

Juha Myllykangas

# HAITTA-AINEIDEN HUOMIOIMINEN KORJAUSRAKENTAMISESSA

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Talotekniikan koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Juha Myllykangas
Työn nimi	Haitta-aineiden huomioiminen korjausrakentamisessa
Toimeksiantaja	Granlund Oy
Vuosi	2025
Sivut	46 sivua
Työn ohjaaja(t)	Henri Varis Tuomas Vesalainen (Granlund Oy)

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin vanhoissa rakennuksissa yleisesti esiintyviä haitta-aineita, jotka voivat olla vaarallisia rakennusten käyttäjille ja korjausrakentajille. Työn tavoitteena oli luoda tietopakettina toimiva yhteenveto laajasta kirjallisuudesta sekä vanhoista tutkimuksista liittyen rakennusten haitta-aineisiin.

Korjausvelan suuren kasvun takia haitta-aineita tulee vastaan yhä useammassa rakennusprojektissa ja internetissä on hyvin paljon toisistaan poikkeavia tietoja sekä ohjeita niiden poistamisesta tai eristämisestä. Tässä työssä käytiin kootusti läpi, luotettavaksi tiedettyjä lähteitä käyttäen, neljän yleisimmän haitta-aineen (asbesti, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet ja raskasmetallit) historiaa, käyttökohteita, vaarallisuutta sekä toimintatapoja, mikäli niitä löytyy rakenteista.

Työtä tehtäessä havaittiin, miten erittäin laajasti haitta-aineita on käytetty rakentamisessa melkein koko viime vuosisadan ajan sekä miten niitä usein on aiemmissa korjauksissa joko tiedonpuutteen tai korjauskustannusten nousupelon vuoksi jätetty uusien rakenteiden alle. Tämä seikka yhdistettynä dokumentoinnin puutteeseen aiheuttaa tänä päivänä runsaasti taloudellisia ja aikataulullisia ongelmia korjausrakennustyömailla.

Lopputuloksena syntyneessä yhteenvedossa todettiin laadukkaan ja tarkan haitta-ainekartoituksen ja -tutkimuksen olevan erinomaisen tärkeää korjausrakentamistyömailla, mikäli kohde on valmistunut ennen vuotta 1995. Mikäli esimerkiksi kohteessa, johon suunnitellaan LVI-linjasaneerausta, säästetään haitta-ainetutkimuksessa ja jätetään se pahimmassa tapauksessa tekemättä, voi se myöhemmin maksaa monikymmenkertaisesti suunnittelemattomina, lisääntyneinä rakennuskuluina sekä aikataulun isolla venymisellä. Mikäli taas haitta-ainetutkimukseen panostetaan suunnitteluvaiheessa ja tehdään se huolellisesti, voidaan ennen korjaustyön aloitusta suunnitella mahdolliset haitta-ainepurut, laskea niiden vaikutukset kustannuksiin sekä aikatauluihin ja tällä tavalla välttyä isoilta yllätyksiltä.

**Asiasanat:** haitta-aine, korjausrakentaminen, sisäilma, kapselointi

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Juha Myllykangas
Thesis title	Consideration of contaminants in repair construction
Commissioned by	Granlund Oy
Time	2025
Pages	46 pages
Supervisor	Henri Varis Tuomas Vesalainen (Granlund Oy)

## ABSTRACT

The topic of this thesis was to study the harmful substances present in old buildings through literature and earlier studies. Due to the sharp increase in the maintenance backlog of buildings, the identification of harmful substances is becoming increasingly important. The objective of the work was to study information from reliable sources and to create a data package of the work for designers and renovation builders.

The method of the work was to read about the four most common contaminants used in construction and to bring the most important points together for this work. The work covered the history of asbestos, PAHs, PCBs and heavy metals, the frequency of use and issues related to demolition. In addition, the function and challenges of encapsulation of contaminants were studied.

As a result of the work, it was found that the use of harmful substances has been very abundant in the last century and there are still considerable amounts of them in the structures and materials of old buildings. In addition, it was concluded that if no high-quality and comprehensive mapping and research of harmful substances is carried out during the planning phase of the repair project, it may become very expensive during the demolition phase of the old structures. If large amounts of hazardous or harmful substances are unexpectedly found in the structures during the demolition phase, the schedules may be delayed by several months, even years, and the costs may increase very quickly.

The work was successful and reached its objectives. For the client, the work is especially useful in large cities with a lot of old buildings that need thorough renovation.

**Keywords:** harmful substance, demolition, contaminants

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YLEISIMMÄT HAITTA-AINEET RAKENTAMISESSA .....	7
2.1	Asbesti.....	7
2.1.1	Historia.....	7
2.1.2	Lajit ja käyttökohteet .....	9
2.1.3	Haitallisuus ihmiselle.....	11
2.2	PAH-yhdisteet.....	12
2.2.1	Historia.....	13
2.2.2	Yleisimmät käyttökohteet .....	13
2.2.3	Haitallisuus ihmiselle ja luonnolle .....	15
2.3	PCB-yhdisteet.....	17
2.3.1	Historia.....	17
2.3.2	Yleisimmät käyttökohteet .....	18
2.3.3	Haitallisuus ihmiselle ja luonnolle .....	18
2.4	Raskasmetallit .....	19
2.4.1	Historia.....	20
2.4.2	Yleisimmät käyttökohteet .....	20
2.4.3	Haitallisuus ihmiselle ja luonnolle .....	21
3	HAITTA-AINETUTKIMUS .....	22
3.1	Asbestikartoitus .....	23
3.2	Tutkimussuunnitelma.....	24
3.3	Kenttätyö ja näytteenotto .....	26
3.4	Raportointi .....	27
4	HAITTA-AINEIDEN PURKUTYÖ .....	29
4.1	Purkumenetelmät.....	29
4.1.1	Pussipurkumenetelmä .....	30
4.1.2	Ehjänä irrottaminen.....	31

4.1.3	Märkähiekkapuhallus .....	31
4.1.4	Upotusmenetelmä ja märkäpurkumenetelmä .....	32
4.1.5	Kohdepoistomenetelmä .....	32
4.1.6	Osastointimenetelmä .....	33
4.2	Jätteiden käsittely .....	35
4.3	Dokumentointi.....	36
5	KAPSELOINTI .....	40
5.1	Kapseloinnin toteutus .....	41
5.2	Kapseloinnin haasteita.....	42
6	YHTEENVETO .....	42
	LÄHTEET.....	44

## 1 JOHDANTO

Rakennusmateriaaleissa on käytetty haitta-aineita runsaasti aina 1990-luvulle saakka. Täten iso osa Suomen rakennuskannasta sisältää joitain terveydelle ja ympäristölle haitallisia aineita. Korjausvelan jyrkän kasvun vuoksi, sekä työn tekohetkellä rakennusalalla vallitsevan uudisrakentamisen jyrkän laskusuhdanteen vuoksi, korjausrakentamisessa esiintyvät haitta-aineet ja niiden oikeanlainen käsittely ovat todella ajankohtaisia. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan aiemmin tehtyjen tutkimusten avulla vanhoissa rakennuksissa yleisimmin esiintyviä haitta-aineita, missä rakenteissa niitä esiintyy ja miten aineiden kanssa tulee toimia, mikäli niitä löytyy.

Työn tavoitteena on luoda yhteenveto laajasta kirjallisuudesta sekä aiemmista tutkimuksista vanhoissa rakennuksissa yleisimmin esiintyvistä haitta-aineista. Onnistuessaan työ voisi toimia perustietopakettina, jonka avulla voitaisiin välttää joitain isoja ja kalliita yllätyksiä korjausrakentamisessa.

Työn ensimmäisessä luvussa käsitellään yleisimpiä rakennuksissa esiintyviä haitta-aineita. Työssä on keskitytty neljään yleisimpään haitta-aineryhmään: asbesti, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet ja raskasmetallit. Näistä ryhmistä rajataan käsittelyyn yleisimmät ja vaarallisimmat aineet. Osassa käsitellään haitta-aineiden historiaa, yleisimmin käytettyjä lajeja ja niiden käyttökohteita sekä aineen haitallisuutta ihmiselle ja luonnolle.

Toisessa luvussa käsitellään arkistotietoihin ja aistivaraisiin havaintoihin perustuvan haitta-ainekartoituksen tekemistä, tutkimussuunnitelman laatimista ja sen perusteella tehtävän tarkemman haitta-ainetutkimuksen tekemistä. Lisäksi osiossa käydään läpi tutkimusten kentällä tehtävää työtä, näytteenottoa sekä lopullisen raportin tekemistä.

Työn kolmannessa luvussa käydään läpi erilaisia poistomenetelmiä, niihin liittyviä toimenpiteitä liittyen ilmanvaihtoon, purkualueen oikeanlaiseen osastointiin ja jätteiden käsittelyyn. Lisäksi tarkastellaan haitta-aineiden purkutyön luvanvaraisuutta ja tehdyn työn dokumentointia.

Neljännessä luvussa tutkitaan haitta-aineen eristystä kapseloimalla, mikäli poistaminen ei ole mahdollista. Osassa tarkastellaan kapselointimenetelmiä, kapseloinnin suunnittelua, toimivuutta sekä kapseloinnin haasteita.

Viidennessä luvussa tehdään yhteenveto työstä, jossa pohditaan, mitä on opittu työn tekemisen aikana sekä mahdollisia ongelmia haitta-aineiden etsinnässä ja poistamisessa tänä päivänä.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Granlund Oy, joka toimii muun muassa korjausrakentamishankkeissa talotekniikan suunnittelijana ja valvojana. Koska rakennuskohteina on usein 1900-luvun alkupuolella rakennettuja rakennuksia, on yrityksen intressien mukaista saada mahdollisimman paljon tietoa mahdollisista haitta-aineista, joita kohteissa saattaa esiintyä.

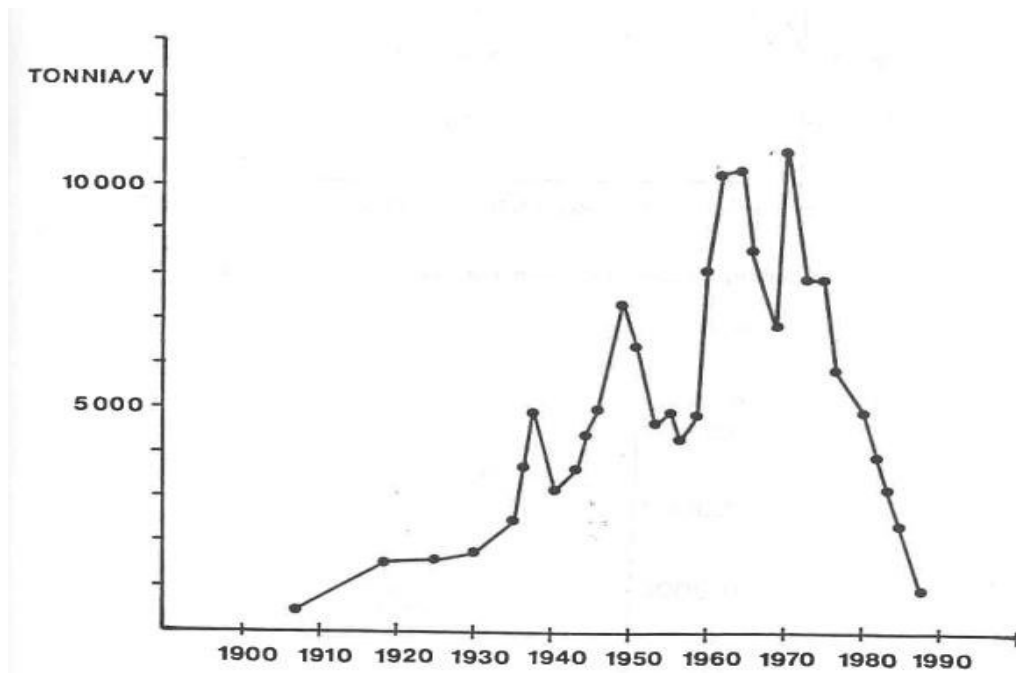
## **2 YLEISIMMÄT HAITTA-AINEET RAKENTAMISESSA**

### **2.1 Asbesti**

Asbesti on kuitumaisista silikaattimineraaleista käytetty yleisnimitys. Hajotessaan kuitukimpusta muodostuva asbesti muodostaa pitkiä, mutta mikroskooppisen ohuita kuituja, joiden paksuus on 0,03–3 mikrometriä, mutta pituus voi olla jopa kymmeniä mikrometrejä. /1, s. 6./ Rakennusmateriaaleissa asbesti esiintyy lähes aina kiinteässä olomuodossa, eikä se aiheuta merkittävää terveysriskiä rakennuksen normaalin käytön aikana, ellei rakennuksessa ole asbestia sisältäviä materiaaleja rikkoutuneena. Koska asbesti kiinteässä olomuodossa ei aiheuta merkittävää terveysriskiä, ei sille ole myöskään olemassa mitään poistamisvelvoitetta. /1, s. 33./

#### **2.1.1 Historia**

Suomessa asbestin teollinen käyttö on alkanut vuonna 1905. Asbestipitoisia tuotteita on valmistettu Suomessa vuoteen 1988 saakka. Asbestin käyttö rakennusmateriaaleissa ajoittuu vuosille 1922–1992. /1, s. 7–8./ Kuvassa 1 on esitetty asbestin suosion kasvu, huippuvuodet sekä jyrkkä pudotus, kun tietoisuus materiaalin vaaroista lisääntyi. Runsaimmillaan asbestin käyttö oli 1960–1970-luvuilla, jolloin asbestia käytettiin joinakin vuosina yli 10 000 tonnia/vuosi /2/.



