



Paula Wuokko

PAH-yhdistepitoisia materiaaleja sisältävien rakenteiden korjaustarpeen arviointi ja tyyppikorjausohjeet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö 1.12.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Paula Wuokko
Otsikko:	PAH-yhdistepitoisia materiaaleja sisältävien rakenteiden korjaustarpeen arviointi ja tyyppikorjausohjeet
Sivumäärä:	90 sivua + 37 liitesivua
Aika:	1.12.2025
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Korjausrakentaminen
Ohjaajat:	Erityisasiantuntija Jarno Komulainen, AFRY Finland Oy Yliopettaja Hannu Hakkarainen, Metropolia Johtava sisäilma-asiantuntija Kirsi Torikka, Helsingin kaupunki

Alkuvuodesta 2024 valmistuneessa Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun -tutkimushankkeessa selvitettiin PAH-yhdisteiden aiheuttamia sisäilmavaikutuksia sekä niiden yhteyttä materiaalin pitoisuuteen. Tämä opinnäytetyö jatkaa tutkimusta edelleen korjaustarpeen arviointiin ja käytännön korjaustyöhön suunnitelmiseen.

Tässä työssä tarkastelluista kohteista oli lähtötietona epäily PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien aiheuttamasta sisäilmahaitasta. Kohteisiin tehtyjen tutkimusten perusteella annettiin toimenpidesuosituksia PAH-yhdisteitä sisältävien rakenteiden korjaus- ja hallintaratkaisujen osalta. Lisäksi kohteisiin laadittiin korjaussuunnitelmat erilaisille tyypillisille PAH-yhdisteitä sisältäville rakenteille: puurakenteiselle yläpohjalle, kivirakenteiselle välipohjalle, maanvaraiselle betonirakenteiselle alapohjalle sekä maanvastaiselle tiili- ja luonnonkivirakenteiselle seinälle.

PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja sisältävien rakenteiden korjaustarpeen arvioiminen edellyttää kattavia rakenne- ja sisäilmateknisiä tutkimuksia sekä riittävästi tutkimustietoa vaikutuksista sisäilman laatuun. Rakennusmateriaalin sisältämät, korkeintaan haihtuvien haitta-aineiden pitoisuudet eivät ole suora peruste purkamiselle tai edes rakenteen korjaustarpeelle. PAH-yhdisteitä sisältävien rakenteiden toimenpidetarpeet on mahdollista arvioida riittävillä tutkimustiedoilla ja emissioiden hallintaan on toimivia korjausmenetelmiä.

Avainsanat: PAH-yhdisteet, sisäilma, kreosootti, bitumi, korjausohje, haihtuvat yhdisteet, kapselointi, haitta-aineiden hallinta, kivihilipiki

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author:	Paula Wuokko
Title:	Assessment of Need for Repairing Structures Containing Materials with PAH compounds and Repair Instructions for Typical Structures
Number of Pages:	90 pages + 37 appendices
Date:	December 1 st , 2025
Degree:	Master of Engineering, MEng
Degree Programme:	Master's Degree Programme in Civil Engineering
Professional Major:	Renovation
Supervisors:	Senior Specialist Jarno Komulainen, AFRY Finland Oy Principal Lecturer Hannu Hakkarainen, Metropolia Senior Indoor Air Quality Expert Kirsi Torikka, City of Helsinki

'The impact of PAH compounds in building materials on indoor air quality' -research project, completed in 2024, investigated indoor air effects and their connection to the PAH compound content of the material. This work extends the project by providing insights into the assessment of repair needs and plans for practical repair work.

At the sites examined in this work, the initial basis for research was a suspicion of indoor air quality deterioration caused by building materials containing PAH compounds. Based on the reviews, recommendations were conducted for repair measures and management solutions for structures containing PAH compounds. In addition, repair plans were drawn up for various typical structures containing PAH compounds: a wooden attic floor, an intermediate stone floor, a slab-on-grade foundation, and an underground brick and natural stone retaining wall.

Assessing the need for repairing structures with building materials containing PAH compounds requires comprehensive structural and indoor air quality studies and sufficient research data on the compounds' effects on indoor air quality. Based on this study even high concentrations of volatile hazardous substances contained in building materials may not be a direct basis for demolition or structural repair actions. It is possible to assess the need for action regarding structures containing PAH compounds with sufficient research data, and there are effective repair methods for managing PAH emissions.

Keywords: PAH compounds, indoor air, creosote, bitumen, volatile compounds, encapsulation, repair plans, coal tar pitch, management of hazardous substances

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	7
1.1	Työn lähtökohdat	7
1.2	Opinnäytetyön tavoite ja rajaus	7
1.3	Käytetyt tutkimusmenetelmät	8
2	PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien käyttö rakentamisessa ja niiden ominaisuuksia	9
2.1	Kivihiiliterva-, bitumi- ja puutervatuotteet rakentamisessa	9
2.2	Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden ominaisuuksia	13
2.3	Rakennusmateriaalien ominaisuuksien vaikutus PAH-yhdisteiden haihtuvuuteen	15
2.4	Muita PAH-yhdisteiden kanssa esiintyviä haitta-aineita	16
3	PAH-yhdisteiden sisäilmavaikutusten tutkiminen	16
3.1	Tutkimusten etenemismalli	16
3.2	Olennaiset lähtötiedot	18
3.2.1	Rakennushistoriaselvitys	18
3.2.2	Haitta-ainetutkimus	19
3.2.3	Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus	22
3.2.4	Sisäilmaolosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimukset	23
3.3	Aistinvaraiset arviot	25
3.4	Sisäilma-analyysit	27
3.5	Tarkentavat rakenteiden ja rakennusmateriaalien tutkimukset	29
4	Toimenpidetarpeen arviointi	31
4.1	Tutkimustulosten tulkinta	31
4.2	Korjaustarpeen ja – tavan arviointi	34
4.3	Korjaushankkeen osapuolet	36
5	PAH-yhdistepäästöjen hallinta- ja korjausratkaisut	38
5.1	Onnistuneen korjauksen osatekijät	38
5.2	Hallinta- ja korjausratkaisut	40
5.3	Kapselointi- ja ilmatiiviyn parantaminen	41

5.3.1	Valvonta, laadunvarmistus ja seuranta	46
5.3.2	Tämän työn korjauskohteiden PAH-yhdisteiden hallintajärjestelmät	48
5.4	Purkaminen	52
5.5	Olosuhteiden parantaminen	55
6	Korjauskohteet ja tyyppikorjausohjeet	57
6.1	Työn sisältö ja periaatteet	57
6.2	Korjauskohde 1	59
6.2.1	Tutkimustiedot	59
6.2.2	Korjaustarpeen arviointi	62
6.2.3	PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut	66
6.3	Korjauskohde 2	67
6.3.1	Tutkimustiedot	67
6.3.2	Korjaustarpeen arviointi	71
6.3.3	PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut	72
6.4	Korjauskohde 3	73
6.4.1	Tutkimustiedot	73
6.4.2	Korjaustarpeen arviointi	76
6.4.3	PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut	77
7	Johtopäätökset	78
7.1	Pohdintaa	78
7.2	Yhteenvedo	80
	Lähteet	82

Liitteet

Liite 1: Tyyppikorjausohje puurakenteiselle yläpohjalle, korjauskohteessa 1.

Liite 2: Tyyppikorjausohjeet kivrakenteiselle välipohjalle, maanvaraiselle betoni-rakenteiselle alapohjalle sekä maanvastaiselle tiili- ja luonnonkivirakenteiselle seinälle, korjauskohteissa 2 ja 3.

Käsitteet ja lyhenteet

Bitumi: Maaöljystä valmistettu raskaiden öljyhiilivetyjakeiden seos.

Diffuusio: Vesihöyryn tai kaasun siirtymistä väkevämmästä pitoisuudesta kohti matalampaa pitoisuutta.

Haitta-aine: Rakennusmateriaalissa oleva kemiallinen yhdiste tai kuitumainen silikaattimineraali, joka voi olla haitallinen terveydelle ja / tai ympäristölle.

Hajukynnys: Kirjallisuudessa esitetty tietyn haihtuvan yhdisteen pienin pitoisuus, jonka koehenkilöt pystyvät haistamaan.

Ilmatiiveys: Rakennuksen eri rakennusosien ja rakenteiden kyky vastustaa luonnollisten tai pakotettujen ilmavirtojen liikettä rakenteiden läpi.

Kapselointi: Hallintamenetelmä, jonka tarkoitus on estää rakenteen päälle asennettavalla materiaalikerroksella haitta-aineen siirtyminen sisäilmaan sekä konvektiolla, että diffuusiolla. Yleensä pinnoite, kalvo tai kermi.

Kivihiiliterva: Kivihiilen kuivatislauksessa syntyvä sivutuote, joka tyypillisesti sisältää PAH-yhdisteitä.

Kreosootti: Yleisnimitys useille korkean lämpötilan avulla yleisimmin puusta tai kivihiilestä valmistetuille kemiallisille aineille.

PAH(16): Polysykliset aromaattiset hiilivedyt, Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviraston priorisoimat 16 PAH-yhdistettä.

Ulkovaippa: Rakennusosat, jotka erottavat lämpimät ja puolilämpimät ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta.

Vuotoilma: Rakennukseen ulkovaipan rakojen kautta virtaava ulkoilma.

1 Johdanto

1.1 Työn lähtökohdat

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä, eli PAH-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja, on käytetty laajalti suomalaisessa rakentamisessa 1800-luvulta vielä 1960-luvulle. Osa yhdisteistä on haihtuvia ja karsinogeenisiä, minkä vuoksi niihin liittyy huolta. Rakennusmateriaalin sisältämät haitta-aineet eivät kuitenkaan ole suora peruste purkamiselle.

Lainsäädäntö edellyttää, että rakennuksen kunto ja mahdolliset sisäilman laatua heikentävät tekijät selvitetään esimerkiksi peruskorjauksen yhteydessä. PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purku- ja korjaustarpeen selvittäminen voi olla haastavaa ja vaatia laajoja rakenne- ja sisäilmateknisiä tutkimuksia sekä tietoa yhdisteiden vaikutuksista sisäilman laatuun. Voimassa olevassa lainsäädännössä annetut toimenpide- ja viitearvot ovat rajallisia ja usein riittämättömiä toimenpidetarpeen arvioimiseen. Usein onkin päädytty purkamaan PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja varmuuden vuoksi.

Alkuvuodesta 2024 valmistuneen Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun (PAHSIS) -tutkimushankkeen tavoitteena oli saada luotettavampi, yhdenmukainen malli PAH-yhdisteitä sisältävien rakenteiden sisäilmavaikutusten arviointiin. Hankkeessa selvitettiin aistinvaraisesti havaittavien ja mitattavien sisäilmavaikutuksien yhteyttä materiaalin PAH-yhdistepitoisuuteen ja määritettiin etenemismalli tutkimiseen sekä rakennusmateriaalien korjaus- ja purkutarpeen arviointiin. [1.]

1.2 Opinnäytetyön tavoite ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli osaltaan jatkaa PAHSIS-hankkeen tutkimusta ja laatia kerätyn tutkimustiedon pohjalta tyyppikorjausohjeita PAH-yhdistepitoisia materiaaleja sisältäville rakenteille. Tässä työssä tarkasteltujen

todellisten kohteiden korjaustarpeen ja sisäilmavaikutusten arvioinnissa hyödynnettiin tietoja materiaalin PAH-yhdistepitoisuuksien aiheuttamista päästöistä sisäilmaan. Lisäksi tavoitteena oli koota ohjeistusta sisäilmavaikutusten tutkimustavoista, toimenpidetarpeen määrittelystä sekä päästöjen hallintaratkaisuksista, avaten tutkimustulosten tulkinnan ja korjaustarpeen arvioinnin perusteita.

Tämä opinnäytetyö hyödyttää asiantuntijaorganisaatioissa tehtäviä kuntotutkimuksia ja tukee korjaussuunnittelua. Työ hyödyttää niin yksityisiä kuin julkisia kiinteistön omistajia sekä korjausrakentamisen parissa työskenteleviä urakoitsijoita ja lisää yleistä tietämystä rakennusmateriaalien PAH-yhdisteistä.

1.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön korjauskohteina oli työn tilaajan, Helsingin kaupungin, omistamia kiinteistöjä, joissa oli todettu rakenteissa PAH-yhdistepitoisia materiaaleja ja epäilty niiden aiheuttamaa sisäilmahaittaa. Kohteiden lähtötietojen riittävyys arvioitiin ja tehtiin täydentäviä tutkimuksia. Tutkimustietojen perusteella arviotiin toimenpidetarvetta ja laadittiin valituille rakenteille korjaustyöohjeet suunnitelmiseen.

PAHSIS-hankeen tutkimustuloksien pohjalta kehitettiin edelleen materiaalien emissiopotentiaalin ja muiden sisäilmahaitan kannalta olennaisiksi todettujen tekijöiden hyödyntämistä osana korjaustarpeen arviointia. Lisäksi käytettiin työn tilaajan AFRY Finland Oy:n (entinen Vahanen Rakennusfysiikka Oy) yli 15 vuoden aikana keräämiä kunto-, haitta-aine- ja sisäilmatutkimusten tietoja PAH-yhdisteitä sisältävien rakenteiden ja rakennusmateriaalien sisäilmariskeistä. Lisäksi hyödynnettiin yrityksessä pitkään tehtyjen läpäisevyystudkimusten tietoja, opinnäytetöitä ja tutkimushankkeiden julkaisuja. Korjausratkaisuissa ja materiaalivalinnoissa käytettiin toimiviksi todettuja ratkaisuja ja tutkitusti toimivia kapselointiaineita. Korjaussuunnitelmien laadintaan osallistui kirjoittajan lisäksi muun muassa AFRY Finland Oy:n haitta-aineiden hallintaan erikoistuneita poikkeuksellisen vaativa -vaativuusluokan rakennusfysiikan ja kosteusvaurion korjaussuunnittelijoita sekä haihtuviin haitta-aineisiin erikoistunut kemisti.

2 PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien käyttö rakentamisessa ja niiden ominaisuuksia

2.1 Kivihiiliterva-, bitumi- ja puutervatuotteet rakentamisessa

PAH-yhdistepitoisista rakennusmateriaaleista ja niiden sisäilmavaikutuksista on viime vuosina valmistunut kattavia selvityksiä. PAHSIS-hankkeen loppuraporttiin (2024) ja Terveystieteiden tutkimuskeskuksen (THL) Kivihiilitervatuotteet asuinrakennuksissa (2023) -julkaisuun on koottu tietoja kivihiilitervapohjaisten tuotteiden käytön historiasta, ominaisuuksista ja terveysvaikutuksista. [1; 2.] Tätä aiemmin rakennusmateriaalien ja sisäilman PAH-yhdisteitä käsittelevät kirjallisuuslähteet ovat olleet melko suppeita ja hajanaisia. Tässä luvussa on käsitelty rakennusmateriaalien PAH-yhdisteiden ominaisuuksia ja muita tekijöitä taustoittamaan tehtyjen korjausratkaisujen perusteita.

Kivihiiliterva ja sen tislauustuotteet

Kivihiilitervaa muodostuu, kun kivihiilestä valmistetaan koksia kuivatislaamalla noin 900–1 200°C:ssa. Kivihiiliterva on lähes mustaa, puolikiinteää tai viskoosia nestettä. Kivihiilitervapohjaiset aineet ovat merkittävin PAH-yhdisteiden lähde vanhoissa rakennuksissa. Niille on useita nimikkeitä ja Chemical Abstracts Service eli CAS-numeroita, joihin vaikuttaa lähtömateriaali ja tuotantoprosessi. Kun kivihiilitervaa edelleen jalostetaan tislaamalla 200–400°C:ssa, saadaan kreosoottijäät ja kivihiilipikettä. Kivihiilipikettä on mustaa, amorfista kiinteää ainetta. Kreosoottijäät tai kreosootti on kellertävän ruskeaa öljyistä nestettä. [1, s. 11–12; 3, s. 38.]

Kivihiilitervapohjaisten aineiden käyttö suomalaisessa rakennuskannassa ajoittuu 1800-luvulta 1960-luvulle. Kivihiilitervaa on syntynyt pääasiassa kaupunkikaasun valmistuksessa ja terästehtailla koksipolton sivutuotteena. Kivihiilitervaa on myös tuotu Suomeen ja edelleen jatkojalostettu. Tuotanto- ja tuontimäärät ovat olleet merkittäviä, jopa miljoonia litroja vuositasolla. Kotimainen tuotanto väheni kaasulaitostoiminnan päättyttyä 1970-luvulla. [1, s. 13–19; 4, s. 168.]

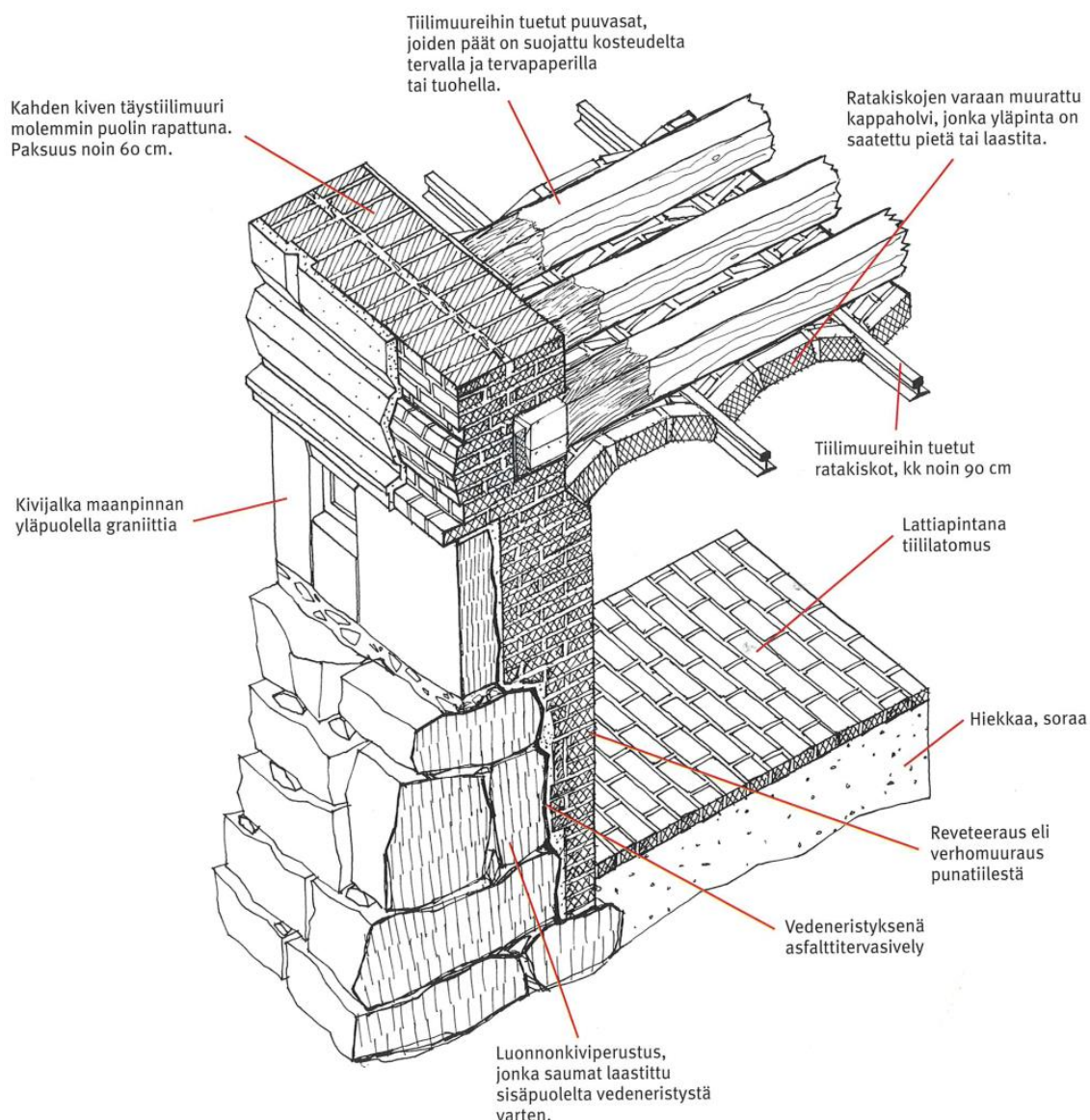
Kivihiilitervapohjaisten tuotteiden käyttömääriä tai kohteita ei ole tilastoitu. Kreosootin ja kivihiilitervapohjaisten tuotteiden käyttö ja myyminen kuluttajakäyttöön kiellettiin vuonna 1995 Valtioneuvoston päätöksellä 1405/1995. Euroopan Unionin (EU) alueella kivihiilipikeä ja kreosoottiöljyä käytetään edelleen rajatusti. [1, s. 19; 2, s. 4; 6.]

Kivihiilitervapohjaisten tuotteiden pääasialliset käyttötavat rakentamisessa ja rakennusmateriaaleissa ovat hyvin tiedossa. Kivihiilitervapohjaisista tuotteista voi myös imeytyä PAH-yhdisteitä niihin kosketuksissa oleviin rakenteisiin. [3, s. 6.]

Kreosoottiöljylle tyypillisiä käyttökohteita ovat puupalkkien päät massiivitiilirakennusten väli-, ala- ja yläpohjissa sekä vesikaton kantavat puurakenteet. Sillä on kyllästetty rakennuspahveja ja -papereita, riveitä ja tilkkeitä sekä sähkökaapeleissa ja pistorasioissa käytettyjä punoksia, pahveja ja huopia. [1, s. 12–14; 3, s. 3, 6–19; 5, s. 395.]

Kivihiilipikeä on tyypillisesti käytetty peltikattojen pinnoitteena ja vesi- tai aluskatteina toimivissa huovissa ja kermeissä. Pikisivelyä on käytetty kapillaarikatkona muuratuissa rakenteissa vaaka- ja pystypinnoilla. Sitä on käytetty kermimäisenä, tukikudoksellisena valuna tai valuasfalttina alapohjissa, maanvastaisissa seinissä sekä märkätiloissa veden- ja kosteudeneristeenä. Piellä on kiinnitetty puupölkky lattioita ja korkkieristelevyjä. [1, s. 14; 3, s. 3, 6–19.]

Kuvassa 1 on esimerkki kivihiilitervapohjaisten tuotteiden käytöstä 1800–1900-luvun vaihteen rakenteissa.



Kuva 1. Luonnonkiviperustuksen ja verhomuurauksen välissä on vedeneristysenä "asfalttitervasively". Tiilimuureihin tuettujen puuvasojen päät on voitu suojata tervalla tai tervapaperilla. Kappaholvin yläpinta on voinut olla pietty. [7.]

Maaöljypohjaiset bitumituotteet

Bitumia valmistetaan maaöljystä tislaamalla. Se on mustaa, puolikiinteää ainetta, joka pehmenee nestemäiseksi lämmitettäessä. Suurin osa 3–7-renkaisista PAH-yhdisteistä poistuu tislauksessa, eikä uusia muodostu prosessissa,

noin 350–450°C:ssa. PAH-yhdisteitä on bitumituotteissa joitain kymmeniä tai satoja milligrammoja kilossa. Bitumipohjaiset tuotteet yleistyivät 1900-luvun alussa ja korvasivat kivihiilitervapohjaiset materiaalit 1960-luvun loppuun mennessä. Niiden hajuttomuutta pidettiin etuna. Bitumia on käytetty kivihiilipikeä vastaavissa kohteissa, myös useita pahvi- ja paperituotteita on valmistettu bitumipohjaisina. Materiaalien erottamiseen tarvitaan laboratorioanalyysi. [1, s. 14, 19, 25; 2, s. 2.]

Bitumi- ja pikituotteet voivat olla hyvin saman näköisiä (kuva 2).



Kuva 2. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on parketin alla paksu bitumiliimakerros ja oikeanpuoleisessa kuvassa ohut kerros pikisivelyä alapohjan maali- ja tasoiterrosten alla. Materiaalit ovat samasta 1920-luvulla valmistuneesta rakennuksesta. (Kuvat AFRY Finland Oy, Paula Wuokko).

Puuterva

Kreosootti-nimitystä on käytetty alun perin kuvaamaan puuta polttamalla saadun puutervan tisleitä. Jo 1800-luvulla nimitys kuitenkin vakiintui tarkoittamaan kivihiilitervatuotteita, jotka korvasivat puutervapohjaiset vähitellen. Puutervan tisleen PAH-yhdistepitoisuudet ovat pieniä. Puutervan (mäntytervan) ja sen tisleiden käyttökohteet ovat olleet osin vastaavia, kuin kreosoottiöljyllä. Puutervaa on tyypillisesti käytetty sivelynä ja kyllästeenä kantavissa sekä maakosketuksessa olevissa puurakenteissa. Sillä on kyllästetty orgaanisia eristeitä, riveitä ja tilkkeitä. [1, s. 12–14.]

Ajoittain puutervatuotteita havaitaan myös kuntotutkimuksissa. Niiden erottaminen kreosoottiöljyllä kyllästetyistä voi olla haastavaa. Alla on esitetty kuvia puutervalla käsitellyistä lattialankuista (kuva 3).



Kuva 3. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on lattiaan ylösalaisin asennettuja, uusiokäytettyjä tervattuja lankkuja 1910-luvulla valmistuneessa hirsirakennuksessa. Oikeanpuoleisessa kuvassa on tervattuja lattialankkuja uudempien pintamateriaalien alla, 1930-luvulla valmistuneessa rakennuksessa. (Kuvat AFRY Finland Oy, Paula Wuokko).

2.2 Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden ominaisuuksia

Kivihiilitervapohjaisissa aineissa PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat tyypillisesti joitain kymmeniä painoprosentteja (p-%). Yhdisteitä on tunnistettu noin 400, mutta niitä on arvioiden perusteella tuhansia. Kivihiilitervatuotteiden PAH-yhdistekoostumus ja ominaisuudet vaihtelevat tuotantoprosessin mukaan, korkea tisläuslämpötila kasvattaa pitoisuutta. Kreosoottiöljy koostuu muun muassa aromaattisista hiilivedyistä ja niiden johdannaisista, kuten sivuketjuttomista PAH(16)-yhdisteistä, joita on voinut olla kokonaisuudessaan noin 75 %. Kivihiili-
piessä PAH-yhdisteiden osuus on voinut olla jopa 90 %. [1, s. 22–23; 2, s. 2; 8.]

PAH-yhdisteet, naftaleenia lukuun ottamatta, ovat huoneenlämpötilassa kiinteitä ja heikosti haihtuvia. Ne koostuvat kahdesta tai useammasta fuusioituneesta aromaattisesta renkaasta ja voivat esiintyä ilmassa kaasumaisina tai hiukkasiin

sitoutuneina. [1, s. 22–23; 9.] Rakennusmateriaalien tai sisäilman PAH-yhdiste-pitoisuutta ei voi arvioida aistinvaraisesti, vaan määrittäminen on tehtävä laboratorio-analyysin avulla. Nykyohjeistuksen mukaan määritetään PAH(16)-listan yhdisteet, jotka ovat Yhdysvaltain ympäristönsuojeluministeriön (EPA) niiden ympäristö- ja terveysvaikutusten perusteella priorisoimia. Analyysituloksissa esitetään kunkin yhdisteen pitoisuus ja PAH(16)-summapitoisuus. [3, s. 26, 38.]

PAH(16)-yhdisteiden ominaisuuksia on listattu taulukossa 1. Yhdisteiden esiintyminen ilmassa on esitetty taulukon vasemmalla sivulla.

Taulukko 1. PAH(16)-yhdisteet ja niiden ominaisuuksia. [1, s. 23; 11, s. 5.]

	Yhdiste ja molekyylikaava	Sulamispiste [°C]	Kiehumispiste [°C]	Höyrynpaine 25 °C [Pa]
Höyryjakeessa	Naftaleeni, C ₁₀ H ₈	81	218	10
	Asenaftyleeni, C ₁₂ H ₈	92	280	0,89
	Asenaftteeni, C ₁₂ H ₁₀	95	279	0,29
	Fluoreeni, C ₁₃ H ₁₀	115	295	0,080
	Fenantreeni, C ₁₄ H ₁₀	101	340	0,016
	Antraseeni, C ₁₄ H ₁₀	216	342	8,0 x 10 ⁻⁴
	Fluoranteeni, C ₁₆ H ₁₀	109	375	1,3 x 10 ⁻³
Hiukkasjakeessa	Pyreeni, C ₁₆ H ₁₀	150	393	6,0 x 10 ⁻⁴
	Bentso[a]antraseeni, C ₁₈ H ₁₂	161	400	2,8 x 10 ⁻⁵
	Kryseeni, C ₁₈ H ₁₂	253	448	8,4 x 10 ⁻⁵
	Bentso[b]fluoranteeni, C ₂₀ H ₁₂	168	481	7,6 x 10 ⁻⁵
	Bentso[k]fluoranteeni, C ₂₀ H ₁₂	215	480	1,3 x 10 ⁻⁸
	Bentso[a]pyreeni, C ₂₀ H ₁₂	178	496	7,3 x 10 ⁻⁷
	Indeno[1,2,3-cd]pyreeni, C ₂₂ H ₁₂	164	536	1,3 x 10 ⁻⁸
	Bentso[g,h,i]perylenei, C ₂₂ H ₁₂	278	545	1,4 x 10 ⁻⁸
	Dibentso[a,h]antraseeni, C ₂₂ H ₁₄	267	524	1,3 x 10 ⁻⁸

Osa PAH-yhdisteistä on määritetty syöpävaarallisiksi. Ne voivat imeytyä ihon läpi ja kulkeutua hengitettynä elimistöön. Ne ovat rasvahakuisia ja niiden vesiliukoisuus on alhainen. [3, s. 38.] Kansainvälisen syöväntutkimuslaitoksen (International Agency for Research on Cancer, IARC) mukaan kivihiiliterva ja kivihiilipiki ovat syöpää aiheuttavia (ryhmä 1) ja kreosoottiöljy todennäköisesti syöpää aiheuttava (ryhmä 2A). Yksittäisten yhdisteiden haitallisuus vaihtelee ja

niiden pitoisuus vaikuttaa myös niiden haitallisuuteen sekä mahdollisiin terveysvaikutuksiin. Terveysvaikutuksista on tietoa lähinnä työperäisestä altistumista, joka on asuinrakennuksissa altistumista satoja kertoja suurempaa. [2, s. 5–6; 8.]

Erittäin korkeat PAH-yhdisteiden pitoisuudet voivat ärsyttää silmiä, aiheuttaa huonovointisuutta, päänsärkyä ja huimausta. Toistuva ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä sekä ärsytysoireita, ja se liittyy tiettyihin syöpiin. Vuosikymmeniä jatkunut altistuminen voi aiheuttaa syöpäriskin kasvun, mutta satunnaisessa altistumisessa lisääntynyt riski on vähäinen. Rakennusmateriaalien päästöjen yhteyttä syöpäriskiin ei ole tutkittu. Rakennuksissa ei normaalikäytössä altistuta PAH-yhdisteille ihokosketuksella, eivätkä akuutteja haittavaikutuksia aiheuttavat pitoisuudet ole todennäköisiä eikä syöpävaarallista. Eikä hiukkasmuodossa esiintyvää bentso(a)pyreeniä ole huoneilmassa. Purkutöissä ja rakenneavauksia tehtäessä altistuminen täytyy kuitenkin huomioida. [1, s. 32–33; 2, s. 5–7.]

Kivihiilitervapohjaisten materiaalien aiheuttamat emissiot haistetaan ilmasta yleensä jo ennen pitoisuutta, joka voisi aiheuttaa terveyshaittaa. Jo pienetkin PAH-yhdisteiden pitoisuudet sisäilmassa voivat olla aistittavissa ja aiheuttaa viihtyvyyshaittaa. Aistittavan hajun voimakkuus ja koettu viihtyvyyshaitta ovat hyvin yksilöllisiä. Hajuista aiheutuneen pitkittyneen ja voimakkaana esiintyneen viihtyvyyshaitan on voitu todeta johtavan välillisiin haittavaikutuksiin. [2, s. 6.]

2.3 Rakennusmateriaalien ominaisuuksien vaikutus PAH-yhdisteiden haihtuvuuteen

PAHSIS-hankkeessa käsiteltyjen rakennusmateriaalien PAH-yhdistekirjo oli samankaltainen kuin vuoden 2018 Rakennusmateriaaliperäisten PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun -julkaisun lähes 600 näytteen aineistossa. Aineistojen pohjalta voidaan arvioida tyypillisten PAH-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien ominaisuuksien vaikututusta yhdistekirjoon, haihtuvien yhdisteiden osuutta ja niiden aiheuttamaa mahdollista sisäilmahaittaa. [1; 5.]

Kivihiilitervapohjaisista materiaaleista haihtuu jossain määrin PAH-yhdisteitä koko niiden käyttöiän. Massamaiset materiaalit, kuten sivelyt ja valuasfaltit

sisältävät yleensä merkittävästi korkeampia haihtuvien PAH-yhdisteiden pitoisuuksia kuin huokoiset materiaalit. Huokoisista materiaaleista, kuten pahveista ja papereista, haihtuvimmat yhdisteet ovat pääosin jo poistuneet. Massamaisten materiaalien haihtuvien yhdisteiden pitoisuudet eivät korreloi sisäilmassa aistituihin tai analysoituihin pitoisuuksiin normaalioloissa. Olennaista on materiaalin eheys. Massamaisen materiaalin pinta muuttuu ajan myötä diffuusiotiiviiksi. Se on kuitenkin herkkä vaurioitumiselle ja haurastuu vanhetessaan. Jos pinta rikoontuu, päästöt kasvavat merkittävästi ja korreloivat erityisesti haihtuvien yhdisteiden materiaalipitoisuuksien osalta. [1, s. 105; 2, s. 4–5; 5, s. 395–397.]

2.4 Muita PAH-yhdisteiden kanssa esiintyviä haitta-aineita

PAH-yhdisteitä sisältävissä rakennusmateriaaleissa ja rakenteissa voi olla muitakin haitta-aineita, jotka tulee huomioida purkutyön, jätteenkäsittelyn tai sisäilmavaikutusten vuoksi. Yleisiä haitta-aineita ovat asbesti, PCB-yhdisteet (polyklooratut bifenyylit), metalliyhdisteet sekä haihtuvat yhdisteet. Asbestin käyttö rakentamisessa ajoittuu 1900-luvun alun ja 1990-luvun välille. Asbestia on lisätty muun muassa kivihiiliterva- ja bitumituotteisiin. [3, s. 7, 38–40.]

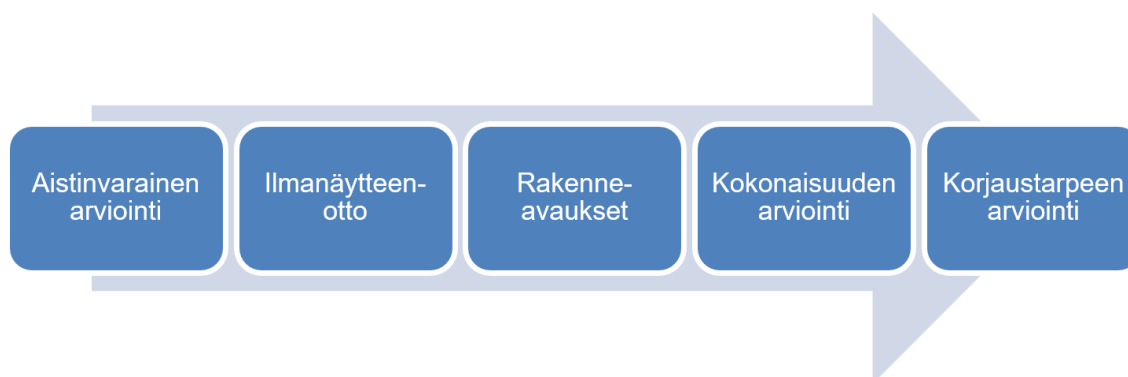
Kivihiilitervapohjaiset valuasfaltit voivat sisältää myös öljyhiilivetyjä. PAH-yhdisteitä sekä öljyhiilivetyjä voi olla myös rakenteisiin, kuten betoniin ja tiileen, imeytyneinä. Rakennuksen aiempi teollinen käyttö on voinut altistaa rakenteet imeytyneille haitta-aineille. Alustan huokoisuus vaikuttaa haitta-aineiden imeytymissyvyyteen ja laajuuteen. [3, s. 38–40; 10, s. 58–59.]

3 PAH-yhdisteiden sisäilmavaikutusten tutkiminen

3.1 Tutkimusten etenemismalli

PAH-yhdisteiden aiheuttamien sisäilmahaittojen ja toimenpidetarpeen selvittämiseksi on laadittu etenemismalli (kuva 4). Selvityksen etenemiseen vaikuttaa myös se, millaisessa tilanteessa selvitystä lähdetään tekemään. Tutkimusten

lähtökohtana voi olla sisäilmaoireilu, suunniteltu peruskorjaus, tilankäytön muutos tai jo kertaalleen tehdyt sisäilmakorjaukset. [1; 2.]



Kuva 4. Etenemismalli PAH-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien sisäilmahaittojen ja toimenpidetarpeen arvioimiseen [12].

Sisäilmavaikutusten tutkimisessa ja arvioinnissa on huomioitava voimassa oleva lainsäädäntö sekä useita säädöksiä ja ohjeistuksia. Terveysuojelulain 763/1994 mukaan sisäilman olosuhteista tai tekijöistä ei saa aiheutua tilassa oleskeleville terveyshaittaa [13]. Terveysuojelulainsäädännön uudistus on tekeillä ja se tulee vaikuttamaan PAH-yhdisteiden sisäilmavaikutusten arviointiin tulevaisuudessa.

PAH-yhdisteisiin liittyvät tutkimukset on suositeltavaa tehdä hyvissä ajoin, esimerkiksi peruskorjauksen tarveselvitys- tai hankesuunnitteluvaiheessa. Myöhään tehty selvitys voi aiheuttaa lisäkustannuksia ja viivytyksiä, ja rakennustyöntekijät sekä tilojen käyttäjät voivat altistua haitta-aineille. Puutteellisilla lähtötiedoilla tehdyt korjaukset voidaan joutua uusimaan. Jälkikäteen tutkiminen ja korjaaminen on kallista ja voi aiheuttaa käyttäjissä luottamuspulaa. [9, s. 9–10.]

Kiinteistössä tehtävistä tutkimuksista tulee informoida tilojen käyttäjiä. Kiinteistön omistaja vastaa rakennuksen terveellisyydestä ja turvallisuudesta. Julkisissa rakennuksissa tutkimukset tilaa yleensä kiinteistön omistajan edustaja ja työpäikällä työnantajan edustaja. Asunto-osakeyhtiöissä tilaajana on yhtiön hallitus tai

isännöitsijä hallituksen valtuutuksella. Omakotitaloissa tutkimukset yleensä tilaa kiinteistön omistaja. [14, s. 9–11.]

PAH-yhdisteiden sisäilmavaikutusten tutkiminen ja arvioiminen edellyttää erikoisosaamista, eikä siihen ole virallisia yksiselitteistä ohjetta. Tutkimuskokonaisuus määritellään tilaajan ja konsultin (sisäilma-asiantuntijan) välisellä erillisellä sopimuksella. Tutkimussuunnitelman laatiminen on suositeltavaa. Tutkimussisällön määrittelemiseen on ohjeita esimerkiksi Ympäristöoppaassa 2016 (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus) ja Haitalliset aineet rakennuksissa - Tutkijan ohjeessa (2022). Vastuullisen tutkijan tulee osallistua tutkimussuunnitelman teon lisäksi tutkimusten toteutukseen vähintään alkuvaiheessa. [3; 14.] Tutkimustarpeen arvioimiseen voi soveltuvilta osin hyödyntää myös Työterveyslaitoksen Sisäilmast selvitys ja olosuhde arviointi -ohjetta työpaikoille (2022). Selvitystä varten tarvitaan muun muassa kattavia tietoja rakenteista, niiden ilmatiiveydestä, biologisista, fysikaalisista ja kemiallisista tekijöistä sekä ilmanvaihdesta. [15.]

3.2 Olennaiset lähtötiedot

PAH-yhdisteitä pystytään harvoin tarkastelemaan irrallisena kokonaisuutena rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavista muista tekijöistä. Kattavat lähtötiedot rakenteista ja niiden kunnosta ovat olennaisia tutkimuksen onnistumisen kannalta. Mikäli tietoja on heikosti saatavilla, arvioi asiantunteva kuntotutkija lisäselvitystarpeen, jonka pohjalta teetetään tarvittavat tutkimukset. [14, s. 9–11.]

3.2.1 Rakennushistoriaselvitys

Historiallisissa, lailla rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010) tai asemakaavalla tai -suojelluissa rakennuksissa on tärkeää teettää rakennushistoriaselvitys [16]. Ohjeita rakennushistoriaselvityksen laatimiseen on Talon tarinat – Rakennushistorian selvitysoppaassa. Rakennushistoriaselvitys on ensiarvoisen tärkeä lähtötieto niin haitta-ainetutkimusten kuin rakenneteknisten kuntotutkimusten osalta. Rakennushistoriaselvitykseen ei yleensä liity rakenneavauksia,

mutta sen avulla voidaan kohdistaa muissa tutkimuksissa tehtäviä avauksia. [17.] Joissain kohteissa voi olla hyödyllistä selvittää tarkemmin myös rakenteiden historiaa. Vanhojen rakenteiden tunteminen ja niiden toiminnan ymmärtäminen helpottaa myös korjaussuunnittelua. [18.]

Suojeltujen rakennusten osalta on ensiarvoisen tärkeää välttää tarpeetonta purkamista ja korjaustoimenpiteiden tulee perustua todettuun tarpeeseen, kohteen erityisominaisuudet huomioiden ja säilyttäen. Rakennussuojelun tarkoituksena ei ole estää korjaustoimia vaan tehdä niistä hallittuja. Suojeltuja rakennuksia tutkittaessa tai korjattaessa on suositeltavaa ottaa yhteyttä suojelusta vastaavaan viranomaiseen heti hankkeen alussa. [19, s. 7–8; 20, s. 8.]

3.2.2 Haitta-ainetutkimus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla on selvittää, onko rakenteissa haitallisia aineita. Ainoastaan asbestin ja POP-yhdisteiden (persistent organic pollutants) osalta on lain tasoinen velvoittava yleissäädos. Valtioneuvoston asetuksen asbestityön turvallisuudesta (798/2015) mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee teettää asbestikartoitus ennen rakenteita rikkovia töitä. [21.] Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) velvoittaa selvittämään myös muita haitta-aineita, kuten PAH-yhdisteitä. [9, s. 4–6; 22.] Haitta-aineiden korjaus- ja hallintaratkaisut edellyttävät aina vähintään haitta-ainetutkimusta. Muita tapauskohtaisesti tarvittavia haitta-aineisiin liittyviä tutkimuksia on esimerkiksi maaperän pilaantuneisuusselvitys. [23, s. 7–8.]

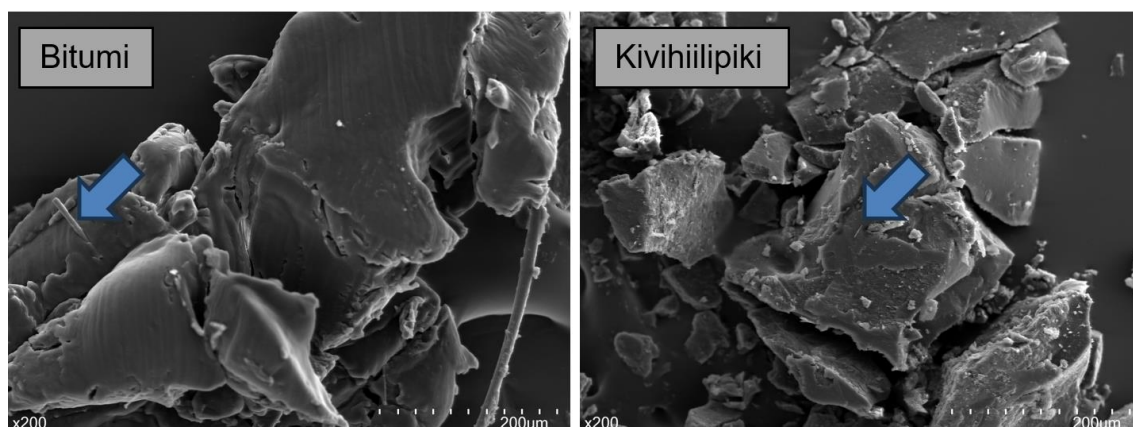
Haitta-ainetutkimus on usein ensimmäisiä korjaustöitä varten tehtäviä tutkimuksia, jotta muissa tutkimuksissa osataan varautua haitta-aineisiin. On myös yleistä tehdä haitta-ainetutkimus yhdessä kosteus- ja sisäilmateknisten tutkimusten kanssa, jolloin voidaan hyödyntää samoja rakenneavauksia. Tutkimuksissa on suositeltavaa käyttää haitta-aineisiin perehtynyttä ja riittävän työkokemuksen omaavaa sertifioitua asbesti- ja haitta-aineasiantuntijaa (AHA) tai rakennusterveysasiantuntijaa (RTA). [3; 2, s. 6.]

Rakennuksen ikä, käyttöhistoria ja eri aikakausina tehdyt korjaukset vaikuttavat siihen, mitä haitta-aineita rakennuksessa voi esiintyä [9, s. 1]. Haitta-ainetutkimuksessa tehdään rakenneavauksia rakenteiden sisäisten haitta-aineiden selvittämiseksi. Avausten sijoittelu suunnitellaan lähtötietotarkastelun perusteella, lopulliset paikat ja toteutustapa varmistetaan kohteessa. Osa avauksista voi vaatia osastointia. Kaikki rakennekerrokset kirjataan ja kaikista mahdollisesti haitta-aineita sisältävistä materiaaleista otetaan näytteet analyysijä varten. [3, s. 3–4, 27.]

Kivihiilitervapohjaisiksi epäillyistä rakennusmateriaaleista analysoidaan haitta-ainetutkimusten yhteydessä yksittäisten PAH(16)-yhdisteiden pitoisuudet (mg/kg) sekä PAH(16)-summapitoisuus (mg/kg). Analysoitavan näytteen tulee olla edustava, eikä siinä ei saa olla analyysituloksia vääristäviä materiaaleja. Laboratorion määritysrajat ovat suuruusluokkaa 0,1–0,01 mg/kg. [24.]

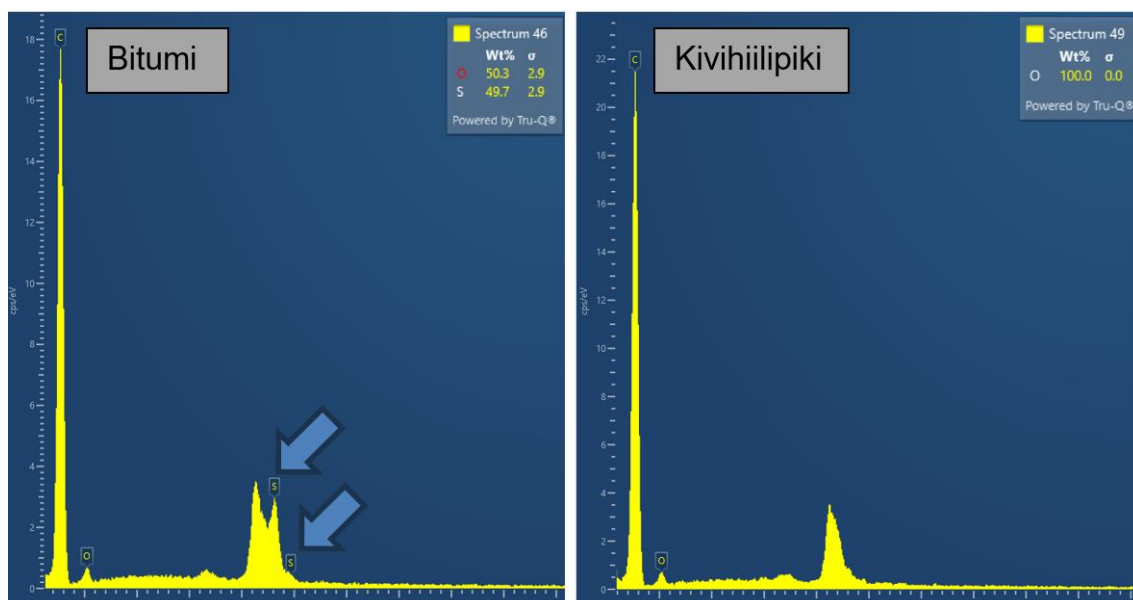
Tutkimuksissa on huomioitava, että maaöljypohjaiset bitumituotteet ja kivihiilitervapohjaiset pikimateriaalit voivat näyttää hyvin samanlaisille. Niiden koostumukset kuitenkin eroavat selvästi. Analyysi on paras tapa varmistaa materiaalin koostumus ja sen sisältämät haitta-aineet.

