



**SAVONIA**



# RAKENTEIDEN KAPSELOINTI

TEKIJÄ: Jonne Juvonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Jonne Juvonen			
Työn nimi Rakenteiden kapselointi			
Päiväys	16.1.2018	Sivumäärä	37
Ohjaajat Pasi Haataja, projektipäällikkö, Savonia-ammattikorkeakoulu			
Toimeksiantaja Rakennustyö Salminen Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Haitta-ainekapseloinnin avulla voidaan estää haitta-aineiden ja muiden epäpuhtauksien siirtyminen rakenteesta sisäilmaan. Tällä siis voidaan parantaa sisäilman laatua huomattavastikin purkamatta tai uusimatta rakenteita. Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä haitta-ainekapseloinnilla korjattaviin rakenteisiin suunnitelmien avulla. Työn aihe saatiin toimeksiantajalta ja työssä hyödynnettiin käytännön korjausrakentamisen peruskorjaustyömaata. Sisäilmaongelmat ja sisäilmakorjaukset ovat iso osa nykypäivän rakentamista.</p> <p>Projektissa tarkasteltiin neljää erilaista rakennetta, jotka oli suunniteltu tiivistettävän haitta-ainekapselointiperustein. Haitta-ainekapselointi on perusteltu, mikäli rakenteesta on mahdollisuus päästä ilman epäpuhtauksia sisäilmaan. Tässä työssä pohdittiin tarkasteltavien rakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä tekijöitä haitta-ainekapseloinnin näkökulmasta. Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin kapselointimenetelmien lisäksi haitta-ainekapselointia koskevia käsityksiä ja ohjeita sekä laadunvarmistustoimia.</p> <p>Työssä todettiin, että haitta-ainekapseloinnin suunnitteluun vaikuttavat monet eri asiat, kuten rakenne, kapseloitavat haitta-aineet sekä myös taloudelliset seikat. Lisäksi havaittiin, että suunnittelun ja toteutuksen yhteistyö sekä laadunvarmistus ovat merkityksellisiä onnistuneen korjauksen kannalta. Opinnäytetyössä saatiin selville, että vaikka haitta-ainekapseloinnilla on suuri merkitys sisäilman laadun parantamisen kannalta, se on silti vain osa suurempaa sisäilmakorjausta, mikä koostuu monesta tekijästä.</p>			
Avainsanat haitta-aineet, kapselointi, sisäilma, korjaus, peruskorjaus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author Jonne Juvonen			
Title of Thesis The Encapsulation of Structures			
Date	19 December, 2017	Pages	37
Supervisors Mr Pasi Haataja, Project Manager			
Client Organisation Rakennustyö Salminen Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this final project is to find out about structures that were repaired using the encapsulation of contaminants. The project was commissioned by Rakennustyö Salminen Oy. The survey is based on a renovation project. Problems with indoor air and repairs are a huge part of modern construction. With the encapsulation of contaminants the transferring of the contaminants and other pollutants into indoor air from structures can be prevented. This way the quality of indoor air can considerably be improved without demolishing or renovating structures. The factors affecting encapsulation have to be investigated in order to complete a comprehensive design solution.</p> <p>Four different structures which were designed to be encapsulated using the principles of encapsulation were investigated. The encapsulation is justified there is a possibility that contaminants are transferred into the indoor air. The thesis discusses planning and implementation of structures and the factors affecting them. Additionally, the thesis studies the perspectives, instructions and quality assurance methods regarding the encapsulation of contaminants.</p> <p>The project showed that the planning of encapsulation is affected by various factors. It also proved that the cooperation of planning and implementation was important for of a successful result. The thesis demonstrates that even though encapsulation of contaminants plays an important role in improving the indoor air, it is only just a part of a bigger picture.</p>			
Keywords contaminants, encapsulation, indoor air, repair, renovation			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Käsitteet.....	6
1.2	Yhteistyökumppanit ja tausta-aineistot .....	7
2	KAPSELOINNIN MÄÄRÄYKSET JA NÄKÖKULMAT .....	8
2.1	Lainsäädäntö .....	8
2.2	Näkökulma .....	8
2.3	Kapselointiin liittyvät ohjeet ja julkaisut .....	8
3	KAPSELOITAVAT SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET .....	9
3.1	Suomessa käytetyt haitta-aineet rakentamisessa eri aikakausina.....	9
3.1.1	Asbesti .....	9
3.1.2	VOC –yhdisteet .....	9
3.1.3	Mikrobivaurioituneet rakenteet.....	9
3.1.4	Kuidut .....	9
3.1.5	Raskasmetallit.....	10
4	TIIVISTETTÄVÄT RAKENTEET .....	11
4.1	Vanha ulkoseinä, nykyinen väliseinä .....	11
4.1.1	Ulkoseinät 1950-luvulla.....	11
4.1.2	Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot.....	11
4.1.3	Korjausratkaisu .....	13
4.1.4	Korjausratkaisuna kapselointi .....	17
4.2	Välipohja, alalaattapalkisto .....	19
4.2.1	Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot.....	19
4.2.2	Tyypillinen välipohja 1950-luvulla .....	20
4.2.3	Korjaustapa .....	21
4.2.4	Korjausratkaisuna välipohjan tiivistäminen .....	22
4.3	Alapohja.....	24
4.3.1	Tyypillinen alapohja 1950-luvulla.....	24
4.3.2	Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot.....	24
4.3.3	Korjausratkaisu .....	25
4.3.4	Alapohjan liitosten tiivistys kapseloimalla .....	26
4.4	Rakenteiden liitokset, ikkunat .....	27

4.4.1	Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot.....	27
4.4.2	Korjausratkaisu .....	28
4.4.3	Ikkunoiden tiivistäminen ja kapselointi.....	31
5	KAPSELOINTIMENETELMÄT.....	33
5.1	Vedeneristysmenetelmät .....	33
5.2	Valmiit tuotteet.....	33
5.3	Pinnoitteet.....	33
6	LAADUNVARMISTUS TUOTANNOSSA .....	35
6.1	Merkkiainekoeistus.....	35
6.2	Työ- ja menekkiseuranta .....	35
6.3	Käyttäjän kyselyt .....	35
7	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET .....	37

## 1 JOHDANTO

Haluan kiittää toimeksiantajaa Rakennustyö Salminen Oy:tä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö itseäni kiinnostavasta aiheesta käytännön kohteessa. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajia asiantuntevasta ohjaamisesta ja muita asiantuntijoita opinnäytetyön täydentämisessä. Korjausrakentaminen on lisääntymässä vuosittain, mikä tarkoittaa myös sitä, että sisäilmakorjaukset kasvavat myös voimakkaasti. Sisäilmakorjaukset ja niiden perusteena olevat sisäilmaongelmat ovat iso osa tämän päivän rakentamista, erityisesti korjausrakentamista. Rakennusten korjauksissa pyritään aina siihen, että rakennus olisi käyttäjilleen turvallinen ja terveellinen. Sisäilmakorjauksilla on vaikutusta näihin molempiin, mutta usein korjauksen laajuus vaihtelee riippuen monesta eri tekijästä. Paras ratkaisu on tehdä rakenteesta toimiva ja poistaa mahdollinen vaurio, mutta usein niin ei välttämättä kannata tehdä. Vaurion vaikutukset sisäilmaan voidaan estää haitta-ainekapseloinnilla, jolloin mahdollisen vaurion tai haitta-aineen pääsy sisäilmaan estetään. Näin voidaan parantaa sisäilmaa merkittävästikin purkamatta tai uusimatta rakenteita. Haitta-ainekapseloinnin suunnittelu ei tosin ole ihan yksitoikkoinen juttu. Lähdin tekemään opinnäytetyötä kyseisestä aiheesta ensinnäkin siksi, että aihe on kiinnostava ja vahvasti korjausrakentamiseen nivoutuva. Toisekseen, aihe on ajankohtainen ja on hyvä tunnistaa eri korjaustavat sisäilmakorjauksessa.

### 1.1 Käsitteet

#### Diffuusio

Diffuusio kuvaa kaasuissa sisältävien molekyylien liikettä, jossa se pyrkii tasoittamaan kaasuseoksessa olevia yksittäisen kaasun pitoisuseroja tai osapaine-eroja. Diffuusiosta kaasumolekyylit siirtyvät usein korkeammasta pitoisuudesta kohti pienempää pitoisuutta.

#### Konvektio

Konvektio eli kuljetus on lämmönsiirtymisen muoto, jossa lämpövaihtelujen seurauksena ilmavirtaus kulkee kylmästä lämpimään. Tässä työssä se tarkoittaa rakenteiden läpi kulkevaa ilmavirtausta, jonka mukana ilmavirtaus kulkee ulkotilasta sisätilaan tai sisällä tilasta toiseen paine-eron vaikutuksesta.

#### Kapselointi

Kapselointi on korjausmenetelmä, jolla on tavoitteena estää haitta-aineiden tai muiden epäpuhtauksien ja kuitujen kulkeutuminen sisäilmaan rakenteesta konvektion tai diffuusion avulla.

#### Tiivistyskorjaus

Tiivistyskorjaus tarkoittaa rakennuksen korjausmuotoa, jossa tiivistetään mahdollisia vuotokohtia rakennuksen vaipassa tai sen sisällä. Tiivistyskorjauksia tehdään usein muun korjauksen yhteydessä.

## 1.2 Yhteistyökumppanit ja tausta-aineistot

Alla on lueteltu opinnäytetyön yhteistyökumppanit, jotka omalla osaamisellaan ovat olleet mukana täydentämässä opinnäytetyötä.

Pasi Haataja	Savonia-ammattikorkeakoulu Oy
Matti Raatikainen	TKR-Marketing Oy
Ilari Tiainen	Rakennustyö Salminen Oy
Konsta Korhonen	Rakennustyö Salminen Oy
Juha Kumpulainen	Insinööritoimisto Savolainen Oy

Opinnäytetyössä käytettiin erilaisia tausta-aineistoja, jotta voitiin selvittää opinnäytetyön tutkimusongelma. Työtä varten käytettiin käytännön kohteen erilaisia suunnitelmia, kuten sisäilmaraportteja ja rakennedetaljeja. Tämän lisäksi työssä käytettiin tausta-aineistona aiemmin tehtyä Katariina Lai-  
neen tekemää opinnäytetyötä Rakenteiden ilmatiiveyden parantaminen sisäilmakorjauksessa.

