

Terhi Nyman

# Asbesti- ja PAH-yhdistepitoisilla pintakäsittelytuotteilla käsitellyt peltikatot

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittely

Insinööryö

27.4.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Terhi Nyman Asbesti- ja PAH-yhdistepitoisilla pintakäsittelytuotteilla käsitelty peltikatot 51 sivua + 1 liitettä 27.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Yksikönpäällikkö, Jarno Komulainen, FM, Vahanen Oy Lehtori, Arto Yli-Pentti
<p>Tässä työssä perehdyttiin asbesti- ja PAH-yhdisteiden käytön motiiveihin peltikattojen pinnoitteissa. Työssä pyrittiin hankkimaan tietoa vanhoista pinnoitteista ja syventymään monelta eri kannalta niin asbestiin kuin PAH-yhdisteisiin sekä niiden haitallisiin vaikutuksiin terveyden ja ympäristön näkökulmasta. Työn tavoite oli löytää menetelmä pinnoitteiden poistamiseksi pelleistä mahdollisimman turvallisesti, jotta pellit olisi mahdollista joko pinnoittaa uudelleen tai purkukohteissa saada kierrätykseen. Työn oleellisena osana on myös katsaus lainsäädäntöön ja muihin ohjeisiin, kuten Ratu-kortteihin. Työssä pyrittiin löytämään hyviä vaihtoehtoja uusiksi pinnoitteiksi jo markkinoilla olevien vaihtoehtojen joukosta.</p> <p>Työhön kuului myös osallistuminen haitta-ainekartoituksen näytteenottoon. Mukana on eri analysointimenetelmiä ja niiden tulosten tulkintaa. Tämä osuus oli historiallisen osuuden ohella lähimpänä tekijän henkilökohtaisia mieltymyksiä.</p> <p>Työn kokeellisessa osuudessa tehtiin pienessä mittakaavassa pinnoitteen poistokokeita. Kokeet tehtiin vaihtoehtoisten menetelmien arvioimiseksi. Myös työhöiden kerääminen purku- ja korjaustöihin haitta-aineita sisältävissä kohteissa oli osa tätä työtä.</p> <p>Jätteiden osalta työssä tutustuttiin kaatopaikkoja koskeviin lakeihin, raja-arvoihin ja ympäristölupiin. Myös suppea hintavertailujen selvitys haitta-ainepitoisten jätteiden eri käsittelyvaihtoehtojen välillä on mukana työssä.</p>	
Avainsanat	Asbesti, PAH, kreosootti

Author(s) Title	Terhi Nyman Asbestos- and PAH-coated steel roofs
Number of Pages Date	51 pages + 1 appendices 27 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jarno Komulainen, Head of Unit, M.Sc., Vahanen Oy (Project Manager) Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis is to find out the causes of using asbestos and PAH's in the steel roof coatings. The aim was to collect information of the old coatings and to become familiar with asbestos and PAHs and their harmful health and environmental effects. Another aim was to find a method of stripping the roofing sheets as safely as possible so that they could be either resurfaced or recycled in demolition projects. The essential part of the thesis is the overview of the legislation and other instructions, such as the Ratu File. The thesis also aims to find good new roof coatings from the existing range.</p> <p>In addition, the thesis project included participation in the contaminant survey sampling. The thesis project involved different analysis methods and the interpretation of their results. This part together with the historical part were closest to the author's personal preferences.</p> <p>A small-scale stripping test was made in the experimental part of the thesis. The tests were made to evaluate the alternative methods. Furthermore, collecting the necessary work instructions for demolition and repair work at contaminated sites was included in the thesis project.</p> <p>Part of the thesis project was to familiarize with the laws, limit values and environmental permits of the landfills. Limited price comparison between the different waste treatment options was also included in the thesis project.</p>	
Keywords	Asbestos, PAH, creosote

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Asbesti	2
2.1	Esiintyminen ja ominaisuudet	2
2.1.1	Krokidoliitti	2
2.1.2	Krysotiili	3
2.1.3	Antofylliitti	3
2.1.4	Grüneriitti	4
2.2	Käyttö	4
2.3	Haittavaikutukset	4
3	PAH-yhdisteet	6
3.2	Syntyminen ja esiintyminen	6
3.2.1	Kivihiiilterva	7
3.2.2	Kreosootti	7
3.2.3	Puuterva	7
3.2.4	Bitumi	8
3.3	Haittavaikutukset	8
3.3.1	Kivihiiilterva	10
3.3.2	Kreosootti	10
3.3.3	Naftaleeni	10
3.3.4	Bentso(a)pyreeni	11
3.4	Raja-arvot	12
3.4.1	Työpaikan ilmassa	12
3.4.2	Maaperässä	12
3.4.3	Jätteissä	13
4	Vanhojen pinnoitteiden koostumus	14
4.1	Asbestin käyttö pinnoitteissa	15
4.2	PAH-yhdisteet pinnoitteissa	16
4.2.1	Raaka kivihii- ja ruskohiiliterva	16
4.2.2	Kivi- ja ruskohiilitervan tislauustuotteet	16
4.3	Puuterva	18
4.4	Pohjamaalit	19
5	Korjaustyöt	19
5.1.2	Suojaus	21

5.1.3	Menetelmät	22
5.1.4	Jätteiden käsittely	23
5.2	Korjaustyöt PAH-yhdisteille katoille	23
5.2.1	Purkutyöt	24
6	Jätteet	26
6.1	Vaarallisten jätteiden hintavertailu	26
6.1.1	Kaatopaikat	27
6.2	PAH-yhdisteiden eliminointi	28
7	Korvaavat materiaalit	29
7.1	Sinkityt kattopellit	29
7.2	Nykyaikaiset pinnoitteet	30
8	Kokeellinen osuus	30
8.2	Aiemmat tutkimuskohteet	33
8.3	Analyysit	34
8.3.1	Asbestianalyysi	34
8.3.3	Raskasmetallianalyysi	35
8.4	Analyysien tulokset	36
8.4.1	Asbestianalyysien tulokset	36
8.4.2	PAH(16) –analyysien tulokset	37
8.4.3	Raskasmetallianalyysien tulokset	38
8.5	Tuloksien tarkastelu	39
8.5.1	Asbestianalyysien tuloksien tarkastelu	39
8.5.2	PAH(16) –analyysin tuloksien tarkastelu	39
8.5.3	Raskasmetallianalyysin tuloksien tarkastelu	39
8.6	Koekappaleiden pinnoitus bitumituotteella	40
8.6.1	Esikäsittelyt	41
8.6.2	Pinnoitus	41
8.7	Bitumipinnoitteiden poistokokeet	42
8.7.1	Poistokokeet levitysmenetelmällä	43
8.7.2	Poistokokeet upotusmenetelmällä	44
8.7.3	Testien tulokset	44
8.7.5	Muita pinnoitteen poistomenetelmiä	47
9	Yhteenveto	48
	Lähteet	51

## Liitteet

Liite 1. Aiheeseen liittyviä Ratu-kortteja.

### Lyhenteet ja käsitteet

ASA-rekisteri	Ammatissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille altistuvien rekisteri.
Bap	Bentso(a)pyreeni.
CAS-numero	Chemical Abstract Service. Kemikaalien tunnistenumerojärjestelmä.
CE-merkintä	Conformité Européenne. CE-merkintä on tuotteilta vaadittu valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat EU:n direktiivin vaatimukset.
CLP	Classification, Labelling and Packaging. Euroopan unionin asetus kemikaalien luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
EPA	Environmental Protection Agency. Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluvirasto.
GC	Gas chromatography. Kaasukromatografia.
H-lauseke	CLP:n mukainen vaaralauseke.
HEPA-suodatin	High efficiency particulate air filter. Erittäin korkean erotteluasteen omaava suodatin, joka pidättää 99,97 % yli 0,3 µ m:n kokoisista hiukkasista (DOP-testi). HEPA-suodatinta kutsutaan myös mikro-suodattimeksi tai absoluuttisuodattimeksi.
HTP	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus.

ICP-AES / ICP-OES	Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. Induktiivisesti kytketty plasma-atomiemissiospektrometria.
ICP-MS	I Inductively coupled plasma mass spectrometry. Induktiivisesti kytketty plasmamassaspektrometri.
MaalausRYL	Maalaustyöselostusohjelma, jolla voidaan hakea Maalaus- RYL 2012:n mukaisia maalauskäsittely-yhdistelmiä.
MS	Mass spectrometry. Massaspektrometria.
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt.
PAH(16)	Määritelmä, jonka avulla on tunnistettavissa 16 yleisintä PAH-yhdistettä.
PCB	Poly Chlorinated Biphenyl. Polyklooratut bifenyylit.
PM	Polarisaatiomikroskooppi.
P3/A2-luokka	Yhdistelmäsuodatin, joka poistaa hiukkaset ja kaasut.
P3-luokka	Tehokkaimmalla hiukkassuodattimella varustettu hengityk- sen suojain.
Ratu-kortti	Rakennustieto Oy:n tietokortti.
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals. Euroopan unionin asetus kemikaalien rekiste- röinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista.
RT-kortti	Rakennustieto Oy:n julkaisema kortistomuotoinen tietokoko- elma.
SEM	Scanning electron microscope. Pyyhkäisyelektronimikro- skooppi.

SFS-EN	Suomessa ja eurooppalaisessa standardisomisjärjestössä vahvistettu standardi.
SFS-EN ISO	Suomessa, Euroopassa ja kansainvälisessä standardisomisjärjestössä vahvistettu standardi.
TM3P-luokka	Korkeimman suojausluokan puhaltimella varustettu kokonaamari.
VOC	Volatile organic compound. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.
XRF	X-ray fluorescence. Röntgenfluoresenssimenetelmä.



## 1 Johdanto

Vanhojen rakennusten peltikattojen pinnoitteissa on käytetty yleisesti asbestia. Pinnoitteet saattavat sisältää myös PAH-yhdisteitä (polysykliset aromaattiset hiilivedyt). Molemmat ovat vaarallisia ihmiselle ja PAH-yhdisteet myös ympäristölle, joten niiden purku- ja korjaustöissä on kiinnitettävä paljon huomiota edellä mainittuihin seikkoihin. Tämän insinööritoimiston tavoitteena on löytää menetelmä, jonka avulla haitallisilla aineilla käsitellyt kattopellit saataisiin kierrätykseen ja vaarallista jätettä syntyisi mahdollisimman vähän. Tavoitteena on myös auttaa löytämään menetelmiä, jotka olisivat mahdollisimman turvallisia ja ongelmajätettä syntyisi mahdollisimman vähän, sekä selvittää nykyaikaiset korvaavat käyttö- ja ympäristöystävällisemmät tuotteet.

Ongelmakohtat ovat peltien loppusijoituksen kannalta kaatopaikkojen ympäristöluvan määrittämät raja-arvot PAH-yhdisteille, metallinkierrätyksessä asbesti ja kallis hinta ongelmajätelaitoksen kohdalla. Työssä perehdytään myös pinnoitteiden sisältämien haitta-aineiden pitoisuuksiin, niiden käytön syihin, raja-arvoihin kaatopaikoilla ja tehdään hintavertailuja jätteiden loppusijoituksen osalta.

Työ tehdään insinööritoimisto Vahanen Oy:n ohjauksessa. Kiitokset työn ohjaajalle Jarno Komulaiselle avusta ja ohjeista tämän työn teossa. Samoin kiitokset vihjeistä lähdemateriaaleiksi Pentti Pietarilalle ja Museoviraston Elisa Heikkilälle. Ohjaavalle opettajalle Arto Yli-Pentille kiitokset avusta työn viimeistelyvaiheeseen ja pinnoitteen poistoon liittyviin seikkoihin.

Esimerkkeinä tässä työssä käytetään purku- ja korjauskohteita, joissa kyseisiä aineita on käytetty. Samoin haitta-ainetutkimusten tuloksia on annettu aiemmista kohteista tämän työn avuksi. Tekijä on päässyt myös osallistumaan näytteenottoon yhdessä kohteessa, jossa epäiltiin kyseisiä aineita mahdollisesti käytetyksi.

## 2 Asbesti

### 2.1 Esiintyminen ja ominaisuudet

Asbestilla tarkoitetaan kuitumaisia silikaattimineraaleja ja niitä esiintyy luonnossa hyvin yleisesti esimerkiksi metamorfisissa kalkki- ja dolomiittikivissä. Niitä ovat muun muassa aktinoliitti, amosiitti (eli grüneriitti), antofylliitti, krokidoliitti, krysotiili ja tremoliitti. Tremoliitti ja aktinoliitti eivät ole olleet kaupallisessa valmistuksessa, vaan ne esiintyvät muissa asbestilaaduissa tai mineraaleissa epäpuhtauksina [1, s.4]. Kuidut ovat joko serpentiinimineraaleja, tai amfiboleja eli nauhasilikaatteja. Yhteneväistä niille on myös silkkimäinen kiilto.[2]

Asbesti on ominaisuuksiltaan palamatonta, lujaa ja joustavaa sekä hyvän lämmön-, kosteuden- ja sähköneristyskyvyn, että kemikaalien, bakteerien, kitkan ja kulumisen keston omaava materiaali. Lisäksi asbestilla on hyvät akustiset ominaisuudet. Edellä mainitut ominaisuudet ovat olleet syynä sen laajaan käyttöön rakennusteollisuudessa.[3]

#### 2.1.1 Krokidoliitti

Krokidoliitti kuuluu amfiboleihin, se on väriltään sininen (Kuva 1) ja vaarallisin asbestilaaduista. Sitä on käytetty hyvin paljon ruiskutettavana tuotteena. Krokidoliitti luetaan Suomessa syöpää aiheuttavaksi, ja pitkäkestoisessa altistuksessa se voi vahingoittaa keuhkoja johtaen fibroosiin [4]. Purkutöissä krokidoliitin kohdalla on pukeutumisohjeet vielä tiukemmat kuin muiden asbestilaatujen kohdalla (kertakäyttöinen alusasu) [5]. [3, s.7]



Kuva 1. Krokidoliitti [6].

### 2.1.2 Krysotiili

Serpentiinimineraaleihin kuuluva krysotiili on väriltään valkoinen (Kuva 2) ja se on ollut yleisin tuontiasbesti [3, s.7]. Sitä on käytetty erittäin paljon monissa erilaisissa asbestipitoisissa tuotteissa matoista maaleihin [7]. Pitkäaikainen altistus krysotiilipölylle voi vahingoittaa keuhkoja ja johtaa fibroosiin ja mesotelioomaan. Tämä aine on ihmisessä syöpää aiheuttava. [8]



Kuva 2. Krysotiili [9].

### 2.1.3 Antofylliitti

Antofylliitti kuuluu amfiboleihin, ja sen väri vaihtelee harmaasta tumman ruskeaan (Kuva 3), miltei mustaan. Kuidut ovat usein säteittäisinä ryhminä, kiteet harvinaisia [2]. Esiintyy Suomessa ainakin Tuusniemen Paakkilassa. Sitä on käytetty varsin paljon muun muassa putkieristeissä. [10]



Kuva 3. Antofylliitti[11].

#### 2.1.4 Grüneriitti

Grüneriitti on kauppanimeltään amosiitti, ja se kuuluu myös amfiboleihin. Väriltään se on ruskeaa. Se on ollut laajalti käytössä putkien eristeenä [10].

#### 2.2 Käyttö

Asbestia on käytetty 1900-luvun alusta ja sen käytön huippu oli 1970-luvun alkupuolella, mutta krokidoliitin käyttö ja asbestiruiskutus kiellettiin jo 1977. Asbestituotteiden valmistus loppui lähes kokonaan Suomessa 1988. Asbestipitoisia materiaaleja sen sijaan on käytetty rakennusteollisuudessa 1990-luvun alkupuolelle asti. Suomessa asbestin uusi käyttö kiellettiin 1993, mutta EU:n alueella vasta 2005 [3, s.1-7]. Rakennusteollisuus on ollut asbestin suurin kuluttaja, siellä kuidut kuitenkin sidotaan valmistusvaiheessa usein sementtiin, muoviin tai kumiin. Asbestia on käytetty myös muun muassa maaleissa, bitumi- ja kivihiiliöljyemulsioissa, joihin tässä työssä pyritään perehtymään hieman enemmän.

#### 2.3 Haittavaikutukset

Suomessa asbesti luokitellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttavaksi aineeksi [12, s.6]. Vaara perustuu kuituihin (fysikaaliset ominaisuudet). Haittavaikutuksia ei ole asbestia sisältävän tuotteen ollessa ehjä, jolloin pöly ei pääse leviämään ilmaan. Suurin altistus on louhinta-, valmistus- ja työstövaiheissa sekä purkutöissä, joista viimeksi mainitun vuoksi asbestin haittavaikutusten kanssa ollaan tekemisissä vielä hyvin pitkään. Asbestin haittavaikutukset perustuvat siis yksinomaan sen pölymäiseen muotoon (kuidut). Hiukkasen katsotaan olevan kuitumainen, jos sen pituuden suhde paksuuteen on 3:1 tai enemmän [13].

## 2.4 Raja-arvot

### 2.4.1 Työpaikan ilmassa

Työpaikan ilmassa suurin sallittu pitoisuus yli 5 µm pituisille asbestikuiduille on 0,5 kuitua/cm<sup>3</sup>. Nykyinen sosiaali- ja terveysministeriön laatima asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista, eli HTP-arvoista astui voimaan 1.4.2014. Asetus kuuluu työturvallisuus lakiin. HTP-arvot on annettu hengityksen kautta tapahtuvaa altistumista ajatellen. HTP-arvot asbestille ovat 1 kuitu/cm<sup>3</sup>, ja siihen on otettu mukaan aktinoliitti-, antofylliitti-, gryneriitti- (eli amosiittiasbesti), krokidoliitti-, krysotiili- ja tremoliittiasbestilaadut. Kaikille näille asbestilaaduille on yhteiset vaaralausekkeet (H-lausekkeet) H350 ja H372, jotka ovat CLP-asetuksen asteriskin mukaiset. Lausekkeen H350 mukaan aine saattaa aiheuttaa syöpää ja lausekkeella H372 tarkoitetaan aineen vahingoittavan elimiä.[14]

### 2.4.2 Kaatopaikkojen vastaanottoraja-arvot asbestille

Kaatopaikkoja koskevat monet lait kuten Jäte-, Ympäristön- ja Terveysturvallisuuslaki, sekä useat asetukset, joista esimerkkeinä Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista, REACH (EU:n asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista) ja CLP (Classification, Labelling and Packaging. Euroopan unionin asetus kemikaalien luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta). Yhteistä näille kaikille on niin ympäristön kuin ihmisten suojeleminen haitallisilta aineilta, sekä jätteen määrän, että haitallisten aineiden käytön vähentäminen [15]. Lisäksi REACHin pyrkimys on edistää vaihtoehtoisten menetelmien kehittämistä aineiden vaarojen arvioimiseksi. Asbestijätteen käsittelyä kaatopaikalla säädetään kaatopaikoista annetussa valtioneuvoston asetuksessa. [16, s. 2-8;19, 31§]

Mikäli jätettä ei ole mahdollista hyödyntää on se loppusijoitettava (eli kaatopaikalle) [17]. Kaatopaikkakohtainen ympäristölupa määrittelee mitä jätettä kaatopaikka voi vastaanottaa. Tässä työssä on käytetty esimerkkinä Ämmässuon kaatopaikan ympäristölupaa. Asbestin kohdalla on kyse jätteen loppusijoituksesta, eikä sille ole varsinaista raja-arvoa, sillä asbesti katsotaan niin sanotuksi inertiksi jätteeksi. Ämmässuolle asbestipitoista jätettä otetaan vastaan pieniä eriä. [18, s.65]

### 3 PAH-yhdisteet

#### 3.1 Koostumus

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH) sisältävät yhdisteet koostuvat keskenään sitoutuneista bentseenirenkaista, myös mono- ja polysubstituoituneista yhdisteistä. Tämän lisäksi ne voivat olla myös yhdisteitä, joissa bentseenirenkaan hiiliatomi on korvattu tyypellä N (nitroyhdisteet) tai rikillä S. Kaiken kaikkiaan niitä on lukematon määrä ja ne voivat olla hyvin monimutkaisia useita yhdisteitä sisältäviä seoksia [19, s. 6]. Tästä syystä on otettu käyttöön PAH(16)-määritelmä, jonka avulla on tunnistettavissa 16 yleisintä PAH-yhdistettä.