Kuvissa 5 ja 6 on esitetty bitumisivelystä ja valuasfaltista (kivihiilipiestä) pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM) otetut kuvat. Elektronimikroskooppiin on liitetty energiadiispersiivinen röntgenspektrometri (EDS) alkuainetunnistuksia varten. SEM-analytiikkaa käytetään yleisesti asbestianalyyseissä, mutta sitä voi hyödyntää myös muissa selvityksissä. Kuvasta 5 on muun muassa nähtävissä, että bitumi ja kivihiilipiki murtuvat hyvin eri tavalla. Kuvan bitumiin on kiinnittyneenä vuorivillakuituja ja kivihiilipikinäytteen pinnalla on yksittäinen antofylliittiasbestikuitu kontaminaationa (nuolet).



Kuva 5. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on pala bitumia ja oikealla kivihiilipikeä pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM) otetuissa kuvissa. Nuolilla on merkitty bitumiin kiinnittynyt vuorivillakuitu ja pikinäytteen pinnalla oleva yksittäinen antofylliittiasbestikuitu. (Kuvat AFRY Finland Oy, Jaakko Sääntti).

Vastaavien bitumi- ja pikinäytteiden analysoidut alkuainekoostumukset on esitetty kuvassa 6. Kuvassa vasemmalla olevassa bitumisivelyn alkuainekoostumuksessa on nähtävissä rikkiä (S, nuolet). Rikkiä esiintyy maaöljyssä vaihtelevassa määrin luontaisesti [25]. Kivitervapohjaisessa piessä ei rikkiä tässä tapauksessa esiinny.



Kuva 6. Otteet bitumisivelyn (vasemmalla) ja kivihiilipien (oikealla) alkuainekoostumuksista. Bitumi sisältää rikkiä. (Kuvat AFRY Finland Oy, Jaakko Sääntti).

PAH-yhdisteitä voi esiintyä rakenteisiin imeytyneinä esimerkiksi aiemman teollisen käytön takia. Myös rakennusmateriaaleista voi imeytyä PAH-yhdisteitä rakenteeseen. Analysoitavat betoni-, tiili- ja laastinäytteet tulee homogenoida laboratoriossa kryomurskaimella, jotta haihtuvat yhdisteet eivät pääse haihtumaan. Sisäilmavaikutusten ja purkutyön kannalta analysoidaan PAH-yhdisteiden lisäksi vähintään öljyhiilivedyt C₁₀–C₄₀, bensiinijakeet C₅–C₁₀ ja BTEX-yhdisteet ja PCB-yhdisteet. [3, s. 5–6, 24.]

Haitta-aineiden tutkimusraportti on kattava asiakirja, jota voidaan hyödyntää haitta-aineiden korjaus- ja purkusuunnittelussa, jätteenkäsittelyssä sekä urakkalaskennassa. Haitta-ainetutkimus sisältää lakisääteisen asbestikartoituksen. Raportissa tulee esittää epävarmuudet, mahdolliset riskit ja alueet, joihin ei tutkimushetkellä ollut pääsyä. [3, s. 26–28; 9, s. 1, 9–10.]

Tutkija arvioi haitta-aineraportissa haitallisten aineiden vaarallisuutta tilan käytölle ja purkutilanteissa huomioitavia tekijöitä. Sertifioidulla rakennusterveysasiantuntijalla on koulutus tutkimuksiin, joissa selvitetään haihtuvia haitta-aineita ja niiden sisäilmavaikutuksia. Sisäilmariskien tarkastelu edellyttää yleensä aina tarkempia tutkimuksia. Haitta-aineiden kulkeutumista rakenteista huoneilmaan voidaan arvioida paine-erotutkimuksilla ja merkkiainekokeilla. Altistumisriskejä arvioidaan ilmanäytteillä ja joissain tilanteissa pyyhintä- tai laskeumanäytteillä. [9, s. 1, 7–10.]

3.2.3 Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

PAH-yhdisteisiin liittyvät haasteet voivat linkittyä rakennuksen yleiseen kuntoon. Varsinkin monimuotoisissa rakennuksissa sisäilmahaitan arvioinnin lähtötietona on hyvä olla kattava kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. [14.]

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) määrää, että suunnittelijan tulee selvittää rakennuksen rakennusaikea rakentamistapa ja rakenteiden kosteustekninen toimivuus korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa [26]. Tiedot muista sisäilman

laatua heikentävistä tekijöistä ja korjaustarpeista on tärkeä huomioida PAH-yhdisteisiin liittyviä riskejä selvitettäessä ja toimenpiteitä suunniteltaessa.

Sisäilmatutkimusten lähtökohtana on usein tutkimuksissa tehty havainto, poikkeava haju tai käyttäjien oireilu. Usein syyksi epäillään mikrobivaurioita. Syynä voivat olla kuitenkin myös kemialliset päästöt pintamateriaaleista, heikko ilmanvaihto, huoneilman lämpötila tai teolliset mineraalikuivilähteet. Sisäilmahaitan selvittäminen voi edellyttää laajoja tutkimuksia ja vaatii lähes aina rakeneavauksia, mittauksia ja analyysyjä. [14 s. 27.]

Kuntotutkimusten toteutus edellyttää eri aikakausien rakenteiden, materiaalien sekä rakennusfysikaalisten ilmiöiden tuntemusta. Tutkijan tulee tunnistaa normaalit ja poikkeavat sisäympäristön ominaisuudet ja niihin vaikuttavat tekijät. Aistinvaraiset havainnot ja mittaustulokset mikrobiologisista tai kemiallisista epäpuhtauksista tulee suhteuttaa tietoihin rakenteiden kunnosta. Epäpuhtauksien kulkeutumisreitit, ilmanvaihtojärjestelmä sekä painesuhteiden vaikutukset sisäilman laatuun täytyy tiedostaa. [14, s. 12.] Tutkimustulosten vaikuttavuuden arviointiin voi soveltuvilta osin hyödyntää Sisäilmastaselvitys ja olosuhdearviointi -ohjetta työpaikoille [15].

3.2.4 Sisäilmaolosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimukset

Rakennuksen ja tutkittavan tilan olosuhteilla, ilmanvaihdolla, sisä- ja ulkoilman lämpötilalla, paine-eroilla sekä tuulioloilla voi olla vaikutusta koettuun sisäilmahaittaan. Eri aikoina voidaan saada samoista tiloista hyvin erilaisia mittaustuloksia ja hajuhavaintoja. [1, s. 85–86.] Tiloissa pidempiä aikoja oleskelevat käyttäjät voivat ilmoittaa havainnoista, joita tutkijat eivät yksittäisellä käynnillä havaitse. Rakennuksen käyttöolosuhteiden ja muuttujien tulee olla riittävällä kattavuudella selvitettyinä, jotta sisäilmahaittaa voidaan arvioida luotettavasti. Olosuhteita tutkitaan yleensä, jollain laajuudella osana kosteus- ja sisäilmateknistä kuntotutkimusta. Tutkija arvioi mahdolliseen tarpeen lisäselvityksille PAH-yhdisteiden osalta.

Ilmanvaihto, paine-erot ja tuuliolosuhteet

Mikäli sisäilmahaitalla epäillään olevan yhteyttä ilmanvaihtojärjestelmään, on perusteltua tehdä ilmanvaihdon kuntotutkimus [27, s. 4, 13]. Koneellinen ilmanvaihto aiheuttaa tiloihin paine-eroja, jotka voivat voimistaa rakenteissa olevien epäpuhtauksien kulkeutumista vuotoilmavirtauksina sisäilmaan. Liian vähäinen ilmanvaihto taas tyypillisesti voimistaa muiden sisäilman laatua heikentävien tekijöiden vaikutuksia. [14, s. 14–15.] Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon vaatimukset ovat poikenneet nykytilanteesta. Aiemmin on yleensä suunniteltu vähintään 10 % enemmän poistoilmaa, kuin tuloilmaa. Koneellisella tulo-poistoilmanvaihdolla varustetut vanhat rakennukset ovat tyypillisesti olleet noin 5...10 Pa alipaineisia. Tämä on voinut johtaa sisäilman laadun osalta liialliseen alipaineeseen. [28, s. 80–81; 29, s. 12.]

Rakennuksen ilmavirtauksien voimakkuuksia ja suuntia voidaan tarkastella suuntaa antavasti merkkisavulla. Mittalaitteella tehtävällä paine-eromittauksella voidaan selvittää tutkittavan tilan ja ulkoilman tai kahden tilan välinen paine-erokyseisellä hetkellä. Ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat tulee olla tiedossa tulkittaa varten. Tuuliolot sekä ulko-ovien ja ikkunoiden avaaminen vaikuttavat tuloksiin. Havainnot voivat vaihdella myös eri vuodenaikoina. Tarkempia tietoja varten tehdään paine-erojen seurantamittaus useammasta mittapistestä yhden tai kahden viikon ajan. Seurannalla saadaan selville mittausjakson keskimääräinen paine-ero, ilmanvaihdon käyttöaikojen ja sen ulkopuolisen ajan paine-erot sekä sääolojen ja rakennuksen käytön vaikutus. [14, s. 30–32; 29; 30.]

Painovoimainen ilmanvaihto oli vielä 1950-luvulla yleisin ilmanvaihtojärjestelmä asuinrakentamisessa ja laajalti käytössä esimerkiksi kouluissa ja sairaaloissa. Näin ollen valtaosassa PAH-yhdistepitoisia materiaaleja sisältävissä rakennuksissa, ilmanvaihto on ollut ainakin alun perin painovoimainen. Painovoimaisessa järjestelmässä ilma liikkuu lämpötilaerojen ja tuuliolojen vaikutuksella. Sääoloilla, vuoden ajalla ja käyttäjien tekemillä toimilla on vaikutusta sen toimintaan. [31, s. 1–9]. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa sisä- ja ulkotilan väliset paine-erot voivat olla hyvin pieniä ja niiden mittaaminen on haastavaa [32, s. 1–8].

Tuulen voimakkuus ja suunta voivat vaikuttaa emissioiden kulkeutumiseen erityisesti rakennuksissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto, ulkovaipassa on runsaasti epätiiveyskohtia tai höyrynsulkua ei ole [1, s. 64–65]. Tyypillisesti tuulennopeutta ei mitata kuntotutkimusten yhteydessä. Paine-eroseurannan tulosten tulkintaa varten tarvittavat vallinneiden ilmasto-olosuhteiden tiedot haetaan yleensä Ilmatieteenlaitoksen havaintojen lataus -palvelusta kohdetta lähimmältä havaintoasemalta. Useimmilta asemilta on saatavilla ulkoilman lämpötilan lisäksi ilmanpaine, suhteellinen kosteus, kastepistelämpötila, tuulen suunta sekä nopeus sekä tuulen puuska-arvo. [14, s. 119–123; 33.]

Lämpötila ja ilmankosteus

Kuntotutkimuksissa on aina suositeltavaa mitata sisäilman lämpötila ja suhteellinen ilmankosteus. Mittaus voidaan tehdä joko hetkellisenä tai pidempiaikaisena seurantana tallentavilla mittalaitteilla. [1, s. 66; 14.]

Lämpötila kasvattaa rakennusmateriaalien haihtuvien yhdisteiden haihtuvuutta [2, s. 4–5]. Lämpötilan on todettu vaikuttavan voimakkaasti hajuhavaintoihin ja nostavan haihtuvimpien PAH-yhdisteiden sisäilman pitoisuuksia. Vaikutus ilmenee erityisesti rakenteissa, jotka pääsevät lämpenemään. [1, s. 85–87, 102–110.] Lämpötila vaikuttaa myös olennaisesti sisätilojen viihtyvyyteen. Korkea lämpötila voi aiheuttaa tunkkaisuuden ja ilman riittämättömyyden tunnetta. [14, s. 37, 61–62.]

Sisäilman suhteellinen kosteus mukailee pitkälti ulkoilman kosteutta. Kosteuslähteet, vedenkäyttö, ihmiset ja tilojen jäähdytys vaikuttavat sisäilman kosteuteen. [14, s. 37, 61–62.] Kosteusolosuhteiden ei ole todettu vaikuttaneen materiaalipäästöihin poikkeavalla tavalla, mutta ilmankosteudella voi olla vaikutusta koettujen hajujen voimakkuuteen [1, s. 89; 2, s. 4–5].

3.3 Aistinvaraiset arviot

Pienetkin PAH-yhdisteiden pitoisuudet sisäilmassa voivat olla aistittavissa. Aistittavan hajun voimakkuus ja koettu viihtyvyyshaitta ovat hyvin yksilöllisiä.

[2, s. 6.] PAH-yhdisteiden aistinvaraiset arviot on suositeltavaa tehdä ennen muita tutkimuksia ja rakenneavauksia [9, s. 1]. Mikäli rakenneavauksia on kuitenkin jo tehty, tulee varmistua siitä, että avaukset on paikattu tiiviisti. Rikkinäisistä materiaaleista aiheutuvat emissiot voivat vääristä havaintoja. Tutkimuksia tehtäessä tulee aina varmistua siitä, minkälaista tilannetta tutkitaan.

Aistinvaraiset arvioinnit tehdään kiertämällä rakennuksen kaikki tilat tai sovittu tutkimusalue. Vähintään tutkittavan tilan viereiset tilat on myös tarkastettava. Arvioinnissa on hyvä olla kaksi sisäilma-asiantuntijaa, jolloin havaintoja voidaan vertailla. Käyttäjien haastatteluilla ja mahdollisilla kohteesta olevilla lähtötiedoilla koetusta sisäilmanlaadusta tai oireiluista, saadaan hyödyllistä tietoa tarkempien tutkimusten, kuten sisäilmamittausten kohdistamiseen. [1, s. 65, 87.]

Kokemusperäisesti hajut ovat usein voimakkaimpia huonetilaan mentäessä, minkä jälkeen hajun havaitseminen vaikeutuu. Havaintoja tekevällä asiantuntijalla on oltava normaali hajuaisti, ja hänen tulee tiedostaa mahdolliset rajoitteensa hajujen havaitsemisessa ja tunnistamisessa. Havaintoja voi olla hyödyllistä tehdä normaalin käyttötilanteen lisäksi tilan ollessa alipaineistettu tai erilaisilla tuuli- ja lämpötilaolosuhteilla. Tehdyt aistinvaraiset havainnot on suositeltavaa merkitä raportin lisäksi pohjapiirustuksiin, joista niiden ilmenemistä on helppo tarkastella.

PAH-yhdisteisiin liitetyt hajut voivat olla luonteeltaan ajoittaisia tai paikallisia lehdhduksia. Rakenteiden avaamisen yhteydessä haju voi muuttua voimakkaaksi. Soveltuvan hengityssuojaimen käyttö on tällöin suositeltavaa, eikä havaintoja voi luotettavasti tehdä. Tyypillisen ratapölkyn hajun lisäksi on havaittu savua tai koipalloa muistuttavaa hajua sekä pistävää, epämiellyttävää hajua, joiden on voitu todeta liittyvän PAH-yhdistepitoisiin materiaaleihin. Haastavissa kohteissa voi olla hyödyllistä kirjata tarkempia kuvailuja myös hajun voimakkuudesta, häiritsevyydestä ja luonteesta. [1, s. 65, 87.]

Aistinvaraisessa arvioinnissa tulee huomioida myös muut epäpuhtauslähteet ja yleinen ilmanlaatu. Kosteus- ja mikrobivauriot, lämpö- ja kosteusolosuhteet, liian

lämmin tai kuiva huoneilma ovat yleisiä haittaa aiheuttavia tekijöitä. Ilmanvaihtojärjestelmän puutteet, tunkkaisuus, vetoisuus, materiaalipäästöt tai pölyisyys voivat vaikuttaa koettuun sisäilman laatuun. Eri tekijöiden aiheuttamat oireilut voivat olla samankaltaisia. [1, s. 65, 87; 14, s. 14–15.]

Hajukynnys kuvaa pienintä ilmasta aistittavissa olevaa yhdisteen pitoisuutta. Kirjallisuudessa PAH-yhdisteille annetut hajukynnysarvot vaihtelevat suuresti, ja niiden määrittämisessä on arvioitu lähinnä puhtaiden yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksia. Naftaleenille kirjallisuudessa annetut hajukynnykset ovat välillä 7...450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja fenantreenille annettu hajukynnysarvo on noin 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. PAHSIS-hankkeen yhteydessä määritetty naftaleenin hajukynnys oli keskiarvona 3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 1,0$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$). [1, s. 31, 73–75, 92.]

3.4 Sisäilma-analyysit

Mikäli huoneilmassa on syytä epäillä PAH-yhdisteitä, määritetään ilmasta kaasumaiset PAH-yhdisteet. Ilmanäytteenotto tehdään normaaleissa käyttöolosuhteissa tilan keskivaiheilta ja oleskeluvyöhykkeeltä. Näytteestä analysoidaan kaikki yksittäiset PAH(16)-yhdisteet ja niiden summa. Hiukkasmaisia PAH-yhdisteitä ei tyypillisesti näy kaasufaasin analyysituloksissa. Kaasufaasissa esiintyvien yhdisteiden näyte kerätään pumpun avulla XAD-2 adsorbenttiin. Tulokset raportoidaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Käytettävä keräysnopeus ja ilmamäärä on hyvä varmistaa analysoivalta laboratoriolta. [3, s. 26; 34.]

Työterveyslaitoksen tutkimuksessa (2023) sisäilmaongelmaisiksi koetuista kohteista kerätyissä näytteissä oli pääkomponenttina lähinnä naftaleenia ja fenantreenia, pääosin pieninä pitoisuuksina. Naftaleenia oli 95 %:ssa näytteistä alle 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja fenantreenia alle 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. [1, s. 28–29; 35.] Rakennusmateriaaleissa voi olla myös PAH(16)-listan ulkopuolisia yhdisteitä, kuten niiden alkyloituja variantteja. Yhdisteillä voi olla vaikutusta kivihiilitervatuotteista vapautuviin hajuihin ja emissioihin, joita ei PAH(16)-sisäilma-analyysillä voida tunnistaa. [1, s. 23, 34–35, 68.] Nykyohjeistuksen mukaan analysoitavan PAH(16)-listan lisäksi voi

olla hyödyllistä analysoida myös 1- ja 2-metyyli-naftaleenin pitoisuudet [1, s. 82–86, 98–99; 34].

Joissain tilanteissa voi olla tarpeen määrittää kaasumaisten PAH-yhdisteiden pitoisuus poikkeavissa olosuhteissa, kuten ilmanvaihdon käyntiaikojen ulkopuolella. Kokemusperäisesti epätavanomaiset näytteenottotavat ovat osoittautuneet hyödyllisiksi päästölähteen paikannuksessa. Esimerkiksi puuvälipohjan sisältä tehdyllä ilmanäytteenotolla on voitu paikantaa päästölähde, jota ei olla huoneilman mittauksilla ja rakenneavauksilla löydetty. Poikkeavia näytteenottoja tehtäessä ja tuloksia tulkittaessa on ymmärrettävä, mistä pitoisuus kertoo ja voiko arviointiin käyttää esimerkiksi annettua toimenpideraja-arvoja.

Tutkimuksissa on huomioitava mahdolliset kontaminaatiolähteet. PAH-yhdisteitä on kivihiilitervatuotteiden lisäksi muun muassa tupakan savussa ja liikenteen päästöissä. Niitä muodostuu myös kynttilöiden poltosta ja grillatessa. Puun polton takia pientaloalueilla ulkoilman PAH-yhdistepitoisuudet ovat tyypillisesti kaupunkialueita korkeampia. Myös kumi- ja muoviosissa voi olla PAH-yhdisteitä ja ne voivat aiheuttaa hajuja. [1, s. 29–31; 3, s. 38; 35.] Aiemmin vaatteiden suojaukseen käytetyt koipallot olivat lähes puhdasta naftaleenia. Niiden käyttö kiellettiin EU:ssa vuonna 2008. On myös mahdollista, että ilmanäytteissä havaitaan jonkin toisen PAH-yhdistepitoisen materiaalin emissioita kuin sen, jota tutkitaan. Tähän voi viitata esimerkiksi se, ettei ilmannäytteiden PAH-yhdistekoostumus vastaa tutkittavan materiaalin yhdisteitä. [1, s. 29–31, 93, 100.]

Mikäli on syytä epäillä hiukkasiin sitoutuneita PAH-yhdisteitä rikkonaisten materiaalien tai tehtyjen purkutöiden vuoksi, kerätään ilmanäyte niin sanotulla aggressiivisella menetelmällä. Siinä tutkittavan tilan pintoja harjataan pölyn liikkeelle saamiseksi. Näyte kerätään lasikuitusuodattimelle. PAH(16)-yhdisteet ja niiden summa raportoidaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$. PAH-yhdisteet voidaan tarvittaessa määrittää pyyhintänäytteellä tietylle pinta-alalle laskeutuneesta pölystä, pitoisuudet ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^2$. [3, s. 26.]

Sisäilmasta voi olla suositeltavaa tehdä lisäksi haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) analyysi. Sillä voidaan todeta tai poissulkea muita huoneilmassa aistittavia tai mitattavissa olevia haihtuvia yhdisteitä. PAH-yhdisteistä analyysissä raportoidaan ainoastaan naftaleeni sekä analyysilaboratorion mukaan joukko alkyloituja naftaleeneja. [2, s. 6; 34; 36.] VOC-yhdisteiden näytteenotossa on huomioitava useat kontaminaatiolähteet, kuten hajusteet ja kemikaalit [36].

3.5 Tarkentavat rakenteiden ja rakennusmateriaalien tutkimukset

PAH-yhdisteiden sisäilmahaitan arvioimista ja korjauslaajuuden määrittäystä varten voi olla tarpeen tehdä esimerkiksi tarkentavia rakenneavauksia materiaalin laajuuden tai rakenteen selvittämiseksi.

Rakenteiden diffusiviteetti

PAH-yhdistepitoista materiaalia rajaavalla rakennekerroksella ja sen diffusiviteetillä eli läpäisevyydellä on suuri merkitys huonetilaan kulkeutuviin emissioihin. Osalle rakennusmateriaaleja on kirjallisuudessa määritettyjä läpäisykertoimia eri yhdisteille. Tarkemmalla diffusiviteetin tutkimisella ei ole kuitenkaan saatu lisähyötyä sisäilmariskin arviointiin, mutta suojaavan kerroksen paksuuden ja materiaalin perusteella voidaan arvioida suuntaa antavasti emissioiden kulkeutumistodennäköisyyttä. [1, s. 67–68, 93–108.]

Rakenteiden ilmatiiviys

Rakenteiden ilmatiiviys on olennainen tekijä sisäilman laadun kannalta. Vanhemmassa rakennuskannassa ilmatiiviyteen ei tyypillisesti ole kiinnitetty erityistä huomiota ja ilmavuotoja voi esiintyä runsaasti. Rakennusvaipan ilmavuodot mahdollistavat epäpuhtauksien pääsyn sisäilmaan rakennuksen ollessa alipaineinen. Haihtuvat yhdisteet voivat kulkeutua ilmavirtojen mukana pienistäkin epätiiveyskohdista. [5, s. 397–398; 37, s. 12.] Rakenteiden ilmavuotoja voidaan tutkia merkkiainekokeella. Vuotojen laajuuden arvioinnissa voidaan soveltuvin osin hyödyntää aistinvaraisia menetelmiä, merkkisavua ja lämpökameraa.

Rakenteet, rakenneliitokset ja ilmanvaihdon toiminta on selvitettävä ennen tutkimuksia. Saatua tietoa voidaan hyödyntää sisäilmaongelmien paikantamisessa ja käyttää lähtötietona korjaussuunnittelulle. Merkkiainekoe tehdään vakio-oidussa, yleensä 10 Pascalin (Pa) alipaineessa, jotta eri mittaukset ovat vertailukelpoisia. Mikäli mittauksia tehdään käyttötilanteessa vallitsevissa painesuhhteissa, on tulokset riippuvaisia hetkellisistä olosuhteista ja niiden vaihtelusta tuulen ja ilmanvaihdon aika-asetusten muukaan. Tämä tulee huomioida ilmavuotojen vaikuttavuuden arvioinnissa. [37, s. 12.]

On huomioitava, että PAH-yhdisteitä voi olla rakenteiden lisäksi kiinteistön maaperässä, vedessä tai huokosilmassa ja kulkeutua rakennuksen sisälle rakenteiden epätiiviyyskohdista. Valtioneuvoston asetuksen Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi (214/2007) mukaan maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava, jos jonkin haitta-aineen pitoisuus ylittää kynnyksarvon. [38.] Rakennuksen alapuolisen maaperän tutkimuksia voidaan tarvittaessa toteuttaa samassa yhteydessä alapohjan rakenneavausten kanssa.

Materiaaliemissiomittaukset

Sisäilmatutkimuksissa voi olla hyödyllistä tehdä materiaalista kokonaisemissio- eli bulk-määrittäys. Menetelmällä voidaan selvittää PAH-yhdisteiden lisäksi muiden haihtuvien yhdisteiden emissioita. Tulokset raportoidaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$. Tulosta ei voi suoraan käyttää sisäilmapitoisuuksien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tai pintaemissio- pitoisuuksien ($\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$) arviointiin, mutta sillä voi saada viitettä päästölähteestä. [39.] Bulk-emissiomittauksessa arvioidaan rikkoutuneen materiaalin tuottamia emissioita, jolloin tulokset ovat ylikorostuneita, eikä emissioille ole viitearvoja. Rakennusmateriaalien emissiopotentiaalin on todettu olevan riippuvainen herkästi haihtuvien PAH-yhdisteiden osuudesta. Kuitenkaan esimerkiksi sisäilmahaittaa aiheuttavaa naftaleenin pitoisuutta materiaalissa ei ole voitu luotettavasti määrittää. [1, s. 35, 76–100.]

Field and laboratory emission cell eli FLEC-laitteistolla tutkitaan materiaaliemissioita ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) [9, s. 13]. Rakenteesta irrotettujen kammiomenetelmällä

analysoitujen näytteiden tulokset ovat heikosti sovellettavissa sisäilmariskin arviointiin ja määrittämiseen tarvittavien suurien näytteiden käsittely on vaikeaa. Kohteessa FLEC-menetelmällä tehtäviä pintatuoton mittauksia voi olla vaikea toteuttaa, koska menetelmä edellyttää hyvin tasaista mittausalustaa. [1 s. 69, 76, 100.]

4 Toimenpidetarpeen arviointi

4.1 Tutkimustulosten tulkinta

Rakennusmateriaalien PAH(16)-yhdisteiden summapitoisuuden perusteella ei voida arvioida siitä aiheutuvia sisäilmariskejä. Huonetilassa koettuun hajuun ja sisäilmasta mitattuihin pitoisuuksiin vaikuttavat useat tekijät (kuva 7).



Kuva 7. PAH-yhdistepitoisen rakennusmateriaalin aiheuttamaan sisäilmahaittaan vaikuttavia tekijöitä [12].

Mahdolliseen sisäilmahaittaan vaikuttavat PAH-yhdistepitoisen materiaalin sijainti rakenteessa, emittoiva pinta-ala, haihtuvien yhdisteiden pitoisuudet ja materiaalin huokoisuus sekä eheys. Myös painesuhteet, ilmanvaihto sekä tilan ja rakenteen lämpötila vaikuttavat materiaalista aiheutuviin päästöihin ja sisäilman pitoisuuksiin. Huonetilaa ja rakenteen sisällä olevaa materiaalia rajaavan rakenteen ilmatiiviys ja diffusiviteetti, eli läpäisevyys PAH-yhdisteiden osalta, ovat myös olennaisia [1, s. 108.]

Sisäilmahaitan sekä korjaustarpeen ja -tavan määrittämisessä tulee edellä mainittujen tekijöiden lisäksi huomioida rakennuksen tai tilan käyttötavan mukainen voimassa oleva lainsäädäntö ja annetut raja- ja viitearvot.

Annetut raja-arvot asunnoille ja muille oleskelutiloille

PAH-yhdisteiden sisäilmapitoisuuksien arviointiin voidaan soveltaa asuntojen ja muiden oleskelutilojen osalta seuraavia Asumisterveysasetuksessa (545/2015) annettuja toimenpideraja-arvoja:

- VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus huoneilmassa 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- yksittäisille VOC-yhdisteille tolueenivasteella laskettu pitoisuus 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- naftaleenille tolueenivasteella laskettu pitoisuus 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PAH-yhdisteisiin viittaava haju. [40.]

PAH-yhdisteille tyypillisen hajun ilmeneminen huoneilmassa on myös toimenpiderajan ylitys. Hajun määritelmää on tarkennettu asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa III. [41.] Kivihiilitervapohjaisissa rakennusmateriaaleissa esiintyy eri PAH-yhdisteitä erilaisina pitoisuuksina, eikä niiden haju ole identtinen. Aistittavan hajun voimakkuus ja koettu viihtyvyyshaitta ovat hyvin yksilöllisiä. Naftaleeniin viittaava koipallon haju ei yleensä ole hyvä indikaattori, koska naftaleeni ei esiinny materiaalissa yksin ja sille on muita lähteitä. [2, s. 7–6; 5.]

Toimenpiderajan ylittyminen ei suoraan kerro terveyshaitasta, vaikka naftaleenin toimenpideraja-arvoa (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) voidaan pitää myös terveysperusteisena raja-arvona. Vastaava pitoisuus on WHO:n (World Health Organization) vuonna 2010 asettama terveysperusteinen raja-arvo sekä EU-LCI-arvo (2015). [42; 43.] Mikäli aistinvarainen tai ilmanäytteellä mitattu toimenpideraja-arvo ylittyy, tulee päästölähde selvittää ja rajoittaa sitä tai poistaa se [40].

Muiden, kuin STMa:ssa 545/2015 mainittujen yhdisteiden sisäilma- ja terveyshaittaa tulee arvioida tapauskohtaisen riskin perusteella. Ilmanäytteissä todettujen muiden PAH-yhdisteiden pitoisuudet tulee huomioida parhaan mahdollisen tietämyksen mukaan. [40.] Fenantreeni viittaa selvästi

rakennusmateriaaliperäisiin päästöihin, mutta sille ei ole vertailuarvoa [5]. Fenantreenin osalta kohonneiden pitoisuuksien arviointi voidaan tehdä kokeusperäisesti ja verraten tuloksia tyypillisesti mitattuihin sisäilmapitoisuuksiin.

Annetut raja-arvot ei-tuotannollisille työympäristöille (toimistot)

Toimistotyypisessä, ei-tuotannollisessa työssä ei ole kuumia prosesseja eikä kivihiilipohjaisia materiaaleja käsitellä, siksi Työterveyslaitos on antanut vain herkästi haihtuvan naftaleenin osalta yleisen tavoitetason. Tavoitetaso ei-tuotannollisille työpaikoille on naftaleenille $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [11.]

Annetut raja-arvot teollisille ympäristöille

Työnantajan tulee huomioida haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien raja-arvot, eli HTP-arvot (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 55/2025). Työnantajan tulee ryhtyä toimenpiteisiin sitovien raja-arvojen ylittyessä. HTP-arvo (8 h) bentso(a)pyreenille on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja HTP-arvo (8 h) naftaleenille on $5\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (15min) $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [43.] TTL on ehdottanut bentso(a)pyreenin 8 h terveysperusteiseksi tavoitearvoksi $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja naftaleenin $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ohjeet koskevat työpaikkoja, joissa kuumennetaan kivihiilipohjaisia materiaaleja. [11.]

Muita viitearvoja

Saksan lainsäädännössä on annettu sisäilman osalta ohjearvoja (2025). Naftaleenille on yleiset terveysperusteiset GV I ja GV II -ohjearvot. Lisäksi on annettu väliaikaiset arvot kaksi- sekä kolmirenkaisten PAH-yhdisteiden summalle. GV I -pitoisuuden alla ei ole terveysriskiä. GV I -pitoisuus naftaleenille ja sen johdannaisille sekä kaksi- ja kolmirenkaisten PAH-yhdisteiden summalle on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. GV II -pitoisuuden ylittyessä, terveysriski on mahdollinen ja pitoisuuden alentamiseksi on ryhdyttävä toimenpiteisiin. GV II -pitoisuus naftaleenille ja sen johdannaisille sekä kaksi- ja kolmirenkaisten PAH-yhdisteiden summalle $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [46.]

Bentso(a)pyreenille on tulossa sitova EU-tason työhygieeninen raja-arvo PAH-altistumisen markkerina. Se tulee todennäköisesti olemaan 8 tunnin HTP-pitoisuutta alempi, arviolta noin $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tai vähemmän. [1, s. 33.]

Purkujätteet

Rakennusmateriaalin purkutöiden tai purkujätteen vaarallisuuden arviointiin on Ympäristöhallinnon ohje, Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2/2006. Siinä on esitetty jätteen käsittelyn ja vastaanoton raja-arvo 150 mg/kg PAH(16)-summalle ja käytetty kelpoisuusväli, $100\text{--}200 \text{ mg/kg}$. Mikäli pitoisuus ylittyy, tulee materiaalia käsitellä purettaessa kuin vaarallista jätettä. [1, s. 30–31; 47.] Kyseisellä raja-arvolla ei ole mitään tekemistä sisäilmariskin arvioinnin kanssa, eikä sen ylittyminen edellytä toimenpiteitä tai ole purkuperuste. Vastaanottopaikoilla on PAH-yhdisteitä sisältäville purkumateriaaleille eri raja-arvoja, jotka tulee selvittää vastaanottopaikkakohtaisesti.

4.2 Korjaustarpeen ja – tavan arviointi

Lähtökohtaisesti kivihiilitervapohjaisten rakennusmateriaalien purkaminen ei ole tarpeellista, mikäli päästöt rakenteesta sisäilmaan voidaan varmuudella estää tai muuten hallita [2, s. 7]. Riippuen tutkimuksilla arvioidun sisäilmahaitan merkittävyydestä, voidaan soveltaa yhtä tai useampaa PAH-yhdisteille soveltuvaa korjaus- ja hallintatapaa, joita on käsitelty kappaleessa 5.

Rakentamislaki (751/2023) on tullut voimaan 1.1.2025. Siinä säädetään muun muassa korjausrakentamiselle annetuista vaatimuksista ja rakennuksen terveydellisistä olosuhteista. Ympäristöministeriö on antanut rakentamislain nojalla annettavia asetuksia. Rakentamislain 30. §:n mukaan korjaukset ja muutokset eivät saa vaarantaa turvallisuutta tai terveydellisiä oloja. [48.]

Haitta-aineiden hallintaratkaisuille ei ole laadittu viranomaistasoista opasta. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus (Ympäristöopas 2019) -oppaassa on ohjeita korjausmenetelmien valintaperusteista ja

tyypillisistä korjausmenetelmistä, joista osa on sovellettavissa haitta-aineiden hallintaan. Rakennesuunnittelija esittää miten sisäilmahaitta poistetaan tai hallitaan ja miten korjattu rakenne tai hallintajärjestelmä toimii suunnitellun käyttöajan. Suunnitteluratkaisujen tulee olla toteutuskelpoisia, kosteusteknisesti ja rakennusfysikaalisesti toimivia, toimintavarmoja, vikasietoisia ja huollettavia, tarkastettavia sekä korjattavia. [23, s. 9; 49, s. 23–25.]

Toteutettavat korjausratkaisut ovat joko erillinen kokonaisuus tai osa laajempaa korjausta, kuten peruskorjausta tai tilan käytön muutosta. Lähtökohtaisena tavoitteena on saada rakennus käyttötarkoitustaan vastaavaan kuntoon ja poistaa tai vähentää sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä. Suunnittelija määrittelee lähtötietoina olevien tutkimusten avulla rakenneosittain mahdolliset korjausvaihtoehdot ja arvioi niiden tekniset-, taloudelliset- ja sisäilmariskit. Lisäksi tulee huomioida käyttöikätaavoitteet ja mahdollisen rakennussuojelun vaikutukset korjausten toteutettavuuteen. Riskitarkastelun avulla päätetään, hallitaanko haittatekijän sisäilmavaikutukset vai poistetaanko se. [23, s. 7–8; 50, s. 1–2.] Varsinkin laajemmille korjauksille voi olla hyvä määrittää laatutavoitteet. Sisäilmastoluokistusta 2018 voidaan käyttää soveltuvilta osin korjausrakentamisessa laatutavoitteiden määrittämiseen. [51.]

Kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden kohteiden korjaukset tulee suunnitella ja toteuttaa rakennusta ja rakenteita kunnioittaen. Vanhojen rakenteiden toimintaperiaatteiden ymmärtäminen on tärkeää. Teknisesti toimivien vanhojen rakenteiden korjaamiseen voidaan käyttää rakennusaikaista tai sen jälkeistä rakentamista tietyin edellytyksin. Myös ympäristö- ja kansantalouden näkökulmasta korjaamisen tulee perustua mahdollisimman vähäiseen ja tarkkaan harkittuun purkamiseen. Purkumateriaalien kierrätys ja hyödyntäminen tulee huomioida korjaustyössä. [48; 50, s. 1–2.]

4.3 Korjaushankkeen osapuolet

Korjaushankkeeseen osallistuvat tyypillisesti kiinteistön omistajan lisäksi sisäilma-asiantuntija, kunto- tai haitta-aineasiantuntija, korjausrakennesuunnittelija, urakoitsija sekä valvonta- ja suojeluviranomainen.

Kiinteistön omistaja

Kiinteistön omistaja tai rakennushankkeeseen ryhtyvä on vastuussa siitä, että vähintään kaikki lakisääteiset tutkimukset on tehty. Mikäli sisäilmahaitta on todettu, tulee ryhtyä toimenpiteisiin haitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Kiinteistön omistaja on vastuussa rakenteiden korjaamisesta ajantasaisen lainsäädännön ja ohjeiden mukaisesti. Asunto-osakeyhtiöissä korjausvastuu määräytyy asunto-osakeyhtiölain (1599/2009) mukaan ja vastuukysymykset tulee selvittää etukäteen. Rakennuttajan ja tilaajan tehtävistä on ohje RT 10-11284. [2, s. 7; 9, s. 6; 52; 53.]

Sisäilma-asiantuntija

Sisäilma-asiantuntija, sertifioitu asbesti- ja haitta-aineasiantuntija (AHA) ja/tai rakennusterveysasiantuntija (RTA) laativat raportin tehdyistä tutkimuksista. Rakennusterveysasiantuntija arvioi sisäilman laatua haitta-aineraportin ja tarkentavien tutkimusten perusteella. Tutkija ei arvioi mahdollista terveyshaittaa. Haitta-aine- ja sisäilma-asiantuntija toimivat lisäksi korjaussuunnittelijan apuna suunnittelussa. [3, s. 26–28; 4, s. 7.] Tutkimuskokonaisuus ja sen sisältö määritellään tilaajan ja asiantuntijan välisellä erillisellä sopimuksella, tyypillisesti noudattaen konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja (KSE 2013) [54].

Terveydensuojeluviranomainen

Osassa tilanteista voidaan tarvita viranomaisen apua. Terveydensuojelulain (763/1994) 27. §:ssä on määritetty asumisterveyden arviointiin käytettävä terveyshaitta. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi arvioida riittävän kattavien mittausten ja selvitysten perusteella onko sisäilmassa PAH-yhdisteisiin

liittyvää terveydensuojelulain mukaista terveyshaittaa. Viranomainen voi velvoittaa kiinteistön omistajalta toimenpiteitä haittatekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi. [2, s. 5–6; 13; 40.]

Suunnittelija

Rakennusfysikaalisessa suunnittelussa ja kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävien vaativuudesta määrätään rakentamislain nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa 1063/2024. Suunnittelu on luvun 7 mukaisesti joko 27. §:n mukaista vaativaa, 28. §:n erittäin vaativaa tai 29. §:n poikkeuksellisen vaativaa riippuen suunnittelun sisällöstä, vaurioiden laajuudesta ja siitä, liittyykö korjausratkaisuun rakenteiden kosteusteknisen toiminnan muuttamista tai onko rakennuksessa tehty sisäilmakorjauksia jo aiemmin. [55.]

Korjausrakennesuunnittelijalla on oltava lain mukaiset rakennushankkeen laadun ja tehtävän vaativuuden edellyttämä osaaminen, pätevyudet ja koulutus. Suunnittelija varmistaa, että lähtötietoina on riittävän kattavat selvitykset kunnosta, rakennushistoriasta, korjaus- ja muutoshistoriasta ja muista ominaispiirteistä. Suunnittelija on vastuussa suunnitelmiinsa liittyvistä turvallisuusseikoista. [56; 57.] Suunnittelija määrittelee korjaustyöselostuksessa noudatettavat työohjeet, tarkastettavat ja dokumentoitavat työvaiheet, standardit ja muut yleiset rakennustyön laatuvaatimukset. Suunnittelukokonaisuus- ja sen sisältö määritellään tilaajan ja suunnittelijan välisellä erillisellä sopimuksella, tyypillisesti noudattaen KSE 2013 sopimusehtoja. [54; 58.]

Urakoitsija

Rakennushankkeeseen ryhtyvä laatii työhön valitun pätevän ja haitta-aineiden hallintaratkaisuihin perehtyneen rakennusurakoitsijan kanssa sopimuksen rakennustyöstä, tyypillisesti noudattaen rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja (YSE 1998). Sopimuksessa on hyvä määritellä urakkarajat, muut työn laajuutta koskevat tarkentavat tekijät, vastuut ja takuut, mallityöt sekä tarkastettavat työvaiheet. Urakoitsija noudattaa työssä korjaustyösuunnitelmia, ja mahdolliset muutokset tulee hyväksyttää suunnittelijalla. [59.]

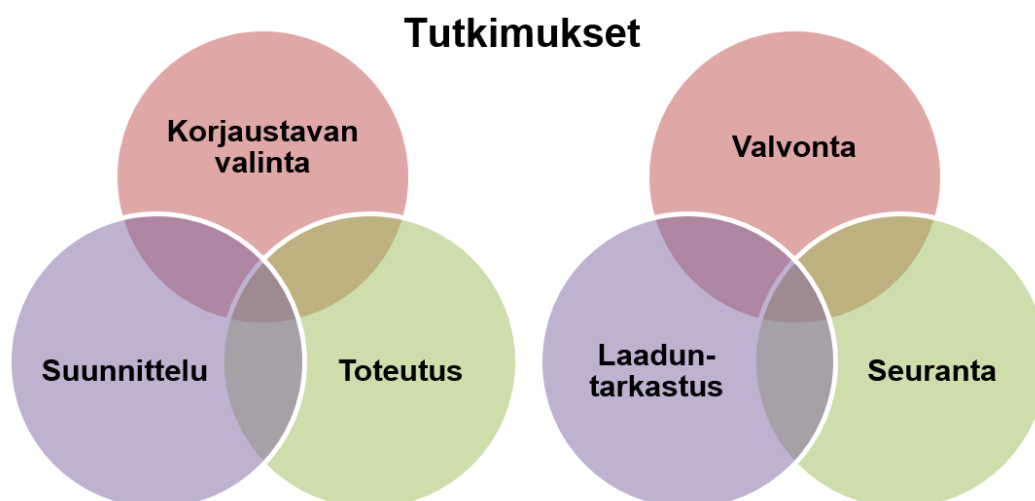
Viranomais- ja rakennuttajavalvonta

Luvanvarainen korjaustyö edellyttää valvontaa. Rakentamislain luvun 9 101. §:n mukaan viranomainen voi asettaa rakentamishankkeen valvonnalle erityisehtoja esimerkiksi rakennushistoriallisten näkökohtien, käytettävien suunnittelu- ja toteutusratkaisujen sekä mahdollisista rakennusvirheistä aiheutuvien terveyshaittojen nojalla. Rakennusvalvontaviranomainen ei vastaa rakentamisen laadusta vaan valvoo, että vastuulliset tahot täyttävät velvollisuutensa ja että ulkopuolista tarkastusta käytetään, jos hanke sitä edellyttää. Viranomainen voi antaa luvan valvoa hanketta ilman viranomaisvalvontaan. Rakennuttajakonsultin tai valvojan vastuut ja tehtävät teknisen ja laadullisen valvonnan suhteen määritellään tapauskohtaisesti, tyypillisesti noudattaen KSE 2013 -ehtoja. [48; 54.]

5 PAH-yhdistepäästöjen hallinta- ja korjausratkaisut

5.1 Onnistuneen korjauksen osatekijät

Onnistunut korjaus koostuu useista erillisistä tekijöistä ja kokonaisuuden hallinnasta (kuva 8). Korjaustyötä varten on oltava pätevän tutkijan laatimat kattavat lähtötiedot. Suunnittelijalla tulee olla vaadittava osaaminen, kokemus ja pätevydet. Valitun hallintaratkaisun ja materiaalien tulee soveltua kohteeseen. Korjaustyössä tulee käyttää ammattitaitoista urakoitsijaa ja työn laatua tulee valvoa ja seurata. Korjauskustannusten tulee pysyä kohtuullisina huomioiden korjausten käyttöikä ja huoltotarve. [12.]



Kuva 8. PAH-yhdisteiden sisäilmahaittojen hallinnan osatekijät [12].

Korjaushankkeen kokonaisuuden hallinta on ensiarvoisen tärkeää. Esimerkiksi Terve talo 2028 -hankkeen ohjekorttisarjassa on käsitelty rakennuksen korjaushankkeeseen vaikuttavia asioita alkaen suunnittelusta ja päättyen käyttöönottoon [23].

On tyypillistä, että korjaussuunnittelusta vastaa eri taho kuin tutkimuksista. Tietojen siirtymisen varmistamiseksi tutkimusten tulokset on suositeltavaa käydä läpi korjaussuunnittelija kanssa suunnittelun alussa ja tarvittaessa sen aikana. Vastuullisen kuntotutkijan käyttäminen korjausvaiheen laadunvarmistuksissa ja seurantajaksolla on suositeltavaa. [14, s. 9–11.] Ammattitaitoinen, sisäilmakorjauksiin perehtynyt urakoitsija on tärkeä osa onnistunutta korjaustyötä. Yllätykset purkutöiden yhteydessä ovat yleisiä, erityisesti laajojen ja korjaus- ja muutoshistorialtaan moninaisissa kohteissa. Niillä voi olla vaikutusta aikatauluihin ja kustannuksiin sekä valittujen korjausmenetelmien soveltuvuuteen. Suunnittelijan tulee tehdä työmaakatselmuksia tarvittaessa purkutöiden aikana ja asennuksen yhteydessä. Tarvittaessa teetetään lisätutkimuksia ja täydennetään tai muokataan suunnitelmia. Rakentamisen aikana tarvitaan tyypillisesti erilaisia laadunvarmistustestejä. Korjauksen jälkeen tulee noudattaa annettuja kunnossapito ja huolto-ohjeistuksia. [14, s. 25–26; 23, s. 13–16.]