## 2 KAPSELOINNIN MÄÄRÄYKSET JA NÄKÖKULMAT

### 2.1 Lainsäädäntö

Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan (C3) Rakennusten lämmöneristys, Määräykset 2010 sanotaan, että rakennuksen vaipassa ja rakennuksen sisällä olevien tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin tiiviitä, ettei rakenteiden lävitse pääse niin suuria ilmavirtauksia, että siitä on merkittävää haittaa rakennuksen käyttäjille tai rakenteille. Tällä täytyy myös mahdollistaa toimiva ilmanvaihtojärjestelmä. Rakentamismääräyskokoelmassa (D2), Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012, on kerrottu, että rakennuksen tulee olla niin tiivis ja rakennuksen painesuhteet tulee määrittää niin, että ne omalta osaltaan vähentävät sisäilman epäpuhtauksien ja muun muassa radonin siirtymistä rakennuksessa ja rakenteesta sisäilmaan. (RakMK 2012.)

### 2.2 Näkökulma

Rakenteiden kapselointi on toimiva ratkaisu oikein tehtynä, mutta vaikutus voi olla lyhytaikainen, jos muut toimenpiteet jäävät vähälle huomiolle. Kapseloinnin suunnitteluun vaikuttaa monta eri tekijää, esimerkiksi paljonko tiivistyskorjauksilla vaaditaan käyttöikä, mikä on tiivistyskorjauksen osuuden rahallinen arvo ja miten varsinainen vaurio korjataan. Rakenteiden kaasutiiveyteen ei saa luottaa, sillä rakenteista ei välttämättä saada kaasutiivistä. Täytyy siis suunnittelussa ottaa tämä huomioon kapselointimenetelmiä ja tiivistysratkaisuja miettiessä. Parhaiten kapseloitavia rakenteita ovat betonirakenteet, mutta lähes kaikkia rakennusmateriaaleja pystytään kapseloimaan tiiviiksi. Kapselointityö suunnitellaan aina tapauskohtaisesti ja eri rakennusmateriaalien mukaan. (Kumpulainen 2017.)

### 2.3 Kapselointiin liittyvät ohjeet ja julkaisut

Kapselointiin liittyvistä ohjeista parhaat ovat tuotteiden valmistajien omat ohjeet. Eri valmistajien nettisivuilta löytyvät ohjeet ja yrityksen yhteystiedot lisätietojen antamista varten. Tässä työssä kapselointituotteina käytetyt TKR Marketing Oy:n tuotteiden ohjeet ja kuvaukset löytyvät täältä: <http://www.tkr.fi/tuotteet/tiivistyskorjaus>



### 3 KAPSELOITAVAT SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET

Alla on lueteltu tässä työssä rakenteista löydettyjä haitta-aineita ja sisäilman epäpuhtauksia. Rakentamisessa on käytetty paljon haitta-aineita, mutta ne on myöhemmin kielletty. Ennen ennen 1994 rakennettujen rakennusten korjaustöitä aloitettaessa tulee tehdä haitta-ainekartoitus. Kohteen rakenteista on löydetty haitta-aineita ja sisäilman epäpuhtauksia, joita tarkastellaan seuraavissa luvuissa.

#### 3.1 Suomessa käytetyt haitta-aineet rakentamisessa eri aikakausina

Suomessa on käytetty myöhemmin todettuja haitta-aineita rakennusmateriaaleissa aina 1870 – luvulta lähtien. Nykyään ennen vanhan rakennuksen korjausta tulee tehdä haitta-ainetutkimus, jossa selvitetään rakennuksessa käytetyt haitta-aineet ja niiden pitoisuudet. (RT-kortti Haitta-ainetutkimus, RT 18-11244, KH 90-00616, LVI 01-10586, Infra 061-710162)

##### 3.1.1 Asbesti

Asbesti on useista kuitumineraaleista muodostuva yhdiste. Asbesti on terveydelle vaarallista ja voi aiheuttaa vakaviakin sairauksia. Vuosittain asbestiin sairastuu noin 1000 henkeä. (Hengityslitto 2017).

Asbestia on käytetty rakentamisessa 1920-luvun alusta aina 1990-luvun puoliväliin muun muassa putkieristeissä, tasoitteissa ja laasteissa, levyissä, pahveissa ja ruiskuttamalla myös palosuojauksessa.

##### 3.1.2 VOC –yhdisteet

VOC -yhdisteet tarkoittavat sisäilman haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Sisäilmassa on monia erilaisia orgaanisia yhdisteitä, mutta hyvin usein määrät ovat niin pieniä, ettei sillä ole vaikutusta sisäilman laatuun. Sisäilman laatua tutkittaessa mitataan usein VOC -yhdisteiden pitoisuus sisäilmassa. VOC -yhdisteitä on useita ja niiden lähteet ovat erilaisia kosmetiikkatuotteista toimistokalusteisiin ja öljyihin.

##### 3.1.3 Mikrobivaurioituneet rakenteet

Mikrobikasvusto on pienemmistä mikrobibakteereista syntynyt laajempi kasvusto, joka toimii edelleen kasvupohjana muille bakteereille ja sienille. Mikrobikasvusto tarvitsee kasvaakseen viittä elementtiä: Vettä, ilmaa (happi), lämpöä, eliöitä ja ravinteita eli kasvualustan.

##### 3.1.4 Kuidut

Sisäilma sisältää erilaisia kuituja ja hiukkasia, joita pääsee sisäilmaan monien eri reittien kautta. Kuituja irtoaa usein vanhoista suojaamattomista eristeistä, ns. puhtaasta villapinnasta. Mineraalivillan vanhentuessa sen rakenne haurastuu ja siitä irtoaa kuituja varsinkin, jos ympärillä on ilmavirtauksia.

### 3.1.5 Raskasmetallit

Raskasmetalleja on käytetty rakentamisessa enimmäkseen maaleissa, sisällä ja ulkona. Raskasmetallipitoisuuksia voidaan havaita usein lattiamaleissa ja -pinnoitteissa, jalkalistoissa ja elementtisaumoissa. Raskasmetalleja ovat esimerkiksi sinkki, elohopea ja lyijy, joka on myös PCB -yhdiste. Näitä on käytetty lisäämään kulutuksen- ja palonkestoa.

## 4 TIIVISTETTÄVÄT RAKENTEET

Työssä tarkasteltiin neljää erilaista tiivistettävää rakennetta: Vanhaa ulkoseinää, joka on nykyinen väliseinä, alalaattapalkistovälipohjaa, alapohjaa sekä ulkoseinän ja ikkunan liitosta. Rakenteittain on esitetty olemassa oleva rakenne ja rakentamisvuosi, tyypillinen rakenne sille aikakaudelle ja korjaustapa. Tämän jälkeen on pohdittu rakenteen korjausta haitta-ainekapseloinnin näkökulmasta.

### 4.1 Vanha ulkoseinä, nykyinen väliseinä

Tarkasteltava vanha ulkoseinä on 1950-luvulla rakennettu muurattu ulkoseinä. Rakenne on muurattu tiili, villaeriste ja rapattu kiviverhousjulkisivu. Rakennusta on laajennettu myöhemmin, jonka yhteydessä laajennuksen kohdalla ulkoseinä on jäänyt sisätilaan molemmin puolin, joten kivijulkisivu ja eristeet on pääosin purettu ja kantava tiilirunko on jätetty kantavaksi väliseinäksi. Ulkoseinän vanhan ulkopinnan puolelle on rakennettu kevyt väliseinä tasoittaman seinäpintaa ja tiilimuuraus on jäänyt sellaisenaan paikalleen. Ulkoseinän eristeet laajennuksen kohdalla on purettu osittain ja muun muassa laastipurseisiin on jäänyt kiinni villaa jonkin verran. Lisäksi alakaton yläpuolelta kiviverhousta ja villaa ei ole kokonaan purettu.

Toinen ulkoseinätyyppi on rakennettu 1950-luvulla, jossa kantava rakenne on betonia, lämmöneristeenä vuorivilla ja ulkokuorena rapattu tiilimuuraus. Rakennusta on myöhemmin laajennettu ja ulkoseinä on jätetty lähes sellaisenaan kantavasti väliseinäksi. Laajennusosa, joka on yhdistetty osittain vanhaan ulkoseinärakenteeseen, on sisäpuolelle jääneen ulkoseinän osalta purettu rappauspinta pois. Kantavaksi rakenteeksi on siis jäänyt betonirunko, jonka toisella puolella on vuorivilla (60mm) ja tiilimuuraus. Rakenteessa ei ole ilmarakoa tai tuulensuojalevyä.

#### 4.1.1 Ulkoseinät 1950-luvulla

Tyypillisiä ulkoseiniä 1950-luvulla oli muutamia. Paikallavalettuja betoniseiniä tehtiin ja villaeristysten päälle asennettiin mineriittilevy, joka sisältää usein asbestia. Villaeriste ei tuolloin ollut kummoinen, maksimissaan 100 mm paksu. Sandwich-elementtejä valmistettiin jo tuolloin ja niitä käytettiin paljon asuinkerrostaloissa ja jopa rivitaloissa. Näissä seinissä kantava runko oli betonia, sen ulkopuolella mineraalivillaeriste. Ulkokuorena käytettiin betonia, jota käsiteltiin pesubetonipinnaksi tai päällystettiin eri materiaaleilla, kuten laatoilla tai maaleilla. Myös massiivisia tiiliulkoseiniä tehtiin, jotka pystyivät toimimaan myös kantavina seininä. (Hometalkoot.)

Molemmat tässä opinnäytetyössä tarkastellut ulkoseinärakenteet ovat tyypillisiä tuon ajan ulkoseinärakenteita.