Kuva 1. Asbestin käyttö Suomessa vuosina 1905–1988 /1, s. 7/

Kokonaisuutena asbestia on Suomessa käytetty noin 300 000 tonnia, josta arviolta noin kaksi kolmasosaa eli 200 000 tonnia on käytetty rakentamisessa. /1, s. 7–8./ Ympäristöministeriön vuonna 2023 tilaaman selvityksen mukaan asbestia on jäljellä Suomen rakennuskannassa vielä 50 000–80 000 tonnia. Ennen vuotta 1990 valmistuneista rakennuksista noin 40–50 % todennäköisesti sisältää asbestia. Tämä arvio on kuitenkin vain suuntaa antava, koska tiedot peruskorjausten sisällöstä ja ajankohdasta ovat osin hyvinkin vajavaisia. /1, s. 33./

Suomi ja useat muut teollistuneet maat ottivat 1970-luvun puolivälillä käyttöön kieltoja sekä tarkkoja määräyksiä asbestin käyttöön liittyen. Sen jälkeen asbestin käyttö lähti nopeaan laskuun. Asbestipitoisten tuotteiden valmistuksen loppumisen (1988) jälkeen maahan tuotiin vielä asbestipitoisia tuotteita vuoteen 1994 saakka, jolloin astui voimaan asbestin ja asbestipitoisten tuotteiden myynti- ja käyttökielto. /1, s. 7–8./ Kiellosta huolimatta on joitakin tapauksia,

joissa rakennuksesta on todettu asbestia, vaikka kohde on valmistunut paljon vuoden 1995 jälkeen /3, s. 2/.

### **2.1.2 Lajit ja käyttökohteet**

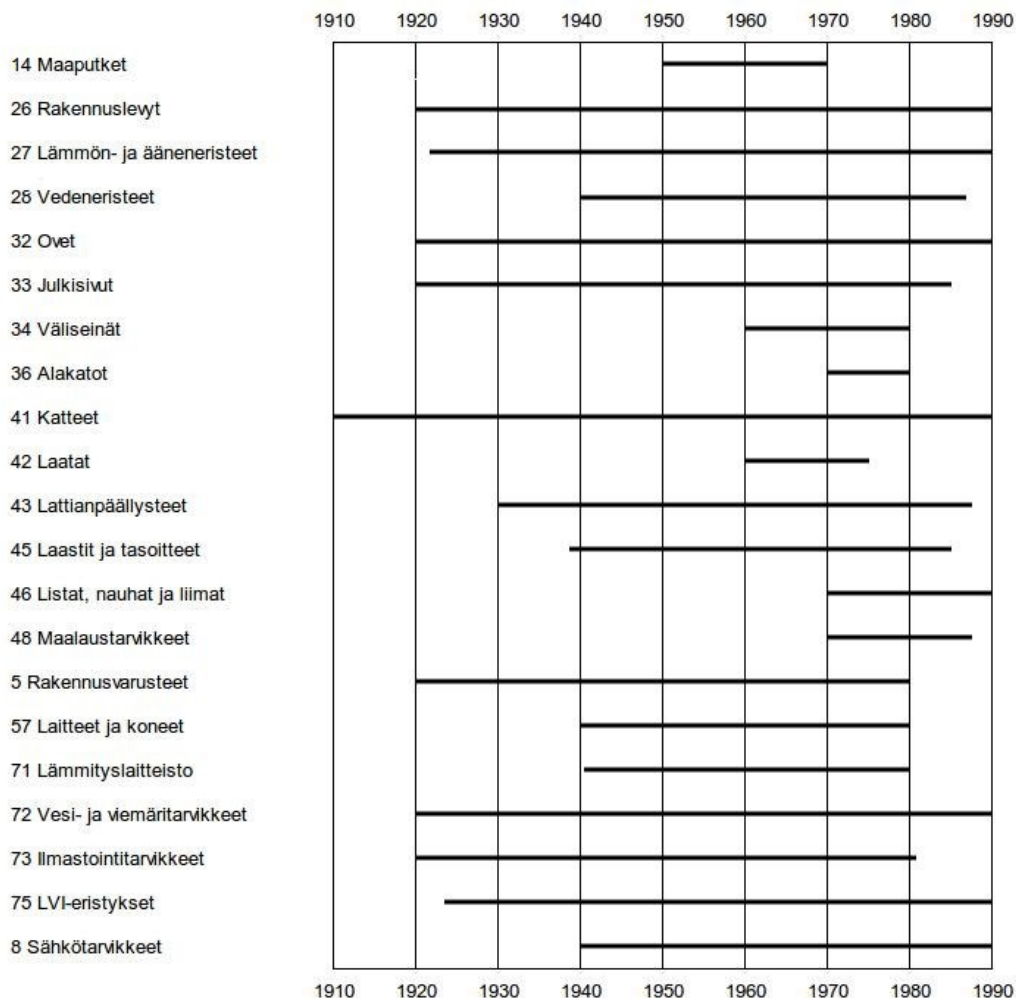
*Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta (798/2015)* määrittelee yksityiskohtaisesti asbestit. Ne ovat antofylliittiasbesti, kinoliittiasbesti, amosiittiasbesti, krokidoliitti, krysotiili, erioniitti ja tremoliittiasbesti. Yleisimpiä näistä ovat krysotiili (kokonaismäärästä n. 175 000 tonnia) ja antofylliittiasbesti (kokonaismäärästä n. 120 000 tonnia). Loput n. 5000 tonnia yhteensä krokidoliittia ja amosiittia. /1, s. 6–7./

Koska asbesti on erittäin monipuolinen, teknisiltä ominaisuuksiltaan todella hyvä materiaali, on sen käyttökohteita ollut todella paljon. Materiaalin ominaisuuksia ovat muun muassa hyvä korkeiden lämpötilojen kesto, hyvä lämmöneristävyys sekä kemiallinen kestävyys. Lisäksi asbestia on helppo käsitellä, muotoilla, jalostaa ja sillä on korkea vetolujuus. Hyvien ominaisuuksien lisäksi asbestin suosiota auttoi materiaalin halpa hinta verrattuna toisiin, teknisiltä ominaisuuksiltaan vastaavaan materiaaleihin. /1, s. 6./ Kuvassa 2 on esitetty joitain esimerkkejä rakennusmateriaaleista, joissa on käytetty asbestia /4, s. 6/.



Kuva 2. Laboratorioon asbestimääritykseen tuotuja materiaaleja /4, s. 6/

Asbestin käyttö rakentamisessa vuosina 1922–1992 on ollut erittäin yleistä, ja lähes kaikissa tällä aikavälillä valmistuneissa tai peruskorjatuissa rakennuksissa on käytetty rakennusmateriaaleja, jotka sisältävät asbestia. Kuvassa 3 aikajaksot, jolloin asbestia on käytetty erilaisissa rakennusmateriaaleissa. /1, s. 8–9./

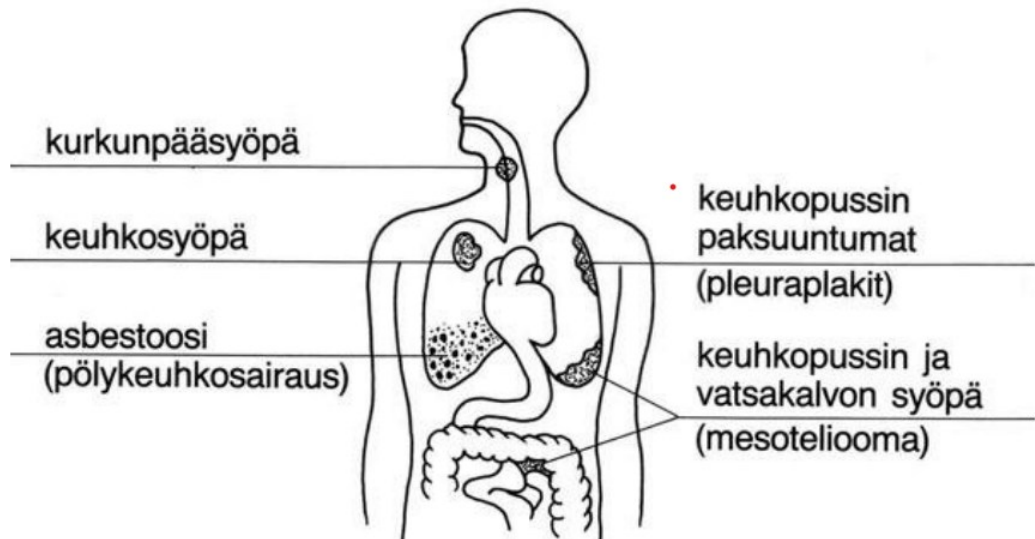


Kuva 3. Asbestia sisältävien rakennusmateriaalien käyttö vuosittain /1, s. 9/

### 2.1.3 Haitallisuus ihmiselle

Huolimatta siitä, että asbesti on ollut kiellettyä EU:n alueella vuodesta 2005 lähtien, on se edelleen huomattava terveysriski. Yli 70 000 ihmistä kuolee vuosittain Euroopan alueella asbestin aiheuttamiin sairauksiin ja ammattitaudeissa asbesti liittyy lähes 80 %:iin tapauksista. /5./

Asbestin yleisimmät ihmiselle aiheuttamat sairaudet ovat keuhkopussin paksuntumat eli pleuraplakit, asbestoosi, keuhkosityöpä sekä vatsakalvon- ja keuhkopussinsyöpä eli mesoteliooma. Kuvassa 4 on esitetty asbestin terveyshaitat ihmisen elimistössä. /4, s. 14–16./



Kuva 4. Asbestin terveyshaitat ihmisen elimistössä /4, s. 16/

Pitoisuus asbestipölylle ilmoitetaan minimissään viiden mikrometrin pituisten kuitujen määränä kuutiosenttimetrissä ilmaa,  $\text{k/cm}^3$ . Sitova raja-arvo kahdeksan tunnin altistumiselle on vaiheittain laskettu 1980-luvun alun pitoisuustasosta  $5 \text{ k/cm}^3$ , vuonna 2006 voimaan tulleeseen pitoisuustasoon  $0,1 \text{ k/cm}^3$ .  $0,1 \text{ k/cm}^3$  on myös asbestityön suurin sallittu pitoisuus nykyään. /2./ Euroopan parlamentissa on 3.10.2023 hyväksytty uusi direktiivi, joka laskee altistumisen raja-arvon tasoon  $0,01 \text{ k/cm}^3$ . Lisäksi direktiivissä linjataan entistä tarkemman teknologian käyttöönottoon asbestikuitujen tutkimisessa. /5./

## 2.2 PAH-yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet ovat useita aromaattisia renkaita sisältäviä hiilivetyjä. PAH-yhdisteitä on olemassa runsaasti erilaisia, mutta rakennusmateriaaleissa esiintyy korkeina pitoisuuksina yleensä muutamia kymmeniä. Rakennustarvikkeissa esiintyvien PAH-yhdistepitoisuuksien lähteenä ovat kivihiilitervapohjaiset aineet, joita on käytetty tuotteissa. Kivihiiliterva on sivutuote, joka syntyy, kun kivihiilestä valmistetaan koksia kuivatuslauksen avulla (kuva 5). /6, s. 11./



Kuva 5. Kivihiilitervapohjaisten tuotteiden valmistus /6, s. 11/

### 2.2.1 Historia

Suomessa rakentamisessa on käytetty kivihiilitervapohjaisia aineita 1800-luvun loppupuolelta 1960-luvulle. Aineiden käyttö lopetettiin rakentamisessa ja tienrakentamisessa 1960-luvulla, mutta esimerkiksi Saksassa kivihiilipikeä käytettiin sideaineina tienrakennuksessa vielä 1990-luvulle asti. 1960-luvun loppuun tultaessa kivihiilitervapohjaiset materiaalit korvattiin kokonaisuudessaan bitumeilla. /6, s. 15, 19, 25./ Kivihiilitervapohjaisia materiaaleja saattaa kuitenkin esiintyä myös 1960–1970-luvun rakennuksissa. Tästä syystä haitta-ainetutkimusohjeistuksessa suositellaan, että kaikissa 1990-luvun alkuun mennessä valmistuneissa rakennuksissa selvitetään remonttia suunniteltaessa, esiintyykö PAH-yhdisteitä rakenteissa. /7, s. 3./

### 2.2.2 Yleisimmät käyttökohteet

PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita on niiden hitaan biohajoavuuden ja vesitiiveyden vuoksi rakentamisessa käytetty erityisesti suojaamaan materiaaleja ja rakenteita kosteudelta, lahottajilta, tuhohyönteisiltä ja mikrobeilta /6, s. 11/.

Kivihiilitervalla on suojattu muun muassa puupalkkien päitä ja kyllästetty huopia, rakennuspapereita sekä -pahveja. Näitä on käytetty höyryn- ja kosteussulkuna, kattohuopina sekä eristettäessä putkia. /7, s. 3./

Kivihiilipikeä on käytetty vaihtelevan paksuisina kerroksina valettuina tai siveltyinä veden- ja kosteudeneristykseen muun muassa perustuksissa ja lattioissa. Kivihiilipikeä on voitu käyttää myös valuasfaltin, jota on käytetty lattiarakenteissa, valmistuksessa. /7, s. 3./

Kreosootiöljyä on käytetty puutuotteiden käsittelyyn ja kyllästämiseen. Lisäksi sitä on käytetty esimerkiksi kellarien seinien sisäpuoliseen vedeneristykseen (kuva 6). /8./



Kuva 6. Kreosotilla pinnoitettu kellarin seinä /8/

Vuonna 2022 EU hyväksyi kreosootiöljyn uudelleen biosidiseksi tehoaineeksi. Sillä voi kyllästä ainoastaan sähkö- ja telejohtojen pylviä sekä ratapölkkyjä, ja se on sallittu vain teollisuus- ja ammattikäyttöön eikä sitä saa myydä tai luovuttaa kuluttajille. /9./ Biosidit ovat kemiallisia aineita, joita käytetään haitallisten eliöiden torjumiseen ja tuhoamiseen sekä niiden vaikutusten estämiseen. Biosidit ovat biologisesti aktiivisia aineita, jonka vuoksi ne voivat aiheuttaa myös ihmisille terveyshaittoja. /10./

Kuvassa 7 on esitetty esimerkkejä rakennustuotteista, joissa on voitu käyttää kivihiilitervapohjaisia aineita, ja niiden käyttötarkoituksia.

