

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAKENNUKSEN HALLITSEMATTO- MIEN ILMAVUOTOJEN TIIVISTYS- KORJAUSTEN TUOTANNON SUUNNITTELU SEKÄ VALVONTA

TEKIJÄ: Jussi Pesonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jussi Pesonen	
Työn nimi Rakennuksen hallitsemattomien ilmapuotojen tiivistyskorjausten tuotannon suunnittelu sekä valvonta	
Päiväys 5.12.2022	Sivumäärä/Liitteet 34/3
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Joensuun kaupunki, Tilakeskus	
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia tarvittavat tuotannon suunnitelmat tiivistyskorjaushankkeen tuotantovaiheeseen sekä suorittaa työnjohdollista oman työn valvontaa tiivistyskorjaushankkeen aikana ja kuvata kyseisenlaisen hankkeen läpiviemistä tuotannon näkökulmasta. Työssä ei ollut ajatuksena pureutua varsinaiseen korjaussuunnitteluun vaan nimensä mukaisesti valmiiden suunnitelmien onnistuneeseen toteutukseen. Työssä käsitellään jonkin verran yleisellä tasolla rakennuksissa esiintyviä sisäilmaongelmia, hallitsemattomia ilmapuotoja sekä niiden syntymekanismeja. Lisäksi siinä kerrotaan kyseessä olleen kohteen korjauksissa käytetyistä tuotteista jonkin verran. Opinnäytetyön kohteena on käytössä oleva julkinen rakennus, joka sijaitsee Joensuussa. Kohde on valmistunut 1990-luvun alussa ja se on aikakaudelleen hyvin tyypillinen julkinen rakennus, jossa on tutkimusten mukaan todettu esiintyvän sisäilmaongelmia. Myös rakennuksen käyttäjät ovat oireilleet huonosta sisäilmasta johtuen ennen korjausten käynnistymistä. Opinnäytetyön tuloksena saatiin toteutuskelpoiset yleisaikataulu, paikka-aikakaavio, osastointisuunnitelma sekä tiedote rakennuksen käyttäjille. Näiden lisäksi kohteen korjauksista luotiin työn aikana laadunvarmistusmuistio tilaajan arkistoitavaksi. Työssä kuvattu korjaushanke täytti sille korjaussuunnitelmissa asetetut vaatimukset tiiveyden parantumisesta ainakin niiltä osin, joissa laadunvarmistustoimina käytettiin merkkiainekokeita. Korjauskohteen normaali käyttö sai myös jatkoa eikä sen käyttäjät kokeneet enää kärsivänsä huonosta sisäilmasta johtuvasta oireilusta heti korjausten jälkeen.	
Avainsanat tiivistyskorjaus, laadunvarmistus, sisäilmaongelma, korjausrakentaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author Jussi Pesonen	
Title of Thesis Production planning and supervision of sealing repairs for uncontrolled air leaks in the building	
Date 5 December 2022	Pages/Appendices 34/3
Client Organisation /Partners City of Joensuu, Tilakeskus	
Abstract The purpose of this thesis was to prepare the necessary production plans for the production phase of a sealing repair project. Another purpose was to perform self-monitoring during the sealing repair project and to describe the implementation of such a project from a production point of view. The idea of the work was not to deal with the actual repair planning but, as the name suggests, to successfully implement the ready-made plans. The thesis dealt with indoor air problems in buildings, uncontrollable air leaks and their generation mechanisms at a somewhat general level. In addition, it discussed the products used in the repairs of the object in question. The subject of the thesis was a public building in use, located in Joensuu. The site was completed in the early 1990`s and it is a very typical public building of its time, which, according to studies, had been found to have indoor air problems. The users of the building also had symptoms due to the bad indoor air before the repairs started. As a result of the thesis work, an implementable general schedule, a place-time diagram, a compartmentalization plan and an information statement for the building's users were obtained. In addition to these, a quality assurance memo was made about the item's repairs, for the customer to archive. The repair project described in the work fulfilled the requirements set for it in the repair plans for improved tightness, at least in those parts where tracer tests were used as quality assurance measures. The normal use of the repair object was also allowed to continue and its users no longer felt that they were suffering from symptoms due to bad indoor air right after the repairs.	
Keywords sealing repair, quality assurance, indoor air problem, rebuilding	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Taustatietoa	5
1.2	Työn tavoitteet ja rajausta	5
1.3	Joensuun kaupunki, Tilakeskus	6
1.4	Keskeisiä käsitteitä	7
2	SISÄILMAONGELMAT JA NIIDEN KORJAUKSET	8
2.1	Sisäilmaongelmat	8
2.2	Rakennuksen sisäilmakorjaukset	9
3	ILMANVAIHTO, ILMATIIVEYS SEKÄ ILMAVUODOT YLEISESTI	11
3.1	Rakennuksen ilmanvaihto	11
3.2	Rakennuksen ilmatiiveys	12
3.3	Ilmavuodot yleisesti	12
4	TIIVISTYSKORJAUSTEN KOHDE, KOHTEESEEN SUORITETTAVAT KORJAUKSET SEKÄ KORJAUSTEN TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU	14
4.1	Kohde	14
4.2	Kohteen korjaussuunnitelmat sekä asbesti- ja haitta-ainekartoitus	15
4.3	Korjausten toteutuksen suunnittelu	17
5	TOTEUTUSVAIHE SEKÄ TOTEUTUKSEN LAADUNVARMISTUS	21
5.1	Aloituskokous ja tuotannon aikaiset tehtävät	21
5.2	Ensimmäinen kohdekäynti 14.6.2022	22
5.3	Toinen kohdekäynti 28.6.2022	25
5.4	Kolmas kohdekäynti 11.7.2022	27
6	YHTEENVETO JA POHDINTA	29
6.1	Yhteenveto	29
6.2	Pohdinta	30
	LÄHTEET	31
	LIITE 1: KORJAUSKOHTEN YLEISAIKATAULU	32
	LIITE 2: KORJAUSKOHTEN PAIKKA-AIKAKAAVIO	33
	LIITE 3: TIEDOTE	34