#### 4.1.2 Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot

Osittain puretusta ulkoseinästä tehdyistä tutkimuksista huomattiin, että seinästä oli voimakasta ilmavirtaa huoneeseen päin. Tämä voi johtua siitä, että tiilimuurattu rakenne on lähtökohdaltaan epähomogeenisempi kuin massiivinen seinä, kuten esimerkiksi valettu betoniseinä. Tämä tarkoittaa sitä, että tiiliseinä on huokoinen ja päästää ilmavirtaa lävitseen. Lisäksi seinässä oli tiivistämättömiä

läpivientejä, jotka vaikuttavat ilmavirtaukseen huoneiden välillä yhdessä koneellisen ilmanvaihdon kanssa. Seinissä olevista villajäämistä on todennäköisesti irronnut kuituja sisäilmaan ja seinän viereisissä tiloissa oli havaittu sisäilmaongelmiin viittaavia oireita.

Toiseen, purkamattomaan rakenteeseen tehtiin rakenneavaukset näytteenottoja varten. Epäiltiin, että vanha vuorivilla on saattanut ajan myötä haurastua ja siitä on voinut irrota kuituja. Tiiviysmittauksissa havaittiin, että seinästä ei kuitenkaan ilmennyt suurempia vuotoja esim. ovien tai läpivientien kohdalla. Levyseinän takana vuoto oli kuitenkin merkittävä seinän pinnan tasolla (kuva 1, 2 ja 3). Vuotovirtaukset ovat olleet myös mahdollisia välipohjaliittymien ja epätiivien läpivientien kautta vaakatasossa huoneesta toiseen.



Kuva 1 Merkkisavun avulla tehdyssä kokeessa todettiin selkeitä ilmavirtauksia (Sisäilmaraportti).



Kuva 2 Myöhemmin tehdyssä muutos- ja purkutöissä on jätetty osittain eristeitä levyseinän taakse (Sisäilmaraportti).



Kuva 3 Alakattotilaa tarkasteltaessa huomattiin vanhan seinän julkisivuverhous, joka oli vielä paikallaan (Sisäilmaraaportti).

#### 4.1.3 Korjausratkaisu

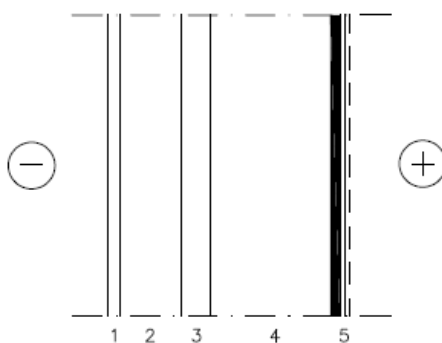
Korjausratkaisun suunnittelu on tehty käyttäjien kokemusten avulla tehtyjä kuntotutkimuksien ja niiden tulosten pohjalta. Korjausratkaisussa vanha kantava tiilimuuraus jätetään paikoilleen, vaan sille tehdään mekaaninen puhdistus ja tiivistyskorjaus, sillä tiilimuuraus on epätiivis ja läpäisee merkittävästi ilmaa lävitseen huoneiden välillä. Korjausratkaisuksi on esitetty, että levyseinä puretaan. Tämän lisäksi puretaan myös loput eristeet laastipurseista ennen uutta pintamateriaalia. Lisäksi, mikäli muuraussiteitä on jäänyt paikoilleen tai jos vanha muurauslaasti on heikosti kiinni, ne poistetaan. Tämän jälkeen tiiliseinä rapattiin (kuva 4 ja 5). Seinää ei oikaistu, vaan rappaus tehtiin tiivistysaineen levityksen helpottamiseksi. Kun rappaus oli kuivunut, levitettiin haitta-ainekapselointiainetta laamalla. Nurkkakohdat levitettiin pensselillä. Kapselointiaineena käytettiin TKR-pinnoitetta, joka levitettiin kolme kertaa: pohjakerros, välikerros ja pintakerros. Tiivistys tehtiin kahdella eri pinnoitteella, josta väli- ja pintakerroksessa oli sama pinnoite. Lopuksi seinän eteen rakennettiin uusi kevytrakenteinen väliseinä, joka tekee huoneen seinistä suorat ja oikaisee hammastukset seinälinjassa.



Kuva 4 Osittain purettu vanha ulkoseinä. Tiiliseinä rapataan ja kapseloidaan (Juvonen 2017).



Kuva 5 Osittain purettu vanha ulkoseinä rapataan ja kapseloidaan (Juvonen 2017).



Rakennekerrrokset:

- |        |  |
|--------|--|
| 130 mm | 1. Vanha rappaus   |
| 60 mm  | 2. Vanha tiilimuuraus  |
| 270 mm | 3. Vanha lämmöneriste, vuorivilla                                    |
|        | 4. Vanha tiilirunko  |
|        | 5. Vanha pinnoite poistetaan,<br>uusi pinnoitus työselityksen mukaan |

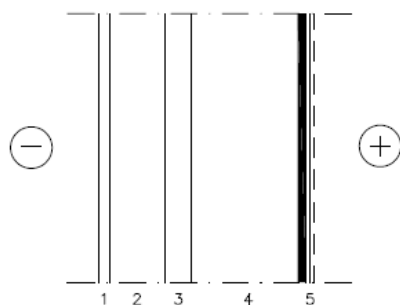
Ohje:

US01B on nykyisin väliseinä, sitä puretaan levytys ja eristys työselityksen mukaan, ne ovat rakenteiden 1, 2 ja 3 paikalla. Pinta puhdistetaan mekaanisesti työselityksen mukaan. ja pinnotetaan työselityksen mukaan.

Kuva 6 Detaljokuva rakenteesta (Ins. toimisto Savolainen)

Toiseen ulkoseinään, jota ei pureta, kapseloidaan rakenne kauttaaltaan (kuvat 8, 9 ja 14). Vanhat pinnat puhdistetaan ja tasoitetaan uudelleen. Tasoitteen alle asennetaan yhtenäinen tiivistys, joka alkaa ripalaatastovälipohjan alalaatan yläpinnasta. Tällöin tiivistyskorjaus alkaa jo ennen uutta välipohjarakennetta (kuvat 10, 11 ja 12). Seinään tehdään rakenteen oikaisutyö ennen tiivistystä. Tiivistys tehdään TKR-pinnoitteella, jonka päälle tulee seinätasoite ja maalaus. Korjauksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota liittymäpintojen tiivistyksiin, kuten seinän ja välipohjan liittymään ja läpivien-

teihin. Seinäpinta kapseloidaan niiltä osin, kun vanha ulkoseinärakenteen molemmat puolet ovat sisältä. Eli sen ulkopuolelle menevät osat ulkoseinästä korjataan normaalin ulkoseinän työselityksen mukaan.



Rakennekerrokset:

- |        |   |
|--------|---|
| 130 mm | 1. Vanha rappaus  |
| 60 mm  | 2. Vanha tiilimuuraus   |
| 270 mm | 3. Vanha lämmöneriste, vuorivilla                                 |
|        | 4. Vanha betonirunko  |
|        | 5. Vanha pinnoite poistetaan, uusi pinnoitus työselityksen mukaan |

Kuva 7 Rakennekuva kapseloitavasta seinästä (Ins. toimisto Savolainen)



Kuva 8 Kuva osittain kapseloitavasta ulkoseinälinjasta (Juvonen 2017)



Kuva 9 Takana näkyy ikkunan alalinjaan kapseloitu ulkoseinä. Lattiasa tiivistettyjä välipohjan läpivientejä (Juvonen 2017).



Kuva 10 Ulkoseinän kapselointi aloitetaan alhaalta asti jo ennen uutta lattiarakennetta. Kuvassa pohja ennen tiivistystä (Juvonen 2017).



Kuva 11 Seinän alaosan ensimmäinen tiivistyskäsittely, TKR hyytelö 1 (Juvonen 2017).



Kuva 12 Tiivistys tehtynä uuden lattiarakenteen kohdalla. Valkoinen hyytelön väri erottaa mahdolliset raot hyvin (Juvonen 2017).





Kuva 13 Uuden lattian pintavalun irroituskasta liimattiin kiinni ylimääräisten reikien ehkäisemiseksi valmiiseen tiivistuspintaan (Juvonen 2017).



Kuva 14 Valmiiksi kapseloitu vanha ulkoseinäpinta (nyk. väliseinä). Seinän ja välipohjan liitos on taitettu pintatasoitteen alle (Juvonen 2017).

#### 4.1.4 Korjausratkaisuna kapselointi

##### Osittain purettu

Korjausratkaisu vanhan tiilirungon säilyttämisestä ja tiivistämisestä on pääosin kunnollinen. Ulkoseinän ulkokuorta ei olla purettu välipohjan kohdalta, jonka kautta uskottiin vanhan ulkoseinän eristeiden kuitujen leviävän viereiseen tilaan. Se on todennäköistä, mikäli rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto ja tilassa on paljaana, pölynsidontakäsitlemätöntä villaa. Lisäksi mahdollisesti epätiivit läpiviennit mahdollistavat kuitujen ja rakennuspölyn kulkeutumisen viereisiin tiloihin. Vanhan tiilimuurauksen jättäminen kantavaksi väliseinäksi on toisaalta hyvä asia, sillä silloin ei tarvitse luoda uusia vahvistuksia seinälinjaan, ellei seinän suurempien aukkojen, esimerkiksi ovien, paikat muutu. Korjausratkaisuna seinän läpikäyminen kokonaan ja kapselointi kautaltaan herättää kysy-

myksen, miksi kapseloidaan. Tässä tilanteessa varsinainen ongelma eli mineraalivillan kuidut on poistettu. Tämän päälle vielä rapataan uusi tiivis laastipinta, jotta tiiliseinästä saadaan yhtenäinen. Onko kyseessä vain varmistustoimenpide, jolla halutaan pitkäaikainen ja kestävä ratkaisu vai onko se kapselointi suunniteltu seinälle, koska rakenteesta on löydetty sisäilman laatuun heikentävästi vaikuttavia tekijöitä.