5.2 Hallinta- ja korjausratkaisut

PAH-yhdisteiden päästöjen hallintaan on lähtökohtaisesti viisi erilaista vaihtoehtoa: olosuhteiden parantaminen, ilmatiiviiden parantaminen, kapselointi, koneellinen tuuletus ja alipaineistus tai purkaminen. Korjaussuunnittelija ja sisäilmatutkija arvioivat sisäilmahaitan merkittävyyden ja kohdekohtaisten tietojen perusteella soveltuvat korjaus- ja hallintaratkaisut. Samassa kohteessa voidaan käyttää yhtä tai useampaa korjaus- ja hallintaratkaisua. [5; 12; 14; 60.]

Rakennuksen tai tilan ilmanvaihdon ja lämpötilaolosuhteiden säätäminen sekä painesuhteiden tasaaminen voi joissain tilanteissa olla riittävä toimenpide päästöjen hallitsemiseksi. Olosuhteiden tasapainottaminen kuuluu lähtökohtaisesti jokaiseen korjausratkaisuun. [12; 14; 60.]

Tyydyttävä lopputulos voidaan saada parantamalla PAH-yhdisteitä sisältävän rakenteen ilmatiiviyttä ja näin vähentämällä hallitsemattomia ilmavirtauksia ja estämällä niiden mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy rakenteista huonetilaan. PAH-yhdisteille on tutkitusti toimivia kapselointiaineita. Kapseloinnissa PAH-yhdistepäästöt hallitaan estämällä diffuusiota ja konvektiota. On muistettava, että osa PAH-yhdistepitoisista materiaaleista voi sisältää myös öljyhiiliveytyjä, joille on rajatumminkin kapselointiratkaisuja. [5; 12; 14; 60.]

Koneellisella, jatkuvatoimisella alipaineistusjärjestelmällä voidaan joissain tilanteissa muuttaa haitta-aineita sisältävän rakenteen tai rakennusosan ja huonetilan välisiä painesuhteita siten, ettei epäpuhtauksia kulkeudu sisäilmaan. Haittaa aiheuttava rakenne voidaan myös rajata huonetilasta erillisellä rakenteella ja alipaineistetulla, koneellisesti tuulettamalla ilmavälillä. [12; 14; 60.]

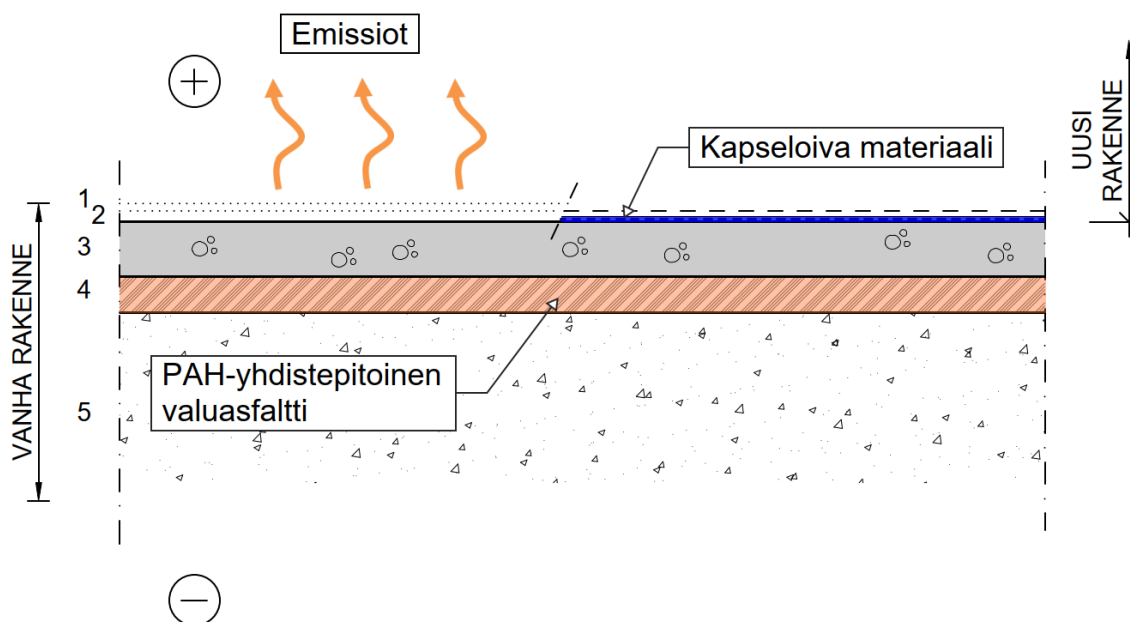
Mikäli kivihiilipikeä sisältävät materiaalit on helposti poistettavissa muiden korjausten yhteydessä, on ne suositeltavaa poistaa. Purkutarpeen laajenemisriski tulee huomioida etukäteen, koska PAH-yhdisteitä siirtyy herkästi ympäröiviin rakenteisiin. [3; 12; 60.]

5.3 Kapselointi- ja ilmatiiviyden parantaminen

Tämän työn todellisissa tutkimus- ja korjauskohteissa on PAH-yhdisteiden hallintaan suositeltu erilaisia kapselointi- ja tiivistysratkaisuja, joiden onnistumiseen toteutukseen liittyviä tekijöitä käsitellään tässä kappaleessa. Opinnäytetyön yhteydessä laaditut korjaussuunnitelmat on esitetty liitteissä 1 ja 2.

PAH-yhdisteiden kapselointiin on läpäisevyyskokeilla tutkittuja ja toimiviksi todettuja kapselointimateriaaleja, joilla on riittävä diffuusiovastus PAH-yhdisteitä kohtaan [60]. PAH-yhdisteiden kapselointiin soveltuvia materiaaleja ovat metallilaminaattikalvot, tietyt kermiä, tiivistyslaastit ja levitettävät pinnoitteet. Myös polyamidipohjaiset höyrynsulkukalvot voivat, joissain olla tilanteissa riittäviä. Kapselointikerroksen lisäksi, PAH-yhdisteitä sisältävä rakenne voidaan erottaa sisätiloista alipaineistetulla ja koneellisesti tuuletetulla ilmavälillä. Ilmanvaihdon riittävyyden varmistaminen ja painesuhteiden hallinta ovat aina osa korjausratkaisua. [5; 63; 64.]

Haihtuvien haitta-aineiden kapseloinnin periaate on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. PAH-yhdisteiden kapseloinnin periaate (liite 2, muokattu).

Öljyhiilivetyjen kapselointi levitettävillä kapselointiaineilla on osoittautunut haastavaksi, eikä pitkäkestoisesti toimintavarmoja tuotteita ole saatavilla. Emissioita vähentävän kapseloinnin yhdistämistä tuulettuvaan, huonetilan ja emittoivan pinnan välille asennettavaan tiiviiseen rakenteeseen, on esitetty yhtenä hallintaratkaisuna öljyhiilivetyjen osalta. [61; 62; 60; 65.]

Rakenteiden ilmatiiviyden parantaminen ei vastaa kapselointia, eli kaasutiiviyden parantamista. Ilmatiiviyden parantaminen on yleensä tehtävissä materiaaleilla, jotka eivät rajoita rakenteen kuivumista sisäänpäin niin voimakkaasti, kuin jotkin kapselointimateriaalit. Rakennusvaipan ilmatiivyyden parantamisen yhteydessä tulee tasapainottaa painesuhteet. Jäljelle jääviin vuotokohtiin kohdistuu aiempaa suurempia paine-eroja, ja niiden kautta kulkeutuvien epäpuhtauksien määrä voi kasvaa. Tiivistyskorjausten käyttöikätaavoite voi olla käyttöä turvaavana toimenpiteenä vähintään 5 vuotta ja peruskorjaustasoisena ≥ 25 vuotta. Tavoitetaso, käytettävät materiaalit ja niiden soveltuvuus kyseiseen kohteeseen tulee päättää suunnitteluvaiheessa tapauskohtaisesti. [66, s. 9–13, 30–31.]

Rakenteiden kapselointi ja tiivistäminen asettavat vaatimuksia käytettävien materiaalien lisäksi alustalle ja työtavoille. Alla on käsitelty kapselointi- ja tiivistystöiden peruseriaatteita sekä huomioitavia tekijöitä.

Suunnittelussa huomioitavaa

PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut edellyttävät aina suunnittelua. Korjausrakennesuunnittelijan on huomioitava kokonaisuutena sisäilman laatuun vaikuttavat fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Myös esimerkiksi rakenteiden palotekninen toiminta, kantavuus ja stabiliteetti tulee huomioida. Laadittavissa rakennetyypeissä tulee esittää purettavat ja jätettävät rakennekerrokset sekä uudet rakennekerrokset yksityiskohtaisten materiaaliveitavimusten kanssa. Haastavista yksityiskohdista, läpivienneistä, rakenneliittymistä ja saumoista laaditaan rakennelikkauksia täydentävät detaljipiirustukset. Työselostuksessa esitetään työn suoritusta ja työturvallisuutta koskevat ohjeet, laatuvaatimukset ja laadunvarmistusohjeet. Paikannuskaavioissa esitetään rakennetyypit jäävien sekä

uusien rakennusosien osalta sekä rakenneleikkausten ja detaljpiirustusten sijainnit. Lisäksi on suositeltavaa laatia piirustukset, joissa esitetään rakenteiden sisään jätettyjen haitta-aineiden sijainnit ja rakennusosat, joiden tiiviyttä on parannettu. [23, s. 7–16; 49, s. 23–31; 50, s. 1–2.]

Suunnittelussa on etukäteen varmistuttava siitä, minkälaiselle alustalle käytettävät kapselointi tai tiivistystuotteet soveltuvat. Lähtökohtaisesti suoraan haitta-ainepitoiselle pinnalle tehtyä kapselointia tai tiivistystä tulee välttää. Suunnitelmissa esitetään mahdolliset irrottavat tai puskuroivat rakennekerrokset tai tasotteet. Kapseloinnin tai tiivistyksen liittyminen muihin rakenteisiin on huomioitava. Korjausratkaisuja voidaan joutua tekemään niin kuiviin kuin kosteisiin tiloihin, joten järjestelmän soveltuvuus märkätilaan tulee varmistaa. [58.]

Kapselointi- tai tiivistystuotteen levitystapa (siveltävä, telattava, ruiskutettava tai lastalla levitettävä) ja sen käytännön soveltuvuus kohteeseen on varmistettava. Eri yksityiskohdissa voidaan käyttää erilaisia levitystapoja, jotka suunnittelija määrittelee tarvittaessa. Tarvittaessa käytetään erilaisia kuitukankaita, lasikuituverkkoa, nurkkanauhuja tai muita vahvistus ja liitosnauhoja, joiden käyttökohdat ja -tavat esitetään suunnitelmissa. Mekaanisesti kiinnitettävien kalvomaisten tuotteiden kiinnitystavan tulee olla sovellettavissa kohteeseen. [58.]

Kapselointi- ja tiivistystuotteet voivat vaikuttaa rakenteen rakennusfysikaaliseen toimintaan. Suunnitteluvaiheessa on arvioitava höyrynsulun tarve ja sen toteuttaminen osana korjausratkaisua. Mahdollinen maaperän kosteuden nousu alapohjissa ja maanvastaisissa rakenteissa tulee huomioida erillisessä tarkastelussa. Maaperän kosteus voi siirtyä aiempaa enemmän rakenteisiin, koska tiivispinnoite estää kosteuden siirtymisen diffuusioilla. [58.]

Järjestelmässä käytettävien materiaalien päästöluokitus tulee huomioida. Kapselointi- ja tiivistystuotteen primääripäästöjen lisäksi sekundääripäästöt ovat mahdollisia. On havaittu, että suoraan haitta-aineeseen kosketuksissa olevat kapselointituotteet voivat hajota ja aiheuttaa sisäilmalaatua heikentäviä päästöjä. Tällöin tuotteen kapselointikyky todennäköisesti heikkenee eikä vastaa suunniteltua

käyttöikä. Myös alustan pH voi vaikuttaa tuotteen käyttäytymiseen. Reaktiot voivat alkaa pitkänkin ajan päästä. [58; 61.]

Käytettävien materiaalien vaatimukset

Kapselointi- ja tiivistystöissä tulee käyttää vain suunnittelijan määrittämiä tarkoitettuun työhön soveltuvia, tutkitusti toimivia tuotteita, jotka säilyttävät ominaisuuksensa vähintään suunnitellun korjauksen käyttöiän ajan. Kapseloivan materiaalin tulee toimia kaikille rakenteessa oleville epäpuhtauksille. Kaikkien käytettävien materiaalien on suositeltavaa olla samasta järjestelmästä tai tuoteperheestä, mikäli mahdollista. Osasta levitettävistä kapselointi- ja tiivistystuotteista on saatavilla erilaisiin käyttökohteisiin soveltuvia, esimerkiksi kuitulisällä olevia versioita. Suunnittelija määrittelee eri versioiden käyttökohteet. Tuotteisiin ei saa lisätä vettä, ohenteita tai muita lisäaineita ilman materiaalinvalmistajan ohjeistusta. Materiaalivalmistajan ohjeita tulee aina noudattaa. [58.]

Kapselointi tai tiivistystuote ei tyypillisesti jää viimeiseksi pinnaksi, joten pintamateriaalien, kuten maalien ja tasoitteiden, soveltuvuus tuotteen päälle tulee varmistaa. Suunnittelija selvittää, sopivatko tyypilliset lattiapäällysteet tai tasoitteet käytettäväksi kapselointi- tai tiivistysjärjestelmän kanssa, vai täytyykö lattiapinta toteuttaa kelluvana rakenteena. Lattioilla voidaan joissain tapauksissa käyttää kapseloivan materiaalin yhteydessä kvartsihiekkalisäystä liukkauden vähentämiseen. Peittävät rakenteet tulee asentaa siten, että kapselointi- tai tiivistyskerrokseen ei synny ilmavuotokohtia esimerkiksi ruuvireikien vuoksi. Suunnittelija määrittelee tarvittavien mekaanisten kiinnitysten paikat ja toteutustavat. On tärkeää, ettei kapseloituja pintoja rikota vahingossa. Rakenteisiin tehtyjen kapselointien tulee olla kohteen käyttäjillä ja huollolla tiedossa. [58.]

Toteutusvaiheessa huomioitavaa

Toteutuksessa tulee aina noudattaa materiaalinvalmistajan ohjeita. Tarvittaessa asennuksessa käytetään suojavaatetusta ja soveltuvaa hengityssuojainta valmistajan työturvallisuusohjeiden mukaan. Materiaalinvalmistajan ilmoittamien asennusolosuhteiden ja vaatimusten alustan suhteelliselle kosteudelle ja

lämpötilalle tulee täyttyä. Tarvittaessa alustan kosteus määritetään kosteusmittauksin. Sisäilman lämpötilan ja ilmankosteuden tulee täyttää vaatimukset työvaiheen ja kuivumisen ajan. [58.]

Alustan lujuus tulee varmistaa ja tarvittaessa tehdään testaus vetolujuuden varmistamiseksi. Irti ja heikosti kiinni olevat materiaalit poistetaan. Alustassa olevat kolot ja raot paikataan huomioiden käytettävien tuotteiden soveltuvuus alustan ja tulevan käsittelyn kanssa. Rakenteiden pinnat puhdistetaan tartuntaa heikentävistä aineista, ja kapseloitavan tai tiivistettävän pinnan tulee olla ehdottoman pölytön. Huokoiset alustat pohjustetaan tarvittaessa. [58.]

Levitettävälle pinnoitteelle annetun tai suunnittelijan erikseen määrittelemän kalvonpaksuuden tulee täyttyä. Huokoiseen alustaan voi jäädä kohtia, joissa kalvo ei ole yhtenäinen. Märkä- ja kuivakalvon paksuutta käsittelykerrosten välillä tulee seurata. Saman kalvonpaksuuden saavuttamiseen voidaan tarvita eri määrä levityskertoja riippuen siitä, käsitelläänkö lattia-, katto- tai seinäpintaa. Materiaalivalmistajan ohjeita uudelleenpinnoitusajoista tulee noudattaa. Kuivumisaikaan vaikuttavat kerrospaksuus ja ilmanvaihtuvuus, alustan ja sisäilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus. [58.]

Liittymien toteutus ja liitosnauhojen asennus

Rakenteiden liittymien ja liikuntasauhojen toteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ilmatiivyyttä heikentävät kolot tai halkeamat paikataan. Ennen liitosnauhan asennusta alusta puhdistetaan tartuntaa heikentävistä aineista ja tarvittaessa alusta pohjustetaan. Vaurioituneen, pingottuneen tai poimuuntuneen nauhan asennus uusitaan. Liitosnauhojen suunniteltuja asennusmittoja- ja leveyksiä tulee noudattaa. Nauhan tartunta varmistetaan painamalla nauhaa sopivalla lastalla tai telalla. Nauhan ja liitospinnan väliin ei saa jäädä huonosti kiinni olevia kohtia tai ilmakuplia. Liimapintojen suojapaperit poistetaan kokonaan, ja jatkosten limityksessä tulee noudattaa annettuja ohjeita. Hankalien liittymien, kulmien ja läpivientien ilmatiivyyttä voidaan tarvittaessa varmistaa siveltävillä tiivistysaineilla. [58.]

5.3.1 Valvonta, laadunvarmistus ja seuranta

Työnaikainen valvonta ja laadunvarmistus sekä korjaustyön jälkeinen seuranta ovat olennainen osa onnistunutta korjausta. Korjaussuunnittelija ohjeistaa, kuinka rakennustyön suunnitelmien mukainen suoritus todennetaan. Laadunvarmistusta tehdään merkkiainekokeilla, kapselointimateriaalien tartunnan ja paksuuden mittauksella ja muilla tarpeellisiksi katsotuilla selvityksillä. [23, s. 10–16; 49, s. 30.] Valvonnasta ja laadunvarmistustoimista on suositeltavaa laatia suunnitelma. Valvontaan sisältyy yleensä aloituskokous ja -katselmus sekä tarvittavat työnaikaiset valvontakäynnit, malli- ja työvaihekatselmukset sekä niistä laadittavat muistiot. Pidetyistä kokouksista laaditaan pöytäkirjat. Tehdyt laadunvarmistukset ja mittaukset dokumentoidaan. [58; 67.]

Kapselointikorjauksen ja ilmatiiviyn parantamistyön aikana haitta-aineiden korjaus- ja hallintaratkaisuihin perehtynyt valvoja tarkastaa, että vähintään seuraavat osa-alueet tai työvaiheet on tehty suunnitelmien mukaan:

- Korjauksen asennuslaajuus, alustan kunto, pohjatyöt ja puhdistukset vastaavat suunnitelmia.
- Asennus on tehty suunnitelmien mukaisesti liittymissä, läpivienneissä, jatkoskohdissa ja haastavilla alustoilla.
- Siveltävän tuotteen kuivakalvon paksuus vastaa vaatimuksia ja pinta on yhtenäinen, halkeilematon eikä siinä ole läpihuokosia.
- Laastimaisen tuotteen pinta on yhtenäinen, luja ja halkeilematon.
- Mekaanisesti kiinnitettävän kalvon kiinnityksen ja kiinnikekohtien tiivistys vastaa suunnitelmia.
- Asennusten limitys vastaa suunnitelmia.
- Saumaukset ovat tiiviitä ja kauttaaltaan vastepintoihin liimautuneita.
- Tartunnat varmistetaan vetokokeella tai muulla soveltuvalla menetelmällä. [58; 67.]

Rakenteisiin tehtävien haitta-aineiden hallintakorjausten tulee olla ehdottoman kapseloivia ja tiiviitä, eikä niiden onnistumista voida todentaa riittävällä

tarkkuudella aistinvaraisesti, lämpökameralla tai merkkisavua käyttäen. Merkkiainekeasulla tehtävä tarkastus on luotettavin tapa tiivistyksen onnistumisen todentamiseen. [5, s. 397–398.] Suunnittelija asettaa tehtävälle rakenteen ilmatiiviiden parantamiselle tavoitetason, joka todennetaan merkkiainekokeella. Täysin tiiviissä tavoitetasossa vuotoja ei sallita. Merkittävässä tiiviiden parantamisessa sallitaan vähäisiä vuotoja 10 Pa:n alipaineessa. Tiiveyden parantamisessa ei saa esiintyä merkittäviä vuotoja 10 Pa:n alipaineessa. Käyttötilanteessa saa esiintyä enintään vähäisiä vuotoja, kun ilmanvaihto on tasapainossa (alle -5 Pa). [35, s. 2.]

Koska kapselointikorjauksilla halutaan lähtökohtaisesti estää epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan, tulee tavoitetason olla tiukka. Merkkiainekokeita tehdään työn aikana, kunnes taso saavutetaan. Laadunvarmistuskokeet tehdään kapseloi-
tuun pintaan ennen pintamateriaalien tai päällysteiden asennusta. [35, s. 2.]

Korjausten jälkeen tehtävällä seurannalla varmistetaan korjaustoimien onnistuminen. Suunnittelijan laatima seurantasuunnitelma auttaa järjestelmällisen seurannan toteuttamista pidemmällä ajanjaksolla. Korjaussuunnitelmien paikannuspiirustuksissa esitetään rakenteet, joiden toimivuutta tulee seurata ja niiden toimintaa varmistavat järjestelmät, kuten koneellinen alipaineistusjärjestelmä. [23, s. 14–16.] Tyypillisesti sisäilmakorjausten jälkeen sisäilmaston laadun seuranta jaetaan kahden ensimmäisen vuoden aikana tehtävään ja sen jälkeiseen seurantaan [49]. Seurantaan voi kuulua erilaisia mittauksia ja selvityksiä, kuten merkkiainekokeita, sisäilmanäytteitä ja paine-eroseurantoja. Myös lämpötilaa ja ilmakehän kosteutta voi olla tarpeen seurata. Käyttäjille tehtävä sisäilmastokysely voi olla hyvä tapa selvittää korjausten onnistumista ja koettua sisäilman laatua. [23, s. 14–16; 50, s. 4.]

Rakennuksiin, joiden ilmatiiviyttä on parannettu, voi olla suositeltavaa asentaa jatkuvatoiminen paine-eroseuranta. Sitä voidaan hyödyntää myös ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtojen tasapainottamisessa. Jatkuvatoimiselle seurannalle voidaan asettaa hälytysrajat, jolloin huolto-organisaatio saa automaattisesti tiedon vikatilanteista. [28.]

Korjauksilla tavoiteltu hyvä sisäilmasto ja tekninen käyttöikä saavutetaan noudattamalla annettuja kunnossapito- ja huolto-ohjeistuksia. Kiinteistön omistaja vastaa tarvittavien huolto- ja kunnossapitotoimien toteutuksesta. Laadunvarmistussuunnitelman mukaiset seuranta, ylläpito- ja huoltotoimet on suositeltavaa tallentaa kohteen sähköiseen käyttö- ja huolto-ohjeeseen. Tiedoissa on hyvä esittää korjausten käyttöikätaavoitteet, kunnossapitojaksot sekä -tehtävät. Tilojen käyttöönottovaiheessa tulee ohjeistaa käyttäjiä ja huoltoa tehdyistä korjauksista ja käyttämään sekä huoltamaan järjestelmiä. Toimintaohjeet poikkeus- ja häiriötilanteita varten ovat myös tärkeitä. [23, s. 14–16.]

5.3.2 Tämän työn korjauskohteiden PAH-yhdisteiden hallintajärjestelmät

Tässä kappaleessa on käyty läpi tämän työn korjaussuunnitelmissa (liitteet 1 ja 2) käytettyjä kapselointi- ja tiivistystuotteita ja niiden ominaisuuksia. Listauksessa ei ole kaikkia PAH-yhdisteiden hallintaratkaisuihin soveltuvia tuotteita. Materiaalivalmistajien sivuilla on esitetty tarkemmin tuotteiden käyttökohteet ja materiaali-kohtaiset läpäisevyytustutkimusten tulokset testatuille yhdisteille. Suunnittelijan tulee aina varmistaa tapauskohtaisesti järjestelmän soveltuvuus kohteeseen.

TKR-haitta-aineiden hallintajärjestelmä (Oy TKR Coatings Ltd)

Tuote on levitettävä 2-komponenttinen kasvisöljypohjainen pinnoite, jolla M1-luokitus. Sille on tehty haitta-aineiden läpäisevyytustutkimus (2012 ja 2015). Järjestelmään kuuluu pohja-, pinta- ja välikerros (TKR Peruspinnoite, TKR Hyytelö 2 ja TKR Hyytelö 4). Katto- ja seinäpinnoille on eri versiot. Järjestelmä soveltuu PAH-yhdisteiden kapseloinnin lisäksi useisiin käyttökohteisiin, kuten märkätilan vedeneristeeksi, liittymien ilmatiivistykseen ja liikuntasaumoihin. Tuotteen voi jättää valmiiksi pintamateriaaliksi. Valmistaja on ilmoittanut muut järjestelmään soveltuvat tuotteet liitoskohtiin. [68.]

Kuvassa 10 on esitetty TKR-järjestelmällä kapseloitua välipohjan alapintaa.



Kuva 10. TKR-järjestelmällä kapseloitua kattopintaa. (Kuva AFRY Finland Oy, Sami Niemi).

ARDEX EP 2000 (Ardex Oy)

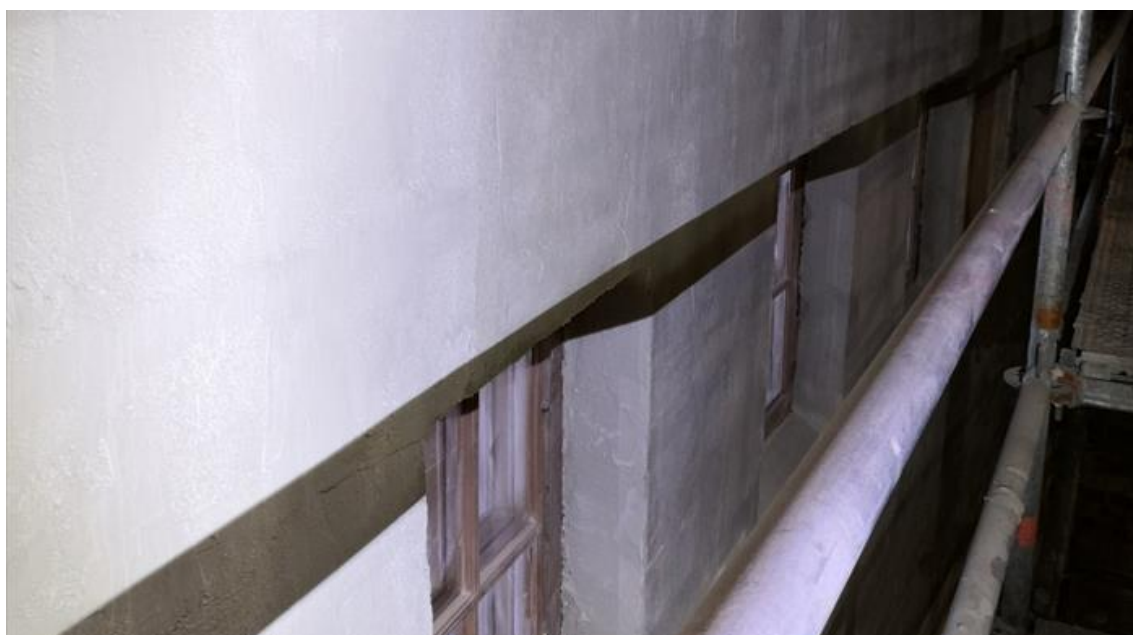
Tuote on 2-komponenttinen epoksi, se on M1-luokiteltu. Ardex EP 2000 on tarkoitettu vaakasuorille pinnoille, sille on haitta-aineiden läpäisevyystutkimus muun muassa PAH-yhdisteille (2010). Ardex EP2001W on tarkoitettu seinä- ja kattopinnoille. ARDEX EP 2000 ja ARDEX EP 2001 W -materiaaliyhdistelmälle on haitta-aineiden läpäisevyystutkimus (2016). Järjestelmä edellyttää pintarakenteita lattiapinnoilla käytettäessä. Pohjustukseen on Ardex P 82 ja tarvittaessa käytetään kvartsihiekkasirottua pintatuotteiden tartuntaa varten. Tuotteen pääasiallinen käyttötarkoitus on höyryn- ja kosteudensulku ja se estää kosteuden kulkeutumisen lävitseen. Kapseloinnissa on huomioitava, miten mahdollisesti alustassa oleva kosteus siirtyy asennuksen jälkeen. [69.]

Webertec 933 tiivistyslaasti (Weber Saint-Gobain Finland Oy)

Tuote on erikoissementtipohjainen tiivistyslaasti. Sille on tehty haitta-aineiden läpäisevyystutkimus (2008) [63.] Tuotteen pääasiallinen käyttötarkoitus on

tasointu- ja täyttölaasti sekä kosteussulku suolankeräysrappausjärjestelmissä. Käyttökohteina ovat betoni- ja tiilirakenteiset seinäpinnat. Tuote kuuluu Weber Suolankeräysjärjestelmään. Sen tarkoitus on tasata seinän läpi tulevaa kosteusrasitusta saneerausrappauksen takana. Tuote päästää hieman kosteutta lävitseen diffuusiolla. Tarvittaessa järjestelmää lisätään lasikuituverkotus. Tuote edellyttää tasoitteen asentamista rappauksen päälle, koska muuten kosteus voi tiivistyä sen sisäpintaan. [70.]

Kuvassa 11 on esitetty Webertec 933 tiivistyslaastilla käsiteltyä seinäpintaa.



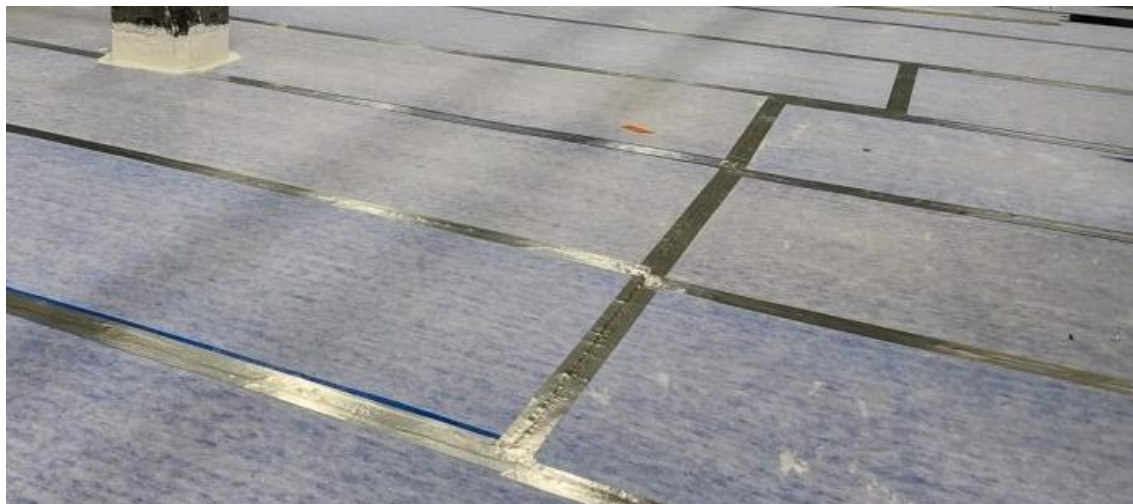
Kuva 11. Webertec 933:lla käsiteltyä muurattua seinäpintaa. (Kuva AFRY Finland Oy, Janne Sievola).

StoDivers BF emissiokalvo (Sto Finexter Oy)

Tuote on alumiinivahvisteinen kaasutiivis emissiokalvo, joka on tarkoitettu pääasiassa lattiapinnoille. Se on M1-luokiteltu. Tuote on saatavissa metrin leveässä ja 25 metriä pitkässä rullassa. Se soveltuu muun muassa PAH-yhdisteiden ja öljyhiilivetyjen hallintaan (2016). Tuotteen osalta on huomioitava yksityiskohtaiset asennusohjeet. Alusta on primeroitava StoCryl CP tai StoCryl GW 200 tuotteilla ja tasoitteeksi alle soveltuu StoCrete CS BF. Kalvon liimaukseen on

valmistajan esittämiä vaihtoehtoja. Liitokset tehdään käyttäen StoDivers BF T - teippiä. Kalvo estää kosteuden kulkeutumisen lävitseen ja suunnittelussa on huomioitava, miten mahdollisesti alustassa oleva kosteus siirtyy. [71.]

Kuvassa 12 on esitetty lattiapinnalle asennettua StoDivers BF emissiokalvoa.

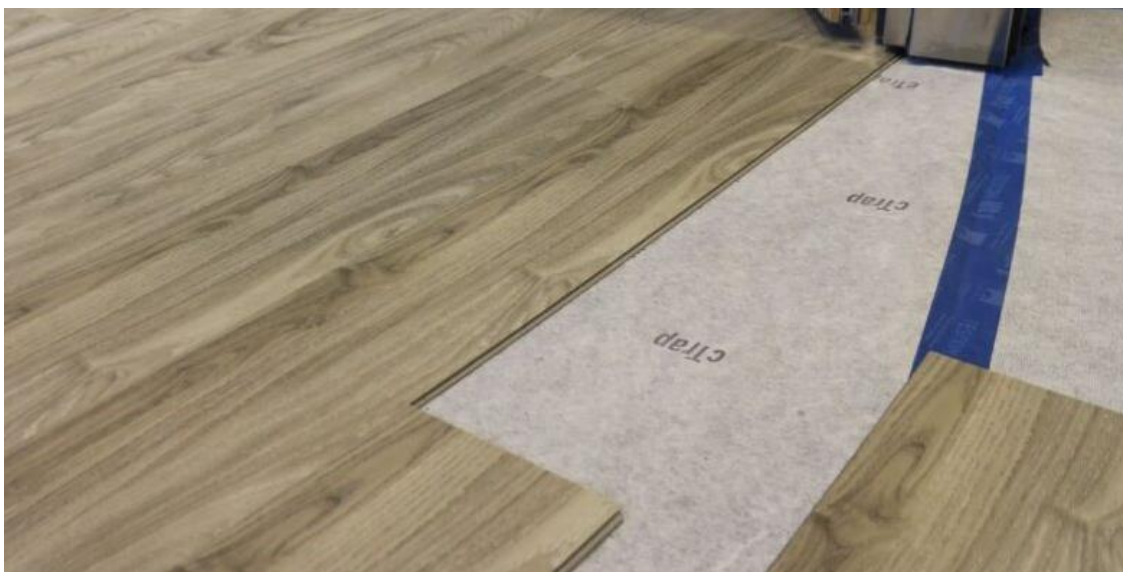


Kuva 12. StoDivers BF emissiokalvo asennettuna lattiaan. (Kuva AFRY Finland Oy, Janne Sievola).

cTrap-kalvo (Insinööritoimisto Sulin Oy)

Tuote on joustava, vuotamainen pinta-asennettava kalvo sisäilmakorjauksiin, sen läpäisevyys on testattu muun muassa VOC- ja PAH-yhdisteille. Kalvon toiminta perustuu aktiivihillen sitomiskykyyn sekä ilmatiiviin, mutta vesihöyryille avoimen kalvon yhteistoimintaan. Tuote ei vaikuta rakenteen kosteustekniseen toimintaan. Kalvoa voidaan käyttää lattia-, seinä- ja kattopintoihin. Vuodan leveys on 1,2 metriä ja sitä on saatavissa 25 metrin rullassa. Kiinnitys tehdään mekaanisesti, esimerkiksi nitomalla ja teippaamalla. Liitoskohtien tiivistykseen materiaalivalmistajan ilmoittamia soveltuvia tuotteita. Lattiapinnoilla pintarakenteet ja päällysteet asennetaan uivana, seinä- ja kattoasennuksissa tehdään pinnan verhoilu. [72; 73.]

Kuvassa 13 on esitetty lattiapinnalle, parketin alle asennettu cTrap-kalvo.



Kuva 13. CTrap emissiokalvo asennettuna laminaatin alle. (Kuva AFRY Finland Oy, Janne Sievola).

Jatkoskohtien ja liittymien tiivistäminen viereisiin rakenteisiin

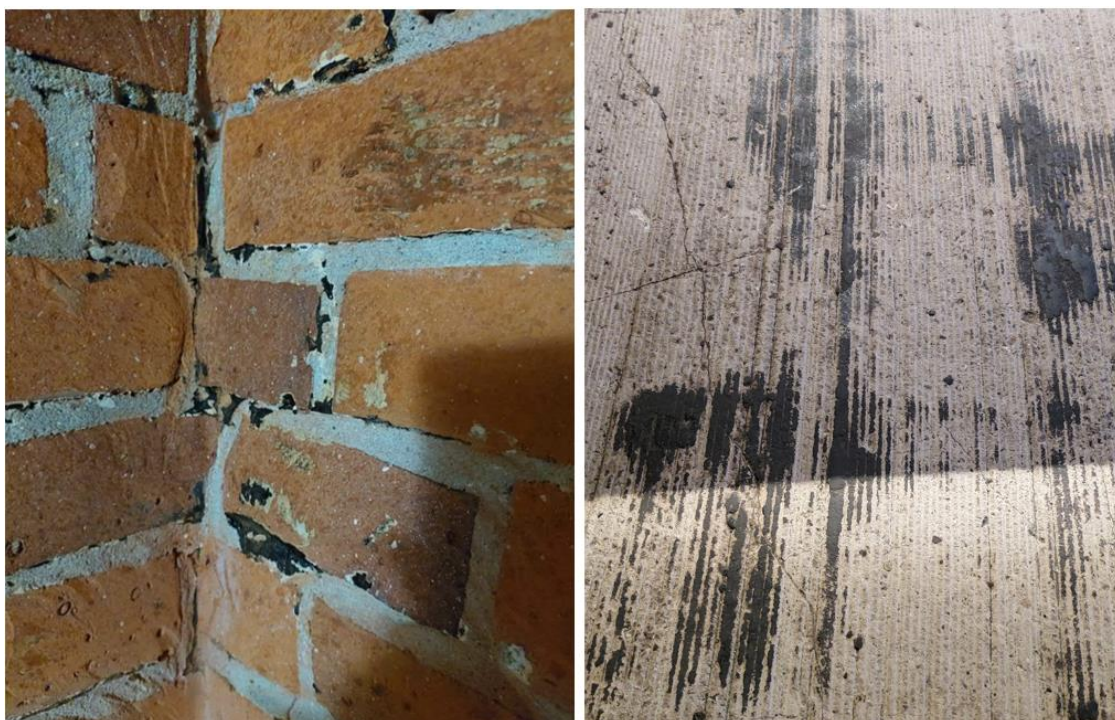
Suunnittelija määrittelee kussakin tilanteessa tarvittavat liittymien ja limitysten toteutukseen käytettävät tiivistysaineet, vahvikenauhat ja liitosnauhat (teipit) ja siveltävät tiivistysaineet. Lähtökohtaisesti käytetään materiaalivalmistajan järjestelmään kuuluvia tai erikseen ilmoitettuja järjestelmään sopivia tuotteita. [58.]

5.4 Purkaminen

PAH-yhdistepitoisen rakennusmateriaalin purkaminen voi joissain tilanteissa olla järkevää. Mikäli PAH-yhdistepitoiset materiaalit on helposti poistettavissa muiden korjaustöiden yhteydessä, on ne suositeltavaa poistaa. Rakenteeseen voi kohdistu muiden korjaustöiden takia runsaasti purkutöitä, jolloin PAH-yhdistepitoisen materiaalin poistaminen tai koko rakenteen uusiminen voi olla mielekästä. Korjaussuunnittelija ja sisäilma-asiantuntija voivat myös päätyä hallintaratkaisujen riskitarkastelussa purkamiseen, esimerkiksi tilanteessa, jossa emissioita voidaan muutoin teknisesti tai taloudellisesti hallita luotettavasti.

PAH-yhdistepitoisen materiaalien poistaminen voi vaurioittaa muita rakenteita, eikä se ei aina ole mahdollista ilman koko rakenteen purkamista. Esimerkiksi pikisivelyn poistaminen tiiliholvin yläpinnalta voi vaurioittaa holvirakennetta. Kantaviin rakenteisiin kohdistuvat laajat purkutoimet voivat olla mahdottomia toteuttaa tai rakennuksen suojelullisista syistä purkamista ei voida tehdä. Kivihillitervaa ja sen tisleitä sisältävistä materiaaleista voi imeytyä PAH-yhdisteitä niihin kosketuksissa oleviin materiaaleihin, kuten tiileen tai betoniin. Alustaa saatetaan joutua purkamaan tai kapseloimaan, vaikka haitta-aineita sisältävä kerros poistettaisiin. Myös tervapahveista ja papereista voi imeytyä PAH-yhdisteitä esimerkiksi puurakenteisiin. Purkulaajuuden kasvamisen riskiin tulee varautua suunnitteluvaiheessa. [3, s. 6; 60.]

Puutteellisesti tehty PAH-yhdistepitoisen materiaalin purkaminen tyypillisesti lisää emissioita. Kuvassa 14 on esitetty vasemmalla 1930-luvulla valmistuneen rakennuksen kellarin tiiliseinää, jonka pikisivelyn poisto oli tehty puutteellisesti, eikä alustaan imeytyneitä yhdisteitä ollut huomioitu. Tilassa oli selvä PAH-yhdisteisiin viittaava haju, hajuja kulkeutui käyttötiloihin ja rakenteita jouduttiin kapseloimaan ja tiivistämään. Kuvassa 14 on esitetty oikealla julkiseksi tilaksi muutetun, vanhan teollisuusrakennuksen betonialapohjaa, johon oli jäänyt pinnan rouhinnan jälkeen runsaasti jäämiä valuasfaltista. Erityisesti reuna-alueilla oli havaittavissa selkeä PAH-yhdisteisiin viittaava haju.



Kuva 14. Vasemmalla: Puutteellisesti poistettua pikisivelyä kellarin seinän tiili-muurauksen saumoissa ja koloissa. Oikealla: Betonialapohjassa on jäämiä va-luasfaltista. (Kuvat AFRY Finland Oy, Paula Wuokko).

PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien purkaminen on tehtävä haitta-ainepur-kuna. Haitta-ainepurut tulee tehdä mahdollisuuksien mukaan ennen tavanomai-sia purkutöitä. [2, s. 7; 74.] Kivihiilipikeä ja asbestia sisältävien rakenteiden pur-kuun on Ratu-ohjeet. Öljyhiilivetyjä sisältävien materiaalien purkuun sovelletaan työohjetta Pölyntorjunta rakennustyössä [75; 76; 77.] Laajempia purkutöitä var-ten on hyvä tehdä purkukartoitus. Purkutyöt ja niiden tarkempi purkusuunnittelu on suositeltavaa teettää haitta-ainepurkuihin perehtyneellä asiantuntevalla ura-koitsijalla. [9, s. 6–10; 78.]

PAH-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja rikottaessa vapautuu hiukkas- ja höyrymäisiä aineosia ja pitoisuudet voivat nousta korkeiksi. Työntekijöiden altis-tumista kemiallisille tekijöille, pölylle tai kaasuille on rajoitettava. Henkilösuo-jaimia tulee käyttää, jos haitallisten aineiden pitoisuutta hengitysilmassa ei saada alle HTP-arvojen. [3, s. 38; 45; 74.] Purkutöissä ilmaan vapautuvat yhdis-teet voivat imeytyä ilmasta ympäröivien pintoihin ja haihtua korjauksen jälkeen

taas sisäilmaan. Adsorboituneiden yhdisteiden takaisin haihdunta on hyvin hidasta. Purku- ja korjaustyön aikana tilan tuuletuksella ja pintojen suojauksella voidaan vähentää tätä riskiä. [60.]

Kaasu- ja hiukasmaiset PAH-yhdisteet voidaan määrittää ilmasta osana korjausten jälkeistä laadunvalvontaa tai arvioitaessa osastoinnin toimivuutta ja työntekijöiden altistumisriskiä. Asbestipurkutytön jälkeen tilasta on otettava lain mukaan ilmanäyte. [3, s. 24–26.]

Työmaalla purku-urakoitsija vastaa jätteiden lajittelusta sekä poisvienti jäteasetuksen (978/2021) mukaisesti. Mikäli purkujätteen PAH-yhdistepitoisuus ylittää annetut pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettavat pitoisuudet, tulee jätteitä käsitellä kuin vaarallista jätettä. [9, s. 8; 47; 79; 80.]

5.5 Olosuhteiden parantaminen

Ilmanvaihdon riittävyyden varmistaminen ja painesuhteiden säätäminen ovat aina osa haitta-aineiden hallintaratkaisua. Joissain tilanteissa pelkällä ilmanvaihdon säätötyöllä on mahdollista ehkäistä epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin. Ilmanvaihtojärjestelmään tehtävät muutokset edellyttävät ilmanvaihdon suunnittelijan ja säätötyön asiantuntijan tekemää yhteistyötä. [5; 27.]

Olosuhteiden parantaminen voi olla ainoa soveltuva hallintaratkaisu esimerkiksi rakennuksissa, joiden suojelun vuoksi rakenteiden purku- tai muutostyöt eivät ole mahdollisia. Kuvan 15 suojellussa hirsirakennuksessa PAH-yhdistepitoisen, tuulensuojana toimineen tervapahvin aiheuttamaa sisäilmahaittaa hallittiin parantamalla painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa. Tilojen ulkoseinille lisättiin kippiluukkuja hallittua korvausilmansaantia varten ja poistoilmaa tehostettiin lisäämällä käytöstä poistettuihin kakluuneihin lämmitys.



Kuva 15. Sisäilmahaittaa hallittiin parantamalla korvausilmansaantia asentamalla tiloihin kippiluukkuja. (Kuva AFRY Finland Oy, Juho Laaksonen).

Rakenteiden tiivistystoimien jälkeen ilmamäärien säätöön ja painesuhteiden tasapainottamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Erityisesti koneellisella poistoilmanvaihdolla toimivissa kohteissa on tärkeää huolehtia riittävästä, hallitusta korvausilman saannista. Ilmanvaihtojärjestelmä ja sen toiminta tulee suunnitella niin, ettei rakenteista kulkeudu vuotoilmavirtausten mukana epäpuhtauksia huoneilmaan, eikä kosteampaa sisäilmaa rakenteisiin. Suunnitellusti toimiva, käytön mukainen ilmanvaihto laimentaa sisäilman epäpuhtauksia. [50, s. 24.]

Vanhan rakennuksen ulkovaipan ja ilmanvaihtokanaviston heikompi tiiviys ja niiden vaikutus mittaustulosten luotettavuuteen säätötöissä tulee huomioida. Sisäilmakorjausten yhteydessä tai peruskorjausta suunniteltaessa tulee arvioida, onko vanhan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmällä ylipäättänsä edellytyksiä hyvän sisäilmaston ylläpitämiseen. Tällöin sisäilmanlaatua ei saada parannettua pelkällä ilmanvaihdon tasapainotuksella. [29, s. 80–81.] Kohteet, joissa on erikäisistä osia ja eri ilmanvaihtojärjestelmiä, ovat haastavia paine-erojen hallinnan osalta. Ilmanvaihtoa säädettäessä on huomioitava tavanomaisen käytön lisäksi tehostustilanteet. Poikkeustilanteissa ei saa aiheutua liiallista alipainetta ja palvelualueiden välisten paine-erojen tulee pysyä suositusten sisällä.

Suunnittelussa tulee huomioida rakennuksen käytön mukaiset ohjeistukset ja lainsäädäntö. Tehdyt säätötyöt dokumentoidaan. [27.]

Painovoimaisen ilmavaihdon erityisominaisuudet tulee huomioida. Koska painovoimainen järjestelmä ei toimi jatkuvasti samalla tavalla, on vaatimustenmukaisuus vaikeaa osoittaa laskennallisesti. Samassa rakennuksessa on mahdollista käyttää hallitusti painovoimaista sekä koneellista ilmanvaihtoa. [32, s. 1–8.]

Korkea lämpötila kasvattaa PAH-yhdisteiden haihtuvuutta ja vaikuttaa hajuvaintoihin sekä yleiseen viihtyvyyteen [1; 2; 14]. Myös lämpöolosuhteet tulee tasapainottaa korjausten yhteydessä.