1 JOHDANTO

1.1 Taustatietoa

Suomen rakennuskannan korjausvelka on suuri ja se tarkoittaa, että ennakoivaa rakennusten kunnossapitoa on laiminlyöty ja näin ollen vanhoihin rakennuksiin on tehty vain välttämättömiä korjaustoimenpiteitä käytön kannalta. Rakennusten kunnossapito on siis vähäisempää kuin rakenteiden kuluminen. Erityisesti julkiset rakennukset ja niissä esiintyvät ongelmat ovat paljon otsikoissa nykypäivän medioissa. Sisäilmaongelmat ja niistä aiheutuvat terveydelliset oireet ja haitat ovat yleinen ongelma nykyisissä 1900-luvun puolella rakennetuissa julkisissa rakennuksissa. Tästä johtuen monilla paikkakunnilla on purettu viime vuosina ennätys paljon kuntien ja kaupunkien omistamia kouluja, päiväkoteja sekä terveydenhoidolle tarkoitettuja rakennuksia. (Rakennusteollisuus, julkaisuaika tuntematon.)

Yleisesti tiedossa on paljon eri aikakausina esiintyneitä rakennusvirheitä ja puutteita, joita on syntynyt sekä rakennusten suunnittelu- että tuotantovaiheissa. Vuosien saatossa nämä ovat alkaneet aiheuttaa sisäilmaongelmia vanhoihin rakennuksiin. Näiden virheiden ja puutteiden korjaaminen on lisääntynyt joka vuosi rakennuskannan vanhentuessa, ja sitä on myös vauhdittanut uudisrakentamisen ympäristökuormitusten ajattelun lisääntyminen.

Erilaiset lait ja määräykset ohjaavat ja koskettavat vahvasti sekä uudis-, että korjausrakentamista Suomessa ja päätavoitteena kaikille näille voidaan pitää sitä, että rakennusten tulisi olla terveellisiä, turvallisia ja viihtyisiä sekä suunniteltuun käyttöönsä soveltuvia.

Vanhojen rakennusten sisäilmakorjauksia on tehty Suomessa jo useita kymmeniä vuosia ja niiden suunnittelusta löytyy paljon erilaisia julkaisuja. Korjausten tuotantovaiheesta julkaisuja löytyy kuitenkin melko vähän, joten tässä opinnäytetyössä on tarkoitus kuvata sisäilmakorjaushankkeen yhteydessä tapahtuvien tiivistyskorjausten tuotantovaihetta.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia toteutuskelpoiset tuotannon suunnitelmat vanhan rakennuksen sisäilmakorjausten osana toteutettavien hallitsemattomien ilmapuotojen tiivistyskorjauksia varten. Lisäksi työssä on tarkoitus valvoa tiivistyskorjausten toteutusta ja osallistua kohteen laadunvarmistus tutkimuksiin. Työssä tapahtuva valvonta on työnjohdollisesta näkökulmasta suoritettavaa päivittäistä työntarkastamista. Kohteen korjauksien valvontaa ja laadunvarmistustutkimuksia varten on tilaajalla virallinen valvoja, jolla on riittävät pätevyydet tehtäväänsä. Kyseinen valvoja ei ole osallisena tässä opinnäytetyössä.

Työssä käsiteltävälle korjauskohteelle on olemassa olevat korjaussuunnitelmat, joiden laatimista on edeltänyt kattavat kuntotutkimukset kohderakennuksessa. Tässä työssä ei pureuduta korjaussuunnitteluun, vaan valmiiden korjaussuunnitelmien onnistuneeseen toteutukseen ja niiden laadunvarmistamiseen.

Opinnäytetyössä käsitellään jonkin verran yleisellä tasolla myös rakennusten sisäilmaongelmia, sisäilmakorjauksissa tehtäviä toimenpiteitä sekä hallitsemattomia ilmapuotoja ja niiden yleisimpiä paikkoja rakennuksessa. Lisäksi siinä käsitellään kohteen tiivistyskorjauksissa käytettyjä tuotteita.