#### Jäävä rakenne

Jäävän, purkamattoman ulkoseinän tiivistyssuunnitelmissa on otettu monia eri asioita huomioon. Käyttäjien kokemuksia on käytetty tiivistystä suunniteltaessa siten, että rakenne ja käyttäjän kokemukset sen lähettyviltä täsmäävät rakenteen epätiiveyteen ja mahdollisiin sen aiheuttamiin riskeihin. Lisäksi rakenteesta tiedetään se, että siellä on todettu mikrobikasvustoa ja todella vähäistä vuotoa rakenteesta pois päin. Kapselointi kauttaaltaan kuulostaa järkevältä, sillä silloin kaikki mahdolliset epätiivelykohdat saadaan suljettua haitta-aineilta ja näin muiden tekijöiden kanssa parannettua sisäilman laatua. Kapseloinnin laajuuteen on hyvä kiinnittää huomiota sitä suunniteltaessa. Kuitenkin, mikrobikasvusto tarvitsee hyvät olosuhteet kasvamiselle. Tämä tarkoittaa sitä, että kasvustoa kapseloidessa tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, ettei kasvusto pääsisi lisääntymään entisestään eli sen lähde tulisi saada kuriin mahdollisimman hyvin. Ulkoseinärakenne, joka osin ulottuu sisätilaan molemmin puolin ja osittain taas ulkotilaan toiselta puolelta, joka on yhtenäinen rakenne ja sen ominaisuudet ulottuvat koko seinärakenteeseen. Näin ollen, pelkkä rakenteen sisälle jäävän osuuden pinnoittaminen ei välttämättä poista koko ongelmaa, sillä vuotoa voi tulla muualtakin seinäpinnasta suunnitellun pinnoitusalueen ulkopuolelta. Jos esimerkiksi laajennusosa, joka on tehty puolitoista kerrosta korkeaksi, ei puoli kerrosta korkea pinnoitus välttämättä riitä pidättämään haitta-aineita koko seinän matkalta, varsinkin jos seinäpinta on muuten epätiivis. Siksi on siis tärkeää, että suunnitelmissa varmistetaan, että kaikki mahdolliset vuotokohdat tiivistetään niin, ettei ulkoseinän eristeen epäpuhtaudet pääse sisäilmaan.

Ulkoseiniin tulevien ovien tiivistys on yksi tekijä onnistuneen tiivistyksen kannalta. Vanhan oven sijoittuminen ulkoseinän eristeen kohdalle tarkoittaa sitä, että uuden oven asennuksen yhteydessä ulkoseinän ja oven liitoksen tiivistys tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti onnistuneen tiivistyskorjauksen mahdollistamiseksi. Mikäli vanhan oven tilalle ei ole tulossa uutta ovea, koskee tiivistys myös aukkoa, jos sen puron yhteydessä saadaan todettua, ettei liitos ole tiivis.

Läpiviennit ja asennukset kapseloitavaan seinään tulee suunnitella huolella. Esimerkiksi sähköläpiviennit, jotka kulkevat hyllyllä ja joihin jätetään varauksia, niin niiden tiivistys voi olla haasteellista. Tiivistyksen ylläpito on tässä tärkeässä roolissa. Mikäli myöhemmin asennettaisiin lisää kaapeleita ja käytetään jätettyjä varauksia, niin läpiviennin uudelleentiivistys tulee ajankohtaisesti. Tämä koskee myös asennuksia. Huoltokirjaan tulisi merkitä tarkat käyttöohjeet, jotta käyttäjällä säilyy tiiviit rakenteet jatkossakin.

## 4.2 Välipohja, alalaattapalkisto

Välipohjarakenne on 1950-luvulla rakennettu ns. "ripalaatasto", jota kutsutaan myös alalaattapalkistoksi. Rakenne on kaksoislaattainen välipohja. Alapuolinen laatta ja pintalaatta ovat tehty ns. "säätöbetonilla", jossa betonin raekoko normaali, mutta sekaan on lisätty luonnonkiviä. Alalaattapalkisto muodostaa ns. arkkuja, joihin on tehty muottilauδοitus varten. Tämä siis tarkoittaa sitä, että muottilauδοitus jää laattojen väliin ja rakenne on altis kosteudelle jo betonin kuivumisesta alkaen (kuva 15). Pitkällä aikavälillä kosteus altistaa mikrobivaurioille. Märkätilojen kohdalla rakenteessa on pikisively, jota on käytetty vesieristeenä. Pikisively voi sisältää vaarallisia haitta-aineita, kuten asbestia ja PAH-yhdisteitä.



Kuva 15 Kuva avatun ripalaataston sisältä. Kuvasta voidaan huomata vanha muottilauδοitus välikeroksessa (sisäilmaraportit).



Kuva 16 Kuva ripalaataston sisältä (sisäilmaraportit).

### 4.2.1 Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot

Rakennetta avattaessa havaittiin, että välipohja sisälsi runsaasti orgaanista jätettä ja sieltä tuli vahva tunkkainen hajua. Puiset muottipuut ovat jääneet välipohjaan ja arkuista löytyi satunnaisesti muuta

rakennusjätettä, kuten kiviä ja sanomalehtiä (kuva 16). Tarkempien tarkastelujen jälkeen havaittiin, että muottipuissa on ollut aiemmin kosteutta. Ajan saatossa ne olivat kuitenkin kuivuneet. Tutkimusnäytteiden avulla todennettiin, että osassa kohtaa oli selvä mikrobikasvu tai epäilty mikrobikasvu. Lämpivienneissä rakenteiden liitoksissa ja talotekniikan läpivienneissä havaittiin puutteita. Alalaatatapalkistovälipohjaan oli sijoitettu talotekniikkaa, joka oli ajan myötä vuotanut jonkin verran. Käyttäjän tietojen perusteella rakennuksissa on sattunut aiemmin vesivahinkoja. Asbesti- ja haitta-ainetutkimuksessa huomattiin, että välipohjiin sijoitetuissa lämpölinjoissa oli asbestia sisältävät eristeet. Märkätilojen pikisivelyä tutkittaessa todettiin, ettei se sisältänyt haitta-aineita.

#### 4.2.2 Tyypillinen välipohja 1950-luvulla

Rakenne on tyypillinen 1950-luvulla rakennettu välipohjarakenne. 1950-luvulla rakennettiin paljon tällaisia välipohjia, joissa käytettiin useita orgaanisia, kosteudelle alttiita kerroksia, kuten puuta ja puupitoisia eristeitä (tojax). Tyypillisesti rakenne ylhäältäpäin lueteltuna on maali tai muovimatto, pintalaatta tai lattialauta, askeläänieristys koolauksen ja betonipalkin välissä ja alapuolinen laatta, noin 40mm. Täyteenä usein käytetty purua, sammalta, koxsin kuonaa, hiekkaa ym. Alapuolinen verhous on ollut rappaus tai maali (kuva 17). Jo taustatietojen perusteella voidaan todeta, että rakenne sisältää runsaasti orgaanisia materiaaleja, jotka ovat riskialttiita erityisesti kosteusrasitukselle. Tuohon aikaan myös jonkin verran sijoitettiin talotekniikkaa arkkujen sisään, jotka eristettiin usein asbestieristeillä. Mahdolliset vuodot putkissa ei välttämättä näy kuin vasta sisäilmaongelmina tai tummentumina alapuolisen laatan alapuolisessa päällysteessä irtoamina, halkeamina tai vetenä. Märkätilojen kohdalla lattiassa käytettiin pikisivelyä, kermiä tai valuasfalttia. Nämä materiaalit sisältävät usein haitallisia aineita, kuten PAH-yhdisteitä ja asbestia. Mikäli lattia on maalattu, voi siinä esiintyä terveydelle haitallisia raskasmetalleja. Kun taas muovimatolla päällystetyissä välipohjissa voi maton tai jalkalistan kiinnikkeissä olla asbestia. (Hometalkoot).



Kuva 17 Havainnoiva kuva tyypillisestä välipohjasta 1950-luvulta (Hometalkoot).

### 4.2.3 Korjaustapa

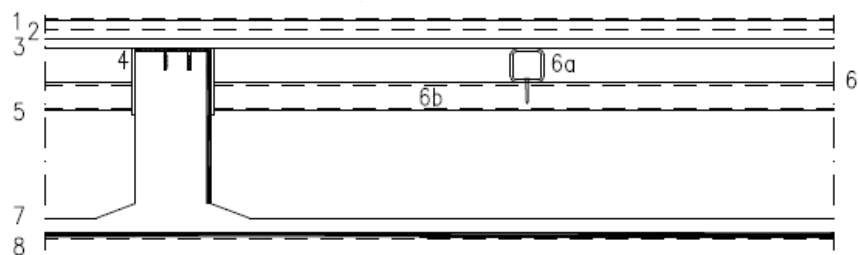
Rakenteen korjaus on suunniteltu yhdessä käyttäjäkokemuksien, rakennuksen kuntoarvion ja kunto- tutkimusten pohjalta. Ennen korjauksen aloitusta tehtiin kattava asbesti- ja haitta-ainetutkimus koko rakennukseen. Tutkittiin mahdollisesti asbestia sisältävät rakenteet ja luotiin niistä rakenne- ja paikannuspiirustukset. Ennen korjaustöitä myös haitta-aineet tulee poistaa. Osa alalaattapalkistoväli- pohjasta purettiin asbestipurkuna, sillä lämpölinjojen eristeissä sisältävä asbesti tuli poistaa turvalli- sesti aiheuttamatta vaaraa ympäristöön tai kenenkään terveydelle. Asbestipurkusuunnitelma oli luo- tu erikseen työmaalle tavallisen purkusuunnitelman lisäksi. Korjaussuunnitelmissa oli määritelty eri väli- ja palkkityypit ja niiden rakenteet sekä korjausratkaisu. Alalaattapalkiston yläpinta puretaan (puret- tava rakenne: väh. 60 mm teräsbetoni +tasoitekerrokset +laudoitus). Lisäksi puretaan rakenteen si- sällä olevat muottilaudat ja täyteaineet sekä vanhat talotekniset asennukset. Pinnat puhdistetaan mekaanisesti. Märkätilojen osalta tasoitekerroksen alla voi olla alkuperäinen kosteuseristys, haitta- aineita sisältämätön pikisively. Alalaatan paksuus noin 40 mm, jota ei pureta. Betonipalkistoa ei myöskään pureta, vaan sille tehdään pelkkä puhdistus, sillä muottilaudoitusta on voinut ulottua be- tonin sisään.