6 Korjauskohteet ja tyyppikorjausohjeet

6.1 Työn sisältö ja periaatteet

Tässä työssä oli mukana kolme Helsingin kaupungin omistamaa kiinteistöä. Rakennuksissa oli todettu aiemmissa tutkimuksissa PAH-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja, joiden oli epäilty aiheuttavan sisäilmahaittaa. Kohteita käsitellään nimettöminä.

Korjauskohde 1 on valmistunut 1850-luvulla. Se on pinta-alaltaan noin 950 m². Rakennus oli käytössä tutkimusten aikaan ja sen peruskorjauksen hankesuunnittelu oli käynnissä. Rakennuksen edellinen peruskorjaus on tehty 1980-luvulla.

Korjauskohde 2 on valmistunut 1910-luvulla ja se on pinta-alaltaan noin 2 200 m². Rakennus oli käytössä tutkimusten aikaan, se on peruskorjattu 2000-luvun alussa.

Korjauskohde 3 on valmistunut 1910-luvulla ja sitä on laajennettu 1940-luvun lopulla. Sen pinta-ala on noin 2 000 m². Rakennus oli tutkimusten aikaan tyhjillään ja sen edellisestä peruskorjauksesta ei ollut tietoa. Rakennus odottaa peruskorjauksen hankesuunnittelun käynnistymistä.

Kaikista kohteista oli saatavilla melko runsaasti aiempia tutkimustietoja, joiden riittävyys sisäilmariskien ja korjaustarpeen määrittämiseen arvioitiin. Lähtötietotarkastelun perusteella suositeltiin ja toteutettiin tarvittavia erillistyönä tehtyjä lisäselvityksiä ja tutkimuksia. Kohteiden erilaisten lähtötilanteiden vuoksi arviointia on tehty hiukan erilaisilla menetelmillä. Arvioinnissa on sovellettu etenemismallia ja tarkasteltu sisäilmahaitan kannalta merkityksellisiä tekijöitä. Tehdyistä tutkimuksista ja suositelluista toimenpiteistä laadittiin raportit. Tarkastelujen perusteella valittiin neljä erilaista rakennetta, joille laadittiin korjaussuunnitelmat PAH-yhdisteiden hallintaratkaisuihin, sisältäen tarvittavat piirustukset, detaljit, paikannuskaaviot, työohjeet sekä käytettävät materiaalit. Tyypikorjausohjeet ja suunnitelmat laadittiin

- maanvaraiselle betonirakenteiselle alapohjalle
- maanvastaiselle tiilimuuratulle ja luonnonkivirakenteiselle seinälle
- kivirakenteiselle välipohjalle
- puurakenteiselle yläpohjalle.

Kyseisissä rakenteissa esiintyy tyypillisesti PAH-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja, rakenteiden ollessa 1960-luvulta tai sitä vanhempia. Osasta rakenteista laadittiin suunnitelmat myös rakenteiden eri variaatioille. Suunnitelmissa on huomioitu tiedossa olleet kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa ja haitta-ainetutkimuksissa annetut muut korjaussuositukset.

Työssä hyödynnettiin PAHSIS-hankkeen tuloksia, AFRY Finland Oy:n (ja entisen Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n) tutkimustietoja yli 15 vuoden ajalta sekä rakennusfysikaaliseen suunnitteluun sekä haitta-aineisiin ja niiden hallinta- ja korjaussuunnitteluun erikoistuneita asiantuntijoita. Korjaussuunnitelmien laatimiseen ovat osallistuneet seuraavat AFRY Finland Oy:n asiantuntijat:

- Paula Wuokko, Ins. AMK, rakennusterveysasiantuntija (C-26558-26-21), asbesti- ja haitta-aineasiantuntija (C-25513-33-20): sisäilmavaikutusten arviointi, toimenpidesuositukset, suunnittelun ohjaus ja suunnitelmien tarkastus.

- Janne Sievola, DI, FISE Poikkeuksellisen vaativa -vaativuusluokan rakennusfysiikan suunnittelija, FISE Poikkeuksellisen vaativa -vaativuusluokan kosteusvaurion korjaussuunnittelija: hallintaratkaisujen suunnittelu, rakennetyyppien ja detaljien piirtämien.
- Jarno Komulainen, FM (kemisti): toimenpidesuositusten ja suunnitelmien tarkastus.
- Kyösti Nieminen, asbesti- ja haitta-aineasiantuntija (C-26448-33-21): rakennetyyppien ja detaljien laadinta.
- Kennet Mod, DI, rakennusterveysasiantuntija C-25683-26-20), asbesti- ja haitta-aineasiantuntija (C-22095-33-16): FISE Poikkeuksellisen vaativa -vaativuusluokan rakennusfysiikan suunnittelija, FISE Poikkeuksellisen vaativa -vaativuusluokan kosteusvaurion korjaussuunnittelija: suunnitelmien tarkastus.

Lisäksi täydentäviin selvityksiin on osallistunut muita AFRY Finland Oy:n kunto-tutkijoita ja asiantuntijoita. Tilaajalle on toimitetut selvityksistä ja tutkimuksista erilliset raportit. Selvitysten sisältö on esitetty seuraavissa luvuissa (6.2–6.4) pääpiirteittäin ja muokattu tähän dokumenttiin soveltuvalla tavalla. Korjaussuunnitelmat on esitetty liitteissä 1 ja 2.

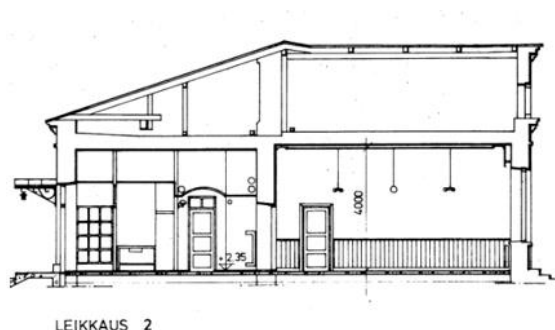
6.2 Korjauskohde 1

6.2.1 Tutkimustiedot

Rakennuksen käyttötiloissa oli havaittu kuntotutkimuksissa PAH-yhdisteisiin viit-taavaa hajua, jonka lähteeksi oli epäilty puurakenteisen yläpohjan tervapahvia.

Alun perin varastoksi 1800-luvun puolivälissä valmistunut rakennus on muutettu 1980-luvulla päiväkodiksi. Rakennus on suojeltu asemakaavassa merkinnällä sr. Rakennuksessa on yksi kerros ja kylmä ullakko. Rakennuksen pohjapiirustus on esitetty liitteessä 1.

Lähtötietojen perusteella rakennus on perustettu puupaaluilla ja hirsiarinalla, jonka päällä on louhekevistä ladottu perusmuuri. Alapohjana on edellisessä peruskorjauksessa (1980-luvulla) uusittu maanvarainen lämmöneristetty teräsbetonilaatta. Kantavat ulko- ja väliseinät ovat massiivitiilimuurattuja. Julkisivulla on ohut slammaus, sisäseinät on rapattu ja maalattu. Yläpohjan kantavana rakenteena ovat puiset kattokannattajat ja puupalkit, täyttönä on turvetta, olkia ja hiekkaa. Vanhan yläpohjan päällä on lisälämmöneristeenä mineraalivillalevyjä. Vesikatteena on aluskatteeton, saumattu rivipeltikatto. Rakennuksessa on edellisen peruskorjauksen ajalta oleva koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Kuvassa 16 on rakennuksen leikkauspiirustus ja yleiskuva ullakolta.



Kuva 16. Rakennuksen leikkauspiirustus ja yleiskuva ullakolta.

Yläpohjaan vuosina 2023 ja 2024 tehdyissä rakenneavauksissa oli havaittu neljä erilaista, osin eri aikakausilta olevaa yläpohjan päärakennetyyppiä (YP1-YP4). Arvioidut rakennetyyppien alueet on esitetty liitteen 1 piirustuksissa. Kuntotutkimuksissa (2023) oli havaittu rakennuksen pohjoissiiven alueella käytävällä ja muutamissa huonetiloissa PAH-yhdisteisiin viittaavaa hajua kevätkaudella. Hajuhavainto oli ollut selkein käytävän alueella, jossa havaittiin ilmayhteys yläpohjarakenteeseen. Kohteessa oli mitattu heinäkuun alussa 2023 kaasumaiset PAH-yhdisteet. Kaksi näytettä otettiin alueilta, joissa hajua oli havaittu ja yksi vertailunäyte alueelta, jossa hajua ei ollut. Pitoisuudet olivat alhaiset kaikissa tutkituissa tiloissa, eivätkä ylittäneet vertailuarvoja.

Tarkentavissa kunto- ja haitta-ainetutkimuksissa vuonna 2024 havaittiin pohjoispäädyn yläpohjatilassa erittäin voimakas PAH-yhdisteisiin viittaava haju tyynellä

hellesäällä elokuussa. Tuulisina hellepäivinä hajua ei havaittu tai se oli heikko. Hajun lähteeksi epäiltiin yläpohjarakenteen tervapahvia ja/tai yläpohjatäytön pinnalla muruna ollutta pikeä, jota oli todennäköisesti ropissut ruodelautojen läpi yläpohjan pinnalle vanhan vesikatteen purkutöiden yhteydessä.

Rakennuksessa havaituista mahdollisesti PAH-yhdisteitä sisältävistä materiaaleista otettiin näytteet haitta-ainetutkimuksessa (2024) ja niistä analysoitiin PAH(16)-yhdisteet. Yläpohjan rakennetyypeistä kolmessa (YP2-YP4) havaittiin PAH-yhdisteitä sisältävää tervapaperia. Kuvissa 17 ja 18 on esimerkit yläpohjaan tehdyistä rakenneavauksista ja rakenteessa havaitusta tervapahvista.



Kuva 17. Yläpohjan rakenneavauksia, tervapahvia on yläpohjatäytön alla (YP3).



Kuva 18. Katon puupaneelin takana on tervapahvia pohjoissiivessä (YP4).

Yläpohjan pinnalla havaituissa pikikokkareissa todettiin korkeiden PAH-yhdistepitoisuuksien lisäksi krysotiiliasbestia. Pohjoissiiven alueella (YP3-YP4) pikipaloja oli runsaasti mineraalivillalevyjen, yläpohjan harvalaudoituksen pinnalla ja osin vanha täytön seassa (kuva 19).



Kuva 19. PAH-yhdiste- ja asbestipitoista pikimurua ullakolla.

YP1 ja YP2 alueella ei havaittu pikimurua yläpohjan pinnalla. Satunnainen pikipalanen havaittiin vanhassa täytössä yhtenäisen tiilisen palopermannon alla yläpohjan YP1 alueella. Palaset eivät sisältäneet asbestia ja olivat eri materiaalia, kuin muualla ja ovat todennäköiset alkuperäisen rakentamisen aikaisia.

6.2.2 Korjaustarpeen arviointi

Kaikki yläpohjan (YP) analysoidut rakennusmateriaalit ja niiden PAH(16)-summa, naftaleenin, fenantreenin sekä kuuden haihtuvimman kaasufaasissa esiintyvän PAH-yhdisteen summapitoisuus PAH(6)*, on esitetty taulukossa 2. Materiaalikuvailetut ovat tutkimusraporteista, tekstejä on osin muokattu ja tiivistetty. Taulukkoon on korostettu materiaalin haihtuvimpien yhdisteiden osuuden perusteella arvioitu emissiopotentiaali.

Emissiopotentiaalille ei ole annettuja vertailuarvoja. Emissiopotentiaalin on tarkastelussa arvioitu olevan *vähäinen* kaasumaisten PAH-yhdisteiden summan ollessa alle 50 mg/kg, *kohtalainen* välillä 50... 2 000 mg/kg, *korkea* välillä 2 000...10 000 mg/kg ja *erittäin korkea* summan ollessa yli 10 000 mg/kg. Arvioituja emissiopotentiaaleja on havainnollistettu väreillä.

Taulukko 2. Yläpohjan rakennusmateriaalien valitut analyysitiedot, kuuden haihtuvimman PAH-yhdisteen summa sekä arvioitu emissiopotentiaali.

Näyttemateriaali	PAH(16)- summa mg/kg	Naftaleeni mg/kg	Fenant- reeni mg/kg	*PAH[6] summa mg/kg	Emissio potentiaali	Yläpohjan alue
Haitta-ainetutkimus, 2024						
Musta kreppipaperi alakaton rimoituksen päällä	50,8	0,073	671	7	vähäinen	YP4
Tervapahvi, YP alaosa	20 300	29,3	1 610	1 987	kohtalainen	YP2
Tervapahvi YP alapinnan paneloinnin päällä	19 100	5,81	831	1 013	kohtalainen	YP4
Pikisivelyn jäämiä YP täytössä, yksittäinen pala	100 000	23 000	14 000	62 920	erittäin korkea	YP1
Puukoolausjuoksu tiiliseinän päällä	1,48	0,210	0,651	1	vähäinen	YP1 + YP2-YP4
Kantava puurakenne ulakolla	67,2	0,928	28,1	31	vähäinen	YP1 + YP2-YP4
Tervapahvi kokoliittilevyn (palopermannon) alla	20 300	9,34	1 800	2 339	korkea	YP2
Tervapahvi YP-täytön alla, paikallisesti vesikatteen vanhan pellin alla	16 800	46,6	422	698	kohtalainen	YP3
Tervapahvi yläpohjan täytön alla	12 400	41,8	1140	1 445	kohtalainen	YP3
Tervapahvi YP alapinnan paneloinnin päällä	13 600	10,5	469	555	kohtalainen	YP4
Tervapahvi yläpohjan täytön alla	22 600	23,8	2 290	2 768	korkea	YP3
Pikijäämiä YP villojen välissä, lautojen päällä	88 700	9 730	25 700	38 149	erittäin korkea	YP3
Yläpohjan kuntotutkimus, 2021						
Bitumipahvi kipsivalun alla	20 000	8,6	2 100	2 575	korkea	YP2
YP lämmöneristeen alapuolinen tervapaperi	45 000	75	6 700	8 812	korkea	YP3
YP lämmöneristeenä käytetty turve	2 700	21	1 700	1 965	kohtalainen	YP3

*naftaleeni, asenaftyleeni, asenafteeni, fluoreeni, fenantreeni, antraseeni

Tarkempaan tarkasteluun ja toimenpidetarpeen arviointiin otettiin yläpohjan rakennusmateriaalit, joiden arvioitu emissiopotentiaali oli kohtalainen, korkea tai erittäin korkea. Materiaalit, joiden haihtuvimpien yhdisteiden kokonaismäärä

arvioitiin vähäiseksi, eivät aiheuta sisäilmahaittaa tai toimenpiteitä kyseisessä kohteessa.

Eri tekijöiden vaikutusta mahdollisen sisäilmahaitan ilmenemiseen on havainnollistettu taulukossa 3. Arviointia varten on tutustuttu kohteen kuntotutkimustietoihin. Taulukon 3 enimmäispistemäärä on 18 (kuusi saraketta, joista jokaisesta voi tulla maksimissaan kolme + -pistettä). Mitä enemmän pisteitä materiaali saa, sitä suurempi on siihen kohdistuva toimenpidetarve. Kaikille osatekijöille on annettu sama painoarvo riskitarkastelussa. Eri tekijöiden vaikuttavuutta on havainnollistettu seuraavasti:

- merkittävä vaikutus +++
- kohtalainen vaikutus ++
- vähäinen vaikutus +.

Taulukossa on yhdistetty samaa materiaalia tai samaa rakennetta koskevat tarkastelukohteet, joista on taulukkoon valittu merkittävimmän emissiopotentiaalin aiheuttama materiaali.

Taulukko 3. Eri tekijöiden vaikutus mahdollisen sisäilmahaitan ilmenemiseen, toimenpidetarkasteluun valitut yläpohjan PAH-yhdistepitoiset materiaalit.

Näytemateriaali ja sijainti	Materiaali-tyyppi	Emittoivan materiaalin ala	Materiaalin eheys	Sisäilmaa rajaava rakenne	Sisäilma-yhteys	IV/ painesuhteet	Toimenpidetarve	Emissiopotentiaali
Pikisivelyä muruna yläpohjatäytössä YP3-YP4	+	++	+++	+	+	++	10/18	erittäin korkea
Pikisivelypala yläpohjatäytössä YP1	+	+	+	+	+	++	7/18	erittäin korkea
Tervapahvi alakaton paneloinnin päällä YP4	+++	+++	+	+++	+++	++	15/18	kohtalainen
YP lämmöneristeenä käytetty turve	+++	++	+	+	+	++	10/18	kohtalainen
Tervapahvi yläpohjatäytön alla YP2-YP4	+++	+++	+	++	++	++	13/18	kohtalainen

Olennaista toimenpidetarpeen kannalta on materiaalin emissiopotentiaali yhdistettynä muihin riskitekijöihin. Arvion perusteella yläpohjarakenteiden YP2, YP3 ja YP4 alueelle kohdistuu PAH-yhdisteisiin liittyvää haitta-aineiden hallinta- ja

korjaustarvetta peruskorjauksen yhteydessä. Yläpohjatyyppin YP3 alueelta oli analysoitu myös turvetäytön alaosan PAH-yhdistepitoisuus. Turpeen tai vanhojen yläpohjatäyttöjen poistamisella ei arvioida olevan sisäilmahaitan kannalta merkitystä. Täyttöä ja sisätilaa rajaavana materiaalina on tervapahvi, jonka toimenpidetarve ja emissiopotentiaali ovat täyttöä merkittävämmät. Yläpohjan YP1 täytön sisällä havaitulla yksittäisellä pikipalalla ei arvioida olevan merkitystä. Yläpohjaan YP1 ei kohdistu korjaustarvetta, mutta rakenteen ilmatiiveyden parantamista suositellaan tälläkin alueella. Yläpohjan osalta laaditut korjaussuunnitelmat on esitetty liitteessä 1.

Haitta-ainetutkimuksen yhteydessä vuonna 2024 oli tutkittu myös muut rakennuksen mahdollisesti PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit. Tutkitut materiaalit ja niiden pitoisuudet sekä arvioidut emissiopotentiaalit on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Muiden analysoitujen rakennusmateriaalien valitut analyysitiedot, kuuden haihtuvimman PAH-yhdisteen summa sekä emissiopotentiaali.

Näyttemateriaali	PAH(16)- summa mg/kg	Naftaleeni mg/kg	Fenant- reeni mg/kg	*PAH[6] summa mg/kg	Emissiopo- tentiaali	Yläpohjan alue
Tervapahvi alapohjan betonilaatan alla	12,7	0,087	0,614	1	vähäinen	YP3
Sokkelin sisäpuolen pinnan pikisively	23 100	1 290	3 890	7 215	korkea	YP3
Ikkunaliittymien pel-lavarive	22,0	0,077	5,56	7	vähäinen	YP3
Bitumoitu pahvi AP betonilaatan reunan irrotuskaistaleena	24,4	0,081	2,80	3	vähäinen	YP1 YP2
Tervapahvin paloja puurunkoisen väli-seinän sisällä	16 400	8,27	1 130	1 263	kohtalain-nen	YP4 YP3 [P]
Pikisively ulkosei-nän sisäpuolen rappauksen pinnalla	77 000	1 740	15 500	25 145	erittäin korkea	YP1

Muiden tekijöiden vaikutuksen arviointi ja tarkasteluun valitut materiaalit on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Eri tekijöiden vaikutus mahdollisen sisäilmahaitan ilmenemiseen, tarkasteluun valitut rakennuksen muut PAH-yhdistepitoiset materiaalit.

Näytemateriaali	Materiaali-tyyppi	Emittoivan materiaalin ala	Materiaalin eheys	Sisäilmaa rajaava rakenne	Sisäilma-yhteys	IV/ painesuhteet	Toimenpidetarve	Emissiopotentiaali
Sokkelin sisäpuolen pinnan pikisively	+	+++	++	++	++	+	11/18	erittäin korkea
Pikisively ulkoseinän sisäpinnalla kokoliittilevyn takana	+	++	++	++	++	+	10/18	erittäin korkea
Tervapahvin paloja puurunkoisien väliseinän sisällä	+++	+	++	++	++	+	11/18	kohtalainen

Rakennuksen perustuksien sisäpinnalla on todettu pikisivelyä, josta on sisäilma-yhteys käyttötiloihin epätiivien alapohjan ja ulko- ja väliseinien liittymien kautta. Ulkoseinän sisäpinnalla todettiin paikallisesti pikisivelyä lämpöpatterin taustan rappauksen ja kokoliittilevytyksen takana. Sively voi aiheuttaa tilakohtaisesti sisäilmahaittaa. Yhden puurunkoisien väliseinän sisällä havaittiin tervapaperin paloja. Edellä mainittujen rakenteiden toimenpidetarpeet tulee arvioida peruskorjauksessa tehtävien päätösten mukaisesti.

6.2.3 PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut

Korjauskohteeseen 1 laadittiin PAH-yhdisteiden hallintaratkaisun korjaussuunnitelmat ja työohjeet puurakenteiselle yläpohjalle. Kohteessa ilmatiiveyden parantaminen on merkittävin PAH-yhdisteiden kulkeutumista vähentävä tekijä. PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit ovat yläpohjarakenteiden sisällä, niihin kohdistuva lämpötilan vaihtelu ja kosteusrasitus on pientä, lisäksi yhdisteet voivat haihtua myös ylöspäin. Korjauksen tavoiteltu käyttöikä on 20 vuotta. Kapselointimateriaalin (cTrap) adsorptiokyky on toimittajan tietojen perusteella >10 vuotta. Suunnitelmat on esitetty liitteessä 1.

Peruskorjauksen yhteydessä tulee lisäksi varmistaa, että rakennuksen ilmanvaihto ja painesuhteet ovat mahdollisimman tasapainossa ja mitoitettu suunnitellulle käytölle. Korjausten onnistumisen edellytyksenä on osaava toteutus, työn aikainen laadunvarmistus sekä korjausten jälkeinen seuranta.

Suunnitelmissa on huomioitu kuntotutkimuksessa vuonna 2024 suositellut peruskorjauksen korjaustoimenpiteet. Ullakon mineraalivillalevyt on suositeltu poistettaviksi ja yläpohjan lämmöneristävyyden parantamista tulee tarkastella. Vanhat yläpohjatäytöt on suositeltu uusittaviksi ainakin selvästi kastuneilla alueille ja kohdissa, joissa on havaittu puupalkeissa lahoa. Yläpohjassa ei ole höyrinsulkua, mutta sen ei arvioida aiheuttavan merkittävää kosteusteknistä riskiä ilmavuotojen myötä nykykäytöllä, painesuhteiden ollessa normaalitasolla. Ullakotilan riittävä tuuletus on varmistettava peruskorjauksen yhteydessä.

Yläpohjan pinnalla olevat pikisivelyn palat tulee haitta-ainetutkimuksen perusteella poistaa asbesti- ja haitta-ainetyönä. Niitä ei ole välttämätöntä erikseen poistaa vanhojen yläpohjatäyttöjen seasta. Niistä tulee kuitenkin merkitä tieto kohteen huoltokirjaan, tulevia korjaustöitä varten. Rakenteeseen jäävät pikimurut on huomioitu korjaustyöohjeessa. Yläpohjatyypin YP4 alakaton helmipontti-paneeliin kohdistuu mahdollisesti rakennussuojelua. Korjaussuosituksissa kohdistuu paneeliin vähäisiä toimenpiteitä.

Rakennuksen epäpuhtauslähteisiin liittyy epävarmuuksia, jotka ovat voineet vaikuttaa tehtyihin havaintoihin ja niiden perusteella suositeltuihin korjaustoimiin. Rakennuksessa on ollut tulipaloja, rakenteissa mahdollisesti olevista palaneista materiaaleista ei ole varmaa tietoa. Ne voivat aiheuttaa hajuhaittaa, mikäli niistä on ilmayhteys käyttötiloihin. Rakennuksen alapuolisesta maatyöstä voi mahdollisesti kulkeutua haihtuvia haitta-aineita muita epäpuhtauksia sisätiloihin. Mikäli alapohjaa ei uusita ja maaperään kunnosteta peruskorjauksen yhteydessä, on suositeltavaa vähintään tiivistää rakenneliittymät sopivilla materiaaleilla.

6.3 Korjauskohde 2

6.3.1 Tutkimustiedot

Rakennuksessa oli aiemmissa tutkimuksissa todettu useita PAH-yhdistepitoisia materiaaleja, ja käyttäjät olivat raportoineet mahdollisesti PAH-yhdisteisiin liittyvästä sisäilmahaitasta.

Hoitoalan rakennukseksi 1910-luvulla valmistunut kohde on edelleen vastaavassa käytössä. Osassa tiloista on asuinkäyttöä. Rakennus on suojeltu asema-kaavassa merkinnällä sr-2, siinä on kellari, kolme kerrosta ja osittainen käyttöullakko. Alapohjan maanvaraiset betonilaatat ovat veden- ja lämmöneristämättömät. Maanvastaisissa seinissä on tiilirakenteen takana graniittiperustus. Ulkoseinät ovat massiivitiilirakenteiset. Välipohjat ovat ontelotiilirakenteiset ja niiden täytönä on koksikuonaa. Ullakot ja yläpohjat ovat puurakenteisia. Rakennuksen pohjapiirustus on esitetty liitteessä 2 (Rakennus 1).

Kohteen haitta-ainetutkimuksessa (2025) todetut, tämän tarkastelun kannalta olennaisimmat rakennusmateriaalit ja niiden PAH(16)-summapitoisuudet ovat seuraavat:

- kellarin maanvastaisten seinien pikisively (61 000–76 000 mg/kg)
- ensimmäisen kerroksen välipohjan pikisively (90 000 mg/kg)
- kermi toisen kerroksen välipohjan palkkien päällä (66 000 mg/kg)
- toisen kerroksen välipohjan koksikuonatäyttö (260 mg/kg)
- ullakon seinärakenteiden kermit ja sivelyt (26 000–56 000 mg/kg)
- ullakon seinärakenteiden tervapahvi (37 000 mg/kg)
- vesikattorakenteen tervapahvi (43 000–55 000 mg/kg).

Samasta materiaalista analysoidut pitoisuudet on esitetty listauksessa vaihteluvälillä. Materiaalikuvaileut ovat tutkimusraporteista, tekstejä on osin muokattu ja tiivistetty. Rakennusmateriaalien haihtuvien PAH-yhdisteiden osuus tarkasteltiin erikseen tätä selvitystä varten. Tarkastelu tehtiin vastaavalla periaatteella kuin korjauskohteessa 1. Kaikkien materiaalien, paitsi välipohjatäytönä olleen koksikuonan, emissiopotentiaalit olivat korkeat tai erittäin korkeat.

Aiemmissa tutkimuksissa tehtyjen rakenneavausten yhteydessä oli havaittu voimakasta PAH-yhdisteisiin viittaavaa hajua. Lähtötietojen ja kohteessa käyttäjien kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella rakennuksessa oli koettu oireilua ja hajuja osassa ensimmäisen kerroksen tiloja, kellarissa ja osassa ullakon

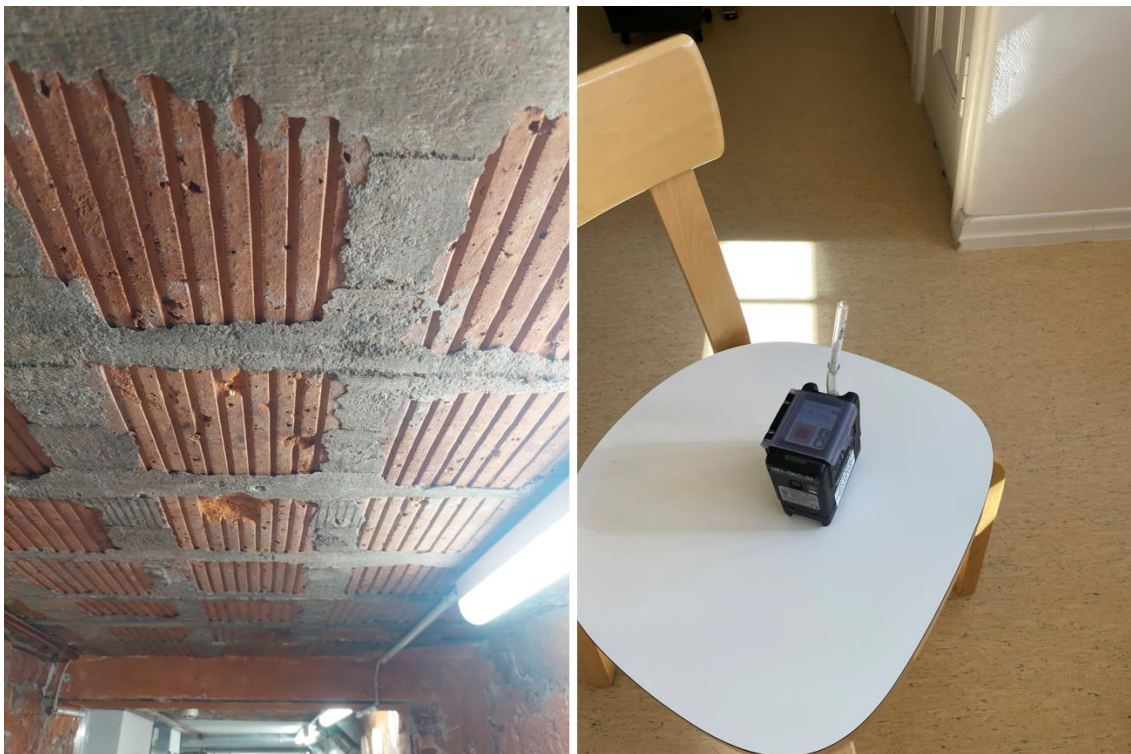
käyttötiloja. Talvella vuonna 2024 tehdyissä PAH-yhdisteiden sisäilmamittauksissa oli tutkittu kaksi tilaa, kellarin tila K10 ja ullakon tila U13, joista molemmista oli raportoitu hajuhaittaa. Kellarin ilmanäytteessä ei todettu laboratorion määritysrajan ylityksiä ja ullakon tilassa todettiin vain pieni määritysrajan ylitys antraseenia.

Koska hajuhavaintojen aiheuttaja ei ollut lähtötiedoista yksiselitteisesti pääteltävissä, tehtiin kohteeseen lisäselvitys, jossa tutkittiin rakennusmateriaalien aiheuttamia emissioita ja hajuja. Tutkimuksessa havainnoitiin hajuja kaikissa tiloissa, joihin oli pääsy. Aistinvaraisesti ja merkkisavua käyttäen tarkasteltiin myös rakenteista käyttötiloihin olevia ilmayhteyksiä. Käyttöullakon räystäällä oleviin yläpohjatiloihin ei ollut tutkimusten aikaan pääsyä. Vastaavia tiloja tarkasteltiin rajatusti kylmien ullakoiden puolelta. Asuinkäytössä olleita tiloja tarkistettiin satunnaisotannalla. PAH-yhdisteisiin viittaavia havaintoja tehtiin seuraavasti:

- Kellarin tilassa K10 oli voimakas PAH-yhdisteisiin viittaava haju.
- Ensimmäisen kerroksen tilassa 101 havaittiin oven avauksen yhteydessä hyvin lievä PAH-yhdisteisiin viittaava haju.
- Ullakon käyttötiloissa havaittiin selvä PAH-yhdisteisiin viittaava haju eteisessä syyskuussa 2025 tehdyllä käynnillä, keväällä hajua ei havaittu.
- Kylmän ullakon alueella oli melko voimakas PAH-yhdisteisiin viittaava haju, yläpohjassa olleen paikkaamattoman rakenneavauksen kohdalla.

Tämän tutkimuksen aikana tehtyihin hajuhavaintoihin on voinut vaikuttaa rakennuksessa samaan aikaan tehty tiilikaton puhdistus ja impregnointi. Työstä tuli ajoittain liuottimen hajua sisätiloihin. Tällä ei ollut vaikutusta ilmanäytteisiin, koska kohteessa ei mitattu VOC-yhdisteitä.

Sisäilman kaasumaiset PAH(16)-yhdistepitoisuudet mitattiin aistinvaraisten arvioiden jälkeen valikoiduista neljästä tilasta. Lisäksi tehtiin havaintoja rakenteista korjaussuunnitelmia varten (kuva 20).



Kuva 20. Vasemmalla: Kellarin ja ensimmäisen kerroksen välipohja oli ontelotiilirakenteinen ja lähtötietojen ja tehtyjen havaintojen perusteella epätiivis. Oikealla: Kaasumaisten PAH-yhdisteiden ilmanäytteenottoa ullakon käyttötiloissa.

Ilmanäytteenoton aikana kello 8–15 vallinneet olosuhteet tarkastettiin Kaisaniemen havaintoasemalta. Ulkoilman lämpötila oli välillä $-2\text{ °C} \dots +3\text{ °C}$ ja suhteellinen kosteus oli välillä 20–38 RH%, tuulen suunta oli luoteesta ja tuulen puuskanopeus oli 4,1–5,8 m/s (kohtalaista) ollen voimakkainta aamulla. Kohteessa oli aistinvaraisesti normaali lämmitys ja ilmanvaihto oli päällä. Ilmanäytteet analysoitiin TTL:n laboratoriossa. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. PAH-yhdisteiden sisäilma-analyysien tulokset.

Yhdiste	Kellari, K33 [µg/m ³]	Kellari, K10 (putkikanaali) [µg/m ³]	1.krs, 116 [µg/m ³]	Ullakko, U12 [µg/m ³]
Kaasumaiset PAH-yhdisteet				
Naftaleeni	0,17	0,43	0,15	0,40
2-Metyyli-naftaleeni	<mr*	0,10	<mr	0,10
1-Metyyli-naftaleeni	<mr	0,042	<mr	0,057
Asenaftyleeni	<mr	<mr	<mr	<mr
Asenaftteeni	<mr	<mr	<mr	0,025
Fluoreeni	<mr	<mr	<mr	0,041
Fenantreeni	<mr	0,062	<mr	0,16
Antraseeni	<mr	<mr	<mr	<mr
Puolihihtuvat PAH-yhdisteet				
Fluoranteeni	<mr	<mr	<mr	<mr
Pyreeni	<mr	<mr	<mr	<mr

*<mr, todettu pitoisuus oli näytteessä alle yhdisteen määrittämissä rajat.

Analyysitulosten mukaan kaikissa tutkituissa tiloissa esiintyi PAH-yhdisteitä. Kaikkien tutkittujen tilojen naftaleenin pitoisuudet alittavat STMa 545/2015:ssä sille asetetun toimenpideraja-arvon 10 µg/m³. Ullakon tilan U12 sisäilmassa esiintyi kokemustemme mukaan poikkeuksellisen laaja joukko PAH-yhdisteitä pieninä pitoisuuksina. Kahdessa näytteessä todettiin pieniä pitoisuuksia fenantreenia, joka viittaa rakennusmateriaaliperäisiin päästöihin. Fenantreenille ei ole annettu toimenpideraja-arvoa tai tavoitetasoja.

6.3.2 Korjaustarpeen arviointi

Tutkimuksessa havaittiin alueita, joilla on toimenpidetarpeita PAH-yhdisteiden aiheuttaman sisäilmahaitan osalta. Rakennusmateriaaliperäisten PAH-yhdisteiden mahdollisia lähteitä arvioitiin lähtötietojen ja tehdyn lisäselvityksen pohjalta.

Kellarin tilassa K10 havaittiin erittäin voimakasta PAH-yhdisteisiin viittaavaa hajua. Tilan alapuolisessa putkikanaalissa todettiin ilmanäytteessä vain pieniä pitoisuuksia PAH-yhdisteitä, lisäksi putkikanaalin oli paine-eroseurannalla todettu olevan alipaineinen käytävään nähden. Kellarissa oli aiemmissa tutkimuksissa

todettu liiallista alipainetta ensimmäiseen kerrokseen nähden ja välipohja on hyvin epätiivis. Näin ollen, hajun todennäköisin lähde on ensimmäisen kerroksen välipohjarakenteessa todettu pikisively.

Kellarin tilassa K33 havaittiin avonaisia aukkoja ja putkiläpivientejä välipohjan alapinnassa ja eri tilojen välillä. PAH-yhdisteisiin viittaavien hajujen lähteenä on todennäköisemmin välipohjan sisällä oleva pikisively.

Ensimmäisen kerroksen tiloissa ei havaittu PAH-yhdisteisiin viittaavia hajuja, eikä ilmanäytteissä ollut viitteitä kohonneista pitoisuuksista. Osasta tiloista on kuitenkin raportoitu oireilusta. Mikäli painesuhteet vaihtelevat, on mahdollista, että hajuja kulkeutuu (esimerkiksi välipohjista) epätiivien rakenteiden kautta ajoittain käyttötiloihin. Tiloissa oli seiniin roilottuja sähkökouruja, jotka olivat ais-tinvaraisesti epätiivitä ja osasta puhalsi ilmaa huonetilaan. Kourujen toteutusta tai liittymää välipohjaan ei voitu varmentaa.

Ullakon käyttötiloissa havaittiin PAH-yhdisteisiin viittaavaa hajua alkusyksyn (2025) käynnillä, keväällä kylmällä säällä hajua ei havaittu. Ullakon seinä- ja yläpohjarakenteissa on levy pintojen takana PAH-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja, jotka ovat todennäköisimmin hajujen syynä. Lämpötila ja tuuliolot vaikuttavat hajujen voimakkuuteen, niitä voi esiintyä eri aikoina eri voimakkuuksilla.

6.3.3 PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut

Kohteeseen laadittiin valittuihin rakenteisiin tyyppikorjausohjeet. Suunnitelmat laadittiin maanvastaisten seinien ja välipohjarakenteen osalta. Kohteeseen laaditut suunnitelmat ja työohjeet on esitetty liitteessä 2 (Rakennus 1). Korjausten tavoiteltu käyttöikä on rakenteesta ja käytetyistä materiaaleista riippuen noin 20–30 vuotta.

Maanvastaisissa seinissä (cTrap ja Weber Tec 933) korjauksen käyttöikä tavoite on 20 vuotta. Edellä mainitut adsorbointimateriaalit kyllästyvät ajan saatossa PAH-yhdisteillä ja tähän kuluva aika on vaikea arvioida. Kohteessa PAH-yhdisteitä sisältävä pikisively on rakenteiden sisällä, mikä voi pidentää materiaalin

kyllästymiseen kuluvaan aikaan. Ilmatiiveys on käyttöiän kannalta merkittävin tekijä. Muissa rakenteissa käytettävien kapselointimateriaalien (TKR, Ardex EP2000+2001W sekä Sto Divers) osalta käyttöikätaavoite on 30 vuotta.

Käyttöä turvaavina toimenpiteinä suositeltiin kellarin alipaineisuuden vähentämistä. Lisäksi tilojen väliset ja välipohjan läpiviennit tulee tiivistää.

Ullakkotilojen tutkimuksia jatkettiin syksyllä käyttöullakon yläpohja- ja seinärakenteiden merkkiainekokeella. Merkkiainekokeen tulosten perusteella suositeltiin yläpohjarakenteen ilmatiiveyden parantamista. Korjauksen käyttöikätaavoitteeksi asetettiin noin viisi vuotta, koska tilojen käyttö on todennäköisesti muuttumassa viiden vuoden sisällä.

Peruskorjauksessa tai seuraavassa laajemmassa korjauksessa on huomioitava muun muassa ensimmäisen kerroksen välipohjan kattava tiivistys ja kapselointi. Maanvastaisten seinien korjaukset tulee suhteuttaa huomioiden muut mahdolliset rakenteellisten korjaustoimet ja suunniteltu tilankäyttö.

6.4 Korjauskohde 3

6.4.1 Tutkimustiedot

Rakennus oli selvityksen aikaan tyhjillään, eikä sen tuleva käyttö ollut tiedossa. Aiemmat käyttäjät olivat raportoineet PAH-yhdisteisiin liittyvää sisäilmahaittaa ullakon käyttötiloissa.

Talousrakennukseksi 1910-luvulla valmistuneessa ja 1940-luvun lopulla laajennetussa rakennuksessa on ollut suurtalouskeittiö, ruokala ja toimistotiloja. Rakennus on suojeltu asemakaavassa merkinnällä sr-2. Alkuperäisessä osassa on kellari, kaksi kerrosta ja osittainen käyttöullakko. Laajennuksessa on kellari ja yksi kerros. Rakennuksen alapohjat ovat pääosin maanvastaisia ja lämmöneristämättömiä. Maanvastaisissa seinissä on tiilirakenteen takana graniittiperustus. Laajennusosan maanvastaisissa seinissä on sisäpuolinen verhomuuraus ja lämmöneristys. Ulkoseinät ovat alkuperäisillä osilla massiivitiilirakenteita. Välipohjat ovat kaksoislaattarakenteisia, ylimmässä kerroksessa on

koksikuonatäyttö. Ullakot ja yläpohjat ovat puurakenteisia ja monikerroksisia. Rakennuksen pohjapiirustus on esitetty liitteessä 2 (Rakennus 2).

Kohteen haitta-ainetutkimuksessa (2025) todetut, tämän tarkastelun kannalta olennaisimmat rakennusmateriaalit ja niiden PAH(16)-summapitoisuudet ovat seuraavat:

- kellarin maanvastaisten seinien pikisivelyt (13 000–95 000 mg/kg)
- alkuperäisen osan kellarin alapohjan valuasfaltti (3 100–17 000 mg/kg)
- ensimmäisen kerroksen välipohjien pikisivelyt (444–510 mg/kg)
- ullakon seinärakenteiden tervapahvi (25 000–58 000 mg/kg)
- yläpohjan bitumihuopa (67 000 mg/kg)
- vesikaton tiilien alapuolinen bitumihuopa (14 000 mg/kg).

Samasta materiaalista analysoidut pitoisuudet, on esitetty listauksessa vaihteluvälillä. Materiaalikuvaailut ovat tutkimusraporteista, tekstejä on osin muokattu ja tiivistetty. Rakennusmateriaalien haihtuvien PAH-yhdisteiden osuus tarkasteltiin vastaavalla periaatteella, kuin korjauskohteessa 1. Alkuperäisellä rakennuksen osalla valtaosan materiaaleista emissiopotentiaalit olivat erittäin korkeat. Vähäisiä tai kohtalaisia haihtuvien yhdisteiden pitoisuuksia oli välipohjan (bitumi)siveilyssä, välipohjatäyttönä olleessa koksikuonassa ja ikkunariveissä.

Ullakon käyttötiloissa vuonna 2023 marraskuussa tehdyissä sisäilmamittauksissa oli todettu pieniä pitoisuuksia PAH-yhdisteitä. Naftaleenin pitoisuus oli kaikissa näytteissä alle 1 µg/m³. Näytteissä oli fenantreenia, joka viittaa rakennusmateriaaliperäisiin päästöihin. Pitoisuudet eivät ylittäneet toimenpiderajoja.

Lähtötietotarkastelun perusteella tehtiin erillinen selvitys, jossa arvioitiin tarkemmin rakennusmateriaalien aiheuttamia emissioita ja hajuja. Tutkimuksen aikana havainnoitiin PAH-yhdisteisiin viittaavia hajuja kaikissa tiloissa, joihin oli pääsy. Aistinvaraisesti ja merkkisavua käyttäen tarkasteltiin rakenteista käyttötiloihin olevia ilmayhteyksiä. Yksittäisiin tiloihin ja käyttöullakkotilojen ulkoreunoilla oleviin yläpohjatiloihin ei ollut tutkimusten aikaan pääsyä. PAH-yhdisteisiin viittaavia havaintoja tehtiin seuraavasti:

- Kellarin tilassa 005 havaittiin lievä PAH-yhdisteisiin viittaava haju.
- Laajennusosan kellarin ovella havaittiin oven avauksen yhteydessä hyvin lievä haju. Kellarissa oli paikoin näkyvillä paljaita piki- / bitumisivelyjä.
- Ensimmäisen kerroksen tilassa 20 oli lievä PAH-yhdisteisiin viittaava haju.
- Ensimmäisen kerroksen tilan 28 ikkunoiden vieressä havaittiin lievä PAH-yhdisteisiin tai puutervaan viittaava haju.
- Osassa ullakon käyttötiloista havaittiin voimakas PAH-yhdisteisiin viittaava haju. Tilojen hajuhavainnot olivat myös lähtötietoina.

Sisäilman kaasumaiset PAH(16)-yhdistepitoisuudet mitattiin aistinvaraisten arvioiden jälkeen kolmesta tilasta. Rakenteita ja tiloja tarkasteltiin myös korjaussuunnitelmia varten. Ilmanäytteiden tulokset on esitetty taulukossa 7. Tutkimukset tehtiin samaan aikaan korjauskohteen 2 tutkimusten kanssa huhtikuussa 2025 ja olosuhteet olivat vastaavat (katso luku 6.2.5). Kohteessa oli aistinvaraisesti normaali lämmitys ja ilmanvaihto oli päällä. Ilmanäytteet analysoitiin TTL:n laboratoriossa.

Taulukko 7. PAH-yhdisteiden sisäilma-analyysien tulokset.

Yhdiste	Kellari, 005 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.krs, 109 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ullakko, 302 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Kaasumaiset PAH-yhdisteet			
Naftaleeni	0,67	0,27	4,9
2-Metyyli-naftaleeni	0,15	0,058	2,1
1-Metyyli-naftaleeni	0,059	<mr	1,2
Asenaftyleeni	<mr	<mr	0,29
Asenafteeni	<mr	0,029	0,38
Fluoreeni	<mr	<mr	0,39
Fenantreeni	0,077	0,043	2,2
Antraseeni	<mr	<mr	0,034
Puolihaihtuvat PAH-yhdisteet			
Fluoranteeni	<mr	<mr	0,044
Pyreeni	<mr	<mr	<mr

*<mr, todettu pitoisuus oli näytteessä alle yhdisteen määrittämissä.

Analyysitulosten mukaan kaikissa tutkituissa tiloissa esiintyi PAH-yhdisteitä. Kaikkien tutkittujen tilojen naftaleenin pitoisuudet alittavat STMa 545/2015:ssä sille asetetun toimenpidetäjä-arvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ullakon tilan 302 sisäilmassa esiintyi kokemustemme mukaan poikkeuksellisen laaja joukko PAH-yhdisteitä, joista naftaleenin pitoisuus ylitti Työterveyslaitoksen tavoitetaso $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tilassa todettiin selvä PAH-yhdisteisiin viittaava haju. Tilasta mitattua fenantreenin pitoisuutta voidaan pitää poikkeavan korkeina. Koska kaikissa näytteissä esiintyi fenantreenia, on päästöjen todennäköisin lähde PAH-yhdistepitoiset rakennusmateriaalit.

6.4.2 Korjaustarpeen arviointi

Tutkimuksessa havaittiin alueita, joilla on toimenpidetarpeita PAH-yhdisteiden aiheuttaman sisäilmahaitan osalta. Rakennusmateriaaliperäisten PAH-yhdisteiden mahdollisia lähteitä arvioitiin lähtötietojen ja tehdyn lisäselvityksen pohjalta.

Osassa ullakon käyttötiloista havaittu erittäin voimakas PAH-yhdisteisiin viittaava haju sekä kohonneet sisäilman pitoisuudet ovat todennäköisesti peräisin ullakkotilojen rakenteissa olevista useista PAH-yhdistepitoisista materiaaleista. Tiloissa aiemmin tehdyt rakenneavaukset ovat todennäköisesti voimistaneet hajuja. Aiemmat käyttäjät olivat raportoineet hajuista kuitenkin jo ennen avauksia. Mikäli tilat otetaan käyttöön ennen peruskorjausta, tulee vähintään rakenneavauksissa rikkoontuneet PAH-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien leikkauspinnat paikata PAH-yhdisteiden kapselointiin soveltuvilla tuotteilla. Korjausten jälkeen tilojen sisäilmapitoisuudet tulee varmistaa.