PAH(16)-yhdisteet:

- naftaleeni
- asenaftyleeni
- asenafteeni
- fluoreeni
- fenantreeni
- antraseeni
- fluoranteeni
- pyreeni
- bentso(a)antraseeni
- kryseeni
- bentso(b)fluoranteeni
- bentso(k)fluoranteeni
- bentso(a)pyreeni
- indeno(1,2,3-cd)pyreeni
- dibentso(a,h)antraseeni
- bentso(g,h,i)peryleeni.

#### 3.2 Syntyminen ja esiintyminen

PAH-yhdisteitä syntyy orgaanisten yhdisteiden epätäydellisen palamisen tuotteina. Niitä esiintyy lähes kaikkialla elinympäristössämme pieninä pitoisuuksina, sillä mm.

noki, terva, tupakansavu ja pakokaasut sisältävät PAH-yhdisteitä. Niiden esiintymistä on lähes mahdoton arvioida, sillä niitä syntyy lähes joka puolella. Suurimpia PAH-yhdisteiden aiheuttajia teollisuudessa ovat koksaamot (kivihiili), metallurgiateollisuus, konepajat (karkaisu, hitsaus, ruiskumaalaus) ja valimot. [19]

### 3.2.1 Kivihiiliterva

Kivihiiliterva on väriltään mustaa tai ruskeaa ja olomuodoltaan pastamaista [20]. Kivihiilitervaa syntyy koksaamon sivutuotteena kivihiiltä poltettaessa, joka sisältää PAH-yhdisteitä noin 30 %, josta naftaleenin osuus on noin 15 %, ja muut pääaineet ovat sen alkyyl johdannaisia [19, s.14]. Yhtenä syynä kivihiilitervan käyttöön on ollut sen halpa hinta verrattuna puutervaan [21, s. 136 ]. Myös saatavuuden paraneminen kivihiilivoimaloiden myötä johti kivihiilitervan käytön laajaan kasvuun ja se syrjäytti suurelta osin puutervan käytön. Kivihiilitervan levitysominaisuudet ovat hyvät [22].

### 3.2.2 Kreosootti

Kreosootti on kivihiilitervan tislauustuote, joka koostuu sadoista yhdisteistä. Suurin osa on PAH-yhdisteitä, noin 60–85 %, loput ovat fenoleja sekä heterosyklisiä rikki- ja typpiyhdisteitä. Ulkonäöltään kreosootti on tumman ruskeaa, olomuodoltaan öljymäistä nestettä, jolla on pistävä haju. Se on palava neste, josta vapautuu palaessa myrkyllisiä kaasuja (PAH-yhdisteiden lisäksi furaaneja). Vaikka kreosootti ei ole reaktiivinen, voivat siitä lämpimänä haihtuvat höyryt muodostaa ilman kanssa syttyviä seoksia. Suomessa kreosoottia käytetään ainoastaan puutavaran teollisessa painekyllästyksessä, ja se on maahantuotua. Kreosootin käyttöä on rajoitettu REACH-asetuksella vuonna 2006. Kreosootti on vaarallista niin ihmiselle kuin ympäristölle ja sillä on monia haittavaikutuksia, joita käsitellään erikseen työn myöhemmässä vaiheessa. [23]

### 3.2.3 Puuterva

Tervan poltolla on ollut Suomessa pitkä perinne, ainakin jo 1700-luvulta lähtien, ja se oli myös tärkeä vientituote moneen Euroopan maahan. Puutervan käyttö oli yleistä puun pintakäsittelyn ohella myös raudan pintakäsittelyssä korroosionestoon. Puutervan tarkkaa koostumusta ei edelleenkään tunneta, mutta sen tiedetään sisältävän jonkin verran PAH-yhdisteitä. Puuterva sisältää ainakin ligniinistä syntyvää fenolia, kreosolia

ja guajakolia [24]. Fenolin, eli karbolihapon kemiallinen kaava on  $C_6H_5OH$  [25, s. 177]. Kreosoli on homopyrokatekinin metyyliieetteri, jolla on miellyttävä vaniljan tapainen tuoksu, ja sen kemiallinen kaava on  $C_6H_3(CH_3).OCH_3.OH$  [25, s. 229]. Guajakoli on miellyttävän hajuisen ja makuinen, ja sitä on käytetty keuhkotautilääkkeenä, ja sen kemiallinen kaava on  $C_6H_4(OH)OCH_3$  [25, s. 97]. [25]

### 3.2.4 Bitumi

Bitumi on väriltään tummanruskeaa tai mustaa, olomuodoltaan kiinteää [26]. Bitumia syntyy runsaasti asfalteenia sisältävän raakaöljyn tislauksen pohjatuotteena, eikä sen tarkkaa koostumusta tiedetä. Sitä ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi, eräät sen ainesosat kylläkin. Viskositeetin ollessa alhainen, saattaa PAH-yhdisteitä liueta. Bentso(a)pyreeni -pitoisuuden kynnyks- ja ohjearvoon maaperässä perehdytään työn myöhemmässä vaiheessa. [27, s.8-9; s. 25]

### 3.3 Haittavaikutukset

Osa PAH-yhdisteistä on syöpää aiheuttavia, eli karsinogeenisiä. Niiden karsinogeeniset ominaisuudet vaihtelevat suuresti, mutta varsinkin bentso(a)pyreeni (BaP) on voimakas karsinogeeni, mutta bentso(e)pyreeni puolestaan on heikko ja inaktiivinen. PAH-yhdisteet eivät kuitenkaan ole syöpää aiheuttavia ennen metabolista aktivointia (aineenvaihduntaan liittyvä biokemiallinen reaktio), lukuun ottamatta eräitä nitroyhdisteitä. Muita haittavaikutuksia ovat mm. silmien kirvely, päänsärky ja pahoinvointi, sekä ihon herkistyminen auringon valolle. Altistuminen PAH-yhdisteille tapahtuu niiden haihtumisen (etenkin naftaleeni), pölyn tai ihokosketuksen välityksellä. PAH-yhdisteistä naftaleeni, asenafteeni, fluoreeni, fenantreeni ja antraseeni esiintyvät kaasumaisina, muut vain hiukkasiin sitoutuneina tai hiukkasmaisina. Taulukkoon 1. on kerätty PAH(16)-yhdisteiden haittavaikutuksia CAS-numeron, eli kemikaalien tunnistenumeron perusteella. [19]



Taulukko 1. PAH(16)-yhdisteiden haittavaikutuksia.

Yhdiste	Vaarallisuus
Naftaleeni	CAS # 91-20-3 Voi muodostua räjähtäviä höyry-ilma seoksia (yli +80 °C). Haitallinen/ärsyttävä (iho, hengitystiet). Nieleneminen voi johtaa kuolemaan. Mahdollisesti syöpää, anemiaa ja harmaakaihia aiheuttava. Erittäin haitallista vesielioille. Pitkäaikaisia haittavaikutuksia ympäristölle.
Asenaftyleeni	-
Asenafteeni	CAS # 83-32-9 Erytystä varovaisuutta noudatettava, ei riittävää tietoa. Erittäin myrkyllistä vesielioille, pitkäaikainen.
Fluoreeni	-
Fenantreeni	-
Antraseeni	CAS # 120-12-7 Ärsyttää ihoa ja hengitysteitä. Voi aiheuttaa ihotulehduksen. Erittäin myrkyllinen vesielioille.
Fluoranteeni	-
Pyreeni	CAS # 129-00-0 Ihoärsytys, auringon valo lisää, mahdolliset värimuutokset. Ei saa päästää ympäristöön, kertyy ravintoketjuun. (Aineen haittavaikutuksia terveyteen ei ole tutkittu altistuneilla henkilöillä riittävästi.)
Bentso(a)- antraseeni	CAS # 56-55-3 Todennäköisesti syöpää aiheuttava. Kertyy ravintoketjuun (kala ja äyriäiset).
Kryseeni	CAS # 218-01-9 Ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttava.
Bentso(b)- fluoranteeni	CAS # 205-99-2 Ihmiselle mahdollisesti syöpää ja perimävaurioita aiheuttava. (Ei riittävästi tietoa, varovaisuutta noudatettava).
Bentso(k)- fluoranteeni	CAS # 207-08-9 Ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttava.
Bentso(a)- pyreeni	CAS # 50-32-8 Syöpää aiheuttava. Saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita ihmisen sukusoluissa. Eläinkokeiden perusteella tämä aine saattaa vahingoittaa ihmisen lisääntymistä tai kehitystä.
Indeno- (1,2,3c,d)- pyreeni	CAS # 193-39-5 Ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttava. Ympäristölle vaarallinen (vesi ja ilma), kalat.
Dibentso- (a,h)-antraseeni	CAS # 53-70-3 Todennäköisesti syöpää aiheuttava. Iho-oireita (punoitus, kutina) ja valoherkkyyttä. Kertyy ravintoketjuun (kala ja äyriäiset).
Bentso- (g,h,i)- peryleeni	CAS # 191-24-2 Hengitystiet / iho (ärsytys). Mahdollisesti vaaraa ympäristölle.

Vaaralausekkeita ei kaikille yhdisteille ollut saatavilla [28]. Taulukosta on kuitenkin nähtävissä usean yhdisteen olevan ainakin mahdollisesti syöpää aiheuttavaa.

### 3.3.1 Kivihiiliterva

Kivihiiliterva on ihoa, silmiä ja hengityselimiä ärsyttävää ja altistuminen auringon valolle voi lisätä sen vaikutusta aiheuttaen palovammoja. Se voi aiheuttaa ihotulehduksen ja hyperpigmentaatiota. Kivihiiliterva on syöpää aiheuttavaa ja sen katsotaan aiheuttavan vaaraa työministeriön päätöksen 1044/1991 mukaan perimälle, sikiölle tai lisääntymiselle.[22]

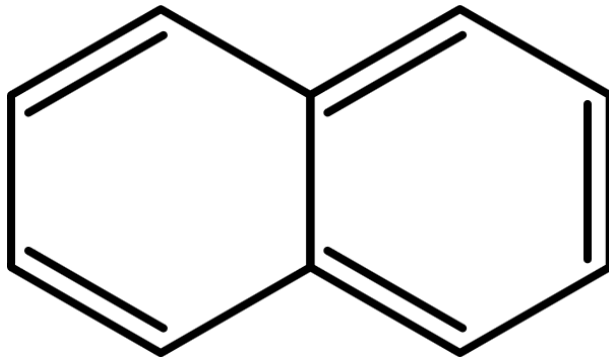
### 3.3.2 Kreosootti

Kreosootti on tutkimuksissa osoittautunut syöpää aiheuttavaksi aineeksi, muun muassa iho- ja huulisyöpää toistuvassa altistuksessa. Mahdollista on myös haitta ihmisen lisääntymiselle ja sikiön kehitykselle. Iho saattaa ärtyä ja herkistyä auringon valolle. Osa sen sisältämistä yhdisteistä aiheuttaa hengitystieoireita ja silmien ärsytystä (haihtuvat) ja osa voi imeytyä elimistöön ihon kautta aiheuttaen pahoinvointia, heikkouden tunnetta, sekavuutta huimausta ja päänsärkyä. Nieltynä sen tiedetään aiheuttaneen kuoleman (7 g aikuisella). Se on erittäin myrkyllistä vesiliöille ja osa sen sisältämistä yhdisteistä kertyy ravintoketjuun ja on huonosti hajoavaa. Liukeneminen veteen on pääasiallisesti vähäistä. [23]

### 3.3.3 Naftaleeni

Kivihiilitervan pääainesosa on naftaleeni, sitä on noin 15 %. Naftaleeni koostuu kahdesta fuusioituneesta bentseenirenkaasta (Kuvio 1) ja sen kemiallinen kaava on  $C_{10}H_8$  ja CAS-numero. 91-20-3 [28]. Se poikkeaa muista PAH-yhdisteistä korkeamman höyrynpaineensa vuoksi. Naftaleenin haittavaikutuksiin kuuluvat mm. silmien kirvely, päänsärky ja pahoinvointi, jotka johtuvat sen suuresta kyllästymispitoisuudesta ilmassa. Suuri kyllästyspitoisuus johtuu naftaleenin korkeasta höyrynpaineesta ja sen ominaishaju on erittäin kirpeä.[19,s.8-9] Se hajoaa ilmassa arviolta 1-7 tunnissa hydroksyyli-radikaalien vaikutuksesta, ja maaperässä noin viikossa (hapettomassa ei hajoa lainkaan). Aiemmin sitä käytettiin kotitalouksissa koimyrkkynä. [19]

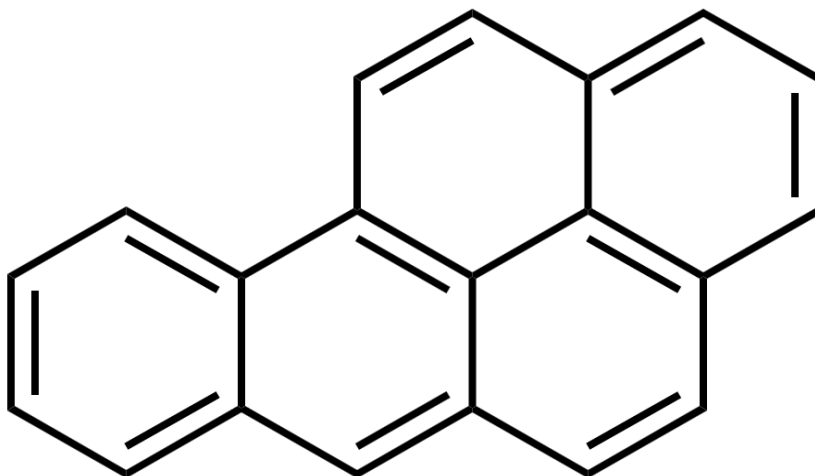
Kuvio 1. Naftaleenin rakennekaava [29].



### 3.3.4 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreeniä on kivihiilitervassa 0,5 – 1 %. Se koostuu viidestä fuusioituneesta bentseenirenkaasta ja sen kemiallinen kaava on  $C_{20}H_{12}$  (Kuvio 2) ja CAS-numero 50-32-8. Aine voi kulkeutua elimistöön hengitysteitse, ihon läpi ja nieltynä. Se on ihmisessä syöpää aiheuttava, ja saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita ihmisen sukusoluissa. Se saattaa vahingoittaa ihmisen lisääntymistä tai kehitystä eläinkokeiden perusteella. Bentso(a)pyreeni on erittäin myrkyllistä vesieliöille, se kertyy ravintoketjussa erityisesti kaloihin, kasveihin ja nilviäisiin ja voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä. [28]

Kuvio 2. Bentso(a)pyreenin rakennekaava[30].



### 3.4 Raja-arvot

#### 3.4.1 Työpaikan ilmassa

Mikäli työpaikan ilmassa sallittu raja-arvo ylittyy, on siitä tehtävä ilmoitus ASA-rekisteriin (ammattissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille altistuvien rekisteri). Raja-arvo BaP-pitoisuudelle on  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [19, s. 11]. Elinympäristöaltistuksen raja BaP-pitoisuudelle on  $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [19, s. 45]. Aiemmin käytetyt arvot olivat HTP (8h), naftaleeni  $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ , Bap  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [19, s. 10].

Naftaleenin HTP-arvot kahdeksan tunnin altistumisjaksolle ovat 1 ppm ja  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$  ja 15 minuutin altistumisjaksolle 2 ppm ja  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  (kaksinkertaiset) ja vaaralausekkeet H302; H351; H400[31]. Bentso(a)pyreenin (BaP) HTP-arvo on ainoastaan  $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$  kahdeksan tunnin altistumisjaksolle. Vaaralausekkeina H317; H340; H350; H360FD; H400; H410 iho. [14]

Aineet voivat imeytyä elimistöön myös ihon kautta, joten ilman HTP-arvot eivät kerro aivan koko totuutta altistumisen määrästä [31].

#### 3.4.2 Maaperässä

Maaperän puhdistustarpeen arvioinnissa käytetyt raja-arvot BaP-pitoisuuden osalta ovat kynnysarvo  $0,2 \text{ mg}/\text{kg}$ , alempi ohjearvo  $5 \text{ mg}/\text{kg}$  (e) ja ylempi ohjearvo  $15 \text{ mg}/\text{kg}$  (t), jossa (e) on ekologinen riski ja (t) terveydellinen riski. Muut tässä yhteydessä huomioitavat PAH-yhdisteet ovat antraseeni, bentso(a)antraseeni, bentso(k)fluoranteeni, fenantreeni, fluoranteeni ja naftaleeni, joille kaikille on kynnysarvona  $1 \text{ mg}/\text{kg}$  (e), ohjearvoina  $5 \text{ mg}/\text{kg}$  (alempi) ja  $15 \text{ mg}/\text{kg}$  (ylempi). Kaikki äsken mainitut yhdisteet ovat vain ekologisesti vaarallisia. [32]

Lisäksi on määritelty erikseen PAH-yhdisteiden summapitoisuus samoille yhdisteille, kuin PAH(16)-analyysissä. Kynnysarvona on  $15 \text{ mg}/\text{kg}$ , alempana ohjearvona  $30 \text{ mg}/\text{kg}$  ja ylempänä  $100 \text{ mg}/\text{kg}$ , eivätkä nämäkään pitoisuudet ole terveydelle vaarallisia, ainoastaan ympäristölle. Kynnysarvon ylittyessä yhden tai useamman aineen osal-

ta, on maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve arvioitava. Puhdistustarpeen arvioinnissa käytetään apuna ohjearvoja ja alueen käyttötarkoitusta [33]. [32]

### 3.4.3 Jätteissä

Purettu materiaali luokitellaan ongelmajätteeksi (nykyisin vaarallinen jäte), kun se sisältää PAH-yhdisteitä enemmän kuin 200 mg/kg, jolloin myös purkutyö tulee tehdä alipainistettuna ja työntekijöiden on käytettävä suojaimeja [34]. Vaarallisella jätteellä tarkoitetaan jätettä, jolla on palo- tai räjähdysvaarallinen, tartuntavaarallinen, muu terveydelle vaarallinen, ympäristölle vaarallinen tai muu vastaava ominaisuus (vaaraominaisuus). Vaarallisen jätteen pakkaus ja merkintä on pakollista, ja siitä on annettava tarpeelliset tiedot jätteiden käsittelyn jokaisessa vaiheessa. [35, 6 §]

### 3.4.4 Kaatopaikoilla

Kuten jo aiemmin on mainittu, kaatopaikkoja varten on laadittu monia lakeja ja asetuksia niiden toimintaa säätelemään ympäristön ja ihmisen suojelemiseksi. Erikseen on syytä mainita valtioneuvoston asetus kaatopaikoista, jonka tarkoitus on ohjata kaatopaikkojen suunnittelussa jätteiden sijoittamisesta niille siten, ettei niistä pitkänkään ajan kuluessa aiheudu vaaraa tai haittaa. [36]

Jätteestä on lisäksi annettava tiedot (mistä peräisin ja millaista), ja vaarallisesta jätteestä jätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen liitteen 3 mukaiset pääasialliset vaaraominaisuudet. Tämän lisäksi jäte on testattava perusmäärittelyssä edellytettyjen tietojen hankkimiseksi jätteen koostumuksesta ja liukoisuusominaisuuksista. [36]

ELY-keskus (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) myöntää ympäristöluvan ja ohjaa kaatopaikkojen toimintaa omalla toimialueellaan, ja se on Suomen Ympäristökeskuksen alainen [36]. Ämmässuon kaatopaikalla ympäristöluvan mukaiseksi raja-arvoksi osoittautui PAH-yhdisteiden summapitoisuuden raja-arvoksi 150 mg/kg (EPA 16), jolloin jätteitä on vielä mahdollista käyttää kaatopaikka- ja viimeistelyrakentamisessa. Tätä suuremman PAH-yhdistepitoisuuden sisältävät jätteet ovat vaarallista jätettä, jolloin ne on toimitettava ongelmajätelaitokselle. [19, s. 41.]