1.3 Joensuun kaupunki, Tilakeskus

Työn tilaaja ja työssä käsiteltävän korjauskohteen omistaja on Joensuun kaupungin Tilakeskus. Tilakeskus on myös korjaushankkeen pääurakoitsija.

Joensuun kaupungin organisaatio muodostuu konsernin johdosta sekä eri toimialoista, joita ovat elinvoiman-, hyvinvoinnin- sekä kaupunkiympäristön toimiala. Tilakeskus on osa kaupunkiympäristön toimialaa ja se vastaa kaupungin omistamien toimitilojen vuokrauksesta, kaupungin rakennusten kunnossapidosta ja kiinteistönhoidosta sekä tilojen suunnittelusta ja rakennuttamisesta.

Tilakeskuksen osana toimii rakennustekniikan yksikkö, joka vastaa tilakeskuksen rakennusten rakennusteknisestä kunnossapidosta sekä vuosihuolloista. Rakennustekniikan yksikön päätoimi on nykyisin toteuttaa korjausrakentamista tilakeskuksen omistamissa rakennuksissa. Kyseinen yksikkö toimi vielä 1990-luvulle saakka myös kaupungin rakennuttaman uudistustuotannon parissa työllistäen jopa 300 työntekijää, mutta 1990-luvun alun jälkeen sitä alettiin supistaa ja muuttaa enemmän korjausrakentamiseen erikoistuneeksi. Rakennustekniikan yksikössä on nykyään noin 20 työntekijää, joiden lisäksi siihen kuuluu kaksi toimihenkilöä. Työntekijöinä on kirvesmiehiä, puuseppiä, kaluston huoltajia sekä rakennusmiehiä ja maalareita. (Tilakeskus 2022.)

Tässä työssä käsiteltävät rakennuksen tiivistyskorjaukset ovat nykyään melko tavanomaisia ja yleisiä rakennustekniikan osaston toteuttamia töitä. Yksiköllä on siis jo vahva kokemus ja tietotaito kyseisiin korjauksiin ennen tätä työtä, mutta se toivoi saavansa joitakin parannusehdotuksia tuotantovaiheensa tämän työn tekemisestä.

1.4 Keskeisiä käsitteitä

Sisäilmaongelma

Tarkoitetaan monesti rakennuksessa vallitsevia sisäilmaeräisiä terveydellisiä- tai viihtyvyyshaittoja

Sisäilmasto

Muodostuu rakennuksen sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä

Ilmanvaihto

Rakennuksen sisällä tapahtuvaa suunniteltua käytetyn ilman vaihtamista puhtaaseen ulkoilmaan

Merkkiainekoe

Tarkoittaa tutkimusmenetelmää, jossa erityistä kaasua syötetään rakenteen sisään tai sen läpi ja selvitetään kaasua havaitsevaa mittalaitetta apuna käyttäen, onko rakenteissa tai niiden epäjatkuvuuskohdissa hallitsemattomia ilmavirtauksia. (RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Ohjeet 2015.)

Hallitsematon ilmavuoto

Rakennuksen rakenteen, rakennusosan tai rakenneliitoksen kautta kulkeutuva ilmavirta, jota ei ole suunniteltu

Mikrobit

Pieneliöitä, jotka liian suurina pitoisuuksina huoneilmassa voivat aiheuttaa terveyshaittoja tilojen käyttäjille. Mikrobeihin lukeutuu muun muassa home- ja hiivasienet sekä bakteerit.

Haitta-aine

Rakennusmateriaaleissa olevia tai niihin imeytyneitä terveydelle ja ympäristölle haitallisia aineita. Yksi yleisimmistä on asbesti, jota on käytetty vuoteen 1994 saakka monissa rakennusmateriaaleissa.

PAH-yhdisteet

Terveydelle haitallisia yhdisteitä, joita syntyy orgaanisen aineen epätäydellisen palamisen tuloksena. Yksi yleisimmistä rakennusmateriaaleissa käytetyistä PAH-yhdisteistä on kreosootti eli kivihiilipiki, jota käytetty vedeneristeenä.

VOC-yhdisteet

Haihtuvia orgaanisia kaasumaisia yhdisteitä, joita haihtuu muun muassa joistakin rakennusmateriaaleista sekä mikrobien toiminnasta

Koneellinen poisto- ja tuloilmanvaihto

Koneellisesti toteutettua ja suunniteltua sisäilman vaihtamista rakennuksessa

Ulkovaipparakenne

Ulkoilmaan tai maahan rajoittuva rakennusosa, joita ovat tyypillisesti rakennuksen yläpohja, ulkoseinät, alapohja sekä ikkunat ja ovet.

2 SISÄILMAONGELMAT JA NIIDEN KORJAUKSET

2.1 Sisäilmaongelmat

Jo vuonna 2010 ympäristöministeriön antaman arvion mukaan Suomessa altistui päivittäin kosteus- ja homevaurioille jopa 600 000–800 000 ihmistä. Lisäksi lähes puoli miljoonaa työkäistä oli kokenut oireita työpaikkansa sisäilmasta vuonna 2019. Lisäksi noin 250 000 ihmistä on joskus elämänsä aikana käynyt lääkärissä pääasiassa sisäilmasta johtuvien oireiden tai sairastelun takia. (Hengityслиitto, julkaisuaika tuntematon.)