<b>Tuote</b>	<b>Käyttötarkoitus</b>
Sivelemällä suojakäsitelty puu	Massiivitiilirunkoisissa rakennuksissa puuväli- pohjien palkkien päissä
	Puisissa ulkorakenteissa
	Lankkulattioissa kosteusrasitetuissa tiloissa
Painekyllästetty puu	Puhelinpylväät, ratapölkkyt, näistä kierrätetyt pi- harakenteet
Mustat, piellä tai tervalla kyllästetyt rakennus- pahvit	Ulkovaipparakenteissa ilmansulkuna (ulkoseinät, yläpohjat)
	Putkieristeiden päällysteinä, yleensä maanvas- taisissa tunneli- tai alapohjatiloissa
Mustat, piellä tai tervalla kyllästetyt rakennus- paperit	Ulkovaipparakenteissa höyryn- ja ilmansulkuna, kevyissä väliseinissä
Mustat, piellä tai tervalla kyllästetyt huovat (kermit)	Märkätilojen lattioissa, usein pintabetonilaatan alla vedeneristeinä
	Vesikatteena
	Vesikatteen (pelti, tiili) aluskatteena
	Maanvastaisissa seinissä
Puuväli- ja alapohjissa palkkien päiden suojana	
Piellä sidostettu korkkilevy, korkkilevyn kiinnityksessä käytetty pikiliima	Perusmuurien, ulkoseinien ja yläpohjien eris- teenä (harvinaisen)
Pikiliima	Ns. puupölkkylattioiden ja parkettien, muiden lattiapäällysteiden, korkki- ym. eristelevyjen kiinnitys, yleensä betonialustaan
Pikimaali	Peltikattojen maalina
Pikisivelyt	Maanvastaisten betonirakenteiden (alapohjat, kellarinseinät, putkikanaalit jne.) sisäpinnassa vedeneristeinä
	Tiilimuurausten sisällä pysty- ja vaakasuuntais- ina kerroksina kapillaarikatkona
	Kylmien tilojen päällä olevien välipohjarakentei- den betoni- tai tiilirakenteiden yläpinnoilla
	Märkätilojen lattioissa ja seinissä ylösnostoina
	Rintamamiestalojen betonirakenteisen pohjaker- roksen valun yläpinnassa kosteuseristeinä
Valuasfaltti	Kosteiden tilojen ja porrashuoneiden lattianpin- noitteena
	Kellarien maanvastaisten alapohjien lattioiden materiaalina, maata tai tiililadellmaa vasten, sekä toisinaan nostettuna seinille
	Märkätilojen lattioiden vedeneristeinä
Tervatut tai pietyt orgaaniset eristeet	Sähkökaapeli- ja putkieristeiden kyllästeenä lyijyput- kien sisällä (ns. Bergmanin putket)
	Paperi- ja lankapunosten kyllästeenä sähkökaa- pelieristeissä
	Ikkunaliittymiä tiivistävien riveiden kyllästeenä

Kuva 7. Kivihiilitervapohjaisia rakennusmateriaaleja ja niiden käyttötarkoituksia /6, s. 15/

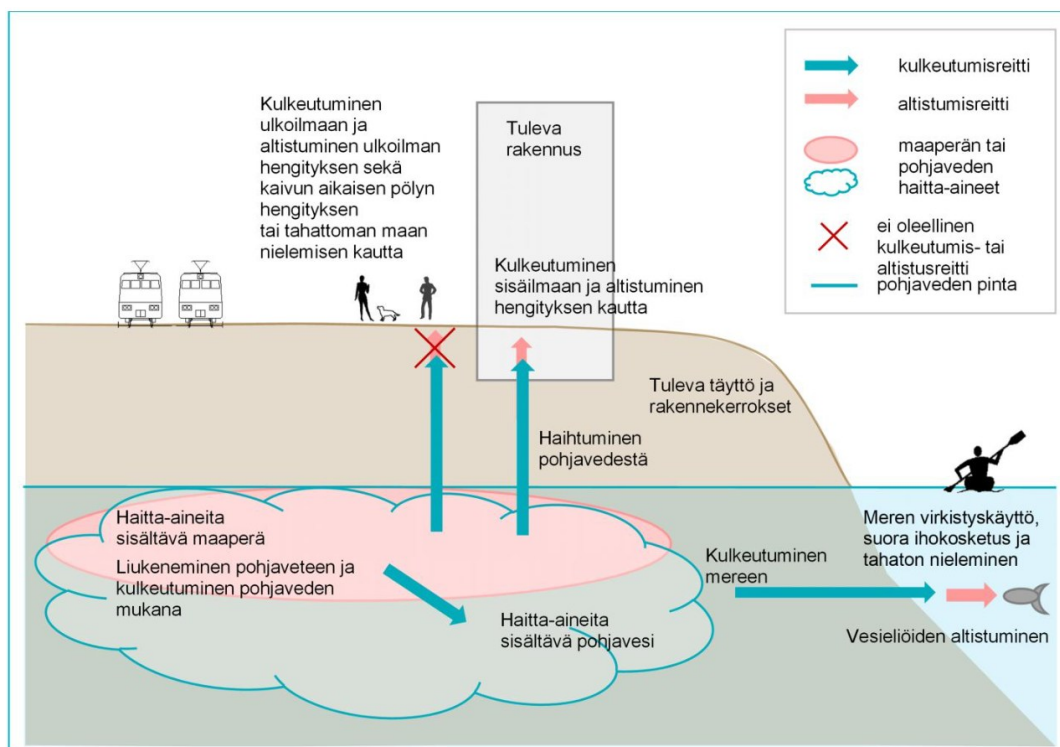
### 2.2.3 Haitallisuus ihmiselle ja luonnolle

PAH-yhdisteet ovat ihmisen lisääntymis- ja terveydelle vaarallisia ja aiheuttavat syöpää ja perimämuutoksia. Normaalissa huonelämpötilassa yhdisteet ovat kiinteitä ja heikosti haihtuvia pois lukien naftaleeni. Ilmassa yhdisteet esiintyvät sitoutuneina pölyihin ja muihin hiukkasiin. Ihmisen elimistöön PAH-yhdis-

teet imeytyvät ruuansulatuskanavan, hengitysteiden ja ihon kautta. Koska yhdisteet läpäisevät biologisia kalvoja helposti, ne voivat elimistössä kulkeutua joka paikkaan, myös istukkaan. /11, s. 41./

PAH-yhdisteille asetettuja työntekijöille haitalliseksi tunnetun pitoisuuden viitearvoja (HTP-arvoja) on asetettu naftaleenille ja bentso(a)pyreenille. Naftaleenin HTP-arvot ovat  $5 \text{ mg/m}^3/8$  tuntia sekä  $10 \text{ mg/m}^3/15$  minuuttia ja bentso(a)pyreenin HTP-arvo on  $0,01 \text{ mg/m}^3/8$  tuntia. Työterveyslaitos on ehdottanut 8 tunnin tavoitetasoiksi naftaleenille  $0,05 \text{ mg/m}^3$  hengitystievaikutusten minimoimiseksi ja bentso(a)pyreenille  $0,01 \mu\text{g/m}^3$  keuhkosityöpäriskin pienentämiseksi. /11, s. 41–42./ Naftaleenille annettua  $\text{HTP}_{15\text{min}}$ -arvoa vastaavia pitoisuuksia saa esiintyä korkeintaan kerran tunnissa ja 8 tunnin työpäivän aikana korkeintaan 4 kertaa yhteensä /12, s. 11/.

PAH-yhdisteistä aiheutuvia tyypillisiä ympäristöhaittoja on pohjaveden laadun huonontuminen, eliöissä tapahtuvat haitalliset vaikutukset ja ekosysteemin toiminnan heikentyminen. Koska myös luonnon omissa prosesseissa muodostuu PAH-yhdisteitä, pystyvät monet eliöt sietämään vähäisiä pitoisuuksia. Ympäristössä esiintyvät PAH-yhdisteet voivat myös kulkeutua ihmisen elimistöön pölyn, veden, vesieliöiden, ravintokasvien ja ihokosketuksen kautta (kuva 8). /13./



Kuva 8. Haitta-aineiden vaikutukset maaperässä /13/

## 2.3 PCB-yhdisteet

Polykloorattuja bifenyylejä eli PCB-yhdisteitä on käytetty hyvin yleisesti kondensaattori- ja muuntajaöljyissä sekä sähkölaitteiden eristysaineena. Lisäksi niitä on käytetty maaleissa, pehmittiminä muoveissa, saumaussmassoissa, liimoissa ja monissa muissa teollisissa käyttötarkoituksissa. PCB-yhdisteet ovat olleet suosittuja hyvän kosteuden kestävyytensä ja vähäisen syttymisherkkyytensä vuoksi. Tämä tekninen etu aiheuttaa myös sen, että yhdisteet ovat erittäin pitkään säilyviä ympäristössä. /14, s. 38./

### 2.3.1 Historia

PCB-yhdisteitä sisältävien rakennusaineiden teollinen tuotanto alkoi vuodesta 1930 ja jatkui aina vuoteen 1990 saakka. PCB-yhdisteet Suomessa on aina tuotu muualta, niitä ei ole koskaan valmistettu Suomessa. Vuosien 1940–1975 välillä valmistetut erilaiset maalit, liimat ja pinnoitteet saattavat sisältää jopa 10 % PCB-yhdisteitä. /15, s. 99./

Elementtirakentamisen alkamisen myötä 1950-luvun lopulla alkoi myös PCB-yhdisteitä sisältävien elastisten polysulfidipohjaisten ja muiden saumaussmassojen käyttö. Polysulfidipohjaisiin massoihin lisättiin PCB-yhdisteitä ainakin

vuoteen 1974 saakka. Täsmällistä ajankohtaa käytön lopettamiselle ei pystytä määrittämään ja PCB-pitoisten saumausmassojen käyttö on voinut jatkua myös 1980-luvulla. /15, s. 101./

PCB-yhdisteiden tuontia rajoitettiin vuodesta 1972 eteenpäin ja vuoden 1990 alusta lähtien yhdisteiden ja yhdisteitä sisältävien tuotteiden maahantuonti, valmistaminen, myyminen ja luovuttaminen kiellettiin kokonaan /15, s. 99/.

### **2.3.2 Yleisimmät käyttökohteet**

Maaleista suurimmat PCB-yhdistepitoisuudet on havaittu betonilattiamaaaleista kellaritiloista ja puulattiamaaaleista. Maalitehtaiden ilmoitusten perusteella PCB-yhdisteitä on käytetty ainakin vinyyli-, kloorikautsu- ja syklokautsumaa-leissa. Kaikkein runsaimmillaan yhdisteiden käyttö maaleissa Suomessa oli vuonna 1969. Kyseisenä vuonna PCB-yhdisteitä käytettiin maaliteollisuudessa enemmän kuin saumamassojen valmistuksessa. /15, s. 99./

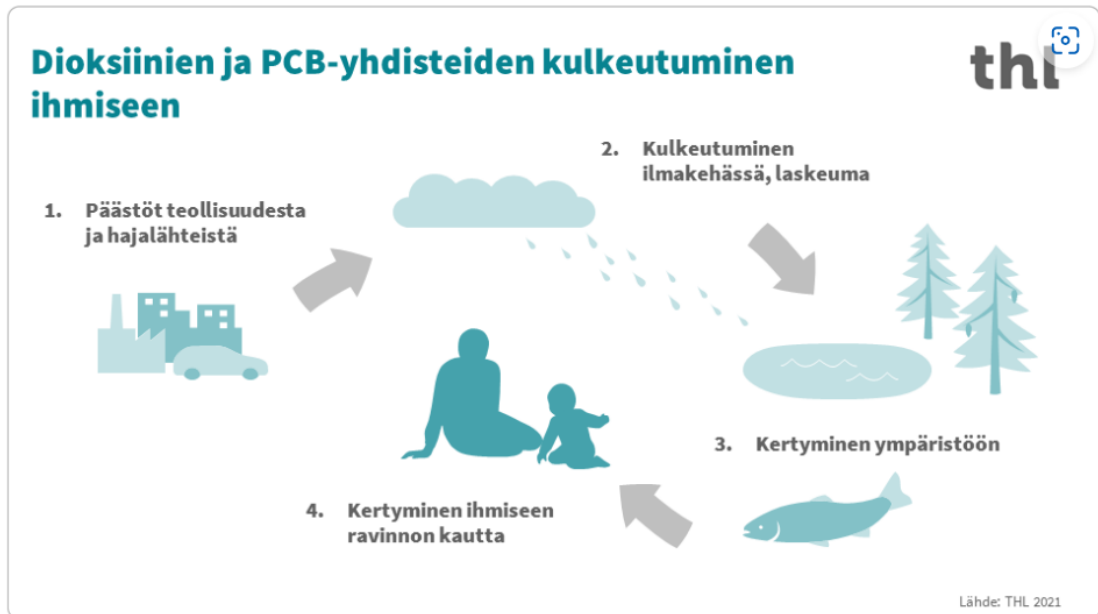
PCB-yhdistepitoisia saumausmassoja on käytetty elementtirakennusten saumoissa paljon 1950-luvun lopulta 1970-luvun lopulle saakka. Lisäksi niitä on käytetty parvekerakenteissa, ikkunoiden sumauksissa ja vanhojen lämpöläsien tiivistysmassoista. PCB-pitoisuudet eri saumausmassoissa vaihtelivat runsaasti riippuen valmistuserästä ja valmistajasta. Saumausmassat ovat keskimäärin voineet sisältää 10–20 % PCB:tä. /16./

PCB-yhdisteitä on käytetty runsaasti myös sähkölaitteissa eristysaineena (sähkönvaraajissa ja muuntajissa) sen vähäisen syttymisherkkyuden vuoksi. Lisäksi niitä on käytetty muun muassa voiteluaineissa, lämmönsiirtimen öljyissä, leikkausöljyissä ja palonestoaineissa. /14, s. 20./

### **2.3.3 Haitallisuus ihmiselle ja luonnolle**

PCB-yhdisteet lisäävät ihmisellä riskiä sairastua syöpään, joskin vain suuren, yleisesti työperäisen, altistumisen takia. Muita terveysvaikutuksia, jotka liitetään PCB-yhdisteisiin ovat hormonitoiminnan häiriöt, aineenvaihdunnan häiriöt ja immunotoksisuus sekä lisääntymis- ja kehityshäiriöt. /11, s. 26./

Työperäinen altistuminen PCB-yhdisteille tapahtuu nykyään lähinnä vanhoissa rakennuksissa kunnostus- ja purkutyössä varsinkin, jos vanhoja saumausmassoja joudutaan purkamaan. TTL:n tilastojen perusteella altistuminen PCB-yhdisteille on työntekijöillä saman tasoista nykyään kuin muun väestön altistuminen ympäristöstä peräisin oleville yhdisteille. Kuvassa 9 esitetty PCB-yhdisteiden kulku ympäristössä. /17./