## 4 Vanhojen pinnoitteiden koostumus

Peltiä on käytetty vesikattojen tekoon Suomessa jo 1600-luvulta lähtien aluksi arvokennusten katoissa sen korkean hinnan takia. Mustaksi pelliksi kutsuttiin tavallista rautapeltiä, joka oli käsiteltävä ruostumisen estämiseksi. Käsittely tehtiin usein pellavaöljymaalilla pintapuolelta ja pelkällä vernissalla alapuolelta. Pigmenttinä käytettiin noki-mustaa eli kimröökkiä. Mustaa peltiä olevat katot on suositeltu siveltäväksi kattolakalla (tai öljymaalilla) 4-5 vuoden välein [37, s. 152]. [22]

1800-luvun puolen välin jälkeen peltikatot yleistyivät, ja samaa tahtia myös pinnoitteet kehittyivät. 1800-luvun loppupuolella tullessa oli siirrytty kivihilitervan käyttöön pinnoitteissa. 1920-luvulla sinkitty pelti tuli vallitsevaksi kattopelliksi, ja mustapelti jäi syrjään. Karkeahko pinta kuumasinkityllä pellillä toimi hyvänä maalaus-alustana öljymaalille. Tervapohjaisista tuotteista siirryttiin lähes kokonaan alkydimaalien käyttöön 1950-luvulla tullessa. [22]

Alun perin maalit valmistettiin kokonaan itse, kuten esimerkiksi keittämällä punamultamaalia. Hieman myöhemmässä vaiheessa ostettiin maalien raaka-aineet valmiina, mutta maalin valmisti edelleen maalari. Ammattitaitoinen maalari toki osasikin sekoittaa ainekset oikeassa suhteessa ja sai näin maalille haluamansa ominaisuudet aikaiseksi. Näistä seikoista johtuen on maalien ja muidenkin pinnoitteiden koostumuksissa ollut hyvin suurta vaihtelua.

Kuitenkin jo 1800-luvun lopulta asti säilyneiden värikarttojen perusteella on ollut ainakin E.C.Gernardilla tarjota valmiiksi sävytettyjä purkkivärejä asiakkailleen. Vanhoista värisuunnitelmista on nähtävissä peltien ja vesikourujen värien olleen usein hyvin tummia, lähes mustia. [38, s. 282, 284]

Tummien sävyjensä perusteella voidaan olettaa katoilla ja muissa peltiä olevissa koh-teissa käytettyjen maalien ja pinnoitteiden olleen mahdollisesti joko öljymaaleja, tervoja tai niin sanottuja kattolakkoja, jotka ovat kivihili-, bitumi- tai asfalttipohjaisia. Kattolakkoja on kutsuttu myös nimillä terva- tai asfalttilakka.

#### 4.1 Asbestin käyttö pinnoitteissa

Asbestin monet hyvät jo aiemmin mainitut ominaisuudet ovat olleet syynä sen käyttöön pinnoitemateriaaleissa. Se on toiminut hyvin tukirakenteena, paksuntimena (estää valumista), antanut pinnoitteelle lujuutta ja sitkeyttä sekä ollut suhteellisen halpaa pinnoitteen täyteaineena, että helposti saatavilla. [39]

Asbestin *kuiduttomista lajeista* on valmistettu tulenkestäviä värejä [25, s. 30]. Esimerkiksi Suomen Väri- ja vernissa tehdas Oy on vuonna 1898 saanut patentin tulenkestävien maalarivärien valmistamiseen, ja niitä mainostetaan yrityksen hintaluettelossa seuraavasti: *asbest- eli tulivärejä suojelukseksi tulenvaaraa vastaan* [40].

Myös Tikkurilan väritehtaan musta Teho Kattoväri on sisältänyt asbestia ainakin vuonna 1932, mutta ei kivihiilitervaa. Pinnoitteen käyttökohteita ovat olleet muun muassa rautalevy-, galvanoitu pelti-, betoni-, huopa-, lauta- ja pärekatot. [41, s. 4].

Asbesti–kiselguuri –sementtiä on käytetty tulenkestävien keveiden kattoliuskelaattojen (eterniittilaatat), permantojen (pyrofugont), keveiden kivien, seinärappausten, laastien, kittien, värien ja betonin valmistukseen. Suomessa asbestia on louhinut mm. Tuusniemen Paakkilassa Suomen Mineraali Oy. [42, s.56]

Lista joistakin tunnetuista kattojen kunnostuksessa käytetyistä asbestituotteista:

- ICO-bitumimaali
- K-90
- Katepal-kattopinnoite
- Katepal-suojaemulsio
- Keracold-kattoemulsio
- Laycold-kattoemulsio 2 (lujitettu)
- Laycold-säänsuoja 1
- Mercasol O79
- Sitko-bitumi

asbestipitoisuus näissä tuotteissa on vaihdellut välillä 6-20 % [7]. Lisää tuotteiden nimiä löydettävissä RT-kortista Haitta-ainetutkimus (Rakennustieto Oy:n kortisto).

## 4.2 PAH-yhdisteet pinnoitteissa

Kivihiili- tai kreosoottitervaa, joka sisältää monia PAH-yhdisteitä on käytetty hyvin laajasti peltikattojen pinnoituksissa, ns. kattolakoissa (myös nimellä asfaltti- tai tervalakka). Kattolakat on valmistettu preparoidusta kivihiilitervasta ja hartsista. Preparointi on suoritettu tislaamalla raaka terva niin hyvin, että jäljelle jää vain tervapiki. Hartseina on käytetty pihkaöljyä tai pellavaöljyä. [42, s. 183, 187].

Myös epoksitervan valmistuksessa on käytetty PAH-yhdisteitä, samoin joidenkin vinyyli-  
 limaalien valmistuksessa. [39]

### 4.2.1 Raaka kivihiili- ja ruskohiiliterva

1860-luvulla aloitettiin varsinainen kivihiilitervan teollinen tislauk, kun jatkotislaustuotteista oli keksitty käytännössä hyödyllisiä valmisteita kuten väriaineet ja lääkevalmisteet. Raakaa kivihiilitervaa on käytetty puurakenteiden suojaukseen, muurien kuivana pitämiseksi, kattohuopiin, puusementtiin ja moniin muihin tarkoituksiin [25, s. 211].

Ruskohiiliterva on ruskeaa tai lähes mustaa, kreosootin ja rikkivedyn hajuista ja sitä saadaan kuivatislaamalla ruskohiilestä. [21, s. 191]. Ruskohiilitervaa on käytetty kreosotiöljyn ja tervagoudronin valmistukseen [42, s. 183]. Raaka kivihiiliterva on ranskaksi *goudron de houille* ja toisaalta ruskohiilitervan öljytisleiden jäännöstä kutsutaan *goudroniksi* [25, s. 211]. Tästä johtuen on luultavaa nimien kohdalla tapahtuneen sekaannuksia ajan mittaan.

### 4.2.2 Kivi- ja ruskohiilitervan tislauustuotteet

Kivihiilitervaa tislattaessa syntynyttä pikeä on käytetty sideaineena vernissojen, lakkojen ym. valmistukseen [21, s. 136]. Ainakin E.C.Gernandt mainosti hintaluettelossaan 1907 *Mustaa peltivernissaa* joustavana metalliväriinä, *karbolineumia* puun lahonestoon ja kyllästysöljyä pärekatoille (*panteerattua pärekattoöljyä*). [43, s. 3-11]

Ha-Te-Ke Oy mainosti vuonna 1936 kivihiilitervaa, bitumia, goudronia sekä asfalttilakkaa kosteuseristystöihin ynnä muihin vastaaviin ja saman lähteen mukaan ovat asfalttilakat tavallista kivihiilitervaa, johon on sekoitettu vettä ja täyteainetta [44, s. 6 - 8]. Toi-



sen lähteen mukaan asfalttilakkaa saadaan ruskohiilitervasta saatua goudronia edelleen tislaamalla [21, s. 191].

Petroolilla ohennettu kivihiiliterva, tervaöljy, karbolineumi ja puuterva ovat olleet pääasiassa puun lahonsuojaukseen käytettyjä [37, s. 186]. Karbolineumi on kivihiilitervan ruskeanpunainen, öljymäinen tislaustuote, jota on käytetty puun kyllästys- eli impregnoimisaineena varsinkin ratapölkkyissä ja sähköpylväissä. Myös muita värillisiä tervaöljyjä on kutsuttu samalla nimellä ja käytetty samoihin tarkoituksiin. Öljyihin on liuotettu usein väriaineita tai pikeä, ja lisätty sinkki- ja elohopeasuoloja. Lisäämällä liuokseen runsaasti saippuavettä, sillä on torjuttu tuhohyönteisiä hedelmäpuista. [25, s. 178].

Kreosoottiöljyä saadaan varsinkin havupuiden (etenkin pyökin) sekä kivi- ja ruskohiilen tervaa tislaamalla. Näin saatu öljy on sakeaa, keltaisenruskeaa ja pahanhajuista. Sitä on käytetty puun kyllästämiseen ja nokimustan (eli kimröökkin) sekä desinfioimisaineiden valmistukseen. Se sisältää fenoleja, kreosotia ja guajakolia. Kreosoti on puolestaan väritön öljy, joka haisee pistävälle (savu) ja maultaan polttava. Se on pääasiassa guajagolin ja kreosolin seos, joka estää mätänemistä (puun kyllästys ja desinfiointi). Kresolia puolestaan on käytetty salisylihapon ja monien muiden lääkeaineiden valmistukseen. [25, s. 229].

Kattohuopien (mustat) valmistukseen on käytetty kivihiili- ja ruskohiilitervasta saatavaa tervagoudronia. Samaa tervagoudronia on myös käytetty siveltyä raudan pinnoittamiseen [42, s. 183]. Tervahuovat (toisinaan virheellisesti asfalttihuovaksi kutsuttu) vaativat vuosittaista sivelyä kattolakalla [1, s. 150]. Asfalttihuovat on kiinnitettävä toisiinsa asfalttilakalla ja valmis katto siveltyä kattohuopatervalla [45, s. 46].

Kivihiilitervaa on ollut käytössä hetken aikaa ainakin ensimmäisen maailmansodan jälkeen Trioliini nimisessä lattiapinnoitteessa yhdessä selluloosan kanssa [42, s.190].

#### 4.2.3 Tervavärit

Tervavärit ovat keinotekoisia orgaanisia väriaineita, joita saadaan raakaa kivihiiltä tislaamalla ja edelleen puhdistamalla saatuja jatko tuotteita kuten bentsolia, toluoliksiyolia, naftaliinia, antrasenia, fenoleita, kreosoleja, kinolinia ja karbatsolia. Bentsolistista saadaan anilinia (suuri väriaineryhmä), josta siis on lähtöisin nimitys aniliiniväreille, joka on

puolestaan ajan myötä siirtynyt kattamaan kaikkia tervavärejä tarkoittavaksi [21, s. 249].

Väriaineena tervavärit, eli ns. aniliinivärit ovat olleet vain vähäisessä määrin rakennusteollisuuden hyödynnettävissä, sillä ne eivät ole kestäneet vaadituissa käyttökohteissa eivätkä ole sopineet yhteen käytettyjen sideaineiden kanssa [42, s.194]. Niitä on kuitenkin käytetty petsien (*puun puretus- eli syövytysvärit*) valmistukseen [21, s. 151].

### 4.3 Puuterva

Puutervaa käytetään pääasiallisesti lahoamisen suojaamiseksi. Puutervaa on käytetty myös ruosteenestoon, mutta sen suojausvaikutus on pellavaöljyä huonompi [22]. Se muodostaa emulsion veden kanssa, ja huuhtoutuu siis sateen vaikutuksesta pois [46]. Ulkomaalauksissa käytettiin maalin valmistukseen pellavaöljyvernissan asemasta toisinaan myös mäntyöljyvernissaa [38, s. 185, 186]. Öljymaaleihin on luettu myös niin sanottu ”tervavärit”, joiden ohennusaineena on käytetty tervavalmisteita ja ne ovat pääasiassa ulkomaalaukseen käytettyjä [38, s. 185]. Tervan tislauksessa lopputuotteena syntynyttä pikeä on käytetty ennen rakennustöissä tiivistys- ja eristysaineena [42, s.184]. Nykyään puutervaa käytetään edelleen puunsuojaukseen ja tervamaalien valmistukseen. Tervamaalien käyttökohteita ovat edelleen puu-, metalli- ja betonialustat.

#### 4.3.1 Havupuuterva

Havupuusta saatua tervaa on käytetty etenkin puisien laivojen ja rakennusten, sekä köysien tervaamiseen. [21, s. 136, 249]. Havupuuterva sisältää paljon enemmän harsia (pihka) kuin lehtipuuterva ja myös ligniinipitoisuus, eli puun liima-aine, on huomattavasti suurempi. Havupuutervasta haihuttamalla saatua pikeä on käytetty laiva- ja suutaripikenä. Havupuutervan piki on paljon kalliimpaa kuin kivihillitervan [21, s. 136].

#### 4.3.2 Lehtipuuterva

Koivuterva eli tökötti on omituisenhajuista, tummanruskeaa ja jäykkäjuoksuista ja sitä saadaan koivun tuohesta kuivatislaamalla. Sitä on käytetty ennen pääasiassa nahkateollisuudessa. [25, s. 218]

#### 4.4 Pohjamaalit

Vanhoilla peltikatoilla käytetty usein pohjamaalina lyijymönjää, joka on ollut vuodesta 1993 käyttökiellossa lyijyn myrkyllisyyden vuoksi. Myös muut ruosteenestomaalit ovat sisältäneet lyijyä. Tikkurilan valmistama Lyijymönjä-panssariväri n:o 41 oli purkkitavarana myytävä ruosteenestopohjamaali, joka säilyi pitkään käyttökelpoisena sideaineena käytetyn standöljyn johdosta [47]. Pigmentit eivät sulaneet niin helposti, kuin tavallisessa vernissassa.

Aiemmin oli mönjämaalit valmistettu itse erikseen myydyistä vernissasta ja lyijypigmenteistä, eivätkä ne säilyneet käyttökelpoisina kovin kauan, vaan raskaat pigmentit laskeutuivat pohjalle. Mönjämaalaus tehtiin kahteen kertaan, ja toiseen sivelyyn käytettiin hieman vähemmän lyijypigmenttejä kuin ensimmäiseen. Samoin siihen lisättiin usein nokimustaa, jotta maalausvaiheessa oli nähtävissä selvästi, että pinta tuli kauttaaltaan käsitellyksi. Lyijymönjä oli maalattava pintamaalilla, sillä se ei itsessään kestä sään vaikutuksia kuten aurinkoa ja vettä. [48, s. 15-18]

Kauppanimillä lyijyvalkoiselle pigmentille ovat olleet mm. kremservalkoinen (arvokkaimpana pidetty), peittovalkoinen, ranskalainen, genualainen, hampurilainen, hollantilainen, kremnitsiläinen, tyrolilainen, venetsialainen, helmi-, lumi-, liuske- ja hopeavalkoinen. Lyijyvalkoinen mustuu rikin vaikutuksesta, josta syystä sitä ei juuri ole käytetty pintamaaleissa. Punaista ruosteenestomaalina käytettyä mönjämaalina on valmistettu kuumentamalla lyijyhohdetta useaan kertaan. [21, s. 34, 80]. Pellavaöljyyn sekoitettiin punaista lyijymönjää, mutta lyijypigmentin kalleuden vuoksi sitä korvaamaan otettiin käyttöön rautaoksidipigmenttejä [22].

## 5 Korjaustyöt

Purku- ja korjaustöitä varten on olemassa monia lakeja, asetuksia ja säädöksiä, esimerkiksi Valtioneuvoston päätös asbestitöistä vuodelta 1994, ja muutos vuodelta 2006, sekä Valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta vuodelta 2009. Lisäksi on monia standardeja koskien laitteita, suojaimia, menetelmiä ynnä muita. Tässä vaiheessa on kuitenkin aiheellista tutustua enemmän ohjeisiin, kuten Rakennustietosäätiön Ratu-kortteihin. Joitain ohjeistuksia on käsitelty jo aiemmin ainakin työturvallisuuden

kannalta raja-arvojen ja haitallisuuden osalta. Osaan perehdytään lisää työn myöhemässä vaiheessa.

Yleisenä ohjeena kattojen kunnossapidon yhteydessä voidaan pitää säännöllisiä tarkastuksia ja huoltotoimia, kuten puhdistus ynnä muut vuosittain suoritettavat toimenpiteet. Suositeltavaa on tehdä tarkastuksia säännöllisesti, jotta tarvittaviin huolto- ja korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä ajoissa. Näin toimittuna saadaan kustannukset pysymään maltillisella tasolla, ja käyttöikä pidennettyä. [49]

### 5.1 Korjaustyöt asbestipitoisille katoille

Mikäli katolla oleva pinnoite on hyväkuntoinen ja tartunta alustaan riittävä, voidaan uusi pinnoite tehdä vanhan päälle. Uuden ja vanhan pinnoitteen yhteensopivuudesta on ensin varmistuttava suorittamalla koemaalaus. Tämä vaihtoehto olisi helpoin tapa katon kunnostuksessa, ja sen avulla asbesti saataisiin sidotuksi uudelleen (ikään kuin kapseloimalla), jolloin sen leviäminen ympäristöön estyy. Ohjeita peltikaton maalaukseen tarkemmin ohjekortissa Ratu F41-0361.