Kuva 18 Kuva puretusta ja mekaanisesti puhdistetusta arkusta (Juvonen 2017).

Vanhat läpiviennit valetaan alalaatasta umpeen ennen uutta ylärakennetta. Paikkavalun paksuus vä- hintään 100 mm. Paikkavalun ulotuttava ehjän laatan päälle vähintään 50 mm. (Työselitys)

Uudessa ylärakenteessa alalaattapalkisto tuetaan teräspalkeilla (kuva 18), asennetaan valumuotiksi profiilipelti, ääneneristykseksi 50 mm styroksi niiltä osin, joissa paksuus valmiista pinnasta sen salli ja sen päälle pintavalu, noin 60 mm. Lisäksi askeläänieristykseksi pellin ja betonipalkin väliin asenne- taan polystyreenikaista (kuva 19).



## Rakennekerrokset:

- |          |  |
|----------|--|
|          | 1. Lattianpäällyste ja pintakäsittely työselityksen mukaan   |
| n. 60 mm | 2. Teräsbetoni-laatta, by45, luokka käyttötarkoituksen mukaan, pintahierro, raud. T5/5-150/150 rakennesuunnitelman mukaan        |
| 20 mm    | 3. Profiilipelti kuumasinkitty T20-42S-1070/0.6, kiinnitys betoni palkkeihin betoniruuvi 6 mm k300, teräspalkkeihin ruuvi D4K500 |
| 5 mm     | 4. Neopreenikaista   |
| n.390 mm | 5. Teräsbetoni alalaattapalkisto (vanha), tyhjennetään ja puhdistetaan mekaanisesti työselityksen mukaan                         |
|          | 6. Teräspalkisto valudikainen tuki, 6b RHS70*70*4 K2500, palkin, päässä lattateräskoukku 10*70 tb palkin päälle, 6a RHS60*60*4   |
| n 50 mm  | 7. Alalaatta   |
|          | 8. Kattoverhous ja pintakäsittely työselityksen mukaan   |

Kuva 19 Rakennekuva uudesta alalaattapalkistoväliphjasta. (Insinööritoimisto Savolainen)

Sen lisäksi rakenteiden liitokset kantaviin rakenteisiin ja läpivienteihin sekä liikuntasaumot tiivistetään vesieristysmenetelmällä (kuva 20). Korjausratkaisuna tähän oli epoksinnoite, joka on tarkoitettu juuri haitta-aineiden kapselointiin. Läpivientien tiivistys on suunniteltu holkkimenetelmällä. Asennetaan läpivientä suurempi kaulus pintavalua varten, joka tiivistetään ylä- ja alapuolelta vesieristysmenetelmällä.



Kuva 20 Uuden välipohjan ja ulkoseinän liitos. Liitos tiivistetään tiivistyspinnoitteella (Juvonen 2017).

#### 4.2.4 Korjausratkaisuna välipohjan tiivistäminen

Rakenne itsessään on mielenkiintoinen. Kaksoislaattapalkistolla on varmasti pyritty tekemään betonia säästäviä rakenteita, kun sodan jälkeinen rakennusbuumi toi pulaa monista rakennusmateriaaleista. Kaksoislaattavälipohjan idea on hyvä ilman orgaanisia aineita ja säästöbetonivaluja. Kosteus-



teknisesti rakenne ei ole toimiva, sillä orgaaninen aines välipohjan sisällä aiheuttaa kosteusongelman jo pintalaatan valusta alkaen. Lisäksi mahdollisesti myöhemmin tapahtuneet vesivahingot ovat yllyttäneet muottilaudoituksessa kasvavaa mikrobikasvustoa. Korjausratkaisussa on esitetty hyvin rakenteen vaurioiden korjaus, rakenteen mekaaninen puhdistus ja uusi ylärakenne ovat minusta toimiva ratkaisu haitta-aineiden ehkäisyn kannalta. Kosteusteknisesti rakenne kuitenkin herättää epäkohtia. Pintamateriaaliksi on valittu matto, joka ei päästä betonia kuivumaan kunnolla ylöspäin. Alapuolella on taas pelti, joka ei päästä lävitseen mitään. Betonin teräsrakenteinen palkiston teräsvahvistus luo välipohjan uuden pintavalun muotista kestävän yhdessä profiilipellin kanssa. Haitta-ainekapseloinnissa suunnittelutyö on erityisen tärkeää. Kuinka saadaan niin tiivis rakenne, ettei pienetkään hiukkaset ja epäpuhtaudet pääse kulkeutumaan sisäilmaan tai välipohjan sisällä tilasta toiseen. Toimiva tiivistyskokonaisuus koostuu monesta pienestä tekijästä. Tiivistystä suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon jäävän rakenteen kunto. Uusi laatta tiivistetään liitoksiin kiinni ja ehkäistään haitta-aineiden kulkeutuminen yläpuolelta sisäilmaan. Alalaatan suurimmat halkeamat tiivistetään vesieristysmenetelmällä, mutta pienet halkeamat, joita ei välttämättä voida nähdä aistinvaraisessa tarkastelussa, jäävät sellaisenaan. Riippuen halkeaman koosta, mutta suuremmissa halkeamissa ilmavirta pääsee liikkumaan alalaatan läpi sisäilmaan ja toisin päin. Halkeamien kartoitus ja tiivistys ovat tärkeässä roolissa korjausta tehdessä. Myös jäävän ja uuden rakenteen huokoisuus olisi hyvä ottaa huomioon suunnittelussa. Koko rakennuksen läpi menevä hormirakenne, kuten talotekniikkahormit ja hissit, on myös suunniteltava huolella. Sen liittymät välipohjaan liittyvissä talotekniikoissa tulisi tiivistää kunnolla. Tällöin hormissa liikkuvaan ilmaan ei pääse ilmaa ja haitta-ainejäämiä välipohjasta, eikä niitä silloin pääse sisäilmaan. Normaali palokatko ei välttämättä suodata kaikkia haitta-aineita, joita välipohjasta on löydetty. Läpiviennit ovat tärkeä osa tiivistystä. Läpiviennit tulee tiivistää sekä ylä- että alapuolelta ja varmistaa, ettei missään taloteknisissä materiaaleissa ole vuotoja ja kaikki riskit vuotoihin on eliminoitu. Läpivienneissä holkkimenetelmä minusta toimii, sillä silloin saadaan varsinainen talotekniikka vietyä puhtaasti läpi aiheuttamatta yhteyttä korjattuun välipohjaan. Alalaattapalkiston alalaatta on tyypillisesti noin 40-50 mm paksu. Tällöin monet holvin kiinnitykset, kuten kannakkeet, porataan alalaatan lävitse. Näiden alalaattaholvin läpi tulevat kiinnitykset muodostavat reitin arkkujen ja toimivan tilan välille. Näiden tiivistys voisi olla täydentävänä osana toimivaa kokonaisuutta. Myös virheet toteutuksessa voi olla riski ratkaisun toimivuudelle. Tätä voidaan seurata tarkoilla laadunvarmistustoimilla ja huolellisella toteutuksella. Työhön perehdyttäminen on suuressa roolissa. Uuden laatan halkeilut tulisi estää mahdollisimman hyvin, sillä se muodostaa läpi laatan halkeamia, joista myöhemmin voi tulla ilmavirtaa lävitse. Tiivistystyön toteutus on tärkeässä roolissa toimivan kokonaisuuden toimivuuden kannalta. Eri laadunvarmistustoimet, kuten materiaalimenekin seuranta ja työn toteutusseuranta sekä virheisiin puuttuminen ovat tärkeitä kokonaisuuksia tiivistystyötä tehdessä. Osa laadunvarmistustoimista suoritetaan myös vasta työn jälkeen, käyttäjien kokemuksien kautta. Käyttäjätyytyväisyys usein kertoo sen, onko tiivistys onnistunut ja onko sisäilma parantunut tai sen ongelmat poistunut.

### 4.3 Alapohja

Tarkasteltava alapohjarakenne on uusittava alapohja, joka on uusittava maanvarainen laatta ja on kellarin lattia. Rakenteena on päällimmäisenä lattian pintamateriaali, maali ja sen alla 150 mm teräsbetonilaatta. Teräsbetonilaatassa on pikikerros, jota on käytetty vesieristeenä. Tämän jälkeen tulee perusmuurien sisäpuolen täyttömaa, joka on hiekkaa, jossa on lisänä isompia kiviä. Maanvaraisesta laatasta puuttuu sen alapuolinen eriste ja kunnollinen kapillaarikatko. Lisäksi radonin ohjausputkisto puuttuu. Alapohja on rakennettu 1950-luvulla. Alapohja on ollut öljysäiliöhuoneen lattiana, jossa tapahtunut öljyvuoto aiemmin.

#### 4.3.1 Tyypillinen alapohja 1950-luvulla

Tyypillinen kellarin lattia 1950-luvulla on maalattu teräsbetonilattia. Lattian alapuolista eristettä ei ole ja täyttömaa on usein hienojakoista täyttöhiekkaa. Ilman alapuolista eristettä lattian lämpötila on pieni ja kosteuden kapillaarinen nousu lattian läpi on voimakasta. Lisäksi lattian liittyminen ulkoseiniin tai kantaviin seiniin voi vahingoittaa myös muita rakenteita. Maanvarainen laatta ilman alapuolista eristettä luokitellaan riskirakenteeksi. Liikuntasaumot ovat usein auki ja ne ovat reilun kokoisia, joten täyttöhiekasta kantautuu usein ilmaa sisäilmaan ja tämän ohella kapillaarisuuden kertyminen laatan yläpintaan aiheuttavat kellarimaista hajua. Lisäksi kosteus voi aiheuttaa helposti mikrobikasvustoa kosteusvaurioille alttiille materiaaleille, mikäli ne ovat kosketuksissa alapohjalaatan kanssa. Maanvaraisissa laatoissa ja välipohjissa käytettiin kosteuseristyksenä pikisivelyä, jossa saattaa olla asbestia tai PAH-yhdisteitä. Materiaaleista ja rakenteista päätellen tarkasteltu alapohjarakenne on aikakaudelleen tyypillinen rakenne. (Hometalkoot.)