Kuva 9. PCB-yhdisteiden kulku ympäristössä /17/

Koska PCB-yhdisteet ovat rasvaliukoisia ja huonosti vesiliukoisia, ne kerääntyvät ympäristössä eliöiden rasvoihin ja aiheuttavat ravintoketjun yläpäässä suuria pitoisuuksia. PCB-yhdisteet ovat myös hyvin kestäviä ja täten poistuvat hitaasti luonnosta. Esimerkiksi Itämerellä pitoisuudet ovat laskeneet eliöissä, mutta merenpohjassa on runsaasti aineita varastoituneena, ja todennäköisesti ne pysyvät siellä vuosisatoja. /18./

## 2.4 Raskasmetallit

Erilaisia raskasmetalleja on käytetty rakentamisessa muun muassa maaleihin, muovimattoihin ja saumausaineisiin. Lisäksi niitä on käytetty puun kyllästämiseen. Käytettyjen raskasmetallien määrä on runsas, maaleista haitta-aineanalyseissä esimerkiksi tulee selvittää elohopea-, vanadiini-, sinkki-, anti-  
moni-, kupari-, lyijy-, nikkeli-, koboltti-, kromi-, arseeni- ja kadmiumpitoisuudet. /15, s. 99, 102–104./

### 2.4.1 Historia

Raskasmetallien käyttö ulottuu todella kauas historiaan. Esimerkiksi lyijyä on sulatettu ja puhdistettu nykyisen Turkin alueella koruihin ja helmiin sekä muihin koristeisiin jo noin 8000 vuotta sitten. Vesijohtoihin lyijyä on käytetty Mesopotamiassa noin 5000 vuotta sitten. Lyijyn käyttö lisääntyi paljon, kun antiikin roomalaiset ja kreikkalaiset avasivat kaivoksia Britanniassa, Kreikassa ja Galliassa. /19./

Raskasmetallien käyttö rakentamisessa teollisella ajalla alkoi 1800-luvun loppupuolelta, ja se on jatkunut aina vuosituhaten vaihteeseen saakka. Lyijyn käyttö saumamassoissa on loppunut 1980-luvun lopulla. /20, s. 25./ Puun kylästysaineissa kromia, kuparia ja arseenia sisältävät CCA-kyllästeet sekä kromia ja kuparia sisältävät CC-kyllästeet on pyritty korvaamaan pelkästään kuparisuolokyllästeillä. Nykyäänkin käytetään edelleen CCA-kyllästeitä puun kylästämiseen, mutta tämän puumateriaalin käyttö on tarkoin rajattua, eikä tuotteita saa lainkaan myydä tai luovuttaa kuluttajille. /15, s. 103./

Maaleissa metallien käyttö ulottuu vuosituhaten vaihteeseen saakka. Tämän vuoksi raskasmetallien kartoittamista suositellaankin aina, kun vanhaa maalia poistetaan siten, että altistuminen hiontapölylle tai muulle vastaavalle ihon tai hengitysteiden kautta on mahdollista. /21./

### 2.4.2 Yleisimmät käyttökohteet

Raskasmetalleja on käytetty monenlaisissa maaleissa runsaasti aina vuosituhaten vaihteeseen saakka muun muassa korroosionestoaineena sekä väripigmentteinä. Kaksikomponenttisissä saumamassoissa on käytetty lyijyä kovetteena vielä 1980-luvulle saakka. /15, s. 99, 102./ Kuvassa 10 on esitetty vanhan valurautaisen viemäriputken sauma, joka sisältää lyijyä /14, s. 19/.



Kuva 10. Lyijyliitos valurautaviemärissä /14, s. 19/

Lisäksi raskasmetalleja on käytetty runsaasti myös puun kyllästämiseen ja vanhoihin muovi- ja PVC-mattoihin sekä jalka- ja potkulistoihin /15, s. 103–104/.

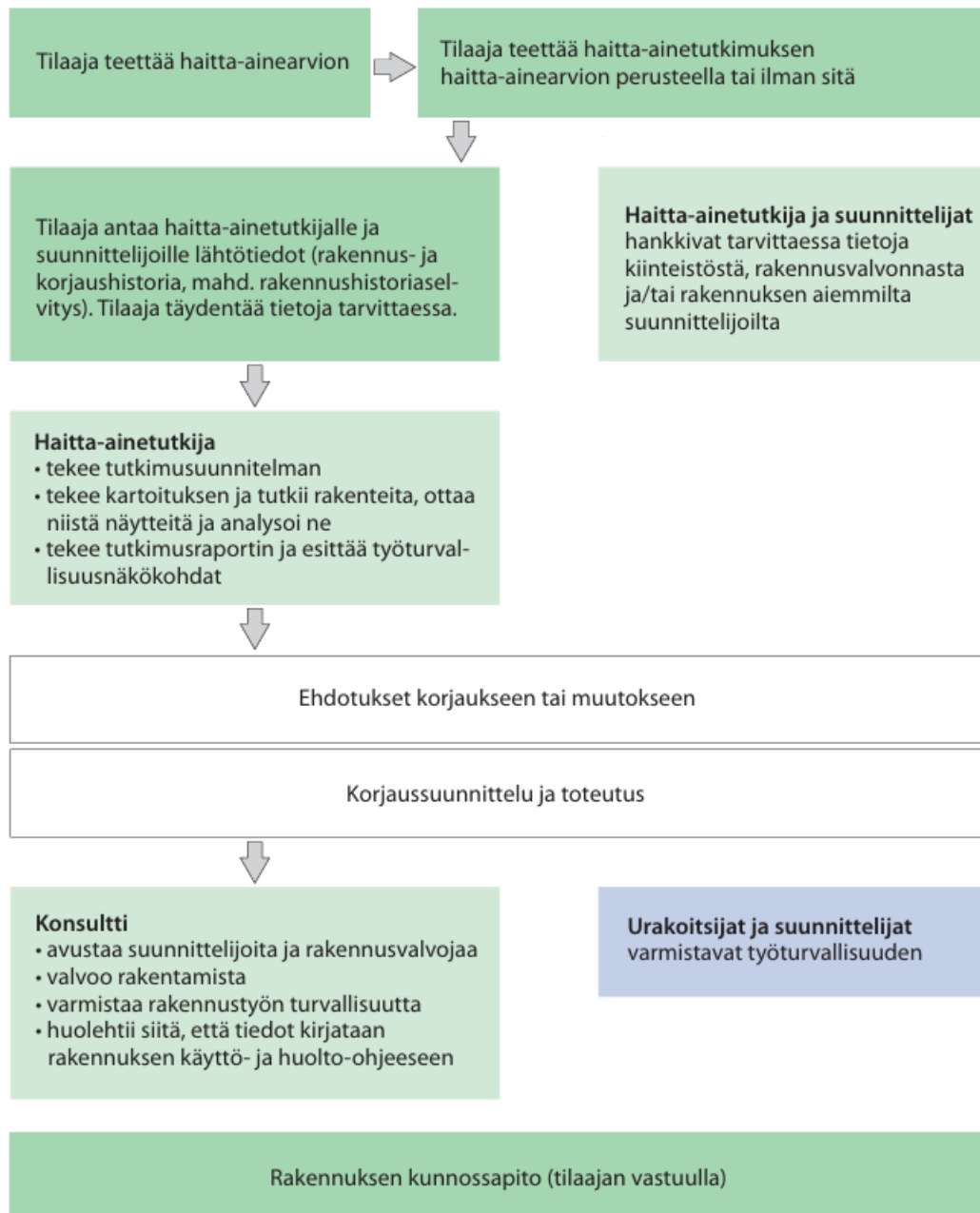
### 2.4.3 Haitallisuus ihmiselle ja luonnolle

Kansainvälinen syövän tutkimusjärjestö (IARC) on luokitellut muun muassa kromin, nikkelin ja kadmiumin sekä niiden yhdisteet ja arseenin sekä sen yhdisteet karsinogeenisiksi. Lyijy ja sen epäorgaaniset suolat sekä koboltti ja sen yhdisteet on luokiteltu syöpää aiheuttaviksi. Raskasmetallit aiheuttavat myös monia muita terveyshaittoja ihmisille. Ne häiritsevät muun muassa sikiön kehitystä, aiheuttavat vaaraa raskaudelle, ihomuutoksia, vaikuttavat sydän- ja verenkiertoelimistöön, limakalvoihin ja verisolujen muodostumiseen. Monille metalleille onkin asetettu haitallisena tunnettu pitoisuus (HTP) arvo kahdeksan tunnin altistumiselle. Raskasmetallit imeytyvät elimistöön pääasiassa hengitysteiden ja myös ihokosketuksen kautta. Suurin riski altistua raskasmetalleille on korjausrakentajilla ja metallinkierrätyksen eri vaiheiden työntekijöillä. /11, s. 43–46./

Koska raskasmetallit ovat alkuaineita, ne eivät häviä luonnon kiertokulusta vaan muuttavat muotoaan. Tämän vuoksi niitä voi olla esimerkiksi vesistöjen pohjasedimenteissä ja kasvillisuudessa vielä pitkään varastoituneena haitallisten päästöjen loppumisen jälkeenkin. /22./

### 3 HAITTA-AINETUTKIMUS

Miltei aina ennen rakennuksessa suoritettavia purku- tai korjaustöitä on työn kohteeseen tehtävä haitta-ainetutkimus. Työn tilaaja teettää asiantuntijalla haitta-ainearvion, jossa arvioidaan rakennuksessa mahdollisesti esiintyvät haitta-aineet perustuen aistihavaintoihin sekä rakennuksen rakennusajankohdan, käyttöhistoriaan ja rakennukseen aiemmin tehtyihin korjauksiin. Haitta-ainearvion raporttia käytetään haitta-ainetutkimuksen suunnittelussa pohjana sekä korjaussuunnittelun, korjaus- ja purkutyökustannusten ja jätteiden lajitte- luohjeiden alustavassa laadinnassa. Kuvassa 11 on esitetty haitta-ainetutki- muksen eri vaiheet haitta-ainearviosta korjauksen jälkeiseen rakennuksen kunnossapitoon. /3, s. 1–3./



Kuva 11. Rakennuksen haitta-ainetutkimuksen eri vaiheet /3, s. 2/

### 3.1 Asbestikartoitus

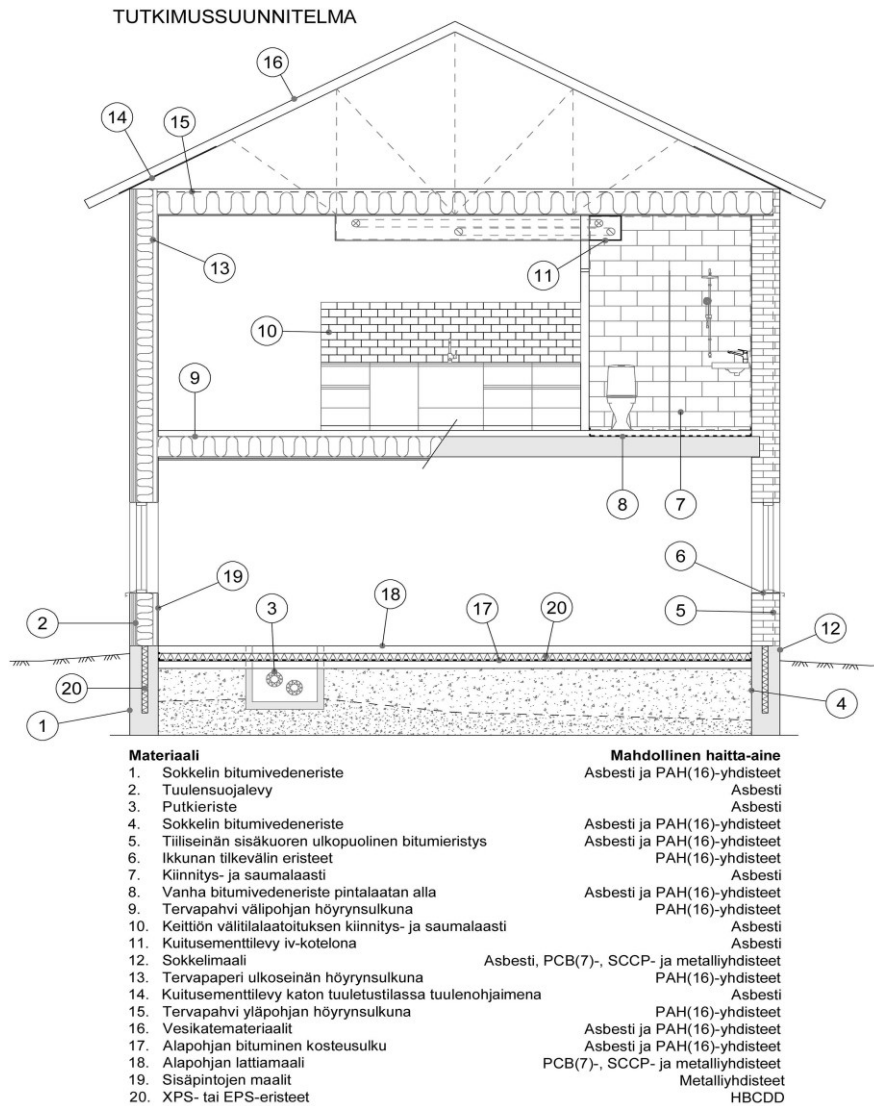
Valtioneuvoston asetuksessa asbestityön turvallisuudesta sanotaan: ”*Rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, johon voi sisältyä asbestipurkutyötä, on huolehdittava asbestikartoituksen tekemisestä*” /23/.

Haitta-ainetutkimus sisältää aina asbestikartoituksen. Asbestikartoituksessa selvitetään, sijaitseeko teknisissä järjestelmissä tai rakenteissa asbestia sisältävää materiaalia ja miten paljon materiaali pölyää, mikäli sitä joudutaan käsittelemään tai purkamaan. Tarvittaessa otetaan materiaalinäytteitä laboratorii-

ossa tehtävää asbestianalyysia varten. Asbestikartoituksen tekijältä lainsäädäntö edellyttää riittävää kokemusta ja perehtyneisyyttä asbestiin, sen mahdollisiin esiintymispaikkoihin ja asbestia sisältävien rakenteiden purkuun. Kokemusnäyttönä voidaan pitää muun muassa asbesti- ja haitta-aineasiantuntijan (AHA) sertifikaattia tai rakennusterveysasiantuntijan (RTA) sertifikaattia, mutta mitään tiettyä tutkintoa lainsäädäntö ei edellytä haitta-ainetutkijalta tai asbestikartoittajalta. /3, s. 2, 6./

### **3.2 Tutkimussuunnitelma**

Tilaaajalta saatujen lähtötietojen ja mahdollisten aistihavaintojen perusteella tutkija tekee tutkimussuunnitelman, missä määritellään näytteiden ottopaikat, mahdolliset haitta-ainelöydöt näytteistä, rakenteiden avauspaikat ja paikkaamiset näytteenottojen jälkeen sekä esitetään arvio tutkittavien näytteiden määrästä (kuva 12) /14, s. 3/.