Ennen maalaustyön aloitusta on kuitenkin laadittava asiakirjoja, joista mainittakoon ainakin maalaustyöselostus, josta selviää käytettävät materiaalit ja menetelmät, kerospaksuudet ynnä muut, sekä kuntoarvioraportti, josta selviää niin vauriot kuin mahdolliset haitalliset aineet. Maalaustyöselostus laaditaan MaalausRYLin mukaisesti (Maalaustyöselostusohjelma, jolla voidaan hakea maalauskesittely-yhdistelmiä). Todellisuudessa vain harvoin on tilanne niin suotuisa, että pelkällä uusintamaalauksella selvitään. Monesti on tehtävä ainakin joitain purku- ja korjaustoimenpiteitä, jotka kaikki osaltaan mutkistavat tilannetta. Edellä mainittujen lisäksi on asennettava suojakaiteet ja hankittava muut asianmukaiset (vaaditut ominaisuudet täyttävät) suojavarusteet. [50]

#### 5.1.1 Asbestipurku

Ennen purkutyön aloittamista on monia toimenpiteitä muun muassa turvallisuusasiakirjan laatiminen urakkaohjelman liitteeksi, josta on käytävä ilmi tiedot vaarallisista aineista, suojautuminen ja mahdollisesti suoritettavat työhygieeniset mittaukset. Lisäksi on teetettävä asbestikartoitus, josta selviää missä asbestia on, sen laatu ja määrä, pölyävyys ja kohteet on merkittävä. Kartoitusta on päivitettävä työn edetessä. Mikäli kartoit-

tusta ei tehdä, edellytetään purkutyöt tehtäväksi asbestityönä. Materiaalin asbestipitoisuuden ollessa yli 1 %:a, sitä käsitellään purkutyössä asbestimateriaalina [3]. [51]

Aloitusta ennen tehdään asbestipurkutyön työsuunnitelma, jossa on oltava kohteen yleistiedot, asbestikartoitus, työmenetelmä jolla poisto tehdään, sekä toimenpiteet työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi, että ympäristön turvallisuuden varmistus. Siinä ilmoitetaan käytettävät laitteet ja niiden ominaisuudet, sekä jätteenkäsittely. Purkusuunnitelma toimitetaan vähintään viikkoa ennen (7 vrk) aluehallintavirastoon (työsuojeluviranomaisille). Asbestipurku tehdään yleensä ennen muita purkutöitä ja alue on rauhoitettava muilta töiltä niiden ajaksi [51, 3]. Krokidoliittiasbestista on olemassa vielä erikseen tiukemmat ohjeet sen suuremman vaarallisuuden vuoksi [53].

On annettava tiedotus aloituksesta ja arvioidusta työn kestosta kaikille tahoille, joita purkutyö koskee. Lisäksi purkutyön tekijällä ja yrityksellä on oltava työsuojeluviranomaisten antama valtuutus [3], sekä asbestipurkajan pätevyyskortti (paitsi ulkona tehtävässä työssä, jossa levyt poistetaan kokonaisina, jolloin pölyämistä ei juuri tapahdu). [51]

### 5.1.2 Suojaus

Asbestitoissa on kiinnitettävä erityistä huomiota niin ihmisten kuin ympäristön huolelliseen suojaukseen asbestin haittavaikutusten estämiseksi. Asbestipölyn syntyminen ja sen leviäminen on pyrittävä pitämään mahdollisimman vähäisenä. Myös henkilökohtaisten suojainten ja käytettävien laitteiden valintakriteerit on täytettävä, esimerkiksi CE-merkinnät (Conformité Européenne, tuotteilta vaadittu valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat EU:n direktiivin vaatimukset) ja HEPA H13-suodatin (tällaisen suodattimen erotusaste on vähintään 99,97 % yli 0,3 µm hiukkasille). Purkutöissä on käytettävä erityisiä kertakäyttöisiä suojavaatteita, joita on oltava viidet työpäivää ja tekijää kohden. Hengityssuojaimen valintaan vaikuttaa työn kesto ja ympäristöolosuhde. Koska tässä työssä keskitytään ulkona tehtävään työhön, on mahdollista käyttää hengityksensuojaimena puolinaamaria ilman puhallinta, mutta suodattimen on oltava P3-luokkaa (tehokkaimmalla hiukkassuodattimella varustettu). [5]

Suojauksesta on oma ohjekortti Ratu 84-0386, josta saa lisää yksityiskohtaisempaa tietoa. Myös pölyntorjuntaan on olemassa oma korttinsa Ratu 1225-S, jossa hyviä ohjeita jo suunnitteluvaiheeseen ja siitä löytyvät hyvin myös velvoittavat lait ja asetukset.

Työterveyskeskuksen asbestipurkutyön tietopaketista Toimiva asbestipurku [1] löytyy erinomaisia ohjeita ja kuvia. Kaikkien näiden lisäksi on otettava huomioon vielä paikalliset ympäristönsuojelumääräykset.

### 5.1.3 Menetelmät

Asbestipurkuun on monia eri menetelmiä, kuten osastointi, pussipurku, kohdepoisto, kokonaisen rakennuksen purku, tuotteiden irrottaminen ehjänä, upotusmenetelmä ja asbestia sisältävän julkisivumaalin ja -pinnoitteen poistaminen märkähiekkapuhaltamalla, piikkaamalla tai käyttämällä maalinpoistoaineita. Tässä työssä tutustutaan tarkemmin ulkotiloissa käytettäviin viimeksi mainittuihin menetelmiin. [51, s.3]

Tuotteiden irrottaminen ehjänä tehdään siten, että ennen purkutyötä imuroidaan kohde ja sen ympäristö (HEPA-suodattimella varustettu imuri). Tämän jälkeen poistettava tuote kostutetaan vedellä, johon on lisätty pintajännitystä alentavaa kostutus- tai pölynsidonta-ainetta pölyämisen vähentämiseksi. Kiinnikkeiden irrotus ja varsinainen purku pyritään tekemään vaurioittamalla asbestituotetta mahdollisimman vähän ja käyttämällä korkeapaineista kohdepoistoa. Irrotetut kappaleet pakataan jätesäkkeihin, säkit merkitään ja siirretään jätelavalle. Lopuksi alue imuroidaan pölyn leviämisen estämiseksi. [51, s.10]

Upotusmenetelmää käytetään pinnoitteen poistoon irrallisista kappaleista, jotka on poistettu kohteesta mahdollisimman ehjinä, suojattu ja käsitelty pölyämisen estämiseksi kuljetusten ajaksi. Kappaleet upotetaan johonkin pinnoitetta liuottavaan kylpyyn, jonka jälkeen ne voidaan toimittaa metallin keräykseen. [51, s.10]

Asbestia sisältävän julkisivumaalin ja -pinnoitteen poistaminen märkähiekkapuhaltamalla, piikkaamalla tai käyttämällä maalinpoistoaineita voidaan tehdä työsuojelupiirin antamin valtuuksin ilman ilmastollista eristämistä ja kohdepoistoa. (Tässä työssä piikkaus suljetaan pois käytettävistä vaihtoehdoista, sillä se ei ole sovelias menetelmä kattopeltien puhdistuksessa. Muutoinkin pinnoitteen poisto kohteessa tulee kysymykseen ainoastaan siinä tapauksessa, että pellit ovat riittävän hyväkuntoiset uudelleen käsiteltäväksi.) Käyttämällä märkähiekkapuhallusta tai maalinpoistoainetta poistomenetelmänä on ympäristö suojattava asbestipölyn leviämisen ehkäisemiseksi, ja poistotyössä syntynyt jäte, siis puhallushiekka mukaan lukien, kerättävä huolellisesti talteen

ja asbestijätteisiin. Missään vaiheessa ei saa harjata kuivunutta pintaa, vaan se on kasteltava pölyn kurissa pitämiseksi. Maalinpoistoainetta käytettäessä tehdään aina ensin koepoisto hyvän lopputuloksen varmistamiseksi. Molemmissa menetelmissä pinta pestään lopuksi painepesurilla. [51, s.11]

#### 5.1.4 Jätteiden käsittely

Yhteistä kaikilla menetelmillä tehdyille purkutöille jätteiden käsittelyn osalta on se, että ne on pakattava tiiviisti kestäviin pakkauksiin (säkit, tynnyrit ym.) niin, ettei haitallisia aineita pääse leviämään / pölyämään kuljetuksen aikana. Jäteasiat on merkittävä ”Asbestijätteitä. Pölyn hengittäminen vaarallista.” , jotta sekaannusta ei pääse tapahtumaan ja niitä osataan käsitellä tarpeellista varovaisuutta noudattaen. Myös välivarastot on merkittävä, ja ne on pidettävä erillään muusta jätteestä. Jätteet toimitetaan asbestipitoista jätettä vastaanottavalle kaatopaikalle, jonne on tehtävä ilmoitus erän määrästä etukäteen. Kuljetuksen ajaksi jätelava peitetään suojapeitteellä. Nämä kaikki ovat jätteen haltijan vastuulla olevia asioita. [17]

#### 5.1.5 Siivous

Imureiden on täytettävä asbestitöissä standardin SFS-EN 60335-2-69 H-merkintä vaatimukset, ja koneen kyljessä on oltava tästä kertova symboli ja teksti. Kaikki työssä käytetyt välineet on puhdistettava ja käytetyt suojavarusteet toimitettava asianmukaisesti kaatopaikalle. Kohdepoistomurit, pölynsuodattimet ja hengityksensuojaimet puhdistetaan ja huolletaan samoilla järjestelmillä kuin osastointimenetelmässä ennen niiden varastointia tai siirtoa seuraavaan työkohteeseen. [51].

## 5.2 Korjaustyöt PAH-yhdistepitoisille katoille

Ohjeistuksessa on hyvin paljon yhteneväisyyksiä asbestitöiden kanssa. Suurimpana erona voidaan kuitenkin pitää tässä kohtaa haittavaikutuksien olevan laajemmat kuin asbestin kohdalla, sillä altistuminen haitallisille PAH-yhdisteille voi tapahtua myös ihon välityksellä. Nyt siis korostuu suojavarusteiden käyttö huomattavasti enemmän. Hengityssuojaimen on oltava moottoroitu, koko kasvot peittävä, HEPA- ja aktiivihiilisuodattimilla varustettu.

Aivan kuten asbestipitoisen peltikattopinnoitteen kohdalla tuli todetuksi, olisi ihanteellisin tilanne katon uudelleen maalaus vanhan pinnoitteen päälle. Valitettavasti näin ei kuitenkaan ole aina mahdollista tehdä, vaan korjaustoimenpiteisiin on ryhdyttävä järeämmin ottein.

### 5.2.1 Purkutyöt

Purkutöistä on tehtävä purkutyösuunnitelma, jota ennen on jo tehty haitta-ainekartoitus ja jätteiden käsittelysuunnitelma. Lisäksi on laadittava työmaan aluesuunnitelma, josta selviää jokaiseen rakentamisvaiheeseen liittyvät oleelliset seikat, kuten kulkutiet ja ajoväylät, työmaatilat, varastot ynnä muut. Työmaasuunnitelmaa varten on oma Ratuohjekortti C2-0299. Varsinaisessa purkutyösuunnitelmassa on esitettävä purkutapa rakenteittain. [34]

Vaarallisten aineiden kohdalla purkutyösuunnitelman merkitys korostuu entisestään. Suunnitelman tarkoitus on aina saada työ sujumaan mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti, jolloin eri vaiheet on järjestettävä. Haitallisia aineita sisältävien kohteiden purku tehdään usein ensin, mutta ellei se ole mahdollista, on kohde aina merkittävä huolella, jottei sitä pureta normaalien purkutöiden kanssa. Turvallisuusasiakirjassa on oltava merkintä haitallisista aineista. Asukkaita, myös kohteen läheisyydessä olevia, on tiedotettava ennen purkutyön aloitusta. Heille tulee antaa turvalliset kulkuohjeet ja kertoa aikataulu. Myös työn lopetuksesta on tiedotettava. [34; 53]

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi työntekijöiden perehdytys ja opastus on äärimmäisen tärkeää, jotta heidän oman henkilökohtaisen suojautumisensa ja turvallisuutensa lisäksi kyetään turvaamaan myös ympäristö, ja vaarallisten aineiden kulkeutumisen mahdollisuus ympäristöön pysymään mahdollisimman vähäisenä. Tämän vuoksi on järjestettävä työntekijöille sulkuhuone vaatteiden vaihtoa ja peseytymistä varten aivan kuten osastointimenetelmässäkin. Sulkuutilaa käytetään aina kohteeseen mennessä ja sieltä poistuttaessa. Työvaatteissa ei liikuta kohteen ulkopuolella, jolloin sulkutilan tulisi sijaita työkohteen välittömässä läheisyydessä. [34]

Pääasiallinen purkumenetelmä on osastointimenetelmä alipaineistuksella ja poistoilman puhdistuksella. Koska tässä työssä keskitytään ulkona oleviin kohteisiin, voidaan purkutyö kuitenkin suorittaa ilman varsinaista osastointia. Sen sijaan ympäristön suojaus-



sen tärkeys korostuu, sillä mahdollisesti ilmaan leviävän pölyn kulkeutuminen sisätiloihin on estettävä ikkunat, ovet ja ilmastointikanavat suojaamalla ja teippaamalla. Suojausohjeita tarkemmin erilaiset kohteet huomioiden ohjekortissa Ratu 84-0386. [34]

Pääsy purkutyökohteeseen on estettävä ja mahdolliset lisäsuojaukset tehtävä piha-alueen kasveille ja leikkivälineille. Mikäli mahdollista, ajoitetaan työ siten, että lähistöllä on mahdollisimman vähän liikettä tai käyttäjiä paikalla. Näiden lisäksi kohteeseen järjestetään matalapaineinen kohdepoisto, joka varustetaan HEPA-suodattimilla pölyn poistoa ja aktiivihilisuodattimella kaasujen poistoa varten. Työ pyrittävä suorittamaan siten, että pölyä syntyisi mahdollisimman vähän. Pölynsidonta-aineen käyttö on suositeltavaa, tai kohteen kostutus vedellä mahdollisuuksien mukaan. [34]

Työssä käytettävien laitteiden ja suojavaarusteiden on oltava CE hyväksytyttä. Vähimmäisvaatimus suojavaarustuksesta on kertakäyttöinen haalari, silmien, kasvojen ja hengityksen suojain, eli käytännössä kokonaamari tai kasvot suojaava moottoroitu hengityksensuojain, kumikäsineet (butyylikumi) ja sileät saappaat. Hengityssuojaimen on oltava varustettu P3/A2-luokan suodattimella (tehokkain yhdistelmäsuojain pölyn ja kaasun suodatukseen). [34; 5]

### 5.2.2 Pinnoitteen poisto

Peltien (ja alusrakenteen) ollessa riittävän hyväkuntoisia, on mahdollista tehdä vanhan pinnoitteen poisto, jolloin hyvä tartunta saadaan varmistetuksi uudelle pinnoitteelle. Pinnoitteen poistoon voidaan käyttää maalinpoistoainetta, jolloin saadaan pölyäminen estetyksi pinnan pysyessä märkänä. Pehmennyt pinnoite kaavitaan tarkoin tiiviisti suljettaviin ja kestäviin jäteastioihin. Lopuksi tehdään huuhtelu ja huuhteluveden keruu talteen. Myös huuhteluun käytetty vesi kuuluu vaarallisiin jätteisiin. Työvälineet huuhtellaan vedellä puhtaiksi.

Työssä on käytettävä sopivaa suojavaarustusta, käsineitä ja hengityssuojainta, mielellään kasvosuojalla varustettua, tai erillisiä suojalaseja. Vaarallisten aineiden leviäminen ympäristöön on estettävä, ja työ tulee suorittaa erityistä huolellisuutta noudattaen jokaisessa vaiheessa. Työn jälkeen on suojavaatteet hävitettävä asianmukaisesti, eli pakat-

tava jättesäkkeihin, pakkaus merkittävä ja toimitettava vaarallisille jätteille tarkoitettuun säiliöön. [34]

Märkä ja maalinpoistoaineessa oleva kattopinta on hyvin liukas, jolloin liukastumisriski on suuri. Muutenkin maalinpoistoainetta käytettäessä suojautuminen on tärkeää, mutta vaarallisia aineita sisältävää pinnoitetta poistettaessa on syytä noudattaa vielä suurempaa varovaisuutta, jotta suojavälineet eivät vaurioidu ja altistusta näille aineille pääse tapahtumaan.

### 5.2.3 Jätteiden käsittely

Vaaralliselle jätteelle on oltava oma säilytys ja välivarasto, joka on merkittävä sekaantumisen välttämiseksi. Kuljetusväylät tulee olla suunniteltu niin, että jätteen kuljetus onnistuu turvallisesti. Jäteastioiden oltava kestäviä ja tiiviitä, ja ne on merkittävä varoituksin. [53]

Vaarallisen jätteen kuljetuksesta on laadittava siirtoasiakirja ja ilmoitus ongelmajätelaitokselle etukäteen. Jätteet kuljetetaan työpäivän päätteeksi joko ongelmajätelaitokselle tai kaatopaikalle PAH-yhdistepitoisuuden mukaan. On muistettava, että osa PAH-yhdisteistä on haihtuvia, ja ne läpäisevät muoveja, joten niiden pidempiaikainen varastointi varsinkaan sisätiloissa ei ole sallittua. [34]

## 6 Jätteet

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavassa toiminnassa on noudatettava jätelain (646/2011) 2 luvussa säädettyjä yleisiä velvollisuuksia ja periaatteita [35]. Kaatopaikkoja koskevia säädöksiä on käsitelty jo aiemmin tässä työssä, joten nyt keskitytään ainoastaan jätteistä aiheutuviin kustannuksiin.

### 6.1 Vaarallisten jätteiden hintavertailu

Jätteiden hintavertailu on tehty pelkän jätteen määrän mukaan, eikä esimerkiksi kuljetuskustannuksia ole huomioitu näissä laskelmissa. Peltien painon arviointiin käytettiin

pohjana Ruukin ilmoittamia peltien painoja neliometriä kohtia ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) joista laskelmiin valittiin painavin peltilaatu Classic C ja D (Taulukko 2.) [54]. Painavamman pellin valinta perustellaan oletukseen aiemmin valmistettujen peltien olleen vahvempia (paksumpia) ja pinnoituskerrosten tuovan niihin vielä oman lisänsä.

Taulukko 2. Peltien painot [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ].

Ainevahvuus 0,60 mm	Classic C : <b>6,16 <math>\text{kg}/\text{m}^2</math></b>	Classic D: <b>6,16 <math>\text{kg}/\text{m}^2</math></b>	
Ainevahvuus 0,50 mm	Finnera : 5,2 $\text{kg}/\text{m}^2$	Elite: 4,98 $\text{kg}/\text{m}^2$	Tiilikainen: 4,65 $\text{kg}/\text{m}^2$

Kattojen pinta-alat vaihtelevat kohteen mukaan suuresti, joten tässä työssä on valittu hintaesimerkin laskutavaksi kustannukset 100  $\text{m}^2$  kohden.

