mg/kg	2	1	ANHU
Fe	9710	1940	mg/kg	2	1	ANHU
Hg	<0.20		mg/kg	2	1	ANHU
Li	17.3	3.5	mg/kg	2	1	ANHU
Mn	165	33.1	mg/kg	2	1	ANHU
Mo	0.46	0.09	mg/kg	2	1	ANHU
Ni	6.0	1.2	mg/kg	2	1	ANHU
P	199	39.8	mg/kg	2	1	ANHU
Pb	181	36.2	mg/kg	2	1	ANHU
Sb	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
Sn	2.4	0.5	mg/kg	2	1	ANHU
Sr	129	25.9	mg/kg	2	1	ANHU
Tl	<0.50		mg/kg	2	1	ANHU
V	9.60	1.92	mg/kg	2	1	ANHU
Zn	654	131	mg/kg	2	1	ANHU
PCB7, S-PCBECDD02						
PCB 28	43.4	17.4	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 52	281	112	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 101	2850	1140	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 118	600	240	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 138	6890	2760	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 153	5680	2270	mg/kg	3	1	ANHU
PCB 180	4110	1640	mg/kg	3	1	ANHU
PCB, 7 yhdisteen summa	20400		mg/kg	3	1	ANHU

ALS Finland Oy
Ruosilankuja 3 A
00390 Helsinki
Finland

www.alsglobal.fi
info.hel@alsglobal.com
Tel: + 358 10 470 1200
Fax: + 358 10 470 1201

Raportti on hyväksytty ja
digitaalisesti allekirjoitettu

Kemist

2017.05.11 13:24:34

Raportti

Sivu 5 (6)



Asiakkaan näytetunnus 24/						
Näytteenottaja						
Näyttenumero						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
Esikäsittely						
esikäsittely/murskaus < 1 kg ^a	-			1	1	ANHU
PAH 16, S-BM-PAHL						
naftaleeni	<0.050		mg/kg	4	1	ANHU
asenaftyleeni	0.142	0.043	mg/kg	4	1	ANHU
asenaftteeni	<0.050		mg/kg	4	1	ANHU
fluoreeni	0.082	0.024	mg/kg	4	1	ANHU
fenantreeni	2.73	0.820	mg/kg	4	1	ANHU
antraseeni	0.158	0.047	mg/kg	4	1	ANHU
fluoranteeni	2.96	0.890	mg/kg	4	1	ANHU
pyreeni	1.72	0.515	mg/kg	4	1	ANHU
bents(a)antraseeni	1.02	0.308	mg/kg	4	1	ANHU
kryseeni	2.52	0.757	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(b)fluoranteeni	2.26	0.677	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(k)fluoranteeni	0.279	0.084	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(a)pyreeni	0.932	0.280	mg/kg	4	1	ANHU
dibentso(ah)antraseeni	1.08	0.324	mg/kg	4	1	ANHU
bentso(ghi)peryleeni	2.50	0.749	mg/kg	4	1	ANHU
indeno(123cd)pyreeni	0.792	0.238	mg/kg	4	1	ANHU
PAH, 16 yhdistettä yhteensä	19.2		mg/kg	4	1	ANHU

ALS Finland Oy
Ruosilankuja 3 A
00390 Helsinki
Finland

www.alsglobal.fi
info.hel@alsglobal.com
Tel: + 358 10 470 1200
Fax: + 358 10 470 1201

Raportti on hyväksytty ja
digitaalisesti allekirjoitettu

Kemist

2017.05.11 13:24:34

Raportti

Sivu 6 (6)



* =näyte tutkittu akkreditoimattomalla menetelmällä.

Menetelmäkuvaus	
1	Näytteen esikäsittely sisältäen tarvittaessa murskauksen, esikäsiteltävän näytteen paino ≤ 1 kg. Näytteen punnitus tapahtuu näytteen vastaanottamisen yhteydessä Helsingin toimipisteessämme ja punnitukseen käytetty vaaka ei kuulu säännöllisen kalibroinnin piiriin.
2	Metallien määrittäminen menetelmien US EPA 200.7, ISO 11885, US EPA 6010, SM 3120 mukaan. Kuivaus ja seulonta < 2 mm. Hajotus kuningasvedellä ja analysointi ICP-OES laitteistolla. Näytematriisista riippuen näyte voidaan joutua murskaamaan seulonnan sijasta.
3	Polykloorattujen bifenyyliden, PCB-7:n, määrittäminen GC-ECD-tekniikalla menetelmien US EPA 8082, ISO 10382 ja EN 15308 mukaan.
4	Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH 16) määrittäminen GC-MS-tekniikalla menetelmien US EPA 8270, EN 15527 ja ISO 18287mukaan.

Hyväksyjä	
ANHU	

Analysoija ¹	
1	Analysoinnista vastaa ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00, Praha 9, Tšekki, joka on akkreditoitu tšekkiläisen akkreditointielimen CAI (Czech Accreditation Institute) toimesta (the Testing Laboratory No. 1163).

Mittausepävarmuus on ilmoitettu laajennettuna mittausepävarmuutena, jossa on käytetty kattavuuskerrointa 2, jolloin luotettavuustaso on noin 95%.

Alihankkijoiden mittausepävarmuus on yleensä annettu laajennettuna mittausepävarmuutena, jossa on käytetty kattavuuskerrointa 2. Laboratoriolta saa lisätietoja pyydettäessä.

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Tutkimusraportin saa kopioida vain kokonaisuudessaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa laboratoriolta.

Tilausta koskevat yleiset sopimusehdot, ks. voimassa oleva tarjous tai ALS Finland Oy:n kotisivut (www.alsglobal.fi).

Vain digitaalisesti allekirjoitettu PDF- raportti on alkuperäinen. Kaikki muut tulostetut versiot ovat kopioita.

¹ Analyysin suorittava ALS- tai alihankintalaboratorio.

ALS Finland Oy
Ruosilankuja 3 A
00390 Helsinki
Finland

www.alsglobal.fi
info.hel@alsglobal.com
Tel: + 358 10 470 1200
Fax: + 358 10 470 1201

Raportti on hyväksytty ja digitaalisesti allekirjoitettu

Kemist

2017.05.11 13:24:34