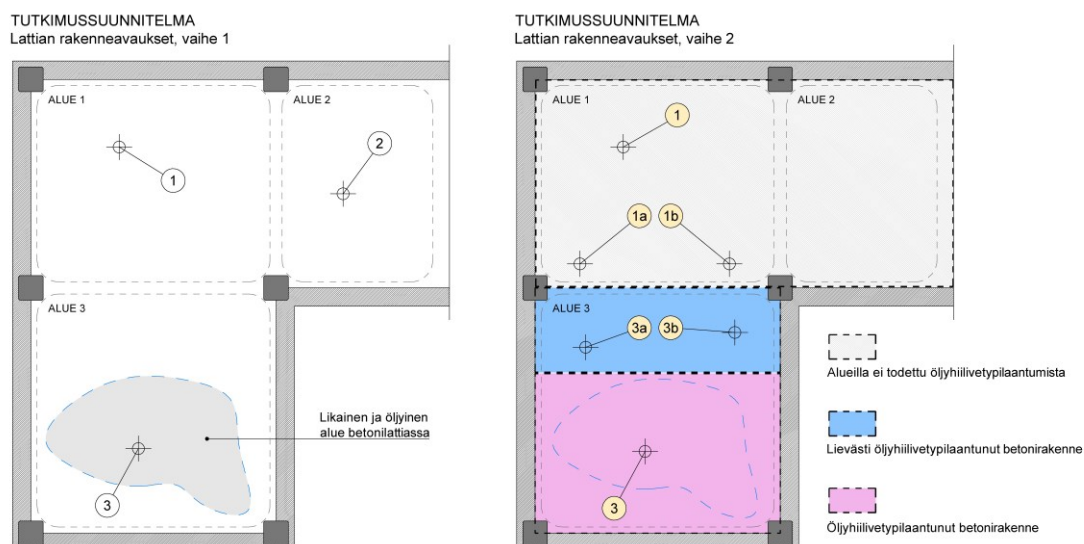


Kuva 12. Esimerkki tutkimussuunnitelmaan merkityistä näytteiden ottoapaikoista /14, s. 3/

Tutkimussuunnitelmassa esitetään seuraavat asiat:

- tutkimuksen tavoite
- tutkimuksen raja
- tutkimuksen tekijät
- tutkimusajankohta
- kenttätönn suunnitelma
- näytteenottojärjestys
- tutkittavat kohdat
- näytteenottoaikojen ja rakenteiden avauskohtien sijainti
- avauskohtien sulkeminen näytteenoton jälkeen
- rakenneavauskohtien rajaaminen ja ympäristön suojaus
- työ- ja käyttöturvallisuus.

Kuvassa 13 on esimerkki tutkimussuunnitelmassa esitetystä rakenneavauksesta vaiheessa 1 sekä näytteenottoapaikoista ja tehdyistä epäpuhtauslöydöistä vaiheessa 2 /14, s. 6/.



Kuva 13. Esimerkki tutkimussuunnitelmasta /14, s. 6/

### 3.3 Kenttätyö ja näytteenotto

Kenttätyö tulee suorittaa tutkimussuunnitelman mukaisesti ja työturvallisuudesta on huolehdittava ehdottoman tarkasti. Näytteet otetaan suunnitelluista näytteenottopaikoista ja samalla tehdään muistiinpanoja sekä otetaan valokuvia. Tutkittavassa kohteessa otetaan muun muassa ilma- sekä pyyhkäisy näytteitä ja rakenteista näytepaloja. Tutkijalla on oltava pääsy kaikkiin kohteen tiloihin. Tilaajan kanssa tulee sopia näytteenotto kohtien paikkaamisesta ja rakenteiden sulkemisesta. Mikäli tutkimuksen yhteydessä havaitaan jotain vaurioita, jotka vaativat välittömiä toimenpiteitä, tulee siitä tiedottaa välittömästi tilaajaa. Kuvassa 14 on esimerkiksi ilmanvaihtokanavan ruiskutuseristeenä käytettyä sinistä asbestia (krokidoliitti) paljaana, koska sitä peittävä vaalea an-tofylliittiasbestimassa on lohjennut pois. /14, s. 4, 16./



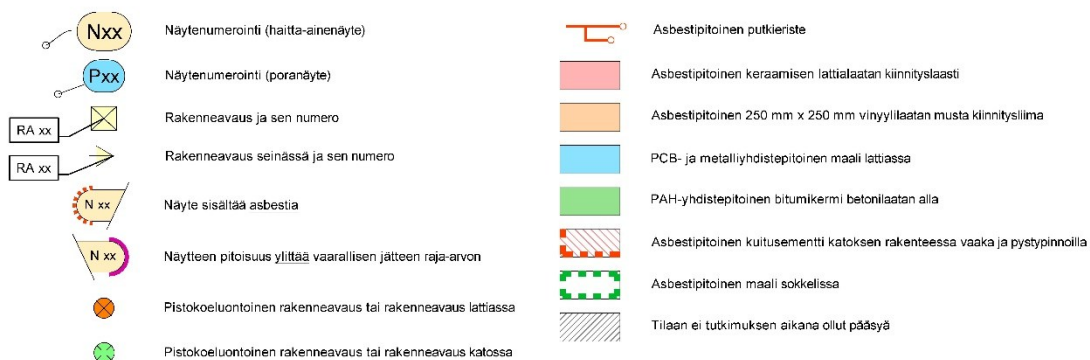
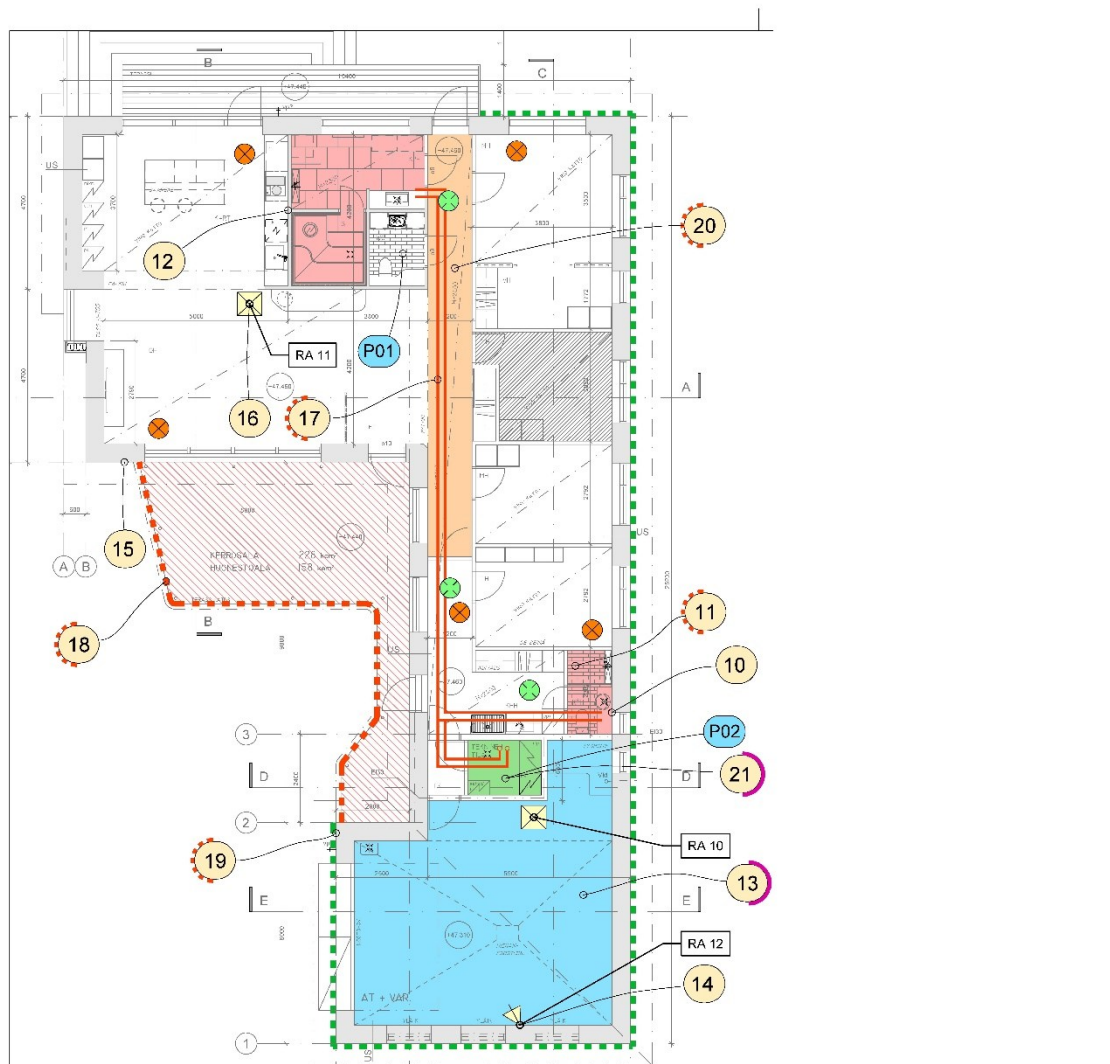
Kuva 14. Krokidoliittiasbestia ruiskutetussa muodossa peitettynä harmaalla an-  
tofylliittiasbestimassalla /14, s. 16/

Sininen asbesti eli krokidoliitti on normaalia asbestia vaarallisempi materiaali, koska varsinkin puhallettuna ruiskutuseristeenä sen purkamisesta vapautuu hengitysilmaan vaarallisia kuituja enemmän kuin normaalista asbestista /24/. Tästä syystä, mikäli kohteesta löytyy krokidoliittia ruiskutetussa muodossa on se mainittava raportissa erikseen /3, s. 8/.

Näytteitä lähetettäessä laboratoriotutkimuksiin, tulee huomioida laboratorion työntekijöiden sekä kuljetusliikkeitä käytettäessä näiden työntekijöiden turvallisuudesta. Mikäli näytteissä epäillään olevan herkästi haihtuvia yhdisteitä, täytyy varmistua kylmäketjun katkeamattomuudesta. /14, s. 4–5./

### 3.4 Raportointi

Tutkimuksesta laaditaan raportti aistinvaraisten havaintojen sekä kohteesta otettujen näytteiden analyysien perusteella. Tutkimusraportin tulee olla niin kattava ja luotettava, että sen perusteella voidaan tehdä purku- ja korjaussuunnittelua, työturvallisuussuunnittelua, laskea urakkaa sekä suunnitella purkumateriaalien mahdollista käyttöä ja jätteiden käsittelyä. Lisäksi raportin avulla arvioidaan rakenteisiin mahdollisesti jäävien haitta-aineiden vaikutusta rakennuksen tulevaan käyttöön. Kuvassa 15 on esitetty esimerkki rakennuksen pohjapiirustuksesta, johon on merkitty rakenneavaukset, haitta-aineet ja niitä sisältävät rakennusmateriaalit sijainteineen sekä myös tilat, joihin ei ole päästy tutkimusta tehdessä. /14, s. 26–27./



Kuva 15. Esimerkki haitta-aineraporttiin liitetystä pohjapiirustuksesta /14, s. 27/

Haitta-aineraportissa täytyy olla vähintään seuraavat tiedot:

- Lausunto / tiivistelmä
- Tutkimuksen tilaaja, tekijä, ajankohta ja tekijän yhteystiedot
- Tutkimuskohteen perustiedot
- Tutkimuksen laajuuden kuvaus
- Kaikki analysoidut näytteet ja analyysien tulokset taulukoituna
- Haitta-aineiden sijainti, laji, vaarallisuus ja määrä luetteloituna

- Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteistä
- Pohjapiirustukset
- Muut havainnot

Raportti toimitetaan tilaajalle tutustumista varten, minkä jälkeen raportti myös esitellään ja tulkitaan tilaajalle tutkijan toimesta. /14, s. 28./

## **4 HAITTA-AINEIDEN PURKUTYÖ**

Haitta-aineiden tutkimusraportin perusteella tehdään purkusuunnitelma, jossa huomioidaan työntekijöiden ja muiden purkutyön vaikutuspiirissä olevien ihmisten ja ympäristön turvallisuus. Lisäksi suunnitelmassa määritellään työmaan jätehuolto sisältäen jätteiden lajittelu, väliaikainen säilyttäminen ja lopullinen kuljetus jätteen käsittelylaitokselle. Mikäli kyseessä on asbestipurkutyö, täytyy purkutyön suorittajalla olla aluehallintoviranomaisen myöntämä lupa. /3, s. 8./ Muiden haitta-aineiden osalta purkutyöt eivät ole luvanvaraisia. Niitä ohjaa ainoastaan ohjeistus käyttämään yritystä, joka omaa erityistä ammattitaitoa sekä aiempaa kokemusta vastaavanlaisista purkutöistä. /3, s. 5./

### **4.1 Purkumenetelmät**

Asbestin purkutyössä yleisesti käytetyin menetelmä on osastointimenetelmä ja PAH-yhdisteiden purkutyössä käytetään aina osastointia. PCB-yhdisteitä ja raskasmetalleja purettaessa käytetään yleisesti kohdepoistoa ja kohdepoistolla varustettuja työkaluja. /25, s. 12./ Kuvassa 16 on esitetty vaarallisten aineiden pääpurkumenetelmiä. Asbestipurkuun on hyväksytty myös useita muita menetelmiä, mutta mikäli purkukohteena on puhallettua tai massakro-kidoliittiasbestia, täytyy purkutyö tehdä aina osastointimenetelmällä. Lisäksi näissä edellä mainituissa tapauksissa purkutyöntekijän hengitysilma on tuotettava paineilmalaitteilla kokokasvomaskin sisään, eikä sitä saa suodattaa purkualueelta. /23./

Vaarallinen aine	Esiintyminen	Tutkiminen	Luvat	Pääpurkumenetelmä
<b>Asbesti</b>	Julkisivut, putkien eristysmateriaalit, katot, lattiat ja sisäverhouslevyt.	Ennen vuotta 1988 valmistuneet rakennukset.	Luvanvarainen työlaji: asbestipurkutyötä saa tehdä vain työsuojelupiirin työsuojelutoimiston valtuuttama työnantaja tai itsenäinen työsuorittaja.	Osastointi. Osaston sisällä käytetään kohdepoistoa ja kohdepoistolla varustettuja työkaluja.
<b>Kivihiihkipi</b>	Rakennusten ja perustusten kosteuden- ja vedeneriste: kellari-kerrosten lattiarakenteissa, tiilisaumoissa sekä muuratuissa seinissä.		Noudatetaan maankäyttö- ja rakennuslakia sekä paikallisten työsuojelu- ja ympäristöviranomaisen ohjeita.	Osastointi. Osaston sisällä käytetään kohdepoistoa ja kohdepoistolla varustettuja työkaluja.
<b>PCB</b>	Julkisivuelementtien, ikkunoiden ja ovien saumatukset.	Vuosien 1958-1979 välisenä aikana valmistuneet tai korjatut rakennukset.	Noudatetaan maankäyttö- ja rakennuslakia sekä paikallisten työsuojelu- ja ympäristöviranomaisen ohjeita.	Kohdepoisto ja kohdepoistolla varustetut työkalut.
<b>Lyijy</b>	Maalit, saumat, viemäriiitosten juotokset, sähköjohtojen suoja-putket.	Vuosien 1958-1989 välisenä aikana valmistuneet tai korjatut rakennukset.	Noudatetaan maankäyttö- ja rakennuslakia sekä paikallisten työsuojelu- ja ympäristöviranomaisen ohjeita.	Kohdepoisto ja kohdepoistolla varustetut työkalut (saumamassojen poistot).