Peltiromun paino:  $100 \text{ m}^2 * 6,16 \text{ kg}/\text{m}^2 = \underline{616 \text{ kg}}$

PAH-jätteen hinta Sorttiasemalla: 1,66 €/kg [56]

PAH-jätteen hinta Ekokemillä: 1,13 €/kg + alv. [57]

Hinta Sorttiasemalla PAH-jätteelle:  $616 \text{ kg} * 1,66 \text{ €/kg} = \mathbf{1022,56 \text{ €}}$

Ekokemillä  $616 \text{ kg} * 1,13 \text{ €/kg} = \mathbf{696,08\text{€}}$

### 6.1.1 Kaatopaikat

Esimerkkinä Kivikon sorttiasema ottaa yrityksiltä vaarallista jätettä vastaan maksimissaan 800 kg hintaan 1,66 €/kg. Asbestia puolestaan otetaan vastaan pieniä erinä Ämmässuon kaatopaikalle hintaan 10 €/alkava 100 litraa. Suuremmat asbestierät on toimitettava Raision Isosuolle hintaan 145 €/tn. [55]

### 6.1.2 Ekokem

Ekokemin nettisivujen perusteella ei löytynyt hintatietoja vaarallisille jätteille, joten asiasta tehtiin tiedusteluja puhelimitse. Vaarallisen jätteen kustannukset syntyvät täysin tapauskohtaisesti, josta syystä hintatiedot eivät ole esillä missään. Kustannuksiin vai-

kuttavia seikkoja ovat mm. jätteen laatu (analyysituloksien mukaan), punnitus, mahdollinen pilkonta, kuljetus ja jätteen hävittämiseksi tarvittava käsittely, joka siis määräytyy jätteen laadun mukaan. Jäte-erän vienti Ekokemille tulee ilmoittaa ja sopia etukäteen. Karkea kustannusarvio oli korkealämpötilapoltosta n. 1,13 €/kg + alv. Lisäksi hinnat vaihtelevat vuoden / kuukauden, jopa viikon mukaan [57]. Myös mahdollisessa teollisesti suoritettussa pinnoitteen poistossa syntyvien jätteiden kohdalla on tilanne sama kuin peltien kanssa.

### 6.1.3 Romuliike

Sattumanvaraisesti valitun romuliikkeen puhelimitse antamien tietojen perusteella peltiromun hinta vaihtelee suuresti kuukausikohtaisesti, mutta karkea arvio oli n. 120 – 140€/tn. Vaarallista jätettä tämä liike ei ota vastaan lainkaan. [57]

### 6.1.4 Hintavertailun tulokset

Hintavertailun osalta tuloksia ei voida pitää kovin merkittävänä, sillä todellisuudessa kattopeltien kohdalla ainoaksi vaihtoehdoksi jää PAH-yhdistepitoisten jätteiden kohdalla ongelmajätelaitos PAH-yhdistepitoisuuden ylittäessä kaatopaikan raja-arvon. Ainoastaan hyvin pienissä kohteissa katon pinta-ala (paino korkeintaan 800 kg) jää niin pieneksi, että Sorttiaseman käyttö tulee kyseeseen.

Asbestipitoisen jätteen kohdalla vaihtoehtoja ovat kaatopaikat jäte-erän koosta riippuen. Ongelmajätelaitokselle pelkästään asbestipitoista peltiä tuskin kannattaa viedä.

## 6.2 PAH-yhdisteiden eliminointi

Tutkimustyötä on tehty PAH-yhdisteiden eliminoimiseksi ainakin Suomessa valkolahosientä apuna käyttäen. Tällä menetelmällä on saatu alustavasti hyviä tutkimustuloksia, joissa jopa 96 % monirenkaisista PAH-yhdisteistä saatiin hajoamaan. Tutkimuksia jatketaan edelleen sienien ympäristösovellusten parissa Helsingin Yliopistossa [58].

Ongelmajätelaitoksella PAH-yhdisteet hävitetään korkealämpötilapoltolla (yli 1 000 °C), joka on kallis menetelmä [56].

## 7 Korvaavat materiaalit

Tässä työn vaiheessa käsitellään tekijän omien etsintöjen perusteella ehdotuksia nykyaikaisiksi korvaaviksi pinnoitemateriaaleiksi peltikatoille tuoteryhmittäin joitakin esimerkkejä mainiten. Sitä ennen käsitellään vielä sinkityksen merkitystä ja pelkän sinkkipinnoitteen käyttäytymistä käyttöympäristössään.

### 7.1 Sinkityt kattopellit

Nykyisin kattopellit ovat pääosin sinkittyjä ja hyvin usein ne ovat myös pinnoitettu jo tehtaalla valmiiksi. Mikäli peltejä ei ole valmiiksi pinnoitettu, ne tulee käsitellä katolle asennettuina 1-3 vuoden kuluttua rasitusolosuhdeluokasta riippuen. Ulkoilmassa sinkki passivoituu, jolloin muodostuu sinkkioksidi/sinkkikarbonaattikerros ( $ZnO/ZnCO_3$ ), joka parantaa pinnoitteen tartuntaa [59, s. 24]. Vaikka esimerkiksi kuumasinkityksellä saavutetaankin jopa 20 vuoden korroosiosuoja, sen kestoikä kasvaa yli kaksinkertaiseksi niin sanotulla Duplex-käsittelyllä. Duplex-käsittelyllä tarkoitetaan sinkki- ja maalikerroksen yhdistelmää, jossa sinkki suojaa maalikerrosta ja maali vastaavasti sinkkikerrosta. [60.]

Pelkkä sinkkipinnoite suojaa alustaa sulkuvaikutuksen avulla, mutta se antaa lisäksi hyvän katodisen suojan alusmateriaalille, jolloin tuotteen pinnan vaurioituessa sinkki hapettuu (uhrautuu) ja syntyvä sinkkioksidikerros ( $ZnO$ ), eli korroosiotuotteet, täyttää halkeamat ja suojavaikutus jatkuu.

Rasitusolosuhdeluokasta riippuen sinkki kuitenkin kuluu liukenemalla hapettumisen vaikutuksesta hitaammin tai nopeammin pois. Liukeneminen johtuu ilman epäpuhtauksien määrästä, joista merkittävimmät ovat hapen ( $O_2$ ), veden ( $H_2O$ ) ja hiilidioksidin ( $CO_2$ ) lisäksi rikkiyhdisteistä rikkidioksidi ( $SO_2$ ), joiden vaikutuksesta syntyy vesiliukoisia yhdisteitä, kuten sinkkisulfideja ( $ZnS$ ), -sulfaatteja ( $ZnSO_4$ ) ja -sulfiittia ( $ZnSO_3$ ), jotka huuhtoutuvat sateen mukana pois. Näin puhdas sinkkikerros on jälleen alttiina syövyttävillä yhdisteillä ja kierto jatkuu. Mielenkiintoisena seikkana mainittakoon meri-ilmaston magnesiumsuolapitoisuuden toimivan passivoivana aineena sinkkipinnalla ja näin hidastavan korroosionopeutta. [59]

## 7.2 Nykyaikaiset pinnoitteet

Vaihtoehtoisia nykyaikaisia pinnoitteita listattuna:

- alkydipohjaisia:
  - Kirjo (Teknos)
  - Panssari (Tikkurila)
- akrylaattipohjaisia:
  - Kirjo agua (Teknos)
  - Repcon (Tikkurila), vaatii pohjamaaliksi Rostex Superin
  - Isonit kattopinnoite (Composite Source Oy), vaatii alle Metal Primer WB-pohjusteen
  - Kilpi (Tikkurila); bitumimaalilla maalatuille peltikatoille
- pellavaöljypohjaisia:
  - Lin Grafiittimaali (Tikkurila)
  - Pellavaöljymaali (Gysingen)
- bitumipohjaisia:
  - Kerabit (Nordic Waterproofing Oy)
  - Kattopinnoite K-50 (Katepal Oy)
- bitumikermi:
  - Noxite (Icopal).

Käytettiinpä pinnoitteena mitä hyvänsä tuotetta, on kunnossapitovälin ja käyttöiän arvioinnissa aina muistettava niin olosuhdeluokan kuin sinkkikerroksen paksuuden vaikutus. Kunnostus tulisi aina tehdä ennen peltien ruostumisen alkamista. Äärimmäisen hankalissa olosuhteissa käyttöikä voi olla jopa alle kaksi vuotta.

## 8 Kokeellinen osuus

Kokeellisen osan tarkoituksena on tässä työssä perehtyä peltikatoilla käytettyjen pinnoitteiden haitallisten aineiden pitoisuuksiin, sekä testata pinnoitteen poistomenetelmänä maalinpoistoainetta.

## 8.1 Näytteen otto

Suomessa on lain mukaan tehtävä asbestikartoitus kaikille ennen vuotta 1990 rakennetuille taloille, joille suunnitellaan saneeraustyötä tai muuta vastaavaa. Rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta on paikallistettava asbesti, selvitettävä sen laatu, määrä ja pölyävyys, sekä huolehdittava siitä, että asbestikartoituksen tulokset kirjataan rakennustyön turvallisuusasiakirjaan. [13, 18 §.]

Insinööriä varten tekijälle tarjoutui pääsy osallistumaan näytteen ottoon Helsingissä syksyllä 7.10.2014, jossa pidettiin mahdollisena kyseisiä haitta-aineita sisältävän pinnoitteen käyttöä peltikatolla. Samalla tarjoutui mahdollisuus osallistua näytteen ottoon muiltakin tutkittaviksi halutuilta pinnoilta sekä sisällä, että ulkona. Tilaajana haitta-aineselvitykselle oli Helsingin kaupungin kiinteistövirasto.

Kohteena olevan peltikaton pinnoite osoittautui olevan kauttaaltaan erittäin huonossa kunnossa (Kuva 4). Pinnoite oli monin paikoin kokonaan irti alustasta ja se oli koostukseltaan hyvin haurasta, mikä on hyvin tyypillistä kivihiilitervasta valmistetuille pinnoitteille siitä ajan kuluessa poistuneiden haihtuvien yhdisteiden vuoksi.



Kuva 4. Tutkittavana olevan peltikaton pinnoitteen kunto.



Haitta-aineanalyysia varten oli näytteen määrä oltava vähintään 10 grammaa. Näytteen oli oltava mahdollisimman edustava, joten pinnoitetta irrotettiin useammasta kohdasta. Näytettä kerättäessä käytettiin asianmukaisia standardin SFS-EN 374-1 mukaisia kemikaalinsuojakäsineitä ja muita suojaimeja, kuten TM3P-luokan (korkein suojausluokka) puhaltimella ja kokonaamarilla varustettua suodatinsuojainta ja standardin SFS-EN ISO 13982-1/A1 mukaista tyyppi 5 suojavaatetta. [61, s.10.]

Pinnoitteen kaavinta onnistui erittäin helposti sen hyvin hauraan koostumuksen vuoksi (Kuva 5). Näytteenotto-olosuhteet olivat erittäin suotuisat, ja hauraan pinnoitteen ei oletettu leviävän sanottavasti ympäristöön irrotustyön aikana varsin tuulettomassa säässä.



Kuva 5. Kattopellin pinnasta irti kaavittua pinnoitetta.

Näyte irrotettiin alustasta puhtaan kaapimen avulla (Kuva 6) ja kerättiin muovipussiin (Minigrip). Pussi merkittiin ja suljettiin huolellisesti, jotta sen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet eivät pääsisi kulkeutumaan ympäristöön ja ihmisiin. Kaikki samasta kohteesta otetut näytteet pidettiin yhdessä omissa pusseissaan, jotta niiden sekaantuminen muiden kohteiden näytteisiin estettiin. Näytteet toimitettiin Vahanen Oy:n laboratoriopalveluyksikköön asbestianalyysiin ja sieltä edelleen toiseen laboratorioon PAH(16)-analyysiin. Työn jälkeen näytteenottovälineet puhdistettiin ja käsineet hävitettiin asianmukaisesti, jotta kontaminaatiota ei tapahtuisi.





Kuva 6. Pinnoitteen poistoon käytetty kaavin ja pussi näytettä varten.

Erilaisia materiaaleja ja kohteita varten ovat hyvät ohjeet näytteen ottoon RT-kortissa Haitta-ainetutkimus.

## 8.2 Aiemmat tutkimuskohteet

Esimerkkitapauksina olevien kuuden aiemman tutkimuskohteiden näytteet ovat olleet analysoitavina vuosien 2008–2011 välillä. Kohteiden rakennusvuodet olivat 1887, 1890, 1900, 1914, 1920 ja 1961. Kaikista kohteista on otettu useita näytteitä niin sisä- kuin ulkotiloista, ja niille kaikille on tehty asbesti- ja PAH(16)-analyysi ja raskasmetalleista ainakin lyijy. Muutamassa kohteessa oli raskasmetallianalyysi tehty kokonaisuudessaan, jolloin analysoitiin arseeni (As), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), nikkeli (Ni), lyijy (Pb), vanadium (V), sinkki (Zn), antimoni (Sb) ja elohopea (Hg). Muita analysoitavia yhdisteitä ovat olleet monissa näissä kohteissa myös PCB (Polyklooratut bifenyylit.) ja kloorifenolit, ja joissain kohteissa on suoritettu lisäksi maaperätutkimukset. [62.]

Kolme tutkittavina olleista rakennuksista oli rapattuja massiivitiilitaloja vuosilta 1890, 1914 ja 1920. Vuoden 1900 rakennus oli punatiilinen ja vuoden 1961 rakennus oli betonirunkoinen ja tiiliverhoiltu. Ainakin vuoden 1890 rakennuksessa oli tehty saneerauk-

sia vuosina 1960 ja 1993. Kaikissa kohteissa oli peltikatto, joista uudemmissa kattopel-  
lit oli konesaumattu. Osa kohteista oli teollisuusrakennuksia ja ainakin yksi (vuoden  
1920) oli asunto-osakeyhtiö. [62.]

### 8.3 Analyysit

#### 8.3.1 Asbestianalyysi

Asbestianalyyseissä (kohde / näyte) selvitettiin asbestipitoisuudet ja –tyyppi joko pola-  
risaatiomikroskoopilla (PM) tai pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM). Polarisaatio-  
mikroskoopin toiminta perustuu näytteeseen lähetetyn valon aallonpituuden ( $\lambda$ ) muut-  
tumiseen ja säteen taittumiseen sekä heijastumiseen näytteen pinnalta (taajuus  $f$  ei  
muutu). Mikroskoopeissa käytetään yleisesti wolframilamppua ja vähintään kahta ko-  
koavaa linssiä, okulaaria ja objektiivia. Sillä saatu suurennos voi olla tuhat kertainen ja  
sen erotuskyky eli resoluutio on noin 200 nm, joten sillä on mahdollista havaita ainakin  
kookkaimmat asbestikuidut. [63]

Pyyhkäisyelektronimikroskoopin toiminta perustuu näytteen pommittamiseen elektro-  
neilla, jotka saadaan kumentamalla katodia (wolframi) ja kiihdytetään suuren jännit-  
teen avulla. Tarkasteltava kuva muodostuu heijastuneista elektroneista tai läheltä näyt-  
teen pintaa irronneista sekundääri elektroneista, jotka voidaan valita jännitteen avulla  
niiden energian perusteella. Näin saatu kuva on mustavalkoinen, joka syntyy kontras-  
tien muodostumisesta. Suurennus voi olla jopa miljoonakertainen ja resoluutio välillä 3-  
100 nm. Tällä menetelmällä on siis mahdollista havaita erittäin pienet partikkelit. [63.]

#### 8.3.2 PAH(16) –analyysi

Menetelmänä PAH(16) –analyysissä käytetään kaasukromatografiaa (GC) ja massa-  
spektrometriaa (MS). Kaasukromatografia perustuu haihtuvien yhdisteiden jakautumi-  
seen liikkuvan faasin, eli kantajakaasun ja paikallaan pysyvän faasin, eli stationäärifaa-  
sin (voi olla neste tai kiinteä) välille. Tutkittava näyte liuotetaan aluksi johonkin liuotti-  
meen ja syötetään injektioammioon, jossa se höyrystyy. Tämän jälkeen tutkittava  
kaasu kuljetetaan kantajakaasun avulla kolonnin läpi, johon stationäärifaasi on sidottu.  
Kantajakaasuna toimii jokin inertti (lähes reagoimaton) kaasu, joka on yleensä typpi,  
vety, helium tai argon. Kullakin kaasulla on sille ominainen nopeus, joka riippuu niiden

haihtuvuudesta ja vuorovaikutuksista stationäärifaasin kanssa. Kaasut kulkeutuvat detektorille, eli tunnistimelle, joka muodostaa piikin kromatogrammiin. Tunnistus tehdään kromatogrammilta retentioajan (kolonnin läpi virtaukseen kulunut aika) perusteella, joka on kullekin yhdisteelle ominainen. [64.]

Massaspektrometria puolestaan perustuu näytteen kaasufaasin tutkimiseen niin, että kaasua pommitetaan elektroneilla molekyyli-ionien aikaansaamiseksi, jolloin syntyvät ionit ovat hyvin ennakoitavissa. Näin saadut varatut hiukkaset kiihdytetään sähkökentän avulla ja ohjataan magneettikenttään, jossa niiden suunta muuttuu ja ne kulkeutuvat detektorin eri kohtiin massan ja varauksen mukaan. Hiukkasen ratakäyrän säde saadaan määritellyksi osumakohdan perusteella, josta voidaan laskea hiukkasen massa. Näin saadaan hyvin tarkkaa tietoa ionien määrästä ja massasta. Usein molemmat laitteet ovat liitetty toisiinsa, jolloin sekä kvalitatiivinen, että kvantitatiivinen analyysi on helposti suoritettavissa samanaikaisesti. [64.]

### 8.3.3 Raskasmetallianalyysi

Raskasmetallien määrittämiseen pinnoitteista on käytetty tähän työhön annettujen analyysien tuloksissa XRF-, ICP-AES-/ICP-OES- ja ICP-MS-analyysimenetelmiä. XRF ei ole lainsäädännön mukainen analyysimenetelmä, mutta sitä voidaan käyttää suuntaa-antavana menetelmänä.

XRF- eli röntgenfluoresenssimenetelmässä näytettä pommitetaan röntgensäteilyllä tai suurienergisillä elektroneilla, jolloin saadaan näyte lähettämään sille ominaista röntgensäteilyä. Kullakin alkuaineella on sille ominainen röntgensäteily, jonka perusteella on siis mahdollista tunnistaa alkuaine. Säteily syntyy energian vapautuessa elektronin siirtyessä ylemmältä kuorelta alemmalle kuorelle. Tässä menetelmässä näytteet voivat olla kiinteitä, nestemäisiä, puristeita tai jauheita. Analysointisyvyys vaihtelee näytteen koostumuksen ja käytetyn röntgensäteilyn määrän mukaan. Menetelmä on helppo ja nopea. Sillä kyetään tunnistamaan natriumia (Na) raskaammat alkuaineet ja pitoisuuksien määrittämiseen käytetään apuna tunnettuja kalibrointinäytteitä. [63.]