Kellarin laajennusosassa havaittu lievä PAH-yhdisteisiin viittaava haju on mahdollisesti peräisin aiemmin tehdyissä rakenneavauksissa rikkoutuneista pikisivelyistä, joita oli kellaritiloissa paikoin avoimena pintana. Havainnot eivät nykytilanteessa aiheuta toimenpiteitä, koska tilat ovat varastokäytössä ja rakennus tyhjillään.

Ensimmäisen kerroksen tilojen hajujen lähteet, eivät ole varmuudella selvillä. Mahdollisia lähteitä ovat esimerkiksi välipohjan ja ikkunarakenteiden materiaalit ja ne tulee huomioida ja hallita tulevissa laajemmissa korjauksissa.

6.4.3 PAH-yhdisteiden hallintaratkaisut

Kohteeseen laadittiin tulevan peruskorjauksen yhteyteen tyyppikorjausohjeet maanvaraisen alapohjan, maanvastaisten seinien ja välipohjarakenteen osalta. Kohteeseen laaditut suunnitelmat ja työohjeet ovat liitteessä 2 (Rakennus 2). Korjausten tavoiteltu käyttöikä on rakenteesta ja käytetyistä materiaaleista riippuen noin 20–30 vuotta.

Maanvastaisissa seinissä (cTrap ja Weber Tec 933) käyttöikätaavoite on 20 vuotta. Välipohjissa cTrapin käyttöikätaavoite on 30 vuotta, koska todetut PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat pienet. Adsorbointimateriaalit kyllästyvät ajan saatossa PAH-yhdisteillä, tähän kuluva aika on vaikea arvioida. Kohteessa PAH-yhdisteitä sisältävä pikisively on rakenteiden sisällä. Ilmatiiveys on käyttöiän kannalta merkittävin tekijä. Muissa rakenteissa käytettävien

kapselointimateriaalien (TKR, Ardex EP2000+2001W sekä StoDivers) osalta käyttöikätaavoite on 30 vuotta.

Kohteessa on useita PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja, jotka tulee huomioida peruskorjauksen hankesuunnittelussa. Koska kohde on tyhjillään, ei välittömille korjaustoimille ole tarvetta. Peruskorjauksessa on suositeltavaa parantaa kattavasti rakenteiden ilmatiiviyttä ja tarvittaessa kapseloida PAH-yhdisteitä sisältäviä rakenteita. Osassa rakenteissa, kuten alapohjissa on todettu puutteita niiden kosteusteknisessä toiminnassa ja niihin saattaa kohdistua mittavia purkutoimia peruskorjauksessa. Näin ollen rakenteiden uusimista ja PAH-yhdistepitoisten materiaalien purkamista on suositeltavaa tarkastella yhtenä korjausvaihtoehtona osassa rakenteita.

7 Johtopäätökset

7.1 Pohdintaa

Tyypillisesti rakennukset, joissa epäillään PAH-yhdisteisiin liittyvää sisäilmahaittaa, ovat jossain määrin moniongelmaisia ja taustalla saattaa olla pitkä selvitysprosessi. Edelleen selvittämättömän sisäilmahaitan osalta on suositeltavaa laatia yhteenveto tehdyistä tutkimuksista ja havainnoista. Yhteenvedosta tulee varmistaa, ovatko sisäilmariskin kannalta merkityksellisiksi tunnistetut tiedot saatavilla vai onko edelleen tarvetta lisäselvityksille.

Vaikka muut tekijät ovat olennaisia sisäilmariskin kannalta, on riski käytännössä olematon normaaleissa käyttöolosuhteissa, mikäli materiaalin emissiopotentiaali on vähäinen. Emissiopotentiaalille tai rakennusmateriaalin PAH(6)-summapitoisuudelle (mg/kg) ei ole annettu raja-arvoja, eikä ole tiedossa, kuinka paljon haihtuvia PAH-yhdisteitä on paljon. Tätä lähdettiin opinnäytetyössä selvittämään PAHSIS-hankkeen [1] ja vuonna 2018 tehdyn laajan rakennusmateriaaliselvityksen [5] analyysidatan pohjalta. Nopeasti kävi kuitenkin selväksi, että yhdistekohtaista tietopohjaa, jota tarkasteluun tarvittaisiin, ei ole saatavilla. Arviointi edellyttäisi laajaa tieteellistä tutkimusta. Näin ollen arvio emissiopotentiaalista perustuu tutkijoiden kokemuseräiseen tietoon.

Tässä työssä on tehty tarkempi sisäilmariskien arviointi rakennusmateriaaleille, joiden kaasufaasissa esiintyvien PAH-yhdisteiden summapitoisuus ylitti 50 mg/kg. Huomioitavaa on, että pitoisuus ei perustu mihinkään lainsäädännön raja-arvoon eikä velvoita toimenpiteisiin. Se ei myöskään poissulje sitä, etteivät tätä pienemmät pitoisuudet voisi tietyissä olosuhteissa aiheuttaa sisäilmahaittaa. Haitta-ainetutkimusraporttiin on suositeltavaa kirjata taulukkoon kunkin analysoidun rakennusmateriaalin PAH(16)-summapitoisuus, naftaleenin, fenantreenin sekä höyryjakeessa esiintyvien PAH-yhdisteiden summapitoisuus. Näin voidaan helpommin tunnistaa ne materiaalit, jotka voivat emissiopotentiaalin osalta aiheuttaa sisäilmahaittaa.

Samaan rakennukseen tehtyjen kunto- ja haitta-ainetutkimusten havaintojen riskiin tarkastaminen helpottaisi lähtötietotarkastelua ja riskinarviointi. Mikäli eri tutkimuksissa on käytetty samoja rakenneavauksia näytteenottoon, tulee niiden nimeämiset ja sijainnit olla identtisiä. Lähtökohtaisesti rakenneavausten sijainti tulee aina merkitä pohjapiirustukseen mahdollisimman tarkasti. Epäjohdonmukaisuudet hankaloittavat tarkastelua, aiheuttavat ylimääräistä työtä ja epävarmuutta.

Tutkimuksissa tehtävään rakennusmateriaalien tunnistamiseen on suositeltavaa kiinnittää huomiota. Mahdollisimman tarkka nimeäminen helpottaa myös sisäilmariskin arviointia. Esimerkiksi bitumisivelyyn sisältyy oletus siitä, että se ei sisällä korkeita pitoisuuksia PAH-yhdisteitä. Ja lähtökohtaisesti kyllästetyt pahvit ja paperit eivät sisällä asbestia, mutta kermiä voivat sisältää. Näytteenottotilanteessa rakennusmateriaalin nimeäminen ja tunnistaminen voi olla hankalaa. Kentällä tehtyä epävarmaa nimeämistä on suositeltavaa tarkentaa. Tarvittaessa tunnistukseen voi pyytää apua analyysilaboratoriosta tai siihen erikoistuneelta asiantuntijalta. Tarkka tunnistaminen edellyttää usein mikroskopointia.

Ylikorjaamisesta ja tarpeettomasta purkamisesta tulee päästä eroon. Toimivia, haittaa aiheuttamattomia vanhoja rakenteita ei tarvitse korjata. Aiemmin tehtyjen rakenneratkaisujen korjaaminen, uusiminen tai purkaminen ilman perusteluja on kansantaloudellisestikin kestäväntöntä. Purkamisella menetetään aina

myös rakentamisen historiaa. Toimimattomat rakenteen on tietysti perusteltua uusia. PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien purkaminen voi myös johtaa alkuperäisen korjauslaajuuden merkittävään kasvuun, kustannusten kasvuun ja jopa lähtötilannetta pahempaan sisäilmahaittaan.

Tutkimukset ja selvityksetkin voivat olla kalliita ja tulokset voivat olla lopulta purkamista puoltavia. Toisaalta rakennuksen kattava kunnon selvittäminen on lakisääteistä, joten tutkiminen on perusteltua. Olosuhteiden parantaminen, haitallisten yhdisteiden kapseloinnit ja rakenteiden ilmatiiviyn parantaminen ovat vaihtoehtoja purkamiselle. PAH-yhdisteiden kapselointimateriaalien toimivuudesta on kertynyt laboratorio-olosuhteissa tietoa jo parin vuosikymmenen ajalta. Useilla erilaisilla haihtuvilla haitta-aineilla ja erityisesti öljyhiilivedyillä pilaantuneet rakenteet ovat kuitenkin edelleen haaste.

Todellisista PAH-yhdisteiden korjauskohteista on rajallisemmin tietoa. Hyödyllinen jatkotutkimus olisi koostaa eri aikoina tehtyjä korjauksia (kapselointi, tiiviyn parantaminen, ilmanvaihdon säädöt, purkaminen) ja arvioida korjausten toimivuutta, käyttöikää ja käyttäjäkokemuksia. Näin saataisiin lisää tietopohjaa ja luotettavuutta korjausten toimivuudesta ja pitkäikäisyydestä.

7.2 Yhteenveto

PAH-yhdisteitä sisältävien rakennusmateriaalien aiheuttamasta sisäilmahaitasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä on nykyisin saatavilla kattavia selvityksiä ja ohjeita. Tämä työ jatkaa rakennusmateriaalien PAH-yhdisteisiin liittyvää tutkimuskokonaisuutta edelleen korjaustarpeen arviointiin ja käytännön korjaustyöhön suunnitelmiseen.

Tässä työssä tarkasteltujen kohteiden perusteella PAH-yhdistepitoisia materiaaleja sisältävien rakenteiden korjaustarpeet ja -menetelmät voidaan arvioida riittävillä rakenne- ja sisäilmateknisillä tutkimustiedoilla. Rakennusmateriaalin emissiopotentiaali eli haihtuvien yhdisteiden osuus on merkittävin mahdolliseen sisäilmahaittaan vaikuttava tekijä. Mikäli haihtuvien yhdisteiden osuus on

vähäinen, ei toimenpidetarvetta yleensä ole. Korkeatkaan haihtuvien haitta-aineiden pitoisuudet eivät kuitenkaan ole suora peruste purkamiselle tai korjaustoimille. Mikäli rakennusmateriaalissa on runsaasti haihtuvia PAH-yhdisteitä, tulee tarkastella sisäilmahaitan kannalta muita merkittäviä tekijöitä.

Korjaushankkeissa tulee päästä eroon varmuuden vuoksi tehtävästä purkamisesta. Emissioiden hallintaan on saatavilla erilaisille rakenteille soveltuvia hallintaratkaisuja ja kapselointimenetelmiä, joiden toimivuus PAH-yhdisteille on tutkittu. Useilla erilaisilla haihtuvilla haitta-aineilla ja erityisesti öljyhiilivedyillä pilaantuneiden rakenteiden korjaaminen on kuitenkin edelleen haastavaa. Myös PAH-yhdisteiden korjausratkaisujen toimivuudesta ja pitkäikäisyydestä todellisissa kohteissa tarvitaan lisää tietoa laboratoriotutkimusten tueksi.

Tässä opinnäytetyössä tehtiin sisäilmariskien ja korjaustarpeen arviointi kolmeen kohteeseen. Tyypikorjausohjeet laadittiin PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja sisältävälle puurakenteiselle yläpohjalle, kivirakenteiselle välipohjalle, maanvaraiselle betonirakenteiselle alapohjalle sekä maanvastaiselle tiili- ja luonnonkivirakenteiselle seinälle. Tehtyjä tarkasteluja ja korjausohjeita voidaan hyödyntää muiden PAH-yhdistepitoisia rakennusmateriaaleja sisältävien tutkimuskohteiden korjaustarpeen ja -menetelmien arvioinnissa. Sisäilma-asiantuntijan ja korjausrakennesuunnittelijan on aina varmistuttava kohdekohtaisesti korjausmenetelmien soveltuvuudesta.

Lähteet

1. Komulainen, Jarno; Pitkäranta, Miia; Sekki, Pauli; Wuokko, Paula; Helin, Aku; Parshintsev, Evgeny & Santonen, Tiina. 2024. Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilmalaatuun (PAHSIS). Tutkimusprojektin loppuraportti. AFRY Buildings Finland Oy & Työterveyslaitos.
2. Airaksinen, Riikka; Salmela, Anniina & Pitkäranta, Miia. 2023. Kivihiilitervatuotteet asuinrakennuksissa. Tutkimuksesta tiiviisti -julkaisusarja. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.
3. Haitalliset aineet rakennuksissa - Tutkijan ohje. 2022. RT 103501. Rakennustieto.
4. Herranen, Timo. 1985. Kaasulaitostoimintaa Helsingissä 1860–1985. Helsingin kaupunki.
5. Komulainen, Jarno; Sallinen, Petri; Parshintsev, Jevgeni & Tuomi, Tapani. 2018. Rakennusmateriaaliperäisten PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun. Teoksessa Säteri, Jorma & Ahola, Mervi (toim.). Sisäilmastoseminaari 2018. SIY Raportti 36. s. 395–400. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry.
6. Valtioneuvoston päätös kreosootin ja sillä käsitellyn puun käytön sekä markkinoille luovuttamisen rajoittamisesta. 1995. 1405/7.12.1995.
7. Neuvonen, Petri. 2006. Kerrostalot 1880–2000: arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Rakennustieto.
8. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. VOLUME 92. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. 2010. Lyon, France: World Health Organization. International Agency for Research on Cancer.

9. Haitalliset aineet rakennuksissa - Tilaajan ohje. 2022. RT-103500. Rakennustieto.
10. Wuokko, Paula. 2021. Vanhan teollisuusrakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen riskien tunnistaminen ja tutkimusohje. Opinnäytetyö. Rakennusterveysasiantuntijan koulutusohjelma 2020–2021. Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO 2021.
11. PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio. 2010. Tavoitetaso TY-01-2010. Työterveyslaitos. Päivitetty 2012 ja 2016.
12. Wuokko, Paula; Pitkäranta, Miia & Komulainen, Jarno. 2024. PAH-yhdisteitä sisältävien rakenteiden hyvät tutkimustavat ja korjaussuositukset. Building Health Seminar. Oulu University 27.-28.11.2024. AFRY Finland Oy.
13. Terveystensuojelulaki. 1994. 763/19.8.1994.
14. Pitkäranta, Miia. (toim.). 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas 2016. Helsinki: Ympäristöministeriö.
15. Isokääntä, Päivi; Rautiala, Sirpa & Lappalainen, Sanna. 2022. Sisäilmastaselvitys ja olosuhdearviointi. Ohje työpaikkojen sisäilmastaselvityksiä ja olosuhdearviointeja tekeville. Helsinki: Työterveyslaitos.
16. Laki rakennusperinnön suojelemisesta. 2010. 498/4.6.2010.
17. Sahlberg, Marja (toim.). 2010. Talon tarinat– Rakennushistorian selvitysoas. Museovirasto, Rakennushistorian osasto.
18. Laurila, Anu. 2021. Rakennehistoriaselvitys kuntotutkimusten lähtötilana. Opinnäytetyö. Rakennusterveysasiantuntijan koulutusohjelma 2020–2021. Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO.

19. Laurila, Anu; Pitkäranta, Miia; Wuokko, Paula; Toorikka, Arto; Laine Katariina & Lammi Toni. 2022. Suojellun rakennuksen ominaisuudet ja käytettävyys - Nykytilanteen kartoitus toimintatavoista korjaushankkeissa. Terveet tilat 2028. Helsinki: Ympäristöministeriö & Museovirasto.
20. Laurila, Anu; Hannula, Pirita; Pitkäranta, Miia & Laine, Katariina. 2025. Opas suojellun rakennuksen korjaus- ja käyttömahdollisuuksien kartoittamiseen. Terveet tilat 2028. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö.
21. Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. 2025. 798/25.6.2015.
22. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. 205/26.3.2009.
23. Terve talo. Korjaushanke. Tilaajan ohje. 2023. RT 103613. Rakennustieto.
24. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) materiaalinäytteistä. Verkkoaineisto. Työterveyslaitoksen näytteenotto-ohjeet. <<https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/polysykliset-aromaattiset-hiilivedyt-pah-materiaalinaytteista>>. Luettu 11.9.2025.
25. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet. OVA-ohjeet – Raakaöljy. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://ova.ttl.fi/raakaoljy>>. Päivitetty 15.05.2025. Luettu 23.10.2025.
26. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 2017. 782/ 24.11.2017.
27. Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. Yleisohje ja tilaajan ohje. Ohje 1 IV-kuntotutkimus. IVKT 2016. Suomen LVI-liitto SuLVI ry.

28. Mäkinen, Sami; Alanko, Antti; Lindholm, Jan; Määttä, Janne; Luoma Jussi; Näppi, Jouni & Penttilä, Janne. 2015. Ilmavirtojen mittaus ja tasapainotus -opas. Helsinki: Taitotalo Oy. Toinen painos 31.5.2025.
29. Eskola, Lari. 2023. Ilmanvaihdon säädön yleisohje rakennusten paine-erojen hallintaan – Tiiviit rakennukset. Asuintalot ja julkiset rakennukset. Helsinki: A-Insinöörit.
30. Björkroth Marko & Eskola Lari. 2019. Rakennusten paine-erojen mitausohje- projektin loppuraportti. A-Insinöörit.
31. Mikkola, Juulia & Kuuluvainen, Leino. 2021. Painovoimainen ilmanvaihto. Käyttö- ja huolto-ohje. Museoviraston korjauskortti. Museovirasto.
32. Kuuluvainen, Leino; Lindberg, Ben-Roger; Lylykangas, Kimmo; Mikkola, Juulia; Sainio, Jukka & Vuolle, Mika. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto opas. Ympäristöministeriö. Suomen Kulttuurirahasto.
33. Säähavaintojen lataus -palvelu. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>>. Luettu 26.9.2025.
34. Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH) näytteenotto ilmasta. Verkkoaineisto. Työterveyslaitoksen näytteenotto-ohjeet. <<https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/poly-syklisen-aromaattisten-hiilivetyjen-pah-naytteenotto-ilmasta>>. Luettu 11.9.2025.
35. Wallenius, Kaisa; Korkalainen, Merja; Porras, Simo; Hovi, Hanna; Holma, Siri; Ahtinen, Susi; Koponen, Jani; Huttunen, Kati & Rantakokko, Panu. 2023. Sisäympäristöissä esiintyvät puolihahtuvat orgaaniset yhdisteet (SVOC): Väestön altistuminen ja terveysriskit. Työterveyslaitos.
36. Aktiivinen VOC-näytteenotto. Verkkoaineisto. Työterveyslaitoksen näytteenotto-ohjeet.

<<https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/aktiivinen-voc-naytteenotto-atd-keraimen-tenax-tai-tenax-carbograph-putkeen>>. Luettu 11.9.2025.

37. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. 2015. RT 14-11197. Rakennustieto.

38. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. 2007. 214/1.3.2007.

39. Materiaalien bulk- eli kokonaisemissiotutkimusta varten. Verkkoaineisto. Työterveyslaitoksen näytteenotto-ohjeet. <<https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/naytteenotto-ohje-materiaalien-bulk-eli-kokonaisemissiotutkimusta-varten>>. Luettu 11.9.2025.

40. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 2015. 545/23.4.2015.

41. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa III. 2016. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. Asumisterveysasetus § 14–19. Ohje 8/2016. Päivitetty 2020.

42. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010. World Health Organization. Regional Office for Europe.

43. 2023 List of “Lowest Concentration of Interest” (LCI) values. 2023. European Commission. European Union.

44. Wallenius, Kaisa; Hovi, Hanna; Mahiout, Selma; Remes Jouko; Rautiala, Sirpa; Jokela, Pirjo; Leino, Katri & Liukkonen, Tuula. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyypisissä työympäristöissä: Päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Työterveyslaitos.

45. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista. 2025. 55/13.02.2025.
46. Indoor air guide values derived by the German Committee on Indoor Air Guide Values (AIR). 2025. German Environment Agency (UBA).
47. Wahlström, Margareta; Laine-Ylijoki, Jutta; Vestola, Elina; Vaajasaari, Kati & Joutti, Anneli. 2006. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2006. Ympäristöministeriö.
48. Rakentamislaki 751/2023.
49. Weijo I., Lahdensivu J., Turunen T., Ahola S., Sistonen E., Vornanen-Winqvist C., Annala P. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Ympäristöministeriö.
50. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Korjausrakentaminen. 2023. RT-103529. Rakennustieto.
51. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmastoluokitus 2018. RT 07-11299. Rakennustieto.
52. Asunto-osakeyhtiölaki. 2009. 1599/22.12.2009.
53. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. 2017. RT 10-11284. Rakennustieto.
54. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot. KSE 2013. RT 13-11143. Rakennustieto Oy. RAKLI ry. Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry. Arkkitehtitoimistojen liitto ATL ry. Rakennustietosäätiö RTS.
55. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien ja työnjohtotehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä sekä tehtävissä edellytettävistä koulutuksista. 2024. 1063/2024.

56. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. 2019. RT 103087. Rakennustieto.
57. Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät. 2023. RT 103540. Rakennustieto.
58. Sisäilmakorjausten materiaaliuotekortit. 2025. Yrityksen sisäinen aineisto. AFRY Finland Oy. Luettu 22.8.2025.
59. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998. RT 16-10660. Rakennustieto.
60. Sievola, Janne. 2024. Haitta-aineiden hallinta -koulutus. AFRY aamiaisseminaari. Tampere: AFRY Finland Oy.
61. Mod, Kennet. 2014. Öljyhiilivetyemissioiden rajoittaminen epoksinnoitteella. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.
62. Maso, Iina. 2022. Öljyhiilivetyjen vaikutus sisäilman laatuun ja betonirakenteisiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.
63. Sievola, Janne. 2008. Kosteusvaurioituneiden maanvastaisten seinärakenteiden sisäpuolisten laastikorjausten vaikutus sisäilman laatuun. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
64. Keinänen, Hanna. 2009. Polyamidipohjaiset kapselointiratkaisut haitta-aineiden ja epäpuhtauksien torjunnassa. Diplomityö. Helsingin yliopisto.
65. Sievola, Janne. 2019. Rakenteista sisäilmaan haihtuvien haitta-aineiden hallinta. Teoksessa Vinha, Juha & Raunima, Tuomas. Rakennusfysiikka 2019. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut 28.–30.10.2019. Osa 2. s. 431–436. Tampere: Tampereen yliopisto.

66. Laine, Katariina; Sandström, Virpi; Lammi, Toni; Pitkäranta, Miia & Laamanen, Pekka. 2022. Rakenteiden ilmatiiviyden parantaminen. Tilaajan opas. Terveet tilat 2028. Ympäristöministeriö.
67. Sievola, Janne. 2017. Haitta-aineiden korjaustöiden valvonta ja laadunvarmistus -koulutus. Helsinki: Vahanen Rakennusfysiikka Oy.
68. TKR-haitta-aineiden hallintajärjestelmä. 2023. Verkkoaineisto. TKR-Marketing Oy. <<https://www.tkr.fi/menetelmat/tiivistyskorjaus-ja-haitta-aineiden-hallinta/>>. Luettu 7.10.2025.
69. Ardex haitta-aineiden hallintatuotteet. Verkkoaineisto. Ardex Suomi. <<https://ardex.fi/products/alustan-esikasittely/>>. Luettu 7.10.2025.
70. Weber 933 tiivistyslaasti. 2025. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Weber. <https://www.fi.weber/vedeneristyksen-ratkaisut-ja-tuotteet/sementtipohjaiset-vedeneristeet/webertec-933-tiivistyslaasti#tab-about_this_product>. Luettu 7.10.2025.
71. StoDivers BF. 2025. Verkkoaineisto. Sto Finexter Oy. <<https://www.sto.fi/s/p/a1F2p00000NwOebEAF/stodivers-bf>>. Luettu 7.10.2025.
72. CTrap. Verkkoaineisto. Insinööritoimisto Sulin Oy. <<https://sulino.fi/tuote/ctrap-terveellisempi-sisailma/>>. Luettu 7.10.2025.
73. Ctrap tutkimus. Verkkoaineisto. CTrap AB. <<https://ctrap.se/fi/tutkimus/>>. Luettu 22.10.2025.
74. Lehtonen, Katja. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäville. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. Helsinki: Ympäristöministeriö.
75. Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku. Osastointimenetelmä. 2011. Ratu 82–0381. Rakennustieto.

76. Asbestia sisältävien rakenteiden purku. 2009. Ratu 82–0347. Rakennustieto.
77. Pölyntorjunta rakennustyössä. 2009. Ratu 1225 – S. Rakennustieto.
78. Wahlström, Margareta; Hradil, Petr; Teittinen, Tuuli & Lehtonen, Katja. 2019. Purkukartoitus – opas laatijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30. Helsinki: Ympäristöministeriö.
79. Valtioneuvoston asetus jätteistä. 2021. 978/18.11.2021.
80. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas. 2019. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:2. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Liite 1. Tyypikorjausohjeet puurakenteiselle yläpohjalle, korjauskohteessa 1.

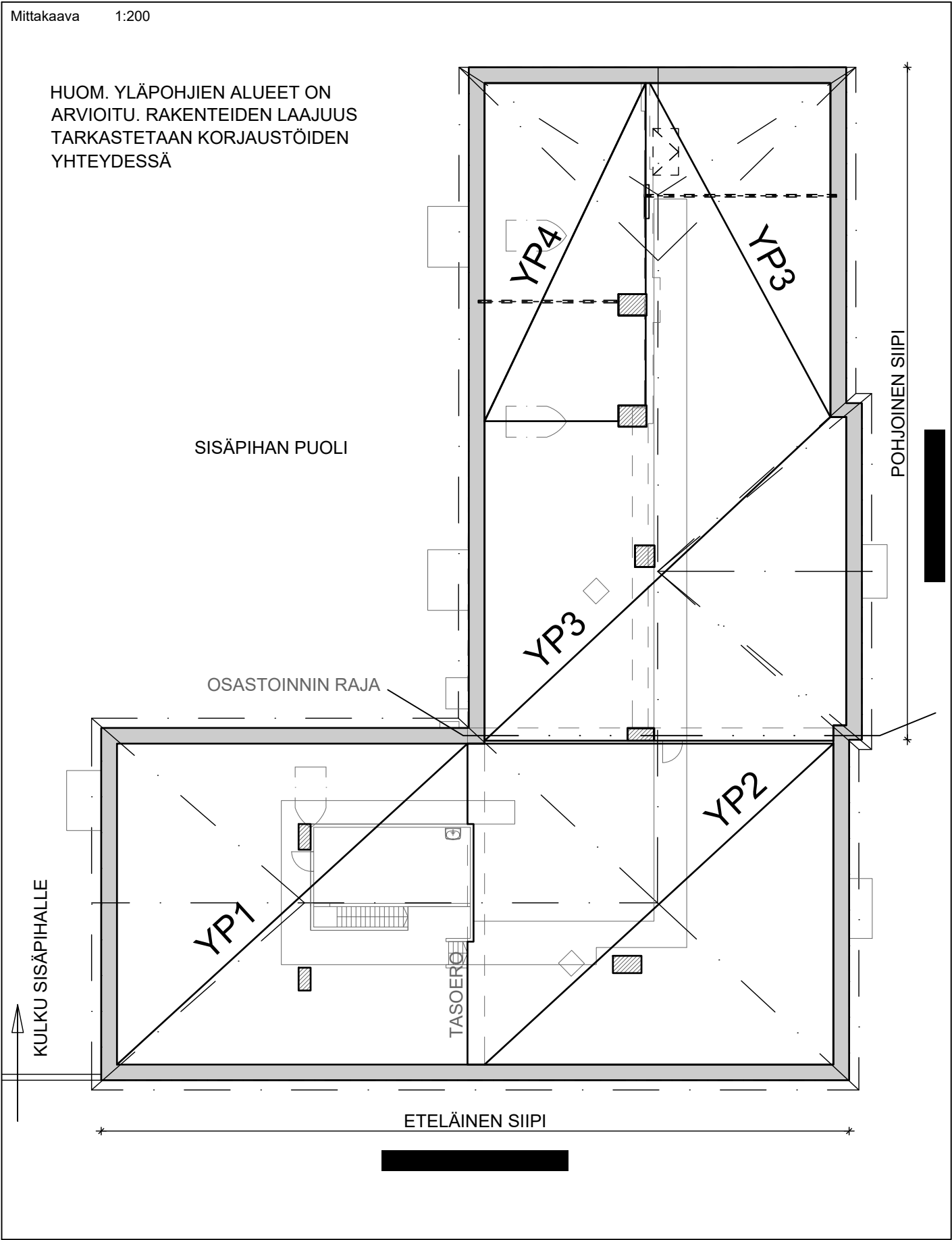
Liite 2. Tyypikorjausohjeet kivirakenteiselle välipohjalle, maanvaraiselle betonirakenteiselle alapohjalle sekä maanvastaiselle tiili- ja luonnonkivirakenteiselle seinälle, korjauskohteissa 2 ja 3.

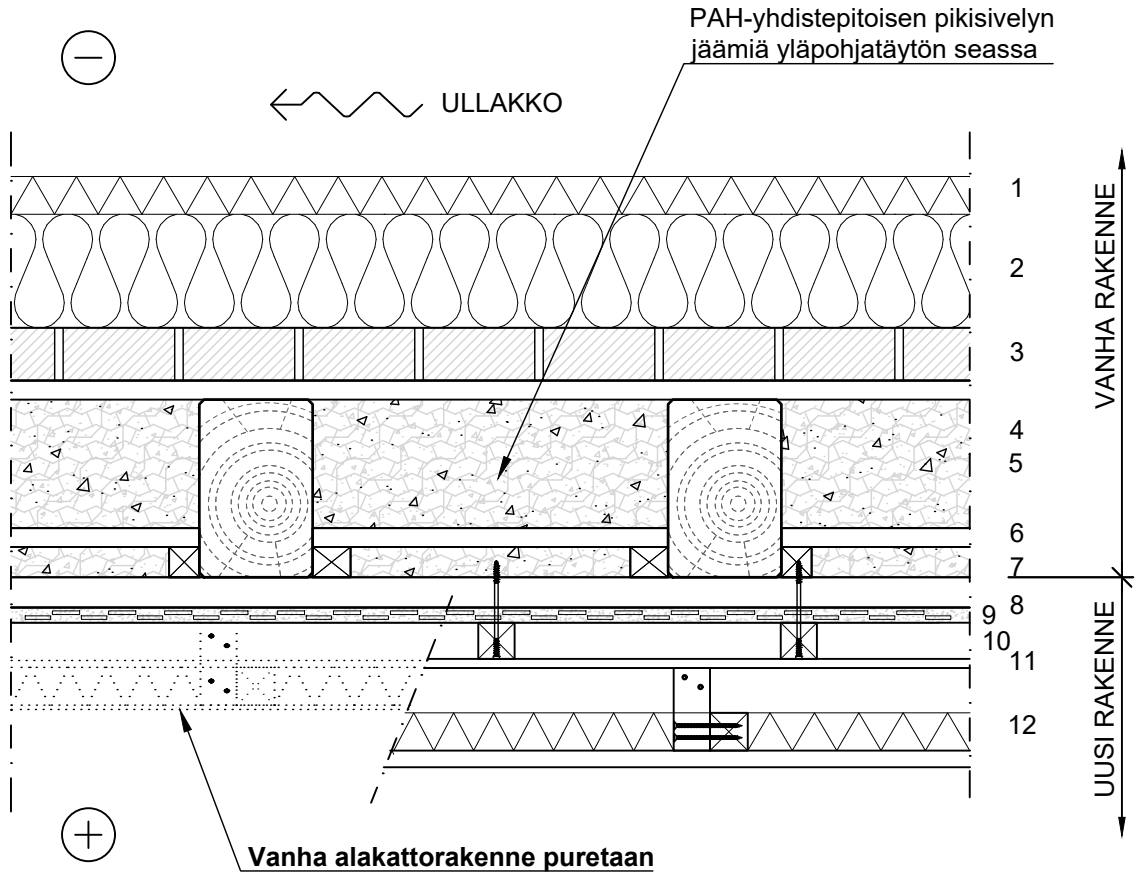
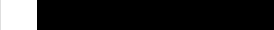
URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn	Lukum	Muutos	Piirt	Päiväys

Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä	
-		-		
Rakennuksen numero (RATUT) / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset				
Rakennustoimenpide KORJAUS		Piirustuslaji RAKENNEPIIRUSTUS		Juokseva no
Vastaava rakennesuunnittelija (nimi, tutkinto, allekirjoitus)				
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		Mittakaava
[REDACTED]		YLÄPOHJAN HAITTA-AINEDEN HALLINTA		
[REDACTED]		RAKENNETYYPI		1:10
[REDACTED]		RAKENNETYYPPIEN SIJAINTIKAAVIO		1:200
 AFRY		Suunnitteluala		Työnumero
AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		RAK		[REDACTED]
Päiväys	Suunnittelija	Piirustuksen numero	Tiedosto	Muutos
28.11.2024	[REDACTED]	001	[REDACTED]	
Piirtäjä	Tarkastaja			
[REDACTED]				

Rakennuskohde 		Sisältö RAKENNETYYPPIEN SIJAINTIKAAVIO		Liite 1 (2/10)
Suunnittelija AFRY AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		Työn no Päiväys 28.11.2024 Piirtäjä 		SK1



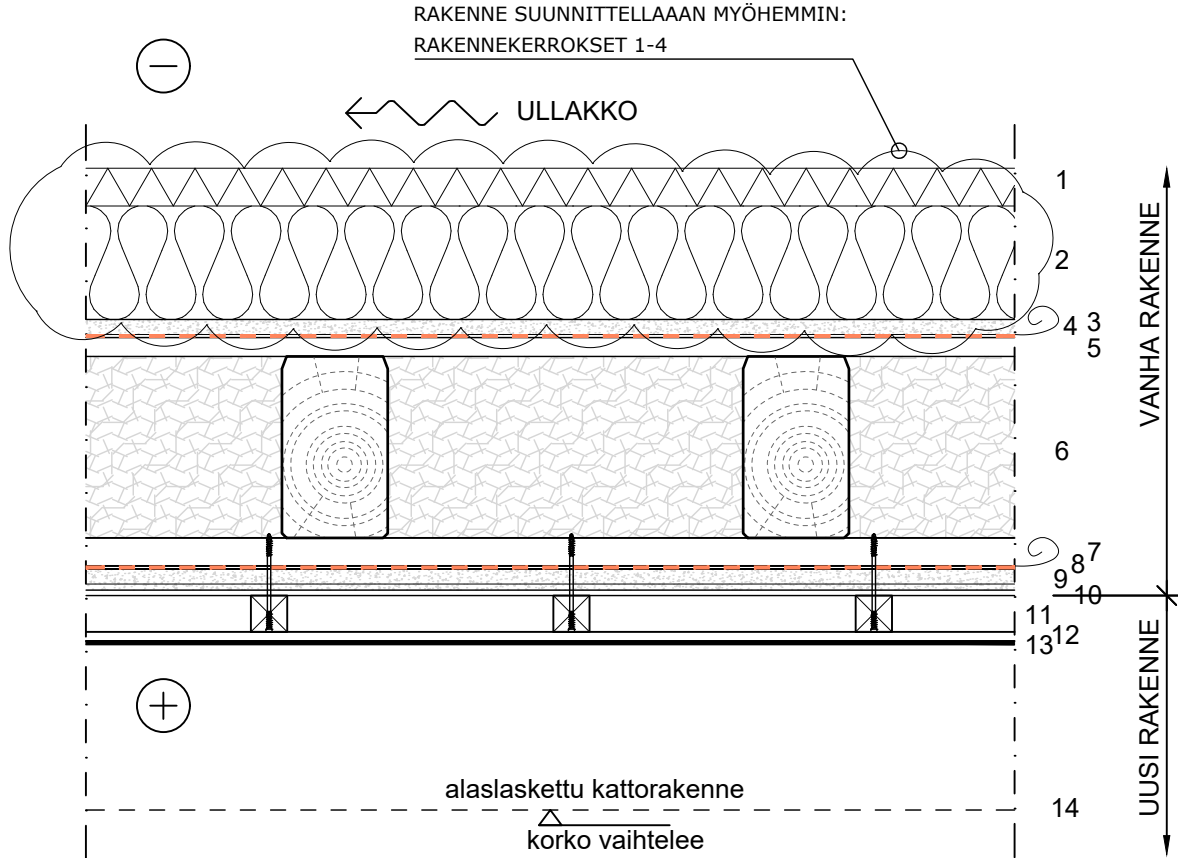
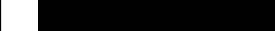


VANHA RAKENNE

1	50 mm	Lämmöneriste: kova mineraalivilla
2	150 mm	Lämmöneriste: pehmeä mineraalivilla
3	80 mm	Palopermanto, tiililadonta ~80 mm
4	~170 mm	Täyttökerros: olkea, kiviä ja hiekkaa
5	260 mm	Kantava rakenne: yläpohjakannattaja 150x230 mm
6	25 mm	Rossilaudoitus 25x100 mm
7	40 mm	Rossirima, välissä olkea, kiviä ja hiekkaa
8	40 mm	Umpilaudoitus (lankku) 40x200...250 mm
9	15 mm	Tikkurappaus

UUSI RAKENNE

10	~50 mm	Uusi puu- tai teräsrakenteinen koolaus k400, kiinnitys puisiin alusrakenteisiin ruuveilla, esim. puuruuvi 5x120.
11	13 mm	Uusi kipsilevy GN13, kipsilevyjen liittymät rakenteisiin tiivisteään piirustuksessa RAK002 esitetyn detaljin DET101 mukaisesti.
12		Uusi akustoiva alakattorakenne arkkitehtisuunnitelmien mukaan



VANHA RAKENNE

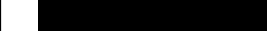
1	50 mm	Lämmöneriste: kova mineraalivilla
2	150 mm	Lämmöneriste: pehmeä mineraalivilla
3	20 mm	Kokoliittilevy (palopermanto?)
4		Tervapahvi (näyte 27+28) sisältää 20 300 mg/kg PAH(16)-yhdisteitä
5	25 mm	Umpilaudoitus 25x100 mm
6	240 mm	Kantava rakenne: yläpohjakannattaja 140x240 k610, välissä olkitäyttö
7	40 mm	Puulankku 40x250 mm
8		Tervapahvi (näyte 19+37) sisältää 20 300 mg/kg PAH(16)-yhdisteitä
9	20 mm	Kokoliittilevy
10	8 mm	Rappaus, tasoite ja maali

UUSI RAKENNE

11	~50 mm	Uusi puu- tai teräsrakenteinen koolaus k400, kiinnitys puisiin alusrakenteisiin ruuveilla, esim. puuruuvi 5x120 k400.
12	13 mm	Uusi kipsilevy GN13
13		Uusi cTrap-kalvo, asennetaan tekstipuoli alaspäin ja tiivisteään rakenteisiin piirustuksessa RAK002 esitetyn detaljin DET102 mukaisesti.
14		Uusi alaslaskettu kattorakenne arkkitehtisuunnitelmien mukaan



AFRY



YP3

Mittakaava 1:10

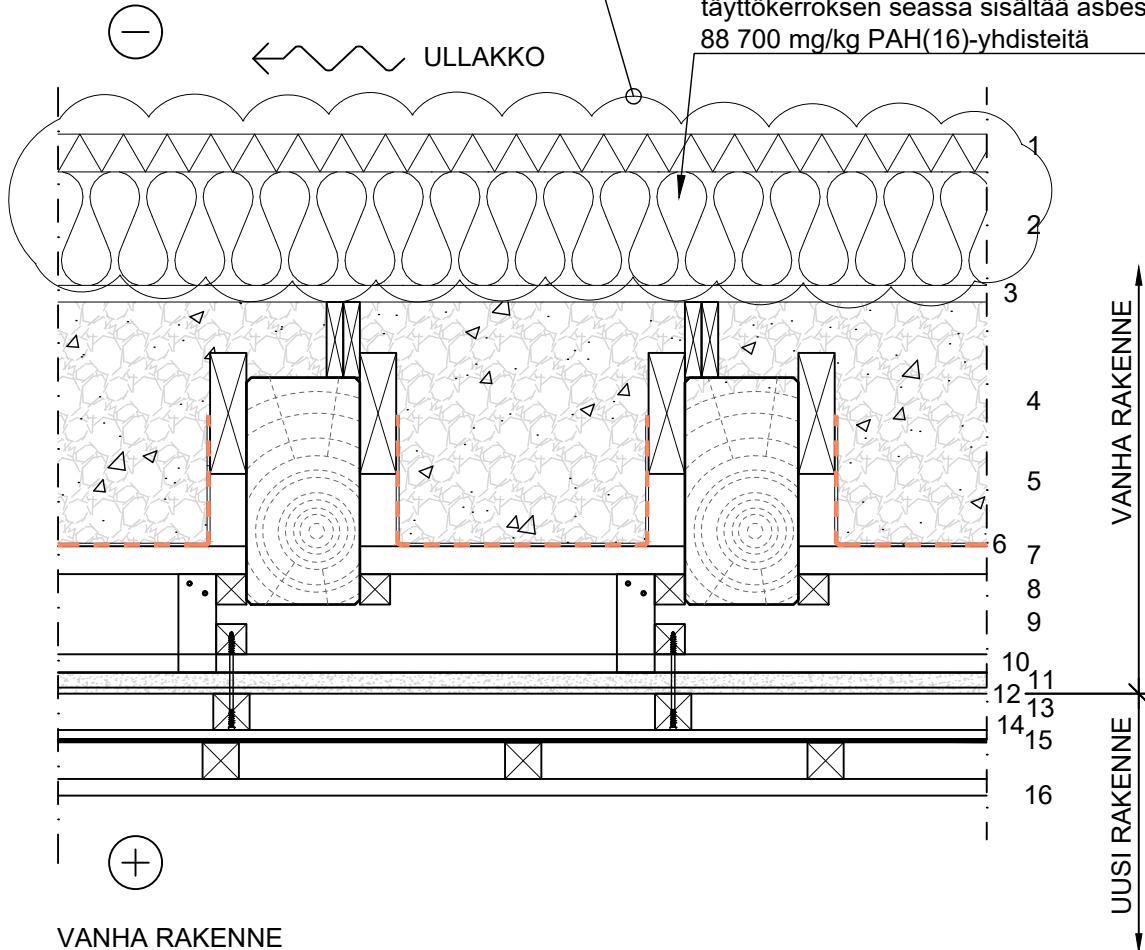
RAKENNE SUUNNITTELLAAN

Muutos

Sivu no

MYÖHEMIN: RAKENNNEKERROKSET 1-2

Pikisivelyn jäämät mineraalivillojen sekä täyttökerroksen seassa sisältää asbestia ja 88 700 mg/kg PAH(16)-yhdisteitä



VANHA RAKENNE

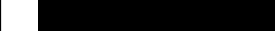
- | | | |
|----|---------|---|
| 1 | 50 mm | Lämmöneriste: kova mineraalivilla |
| 2 | 150 mm | Lämmöneriste: pehmeä mineraalivilla |
| 3 | 25 mm | Umpilaudoitus |
| 4 | ~320 mm | Täyttökerros: turvetta, laastin palasia, kiviä ja hiekkaa. Turve sisältää aikaisempien tutkimusten mukaan 2700 mg/kg PAH(16)- yhdisteitä |
| 5 | 300 mm | Kantava rakenne: yläpohjakannattaja 150x300, kyljessä lisäkoolaus 50x150 mp. |
| 6 | | Tervapahvi sisältää 16 800 mg/kg PAH(16)-yhdisteitä , reunat nostettu kannattajien pinnalle |
| 7 | 40 mm | Rossilaudoitus 40x200...250 mm |
| 8 | 40 mm | Rossirima, välissä tyhjä tila |
| 9 | 130 mm | Pukoolauksen 50x50 mm, välissä tyhjä tila 130 mm |
| 10 | 25 mm | Lauta 25x100 mm ~k400 |
| 11 | 20 mm | Kokoliittilevy |
| 12 | 8 mm | Rappaus, tasoite ja maali |

UUSI RAKENNE

- | | | |
|----|-------|---|
| 13 | | Uusi puu- tai teräsrakenteinen koolaus k400, kiinnitys puisiin alusrakenteisiin ruuveilla, esim. puuruuvi 5x120 k400.
Koolaukset ja kipsilevyt voidaan kiinnittää vanhoihin koolauksiin, mikäli vanhan rakenteen kiinnitys voidaan todeta riittäväksi. |
| 14 | 13 mm | Uusi kipsilevy GN13 |
| 15 | | Uusi C-Trap-kalvo, asennetaan tekstipuoli alaspäin ja tiivistetään rakenteisiin piirustuksessa RAK002 esitetyn detaljin DET102 mukaisesti. |
| 16 | | Uusi alakattorakenne arkkitehtisuunnitelmien mukaan |



AFRY

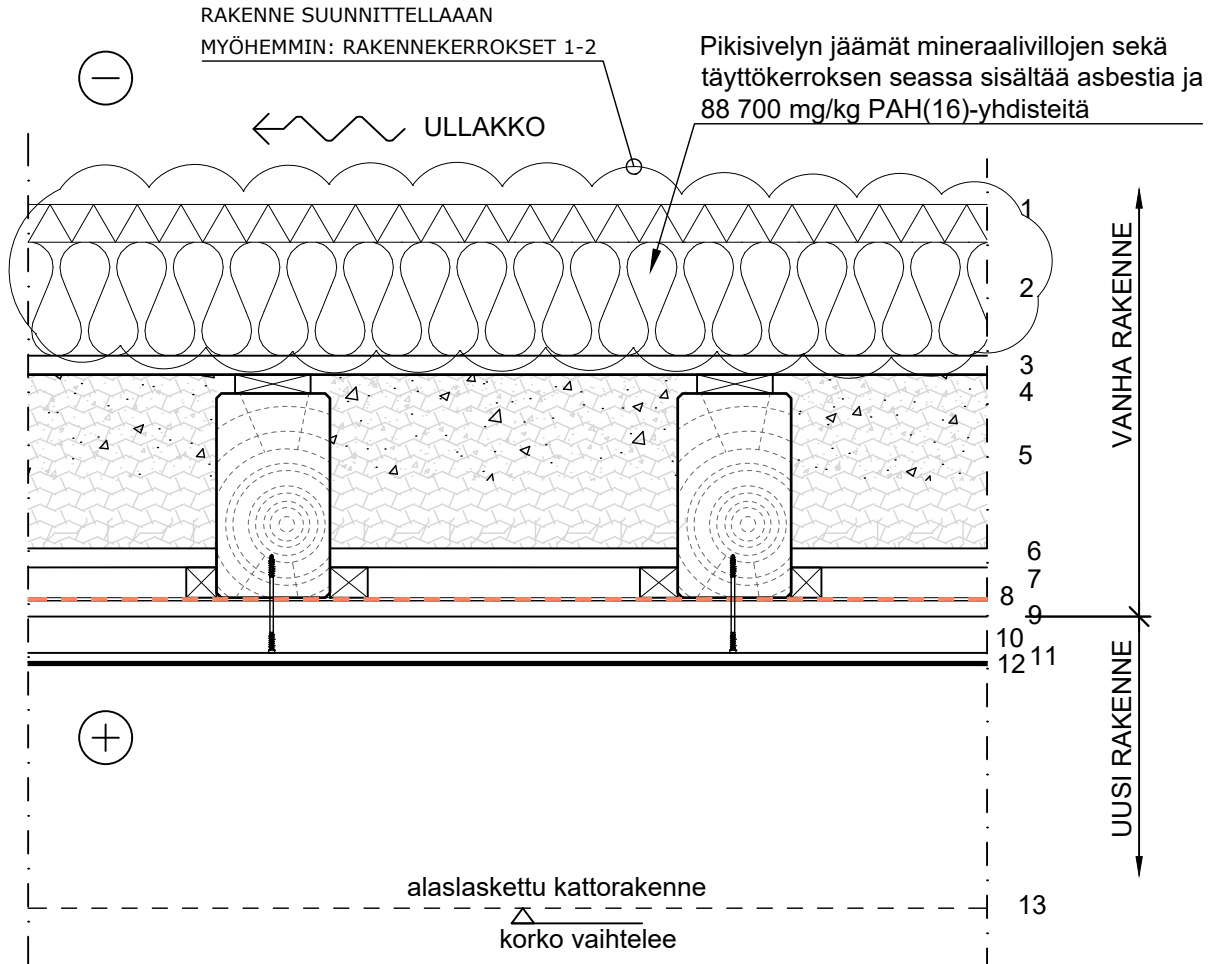


YP4

Mittakaava 1:10

Muutos

Sivu no



VANHA RAKENNE

1	50 mm	Lämmöneriste: kova mineraalivilla
2	150 mm	Lämmöneriste: pehmeä mineraalivilla
3	25 mm	Umpilaudoitus
4	25 mm	Korotuslauta 25x100 mm
5	270 mm	Kantava rakenne: yläpohjakannattaja 150x270 mm, välissä olkea pohjalla 100 mm ja päällä hiekkaa, laastin/tiilen palasia, kiviä ja hiekkaa
6	25 mm	Rossilaudoitus
7	45 mm	Rossirima, välissä tyhjä tila
8		Tervapaperi sisältää 13 600 mg/kg PAH(16)-yhdisteitä
9	21 mm	Helmiponttipanelointi

UUSI RAKENNE

10	~50 mm	Uusi puu- tai teräsrakenteinen koolaus k400, kiinnitys puisiin alusrakenteisiin ruuveilla, esim. puuruuvi 5x120 k400.
11	13 mm	Uusi kipsilevy GN13
12		Uusi C-Trap-kalvo, asennetaan tekstipuoli alaspäin ja tiivistetään rakenteisiin piirustuksessa RAK002 esitetyn detaljin DET102 mukaisesti.
13		Uusi alaslaskettu kattorakenne arkkitehtisuunnitelmien mukaan

URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn	Lukum	Muutos	Piirt	Päiväys

Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä	
-		-		
Rakennuksen numero (RATUT) / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset				
Rakennustoimenpide		Piirustuslaji		Juokseva no
KORJAUS		RAKENNEPIIRUSTUS		
Vastaava rakennesuunnittelija (nimi, tutkinto, allekirjoitus)				
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		Mittakaava
[REDACTED]		YLÄPOHJAN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA		
[REDACTED]		Työohje		
[REDACTED]		DET101, kipsilevytiivistyksen liittymät		1:2
		DET102, cTrap-kalvon liittymät		1:2
 AFRY		AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		
Päiväys		Suunnittelija		
28.11.2024		[REDACTED]		
Piirtäjä		Tarkastaja		
		Suunnitteluala		Työnumero
		RAK		4672742 475
		Piirustuksen numero		Tiedosto
		002		Muutos

YLÄPOHJAN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA

TYÖOHJE

YP1 kohdalla

- PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:
Tehdään yläpohjarakenteesta ilmatiivis. Ilmatiiveys toteutetaan kipsilevyllä ja levyn liittymien tiivistyksellä.
- Rakennesuunnittelija suunnittelee erikseen märkätilojen yläpohjaratkaisut huomioiden mahdollisesti tarvittavan vesihöyrytiiveyden.