Rakennusten sisäilmasto-ongelmia on Suomessa tutkittu melko paljon ja tutkimuksia on tehty niin toimisto-, asunto-, päiväkot- kuin koulurakennuksissakin. Tutkimuksissa on mitattu sisäilmatekijöitä sekä selvitetty kyselyin rakennusten käyttäjien terveydentilaa. Sisäilman laatua rakennuksissa arvioidaan ihmisillä esiintyvien oireiden yleisyyden ja heidän kokemansa ilman laadun perusteella. (Sisäilmaohdistys 2008)

Huonosta sisäilmasta kärsivistä rakennuksista on käytetty nimitystä ”sairas rakennus”. Vanhemmissa päiväkot- ja koulurakennuksissa sairusrakennusoireet ovat yleisiä ja päiväkodeissa yleisimmät sisäilmaohdistukset kohdistuvat ilman tunkkaisuuteen sekä kosteusvaurioihin. Kouluissa vastaavanlaisia sisäilmaohdistuksia ovat veto, lämpöolot ja ilmanvaihdon riittämättömyys sekä kosteusvauriot. (Sisäilmaohdistys 2008)

Rakennuksen huonolla sisäilmalla on todettu olevan terveydellisiä vaikutuksia ihmiselle. Tärkeää on kuitenkin erottaa rakennuksen kunnon tutkiminen ja ihmisten terveys omiksi asiokokonaisuuksiksi. Rakentamiseen erikoistuneet asiantuntijat voivat arvioida ja ottaa kantaa rakennuksen tekniseen kuntoon ja tilaan, mutta he eivät arvioi ihmisille mahdollisesti aiheutuvaa terveyshaittaa. (Sormunen 2021.)

Erilaiset sisäilman epäpuhtaudet ja kosteus- sekä homevauriot voivat johtaa terveysongelmiin. Rakennuksen sisäilmaohdistusten taustalla on usein monia eri tekijöitä, joista pienimmillään syntyy viihdytyshaittoja ja pahimmillaan terveyshaittoja. (Hengityслиitto, julkaisuaika tuntematon.)

Monet sisäilmaohdistuksia aiheuttavat tekijät eivät löydy pelkällä aistiensavraisella tarkastelulla, esimerkiksi laajakaan homeohdistus ei välttämättä näy tai haise. Silloin rakennuksen käyttäjien oireilu herättää usein epäilyksen sisäilmaohdistuksesta. Vahva epäily syntyy erityisesti silloin, jos oireilua esiintyy aina tiettyssä rakennuksessa. Ihmisten kokemissa oireissa voi esiintyä kuitenkin huomattavaa vaihtelua, koska ihmisten yksilöllinen herkkyys vaihtelee. Näin ollen osa ihmisistä ei saa minkäänlaisia oireita tiloissa, joissa toiset saavat vahvoja oireita. (Hengityслиitto, julkaisuaika tuntematon.)

Rakennuksen sisäilmasto on monimutkainen mm. lämpöoloista ja ilmanlaadusta koostuva kokonaisuus. Sisäilmaohdistusten kannalta rakennuksen ilman laatuun keskeisesti vaikuttavia tekijöitä ovat ilmanvaihto ja epäpuhtauksien lähteet. Kosteusvaurioista aiheutuvan mikrobikasvun lisäksi yleisiä epäpuhtauksien lähteitä ovat materiaali-päästöt, mineraalikuudit, likainen ilmanvaihtojärjestelmä sekä mahdolliset poikkeavat hajut, kuten esimerkiksi viemärinhaju. Useasti sisäilmaohdistuksia aiheuttavat epäpuhtaudet ovat kaasumaisia yhdisteitä tai pieniä hiukkasia, joiden kulkeutuminen sisäilmaan tapahtuu ilmavirtojen mukana. (Kurnitski 2008.)

Tyypillisiä rakennuksen sisäilmassa esiintyviä epäpuhtauksia ovat (Sisäilmayhdistys 2008):

- hiukkaset
- mikrobit
- pölypunkit
- orgaaniset kaasut
- formaldehydi
- ammoniakki
- styreeni
- radon
- hiilimonoksidi

Yllä mainitut sisäilman epäpuhtaudet suurina pitoisuuksina sisäilmassa voivat aiheuttaa rakennuksen käyttäjillä erilaisia oireita pahoinvoinnista ja flunssan oireista aina vakavampiin keuhkosairauksiin asti. Hyvän sisäilmaston laadulle pidetään kriteerinä, ettei käyttäjä koe ympäristössään oireita.

Tärkeimpiä sisäilmastoa ja sen ongelmia käsitteleviä lakeja ovat:

- työturvallisuuslaki
- laki työsuojelun valvonnasta ja muutoksenhausta työsuojeluasioissa
- terveydensuojelulaki (Sisäilmayhdistys 2008.)