ICP-AES (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy) ja ICP-OES (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry) -menetelmällä tarkoitetaan induktiivisesti kytkettyä plasma-atomiemissiospektrometriaa. Plasma muodostuu osittain ionisoituneesta argon kaasusta (varautunut), joka virtaa radiotaajuuskentän läpi ja saa-

vuttaa jopa 10 000 °C:n lämpötilan. Analysoitava näyte viedään plasmaan aerosolinä, eli pieninä nestepisaroina. Näin korkeassa kuumuudessa alkavat alkuaineet lähettämään (emissio) valoa, joiden aallonpituudet ovat kullekin alkuaineelle ominaisia. Valo erotellaan hilan avulla eri aallonpituuksiin, joista on mahdollista määrittellä alkuaineet. Menetelmällä on mahdollista määrittellä jopa 40 alkuainetta kerralla ja sen havaitsemat pitoisuudet ovat noin  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ . [65; 67.]

ICP-MS –menetelmässä laitteeseen on liitetty massaspektrometri, jolloin tulokset alkuainepitoisuuksista saadaan samaan tapaan, kuten aiemmin PAH-yhdisteiden kohdalla mainittiin. Menetelmässä näyte hajotetaan kuningasveden (suola- ja typpihapon seos) avulla jonka jälkeen tehdään analyysit standardien mukaisesti [62].

#### 8.4 Analyysien tulokset

Tässä työn osassa on otettu taulukoihin mukaan myös joistain aiemmin tutkituista kohteista tehtyjen analyysien tuloksia.

##### 8.4.1 Asbestianalyysien tulokset

Analyysien tuloksia kattopinnoitteiden asbestipitoisuuden määrittämiseksi on listattuna alla olevaan taulukkoon (Taulukko 3). Näissä testeissä löytyi ainoastaan krysotiili- ja antofylliittiasbestia. Kohteita on ollut seitsemän yhteensä ja vinoviivalla erotetaan saman kohteen eri näytteiden tulokset, sillä yhdessä kohteessa on voinut olla useampia rakennuksia. Mikäli asbestikuidut eivät erotu tavallisella polarisaatiomikroskoopilla (PM), tehdään tarkastus vielä SEM:llä varmuuden vuoksi.

Taulukko 3. Asbestianalyysit.

Kohde	Peltikaton pinnoite	Asbestityyppi	Menetelmä
1	Teollisuusrak., rv. 1914	Krysotiili / -	PM
2	Koulurak., rv. 1900	Antofyllitti	PM
3	Huoltorak., rv. 1887	Krysotiili	PM
4	Pelastusrak., rv. 1961	Krysotiili / Krysotiili	PM
5	Kiinteistö Oy, rv. 1890	Krysotiili	PM
6	Asunto Oy, rv. 1920	-	SEM
7	Päiväkoti, rv.	Krysotiili	PM

## 8.4.2 PAH(16) –analyysien tulokset

PAH(16) –analyysien tulokset kerättiin taulukkoon (Taulukko 4). Tuloksista on korostettu haitallisimman bentsoapyreenin pitoisuudet, sekä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus niiltä osin, joissa ylittyy vaarallisen jätteen raja-arvo 200 mg/kg [67]. Vinoviivalla erotetaan saman kohteen eri näytteet kuten edellisessäkin taulukossa. Pitoisuudet on ilmoitettu mg/kg.

Taulukko 4. PAH(16)-analyysi.

Yhdiste	K 1 mg/kg	K 2 mg/kg	K 3 mg/kg	K 4 mg/kg	K 5 mg/kg	K 6 mg/kg	K 7 mg/kg
<b>naftaleeni</b>	<2 / <2	81	622	<5 / -	51	<5	2,18
<b>asenaftyleeni</b>	<2 / <2	400	949	<5 / -	46	<5	61
<b>asenafteeni</b>	<2 / <2	689	22	<5 / -	47	<5	5,54
<b>fluoreeni</b>	<2 / <2	1278	462	<5 / -	95	<5	5,44
<b>fenantreeni</b>	<2 / <2	31433	5298	<5 / -	630	<5	916
<b>antraseeni</b>	<2 / <2	583	1251	<5 / -	67	<5	110
<b>fluoranteeni</b>	<2 / <2	23489	5897	<5 / -	490	<5	1300
<b>pyreeni</b>	<2 / <2	13392	3727	<5 / -	330	<5	920
<b>Bent- so(a)antraseeni</b>	<2 / <2	773	900	<5 / -	120	<5	34,3
<b>kryseeni</b>	1 / 4,7	7096	1958	<5 / -	180	<5	125
<b>bent- so(b)fluoranteeni</b>	6,1/ 3,4	6055	1416	<5 / -	130	<5	639
<b>bent- so(k)fluoranteeni</b>	2 / <2	4211	1285	<5 / -	86	<5	280
<b>bentzo(a)pyreeni</b>	<b>2 / &lt;2</b>	<b>2905</b>	<b>1017</b>	<b>&lt;2 / -</b>	<b>110</b>	<b>&lt;2</b>	<b>339</b>
<b>indeno(1,2,3- cd)pyreeni</b>	2 / <2	4213	1218	<5 / -	91	<5	56,8
<b>diben- tso(a,h)antraseeni</b>	2 / <2	993	372	<5 / -	25	<5	355
<b>ben- tso(g,h,i)peryleeni</b>	2 / <2	2732	989	<5 / -	71	<5	350
<b>Total 16 PAH</b>	<b>7 / 8,2</b>	<b>100322</b>	<b>27384</b>	<b>&lt;30 / -</b>	<b>2600</b>	<b>&lt;30</b>	<b>5500</b>

Taulukosta on hyvin nähtävissä, että näiden näytteiden kohdalla ovat pitoisuudet hyvin suuret, ja vaarallisen jätteen raja-arvo ylittyy selvästi.

#### 8.4.3 Raskasmetallianalyysien tulokset

Raskasmetallianalyysien tulokset on otettu tähän työhön mukaan, sillä niiden voidaan lyijyn ja sinkin osalta katsoa kuuluvan melko olennaisesti osaksi työn aihepiiriä. Lyijy käyttö korroosionestopigmenttinä kiellettiin 1993 (ulkokäyttö) valtioneuvoston päätöksellä (1154/93), jonka mukaan työhygieeninen raja-arvo lyijylle on 0,05 mg/m<sup>3</sup> ja HTP -arvo (8h) 0,1 mg/m<sup>3</sup> [68]. Vastaavasti jätteissä lyijypitoisuuden ylittäessä 1 500 mg/kg, se luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi [69]. Analyysimenetelmänä on käytetty ICP-AES –menetelmää [62].

Sinkille vastaavia arvoja ei ole määritelty. Sinkki ei kuulu raskasmetalleihin, vaan siirtymämetalleihin, mutta se on ympäristölle vaarallinen. Jäteissä sinkkipitoisuuden raja-arvo on 2 500 mg/kg, jonka jälkeen se luokitellaan vaaralliseksi [70, s. 5]. Muutamille sinkkiyhdisteille (sinkkikloridi, sinkkioksidi ja sinkkistearaatti) löytyy HTP –arvot [71, s. 94]. Analyysien tulokset ovat kirjattuna vain lyijyn (Pb) ja sinkin (Zn) osalta menetelmiä erittelemättä (Taulukko 5). Tyhjä tarkoittaa, ettei analyysia ole tehty.

Taulukko 5. Kattopinnoitteiden lyijy ja sinkkipitoisuudet.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Lyijy			1728	41290 / 21410	-	4 / 1197 / -	
Sinkki			227	6515	-	38700/ 38600/ 81700	

## 8.5 Tuloksien tarkastelu

### 8.5.1 Asbestianalyysien tuloksien tarkastelu

Tuloksista on nähtävissä kyseisten pinnoitteiden sisältäneen viidessä näytteessä krysotiiliasbestia ja yhdessä antofylliitti-asbestia. Tulosten tarkastelussa on otettava huomioon, että pitoisuudet ovat vain suuntaa antavia, sillä ne voivat vaihdella jonkin verran riippuen näytteen edustavuudesta, eli näytteen otossa toimitusta menettelystä (onko otettu vain yhdeltä kohtaa, vai useammasta jolloin näyte on edustavampi ja siten luotettavampi). Edustavuudelle ei kuitenkaan tässä tapauksessa katsota suurta painoarvoa, sillä tulokseksi riittää se, että näyte sisältää asbestia.

### 8.5.2 PAH(16) –analyysin tuloksien tarkastelu

PAH(16) –analyysien tuloksista on helposti nähtävissä pinnoitteiden sisältämät korkeat kokonaispitoisuudet, sekä erittäin korkeat lukemat myös Bap-pitoisuuksien kohdalla samoissa neljässä kohteessa. Tämänkin analyysin tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava näytteen edustavuus ja sen vaikutus tuloksiin, vaikka sillä ei tämän analyysin kohdalla olekaan suurta merkitystä. Edelleen tulokseksi riittää näytteen PAH-yhdistepitoisuusrajan ylittyminen, jolloin kyseessä on vaarallista ainetta sisältävä kohde, joka edellyttää erityistoimenpiteitä korjaus- ja purkutöiden sekä jätteiden käsittelyn osalta.

### 8.5.3 Raskasmetallianalyysin tuloksien tarkastelu

XRF-analytiikka on tässä tutkimuksessa mukana vain näytteen sisältämien metallien osalta suuntaa näyttävänä, sillä se ei ole oikea ja eksakti analyysimenetelmä metallien tutkimiseen. Tälle analyysille ei siis lasketa kovin suurta painoarvoa tässä työssä. Osassa näytteistä analyysi oli tehty ICP-AES-/ICP-OES- ja ICP-MS-analyysimenetelmiä käyttäen, joten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään. Jälleen riittänee, että nykyisin vaarallisten aineiden osalta pitoisuusraja ylittyy. [62.]

Tässä analyysissä näytteen edustavuudelle on asetettava suurempi merkitys kuin edellisissä. Edustavuuden vaikutus huomioidaan siis tämän analyysin kohdalla siten, että

näytteen otossa pinnoitekerroksia tulee poistettua helposti (todennäköisesti) useita samalla kertaa. Tällöin edellisten pinnoitekerrosten sisältämien aineiden osuus vaikuttaa suuresti tulokseen (eli otetaan kokonaisuus huomioon) ja edellisissä käsittelykerroksissa voi olla suuriakin vaihteluita näytteenottokohdasta riippuen.

XRF tutkimusmuoto ei niinkään anna tulosta PAH-yhdisteiden osalta, varsinkin vedyn (H) jäädessä sen tuloksista pois. Tämä tutkimusmuoto sopii paremmin tutkittaessa pinnoitteiden sisältämien muiden aineiden, kuten raskasmetallien selvitykseen.

Analyysien tulosten suuren lyijypitoisuuden perusteella voidaan olettaa peltikatolla käytetyn pohjusteena lyijymönjää (tai jotain muuta vastaavaa). Tulos tukee aiempaa visuaalista (silmämääräistä) havaintoa, joka tehtiin näytettä otettaessa. Tämä myös osoittaa sen, että näytteen otossa olisi pyrittävä poistamaan mahdollisimman vähän alempia kerroksia.

Rautapitoisuuden voidaan olettaa sen viittaavan itse alustasta irronneeseen metalliin, korroosiotuotteisiin sekä rautaoksidipigmentteihin, joita on paljon käytetty ruosteestopigmentteinä.

Sinkin osuus tuloksista selittyy osittain sillä, että pellit ovat joko olleet sinkittyjä ennen niiden maalausta tai maaleissa käytetyistä sinkkipigmenteistä, joita on ollut käytössä paljon varsinkin vaaleissa maaleissa.

## 8.6 Koekappaleiden pinnoitus bitumituotteella

Koska vanhojen käyttökohteista poistettujen haitta-aineita sisältävien peltien kohdalla tehtäviä pinnoitteen poistokokeita ei ollut mahdollista suorittaa koulun tiloissa, oli koekappaleet valmistettava itse. Tässä työssä valittiin pinnoitemateriaaliksi Nordic Waterproofing Oy:n Kerabit bitumipinnoite. Kyseiseen pinnoitteen valintaan vaikuttivat erityisesti työn aiemmassa vaiheessa tehdyt tiedustelut kivihiilitervajohdannaisten pinnoitteiden historiasta, ja niihin saadut ystävälliset vastaukset, sekä yrityksen pitkä historia kattopinnoitteiden saralta.



### 8.6.1 Esikäsitteilyt

Sinkitystä ohutlevystä pilkottiin sopivia koepaloja pinnoitustyötä varten. Koekappaleita oli kahta kokoluokkaa eri poistomenetelmää varten. Suuremmille kappaleille (15 x 20 cm) poistomenetelmän oli tarkoitus havainnollistaa kohteessa tehtävää pinnoitteen poistoa, ja pienemmille (10 x15 cm) tehdyn menetelmän vastaavan irrallisen tuotteen puhdistusta upotusmenetelmällä.

Ennen varsinaista pinnoitustyön aloitusta on koekappaleiksi valitut kuumasinkityt ohutlevyn kappaleet pestävä ammoniakkia sisältävällä pesuaineella [60]. Tässä työssä käytettiin Tikkurila Oy:n Peltipesu -ainetta rasvan, suolojen, valkohomeen ja muiden epäpuhtauksien poistamiseksi. Pesun jälkeen koekappaleet huuhdeltiin huolellisesti ja jätettiin kuivumaan. Tämän jälkeen pintaa ei erikseen karhennettu paremman tartunnan aikaansaamiseksi, sillä niin ei tehdä yleensä kattopeltien kohdalla. Hionta ei ollut tarpeen valkohomeen poistomenetelmänäkään.

### 8.6.2 Pinnoitus

Koekappaleiden kuivuttua suoritettiin niiden pinnoitus bitumimaalilla. Ennen pinnoitteen levitystä tuote sekoitettiin huolellisesti (Kuva 7). Pinnoite levitettiin siveltimellä melko paksuksi kerrokseksi, ja märkäkalvon paksuus mitattiin jokaisesta koekappaleesta. Tavoitteena oli saada vähintään 300 µm:n märkäkalvonpaksuus. Märkäkalvonpaksuudet mitattiin jokaisesta koekappaleesta mittakamman avulla halutun kalvonpaksuuden saavuttamiseksi.



Kuva 7. Kerabit bitumimaali.

## 8.7 Bitumipinnoitteiden poistokokeet

Nykyisten EU-säädösten ja asetusten (REACH, VOC, CLP) myötä on jouduttu siirtymään ympäristöystävällisempiin tuotteisiin, joten monet vanhat tuotteet ovat niiden myötä kokonaan kiellettyjä tai niiden käyttöä on rajoitettu. Yhtenä esimerkkinä voidaan mainita dikloorimetaani eli metyleenikloridi (kaava), jota on aiemmin käytetty monissa maalinpoistoaineissa. Nykyisissä maalinpoistoaineissa metyleenikloridi on korvattu esim. glykolieettereillä kuten etyylidiglykolilla, ja gammabutyrolaktonilla eli tetrahydro-2-furononilla [72].

Tästä syystä yhdeksi testattavaksi tuotteeksi haluttiin ottaa Henkel Oy:n valmistama Nitromors, joka on aiemmin sisältänyt metyleenikloridia, mutta nykyisin se on korvattu 1,3-dioksolaanilla (40–60 %), dimetoksimetaanilla (20–40 %), etyyliasetaalilla (10–20 %) ja lisäksi pienillä määrillä asetonia ja metanolia [73]. Valintaperusteena oli myös tekijän oma kokemus aiemman Nitromorsin toimivuudesta, joten vertaus aikaisempien käyttökokemusten perusteella oli helppo suorittaa uuden tuotteen toimivuutta arvioitaessa.

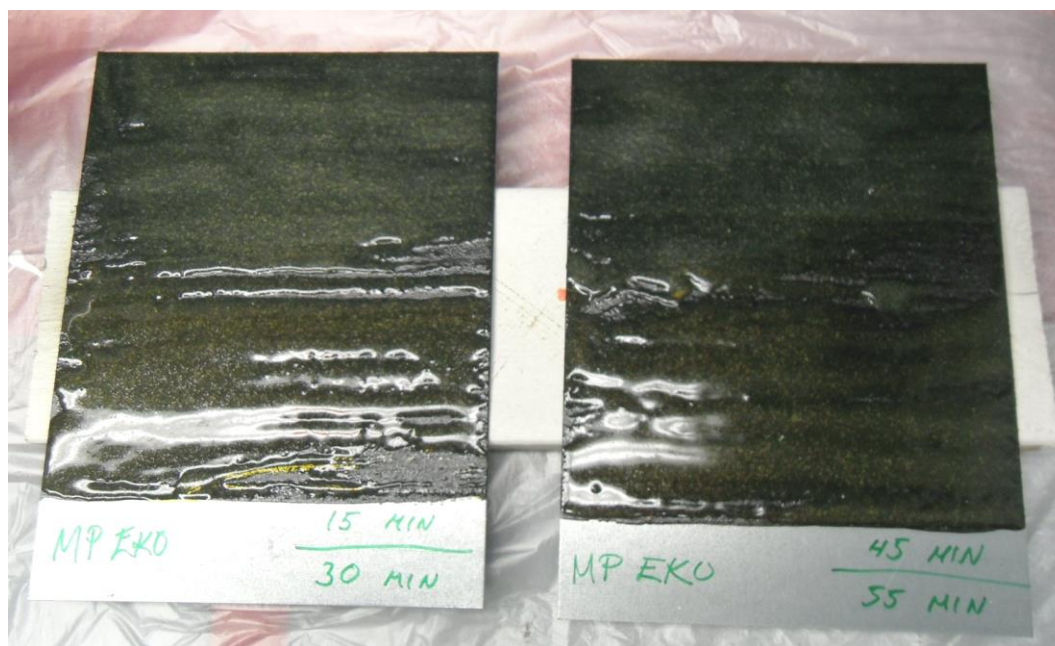
Toiseksi testattavaksi tuotteeksi valittiin kotimainen Solmasterin MP EKO maalinpoistoaine, joka on kehitelty nimenomaan ottaen huomioon muuttunut lainsäädäntö. Vaikuttavina aineina MP EKO maalinpoistoaineessa ovat 1,3-dioksolaani (60–70 %) ja metylaali (15–20 %) [74].

Työssä oli alkuperäisen tarkoituksen mukaan ajatuksena valmistaa itse oma pinnoitteen poistoliuos laitoksessa suoritettavaa pinnoitteen poistoa varten (mahdollisesti bentsyylialkoholipohjainen), mutta siitä luovuttiin käytettävän ajan rajallisuus ja työn laajuus huomioiden.

### 8.7.1 Poistokokeet levitysmenetelmällä

Ennen poistomenetelmän testausta suoritettiin pikainen tartuntatesti maalarinteipin avulla painamalla teippi tiukasti kiinni pinnoitteeseen. Tämän rasituksen pinnoite kesti irtoamatta pinnasta teipin mukana. Tartuntaa testattiin myös puukolla vuollen, jolloin pinnoitetta oletuksen mukaisesti saatiin hieman irtoamaan, mutta se oli tahmeaa ja tiukasti kiinni. Testit tehtiin viikon kuivumisajan jälkeen. Tämän tarkempia tartuntatestejä ei tehty, koska sitä ei katsottu tarpeelliseksi tässä työssä.