YP2, YP3 ja YP4 kohdalla

- PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:
Asennetaan PAH-yhdisteitä adsorboiva cTrap-kalvo ja tehdään yläpohjarakenteesta ilmatiivis.
- Rakennesuunnittelija suunnittelee erikseen märkätilojen yläpohjaratkaisut huomioiden mahdollisesti tarvittavan vesihöyrytiiveyden.
- YP2 huomioitavaa: Mikäli yläpohjan alaosan nykyinen tervapaperi poistetaan rakennesuunnittelija suunnittelee erikseen miten yläpohjan höyryn- ja ilmantiiveys toteutetaan rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta.

TYÖOHJE

Ilmatiiveyden toteutus kipsilevyratkaisulla:

Asennetaan alakattoon kipsilevytys 13 mm materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan. Kipsilevytyksen alustaksi asennetaan puukoolaus tai teräsrangat k400 materiaalivalmistajan ohjeiden mukaisesti.

PAH-yhdisteiden hallinta ja ilmatiiveyden toteuttaminen cTrap-kalvolla:

Asennetaan nykyiseen kantavan rakenteen alapintaan puukookaus tai teräskoolaus k400. Asennetaan levytys esim. 13 mm kipsilevytys materiaalitoimittajan ohjeiden mukaan. CTrap-kalvo asennetaan koolausten suuntaisesti kiinnittäen koolauksiin ruuvi + aluslevy. Jatkoksen puskusaumoin, jotka tiivistetään alla olevien ohjeiden mukaan.

LIITTYMÄT

Jatkoskohtien tiivistäminen:

- Liitosteippi Tescon Vana, leveys 75 mm (Tiivistalo Oy)

Seinäliittymien tiivistäminen

- Liitokset levyseiniin: Liitosnauha Contega Solido SL (Tiivistalo Oy) leveys 150 mm (kaksiosainen suojateippi) DET 101A ja 102A mukaan. Nurkissa käytetään lisäksi siveltävää tiivistysainetta Aerosana Visconn Fibre
- Liitokset kiviseiniin: Liitosnauha Contega Solido SL leveys 150 mm (kaksiosainen suojateippi) + siveltävällä tiivistysaineella Aerosana Viscon DET 101B ja 102B mukaan. Seinäpintojen alustat puhdistetaan ja primeroidaan Tescon Primer RP. Pintojen tulee olla puhtaan pölystä liasta ja irtoaineksesta.

Läpivientien tiivistäminen

- DET101C ja 102C mukaisesti.
Myös alakattorakenteiden cTrap-kalvon lävistävät kiinnikkeet tiivistetään detaljien mukaan. Puristamalla kiinnitettävien koolausten kiinnikkeitä ei tiivistetä erikseen.

ASENNUSOLOSUHTEET (kts. www.tiivistalo.fi)

- rakenteen pinnat + 10 °C (väh.)
- enintään 95 RH-%

LIITOSNAUHOJEN ASENTAMISEEN LIITTYVÄT PERIAATTEET JA OHJEET

Rakenteiden pinnat puhdistetaan tartuntaa heikentävistä aineista ennen liitosnauhan asennusta. Rakenteiden pintoihin ei saa jäädä koloja tai halkeamia, jotka heikentävät liittymien ilmatiiviyttä. Maalipintojen tulee olla yhtenäisiä, halkeilemattomia ja hyvin kiinni alustassaan.

Rakenteiden mahdolliset epätasaisuudet tasoitetaan alustan ja pintamateriaalin kanssa yhteensopivalla tasoitteella. Rakenteiden pinnat puhdistetaan tartuntaa heikentävistä aineista, kuten pöly ja alustastaan irttoilevat kerrokset, sementtiliimat ja muottiöljy. Puhdistus voidaan suorittaa hiomalla. Hionnan ja huolellisen imuroinnin jälkeen betonipinnat käsitellään Tescon Primer RP-pohjusteella. Liitosnauhat asennetaan alustaansa painamalla siten, että asennuksessa nauhaan ei synny ryppyjä tai poimuja, jotka heikentävät valmiin liitoksen ilmatiiviyttä. Liitosnauha kiinnitetään ensin alakattoon pintaan koko pituudeltaan, jonka jälkeen nauha kiinnitetään seinärakenteen liitospintaan.

Asennuksen jälkeen nauhan tartunta varmistetaan kauttaaltaan koko liitospinnalle painamalla nauhaa alustaan tarkoitukseen soveltuvalla telalla tai lastalla. Nauhan ja liitospinnan väliin ei saa jäädä ilmakuplia tai alueita, joissa nauha ei ole täysin tarttunut alustaansa.

ASENNUSPERIAATTEITA:

- Nauhat tulee asentaa siten, että ne eivät pingotu
- Asennuksen yhteydessä vaurioitunut tai poimuuntunut nauha tulee uusia tai paikata
- Asennuksen yhteydessä liitosnauhojen kaikkien liimapintojen suojapaperit tulee poistaa kokonaan
- Liitosnauhojen jatkosten limitys väh. 50 mm

VALVONTA JA LAAADUNVARMISTUSOHJE

Haitta-aineiden hallintaratkaisuihin perhehtynyt valvoja tarkastaa ainakin seuraavat työvaiheet:

- cTrap-kalvon asennuslaajuus ja mekaaninen kiinnitys alustaan
- Tiivistäminen liittymissä, läpivienneissä ja jatkoskohdissa sekä kipsilevyllä tiivistettäessä että cTrap-kalvolla tiivistettäessä
 - huomioita kiinnitetään erityisesti liitosnauhojen (teipin) tartuntaan, nurkkakohtien tiiveyteen ja läpivientien tiiveyteen

PÄIVÄYS: 28.11.2024	PIIRTÄJÄ:	SUUNNITTELIJA:	MITTAKAAVAT:	TYÖ NO:
		SISÄLTÖ: YLÄPOHJAN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA TYÖOHJE		PIIR. NO: MUUTOS:

PERIAATEPIIRUSTUS

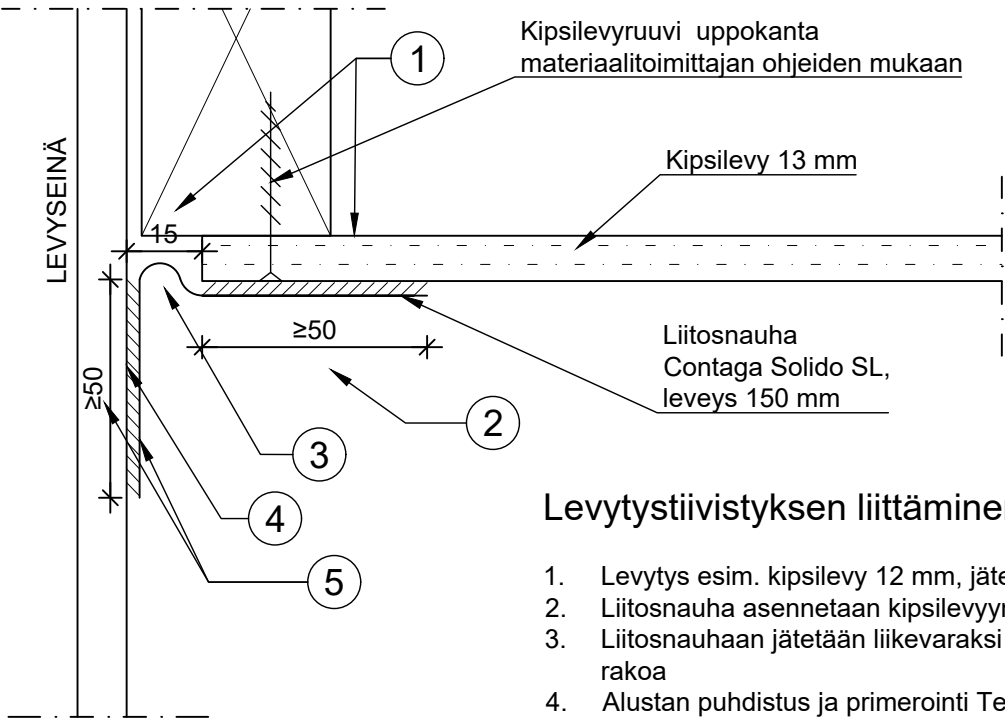
- ASENNUSOLOSUHTTEET (kts. www.tiivistalo.fi)
- rakenteen pinnat + 10 °C (väh.)
 - enintään 95 RH-%

Rakennuskohde		Sisältö		Liite 1 (9/10)	
		Periaatepiirustus		YLÄPOHJAN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA	
				YLÄPOHJAN ILMATIIVISTYKSEN LIITOSDETALJIT	
AFRY		Työn no		DET101	
		Päiväys	Piirtäjä		
Mittakaava 1:2		28.11.2024		Muutos	
				Sivu no	

DET 101A

Ilmatiivistyksen liitos levyseinään

1:2



Levytystiivistyksen liittäminen levyseinään

- Levytys esim. kipsilevy 12 mm, jätetään 15 mm irti seinästä
- Liitosnauha asennetaan kipsilevyyn, tartuntapinta vähintään 50 mm
- Liitosnauhaan jätetään liikevaraksi poimu, jossa hyödynnetään aluspuun ja seinän välistä rakoa
- Alustan puhdistus ja primerointi Tescon Primer RP
- Liitosnauha asennetaan seinän pintaan, tartuntapinnan leveys vähintään 50 mm

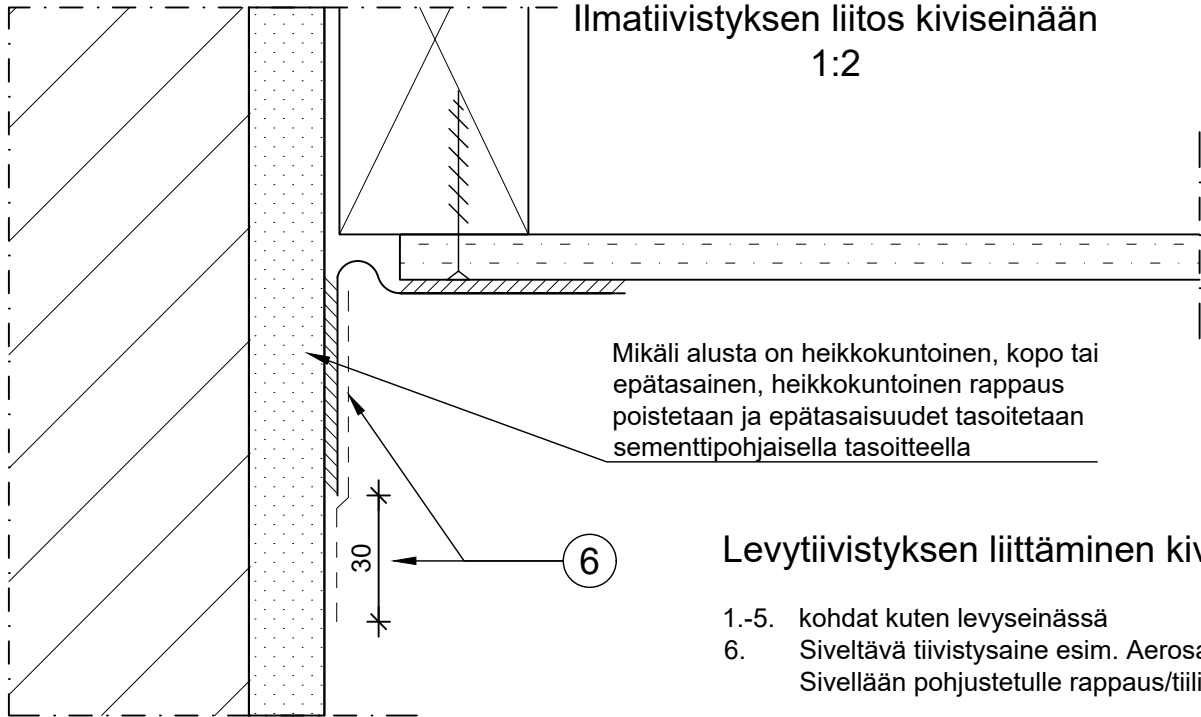
Nurkat: Nurkissa tiiveys varmistetaan liitosnauhan päälle siveltävällä tiivistysaineella esim. Aerosana Visconn Fibre (Tiivistalo Oy).

Mahdolliset ryppykohdat varmistetaan siveltävällä tiivistysaineella.

DET 101B

Ilmatiivistyksen liitos kiviseinään

1:2



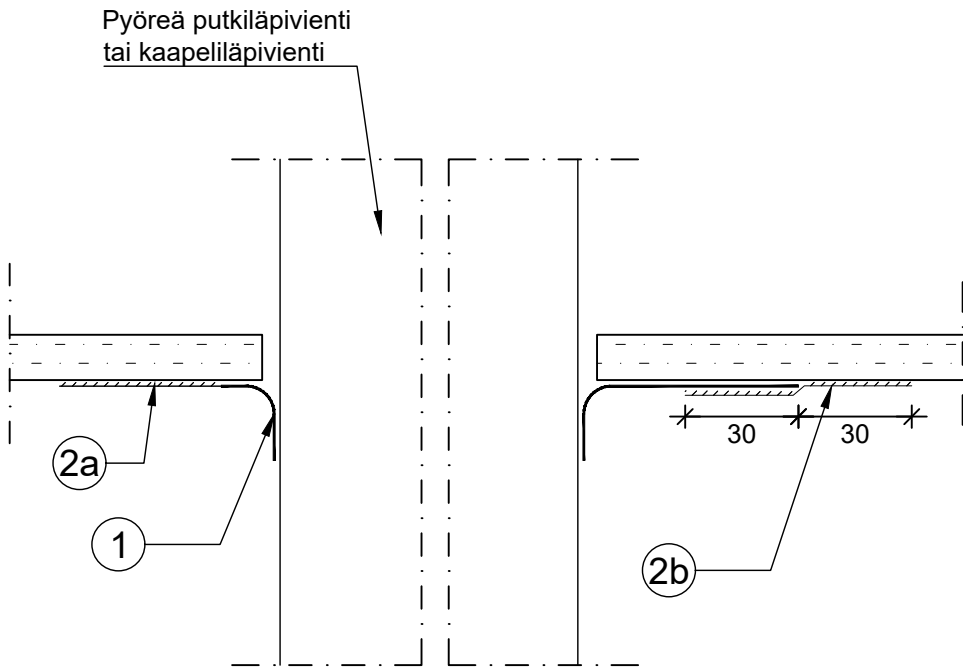
Levytiivistyksen liittäminen kiviseinään

- 1.-5. kohdat kuten levyseinässä
- Siveltävä tiivistysaine esim. Aerosana Visconn Fibre (Tiivistalo Oy)
Sivellään pohjustetulle rappaus/tiili/betoniseinälle 30 mm leveydeltä

DET 101C

Ilmatiivistyksen liitos läpiviennissä

1:2



- Tiivistysläpivientikappale esim. Kaflex ja Roflex (Tiivistalo Oy) 5-350 mm läpivienneille valitaan läpiviennin koon mukaan (venyvä EPDM-kumi)
- 2a Kaflex-läpivientikappale tiivistetään tuotteen omalla liimapinnalla alustaan.
- 2b Roflex-läpivientikappaleen ympäristä tiivistetään Tescon Vana liitosnauhoilla, leveys 60 mm. Liitosnauha liimataan 30 mm leveydeltä molempiin pintoihin.

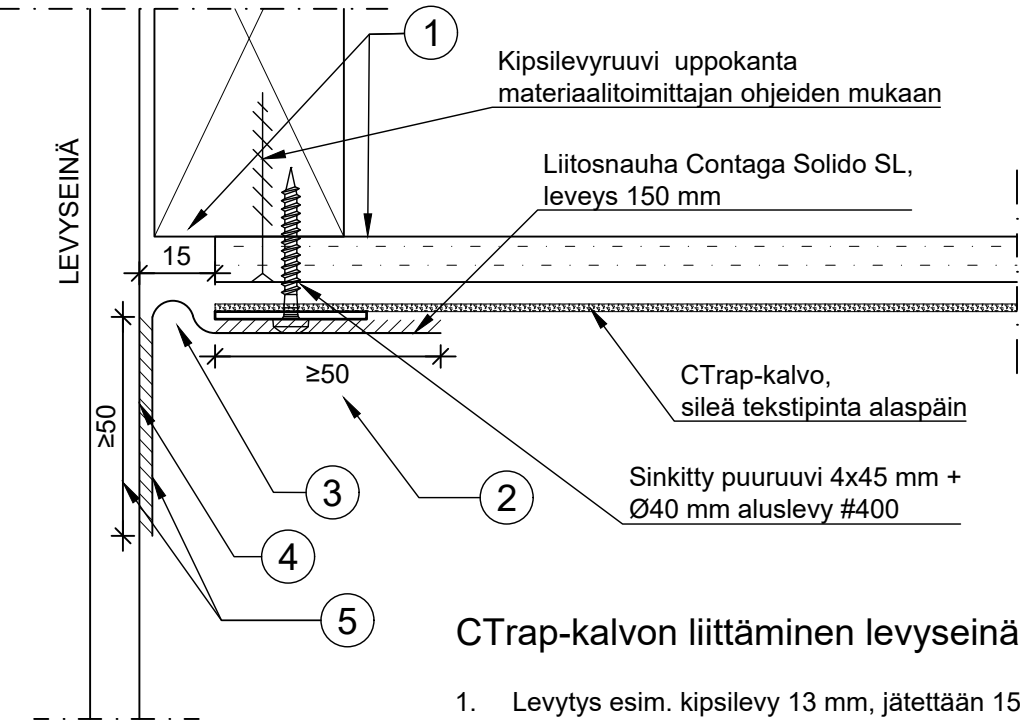
PERIAATEPIIRUSTUS

DET 102A

ASENNUSOLOSUHTTEET (kts. www.tiivistalo.fi)

- rakenteen pinnat + 10 °C (väh.)
- enintään 95 RH-%

CTrap-kalvon liitos levyseinään
1:2



CTrap-kalvon liittäminen levyseinään

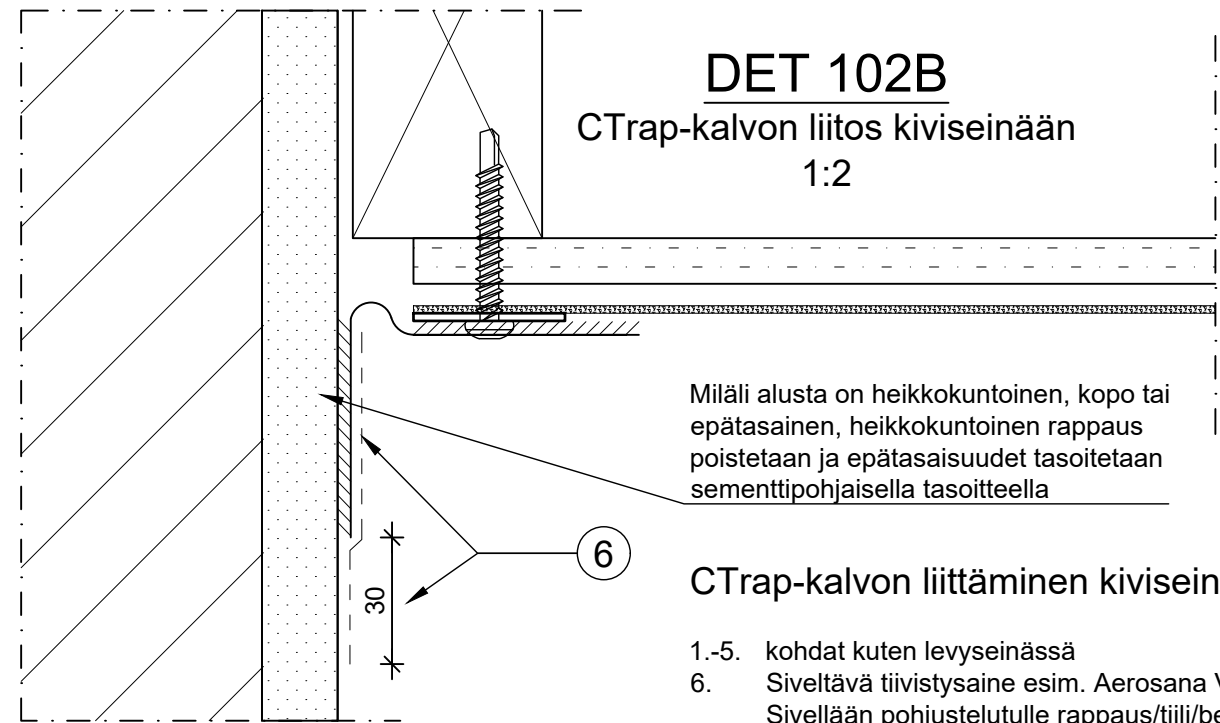
1. Levytys esim. kipsilevy 13 mm, jätetään 15 mm irti seinästä
2. Liitosnauha asennetaan cTrap-kalvoon, tartuntapinta vähintään 50 mm
3. Liitosnauhaan jätetään poimu liikevaksi poimu, jossa hyörynnetään aluspuun ja seinän välistä rakoa
4. Alustan puhdistus ja primerointi Tescon Primer RP
5. Liitosnauha asennetaan seinän pintaan, tartuntapinnan leveys vähintään 50 mm

Nurkat: Nurkissa tiiveys varmistetaan liitosnauhan päälle siveltävällä tiivistysaineella esim. Aerosana Visconn Fibre (Tiivistalo Oy).

Mahdolliset ryppykohdat varmistetaan siveltävällä tiivistysaineella.

DET 102B

CTrap-kalvon liitos kiviseinään 1:2



CTrap-kalvon liittäminen kiviseinään

- 1.-5. kohdat kuten levyseinässä
6. Siveltävä tiivistysaine esim. Aerosana Visconn (Tiivistalo)
Sivellään pohjustelutulle rappaus/tiili/betoniseinälle 30 mm leveydeltä

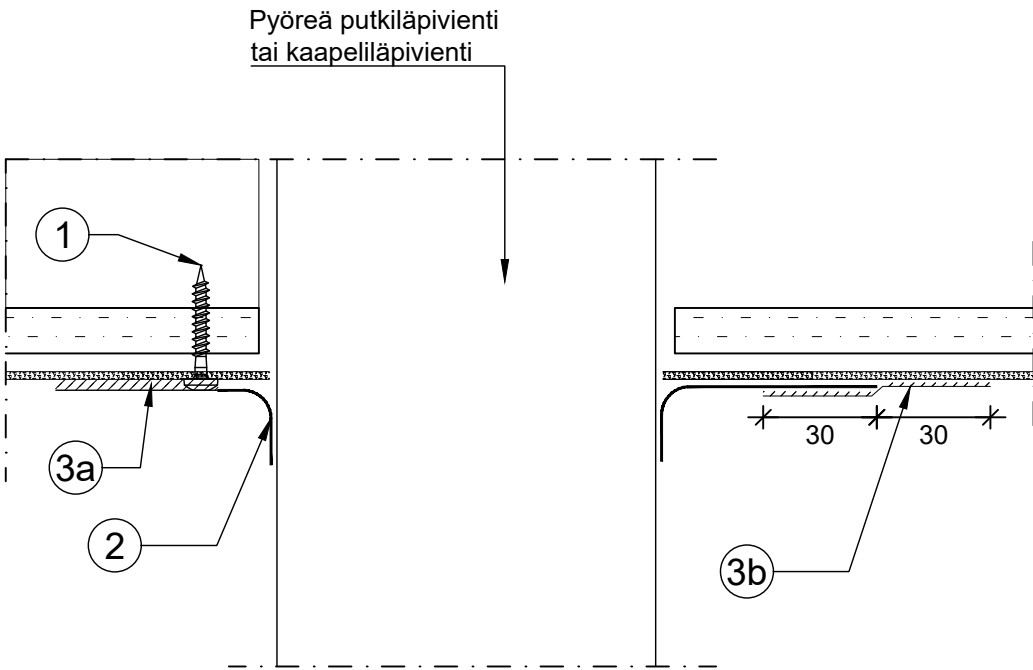
Rakennuskohde	Sisältö	Liite 1 (10/10)
	Periaatepiirustus	
	YLÄPOHJAN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA	
	cTrap-KALVON LIITOSDETALJIT	
	Työn no	
	Päiväys	Piirtäjä
	28.11.2024	
Mittakaava 1:2	Muutos	Sivu no



DET102

DET B

CTrap-kalvon liitos läpiviennissä 1:2



1. Läpiviennin ympärille cTrap-kiinnitetään kipsilevyyn mekaanisesti noin 4 kpl 4,5x35 ruuvia.
2. Tiivistysläpivientikappale esim. Kaflex ja Roflex (Tiivistalo Oy) 5-350 mm läpivienneille valitaan läpiviennin koon mukaan (venyvä EPDM-kumi)
- 3a Kaflex-läpivientikappale tiivistetään tuotteen omalla liimapinnalla CTrap-kalvon pintaan.
- 3b. Roflex-läpivientikappaleen ympärystä tiivistetään Tescon Vana liitosnauhoilla, leveys 60 mm. Liitosnauha liimataan 30 mm leveydeltä molempiin pintoihin.

Liittyvät piirustukset:
RAK100 Pohjapiirrokset
RAK002 Työohje ja detaljit

PERIAATEPIIRUSTUS

Tunn	Lukum	Muutos	Piirt	Päiväys

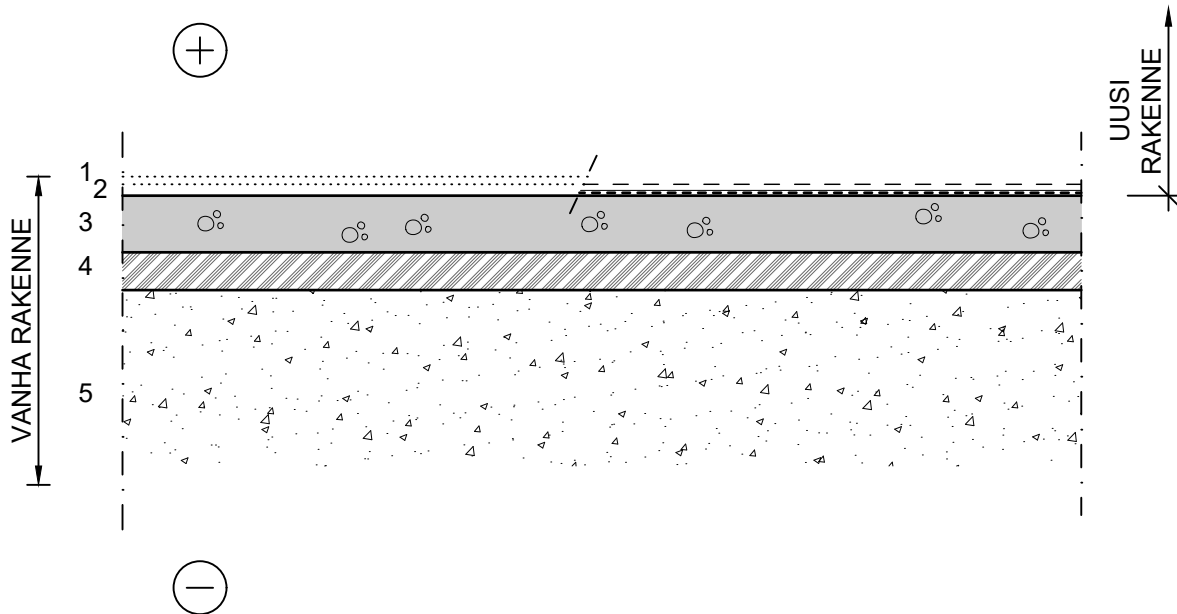
Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä	
-		-		
Rakennuksen numero (RATUT) / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset				
Rakennustoimenpide		Piirustuslaji		Juokseva no
KORJAUS		RAKENNEPIIRUSTUS		
Vastaava rakennesuunnittelija (nimi, tutkinto, allekirjoitus)				
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		Mittakaava
[REDACTED]		RAKENTEIDEN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA		
[REDACTED]		RAKENNETYYPIT		1:10
[REDACTED]				
[REDACTED]				
 AFRY		AFRY Finland Oy	Suunnitteluala	Työnumero
		Linnoitustie 5		Rak. osa
		02600 Espoo	RAK	[REDACTED]
		T: +358 20 769 8698		
Päiväys	Suunnittelija	Piirustuksen numero		Tiedosto
12.9.2025	[REDACTED]	001		Muutos
Piirtäjä	Tarkastaja			
[REDACTED]	[REDACTED]			



Mittakaava 1:10

Muutos

Sivu no



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat [REDACTED] 2022 tehdyn tutkimuksen rakenneavauksiin RA-AP1, (RA-AP11) ja RA-AP13.

VANHA RAKENNE

- | | |
|---|--|
| 1 | Pintamateriaali puretaan |
| 2 | 0...15 mm Tasoite puretaan tai hiotaan |
| 3 | 50...75 mm Betonilaatta |
| 4 | 20...70 mm Valuasfaltti (sisältää PAH(16)-yhdisteitä ja öljyhiilivetyjä) |
| 5 | Maatäyttö |

UUSI RAKENNE

- Uusi pintamateriaali
Kapselointi emissiokalvolla Sto Divers BF
Tarvittaessa tasoitus työohjeen vaatimusten mukaan

Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.

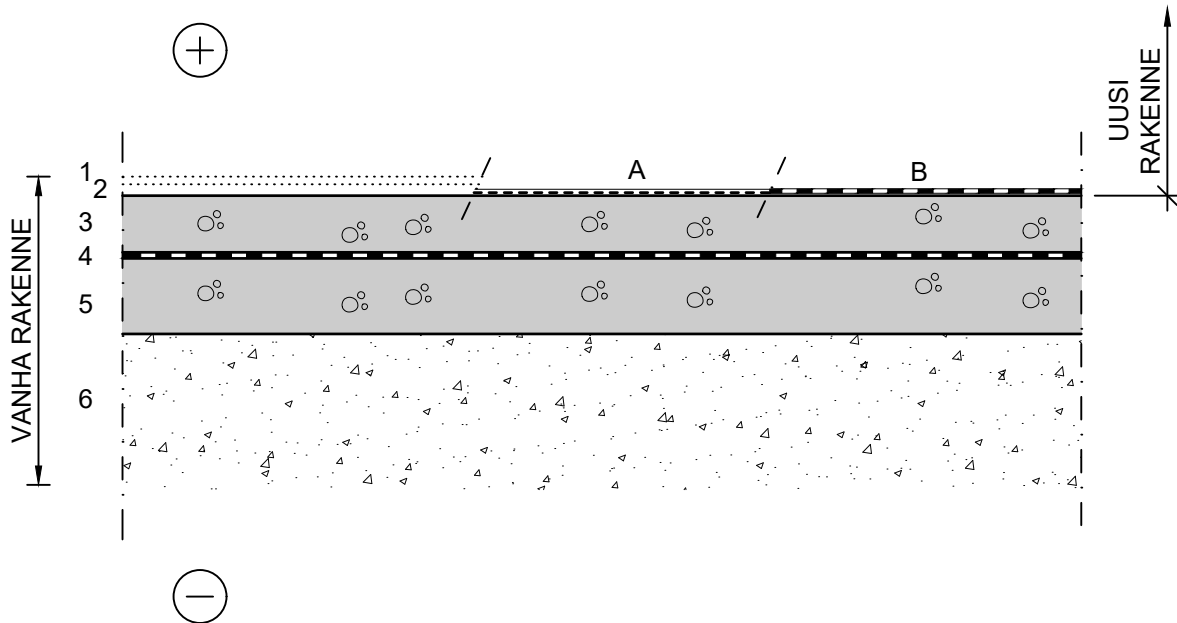
Alkuperäisen osan alapohjan betonilaatan päälliset rakenteet vaihtelevat.



Mittakaava 1:10

Muutos

Sivu no



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat [REDACTED] 2022 tehdyn tutkimuksen rakenneavaukseen RA-AP6.

VANHA RAKENNE

- | | | |
|---|-------------|--|
| 1 | | Pintamateriaali puretaan |
| 2 | 0...15 mm | Tasoite puretaan tai hiotaan |
| 3 | 50...75 mm | Betoni-laatta |
| 4 | 10...20 mm | Pikisively (sisältää PAH(16)-yhdisteitä) |
| 5 | 70...100 mm | Betoni-laatta |
| 6 | | Maatäyttö |

UUSI RAKENNE (A JA B VAIHTOEHDOT)

- | | |
|---|---|
| A | Pinnoitus kapseloivalla pinnoitteella TKR-pinnoitus, kuivakalvon paksuus vähintään 0,8 mm |
| B | Vaihtoehtoinen kapselointi emissiokalvolla Sto Divers BF
Tarvittaessa tasoitus |

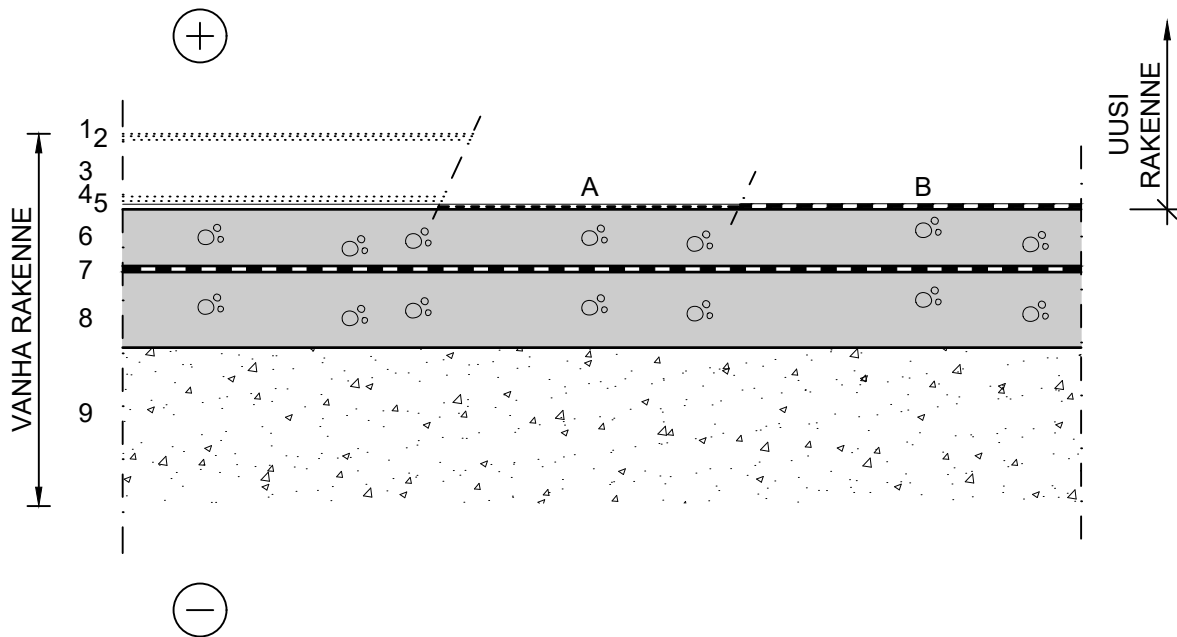
Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.



Mittakaava 1:10

Muutos

Sivu no



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat [REDACTED] 2022 tehdyn tutkimuksen rakenneavaukseen RA-AP6.

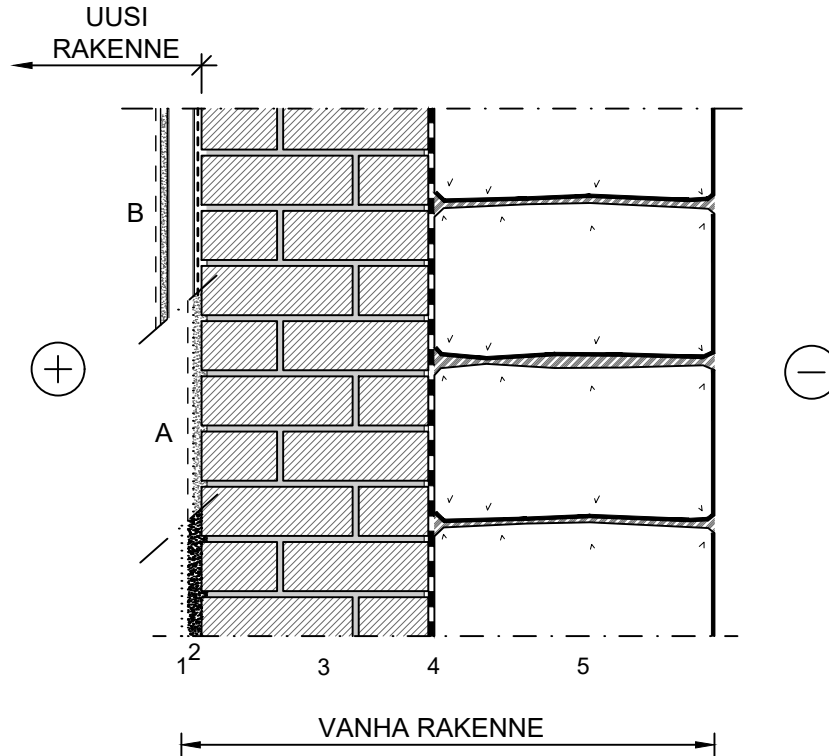
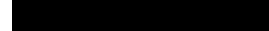
VANHA RAKENNE

1		Pintamateriaalit puretaan
2		Tasoite puretaan
3	75...85 mm	Betonilaatta puretaan
4		Rakennusmuovi puretaan
5	5 mm	Hienotasoite
6	50...75 mm	Betonilaatta
7	10...20 mm	Pikisively (sisältää PAH(16)-yhdisteitä)
8	70...100 mm	Betonilaatta
9		Maatäyttö

UUSI RAKENNE (A JA B VAIHTOEHDOT)

A	Pinnoitus kapseloivalla pinnoitteella TKR-pinnoitus, kuivakalvon paksuus vähintään 0,8 mm
B	Vaihtoehtoinen kapselointi emissiokalvolla Sto Divers BF Tarvittaessa tasoitus

Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat rakennuksen 1 osalta [REDACTED] 2025 tehdyn tutkimuksen rakenneavauksiin RA1 ja RA3 ja rakennuksen 2 osalta [REDACTED] 2022 tehdyn tutkimuksen rakenneavauksiin RA-KS2, RA-KS3 ja RA-KS6.

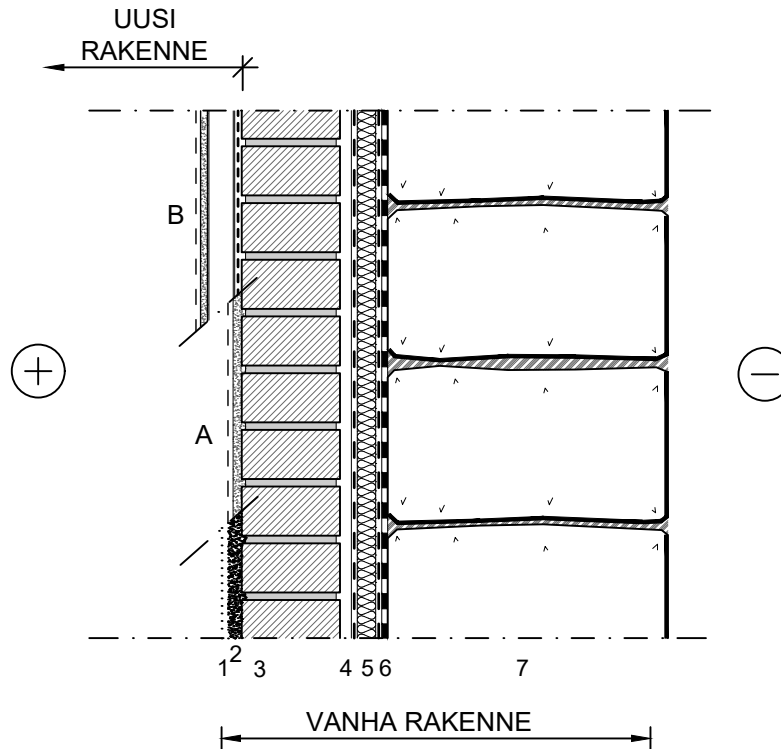
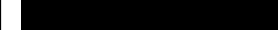
VANHA RAKENNE

- | | | |
|---|--------------|--|
| 1 | | Pintamateriaali puretaan |
| 2 | 0...15 mm | Rappauskerrokset puretaan |
| 3 | 130...300 mm | Tiilimuuraus |
| 4 | | Pikisively (sisältää PAH(16)-yhdisteitä) |
| 5 | | Graniittisokkeli |

UUSI RAKENNE (A JA B VAIHTOEHDOT)

- | | |
|-------|--|
| A | Pintakäsittely |
| | Tasointus |
| 10 mm | Kapselointi sulkulaastilla Weber.tec 933 |
| B | Pintakäsittely |
| | Kuitusementtilevy |
| | Teräsranka |
| | Ctrap-kalvo, tarvittaessa tasointus työohjeen vaatimusten mukaan |

Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat [REDACTED] 2022 tehdyn tutkimuksen rakenneavauksiin RA-KS4 ja RA-KS5.

VANHA RAKENNE

1		Pintamateriaali puretaan
2	0...15 mm	Rappauskerrokset puretaan
3	130 mm	Tiilimuuraus
4	5...20 mm	Ilmaväli
5	30 mm	Lämmöneriste, tervapaperi/lasivilla/tervapaperi (sisältää PAH(16)-yhdisteitä)
6		Pikisively
7		Graniittisokkeli

UUSI RAKENNE (A JA B VAIHTOEHDOT)

A		Pintakäsittely
		Tasointus
	10 mm	Kapselointi sulkulaastilla Weber.tec 933
B		Pintakäsittely
		Kuitusementtilevy
		Teräsranka
		Ctrap-kalvo, tarvittaessa tasointus työohjeen vaatimusten mukaan

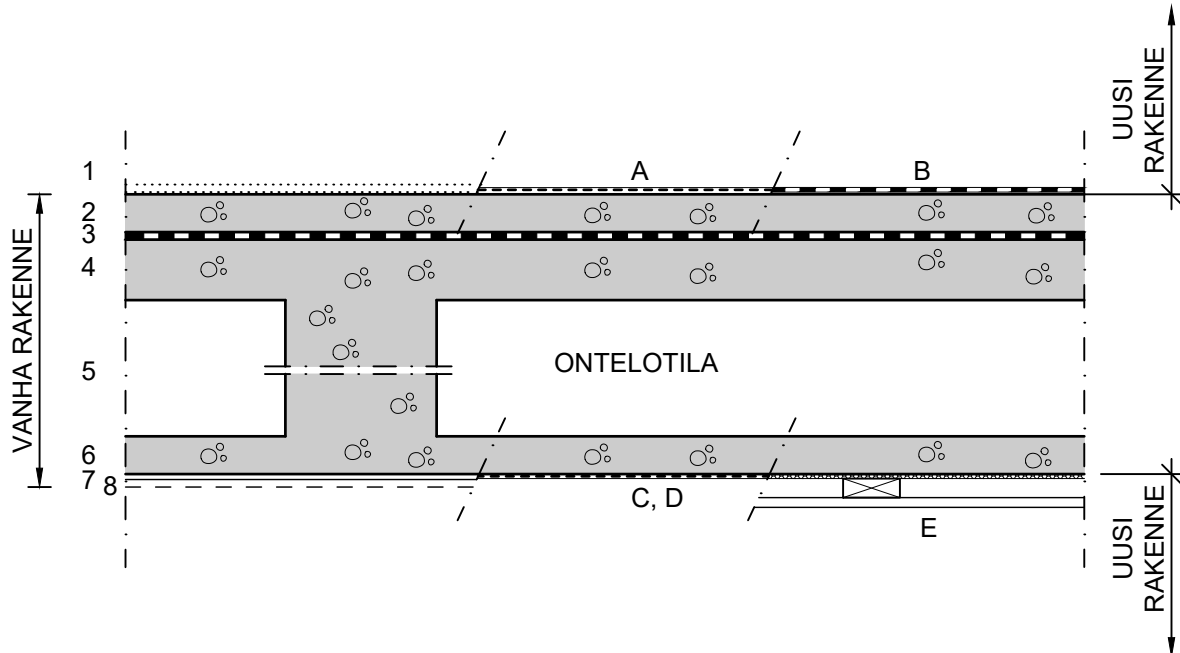
Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.



Mittakaava 1:10

Muutos

Sivu no



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat [REDACTED] 2022 tehdyn tutkimuksen rakenneavauksiin RA-VP2, RA-VP3, RA-VP4 ja RA-VP5.