Lisäksi maankäyttö- ja rakennuslaissa asetetaan vaatimuksia rakennuksen terveellisyydelle, joita sovelletaan myös korjausrakentamisessa. Laissa sanotaan, että rakennus ei saa aiheuttaa terveyden vaarantumista esimerkiksi sisäilman epäpuhtauksien tai rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. Myöskään rakentamisessa käytettävät tuotteet eivät saa suunnitellun käyttöikänsä aikana aiheuttaa sisäilmaan sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävinä. Lisäksi rakennukseen kohdistuvat korjaus- ja muutostyöt eivät saa heikentää rakennuksen käyttäjien terveydellisiä oloja. (Maankäyttö ja rakennuslaki 21.12.2012/958.)

2.2 Rakennuksen sisäilmakorjaukset

Rakennuksen sisäilmakorjauksilla pyritään poistamaan sisäilmaongelmien aiheuttajia tai estämään ilman kulkeutumista niiden läpi rakennuksen sisäilmaan. Monesti vanhoissa rakennuksissa on useita sisäilmaongelmien aiheuttajia, joten pelkästään yksi korjaustapa ja toimenpide ei riitä poistamaan ja korjaamaan kaikkia sisäilman epäpuhtauksia. Yleensä myös pelkkä ongelman aiheuttajan rakennustekninen korjaus ei riitä sisäilman laadun paranemiseen, vaan korjaukset vaativat myös taloteknisiä toimenpiteitä onnistuneeseen lopputulokseen. Rakennuksen sisäilmaan vaikuttaa monet tekijät, jotka voidaan jakaa korjausten kannalta kahdenlaisiin.

Tekijät, joihin ei voida vaikuttaa (Sisäilmayhdistys 2008):

- rakennuksen sijainti
- rakennustapa sekä rakennusmateriaalit osittain
- käyttö ja sääolot
- käyttötapa

Tekijät, joihin voidaan vaikuttaa korjausvaiheessa:

- ilmanvaihtoratkaisut
- rakenteiden tiiveys
- siivousmenetelmät
- haihtuvat yhdisteet
- rakennusmateriaalit osittain

Ennen rakennukseen tehtäviä sisäilmakorjauksia tulee selvittää tarkasti sisäilmaongelmien syyt ja niiden seuraukset. Esimerkiksi rakennuspölyihin voidaan vaikuttaa suuresti jo pelkällä siivouksen tehostamisella ja näin ollen on mahdollista välttää suuremmat korjaukset rakennuksessa. Mikäli rakennuksessa lähdetään toteuttamaan rakennusteknisiä korjauksia, edeltää niitä tarkat tutkimukset ja korjaussuunnittelu. Jokaisen rakennuksen korjaukset on suunniteltava yksilöllisesti, jotta rakennuksen rakenteet ja rakennusosat toimivat vielä korjauksen jälkeenkin suunnitellusti. Esimerkiksi tiivistyskorjaukset eivät aina sovellu rakennuksen korjaustavaksi, koska tiivistyskorjausten jälkeen rakenne ei enää toimi rakennusfysikaalisesti samalla tavalla kuin ennen tiivistystä.

Korjaussuunnittelusta vastaa yleensä erillinen suunnittelija, jolla on riittävä pätevyys ja kokemus sisäilmakorjausten suunnittelusta. Urakoitsijat noudattavat korjauksissa suunnittelijan laatimia suunnitelmia ja varmistavat häneltä, mikäli suunnitelmissa on poikkeavuuksia tai niitä ei voida toteuttaa. Korjausten suunnitteluvaiheessa asetetaan selvät mitattavissa olevat tavoitteet koko korjaushankkeelle ja sen laadulle. Korjaussuunnitelmista on selvittävä ainakin korjausten laajuus, korjaustapa, korjattavat rakenteet sekä korjauksissa käytettävät materiaalit. Korjaussuunnitelmissa esitetään myös poikkeavat materiaalien kuivumisajat, korjaustyössä vaadittavat mallityöt ja niiden laajuus sekä hyväksymistapa. Myös suojaukset, osastoinnit, työnaikainen siivous, katselmukset, laadunvarmistustoimenpiteet sekä loppusiivouksen taso määritellään suunnitteluvaiheessa. (Poutiainen 2017.)