Kuva 16 Vaarallisten aineiden pääpurkumenetelmiä /25, s. 12/

#### 4.1.1 Pussipurkumenetelmä

Pussipurkumenetelmä soveltuu pieniin asbestipurkuihin lähinnä koskien putkien eristeitä. Tämä menetelmä soveltuu ainoastaan suorille putkiosuuksille esimerkiksi putkien vuotokohtiin, katkaisuihin tai venttiilien vaihtoihin. Myös pussipurussa työalue pitää rajata ja merkata asbestityöstä varoittavilla merkeillä. Purkutyön päätyttyä varmistetaan, että purkujäte on suljettu pussin jäteosaan, purettavien eristeiden katkaisukohtat on käsitelty pölyämättömään muotoon ja asbestipöly pussin sisältä on poistettu imurilla. Tämän jälkeen pussi voidaan poistaa. /26, s. 25–26./ Kuvassa 17 on esitetty asbestin purkupussi käsineillä.



Kuva 17. Asbestin purkupussi käsineillä /27/

#### 4.1.2 Ehjänä irrottaminen

Asbestia sisältäviä rakenteita voidaan irrottaa ehjänä, mikäli kyseessä on kiinnittämätön eli kelluva rakenne tai helposti irrotettavilla ruuveilla kiinnitetty rakenne. Ehjänä irrottamisen riskinä on, että jos asbestia sisältävä rakenne on vanha ja heikko, voi se rikkoutua irrotettaessa ja vapauttaa runsaasti kuituja ilmaan. Ehjänä irrotettu rakenne imuroidaan pölystä, pakataan tiiviisti muoviin ja pakettiin kiinnitetään asbestivaroitusmerkkejä. /26, s. 27–28./

#### 4.1.3 Märkähiekkapuhallus

Märkähiekkapuhallusta voidaan käyttää esimerkiksi julkisivusta poistettavan asbestia sisältävän maalin poistoon. Tätä menetelmää käytettäessä on maaperä suojattava tiiviillä peitteellä, jonka päälle rakennetaan telineet työskentelyä varten. Telineiden ympärille tehdään tiivis huppu, joka estää työstä syntyvän, asbestipitoisen jätteen leviämisen ympäristöön. Tämä menetelmä ei ole osastointimenetelmän mukainen työmenetelmä. Täten telineen huputuksen sisäpuolta ei tarvitse alipaineistaa, mutta työn aikana huputuksen sisäpuolelle syntyvän ylipaineen hallinta on oltava luotettavasti suunniteltu ja toteutettu.

Asbestityöstä varoittavat merkinnät on asetettava huputetun telineen joka sivulle sekä hupun sisään- ja uloskulkeminen on estettävä muualta kuin puhdistautumiseen tarkoitettujen tilojen kautta. Tehdyn työn jälkeen katselmuksella todetaan, ettei työkohteeseen ole jäänyt asbestia. /26, s. 29–30./

#### **4.1.4 Upotusmenetelmä ja märkäpurkumenetelmä**

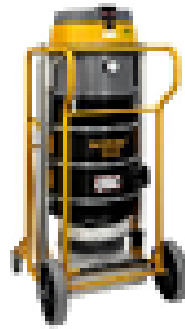
Nämä kaksi asbestin purkumenetelmää ei ole saavuttanut suosiota ja ovat harvemmin käytettyjä. Upotusmenetelmässä asbestia sisältävä rakenne upotetaan altaaseen, jossa asbesti irrotetaan rakenteesta veden alla. Koska on mahdollista, että veden alla irrotettu asbesti nousee veden pintaan pölyävässä muodossa, täytyy altaan päällä olla huuva tai imukaulus, joka kattaa koko altaan. Nämä poistavat mahdollisesti vapautuvat kuidut alipaineistajaan tai imuuriin. /26, s. 28./

Märkäpurkumenetelmässä rakenne kastellaan joko injektioruiskulla tai jollain muulla menetelmällä. Kastelusta huolimatta tutkimusten mukaan purkutyöstä saattaa vapautua asbestia altistusrajat ylittäviä määriä. Koska pölyävyyttä ei voi kastelusta huolimatta varmuudella estää, eikä veden käyttö ole monissa kohteissa edes mahdollista, on märkäpurkumenetelmän käyttö jäänyt hyvin vähäiseksi. /26, s. 28–29./

#### **4.1.5 Kohdepoistomenetelmä**

Kohdepoistomenetelmää käytetään asbestin purkamisessa ja se on myös pääpurkumenetelmä PCB-yhdisteitä sisältävien materiaalien sekä raskasmetallien poistossa. Kohdepoistoa käytetään, kun vaarallisten aineiden poistossa joudutaan käyttämään mekaanista työstöä. Menetelmässä työstössä irtoava pöly kerätään suoraan työkaluun kiinnitetyllä kohdepoistolla talteen. /25, s. 11–12, 16./ Mikäli kohdepoistomenetelmällä suunniteltua työtä tehdessä havaitaan, että poistotyöstä irtoavaa pölyä ei pystytä hallitsemaan, täytyy vaihtaa menetelmä osastointimenetelmään /26, s. 30/. Kuvassa 18 esimerkki kohdepoistoimurista haitta-ainepoistoon.

## Ronda 2800 H+ Asbest



Kuva 18. Asbesti ja haitta-aineiden kohdepoistoimuri /27/

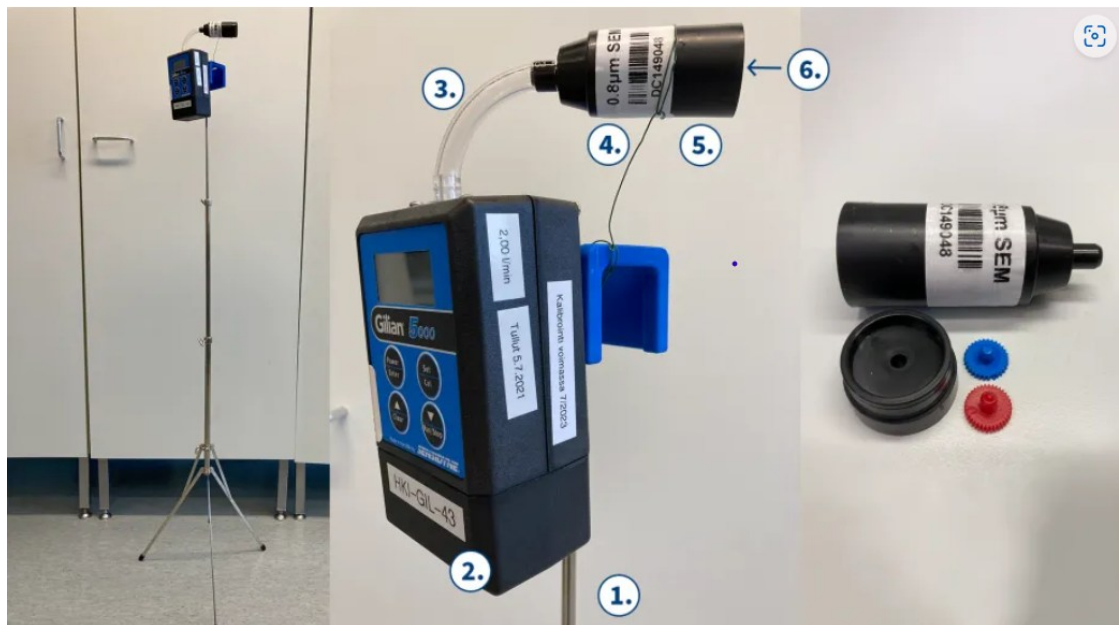
### 4.1.6 Osastointimenetelmä

Osastointimenetelmä on kaikkein yleisin haitta-aineiden purkumenetelmä. Mikäli purkukohteena on krokidoliittia eli sinistä asbestia, käytetään aina osastointimenetelmää. Osastointimenetelmässä purkualue eristetään ilmastollisesti muusta työmaasta hyödyntämällä olemassa olevia rakenteita sekä käyttäen puuta ja muovikalvoa (kalvon paksuus vähintään 0,2 mm). Purkualueelle kulkemiseen ja sieltä poistumiseen tehdään kolmiosainen sulkutila. /26, S. 23–24./

Purkualueen eristyksen valmistuttua sinne luodaan alipaine, vähintään viiden pascalin paine-erolla ympäröiviin tiloihin nähden. Mikäli purkutyön kohteena on krokidoliittia, täytyy paine-eron olla vähintään 10 pascalia. Paine-eroa tarkkaillaan koko purkutyön ajan vuorokauden ympäri. Mittarin täytyy tallentaa jokainen mittaus ja mikäli paine-ero putoaa alle viiden pascalin yli 90 sekunnin ajaksi, täytyy mittarin tehdä hälytys. Purkutyön jälkeen alipaineistusta jatketaan, kunnes aggressiivisella näytteenottomenetelmällä voidaan todeta, että epäpuhtausarvot ovat laskeneet HTP-arvojen alapuolelle. /26, s. 23–24./ Kuvassa 19 on esitetty paine-eromittari tallennus ja hälytystoiminnoilla. Kuvassa 20 ilmanäytelaitteisto asbestikuitujen määrän mittaamiseen ilmasta.

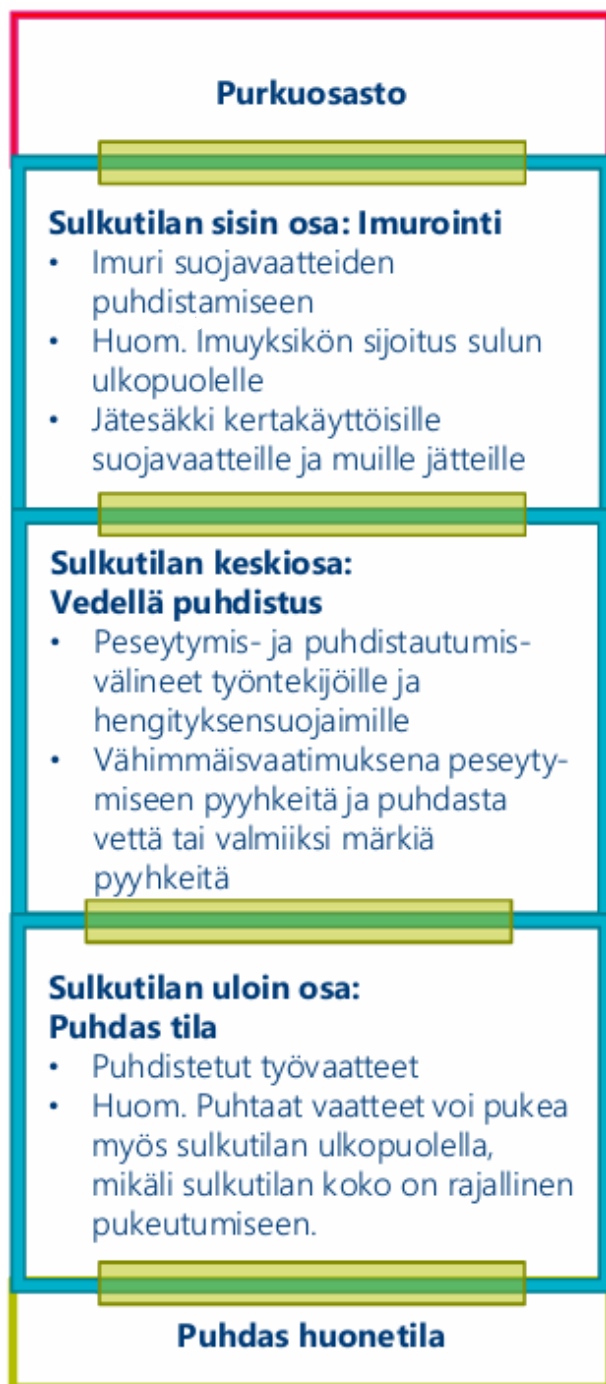


Kuva 19. Paine-eromittari /28/



Kuva 20. Ilmanäytelaitteisto 1. statiivi 2. pumppu 3. muoviletku 4. keräimen teippi 5. keräin 6. ilmavirta /29/