Koekappaleille levitettiin paksu kerros maalinpoistoainetta siten, että joka kappaleeseen tehtiin kaksi testiä rinnan samalla tuotteella, mutta kahdella eri vaikutusajalla (Kuva 8). Näin oli tuloksia helppo vertailla vaikutusajan mukaan. Lyhin vaikutusaika valittiin tuoteselosteen minimiajan mukaan. Kaavinta oli helppo suorittaa, kun vaikutusajat täyttyivät samanaikaisesti.

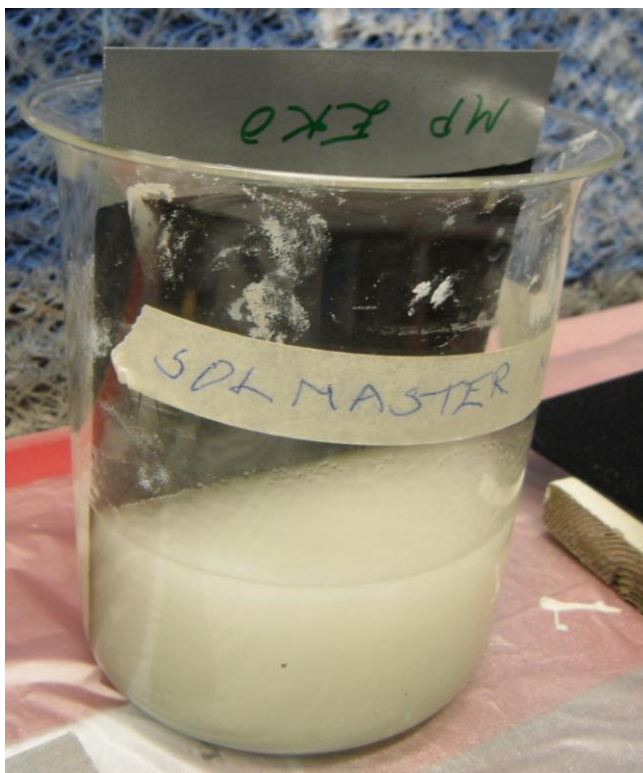


Kuva 8. Koekappaleet pinnoitteen poistokokeessa.

Koska tuotteet erosivat vaikutusaikansa osalta selvästi toisistaan siten, että Nitromors haihtui selvästi nopeammin, ja MP EKO vaati pidemmän vaikutusajan, tehtiin Nitromorsin tehon selvittämiseksi toinen testi hieman eri menetelmällä. Toisessa testissä lisättiin maalinpoistoainetta heti, jos pinta näytti vähänkin kuivahtavan. Vaikutusajan jälkeen pinnoite kaavittiin lastalla työntäen pois mahdollisimman huolellisesti pois.

### 8.7.2 Poistokokeet upotusmenetelmällä

Upotusmenetelmää varten koekappaleet oli mitoitettu niin, että ne mahtuivat 400 ml:n dekantterilasiin. Dekantterilasiin lisättiin ensin maalinpoistoainetta noin 200 ml, johon koekappaleen toinen pää upotettiin (Kuva 9). Upotusajat olivat Nitromorsille 5 ja 10 minuuttia, ja vastaavasti MP EKO:lle 15, 30 ja 45 minuuttia. Ajan täytyttyä kappaleet nostettiin lasista ja kaavittiin lastalla mahdollisimman puhtaaksi.



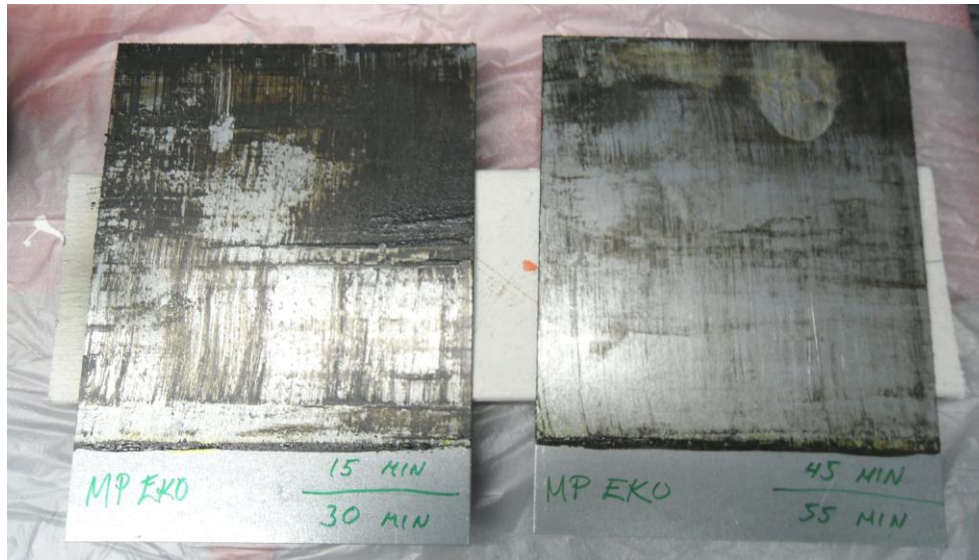
Kuva 9. Pinnoitteen poistokoe upotusmenetelmällä.

Myös tässä menetelmässä tehtiin Nitromorsilla testi vielä toisella menetelmällä, jossa 10 minuutin upotusajan jälkeen suoritettiin kaavinta ja laitettiin kappale takaisin liuokseen vielä viideksi minuutiksi. Tämän jälkeen kaavittiin pinnoite pois lastan avulla.

### 8.7.3 Testien tulokset

Levitysmenetelmän mukaisten testien perusteella näytti Nitromors olevan vaikutuksiltaan nopea, mutta sen teho ei ollut aivan samaa luokkaa kuin Solmasterin MP EKO:n (Kuva 10).





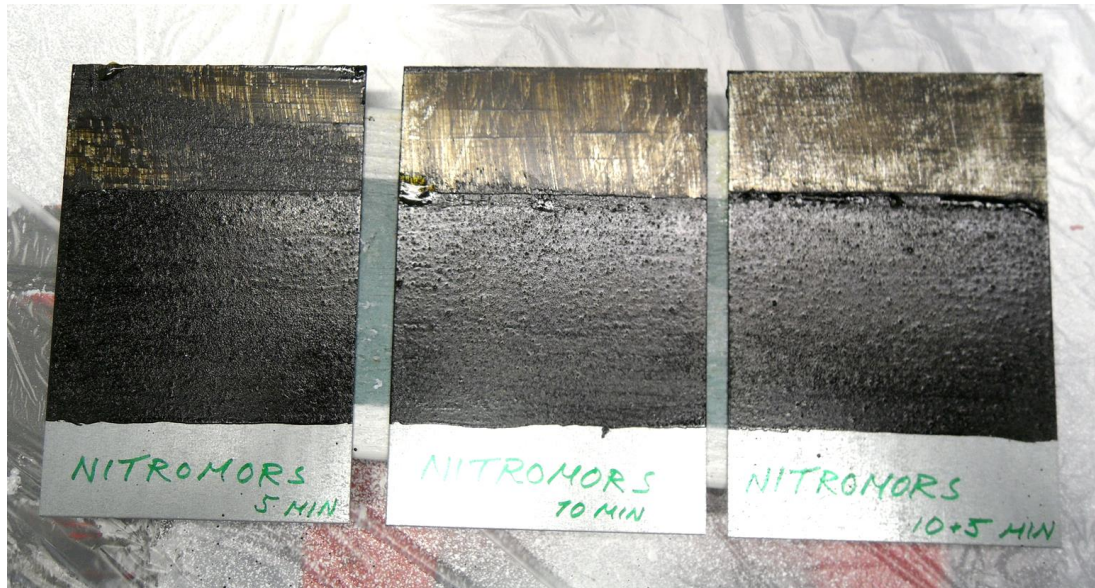
Kuva 10. Koekappaleet poistokokeen jälkeen.

Edes testin aikana suoritettu maalinpoistoaineen lisäys kuivumisen merkkien alkaessa ei parantanut tulosta MP EKO:n tasolle (Kuva 11).



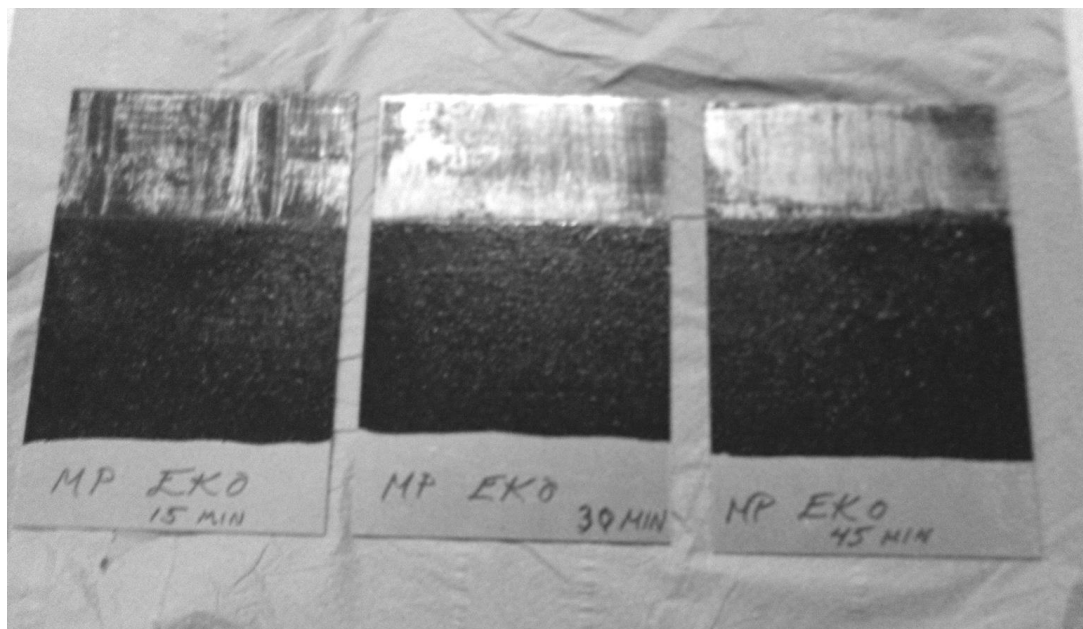
Kuva 11. Koekappaleet poistokokeen jälkeen. Oikean puoleiseen lisätty maalinpoistoainetta.

Uputusmenetelmässä saadut tulokset eivät poikenneet niin suuresti keskenään kuin levitysmenetelmällä tehdyissä. Nitromorsilla tehty vertailutesti (välিকাavinta ja uudelleen upotukseen) ei parantanut tulosta kovin merkittävästi (Kuva 12).



Kuva 12. Koekappaleet upotusmenetelmällä tehdyn poistokokeen jälkeen (Nitromors). Oikealla olevalle on tehty vertailutesti.

Upotusmenetelmätesti MP EKO:lla antoi varsin hyvän tuloksen jo 30 minuutin testauksen jälkeen. Tulos ei merkittävästi parantunut enää 15 minuutin pidemmän ajan jälkeen (Kuva 13).



Kuva 13. Koekappaleet upotusmenetelmäkokeen jälkeen (MP EKO).

#### 8.7.4 Tulosten tarkastelu

Solmasterin MP EKO –maalinpoistoaine osoittautui levitysmenetelmällä suoritettavassa testissä varsin hyvin toimivaksi, ja sen hitaampaa vaikutusaikaa voidaan pitää suotuisana ominaisuutena laajoja pintoja käsiteltäessä. Näin ollen myös työaika jää pidemmäksi, ja tuotetta voidaan levittää suurehkollekin pinta-alalle. Nitromorsia voidaan suositella käytettäväksi ennemminkin pienille pinnoille sen nopeuden ja lyhyen käyttöajan perusteella. Uputusmenetelmällä suoritettussa testissä molemmat tuotteet toimivat lähes yhtä hyvin. Laitoksessa suoritettussa pinnoitteen poistossa tosin nopeutta voitaneen pitää etuna.

Levitysmenetelmällä suoritettun testin tuloksissa on kuitenkin huomioitava, että olosuhteet testissä poikkeavat ulkona olevasta (katolla) kohteesta oleellisesti. Liuotteiden haihtumiseen vaikuttaa huomattavasti sään tuulisuus, ilman suhteellinen kosteus (RH), auringon paiste ja lämpötila. Lisäksi koekappaleille ei tehty huuhtelua, mikä todellisuudessa on tehtävä, jolloin pinnoite irtoaa perusteellisemmin. Näin ollen todellista pellin puhtausastetta ei siis saavutettu.

Lisäksi huomionarvoista on uuden ja oikeassa kohteessa olevan vanhan pinnoitteen välinen ero. Kuten jo aiemmin on mainittu, ovat vanhat peltikattojen pinnoitteet usein hyvin hauraita, ja alustassa huonosti kiinni. Näin ei kuitenkaan varmasti aina ole, sillä asbestia on saatettu käyttää pinnoitteissa vielä pitkään 1980-luvulla. Vaikka asbestia (tai PAH-yhdisteitä) ei olisikaan ollut viimeksi käytetyissä pinnoitteissa, sitä saattaa olla alemmassa kerroksessa, joka on ollut vielä huoltomaalausta suoritettaessa hyvin kiinni alustassa. Katoilla tulee siis vastaan hyvin monia erilaisia pinnoitteita, eikä haurautta näin voida yleistää koskemaan kaikkia vanhoja pinnoitteita.

Tuloksien tarkastelussa on syytä huomioida myös, ettei poistokokeissa tehty painohäviövertailua, jonka avulla olisi ollut mahdollista arvioida tarkemmin maalinpoistoaineen tehoa ja vertailua eri aineiden välillä. Kyseisiä punnituksia ei tehty siitä syystä, että oletuksena pidettiin pinnoitteen täydellistä poistamista, jotta pellit voitaisiin kierrättää.

#### 8.7.5 Muita pinnoitteen poistomenetelmiä

Yhtenä vaihtoehtona poistomenetelmäksi mietittiin soodapuhallusta, mutta siitä vaihtoehdosta luovuttiin tarkempien selvitysten jälkeen, sillä se osoittautui sekä hitaaksi (6-10

m<sup>2</sup>/h), että kalliiksi menetelmäksi (10–15 €/m<sup>2</sup>) ja myös syntyvän jätteen määrä oli suuri (n. 30 kg/h). Sen katsottiin soveltuvan paremmin pienten pintojen puhdistukseen, eikä niinkään suuriin kohteisiin kuten kattoihin. Tämän menetelmän etu olisi ollut siinä, ettei se vahingoita sinkittyä pintaa. [75]

Myös märkähiekkapuhallusta ajateltiin sopivaksi poistomenetelmäksi, mutta siitäkin vaihtoehdosta luovuttiin tarkempien tutkimusten jälkeen. Syy tämän menetelmän hylkäämiseen aiheutui siitä seikasta, että ohutlevytuotteille ei suositella suihkupuhdistusta levyn muokkautumisen vuoksi [59, s.32]. Etuna olisi ollut kemikaalien käytön tarpeettomuus, joten menetelmänä se olisi ollut varsin ekologinen.

Eräs mahdollinen vaihtoehto hyvin hauraille pinnoitteille voisi olla yksinkertaisesti vesi-pesu ja kaavinta. Tärkeintä olisi pitää pinta koko ajan märkänä, jottei pöly pääse leviämään. Tällöin mahdollisesti veteen kuitenkin olisi lisätty jotain pinta-aktiivista ainetta alentamaan veden pintajännitystä ja pienentämään kontaktikulmaa, jotta vesimolekyylit pääsevät paremmin tunkeutumaan huokosiin.

## 9 Yhteenveto

Vanhoista pinnoitteista tietoa etsittäessä kohdattiin haasteita, sillä dokumentteja ei ollut kovin paljon saatavilla. Löydetyt aineiston perusteella on luultavasti ainakin goudron-nimeä käytetty tarkoittamaan toisinaan raakaa kivihiilitervaa, toisinaan kivi- tai ruskohiilen tislaustuotetta. Sekaannuksia on luultavasti ajan mittaan tapahtunut myös muiden nimitysten kuin katto- ja asfalttilakan kohdalla. On hyvin mahdollista, että samaa tuotetta on kutsuttu toisinaan lakaksi ja toisinaan taas vernissaksi tai öljyksi. Samoin on ilmeisesti kreosootin kohdalla, sillä on käytetty ja käytetään puhuttaessa kivihiilitervasta tai -piestä, kreosottiöljystä tai -piestä ja päinvastoin. Nimien kirjavuudesta huolimatta on kuitenkin selvää, että kivihiilestä peräisin olevia tuotteita on ollut hyvin laajassa käytössä hyvin moniin eri tarkoituksiin.

Työn tavoitteena oli löytää menetelmä, jonka avulla haitallisilla aineilla käsitellyt katto-pellit saataisiin kierrätykseen ja vaarallista jätettä syntyisi mahdollisimman vähän. Ongelmakohdat joihin työssä pyrittiin löytämään ratkaisu, olivat pelleillä käytetyt haitalliset



pinnoitteet, jotka olivat esteenä peltien kierrätykselle. Vaikka pinnoite sisältäisi vain asbestia, sitä ei ole mahdollista viedä metallinkeräykseen. PAH-yhdistepitoisuuden ylittäessä kaatopaikan raja-arvon, on pellit toimitettava Ekokemille tuhottavaksi. Eräänlaisena epäonnistumisena voidaan siis pitää kierrätysosuuden jäämistä kovin vaillinaiselle asteelle tässä työssä, olihan alkuperäinen tarkoitus juuri sen maksimoiminen.

Ratkaisuksi edellä mainittuihin ongelmiin voidaan kuitenkin suositella käytettäväksi purkumenetelmässä peltien irrottamista ehjänä ja kuljettamista laitokseen, jossa pinnoitteen poisto olisi mahdollista tehdä upotusmenetelmällä. Menetelmä vaikuttaa lupaavalta, mutta vaatii vielä lisätutkimuksia. Näin meneteltynä saataisiin pellit kuitenkin kierrätykseen. Ongelmakohtaksi osoittautuivat menetelmän hankaluus ja taloudelliset kustannukset, jotka jäivät arvoitukseksi. Tätä vaihtoehtoa suunniteltiin aluksi erään yrityksen kanssa, mutta se kaatui ilmeisesti tarkemman harkinnan jälkeen niin kannattamattomana, kuin pinnoitteiden sisältämien haitta-aineiden takia.

Mikäli pellit osoittautuisivat niin hyväkuntoisiksi ja kohde olisi historialliselta merkitykseltään niin arvokas (esim. museoviraston määräys), että ne kannattaa säilyttää ja pinnoittaa uudelleen, suositellaan pinnoitteen poistoon maalinpoistoaineen käyttöä, mikäli vanha pinnoite on poistettava. Tämän vaihtoehto huomioiden, päätettiin pinnoitteen poistokokeita tehdä tämän työn yhteydessä, vaikka uuden ja vanhojen pinnoitteiden välillä onkin hyvin suuri ero. Yhdistävänä tekijänä voidaan kuitenkin pitää sitä, että usein on kattopeltoja korjailtu ja paikkailtu piki- tai bitumituotteilla, ja niiltä osin uusi ja vanha pinnoite ovat likimain vertailukelpoisia. Poistokokeiden perusteella voidaan yhtenä vaihtoehtona suositella Solmasterin MP EKO:n käyttöä pinnoitteiden poistossa peltikatoilta.