Vaikka korjauskohteen vauriot kartoitetaan ennen korjausten alkamista mahdollisimman hyvin, on korjaushankkeissa melko tyypillistä, että rakenteita purettaessa vastaan tulee uusia tai ennakoitua laajempia syitä, jotka heikentävät sisäilman laatua. Kaikkeaa siis ei ole mahdollista huomioida täysin hankkeen suunnitteluvaiheessa, vaikka ennen hankesuunnittelua tehdyt kuntotutkimukset ja korjaustarpeen laajuuden arviointi pyritäänkin aina tekemään kattavasti. Tällaisissa tapauksissa purku-urakan aikana tehdään monesti lisätutkimuksia korjaustavan tarkentamiseksi. Lisäksi korjausten aikainen laadunvalvonta on suunniteltava huomattavasti tavallista uudisrakentamista yksityiskohtaisemmaksi, jotta korjaustöiden onnistumisesta saadaan varmuus. Näin ollen korjaustöiden etenemistä valvottaessa, tulee valvojalla olla tarvittava asiantuntemus sisäilmaongelmista. Jos korjaushankkeen valvojan asiantuntemus ei ole riittävä, tulee hankkeessa käyttää sisäilma-asioihin erikoistunutta konsulttia. Lopputarkastuksen ja rakennuksen käyttöönoton jälkeen kohteessa tulee jatkaa käyttäjien kokemuksien seuraamista sisäilman laadusta. (Kurnitski 2008.)

3 ILMANVAIHTO, ILMATIIVEYS SEKÄ ILMAVUODOT YLEISESTI

3.1 Rakennuksen ilmanvaihto

Rakennuksessa syntyy aina epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei voida kokonaan poistaa. Tätä varten rakennuksissa tarvitaan riittävää yleis-ilmanvaihtoa, jonka avulla esimerkiksi hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet ilmassa saadaan pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla. Rakennuksen ilmanvaihdon tehtävänä on siis tuoda sinne puhdasta ilmaa ja poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet suunnitellusti. (Sisäilmayhdistys julkaisuaika tuntematon.)

Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin ja ilmapirran suunta on aina suuremmasta paineesta pienempään. Yleisesti rakennuksen ilmanvaihto periaate voidaan jakaa kahdenlaisiin, joita ovat koneellisesti toteutettu- tai painovoimaisella periaatteella toimiva ilmanvaihto.

Koneellisella ilmapaihhdolla varustetussa rakennuksessa paine-eroa kasvatetaan ilmanvaihto puhaltimilla, jolloin ilmanvaihto lisääntyy. Myös tuuli ja savupiippuvaikutus tehostaa tai vähentää koneellisesti tuotetun ilmanvaihdon toimintaa, vaikkakin se toimii ainakin jossain määrin vaikkei ulko- ja sisäilman välillä olisi juuri paine-eroa ilman ilmanvaihtokonetta. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilman liikkuminen taas perustuu ulko- ja sisäilman lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksesta syntyvään hormivaikutukseen. Kylmä ilma on lämmintä ilmaa raskaampaa ja laskeutuu näin ollen alas, jolloin lämmin ilma väistyy ja nousee ylös. Tällöin talon ilmahormit, poistoilmakanavat sekä käytössä olevat tulisijat hormoneineen toimivat rakennuksen ilmanvaihtokanavana ja sisäilma vaihtuu painovoimaisesti. Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta on siis melko olematonta, mikäli ulkona ei tuule ja ulko- sekä sisälämpötila ovat lähellä toisiaan. Ilmanvaihdon lisäksi nykyrakennuksissa voi olla myös ilmastointi, joka kostuttaa tai jäähdyttää rakennuksen sisäilmaa.

Mikäli kaikki rakennuksen ilmanvaihto tapahtuu koneen avulla, on tällöin kyseessä koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto. Koneellisesta ilmanvaihdosta puhutaan myös silloin, jos pelkästään poisto tapahtuu koneen avulla. Poistoilmavaihdon toteutuksessa on tärkeää järjestää hallittu korvausilman sisäänotto, esim. ulkoilmaventtiilien avulla. Koneellisen tulo- ja poistoilmavaihdon etuna on mahdollisuus tuloilman suodattamiseen ja lämmöntalteenottoon poistoilmasta.

Ilmanvaihdolla on suurimerkitys rakennuksen sisäilmanlaatuun sekä rakennuksen rakenteiden fysikaaliseen toimivuuteen tai toimimattomuuteen. Sisäilman epäpuhtauspitoisuuksia on mahdollista laimentaa ilmanvaihdolla, mutta ilmanvaihdon lisääminen ei poista ongelmia. Ongelman ratkaisemiseksi epäpuhtauksien lähteet on poistettava tai eristettävä tehokkaasti sisäilmasta. Ilmanvaihdolla on suuri merkitys myös rakennuksen ilmankierrossa ja epäpuhtauksien siirtymisessä eri tilojen välillä. Lisäksi ilmanvaihdolla vaikutetaan rakennuksen painesuhteisiin rakennusta ympäröivään ulkoilmaan nähden. Esimerkiksi alipaineisen rakennuksen ryömintätilasta, maanvaraisen laatan alta tai ulkoseinien läpi tuleva korvausilma voi kuljettaa mukanaan epäpuhtauksia. Ylipaineistamalla sisätilat tällaiset virtaukset olisivat estettävissä, mutta ylipaine voi taas aiheuttaa sisäilman kosteuden tiivistymistä rakenteisiin, joka pitkään jatkuessaan voi aiheuttaa kosteusvaurioita. Ilmanvaihdon oikea säätö ja käyttö korostuvat vanhoissa rakennuksissa, joissa voi olla vielä korjausten jälkeenkin epäpuhtauksien lähteitä. (Välitalo 2019.)