#### 4.3.2 Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot

Lattia on ollut öljysäiliöhuoneen ja sen viereisien tilojen maanvaraisena kellarin lattiana. Tilasta on havaittu voimakas öljyn haju ennen purkutöiden aloitusta. Käyttäjän tietojen mukaan öljysäiliöhuoneessa on aikaisemmin tapahtunut öljyvuoto. Rakenteita avattaessa saatiin otettua näytteitä mahdollisesta öljyvuodosta. Maa sisälsi öljypitoisia yhdisteitä öljysäiliön kohdalta. Kosteuden kapillaarinen nousu lattian läpi oli osassa kohtaa koitunut ongelmaksi, sillä lattiapinnoite oli hilseillyt ja joissakin tiloissa väli- ja ulkoseinien alareunoissa oli kosteusvaurioita (kuvat 21 ja 22). Betonin pinnassa sijaitsevasta maalista otettiin näytteet raskasmetallipitoisuuksia varten ja todettiin, että lattiamaali sisältää raskasmetalleja. Laatasta otettiin poranäyte, jotta selvitetäisiin kosteuseristyksenä käytetyn pikikerroksen haitta-ainepitoisuudet. Näytteestä ei löydetty haitta-aineita.





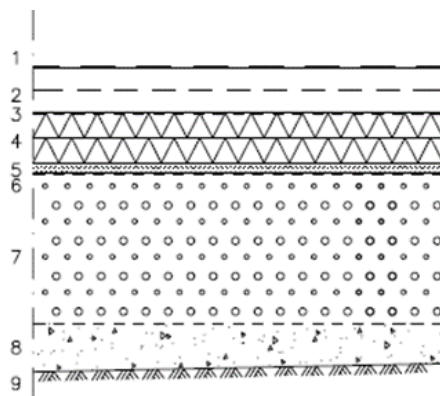
Kuva 21 Kellarin väliseinän alaosan kosteusvaurio. (Sisäilmaraportti)



Kuva 22 Kellarin maanpaineseinän kosteusvaurio. (Sisäilmaraportti)

#### 4.3.3 Korjausratkaisu

Alapohjan korjaustapa on laatan uusiminen. Öljysäiliöhuoneessa oli tullut öljyvuoto, joten oli mahdollista, että laatta ja sen alla oleva täyttöhiekka on saastunut. Laatta puretaan ja poistetaan saastunut maa-aines alapohjasta. Saastunut maa-aines käsitellään ympäristöviranomaisten ohjeiden mukaisesti. Kaivetaan muualtakin maata niin, että saadaan vähintään 300 mm paksuinen kapillaarikatko. Sen jälkeen asennetaan 100 mm eriste, johon sijoitetaan osittain talotekniikkaa, mikäli korko- maailma antaa periksi. Asennetaan radon-putkisto ja muu talotekniikka, kuten viemärit. Tämän päälle valetaan lattian pintavalu noin 150 mm (kuva 23). Laatan liittymät ja läpiviennit muihin rakenteisiin tiivistetään TKR-pinnoitteella. Tiivistys tehdään mahdollisten öljyjäämien ja radonin torjuntaa varten.



## Rakennekerrokset:

- |               |   |
|---------------|---|
|               | 1. Pintamateriaali/–käsittely työselityksen mukaan  |
| 100 mm        | 2. Pintabetoni, by 45, luokka käyttötarkoituksen mukaan, pintahierto  |
| 100 mm        | 3. Suodatinkangas luokka N2, saumat limitetty ja teipattu   |
|               | 4. Lämmöneriste, EPS 100 Lattia, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK, pontatut levyt tai kaksinkertaiset levyt, 1m:n reuna-alueella sekä lattialämmityksen kohdalla 200mm |
| 20 mm         | 5. Tasaushiekka (tarvittaessa)  |
|               | 6. Suodatinkangas, luokka N2  |
| $\geq 300$ mm | 7. Salaojituseros, raekoko $\varnothing$ 6...16mm, koneellisesti tiivistetty  |
|               | 8. Soratäyttö tarvittaessa  |
|               | 9. Perusmaa, kallistus salaojiin vähintään 1:50   |

Kuva 23 Uusi alapohjarakenne (Ins. toimisto Savolainen)

## 4.3.4 Alapohjan liitosten tiivistys kapseloimalla

Korjauksessa on huomioitu monta eri tekijää ja on tarkasti punnittu, mikä alapohjalaatta vaihdetaan ja missä toiminta on sellaista, ettei välttämättä tarvitse vaihtaa alapohjalaattaa. Näissä kapillaarinen nousu on todennäköisesti suurin ongelma, mutta haitta-aineiden kapseloinnin näkökulmasta on tiivistystyö tehtävä kunnolla, ettei ilman epäpuhtaudet pääse sisäilmaan. Radonin jälkiasennuksessa on tärkeää, että se tehdään oikein ja radon säteily ohjataan ulos rakennuksesta. Uuden laatan tiivistys rakenteisiin, kuten ulkoseiniin, kantaviin väliseiniin, pilareihin ja taloteknisiin läpivienteihin tulee tehdä kunnolla. Teräsbetoni-laatan vaihto ja saastuneen maa-aineksen poisto huoneesta, jossa on tapahtunut öljyvahinko, ei välttämättä tarkoita sitä, että ongelma olisi kokonaan poistunut. Laattaan ja maahan imeytynyt öljy on saattanut levitä laajemmalle alueelle, kuten ulkoseiniin. Öljyn haihtumista voi siis tapahtua myös ulkoseinien sisäpinoilta. Siksi on tärkeää, että myös ne pinnat korjataan ja kapseloidaan, niin kuin on suunniteltu. Toteutuksen virheet voi horjuttaa laatan ilmatiiveyttä, mikäli laatta pääsee suuresti halkeilemaan. Tähän voidaan vaikuttaa suunnittelemalla ja toteuttamalla työ tarkasti ja käyttämällä erilaisia laadunvarmistustoimia. Uuden laatan valussa tulee olla tarkkana. Valettava laatta on paksu ja muotoja ja läpivientejä on paljon, joten valutekniikkaan ja eritoten raudoituksiin tulee kiinnittää huomiota, ettei laatta pääse halkeilemaan. Raudoitukset tulee asentaa ja tarkastaa ennen valua. Eritoten Pilareiden ja talotekniikan sidosraudat tulee varmistaa huolella. Laatan jälkihoito on myös tärkeässä roolissa, ettei laatta pääse halkeilemaan. Laatta voidaan peittää vettä läpäisemättömällä materiaalilla, kuten muovilla ja antaa betonin sitoutua rauhassa. Lisäksi betonin lämpötila- ja lujuudenkehittymisen seuranta tulee tehdä oikein ja suunnitellusti, jotta lopputulos olisi mahdollisimman laadukas.

#### 4.4 Rakenteiden liitokset, ikkunat

Tarkasteltavassa kohteessa ulkoseinä on rakennettu 1950-luvulla. Ulkoseinän rakenne on sisältäpäin lueteltuna betonirunko 270mm, vuorivilla 60mm ja rapattu tiilijulkisivu, jossa ei ole tuulensuojalevyä eikä ilmarakoa. Rakenne on tyypillinen 1950-luvulla rakennettu ulkoseinärakenne. Osa ikkunoista on uusittu 1994-1998, mutta osa ikkunoista ovat alkuperäisiä. Tarkasteltavassa kohteessa ikkunan penkinä on mosaiikkibetonitaso. Alkuperäiset ikkunat ovat sivusaranoituja ja osin kippisaranoituja kaksinkertaisia puuikkunoita. Näiden ikkunoiden karmit ovat asennettu ennen sisäpuolen rappausta. (Työselitys).



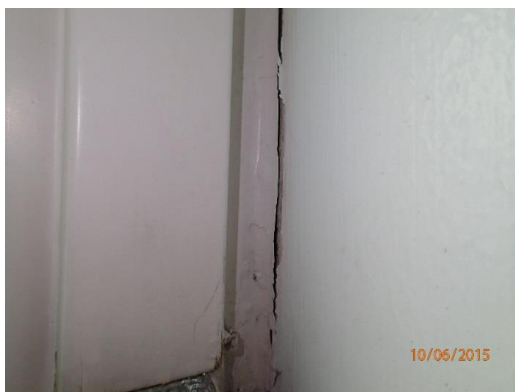
Kuva 24 Vanha puuikkuna, jossa mosaiikkibetonitaso (Työselitys)

##### 4.4.1 Rakenteesta havaitut haitta-aineet / vauriot

Ulkoseinän eristeestä (ks. ylempää) on löydetty mikrobikasvustoa. Merkkiainekokeiden perusteella ulkoseinä ei vuoda lähes lainkaan ilmaa, mutta ikkunoiden kohdalla ilmavuoto oli merkittävä sisään-päin (kuva 26). Ikkunoiden apukarmeissa pystyttiin huomaamaan joitakin kosteuden jättämiä jälkiä ja tarkemmissa tutkimuksissa osasta ikkunoiden apukarmeista ja rakenteista löydettiin mikrobikasvustoa. Osilla ikkunoilla on kuitenkin riski altistua kosteudelle rakennuksen rakenteiden sijoittumisen vuoksi (kuva 25).