Pinnoitteen poistokokeiden tuloksia on mahdollista käyttää vain suuntaa antavina, sillä testeissä käytetty pinnoitemateriaali ja sen kunto poikkeaa suuresti todellisista kohteista. Näytteen otossa voitiin todeta vanhan pinnoitteen olevan hyvin haurasta, ja sen irrottaminen hyvinkin helppoa ilman mitään kemikaaleja. Ongelmana ei siis ollut pinnoitteen hankala poisto, vaan sen poistaminen siten, ettei sen sisältämiä haitallisia aineita pääsisi kulkeutumaan ympäristöön ja poistotyötä tekevän ihmisen elimistöön. Korostettakoon kuitenkin seikkaa, että tässä työssä kohteet ovat ulkona, jolloin vaara ei ole yhtä suuri kuin sisätiloissa tehtävissä töissä ja asbestin kohdalla altistus tapahtuu pääsääntöisesti ainoastaan työstön aikana.

Kustannuksien arvioinnin osalta laskelmia tehtiin vain jätteiden osalta, ja nekin olivat hyvin suurpiirteisiä. Tältä osin tulokset ovat siis vain hieman suuntaa antavia ja karkeita. Tarkempien laskelmien teko olisi vaatinut huomattavasti enemmän aikaa ja laajamittaisempia selvityksiä kaikista kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä, joten niiden teko rajattiin pois tämän työn osalta. Myös kustannusarvion tekeminen osoittautui kuviteltua hankalammaksi hinta-arviota tehtäessä, varsinkin siihen vaikuttavien useiden muuttuvien tekijöiden osalta.

Uusien korvaavien pinnoitteiden osalta löydettiin monia käyttökelpoisia vaihtoehtoja peltikatoille. Korvaavia tuotteita ei ole asetettu minkäänlaiseen paremmuusjärjestykseen, eikä niiden osalta ole tehty mitään laajamittaista selvitystä. Uusista tuotteista on kuitenkin todettava, ettei niiden osalta ole vielä saatavilla kovin paljon tietoa niiden ympäristö- ja terveysvaikutuksista ja kestosta käyttökohteissaan, johtuen niiden lyhyestä käyttöhistoriasta.

Erityisesti mainittakoon ainakin nanoteknologia ja muovit, jotka molemmat ovat oman aikakautemme tuotteita ja niitä surutta paljon käytämme. Eräillä monisäikeisillä jäykillä hiilinanoputkilla epäillään olevan asbestin kaltaisia vaikutuksia, ja titaanidioksidinahiukkaset (aurinkovoiteet) kerääntyvät hiussuonten seinämiin [76]. Tämän seikan esiin tuominen tässä työssä johtuu ainoastaan siitä, että tahdottiin korostaa asbesti- ja PAH-yhdisteiden käytön edustavan vain omaa aikakauttaan, jolloin tietoa niiden haittavaikutuksista ei vielä ollut.

Työn varsinaisena tavoitteena ei ollut selvittää tuotenimiä kyseisiä aineita sisältäville pinnoitteelle, sillä hyvin harvoin on säilynyt dokumentteja siitä, mitä pinnoitetta kohteissa on käytetty. Vaikka alkuperäisissä värisuunnitelmissa olisikin mainittu alkuperäinen pinnoitemateriaali, se on ajan saatossa voinut vaihtua moneen kertaan. Lisäksi kirjavuutta pinnoitteiden koostumukseen on saattanut lisätä niiden valmistus työmaalla, jolloin omat lisänsä tuotteeseen on mahdollisesti tuonut itse pinnoitustyön tekijä. Näistä seikoista johtuen on siis aina syytä selvittää vanhan pinnoitteen koostumus ennen purku- ja korjaustöiden aloitusta, varsinkin epäiltäessä niiden sisältävän vaarallisia aineita.

## Lähteet

- 1 Ekman, Anders. 2011. Toimiva asbestipurku. Työturvallisuuskeskus. Verkkodokumentti. <[http://www.tyoturva.fi/files/2134/Toimiva\\_asbestipurku.pdf](http://www.tyoturva.fi/files/2134/Toimiva_asbestipurku.pdf)>. Luettu 19.10.2014.
- 2 Turunen, Mikko. Geologia.fi. Amfiboliryhmä. Verkkodokumentti. <<http://www.geologia.fi/index.php/2011-12-21-12-30-30/2011-12-21-12-40-07/mineraalit-a-oe/101-amfiboliryhmae>>. Luettu 5.10.2014.
- 3 Oksa, Panu. Korhonen, Kari. Koistinen, Pekka. Asbesti rakennustyössä.TTL. Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset\\_aineet/eristeaineet/asbestituotteet/Documents/asbesti\\_rakennustyossa.pdf](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/asbestituotteet/Documents/asbesti_rakennustyossa.pdf)>. Luettu 17.10.2014.
- 4 Kansainväliset kemikaalikortit. 2012. Krokidoliitti. Verkkodokumentti. <<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/index.php?searchfield=Krokidoliitti&querymethod=Name&formsubmitbasic=Hae>>. Luettu 6.10.2014
- 5 Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. 2009. Rakennustieto Oy.
- 6 Hayman, John. 2007. File:Blue asbestos.jpg. Verkkodokumentti. <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blue\\_asbestos.jpg?uselang=fi#file](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blue_asbestos.jpg?uselang=fi#file) >. Luettu 23.3.2015.
- 7 Asbrak Oy. Asbestinpurkutekniikkaa. Verkkodokumentti. <<http://www.asbrak.fi/materiaalit.htm>>. Luettu 14.11.2014.
- 8 Kansainväliset kemikaalikortit. 1999.Krysotiili. Verkkodokumentti. <<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/kpdf/nfin0014.pdf>>. Luettu 10.2014.
- 9 File:Chrysotile.jpg. 2005. Verkkodokumentti. <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chrysotile.jpg?uselang=fi>>. Luettu 23.3.2015.
- 10 Työterveyslaitos. Vaaralliset aineet. Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset\\_aineet](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet) > Luettu 28.10.20.
- 11 File:Anthophyllite Suède Fond.jpg. 2010. Verkkodokumentti. <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthophyllite\\_Su%C3%A8de\\_Fond.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthophyllite_Su%C3%A8de_Fond.jpg)>. Luettu 23.3.2015.
- 12 Riala, R. Altisteet työssä 5. Asbesti. 1991. Helsinki: Työterveyslaitos.
- 13 Valtioneuvoston päätös asbestityöstä. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941380?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Valtioneuvoston%20asetus%20asbestity%C3%B6st%C3%A4>> Luettu 16.3.2015.

- 14 Sosiaali- ja terveysministerion julkaisuja 2014:2. HTP-arvot. 2014. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Verkkodokumentti.  
<[http://www.stm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=9882186&name=DLFE-30018.pdf](http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=9882186&name=DLFE-30018.pdf)>. Luettu 28.10.2014.
- 15 Jätelaki 646/2011. Verkkodokumentti.  
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=j%C3%A4telaki>>. Luettu 13.3.2015.
- 16 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006. 2006. Verkkodokumentti. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&from=FI>>. Luettu 13.3.2015.
- 17 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=asetus%20kaatopaikoista#Pidp1535808>>. Luettu 13.3.2015.
- 18 Ämmässuon ympäristölupa. Verkkodokumentti. <[http://www.avi.fi/documents/10191/1001691/esavi\\_paatost\\_117\\_2014\\_1-2014-06-17.pdf/81d71e73-aaaa-4f7f-ac4c-76c2e41440b](http://www.avi.fi/documents/10191/1001691/esavi_paatost_117_2014_1-2014-06-17.pdf/81d71e73-aaaa-4f7f-ac4c-76c2e41440b)>. Luettu 12.3.2015.
- 19 Altisteet työssä 19. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt. Helsinki: Työterveyslaitos.
- 20 Kansainväliset kemikaalikortit. Kivihiiliterva. Verkkodokumentti.  
<<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/kpdf/nfin1415.pdf>>. Luettu 8.11.2014.
- 21 Bonsdorff, W.. Hintikka, S. V..Katara, Pekka. Stigel, R.V.. Kauppi, Juho. Tavara-sanakirja II. 1923. Helsinki:Kirja-Osakeyhtiö Tieto.
- 22 Pietarila, Pentti. 2000. Korjauskortti 7. Peltikaton maalaus. Museovirasto: Rakenushistorian osasto.
- 23 OVA-ohje. Kreosootti. Verkkodokumentti. <<http://www.ttl.fi/ova/kreosootti.html>>. Luettu 20.10.2014.
- 24 Kainuun terva.Terva. Verkkodokumentti.  
<[http://www.kainuunterva.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23&Itemid=33](http://www.kainuunterva.com/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=33)>. Luettu 8.11.2014.
- 25 Bonsdorff, W.. Hintikka, S. V..Katara, Pekka. Stigel, R.V.. Kauppi, Juho. Tavara-sanakirja I.1922. Helsinki: Kirja-Osakeyhtiö Tieto.
- 26 Kansainväliset kemikaalikortit. Bitumi. Verkkodokumentti.  
<<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/kpdf/nfin0612.pdf>>. Luettu 8.11.2014.
- 27 Nynas. Bitumin turvallinen käsittely. Käyttöopas. 2012. Verkkodokumentti.  
<<http://www.nynas.com/Global/Bitumen%20for%20paving%20applications/Finland/Nynas%20Safety%20Book%20fin.pdf>>. Luettu 18.10.2014.
- 28 Kansainväliset kemikaalikortit. Naftaleeni. Verkkodokumentti.  
<<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/kpdf/nfin0667.pdf>>. Luettu 8.11.2014.

- 29 Naftaleenin rakennekaava. Verkkodokumentti.  
<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Naphthalin.svg>>. Luettu 25.3.2015.
- 30 Bentso(a)pyreenin rakennekaava. Verkkodokumentti.  
<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ff/fa/Benzo-a-pyrene.svg?uselang=fi>>. Luettu 25.3.2015.
- 31 Rajala, Jari. Mäkelä, Mauri. Tuomi, Tapani. 2010. Loppuraportti. Altistuminen ja suojauminen PAH-yhdisteitä sisältävien vesieristeiden purkutyössä. Työterveyslaitos. Verkkodokumentti.  
<[https://www.tsr.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=13109&name=DLFE-4501.pdf](https://www.tsr.fi/c/document_library/get_file?folderId=13109&name=DLFE-4501.pdf)>. Luettu 8.11.2014.
- 32 Liite. Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien kynnys- ja ohjeavot. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/5382.pdf>>. Luettu 7.11.2014.
- 33 Liite. 217/2007 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Verkkodokumentti.  
<<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/5382.pdf>>. Luettu 13.3.2015.
- 34 Ratu 82-0381, Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku. Osastointimenetelmä. 2011. Rakennustieto Oy.
- 35 Jätelaki. Verkkodokumentti.  
< <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>>. Luettu 13.3.2015.
- 36 331/2013 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. Verkkodokumentti.  
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150103?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=valtioneuvoston%20asetus%20kaatopaikoista>>. Luettu 13.3.2015.
- 37 Siikonen, Heikki. 1933. Pienviljelijän rakennusoppi. Helsinki: Helsingin Uusi Kirjapaino.
- 38 Kaila, Panu. 2009. Maalari maalasi taloa. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 39 Sjöberg, Jan. 2014. Teknos, Helsinki. Puhelinkeskustelu 7.10.2014.; Vaha, Ari. 2014. Kemisti, Teknos, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 13.10.2014.
- 40 Suomen väri- ja vernissatehdas Oy. 1898. Hintaluettelo 01.01.1898.
- 41 Tikkurilan esite. Teho värit. 1932.
- 42 Kekkonen, Jalmari. 1946. Rakennusaineoppi. Helsinki: Otava.
- 43 E.C.Gernandt. 1907. Hintaluettelo 01.01.1907.
- 44 Ha-Te-Ke Oy. 1936. Käsikirja.
- 45 Suomela, Oskari. 1915. Käytännöllinen rakennusopas pienviljelijöitä varten. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- 46 Tikkurilan viesti N:o 1. 1939.

- 47 Tikkurilan viesti N:o 1. 1937.
- 48 Tikkurila. Panssarivärit. 1935.
- 49 Huolto-ohje. Maalipinnoitetut ohutlevyteräukset. Verkkodokumentti.  
<[http://www.ruukkikatot.fi/~media/Finland/Files/Katot/Huolto-ohje/Ruukki\\_Maalipinnoitettujen\\_terasten\\_huolto\\_ohje.pdf](http://www.ruukkikatot.fi/~media/Finland/Files/Katot/Huolto-ohje/Ruukki_Maalipinnoitettujen_terasten_huolto_ohje.pdf)>. Luettu 27.2.2015.
- 50 Ratu F41-0352, Peltikaton purku ja uusiminen tai kunnostaminen. 2009. Rakennustieto Oy.
- 51 Ratu 82-0347, Asbestia sisältävien rakenteiden purku. 2009. Rakennustieto Oy.
- 52 Krokidoliittiasbestipurkutyön suunnittelu ja toteutus. Uudenmaan tsp. Ohje. 2009. Verkkodokumentti. <[www.tyosuojelu.fi](http://www.tyosuojelu.fi)>. Luettu 27.2.2015.
- 53 Ratu 1221-S, Purkutöiden suunnittelu. 2009. Rakennustieto Oy.
- 54 Ruukin kattopaketti. Verkkodokumentti.  
<<http://www.ruukkikatot.fi/~media/Finland/Files/Rakentamisen-esitteet/Kattopakettiesite%202014.pdf>>Luettu 27.2.2015.
- 55 Sortti-asetat. Hinnat. Verkkodokumentti.  
<<https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/lajittelujakierratus/sorttiasemat/Sivut/default.aspx>>. Luettu 9.2.2015.
- 56 Ekokem, asiakaspalvelu, vaaralliset jätteet. 2015. Puhelinkeskustelu 27.2.2015.
- 57 Tikkurilan Romu Oy. 2015. Puhelinkeskustelu 27.2.2015.
- 58 Winqvist, Erika. 2014. PAH-yhdisteiden hävittäminen sienirihmaston avulla. Verkkodokumentti.  
<<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/ajankohtaista/Uutisarkisto/2014/Sienist%C3%A4%20apua%20pilaantuneiden%20maiden%20puhdistukseen>>. Luettu 24.3.2015.
- 59 Yli-Pentti, Arto. Metropolian ammattikorkeakoulu. Kuumaopotukset, osa 3.
- 60 Kuumasinkityksen toimintaketju. Yleisohje. 2007. Verkkodokumentti.  
<[http://www.kuumasinkitys.fi/kuumasinkityksen\\_toimintaketju\\_yleisohje\\_1\\_2007.pdf](http://www.kuumasinkitys.fi/kuumasinkityksen_toimintaketju_yleisohje_1_2007.pdf)>. Luettu 9.2.2015.
- 61 RT-kortti. Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. 2014. Rakennustieto Oy.
- 62 Komulainen, Jarno. 2014. Yksikön päällikkö, Laboratoriopalvelut, Vahanen Oy, Espoo.
- 63 Laitinen, Kai. Materiaalien tutkimusmenetelmät.
- 64 Opetushallitus. Laboratorioanalyysit. 2. Erotusmenetelmät.5) Kaasukromatografia. 5. Spektrometriset menetelmät. 5) massaspektrometria. Verkkodokumentti.  
<<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat.html>>. Luettu 28.1.2015.

- 65 Alsglobal.Analyysitekniikat. ICP-AES. Verkkodokumentti. <<http://alsglobal.fi/als-scandinavia/analyysitekniikat>>. Luettu 28.1.2015.
- 66 Spectro. ICP-OES. Verkkodokumentti. <[http://www.spectro.com/pages/e/icp\\_oes\\_icp\\_aes\\_spectrometers.htm?gclid=CJSf0KTsuMMCFePDcgodSIAAqA](http://www.spectro.com/pages/e/icp_oes_icp_aes_spectrometers.htm?gclid=CJSf0KTsuMMCFePDcgodSIAAqA)>. Luettu 28.1.2015.
- 67 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (202/2006). Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060202>>. Luettu 13.3.2015
- 68 Kansainväliset kemikaalikortit. Lyjy. Verkkodokumentti. <<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0052.htm>>. Luettu 13.3.2015.
- 69 Vanhojen elemenettirakennusten saumausmassan PCB- ja lyijypitoisuuden määrittäminen. TTL. Verkkodokumentti. <<http://www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/kemialliset-analyysit/Documents/PCB%20rakennusmateriaaleista.pdf> >. Luettu 13.3.2015.
- 70 Talvivaara Sotkamo Oy. Selvitys kaivoksen jätteiden ja jätealueiden luokitusten päivitystarpeesta. <<http://www.avi.fi/documents/10191/1270031/Liite+1/66727155-1d80-4fb9-b963-3f778812995e>>. Luettu 13.3.2015.
- 71 Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. 2005. Helsinki: TTL. Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/Kemikaalit\\_jaTyo.pdf](http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/Kemikaalit_jaTyo.pdf) >. Luettu 13.3.2015.
- 72 Liuotinpohjaiset maalinpoistoaineet. TTL. Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset\\_aineet/pinnoiteaineet/liuotin\\_maalinpoisto/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/pinnoiteaineet/liuotin_maalinpoisto/Sivut/default.aspx)>. Luettu 13.3.2015.
- 73 Henkel. KTT. Nitromors. 2015. Verkkodokumentti. <[http://mymsds.henkel.com/mymsds/0006.1985779.7210.fi.MSDS\\_UT\\_FI.22093876.0.FI.pdf](http://mymsds.henkel.com/mymsds/0006.1985779.7210.fi.MSDS_UT_FI.22093876.0.FI.pdf)>. Luettu 13.3.2015.
- 74 Korkkinen, Matti. 2015. Toimitusjohtaja, Solmaster, Lahti. Tuoteseloste/KTT. Puhelinkeskustelu 13.3.2015.
- 75 Suomen Soodapuhallus. 2014. Puhelinkeskustelu 12.11.2014.
- 76 Miten ennustaa uusien synteettisten nanomateriaalien haittaominaisuuksia ja terveysvaaroja. Verkkodokumentti. <[ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/download/7705/5936](http://ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/download/7705/5936) · PDF tiedosto>. Luettu 16.3.2015.

**Aiheeseen liittyviä Ratu-kortteja**

Taulukko 1. Ratu-kortit peltikattojen korjauksiin ja suojautumiseen.

Ratu C2-0299	Työmaasuunnitelma.
Ratu F41-0352	Peltikaton purku ja uusiminen tai kunnostaminen.
Ratu F41-0361	Peltikaton maalauskorjaus.
Ratu TT 12.2	Rakennus- ja korroosionestomaalauksen suojautumisohteet.
Ratu 1221-S	Purkutöiden suunnittelu. Purkusuunnitelma ja purkutöiden tehtäväsuunnittelu.
Ratu 1225-S	Pölyntorjunta rakennustyössä.
Ratu 82-0347	Asbestia sisältävien rakenteiden purku.
Ratu 82-0381	Kivihiihikeä sisältävien rakenteiden purku. Osastointimenetelmä.
Ratu 82-0384	Tavanomaiset purkutyöt. Vaaralliset aineet-käsittely ja suojaus.
Ratu 84-0386	Suojaus.