3.2 Rakennuksen ilmatiiveys

Rakennuksen ilmatiiveydellä tavoitellaan sitä, että rakennukseen tai sieltä ulospäin ei pääse virtaamaan ilmaa hallitsemattomasti. Täysin ilmatiivistä rakennuksesta ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista eikä mahdollista saada. Nykyään uudisrakennuksen ilmatiiveydelle ja tämän myötä energiatehokkuudelle on annettu ympäristöministeriön asetuksessa (1010/2017) tarkat ja melko tiukat kriteerit ja nämä koskettavat osittain myös korjausrakentamista. Korjausrakentamisessa ei noudateta suoraan uudisrakennuksen vaatimuksia, mutta aina kun rakennukseen tehdään rakennus- tai toimenpidelupaa vaativia korjauksia tai muutoksia, joissa on mahdollisuus parantaa myös energiatehokkuutta, velvoittaa asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti mahdollista.

Tässä työssä käsiteltäville rakennuksen tiivistyskorjauksille ei tarvitse Joensuussa hakea rakennus- tai toimenpidelupaa, vaan ne ovat tavanomaisia rakennuksen kunnossapito töitä, joten myöskään kohderakennuksen energiatehokkuuden parantamista ei lakien ja määräyksien puitteissa vaadita kohteelta.

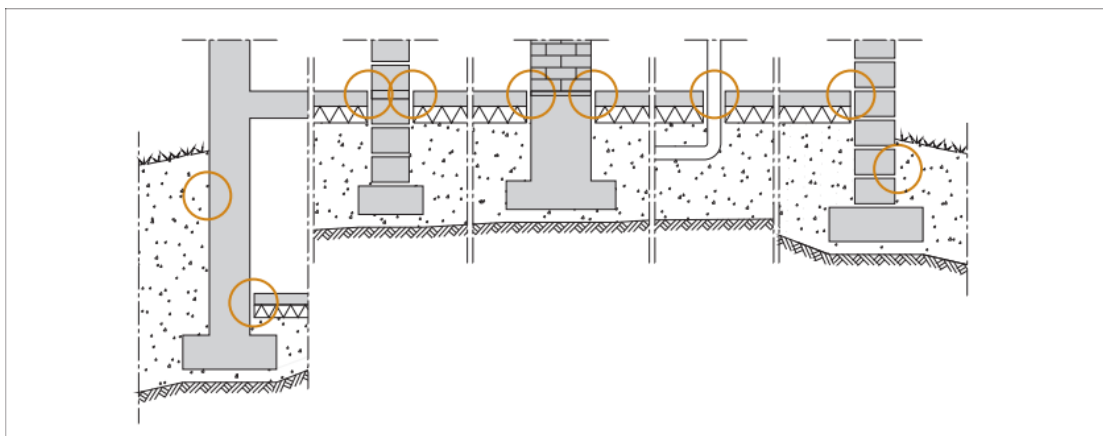
Rakenteiden ilmatiiviydelle on asetettu vaatimuksia ympäristöministeriön asetuksessa (782/2017) rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Asetuksen toisen luvun kuudennessa kohdassa sanotaan että, rakennuksen vaipan, liitosten sekä sisärakenteiden ilmatiiveyden on estettävä vesihöyryn rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitallinen siirtyminen rakenteisiin. Lisäksi saman asetuksen luvun 6 kohdassa 24 sanotaan, että mikäli rakenteessa on ilman- tai höyrynsulku, sen reunojen, saumojen ja läpivientikohtien on oltava tiiviitä. (Finflex.fi, 2017.)

Myös ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) kolmannen luvun 14 kohdassa asetetaan vaatimuksia, joiden mukaan palon ja savun leviäminen rakennuksessa tulee rajoittaa palo-osastoinneilla. Saman asetuksen ja luvun kohdassa 18 sanotaan, että osastovassa rakennusosassa sijaitsevat läpiviennit eivät saa heikentää rakennusosan osastoivuutta olennaisesti. Rakenteiden liitosten ja läpivientien on oltava siis ilmatiiviitä myös palo-osastointia koskevien vaatimusten takia. (Finflex.fi, 2017.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kerätyt tarkemmat ympäristöministeriön asetukset muodostavat selkeän yhtenäisen linjan. Annetut vaatimukset korostavat rakenteiden ilmatiiviyden merkitystä sisäilmaston terveellisyyden, energiatehokkuuden ja paloturvallisuuden kannalta.

3.3 Ilmavuodot yleisesti

Hallitsemattomat ilmavuodot vanhoissa rakennuksissa ovat yleisiä ja niiden syntymekanismit melko pitkälti tiedossa. Yleisimpiä syitä vuodoille ovat; suunnittelun virheet, tuotannon aikaiset virheet, rakennusosien liikkuminen sekä rakennusmateriaalien teknisen käyttöiän ylittyminen. Läheskään aina hallitsemattomista ilmavuodoista ei aiheudu sisäilmaan ongelmia eikä rakennuksia muutenkaan ole mahdollista rakentaa täysin ilmatiiviiksi. Ilmavuodot heikentävät rakennuksen ilmatiiveyttä ja lisäävät energiankulutusta sekä niiden kautta epäpuhtauksilla on mahdollista päästä kulkeutumaan huoneilmaan.