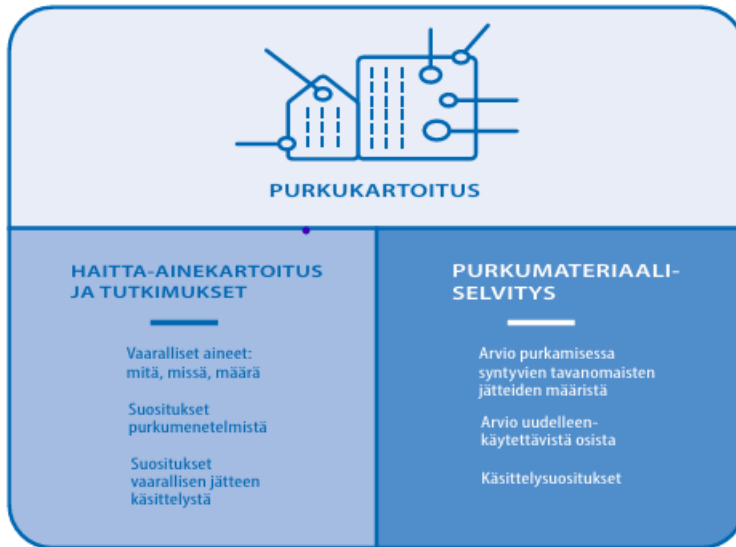
Kuvassa 21 on esitetty purkualueelle ja sieltä pois johtavan sulkutilan periaatekuva. Sulkutila on ainut reitti purkualueelle ja myös korvausilma tulee alueelle sitä kautta. Sokkeloisissa tiloissa voi muodostua alueita, joissa ilmanvaihtuvuus ei ole riittävää. Tällöin osastointiin voidaan lisätä tuloilma-aukkoja ilmanvaihtuvuuden parantamiseksi. /30./



Kuva 21. Osastoinnin rakenne /30/

## 4.2 Jätteiden käsittely

Haitta-aineiden purkamisessa syntyvien vaarallisten jätteiden käsittelyn suunnittelu aloitetaan jo haitta-ainetutkimuksen yhteydessä. Tutkimuksen ja purku-materiaaliselvityksen mukaan tehdään purkukartoitus, jossa esitetään arvio syntyvän vaarallisen jätteen määrästä sekä suositellaan käsittelymenetelmiä jätteelle (kuva 22). /31, s. 18./



Kuva 22. Purkukartoituksen sisältö /31, s. 18/

Ennen purkutyön aloittamista täytyy suunnitella syntyvien jätteiden kuljetusreitit ja -tavat, sekä millaisissa jäteastioissa syntynyt jäte kuljetetaan. Jätesäkit, -astiat, jätteiden välivarastointikontit ja kuljetuslavat on kaikki merkittävä selvästi vaaratunnuksin, josta selviää kyseessä olevan vaarallisen jätteen laatu. Jätteet kuljetetaan vaarallisen aineen pitoisuuksien mukaan joko kaatopaikalle tai ongelmajätelaitokselle. Vaarallisen jätteen kuljetuksesta täytyy sopia etukäteen jätettä vastaanottavan laitoksen kanssa. /32, s. 188./

### 4.3 Dokumentointi

Dokumentointi haitta-aineiden purkamisessa on erittäin tärkeä osa purkuprosessia. Laadukkaalla dokumentoinnilla varmistetaan turvallisuus ja tehokkuus purkutyössä. Dokumentteihin sisältyy useita asiakirjoja ja suunnitelmia, joista keskeisimmät ovat seuraavat /3, s. 10/:

- Haitta-aine- ja asbestitutkimusraportti.
  - Tuodaan esille kaikki haitallisia aineita sisältävät rakenteet ja materiaalit, jotka ovat vaarallisia rakennuksen käyttäjille tai korjaustyön tekijöille
- Purkuohjelma.
  - Purkuohjelmassa kerrotaan kohteen tiedot, työn vaativuus, purettavat tuotteet, aikataulu, luvat ja ilmoitukset, turvallisuusasiakirja sekä tarjouspyyntö- ja sopimusasiat.

- Turvallisuusasiakirja.
  - Turvallisuusasiakirjassa kerrotaan haitta- ja vaaratekijät, jotka aiheutuvat hankkeen olosuhteista, luonteesta ja ominaisuuksista. Lisäksi asiakirjassa kerrotaan työturvallisuus- ja työterveystiedot liittyen hankkeen toteuttamiseen.
  
- Purkutyösuunnitelma.
  - Purkutyösuunnitelman laatii työhön valittu urakoitsija ja siinä esitetään kaikkien rakenteiden purkutavat

Kuvissa 22–24 on esitetty asbestipurkutyön tarkistuslista, kivihiilipikeä sisältävien materiaalien purkutyön tarkistuslista sekä PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purkutyön tarkistuslista /32, s. 193, 197, 201/.

**Asbestipurkutyön tarkistuslista**

Kohde, osakohde \_\_\_\_\_  
 Osoite \_\_\_\_\_  
 Laatija \_\_\_\_\_

Tarkistettava	hankekohtainen vaatimus	tarkistaa	tarkistettu/päiväys
<b>Ennen työtä</b>			
Asbestikartoitus tehty			
asbestia sisältävät aineet merkitty	<input type="checkbox"/>		
Asbestipurkutyön lupa	<input type="checkbox"/>		
Rakennustyön turvallisuusasiakirja	<input type="checkbox"/>		
Purku-urakoitsijan pätevyys	<input type="checkbox"/>		
Purkutyösuunnitelma	<input type="checkbox"/>		
Purkutyöstä ilmoittaminen			
käyttäjät	<input type="checkbox"/>		
työsuojeluviranomaiset	<input type="checkbox"/>		
<b>Suojaus</b>			
osastointi	<input type="checkbox"/>		
tulo- ja poistoilman järjestelyt	<input type="checkbox"/>		
ilmanpuhtaus	<input type="checkbox"/>		
pölynpoisto	<input type="checkbox"/>		
purkujätteen poistomenetelmä	<input type="checkbox"/>		
työvälineet/kohdepoisto	<input type="checkbox"/>		
<b>Jätteenkäsittely</b>			
pakkaus- ja siirtomenetelmä	<input type="checkbox"/>		
kuljetus	<input type="checkbox"/>		
sijointipaikka	<input type="checkbox"/>		
<b>Työnopastus</b>			
<b>Työturvallisuus</b>			
koneiden ja laitteiden vaatimusten mukaisuus	<input type="checkbox"/>		
henkilökohtaiset suojavarusteet	<input type="checkbox"/>		
hengityksensuojaimet	<input type="checkbox"/>		
suojaavaatetus	<input type="checkbox"/>		
<b>Työn aikana</b>			
Purkukohteen merkintä			
varoittavat merkinnät	<input type="checkbox"/>		
aitaaminen	<input type="checkbox"/>		
<b>Suojaustason tarkkailu</b>			
suojavarusteet	<input type="checkbox"/>		
alipaineistus	<input type="checkbox"/>		
pölynpoisto	<input type="checkbox"/>		
ilmanvaihto	<input type="checkbox"/>		
<b>Työn jälkeen</b>			
Purkutyön puhtauden varmistus	<input type="checkbox"/>		
ilman puhtauden varmistus	<input type="checkbox"/>		
Suojaukset purkuvalmiit	<input type="checkbox"/>		
<b>Muut asiat</b>			
_____			
_____			
_____			
_____			

Lataaja: Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy YAMK, Juhana Myllykangas, 1.3.2025. Julkaista tai sen osia ei saa kopioida, jakaa, välittää, muunnella eikä ledata tekijänoikeuksien.

Kuva 23. Asbestipurkutyön tarkistuslista /32, s. 193/

Haitalliset ja vaaralliset aineet		Kivihiilipikeä sisältävien aineiden purku		197
<b>Kivihiilipikeä sisältävien aineiden purun tarkistuslista</b>		Kohde, osakohde _____		
		Osoite _____		
		Laatija _____		
Tarkistettava	hankekohtainen vaatimus	tarkistaa	tarkistettu/päiväys	
<b>Ennen työtä</b>				
Kivihiilipikkartoitus tehty	<input type="checkbox"/>			
Rakennustyön turvallisuusasiakirja	<input type="checkbox"/>			
Purku-urakoitsijan pätevyys	<input type="checkbox"/>			
Purkutyösuunnitelma	<input type="checkbox"/>			
Purkutyöstä ilmoittaminen käyttäjät	<input type="checkbox"/>			
viranomaiset	<input type="checkbox"/>			
<b>Suojaus</b>				
osastointi	<input type="checkbox"/>			
tulo- ja poistoilman järjestelyt	<input type="checkbox"/>			
ilmanpuhtaus	<input type="checkbox"/>			
pölynpoisto	<input type="checkbox"/>			
työvälineet/kohdepoisto	<input type="checkbox"/>			
<b>Jätteenkäsittely</b>				
pakkaus- ja siirtomenetelmä	<input type="checkbox"/>			
kujetus	<input type="checkbox"/>			
sijoituspaikka	<input type="checkbox"/>			
<b>Työnopastus</b>				
<b>Työturvallisuus</b>				
koneiden ja laitteiden vaatimusten mukaisuus	<input type="checkbox"/>			
henkilökohtaiset suojavarusteet	<input type="checkbox"/>			
hengityksensuojaimet	<input type="checkbox"/>			
suojausasetus	<input type="checkbox"/>			
<b>Työn aikana</b>				
Purkukohteen merkintä varoitettavat merkinnät	<input type="checkbox"/>			
altaaminen	<input type="checkbox"/>			
<b>Suojaustason tarkkailu</b>				
henkilökohtaiset suojavarusteet	<input type="checkbox"/>			
alipaineistus	<input type="checkbox"/>			
pölynpoisto	<input type="checkbox"/>			
ilmanvaihto	<input type="checkbox"/>			
<b>Työn jälkeen</b>				
Purkutyön puhtauden varmistus	<input type="checkbox"/>			
ilman puhtauden varmistus	<input type="checkbox"/>			
Suojaukset purkuvalmiit	<input type="checkbox"/>			
<b>Muut asiat</b>				
_____				
_____				
_____				
_____				
_____				
_____				

Lataaja: Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oyj XAMK, Juhani Myllykangas, 1.3.2025, Julkaisua tai sen osaa ei saa kopioida, jakaa, välittää, muunnella eikä laataa tehoaiysovelluksiin.

Kuva 24. Kivihiilipien purkutyön tarkistuslista /32, s. 197/

Haitalliset ja vaaralliset aineet	PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purku	201	
<b>PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purun tarkistuslista</b>			
	Kohde, osakohde _____		
	Osoite _____		
	Laatija _____		
	hankekohtainen vaatimus	tarkistaa	tarkistettu/päiväys
<b>Ennen työtä</b>			
PCB- ja lyijykartoitus tehty	<input type="checkbox"/>		
Rakennustyön turvallisuusasiakirja	<input type="checkbox"/>		
Purku-urakoitsijan pätevyys	<input type="checkbox"/>		
Purkutyösuunnitelma	<input type="checkbox"/>		
Purkutyöstä ilmoittaminen käyttäjät	<input type="checkbox"/>		
viranomaiset	<input type="checkbox"/>		
<b>Suojaus</b>			
ympäristön suojaus	<input type="checkbox"/>		
pölynpoisto	<input type="checkbox"/>		
työvälineet/kohdepoisto	<input type="checkbox"/>		
<b>Jätteenkäsittely</b>			
pakkaus- ja siirtomenetelmä	<input type="checkbox"/>		
kuljetus	<input type="checkbox"/>		
sijoituspaikka	<input type="checkbox"/>		
<b>Työnopastus</b>			
<b>Työturvallisuus</b>			
koneiden ja laitteiden vaatimuksen mukaisuus	<input type="checkbox"/>		
henkilökohtaiset suojavarusteet	<input type="checkbox"/>		
hengityksensuojaimet	<input type="checkbox"/>		
suoja-vaatetus	<input type="checkbox"/>		
<b>Työn aikana</b>			
Purkukohteen merkintä	<input type="checkbox"/>		
varoittavat merkinnät	<input type="checkbox"/>		
altaaminen	<input type="checkbox"/>		
<b>Suojaustason tarkkailu</b>			
henkilökohtaiset suojavarusteet	<input type="checkbox"/>		
pölynpoisto	<input type="checkbox"/>		
<b>Purkujätteet</b>			
merkinnät	<input type="checkbox"/>		
säilytys	<input type="checkbox"/>		
kuljetus	<input type="checkbox"/>		
<b>Työn jälkeen</b>			
Purkutyön puhtauden varmistus	<input type="checkbox"/>		
Kohdepoistolaitteiston puhdistus	<input type="checkbox"/>		
Suojaukset purkuvalmiit	<input type="checkbox"/>		
<b>Muut asiat</b>			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			

Lataaja: Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu OY XAMK, Juhana Mälykangas, 1.3.2025. Julkaisua tai sen osia ei saa kopioida, jakaa, välittää, muunnella eikä julkaisuvälittämällä.

© Tidonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäästö RTS

Kuva 25. PCB:n ja lyijyn purkutyön tarkistuslista /32, s. 201/

## 5 KAPSELOINTI

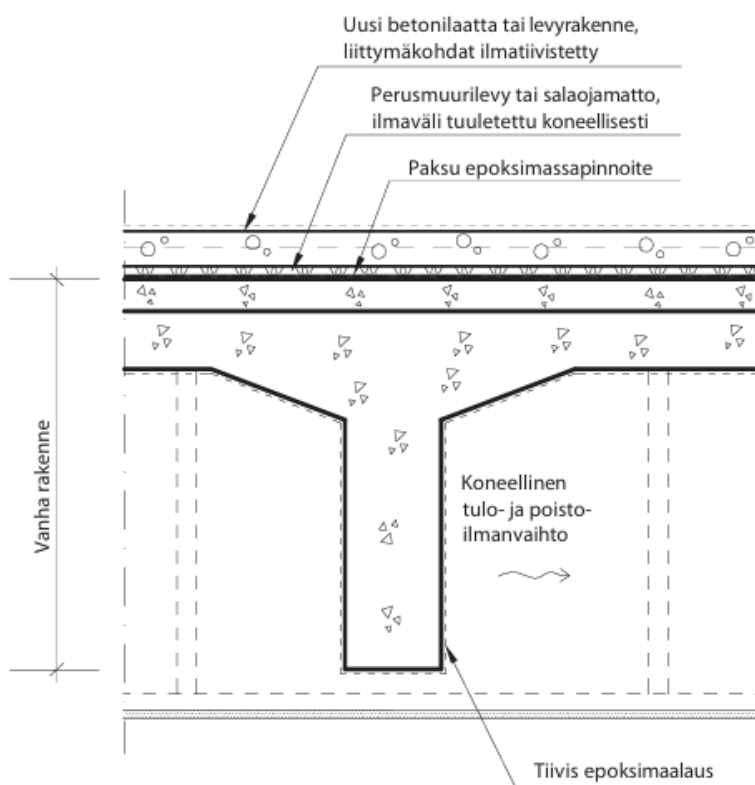
Yleisin ja suositeltavin tapa käsitellä korjausrakentamisessa rakenteista ja materiaaleista löytyviä haitta-aineita on poistaa ne korjauksen yhteydessä. Tällä tavalla voidaan olla varmoja siitä, että korjauksen jälkeen tilojen sisäilmasto-olosuhteet ovat käyttäjille turvallisia. Joskus haitta-aineita on kuitenkin imeytynyt niin syväälle huokosiin rakenteisiin, että niiden huolellinen poistaminen vaatisi suuria purkutöitä rakenteille, eikä sen vuoksi ole taloudellisesti järkevää tai

rakennussuojelun vuoksi edes mahdollista. Tällaisissa tapauksissa rakenteissa ja materiaaleissa esiintyviä haitta-aineita voidaan eristää kapseloinnilla ja täten estää niiden kulkeutuminen sisäilmaan. /33, s. 434./

## 5.1 Kapseloinnin toteutus

Suunniteltaessa kapselointia tulee huomioida rakenteen sijainti ja se, että kapselointikerros estää epäpuhtauksien kulkeutumisen vain yhteen suuntaan. Välipohjarakenteessa esimerkiksi kapselointi tulee tehdä välipohjan ylä- ja alapuolelle. Mikäli vain yläpuoli on kapseloitu, voivat epäpuhtaudet siirtyä välipohjan alapuolelle. /33, s. 434./

Kapselointi tehdään tiiviillä, tutkitusti riittävän diffuusiovastuksen omaavalla materiaalilla, kuten esimerkiksi metallilaminaattikalvolla, kermillä tai epoksinnoitteella. Kuvassa 26 on esitetty kahdella rinnakkaisella menetelmällä toteutettu kapselointi. Siinä epoksinnoitteen ja uuden betonilaatan välissä on salaojamatolla tai perusmuurilevyllä toteutettu, koneellisesti tuuletettu ilmaväli. /15, s. 100–101, 106./



Kuva 26. Esimerkki mineraaliöljyllä saastuneen välipohjarakenteen kapseloinnista /15, s. 106/

Kapseloinnin rinnakkaisratkaisuna on käytetty myös absorptiivisia materiaaleja, joiden toiminta perustuu siihen, että haitta-aineet absorptoituvat materiaaliin haihtuessaan. Tämän menetelmän haasteena on materiaalin rajallinen absorptiokyky. Absorptiokyvyn tullessa täyteen, täytyy materiaali vaihtaa uuteen. /33, s. 434–435./

## 5.2 Kapseloinnin haasteita

Kapselointikorjauksia suunniteltaessa tulisi varmistua kohteen rakennusfysikaalisesta toimivuudesta kapseloinnin jälkeen. Koska kapselointiaineilla on hyvä diffuusiovastus, estävät ne haitta-aineiden lisäksi myös kosteuden kulkeutumisen sisäilmaan ja täten rakenne ei pääse kuivumaan sisäänpäin. Lisäksi on havaittu, että laboratoriossa tutkittujen tuotteiden toiminnassa on käytännön kohteissa eriävyyksiä laboratoriokokeisiin verrattuna. Mallikapseloinnit tulisi aina tehdä käytettävillä tuotteilla sekä suorittaa laadunvarmistukset, että voidaan varmistua kapseloinnin toiminnasta suunnitellulla tavalla. Suunniteltaessa kapselointia erittäin haihtuville öljyhiilivedyille tulee olla erityisen tarkka kapselointimateriaalia valittaessa. Laboratoriotutkimuksissa ja toteutetuissa kohteissa on havaittu viitteitä, että jotkut PAH-yhdisteille soveltuvat epoksikapseloinnit voivat hajota joutuessaan kosketuksiin öljyjen kanssa ja täten muodostavat uuden epäpuhtauslähteen. /33, s. 434–435./

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kirjallisuutta sekä aiempia tutkimuksia vanhoissa rakennuksissa esiintyvistä haitta-aineista ja luoda näistä yhteenveto, jossa käsitellään yleisimpiä haitta-aineita. Korjausvelan jyrkän kasvun sekä tällä hetkellä uudisrakentamisessa vallitsevan todella hiljaisen markkinan vuoksi aihe oli hyvin ajankohtainen.

Haitta-aineet rajattiin asbestiin, PAH-yhdisteisiin, PCB-yhdisteisiin sekä raskasmetalleihin. Kyseisiä haitta-aineita on käytetty erittäin runsaasti melkein koko viime vuosisadan ajan, ja tästä syystä niitä on vieläkin paljon jäljellä rakenteissa ja rakennusmateriaaleissa. Monet näistä haitta-aineista ei aiheuta ongelmia ollessaan kiinteinä ja ehjinä rakenteissa, mutta kun rakenteita puretaan peruskorjauksissa, voi niistä vapautua vaarallisia kuituja ja yhdisteitä ilmaan.

Korjausrakentamishanketta suunniteltaessa on ehdottoman tärkeää teettää ammattitaitoisella haitta-ainetutkijalla kattava haitta-ainetutkimus, jonka perusteella voidaan suunnitella rakenteiden ja materiaalien purkamista työturvallisuus huomioiden. Nykyäänkin on valitettavan yleistä säästää haitta-ainetutkimuksissa ja jätetään ne jopa kokonaan tekemättä. Vanhoissa taloissa nämä säästötoimet kostautuvat usein negatiivisina yllätyksinä, purkamisen yhteydessä löytyvinä haitta-ainelöydöksinä. Nämä yllättävät löydökset lisäävät peruskorjauksen kustannuksia runsaasti ja pidentävät aikatauluja pahimmillaan jopa yli vuodella. Lisäksi yllättävät löydökset aiheuttavat mahdollisesti vakavan terveydellisen vaaran rakennustyöntekijöille.

Opin tätä työtä tehdessä runsaasti haitta-aineista ja samalla huomasin, miten paljon ja erilaista tietoa löytyy kirjallisuudesta ja internetistä rakennusten haitta-aineista. Tämän työn lähdemateriaalina on pääsääntöisesti käytetty asetuksia, valtion eri virastoja, rakennustiedon kortteja sekä muita luotettavaksi havaittuja lähteitä. Yksi ongelma haitta-aineita löytyessä todennäköisesti onkin juuri se, että kun ihminen hakee tietoa haitta-aineista, tulee erilaisia tietolähteitä vastaan todella paljon, ja mahdollisten kustannusten pelossa ei uskalleta ottaa yhteyttä asiantuntijoihin. Ongelmana on myös haitta-aineiden kasvava lukumäärä. Tämän päivän tutkimusmenetelmät ovat niin tarkkoja, että ihmiselle vaarallisia tai haitallisia yhdisteitä löytyy rakennustuotteista koko ajan lisää.

## LÄHTEET

1. Asbestin käyttö rakennuksissa – Nykytilan kartoitus. Ympäristöministeriö. PDF-dokumentti. 2023. Saatavissa: <https://tilatjaterveys.fi/documents/39510712/92619288/Asbestin+k%C3%A4ytt%C3%B6+rakennuksissa+-+Nykytilan+kartoitus.pdf/6d939f30-9e9a-8c57-41d3-26936c02fc9c/Asbestin+k%C3%A4ytt%C3%B6+rakennuksissa+-+Nykytilan+kartoitus.pdf?t=1686897918491> [viitattu 3.1.2025].
2. Kemikaalit ja työ: Altistumistietosivusto – Asbesti. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopaikalla/kemikaalit-ja-tyo-altistumistietosivusto/asbesti> [viitattu 3.1.2025]
3. RT 103500. Rakennustieto. Haitalliset aineet rakennuksissa. Tilaajan ohje. 2022.
4. Asbesti rakennustyössä. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/file-download/download/public/616> [viitattu 3.1.2025].
5. Uusi asbestidirektiivi eteni EU:ssa – Mikä muuttuu. Suomen asbesti- ja pölysaneerausalan liitto Ry. WWW-dokumentti. 2023. Saatavissa: <https://www.sapry.fi/post/uusi-asbestidirektiivi-eteni-eu-ssa-mik%C3%A4-muuttuu> [viitattu 4.1.2025].
6. Komulainen, J., Pitkäranta, M., Siekki, P., Wuokko, P., Helin, A., Parshintsev, E. & Santonen, T. Rakennusten sisältämien PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun. AFRY. PDF-dokumentti. 2024. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-94-8968-8>. [viitattu 5.1.2025].
7. Airaksinen, R., Salmela, A. & Pitkäranta, M. Kivihiilitervatuotteet asuinrakennuksissa. Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos. PDF-dokumentti. 2023. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-408-108-5> [viitattu 6.1.2025].
8. Käyhkö, K. Kreosotti rakennuksissa. Rakennukset. WWW-dokumentti. 2023. Päivitetty 25.9.2024. Saatavissa: <https://www.rakennukset.fi/rakenteet/kreosotti-rakennuksissa> [viitattu 6.1.2025].
9. Kreosotilla kyllästetyn puun käyttö ja hävittäminen. Tukes. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/kemikaalit/biosidit/kreosootin-kayton-rajoitukset> [viitattu 6.1.2025].
10. Miten biosideja voi käyttää. Sisäilmautiset. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sisailmautiset.fi/miten-biosideja-voi-kayttaa/> [viitattu 15.2.2025].
11. Kauppi, S., Bachér, J., Laitinen, S., Kiviranta, H., Suomalainen, K., Turunen, T., Kautto, P., Mannio, J., Räisänen, M., Lautala, K., Porras, S., Rantio, T., Salminen, J., Santonen, T., Seppälä, T., Teittinen, T. &

- Wahlström, M. Kestävä ja turvallinen kiertotalous – Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa. Valtioneuvoston kanslia. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-787-1> [viitattu 7.1.2025].
12. HTP-arvot 2020. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriö. PDF-dokumentti. 2020. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5658-2> [viitattu 7.1.2025].
13. Tuomi, P. Ja PAH! Mitä ne PAHit maassa tekevät? AFRY. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://afry.com/fi-fi/artikkeli/ja-pah-mita-ne-pahit-maassa-tekevat> [viitattu 7.1.2025].
14. RT 103501. Rakennustieto. Haitalliset aineet rakennuksissa. Tutkijan ohje. 2022.
15. Komulainen, J., Sänntti, j. & Huttunen, J. Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. Rakennustietosäätiö RTS. PDF-dokumentti. 2011. Saatavissa: [https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK110305.pdf?gl=1\\*8fb2us\\*ga\\_QJFJQSBJM0\\*MTczNjMyND-QyNC4xLjEuMTczNjMyNDQ5Ni42MC4wLjA](https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK110305.pdf?gl=1*8fb2us*ga_QJFJQSBJM0*MTczNjMyND-QyNC4xLjEuMTczNjMyNDQ5Ni42MC4wLjA). [viitattu 8.1.2025].
16. PCB- ja lyijymääritys vanhojen elementtirakennusten saumaussmassasta. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/pcb-ja-lyijymaaritys-vanhojen-elementtirakennusten-saumaussmassasta> [viitattu 8.1.2025].
17. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. WWW-dokumentti. 2024. Saatavissa: <https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet> [viitattu 8.1.2025].
18. Tuomisto, J. Ovatko PCB-aineet supermyrkkijä? Terveyskirjasto. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.terveyskirjasto.fi/asy00216> [viitattu 8.1.2025].
19. Tuomisto, J. Vieläkö raskasmetalleista on ongelmia? Terveyskirjasto. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.terveyskirjasto.fi/asy00220> [viitattu 10.1.2025].
20. RT18-11245. Rakennustieto. Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. 2016.
21. Milloin maaleista tulee tutkia raskasmetallit ja PCB-yhdisteet? KT Kuntotutkimus Oy. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://kuntotutkimus.com/milloin-maaleista-tulee-tutkia-raskasmetallit-ja-pcb-yhdisteet> [viitattu 10.1.2025].
22. Environment Monitoring in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area. Lapin ELY-keskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.pasvikmonitoring.org/englanti/raskasmetallit\\_e.html](https://www.pasvikmonitoring.org/englanti/raskasmetallit_e.html) [viitattu 10.2.2025].

23. Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. 798/2015
24. Suomen asbestitekniikka. Purkutöiden pahin painajainen. Blogi. 2021. Saatavissa: <https://suomenasbestitekniikka.fi/purkutoiden-pahin-painajainen-tama-rakennusalan-ammattilaisen-taytyy-tietaa-krokidoliitista/> [viitattu 16.2.2025].
25. Ratu 1225-S. Rakennustieto. Pölyntorjunta rakennustyössä.
26. Mäkelä, M. Toimiva asbestipurku. Työturvallisuuskeskus. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: [https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Toimiva-asbestipurku.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Toimiva-asbestipurku.pdf?utm_source=chatgpt.com) [viitattu 23.2.2025]
27. ASTQ supply house. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://astq.fi/fi> [viitattu 23.2.2025]
28. Kopadi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kopadi.fi/fi/tyomaa-tekniikka/mittaus-ja-naytteenotto/paine-eron-mittauslaitteet/miran-dl-p2-gsm-paine-eromittari/> [viitattu 23.2.2025]
29. Asbesti-ilmanäyte saneerauskohteissa. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/asbesti-ilmanayte-saneerauskohteissa-puhdastilamittaus> [viitattu 23.2.2025]
30. Malliratkaisu asbestipurkutöihin. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/file-download/download/public/2359> [viitattu 23.2.2025]
31. Wahlström, M. Hradil, P. Teittinen, T. & Lehtonen, K. Purkukartoitus – opas laatijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8> [viitattu 9.3.2025]
32. Ratu KI-6019. Rakennustieto. Korjaustöiden laatu KTL 2011.
33. Vinha, J. & Raunima, T. Rakennusfysiikka 2019: Uusimmat tulokset ja hyvät käytännön ratkaisut osa 2. Tampereen teknillinen yliopisto. PDF-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1311-1> [viitattu 9.3.2025]