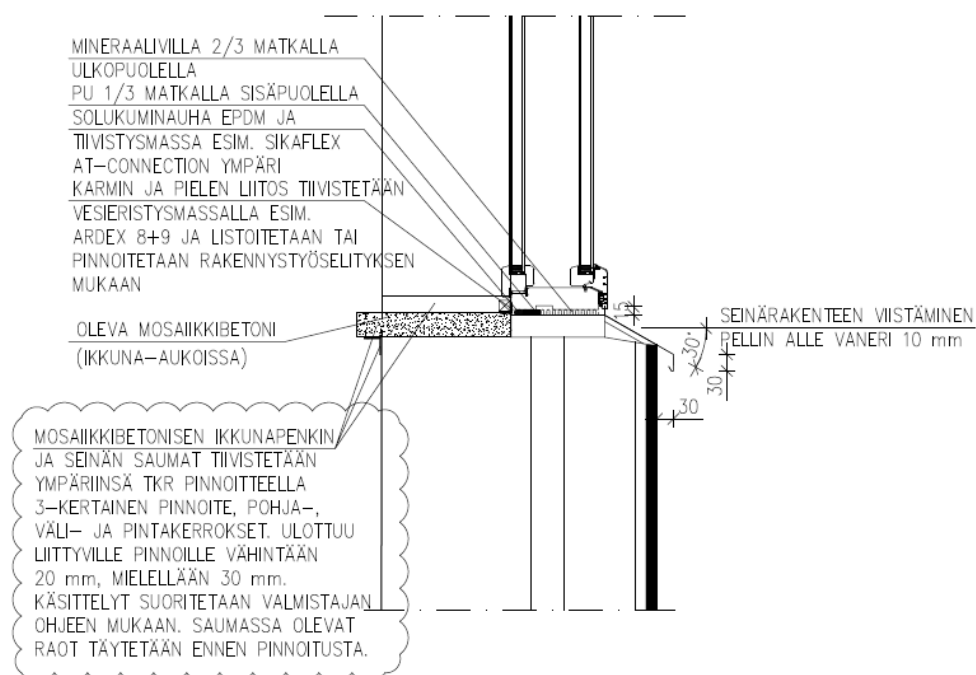
Kuva 25 Katon sijoittuminen ikkunan lähelle lisää kosteudelle altistumisen riskiä (Sisäilmaraportti).



Kuva 26 Ilmavuotokohta ikkunarakenteessa (Sisäilmaraportti)

#### 4.4.2 Korjausratkaisu

Korjausratkaisun suunnittelussa on käytetty käyttäjien kokemuksen ja asiantuntijoiden aistinvaraisen tutkimisen lisäksi otetuista näytteistä tehtyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia. Korjausratkaisuna on ikkunojen uusiminen. Osa ikkunoista ovat alkuperäiset eivätkä enää vastaa nykyajan rakentamisen vaatimuksia. Lisäksi havaittu mikrobikasvusto ikkunarakenteissa ovat riski sisäilmalle, sillä ilman konvektion avulla ne pääsevät sisäilmaan, koska rakennus on alipaineinen. Ikkunoiden penkit säilytetään ja ummistettujen ikkuna-aukkojen mosaiikkibetonitasot pyritään käyttämään uudelleen uusissa ikkuna-aukoissa. Ikkunan karmit tiivistetään reunoilta kauttaaltaan (kuvat 28, 29 ja 30). Ikkunan tiivistys tehdään haitta-ainekapselointipinnoitteella, joka on tarkoitettu juuri ikkunan tiivistyskorjauksiin (kuvat 31, 32 ja 35). Tarkasteltavassa kohteessa käytettiin TKR-marketing -yrityksen tuotteita. Ikkunassa käytetään kolmea eri hyytelöä: Peruspinoite, (hyytelö 1), ikkunan tiivistykseen tarkoitettua harmaata hyytelöä (hyytelö 4), ja valkoista hyytelöä (hyytelö 2). Ikkunan tiivistyksen lisäksi ikkunapenkin reunat tiivistetään samalla menetelmällä (kuva 27).



Kuva 27 Rakennekuva ja selitystä ikkunan tiivistyksestä (Ins. toimisto Savolainen)

Ikkunat listoitetaan normaalisti ja listat kiinnitetään liimalla, jottei puhkaista tiivistä kalvoa.



Kuva 28 Vanhojen ikkunoiden piilien rappauspinnat olivat hauraat (Juvonen 2017).



Kuva 29 Ikkuna tiivistettiin ensin uretaanivaahdolla. Tässä vaiheessa teipattiin myös raja tiivistyspinnotteelle turhan sotkun välttämiseksi (Juvonen 2017).



Kuva 30 Uretaanitiivistyksen jälkeen ikkunan pielet kitattiin akryylimassalla (Juvonen 2017).

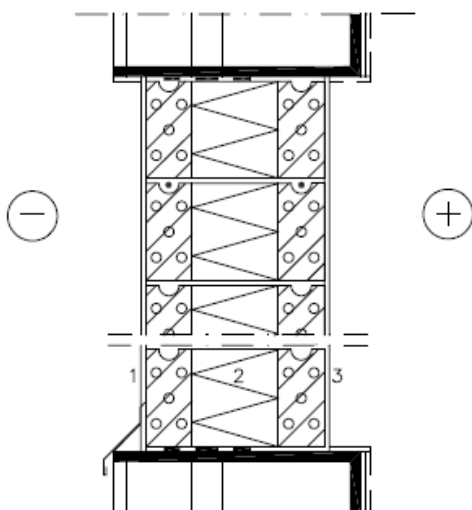


Kuva 31 Ikkuna tiivistettiin tiivistykseen sopivalla pinnoitteella. (Juvonen 2017)



Kuva 32 Merkkiainekokeen avulla voitiin kartoittaa mahdolliset vuotokohtat. (Juvonen 2017)

Vanhan ikkuna-aukon ummistus tehdään niin, että tiivistetään ensin ulkoseinä ikkunan piilien kohdalta kokonaan ja sen jälkeen aukko muurataan umpeen lämpöharkoilla (kuva 33). Uusissa ikkuna-aukoissa tiivistystyöt tehdään samalla tavalla kuin niissä, missä ikkunat vaihdetaan.



Kuva 33 Ennen aukon umpeutusta suoritetaan tiivistystyö. (Ins. toimisto Savolainen)





Kuva 34 Irrotetun mosaiikkibetonitason alla on huokoinen tiilialusta. (Juvonen 2017)



Kuva 35 Mosaiikkibetonitasojen liittymät ulkoseiniin tiivistettiin. Kuvassa rajausteippi ylimääräisen sotkun vähentämiseksi. (Juvonen 2017)

#### 4.4.3 Ikkunoiden tiivistäminen ja kapselointi

Korjausratkaisussa on pyritty tekemään ikkunoista nykyajan vaatimuksia täyttävät ja ikkunan tiiviytyksestä niin tiivis, että sillä pystytään estämään mahdollisten ilman epäpuhtauksien kulku sisäilmaan. Ikkunoiden vaihto on vaihtoehtona ainoa, koska ikkunan rakenteista löydettiin homeita ja mikrobikasvustoa, jotka ovat sisäilman epäpuhtauksia. Ikkunan epätiiveyteen viakuttaa muutkin seikat kuin pelkkä mahdollinen Ikkunoiden lasit ovat vanhat ja ohuet, joiden U-arvo on kaukana nykypäivän vaatimuksista. Näiden seikkojen korjaaminen kokonaan voi olla lähes mahdotonta ja huomattavasti kalliimpaa kuin vaihtaa ikkunat kokonaan uusiin. Ikkunan tiivistys on monivaiheinen ja haastava saada onnistumaan. Karmi on puuta, joka on huokoinen ja päästää kaasuja lävitseen. Betoni ja sen päällä oleva rappauspinta on vanhaa ja haurasta, joten halkeamia saattaa olla pitkänkin matkan päähän, jota pitkin ilma ja kaasut voivat kulkea. Lisäksi vanha villaeriste on saastunut ja mikrobien lähde, joka voi olla sekä kantavaa betonia että myös julkisivumateriaalia vasten, sillä rakenteessa ei

ole ilmarakoa. Ikkunan karmin ja pielen välinen rako olisi myös huomioitava tiivistystä suunniteltaessa, sillä rako voi olla joko viisi millimetriä tai 50 millimetriä.

Ikkunan pielen kunto olisi tärkeää arvioida ennen tiivistyksen aloitusta. Koska ulkoseinille tehdään sisäpuolelta vain pintojen uusinta, eli koko rappauspintaa ei poisteta, mikäli se ei ole välttämätöntä. Se voi olla riski rakenteen ilma- ja kaasutiiveydelle. 1950-luvun ulkoseinää voi olla rapattu sisäpuolelta uudelleen useita kertoja, jolloin rappauspintaa voi olla kertynyt parhaimmillaan useita senttejä. Pahimmassa tapauksessa jokaisessa pintakerroksessa on pieniä tai suurempia halkeamia, jota pitkin ilma voi ikkunan ja pielen välisestä raosta kulkeutua kantavan rakenteen ulkopuolelta sisäpuolelle. Pielen rappauslaasti voi olla myös sen verran huokoista, että päästää ilmaa läpi sellaisenaan. Silloin ulkoseinäeristeestä pääsee ilmaa sen kautta sisälle, vaikka ikkuna olisi tiivistetty suunnitelmien mukaisesti ja todettu kaasutiiviiksi.

Mikäli ikkunasta halutaan tiivis, on myös ikkunapenkin, eli mosaiikkibetonitason liitokset muihin rakenteisiin oltava tiiviit. Tähän pätee sama kuin ikkunapieliinkin. Mosaiikkibetonin alla oleva tiilikerros on epähomogeenisempi kuin betoni tai laasti, joten se vuotaa helposti ilmaa. Jos tiilen yläpinta ja ikkunapenkin liitos on tiivis, voi ilma tulla tiilen alapuolelta, riippuen kiinnityslaastin ja pintarappauksen kunnosta. Toteutuksen virheet voi olla tekijä epätiiviiden ikkunoiden syntymiseen. Tiivistystyössä työn laadun seuranta on keskeisessä roolissa. Materiaalimenekkeiseuranta ja työn jäljen laadunvarmistus on hoidettava kunnolla ja suunnitelmien mukaisesti, jotta onnistunut tiivistyskokonaisuus saadaan tehtyä.



## 5 KAPSELOINTIMENETELMÄT

Haitta-ainekapselointimenetelmää valittaessa tulee selvittää, mitä haitta-ainetta tai rakennetta ollaan kapseloimassa. Menetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä on useita. Kapseloitava haitta-aine usein kertoo, mikä menetelmä sopii juuri kyseiselle vauriolle tai haitta-aineelle. Ennen menetelmän valintaa tulee selvittää, onko kyseinen menetelmä riittävä ja onko sillä todettu kyseisen haitta-aineen läpäisemättömyys. Tietyt kapselointimateriaalit ja -ratkaisut eivät välttämättä sovi kaikille haitta-aineille. Kapselointimateriaalin tulisi usein olla päästöluokaltaan M1, mikä tarkoittaa sitä, että se on turvallinen puhtaalle sisäilmaluokalle. Tällöin itse materiaalista ei tule päästöjä eikä se myöskään päästä lävitseen todettuja ilman epäpuhtauksia. Korjauskohteessa kapseloinnin suunnitteluun vaikuttaa myös käytettävissä oleva raha. Kapselointimateriaalit ovat kalliita, mutta on kuitenkin huomioitava, että kyseinen materiaali täyttää sille asetetut odotukset.