VANHA RAKENNE

1		Pintamateriaali puretaan
2	25...90 mm	Betonilaatta
3	2...30 mm	Pikisively (sisältää PAH(16)-yhdisteitä)
4	50...85 mm	Betonilaatta
5	190...320 mm	Ontelotila
6		Betonilaatta
7		Tasoite
8		Maali

UUSI RAKENNE (A, B, C, D JA E VAIHTOEHDOT)

Yläpinnan kapselointi

A	Pinnoitus kapseloivalla pinnoitteella TKR-pinnoitus, kuivakalvon paksuus vähintään 0,8 mm
B	Vaihtoehtoinen kapselointi emissiokalvolla Sto Divers BF, tarvittaessa tasoitus työohjeen vaatimusten mukaan

Alapinnan kapselointi

C	Pinnoitus kapseloivalla pinnoitteella TKR-pinnoitus, kuivakalvon paksuus vähintään 0,8 mm
D	Pinnoitus kapseloivalla epoksinpinnoitteella Ardex EP2000 + 2001W, kuivakalvon paksuus vähintään 0,5 mm
E	Vaihtoehtoinen Ctrap-kalvo + alapuolelle koolaus ja kipsilevytys

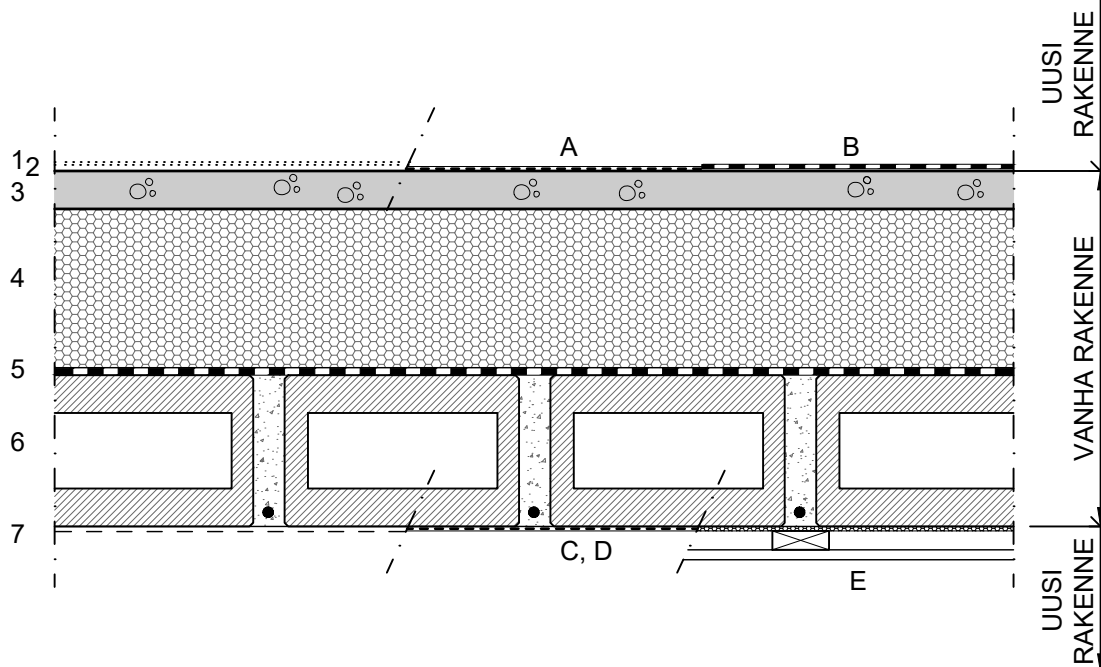
Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.

Rakennuskohde [REDACTED]	Sisältö VÄLIPOHJA RAKENNUS 1, 1. KERROKSEN VÄLIPOHJA, SOVELTAEN 2. JA 3. KERROKSEN VÄLIPOHJA	Liite 2 (8/27)
AFRY	Työn no [REDACTED]	VP2
	Päiväys 12.9.2025	

Mittakaava 1:10

Muutos

Sivu no



Vanhan rakenteen tiedot perustuvat [REDACTED] 2025 tehdyn tutkimuksen rakenneavaukseen RA-9.

VANHA RAKENNE

- | | | |
|---|----------|--|
| 1 | | Pintamateriaali puretaan |
| 2 | 8 mm | Tasoite puretaan tai hiotaan |
| 3 | 50 mm mm | Betonilaatta |
| 4 | 210 mm | Koksikuona (sisältää PAH(16)-yhdisteitä) |
| 5 | | Pikisively (sisältää PAH(16)-yhdisteitä) |
| 6 | ~200 mm | Ontelotiilirakenne
(Tiilien välit valettu betonilla ja rakenteen alapinnassa Ø 110 mm sileät teräkset. Ontelotiilen koko ~300x300 mm, tiilen rakenne 50 mm tiiltä, 100 mm onteloa, 50 mm tiiltä. Aukonylityksissä kellarissa rataakiskot) |
| 7 | | Ontelotiilen pinta/rappaus ja maali |

UUSI RAKENNE (A, B, C, D JA E VAIHTOEHDOT)

Yläpinnan kapselointi

- | | |
|---|--|
| A | Pinnoitus kapseloivalla pinnoitteella TKR-pinnoitus, kuivakalvon paksuus vähintään 0,8 mm |
| B | Vaihtoehtoinen kapselointi emissiokalvolla Sto Divers BF, tarvittaessa tasoitus työohjeen vaatimusten mukaan |

Alapinnan kapselointi

- | | |
|---|---|
| C | Pinnoitus kapseloivalla pinnoitteella TKR-pinnoitus, kuivakalvon paksuus vähintään 0,8 mm |
| D | Pinnoitus kapseloivalla epoksinpinnoitteella Ardex EP2000 + 2001W, kuivakalvon paksuus vähintään 0,5 mm |
| E | Vaihtoehtoinen Ctrap-kalvo + alapuolelle koolaus ja kipsilevytyt |

Alustan puhdistaminen ja käsittely erillisen korjaustyöohjeen RAK002 mukaan.

HUOM! Esitetty rakennetyyppi (1. krs VP) ei vastaa kerroksien 2-4 välipohjaa, mutta esitettyä korjausperiaatetta voidaan soveltaa myös muihin kerroksiin. Ainakin 2. kerroksen välipohjassa on todettu [REDACTED] betonilaatan alla PAH-yhdistepitoinen kermi, mahdollisesti irrotuskaistana betonipalkin ja betonilaatan välissä. Rakenteet ja materiaalit voivat vaihdella tilakohtaisesti.

Välipohjarakenteen pintamateriaaleissa saattaa olla jäämiä asbestipitoisesta magnesiassa.

Liittyvät piirustukset:
RAK100 Pohjapiirrokset
RAK001 Rakennetyypit

PERIAAATEPIIRUSTUS

Tunn	Lukum	Muutos	Piirt	Päiväys
Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä	
-		-		
Rakennuksen numero (RATUT) / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset				
Rakennustoimenpide KORJAUS		Piirustuslaji RAKENNEPIIRUSTUS		Juokseva no
Vastaava rakennesuunnittelija (nimi, tutkinto, allekirjoitus)				
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö		
[REDACTED]		Mittakaava		
[REDACTED]		RAKENTEIDEN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA		
[REDACTED]		TYÖOHJE		
[REDACTED]		DETALJIEN KAAVIO		
[REDACTED]		1:10		
		DETALJIT		
		1:2		
 AFRY		Suunnitteluala		
AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		Työnumero		
		Rak. osa		
Päiväys 12.9.2025		Suunnittelija		
Piirtäjä		Tarkastaja		
[REDACTED]		[REDACTED]		
		Päiväys		
		002		

HAITTA-AINEIDEN HALLINTA

TYÖOHJE

Esitetään seuraavien materiaalien työohjeet RAK001 ja RAK002 liittyen:

- 1. TKR-pinnoitus, PAH-kapselointi, alapohja ja välipohja
- 2. ARDEX-epoksisulku, PAH-kapselointi, välipohja
- 3. Weber.tec 933 tiivistyslaasti, PAH-kapselointi, maanvastaisen seinä
- 4. StoDivers BF emissiokalvo, PAH-yhdisteiden ja öljyhiilivetyjen kapselointi
- 5. cTrap-kalvo, PAH-yhdisteiden hallinta, välipohja ja maanvastaist seinä

1. TKR-pinnoitus, PAH-kapselointi, alapohja ja välipohja

PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:

- TKR-pinnoite betonirakenteisten ala- tai välipohjien ylä- ja/tai alapintaan rakenteiden sisältämien PAH-yhdisteiden hallintaan. Toimii valmiina lattiapinnoitteena. Voidaan käyttää myös betonisten välipohjien alapinnassa.

Huomioitavaa

- AP1, AP2, AP3 - alapohjissa mahdollinen maaperän kosteuden nousu tulee huomioida erillisessä suunnittelussa. Tiivispinnoite estää kosteuden siirtymisen diffuusioilla, joten maaperän kosteus voi siirtyä aiempaan nähden enenevässä määrin seinien kautta.

Työohje

TKR-pinnoitus asennetaan materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.

Alustassa ei saa olla halkeamia, koloja tai epätasaisuutta. Alusta tasoitetaan tarvittaessa. Halkeamat tiivistetään esim. TKR-peruspinnoitteella. Alusta puhdistetaan pölystä, liasta ja irtoineksesta. Alustan kosteuden tulee olla ≤ 85 % (tai korkeammassa kosteudessa käytetään pohjusteena MasterSeal P 770 tai Uzin PE480).

PAH-yhdisteiden kapselointi TKR-pinnoituksella tehdään kokonaiskuivakalvonpaksuuteen ≥ 0,8 mm:

- Pohjakerros, TKR-peruspinnoite, menekki ≥ 200 g/m²
- Välikerros, TKR-peruspinnoite tai TKR-hyytelö 2, menekki ≥ 350 g/m²
- Pintakerros, TKR-peruspinnoite tai TKR-hyytelö 2, menekki ≥ 350 g/m²

Kattopinnoilla käytetään TKR-hyytelönä versiota nro. 4

Komponenttien sekoitussuhde on 100:60 (muoviosa/kovetin). Komponentit tulee sekoittaa huolellisesti ja sekoituksessa tulee noudattaa tarkasti materiaalitoimittajan ohjeita sekä käsittely ja uudelleen pinnoitusaikoja.

Pohjakerros ja välikerros levitetään lastalla. Pintakerros levitetään hammastetulla lastalla, jonka jälkeen välittömästi telataan kevyesti piikkitelalla. Pintakerros karhennetaan tai liukkautta säädetään tarvittaessa esim. kvartsihiekalla.

Liittymien tiivistäminen viereisiin rakenteisiin

- Liittymissä TKR-pinnoitus limitetään detaljien mukaan tai muissa tapauksissa vähintään 50 mm. Ylösnostoissa seiniin käytetään väli- ja pintakerroksena TKR-hyytelö 2 tai 4:sta. Mahdolliset alustan raot täytetään elastisella massalla Soudal Fix All ta TKR-kitti tai PU-vaahdolla.

Asennusolosuhteet

- Alustan ja sisäilman lämpötilan tulee olla +16°C...+25°C

Laatuvaatimukset

- Valmiin pinnan tulee olla yhtenäinen
- Pinnoitteessa ei saa esiintyä läpihuokosia
- Kuivakalvonpaksuus ≥ 0,8 mm

2. ARDEX-epoksikapselointi, PAH-kapselointi, välipohja

PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:

- Ardex EP2000 + EP2001W epoksikapselointi betonirakenteisten välipohjien alapintaan rakenteiden sisältämien PAH-yhdisteiden hallintaan. Voidaan käyttää myös ala- ja välipohjien yläpinnassa, mutta vaatii tällöin muita pintarakenteita.

Työohje

Epoksikapselointi asennetaan materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti.

Alustan tulee olla luja (vetolujuus 1,5 MPa). Alustassa ei saa olla halkeamia, koloja tai epätasaisuutta. Alusta tasoitetaan tarvittaessa. Halkeamat tiivistetään ja täytetään Ardex EP2000:lla tarvittaessa kvartsihiekalla jatkettuna. Alusta puhdistetaan pölystä, liasta ja irtoineksesta. Alustan kosteuden tulee olla ≤ RH 95 %.

Ardex EP2000 + EP2001W PAH-yhdisteiden kapselointi tehdään kokonaiskuivakalvonpaksuuteen ≥ 0,5 mm:

- Pinnoitus 1, Ardex EP2000, menekki ≥ 300 g/m²
- Pinnoitus 2, Ardex EP2001W, menekki ≥ 200 g/m²

Epoksikapselointi asennetaan materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Asennus tehdään vähintään kahteen kertaan ristikkäisiin suuntiin telaamalla vaadittuun paksuuteen niin, että läpihuokosia ei esiinny. Kattopinnalla voi edellyttää 2-5 levityskertaa vaadittuun paksuuteen.

Liittymien tiivistäminen viereisiin rakenteisiin

- Liitokset seiniin tiivistetään elastisella tiivistysaineella vahvikekangasta käyttäen:
 - Ardex 8+9
 - Elaproof
- Limitykset liittymissä detaljien mukaan tai muissa tapauksissa vähintään 50 mm.

Asennusolosuhteet

- Alustan ja sisäilman lämpötilan tulee olla +5°C.

Laatuvaatimukset

- Alustan vetolujuus 1,5 MPa
- Valmiin pinnan tulee olla yhtenäinen
- Halkeilua ei esiinny
- Pinnoitteessa ei esiinny läpihuokosia

PÄIVÄYS: 12.9.2025	PIIRTÄJÄ:	SUUNNITTELIJA:	MITTAKAAVAT:	TYÖ NO: [REDACTED]
		SISÄLTÖ: TYÖOHJE	HAITTA-AINEIDEN HALLINTA	PIIR. NO: MUUTOS:
				sivu 1/3

3. Weber.tec 933 tiivistyslaasti, PAH-kapselointi, maanvastainen seinä

PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:

- Weber.tec 933 sementtipohjainen tiivistyslaasti maavastaisten seinien MVS) sisäpintaan rakenteiden sisältämien PAH-yhdisteiden hallintaan.

Työohje

PAH-yhdisteiden kapselointi 10 mm:n Weber.tec 933-tiivistyslaastilla asennetaan materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.

Vanhat pintamateriaalit ja rappaukset puretaan puhtaalle tiilipinnalle. Alusta puhdistetaan pölystä, liasta ja irtoineksesta. Kuivat ja imevät alustat kostutetaan tarvittaessa mattakosteaksi. Alustan kolot, saumat ja halkeamat täytetään tiivistetään ensin Weber.tec 933:lla. Seinään levitetään käsin lastalla 10 mm kerros Weber.tec 933 tiivistyslaastia. Levitys voidaan tehdä yhtenä tai kahtena kerroksena. 10 mm kerros kerralla tehtynä vaatii paksumpaa massaa. Kahtena kerroksena levitettäessä odotusaika toiseen kerrokseen on 1-2 h. Heikoilla alustoilla tiivistyslaasti verkotetaan #6 mm lasikuituverkolla. Pinta jätetään karkeaksi pinnaksi tartunnaksi seuraaville pinta-rappauksille esim. laastikammalla kampaamalla.

Sisäpintaan asennetaan tasoitus ja pinnoitus esim.

- kalkkilaasti webercal 148 tai webercal 152 + kalkkimaali.
- Weber AH Antiikkilaasti + kalkkisementti-, silikaatti- tai sementtimaali
- Weber TT+ täyttötasoite + kalkkisementti-, silikaatti- tai sementtimaali

Liittymien tiivistäminen viereisiin rakenteisiin

- Liitokset viereisiin rakenteisiin tiivistetään sementtipohjaisella joustavalla tiivistysmassalla esim. Ardex 8+9 vahvikekangasta käyttäen.
- Limitykset liittymissä detaljien mukaan tai muissa tapauksissa vähintään 50 mm.

Asennusolosuhteet

- Alustan ja sisäilman lämpötilan tulee olla +5°C...+ 30 °C.

Laatuvaatimukset

- Liittymät ympäröiviin rakenteisiin tulee olla ilmatiiviit
- Tiivistyslaastin pinnan tulee olla yhtenäinen, luja ja halkeilematon

4. StoDivers BF, PAH-yhdisteiden ja öljyhiilivetyjen kapselointi, alapohja ja maanvastainen seinä

PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:

- StoDivers BF-kalvo
 - betonirakenteisten maanvastaisen alapohjan yläpintaan rakenteiden sisältämien öljyhiilivetyjen-yhdisteiden hallintaan.
 - betonirakenteisten välipohjien PAH-yhdisteiden hallintaan

Työohje

StoDivers BF asennetaan materiaalitoimittajan ohjeen mukaan kiinnittäen alustaan epoksilla.

Alustan tulee olla luja (vetolujuus 1,5 MPa). Alustassa ei saa olla koloja tai epätasaisuutta. Alusta tasoitetaan tarvittaessa. Alusta puhdistetaan pölystä, liasta ja irtoineksesta. Alustasta poistetaan sementtiliima hiomalla. Alusta pohjustetaan StoPox 452 EP:lla.

StoDivers asennetaan epoksiliimauksella. Epoksiliima StoPox SK 41 levitetään hammaslastalla, jonka hammastuksella saa 1-5 mm:n liimasauman. Materiaalimenekki: n. 0,6-0,8 kg/m². StoDivers BF painetaan kiinni epoksiin leveällä lastalla. Kalvo asennetaan puskusaumoin. Ylimääräinen pursunnut liima poistetaan liitoksista ja liitokset tiivistetään teippaamalla StoDivers BF T:llä.

Asennusolosuhteet

- Alustan ja sisäilman lämpötilan tulee olla +10...+25°C.
- Sisäilmankosteuden tulee olla ≤ RH 90 %

Laatuvaatimukset

- Alustan vetolujuus 1,5 MPa
- Valmiin pinnan tulee olla yhtenäinen ja ehjä
- Saumojen tulee olla tiiviit ja kauttaaltaan liimautuneet

Liittymien tiivistäminen viereisiin rakenteisiin

- Liitokset seiniin tiivistetään elastisella tiivistysaineella vahvikekangasta käyttäen:
 - Ardex 8+9
 - Elaproof

Limitykset liittymissä detaljien mukaan tai muissa tapauksissa vähintään 50 mm.

PÄIVÄYS: 12.9.2025		PIIRTÄJÄ:	SUUNNITTELIJA:	MITTAKAAVAT:	TYÖ NO: [REDACTED]
		SISÄLTÖ: HAITTA-AINEIDEN HALLINTA			PIIR. NO: [REDACTED] MUUTOS:
TYÖOHJE					sivu 2/3

5. cTrap-kalvo, PAH-yhdisteiden hallinta, välipohjat ja maanvastaiset seinät

PAH-yhdisteiden hallintaratkaisu:

- CTrap-kalvo rakenteiden sisältämien PAH-yhdisteiden hallintaan.
 - betonirakenteisten välipohjien alapintaan
 - maavastaisten seinien (MSV) sisäpintaan

Voidaan käyttää myös ala- ja välipohjien yläpinnassa, mutta vaatii tällöin muita pintarakenteita.

Työohje

CTrap-kalvo asennetaan vanhaan seinä- tai kattopintaan. Kiinnitys betoni- tai tiilipintaan betoniruuvi + aluslevy tai vaihtoehtoisesti päälle tulevin koolauksin puristaen. CTrap:n jatkoksen tehdään puskuvaumoin, jotka tiivistetään alla olevien ohjeiden mukaan. Asennetaan nykyiseen kantavan rakenteen sisäpuolelle puukoolaus tai teräskoolaus k400, seinissä pystykoolaus. Asennetaan sisäpintaan levytys:

- ulkoseinissä 12 mm kuitusementtilevy
- välipohjien alapinnassa 13 mm kipsilevy

LIITTTMÄT

Jatkoskohtien tiivistäminen:

- Liitosteippi Tescon Vana, leveys 75 mm (Tiivistalo Oy)

Seinäliittymien tiivistäminen

- Liitokset levy-, tiili-, tai betoniseiniin: Liitosnauha Contega Solido SL (Tiivistalo Oy) leveys 100 mm (kaksiosainen suojateippi) DET 6A mukaan. Seinäpintojen alustat puhdistetaan ja primeroidaan Tescon Primer RP. Pintojen tulee olla puhtaan pölystä liasta ja irtoaineksesta.

Läpivientien tiivistäminen

- DET6B mukaisesti.

LIITOSNAUHOJEN ASENTAMISEEN LIITTYVÄT PERIAATTEET JA OHJEET

Rakenteiden pinnat puhdistetaan tartuntaa heikentävistä aineista ennen liitosnauhan asennusta. Rakenteiden pintoihin ei saa jäädä koloja tai halkeamia, jotka heikentävät liittymien ilmatiiviyttä. Maalipintojen tulee olla yhtenäisiä, halkeilemattomia ja hyvin kiinni alustassaan.

Rakenteiden mahdolliset epätasaisuudet tasoitetaan alustan ja pintamateriaalin kanssa yhteensopivalla tasoitteella. Rakenteiden pinnat puhdistetaan tartuntaa heikentävistä aineista, kuten pöly ja alustastaan irtoilevat kerrokset, sementtiliimat ja muottiöljy. Puhdistus voidaan suorittaa hiomalla. Hionnan ja huolellisen imuroinnin jälkeen betonipinnat käsitellään Tescon Primer RP-pohjusteella. Liitosnauhat asennetaan alustaansa painamalla siten, että asennuksessa nauhaan ei synny ryppyjä tai poimuja, jotka heikentävät valmiin liitoksen ilmatiiviyttä. Liitosnauha kiinnitetään ensin alakattoon pintaan koko pituudeltaan, jonka jälkeen nauha kiinnitetään seinärakenteen liitospintaan.

Asennuksen jälkeen nauhan tartunta varmistetaan kauttaaltaan koko liitospinnalle painamalla nauhaa alustaan tarkoitukseen soveltuvalla telalla tai lastalla. Nauhan ja liitospinnan väliin ei saa jäädä ilmakuplia tai alueita, joissa nauha ei ole täysin tarttunut alustaansa.

Asennusperiaatteita:

- Nauhat tulee asentaa siten, että ne eivät pingotu
- Asennuksen yhteydessä vaurioitunut tai poimuuntunut nauha tulee uusia tai paikata
- Asennuksen yhteydessä liitosnauhojen kaikkien liimapintojen suojapaperit tulee poistaa kokonaan
- Liitosnauhojen jatkosten limitys väh. 50 mm

Valvonta ja laadunvarmistusohje

Haitta-aineiden hallintaratkaisuihin perehtynyt valvoja tarkastaa ainakin seuraavat työvaiheet:

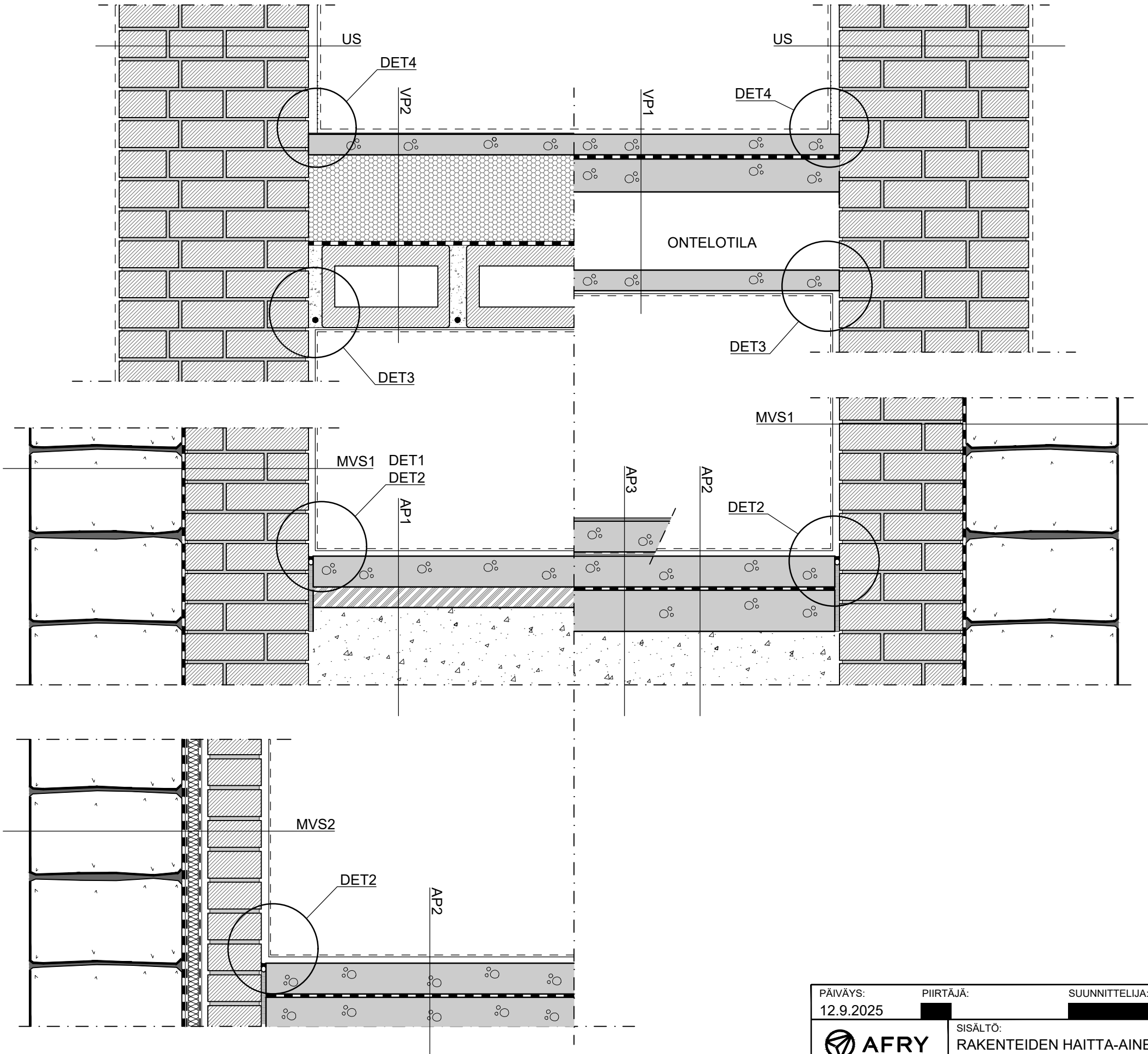
- cTrap-kalvon asennuslaajuus ja mekaaninen kiinnitys alustaan
- Tiivistäminen liittymissä, läpivienneissä ja jatkoskohdissa sekä kipsilevyllä tiivistettäessä
- cTrap-kalvolla tiivistettäessä

ASENNUSOLOSUHTTEET (kts. www.tiivistalo.fi)

- rakenteen pinnat + 10 °C (väh.)
- enintään 95 RH-%

PÄIVÄYS: 12.9.2025		PIIRTÄJÄ: [REDACTED]		SUUNNITTELIJA: [REDACTED]		MITTAKAAVAT:		TYÖ NO: [REDACTED]	
		SISÄLTÖ: TYÖOHJE		HAITTA-AINEIDEN HALLINTA					
				PIIR. NO: [REDACTED] MUUTOS: [REDACTED]					
				sivu 3/3					

DETALJIEN SIJAINTIKAAVIO
(1:10)



PÄIVÄYS: 12.9.2025	PIIRTÄJÄ: [REDACTED]	SUUNNITTELIJA: [REDACTED]	MITTAKAAVAT: 1:10	TYÖ NO: [REDACTED]
AFRY				PIIR. NO: [REDACTED] MUUTOS:
SISÄLTÖ: RAKENTEIDEN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA DETALJIEN SIJAINTIKAAVIO				

DETALJEISSA ESITETYT TYÖVAIHEET TYÖOHJEEN JA
MATERIAALIVALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI.

SOVELTUVAT TUOTTEET:

StoDivers BF

TKR-pinnoite

Weber.tec 933

Rakennuskohde



Sisältö

LATTIA-SEINÄRAKENTEEN TIIVISTYS

Liite 2 (14/27)

	Työn no
--	---------

Päiväys
12.9.2025

Piirtäjä

DET1

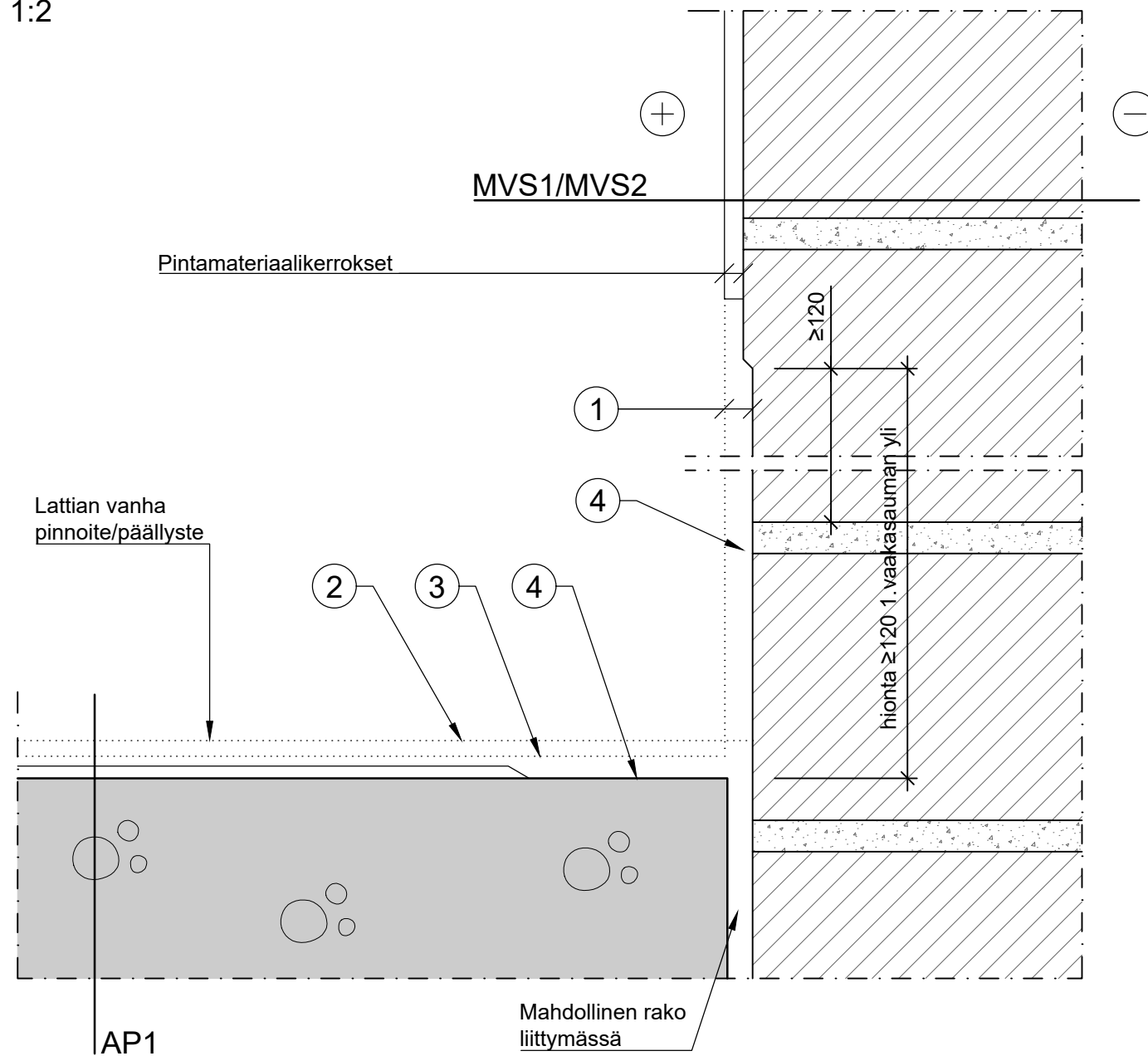
Mittakaava 1:2

Muutos

Sivu no

PURETTAVAT RAKENTEET

1:2



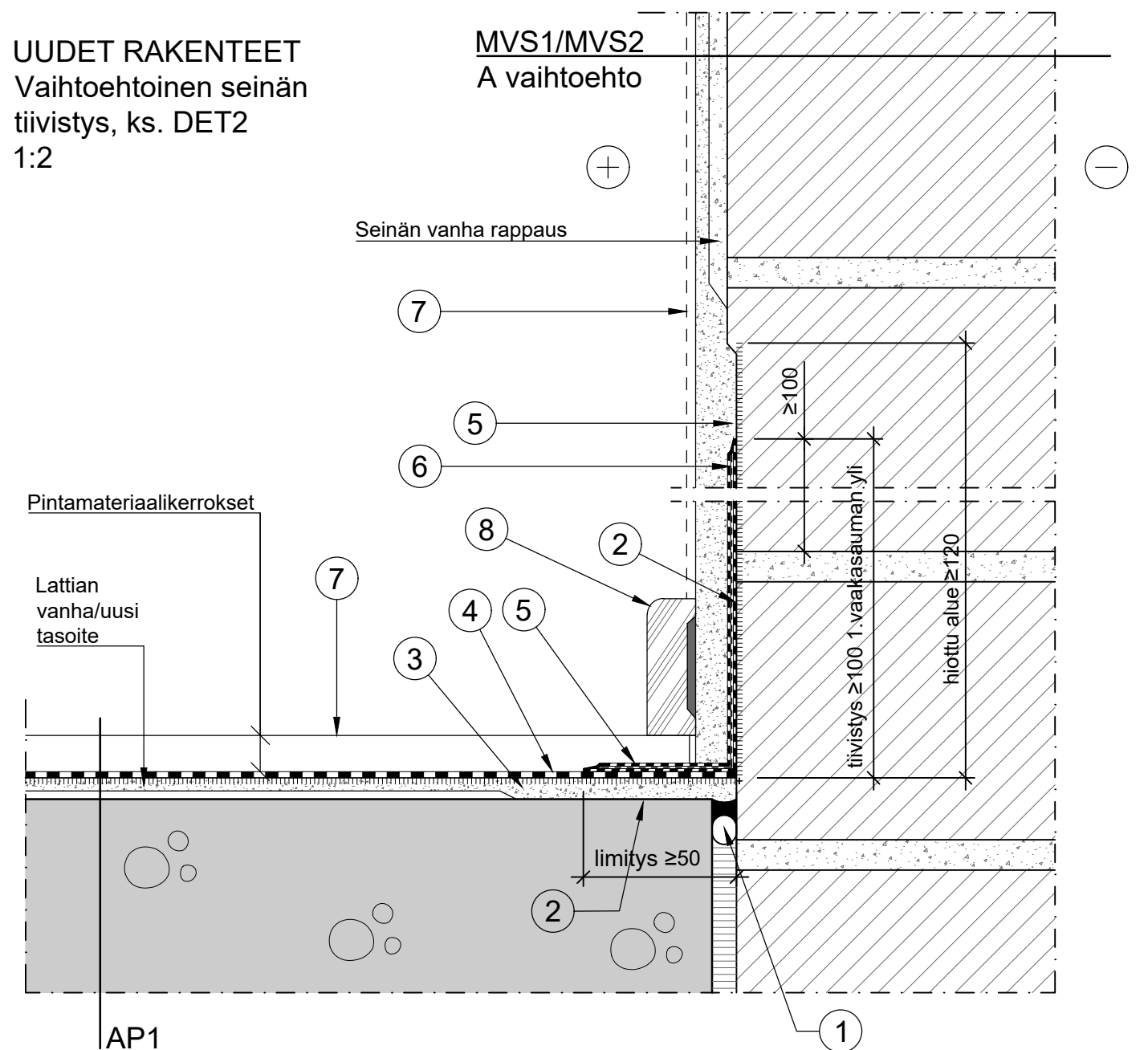
Vanhan lattia- ja seinärakenteen purettavat pintarakenteet

1. Seinän pintarakenteet puretaan tiivistyskorjausalueelta hiottavan alueen mukaisesti, vähintään 120 mm tiilimuurauksen alimman vaakasauman yli.
2. Lattian pintarakenteet puretaan puhtaalle betonipinnalle.
3. Lattian heikkolujuuksiset tasoitteet poistetaan tarvittaessa.
4. Alusta hiotaan puhtaalle tiilipinnalle vähintään 120 mm tiilimuurauksen alimman vaakasauma yli .
5. Lattian tiivistys tehdään lattian kapseloinnin yhteydessä tai kapselointiaineen päälle.

UUDET RAKENTEET

Vaihtoehtoinen seinän tiivistys, ks. DET2

1:2



Lattia- ja seinärakenteen liittymän tiivistys **työohjeen** mukaan

1. Liittymän mahdolliseen rakoon asennetaan joustava saumausmassa ja se muotoillaan tiivistysmassan alustaksi. Yli 20 mm rakoihin joustavan saumausmassan pohjalle asennetaan polyeteenipohjanauha ja/tai polyuretaanivaaho.
2. Tiili-, betoni- ja tasoitepinnat puhdistetaan ja pohjustetaan tiivistettävällä alueella, seinällä tiiliuurauksen ensimmäisen vaakasauman yli vähintään 100 mm.
3. Lattian tiivistys- ja työalue tasoitetaan ennen tiivistysmateriaalin asennusta.
4. Tiivistysmateriaalin asennus alapohjan pinnalle työohjeen mukaisesti.
5. Lattian tiivistysmateriaali liitetään seinälle siveltävällä vedeneristeellä työohjeen mukaisesti.
6. Kapselointimateriaalin asennus seinäpinnalle työohjeen mukaisesti.
7. Seinän ja lattian uusien pintarakenteiden toteutus rakennetyyppien mukaan.
8. Uusi vanhaa vastaava jalkalista. Liimataan alustaan M1-luokitellulla liimamassalla esim. Sikaflex 11 FC

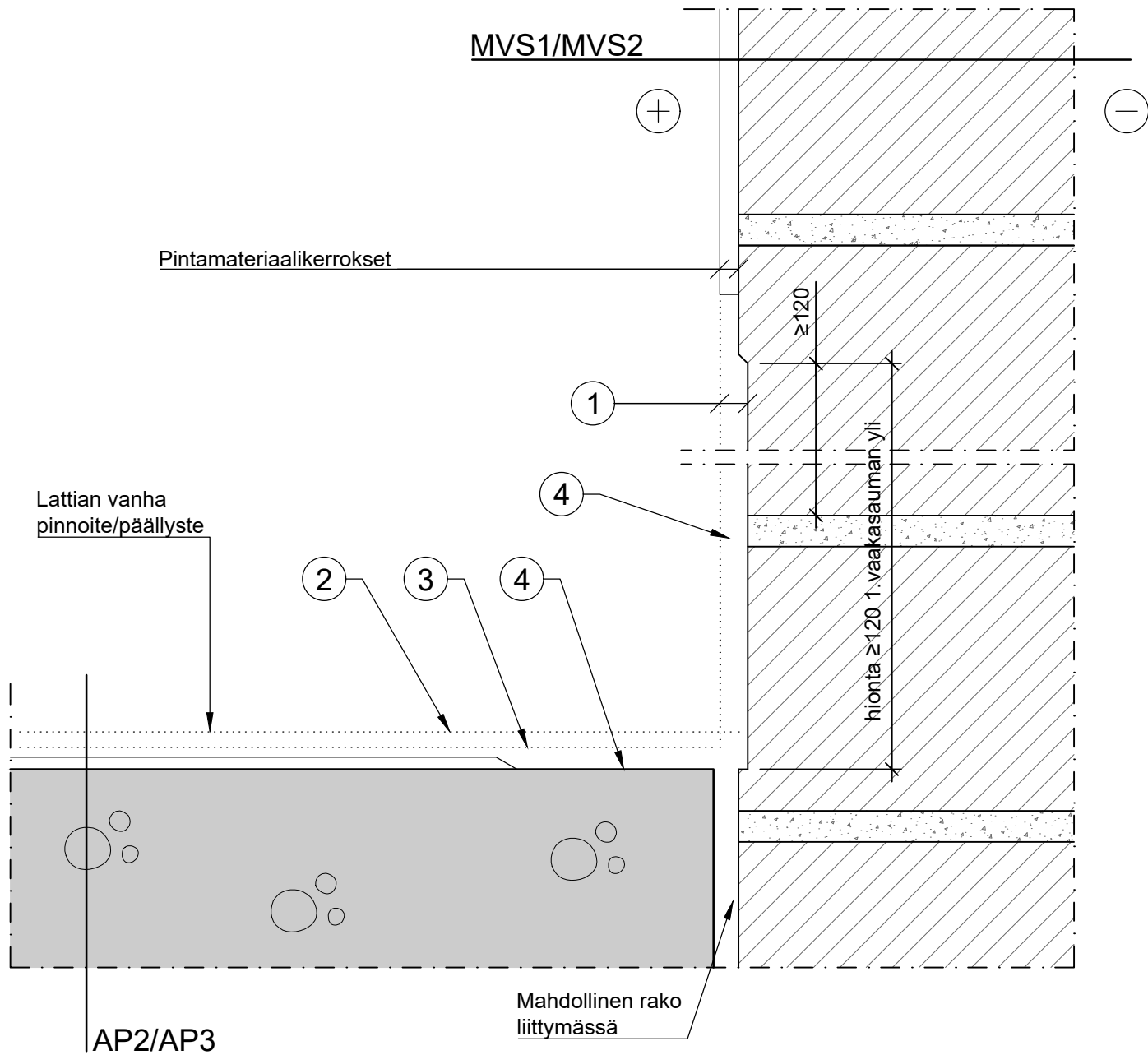
DETALJEISSA ESITETYT TYÖVAIHEET TYÖOHJEEN JA MATERIAALIVALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI.

SOVELTUVAT TUOTTEET:
StoDivers BF
TKR-pinnoite
Weber.tec 933

Rakennuskohde	Sisältö	Liite 2 (15/27)
	LATTIA-SEINÄRAKENTEEN TIIVISTYS	
	Työn no	
	Päiväys	Piirtäjä
	12.9.2025	
		DET2

PURETTAVAT RAKENTEET

1:2



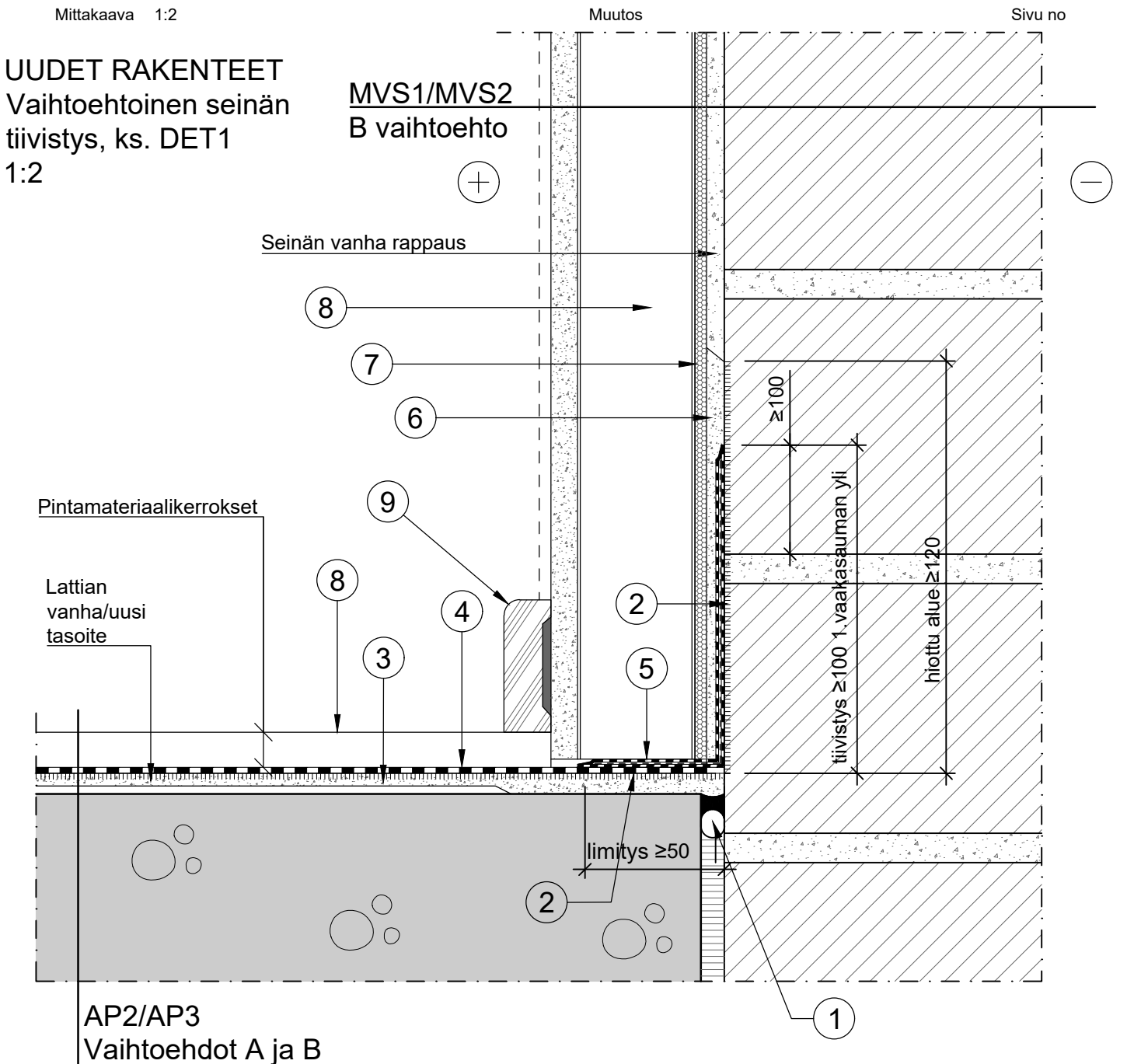
Vanhan lattia- ja seinärakenteen purettavat pintarakenteet

1. Sinän pintarakenteet puretaan tiivistyskorjausalueelta hiottavan alueen mukaisesti, vähintään 120 mm tiilimuurauksen alimman vaakasauman yli.
2. Lattian pintarakenteet puretaan puhtaalle betonipinnalle.
3. Lattian heikkolujuuksiset tasoitteet poistetaan tarvittaessa.
4. Alusta hiotaan puhtaalle tiilipinnalle vähintään 120 mm tiilimuurauksen alimman vaakasauma yli .
5. Lattian tiivistys tehdään lattian kapseloinnin yhteydessä tai kapselointiaineen päälle.

UUDET RAKENTEET

Vaihtoehtoinen seinän tiivistys, ks. DET1

1:2



Lattia- ja seinärakenteen liittymän tiivistys **työohjeen** mukaan

1. Liittymän mahdolliseen rakoon asennetaan joustava saumausmassa ja se muotoillaan tiivistysmassan alustaksi. Yli 20 mm rakoihin joustavan saumausmassan pohjalle asennetaan polyeteenipohjanauha ja/tai polyuretaanivaaho.
2. Tiili-, betoni- ja tasoitepinnat puhdistetaan ja pohjustetaan tiivistettävällä alueella, seinällä tiilimuurauksen ensimmäisen vaakasauman yli vähintään 100 mm.
3. Lattian tiivistys- ja työalue tasoitetaan ennen tiivistysmateriaalin asennusta.
4. Tiivistysmateriaalin asennus alapohjan pinnalle työohjeen mukaisesti
5. Lattian tiivistysmateriaali liitetään seinälle siveltävällä vedeneristeellä työohjeen mukaisesti.
6. Tiivistys- ja työalue tasoitetaan vanhan tasoitteen/rappauksen pinnan tasoon
7. Haitta-ainesulkumateriaalin asennus seinäpinnalle työohjeen mukaisesti.
8. Seinän ja lattian uusien pintarakenteiden toteutus rakennetyyppien mukaan.
9. Uusi vanhaa vastaava jalkalista. Liimataan alustaan M1-luokitellulla liimamassalla esim. Sikaflex 11 FC

DETALJEISSA ESITETYT TYÖVAIHEET TYÖOHJEEN JA
MATERIAALIVALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI.