### 5.1 Vedeneristysmenetelmät

Kapselointi voidaan tehdä tiivistyskorjauksen yhteydessä vesieristysmenetelmällä. Vesieristeellä luodaan läpäisemätön pinta kosteudelle, ilmavirralle ja ainakin osittain diffuusiolle. Vesieristysmenetelmä on useimmiten käytetty tiivistyskorjausmenetelmä ja sopii myös kapseloinnille. Vedeneristysmenetelmä sopii kohteisiin, jossa kapseloinnin tarve on vähäinen, esimerkiksi ikkunoihin ja estää kapseloitavan haitta-aineen pääsyn lävitseen ja tiivistää liitoksen. Hyvä esimerkki vedeneristekapselointimateriaalista on Ardex 8+9.

### 5.2 Valmiit tuotteet

Kapselointi voidaan tehdä myös valmiilla tuotteilla, kuten tiivistysmatolla tai läpivientikappaleilla. Nämä usein ovat hyviä ratkaisuja, kun kapseloinnin määrä on pieni. Valmiit tuotteet käyvät hyvin kapselointiin, joissa alueet ovat tasaisia helposti päällystettävissä.

### 5.3 Pinnoitteet

Kapseloinnissa voidaan käyttää erilaisia pinnoitteita, jotka on tarkoitettu sisäilmakorjauksiin ja rakenteiden tiivistykseen. Pinnoite on usein paras ratkaisu, sillä pinnoitteet kestävät hyvin rasitusta ja pinnasta saadaan tiivis. Lisäksi pinnoitteet ovat helppoja työstää ja niitä voidaan käyttää laajemmillekin alueille, kuten lattia- tai seinäpinnoissa.

#### TKR-Marketing -pinnoitteet

TKR-tuotteet ovat erityisesti tiivistyskorjauksiin erikoistuneita 2-komponenttisia pinnoitteita. Pinnoitteille on tehty haitta-aineiden läpäisevyystudkimukset, joilla on todettu tuotteiden soveltuvuus alustaan imeytyneiden haitta-aineiden hallintaan ja rakenteiden tiivistykseen. Tuote on hajuton ja rakennusmateriaalin päästöluokaltaan M1, eli sopii kaikkiin sisäilmaluokkiin erinomaisesti. TKR pinnoitetta voidaan käyttää valmiina pintana ja vedeneristeenä. Tiivistyspinnoite voidaan asentaa pensselillä, telalla, lastalla, ruiskuttamalla tai injektoimalla. Tiivistyspinnoite koostuu kolmesta käsittelykerrasta.

TKR -pinnoitteita on neljää erilaista: Peruspinnoite, hyytelö 1, TKR-hyytelö 2 ja TKR-hyytelö 4. Hyytelöt eroavat toisistaan viskositeetiltään. Peruspinnoite on helposti levitettävä pinnoitemateriaali, joka toimii pohjusteena varsinaiselle pinnoitukselle. Pinnoitteella on hyvä tartuntakyky ja se on juoksevin kaikista hyytelöistä. Hyytelö 1 ja Hyytelö 2 ovat hyytelöitä, jotka muodostavat varsinaisen kalvopaksuuden. Näitä käytetään väli- ja pintakerroksissa. Peruspinnoitetta käytetään lattioissa ja hyytelöpinnoitteita seinissä ja kattopinnoissa. Hyytelö 4 on valmistettavista hyytelöistä viskoisin. Hyytelöä suositellaan ikkunan ja liittymäpintojen tiivistykseen, jossa pinta-ala ei ole kovin suuri. TKR - tuotteita voidaan käyttää myös vesieristeenä ja radonin tiivistyksessä ja sopii lähes kaikille materiaaleille. Valmis pinnoite kestää hyvin kulutusta ja joustavuutensa ansiosta sopii hyvin myös esimerkiksi liikuntasauvojen tiivistykseen.

## 6 LAADUNVARMISTUS TUOTANNOSSA

Sisäilmakorjauksessa laadunvarmistus on oleellisessa osassa onnistumisen arvioimiseksi. Suunnitelmien siirtäminen tuotantoon ja lopputuloksen arviointi ovat tärkeitä vaiheita kaikissa työvaiheissa. Haitta-ainekapseloinnin päätavoite on tehdä sisäilmasta laadukkaampaa purkamatta tai korjaamatta vaurioita, joten tulee varmistaa huolellisesti, että työn lopputulos on riittävän hyvä ja rakennus säilyy turvallisena. Laadunvarmistusmenetelmät kannattaa päättää jo hyvissä ajoin, kuinka varmistetaan ratkaisun toimivuus.

### 6.1 Merkkiainekoeistus

Merkkiainekoeistuksella tarkoitetaan menetelmää, jossa erityisen kaasun ja mittalaitteen avulla selvitetään rakenteeseen tai rakenteen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia. Tällä menetelmällä voidaan löytää pieniäkin ilmavirtauksia ja ilmanvuotokohtia rakenteessa. Havaitsemat virtaukset jaotellaan kolmeen osaan: pistemäisiin, vähäisiin ja voimakkaisiin virtoihin. Merkkiainekoe on yksi varmimpia tapoja havaita ilmavuodot rakenteessa. Ilmavuotojen tarkastelu rakenteessa on tärkeää sisäilman laadun varmistamiseksi ja tutkimuksessa selvitetään usein vuodon voimakkuus ja paikat paikannuspiirustuksessa.

### 6.2 Työ- ja menekkiseuranta

Menekkiseuranta on toinen tehokas tuotannon aikana tapahtuvasta laadunvarmistavasta. Menekki- ja työseurannalla on mahdollisuus seurata tarkasti työn etenemistä ja reagoida työn virheisiin tai heittoihin materiaalimenekissä. Työn valvonta täytyy suunnitella ja käydä läpi työvaiheen aloituspalaverissa niin kuin muutkin laadunvarmistustoimet. Osakohteittain tehdyt mestojen tarkistukset ja päiväkirjat seuraavat työn etenemistä siten, että työstä saadaan laadukas lopputulos.

### 6.3 Käyttäjän kyselyt

Käyttäjän kokemukset ovat arvokkain tapa saada selville sisäilmakorjauksen onnistuneisuus. Vaikka kapselointi on vain yksi osa suurempaa sisäilmakorjauskokonaisuutta, kertoo se myös kapseloinnin työn laadusta aika paljon. Kyselyllä kartoitetaan käyttäjien kokemukset tiloista, joissa on tehty sisäilmakorjauksia ja niitä vertaillaan ennen korjausta havaittuihin käyttäjien kokemuksiin.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyössä tarkasteltavien rakenteiden korjaussuunnitelmiin tutustuesssa huomasin, että korjaussuunnittelijalla on aika iso vastuu, kun mietitään haitta-ainekapselointia ja korjauksen toimivuutta. Vaikka kapselointi itsessään on osa suurempaa sisäilmakorjauskokonaisuutta, on kapselointi itsessään silti suuri kokonaisuus, joka tulee hahmottaa monesta eri näkökulmasta. Rakenteiden suunnittelu tapahtuu pääosin etätöinä erilaisten raporttien avulla, joten on hyvin tärkeää, että tutkimukset tehdään huolella ja oikean korjausratkaisun löytäminen hyvissä ajoin helpottaa ja selkeyttää suunnittelutyötä. Korjauksen jälkeisiin toimenpiteisiin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Vaikka haitta-ainekapselointimateriaali olisi todettu hyväksi ja kestäväksi, sen laadunvarmistus tulee kuitenkin aina varmistaa säännöllisesti. Myöhempien korjauksien, talotekniikan lisäämisen tai erilaisten asennuksien jälkeen kapseloinnin toimivuus on hyvä varmistaa. Käyttäjien kokemukset kertovat kuitenkin pääosin sen, onko korjaus onnistunut. Siksi käyttäjien reagointi hyvissä ajoin tulee olemaan tärkeässä roolissa onnistumisen arvioinnin kannalta. Tähän yleensä liittyy toteuttajan tai tilaajan teettämä kysely, jossa kartoitetaan kokemuksia korjatuista tiloista. Jatkoa ajatellen opinnäytetyötä voisi laajentaa esimerkiksi tarkastelemalla erilaisia rakenteita lisää, eri vuosikymmeniltä ja erilaisia haitta-aineita sisältäviä rakenteita, kuten yläpohjia, märkätiloja tai maanpaineeseiniä. Opinnäytetyö on tehty suunnitelmien ja raporttien pohjalta, johon on lisätty käytännön kokemus haitta-ainekapseloinnista. Olisi myös hyvä, että pääsisi mukaan tutkimukseen testaamaan, kuinka saadaan tutkimustuloksista luotettava ja millaisista paikoista mittauksia tehdään. Lisäksi suunnitteluun osallistuminen laajentaisi työn arviointia, kun on mitetty asiaa laajemmin kuin valmiista suunnitelmista. Kehitysideana olisi myös laadunvarmistus kyselyn avulla. Laadunvarmistus tuotannossa on tullut tutuksi, joten käyttäjien tyytyväisyys tehtyyn tuotantoon ja korjauksen onnistumisen arviointi laajentaisi näkemystä sisäilmakorjauksesta ja sen onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä.

## LÄHTEET

Hengitysliitto. Saatavissa:

<https://www.hengitysliitto.fi/fi/hengityssairaudet/asbestisairaudet>

Hometalkoot. Saatavissa:

<http://hometalkoot.fi/>

LAINEN, Katariina 2014. Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen sisäilmakorjauksessa. Itä-Suomen yliopisto. Rakennusterveys. Opinnäytetyö. Saatavissa:

[https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatariina\\_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatariina_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a)

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa C3, Rakennusten lämmöneristys 2010, Määräykset. Ympäristöministeriö, Helsinki

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2, Sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriö, Helsinki