SOVELTUVAT TUOTTEET:
StoDivers BF
TKR-pinnoite

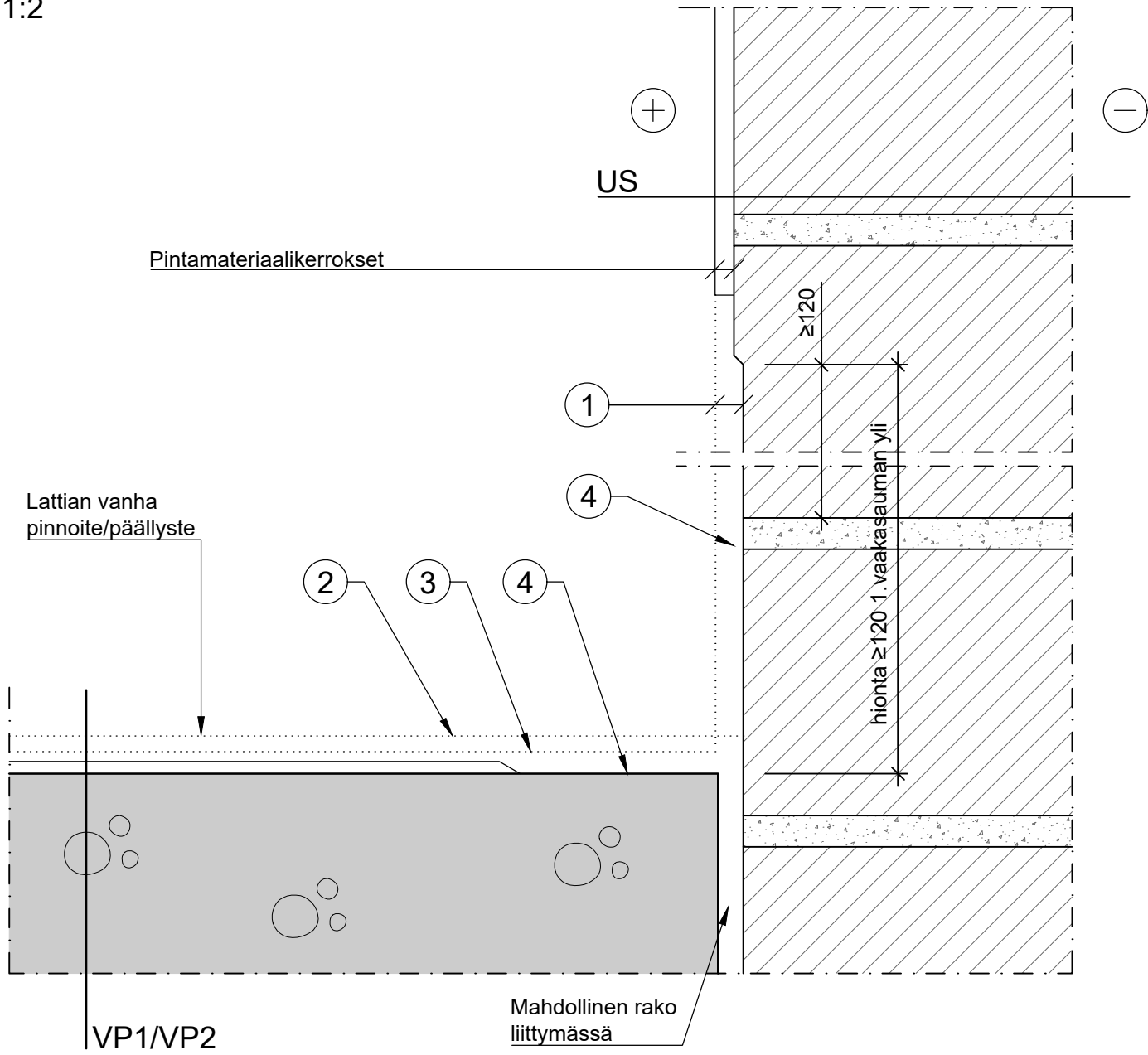
Rakennuskohde	Sisältö	Liite 2 (17/27)	
	LATTIA-SEINÄRAKENTEEN TIIVISTYS		
AFRY	Työn no	DET4	
	Päiväys		
	12.9.2025	Piirtäjä	

Mittakaava 1:2

Muutos

Sivu no

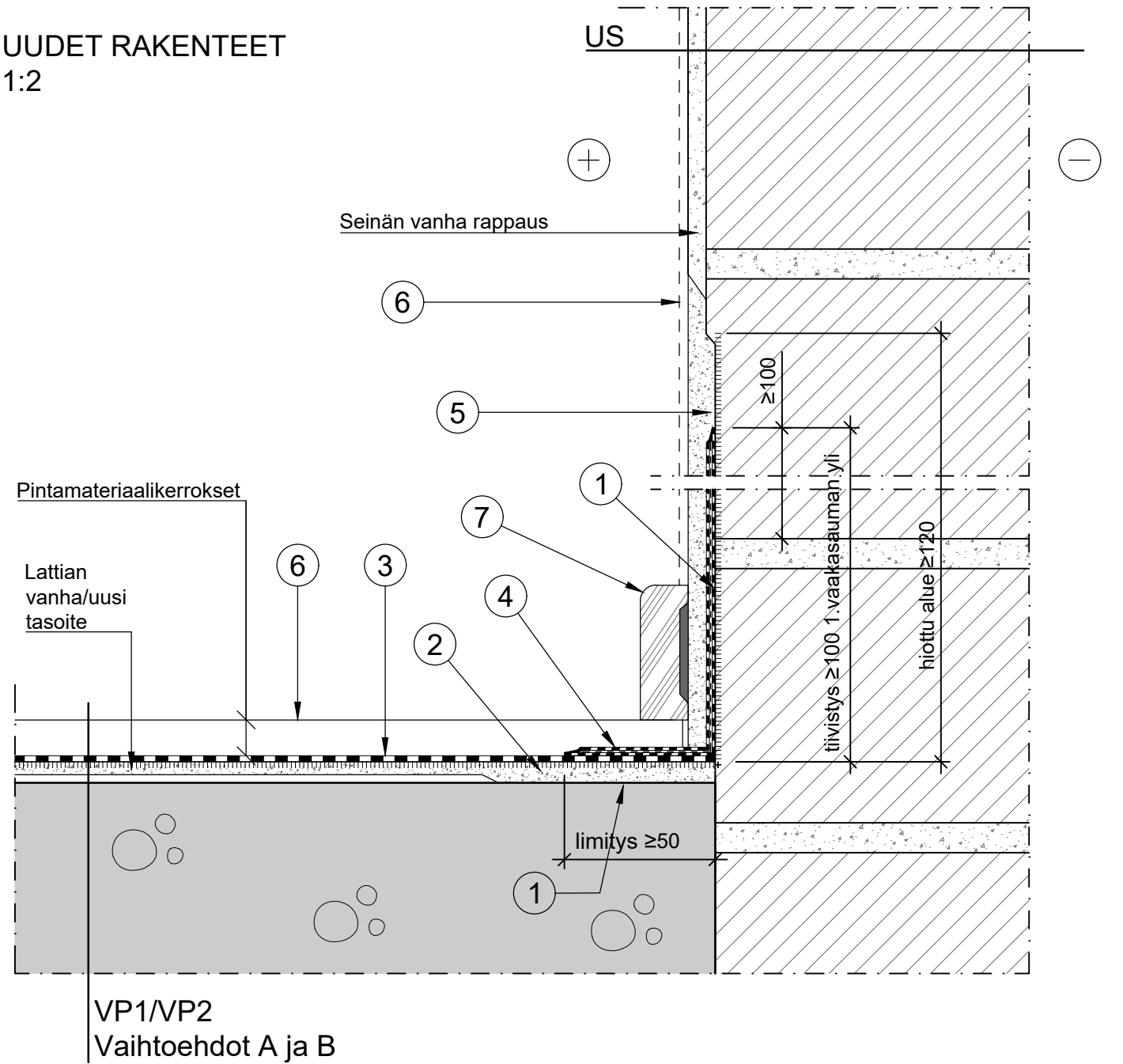
PURETTAVAT RAKENTEET 1:2



Vanhan lattia- ja seinärakenteen purettavat pintarakenteet

1. Seinän pintarakenteet puretaan tiivistyskorjausalueelta hiottavan alueen mukaisesti, vähintään 120 mm tiilimuurauksen alimman vaakasauman yli.
2. Lattian pintarakenteet puretaan puhtaalle betonipinnalle.
3. Lattian heikkolujuuksiset tasoitteet poistetaan tarvittaessa.
4. Alusta hiotaan puhtaalle tiilipinnalle vähintään 120 mm tiilimuurauksen alimman vaakasauma yli .
5. Lattian tiivistys tehdään lattia kapseloinnin yhteydessä tai kapselointiaineen päälle.

UUDET RAKENTEET 1:2



VP1/VP2
Vaihtoehdot A ja B

Lattia- ja seinärakenteen liittymän tiivistys **työohjeen** mukaan

1. Tiili-, betoni- ja tasoitepinnat puhdistetaan ja pohjustetaan tiivistettävällä alueella, seinällä tiilimuurauksen ensimmäisen vaakasauman yli vähintään 100 mm.
2. Lattian tiivistys- ja työalue tasoitetaan ennen tiivistysmateriaalin asennusta.
3. Tiivistysmateriaalin asennus välipohjan pinnalle työohjeen mukaisesti.
4. Lattian tiivistysmateriaali liitetään seinälle siveltävällä vedeneristeellä työohjeen mukaisesti.
5. Tiivistys- ja työalue tasoitetaan vanhan tasoitteen/rappauksen pinnan tasoon
6. Seinän ja lattia uusien pintarakenteiden toteutus rakennetyyppien mukaan.
7. Uusi vanhaa vastaava jalkalista. Liimataan alustaan M1-luokitellulla liimamassalla esim. Sikaflex 11 FC

DETALJEISSA ESITETYT TYÖVAIHEET TYÖOHJEEN JA MATERIAALIVALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI.

SOVELTUVAT TUOTTEET:
TKR-pinnoite
ARDEX 8+9

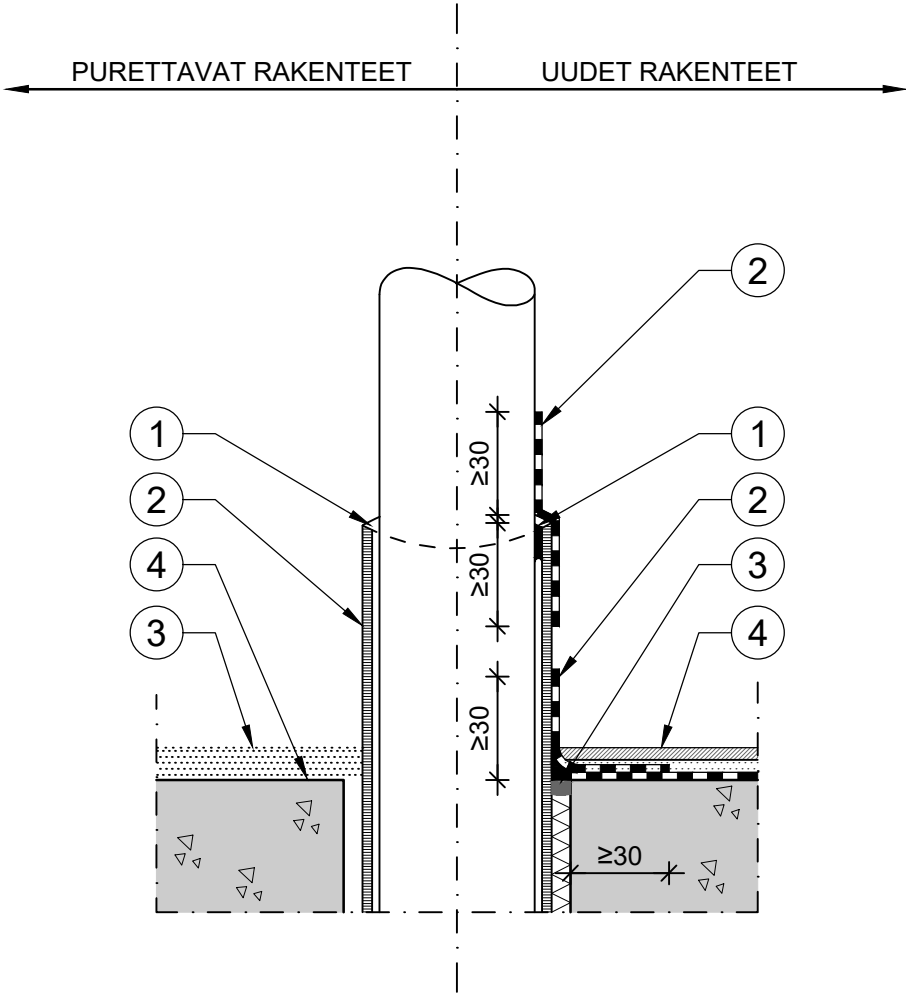
Rakennuskohde		Sisältö	
[REDACTED]		LÄPIVIENTIEN TIIVISTYSPERIAATE	
[REDACTED]		Liite 2 (18/27)	
AFRY		Työn no	DET5
		Päiväys	
Mittakaava 1:2		12.9.2025	Piirtäjä
		Muutos	
		Sivu no	

PURETTAVAT RAKENTEET

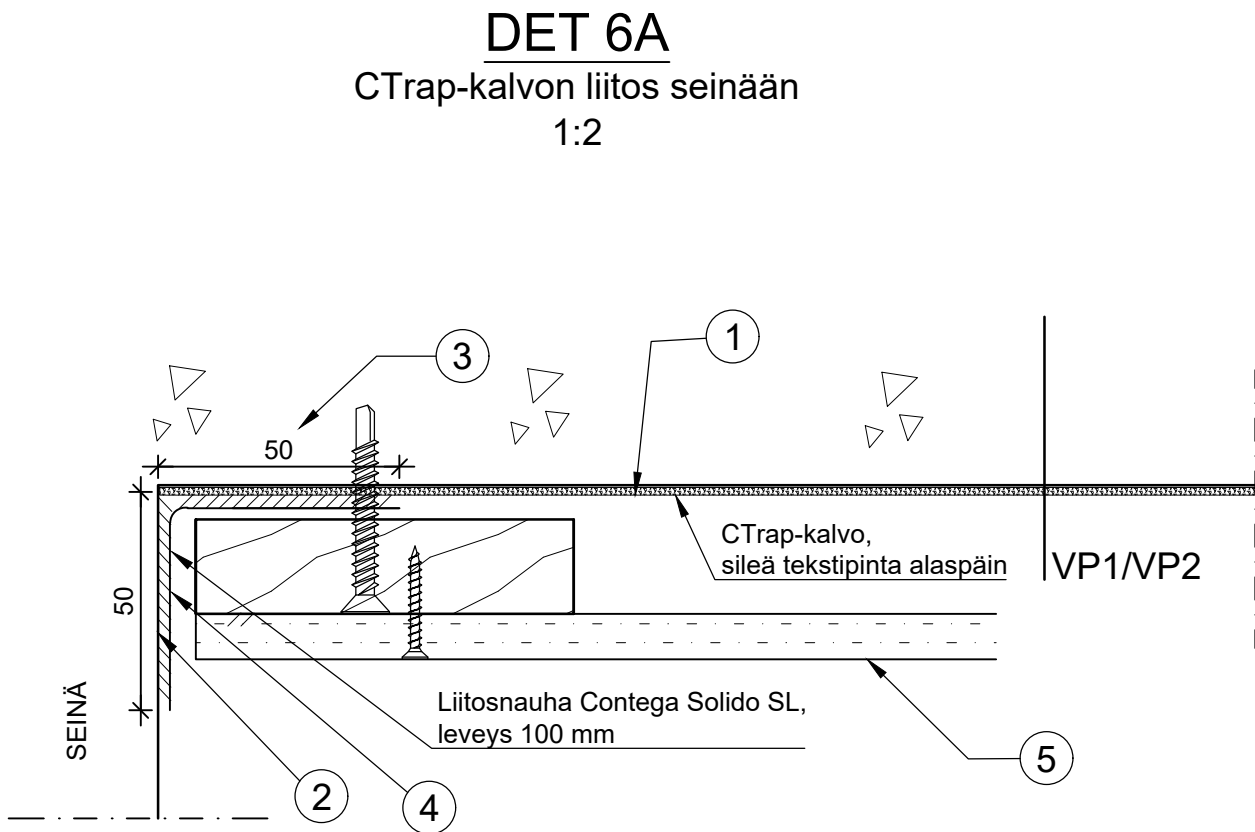
- 1. Putkien välinen tyhjä rako puhdistetaan esim. paineilmalla.
- 2. Putkien tartuntapinnat karhennetaan hiomalla ja puhdistetaan nihkeäpyyhinnällä.
- 3. Läpiviennin ympäriltä poistetaan pintamateriaalit 150 mm etäisyydelle läpiviennin reunasta.
- 4. Läpiviennin ympäriltä betonilaatan pinnasta puhdistetaan hiomalla pois tartuntaa heikentävät ainekset, kuten lika, pöly ja alustasta irtoilevat osat. Hiottu betonipinta imuroidaan huolellisesti ennen tiivistyksen suorittamista.

UUDET RAKENTEET

- 1. Putkien välisen raon täyttö joustavalla saumamassalla.
- 2. Ilmatiiveyden parantaminen vedeneristysmateriaalilla työohjeen mukaisesti. (Läpivientien tiivistys liimitetään rakenteen kapseloivan tuotteen päälle ≥30)
- 3. Lattian ja läpiviennin väliseen rakoon M1-luokan joustava saumamassa. Suurempiin yli 20 mm rakoihin pohjalle joustava M1-luokan polyuretaanivahto. Palo-osastoiduilla alueilla käytetään palosuojaustuotteita.
- 4. Uudet lattiapäällysteet rakennetyyppien mukaan.



DETALJEISSA ESITETYT TYÖVAIHEET TYÖOHJEEN JA
MATERIAALIVALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI.



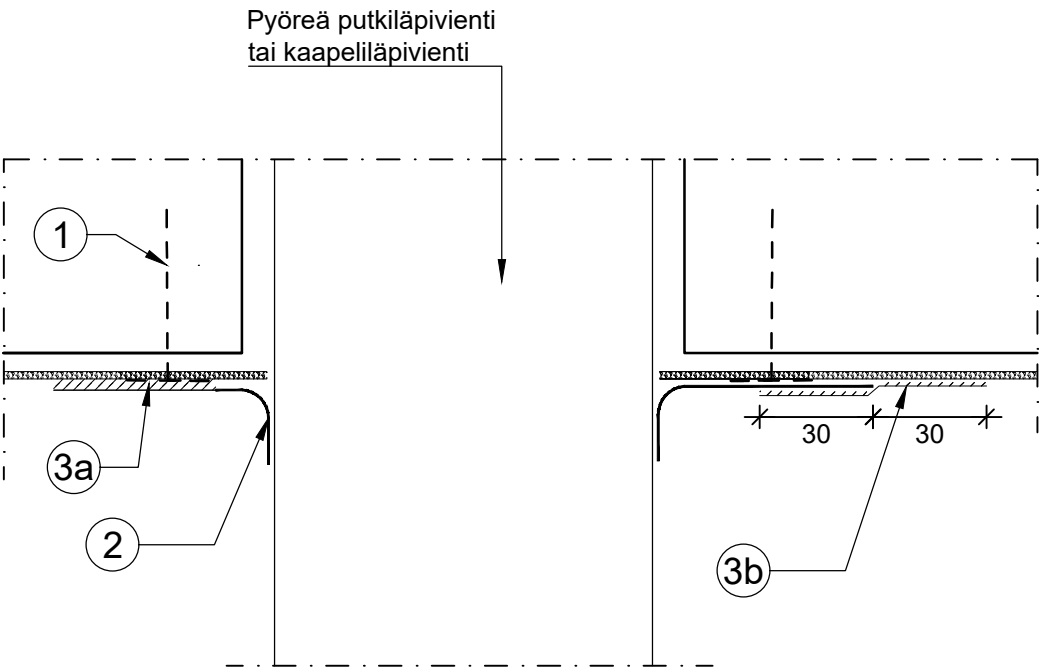
CTrap-kalvon liittäminen seinään

1. cTrap-kalvo asennetaan betonilaatan alapintaa. Kiinnitys mekaanisesti puristamalla puu-tai teräskoolauksin k400 ja tarvittaessa esikiinnitys betoniruuvi 4x45 mm + Ø40 mm aluslevy. Koolauksen mekaaninen kiinnitys betoniruuvein k400.
2. Alustan puhdistus ja primerointi Tescon Primer RP
3. Liitosnauha asennetaan cTrap-pintaan, tartuntapinta 50 mm
4. Liitosnauha asennetaan seinän pintaan, tartuntapinnan leveys 50 mm
5. Levytys esim. kipsilevy 13 mm

Mahdolliset ryppykohdat varmistetaan siveltävällä tiivistysaineella.

Rakennuskohde	Sisältö	Liite 2 (19/27)	
	CTRAP-KALVON LIITTYMÄT		
AFRY	Työn no	DET6	
	Päiväys		
Mittakaava	1:2	Muutos	Sivu no

DET 6 B
CTrap-kalvon liitos läpiviennissä
1:2

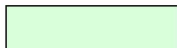
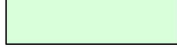
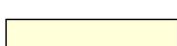


1. Läpiviennin ympärille cTrap-kiinnitetään betonialustaan mekaanisesti noin 4 kpl 5x50 betoniruuvia, kiinnityskohdat yliteipataan alumiiniteipillä.
2. Tiivistysläpivientikappale esim. Kaflex ja Roflex (Tiivistalo Oy) 5-350 mm läpivienneille valitaan läpiviennin koon mukaan (venyvä EPDM-kumi)
- 3a Kaflex-läpivientikappale tiivistetään tuotteen omalla liimapinnalla CTrap-kalvon pintaan.
- 3b. Roflex-läpivientikappaleen ympärystä tiivistetään Tescon Vana liitosnauhoilla, leveys 60 mm. Liitosnauha liimataan 30 mm leveydeltä molempiin pintoihin.

Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit
RAK002 Työohje ja detaljit

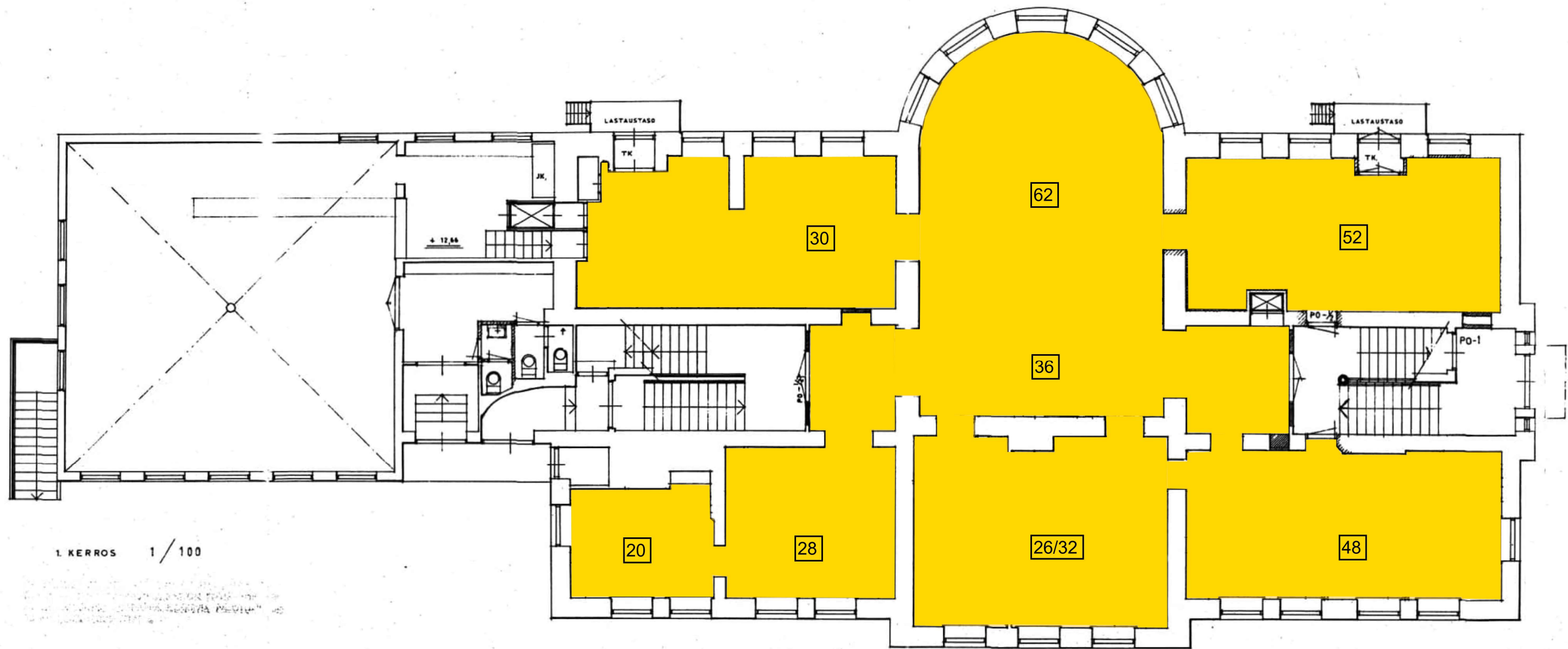
PERIAATEPIIRUSTUS

Tunn	Lukum	Muutos	Piirt	Päiväys
Kaupunginosa / Kylä		Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
-			-	
Rakennuksen numero (RATUT) / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset				
Rakennustoimenpide			Piirustuslaji	Juokseva no
KORJAUS			RAKENNEPIIRUSTUS	
Vastaava rakennesuunnittelija (nimi, tutkinto, allekirjoitus)				
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaava
[REDACTED]			RAKENTEIDEN HAITTA-AINEIDEN HALLINTA	
[REDACTED]			POHJAPIIRROKSET	~1:125, 1:100
[REDACTED]				
[REDACTED]				
 AFRY			Suunnitteluala	Työnumero
AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698			RAK	[REDACTED]
Päiväys		Suunnittelija	Piirustuksen numero	Tiedosto
12.9.2025		[REDACTED]	100	Muutos
Piirtäjä		Tarkastaja		
[REDACTED]		[REDACTED]		

	Alapohja AP1		Maanvastainen seinä MVS1
	Alapohja AP2		Maanvastainen seinä MVS2
	Alapohja AP3		

PAH-yhdistepitoista pikisivelyä saattaa olla muuallakin rakenteissa, kuin esitetyillä (AP1) alueilla. Korjausperiaatetta voidaan soveltaa myös muissakin tiloissa tietyin edellytyksin. Soveltuvuus tarkistettava suunnittelijalta.

Rakennuskohde 		Sisältö Kellari Rakennus 2	
Suunnittelija AFRY AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		Työn no 	R2-K
		Päiväys 12.9.2025	

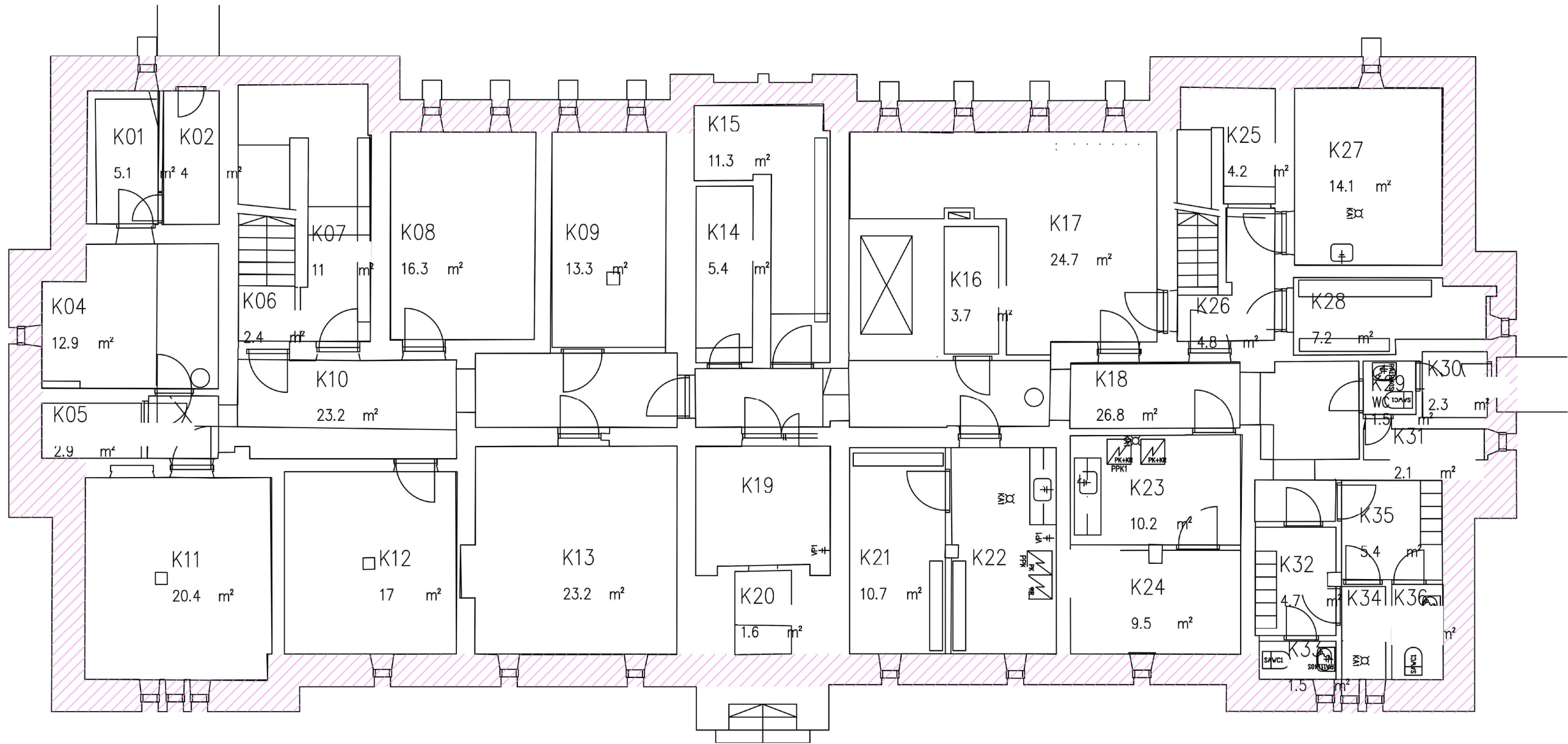


Välipohja VP1

Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit rakenteiden haitta-aineiden hallintaan

Vanhojen rakenteiden tiedot perustuvat [REDACTED] 2022 tekemiin tutkimuksiin ja rakenneavauksiin ja [REDACTED] ottamiin haitta-ainenäytteisiin.

Rakennuskohde [REDACTED]		Sisältö 1. kerros Rakennus 2	
Suunnittelija AFRY	AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698	Työn no [REDACTED]	R2-1
		Päiväys 12.9.2025	

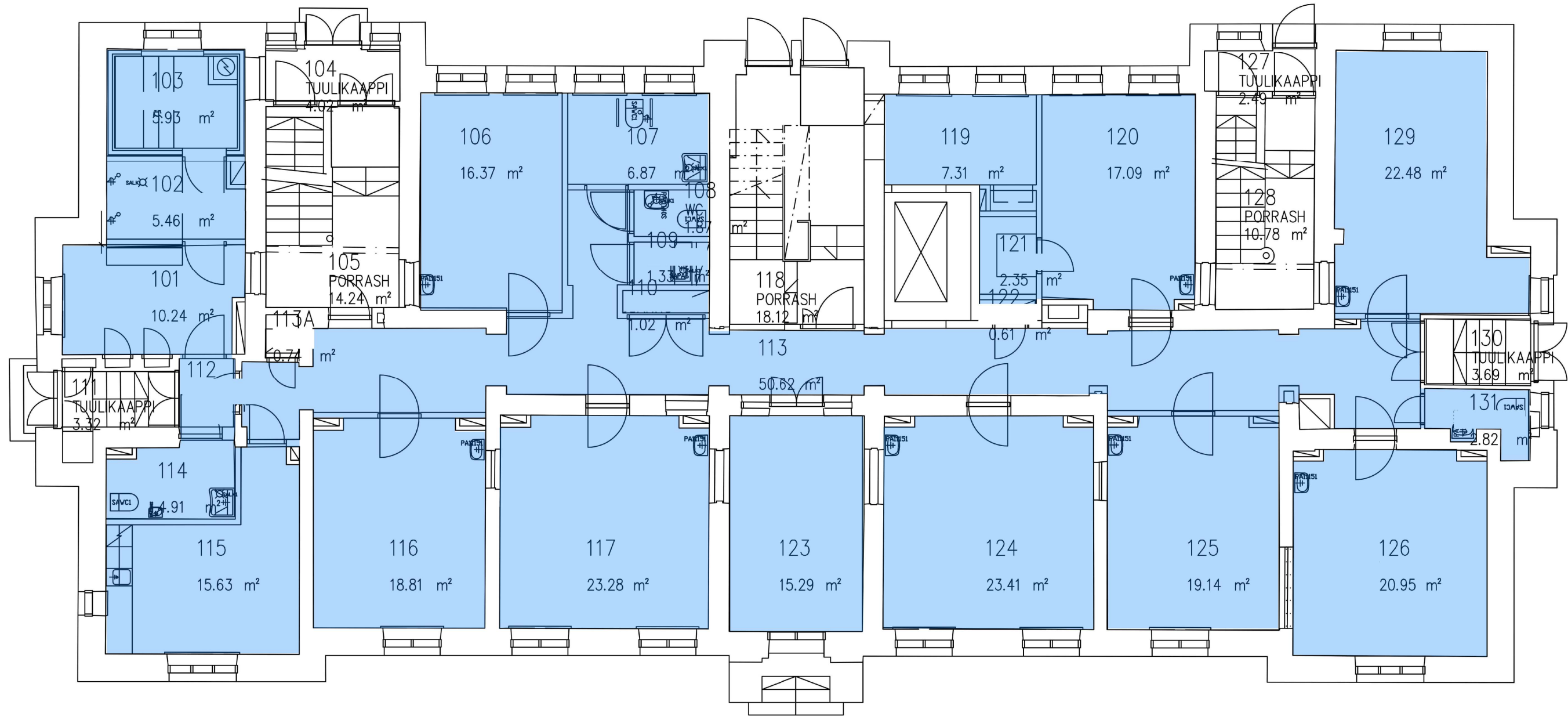


Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit rakenteiden haitta-aineiden hallintaan

Vanhojen rakenteiden tiedot perustuvat [redacted] 2025 tekemiin tutkimuksiin ja rakenneavauksiin.

 Maanvastainen seinä MVS2

Rakennuskohde [REDACTED]		Sisältö Kellari Rakennus 1	
Suunnittelija  AFRY AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		Työn no [REDACTED]	
		Päiväys 12.9.2025	Piirtäjä [REDACTED]
		R1-K	

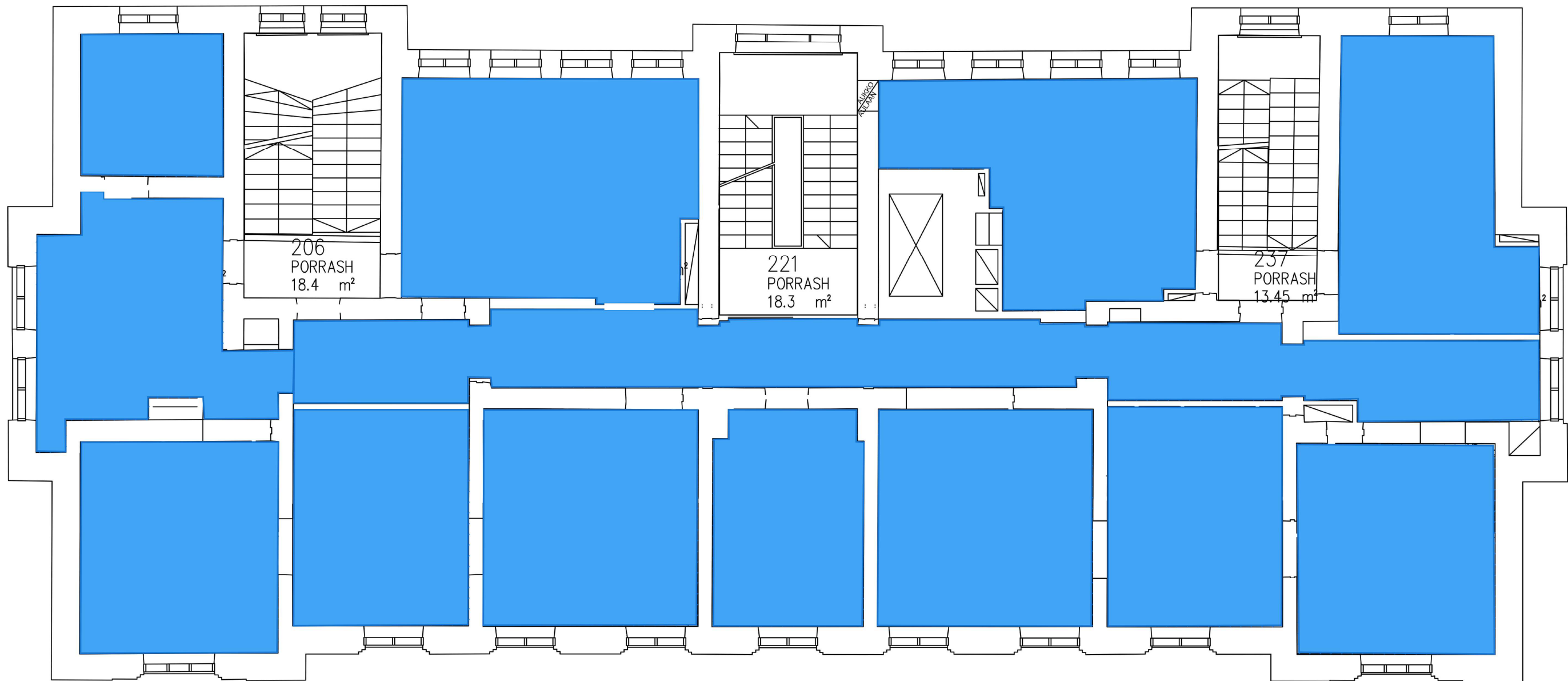


Välipohja VP2

Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit rakenteiden haitta-aineiden hallintaan

Vanhojen rakenteiden tiedot perustuvat [REDACTED] 2025 tekemiin tutkimuksiin ja rakenneavauksiin.

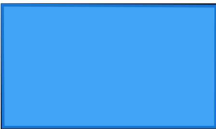
Rakennuskohde [REDACTED]		Sisältö 1. kerros Rakennus 1	
Suunnittelija AFRY		Työn no [REDACTED]	R1-1
AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698		Päiväys 12.9.2025	



Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit rakenteiden haitta-aineiden hallintaan

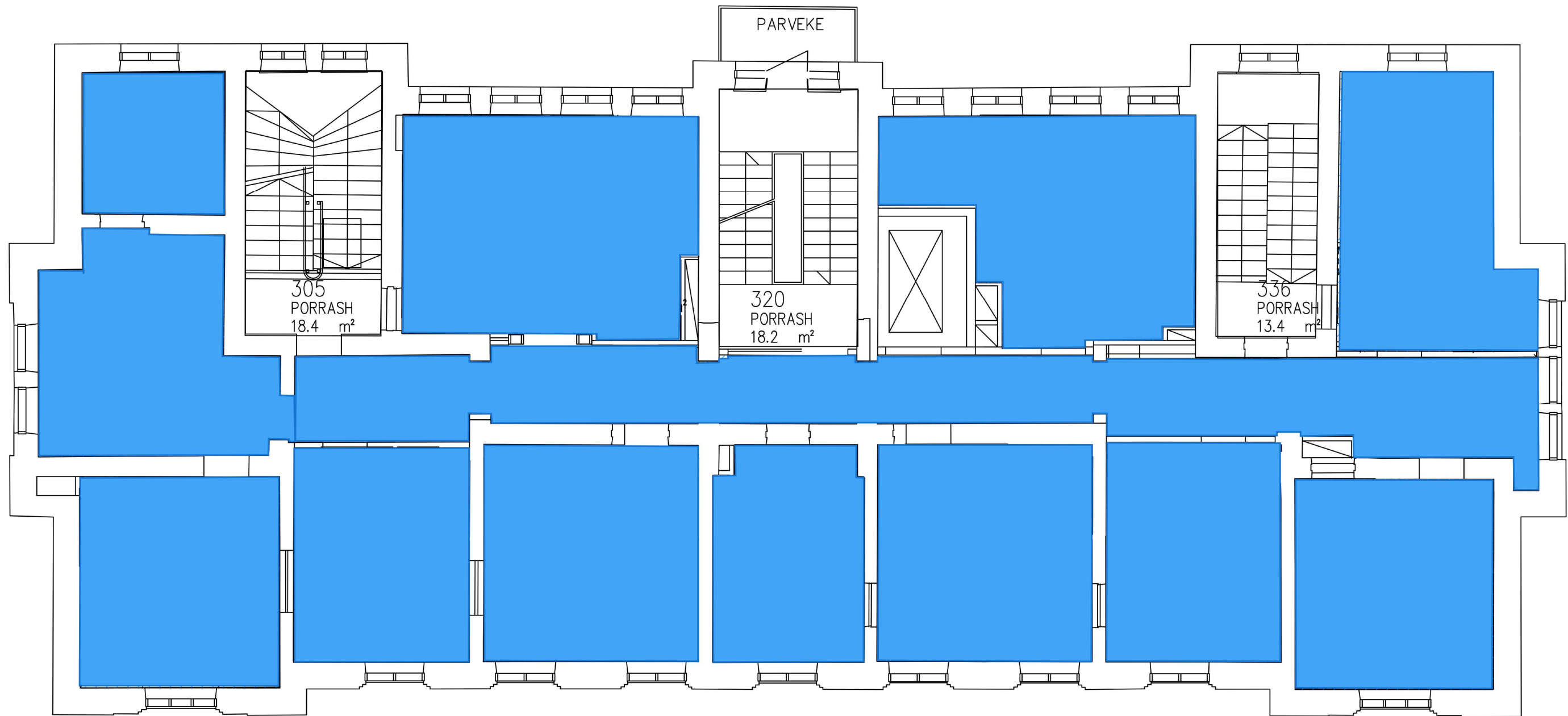
Vanhojen rakenteiden tiedot perustuvat [redacted] 2025 tekemiin tutkimuksiin ja rakenneavauksiin.

Välipohjarakenteet eivät ole tarkkaan selvillä ja PAH-yhdistepitoisen rakennusmateriaalien esiintyminen välipohjarakenteissa ei ole täysin selvillä. Korjausmenetelmän soveltuvuus tulee tarkistaa suunnittelijalta.



Välipohja soveltaen VP2

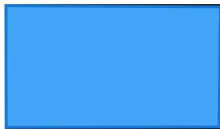
Rakennuskohde [redacted]		Sisältö 2. kerros Rakennus 1	
Suunnittelija AFRY	AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698	Työn no [redacted]	R1-2
		Päiväys 12.9.2025	



Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit rakenteiden haitta-aineiden hallintaan

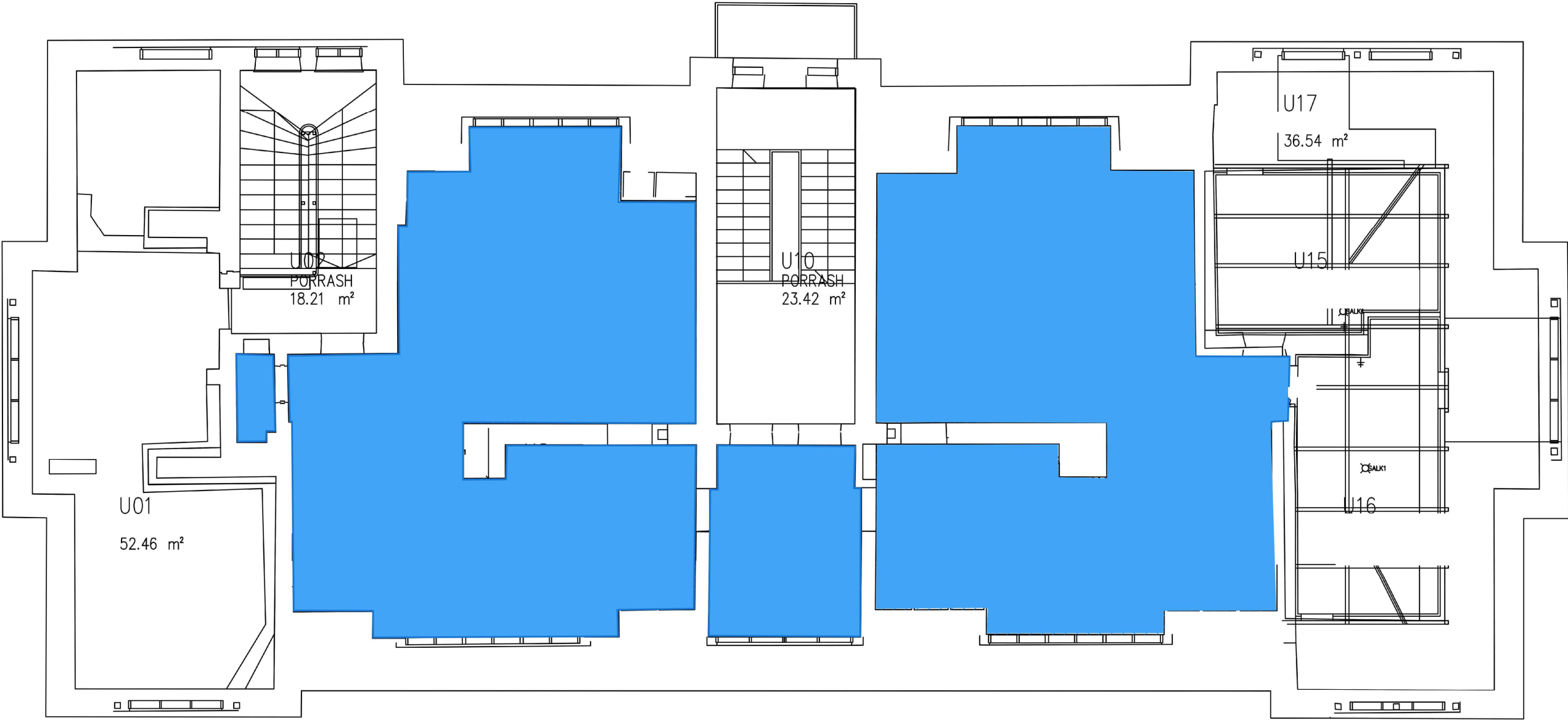
Vanhojen rakenteiden tiedot perustuvat [REDACTED] 2025 tekemiin tutkimuksiin ja rakenneavauksiin.

Välipohjarakenteet eivät ole tarkkaan selvillä ja PAH-yhdistepitoisen rakennusmateriaalien esiintyminen välipohjarakenteissa ei ole täysin selvillä. Korjausmenetelmän soveltuvuus tulee tarkistaa suunnittelijalta.



Välipohja soveltaen VP2

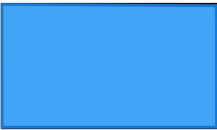
Rakennuskohde [REDACTED]		Sisältö 3. kerros Rakennus 1	
Suunnittelija AFRY	AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698	Työn no [REDACTED]	R1-3
		Päiväys 12.9.2025	



Liittyvät piirustukset:
RAK001 Rakennetyypit rakenteiden haitta-aineiden hallintaan

Vanhojen rakenteiden tiedot perustuvat [REDACTED] 2025 tekemiin tutkimuksiin ja rakenneavauksiin.

Välipohjarakenteet eivät ole tarkkaan selvillä ja PAH-yhdistepitoisen rakennusmateriaalien esiintyminen välipohjarakenteissa ei ole täysin selvillä. Korjausmenetelmän soveltuvuus tulee tarkistaa suunnittelijalta.



Välipohja soveltaen VP2

Rakennuskohde [REDACTED]		Sisältö Ullakko Rakennus 1	
Suunnittelija AFRY	AFRY Finland Oy Linnoitustie 5 02600 Espoo T: +358 20 769 8698	Työn no [REDACTED]	R1-U
		Päiväys 12.9.2025	