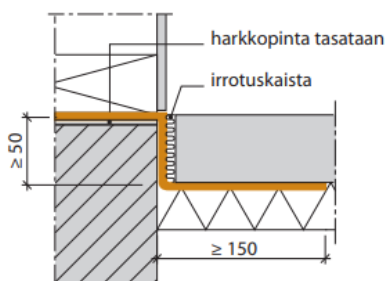


KUVA 1. Tyypillisiä ilmavuotojen paikkoja rakennuksen perustus- ja alapohjarakenteissa. (RT-ohjekortti 103123)

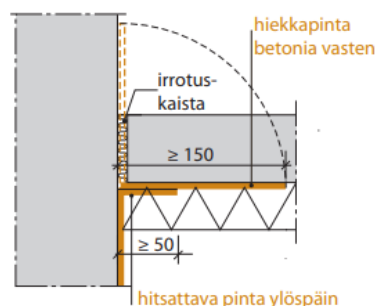
Yleisimpiä ilmavuotojen paikkoja rakennuksessa ovat:

- Rakenneliitokset (alapohja- seinä, yläpohja- seinä jne.
- Ikkuna ja ovi liitokset
- Läpiviennit

Aiemmin olevassa kuvassa (kuva 1) merkityt alapohjan vuotokohdat syntyvät yleensä itsestään betonisen alapohjalaatan kuivumiskutistumisen seurauksena. Betonin kuivumiskutistumista on käytännössä mahdotonta kokonaan estää, mutta nykyään rakennusten alapohja- perusmuuriliittymiin asennetaan tiivistävä kaistale, joka ulotetaan perusmuurin päältä riittävästi laatan alle ennen alapohjalaatan valamista (kuva 2).



Kumibitumikermikaista sijoitetaan harkkosaumaan laatan yläpinnan tasolle ja taivutetaan alas lämmöneristeen päälle. Kermiä ei saa kiinnittää kerman pystysuoralta osalta.



Betonirakenteissa voidaan vaakakermi kiinnittää väliaikaisesti seinälle yläreunasta niin, että sen alareuna on laatan alapinnan tasolla. Alempi kermi hitsataan seinään 200...300 mm ja ylempään kermiin vähintään 50 mm. Ennen laatan valua kermikaista taivutetaan lämmöneristeen päälle.

KUVA 2. Nykyinen rakentamistapa maanvaraisen laatan ja perusmuurin liittymästä. (RT-ohjekortti 103123)

Lähtökohtaisesti oikea tapa olisi rakentaa rakennuksesta kerralla riittävän ilmatiivis, jottei sitä tarvitsisi alkaa käyttöönottonsa jälkeen tiivistämään ja korjaamaan. Vanhoissa rakennuksissa yllä esitettyjen ilmavuotojen tiivistämiset ovat nykyään melko yleisiä ja helppohkoja toteuttaa sekä antavat sisäilmaongelmaiselle rakennukselle monesti useita vuosia jatkoaikaa käyttöön. Tiivistyskorjauksiin on kehitetty tuotteita monen eri valmistajan toimesta, ja ne ovat käyttöönsä suunniteltuja ja testattuja sekä täyttävät päästöjensä puolesta nykypäivän vaatimukset.

4 TIIVISTYSKORJAUSTEN KOHDE, KOHTEESEEN SUORITETTAVAT KORJAUKSET SEKÄ KORJAUSTEN TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU

4.1 Kohde

Opinnäytetyön kohteena on vuonna 1990 valmistunut Joensuun tilakeskuksen omistama koulurakennus, joka sijaitsee Joensuun kantakaupungin alueella. Rakennuksen kantava runko muodostuu teräsbetonisesta sisäkuoresta, teräsbetonipilareista sekä paikalla valetusta teräsbetoniholvista, ulkivuorauksena rakennuksessa on tiilimuuraus (kuva 3). Rakennus on siis hyvinkin tyypillinen 1980–1990 lukujen julkinen rakennus.

Rakennuksessa toimii koulun lisäksi myös päiväkotit sekä koululaisten iltapäiväkerho. Tämä työ keskittyy päiväkodin sekä iltapäiväkerhon tilojen tiivistyskorjauksiin. Muut tilat rakennuksesta on jo tiivistyskorjattu ennen vuotta 2022. Koulusiipien korjaukset on toteutettu vuosina 2017 ja 2018, mutta aikataulullisista sekä kustannuksellisista syistä päiväkodin ja iltapäiväkerhon siiven osalta korjaukset ovat jääneet silloin toteuttamatta.

Iltapäiväkerho toimii tiloissa, jotka ovat alun perin rakennettu koulun talonmiehen asunoksi. Koulun yhteydessä on siis ollut asunto, jossa on 3 huonetta, keittiö, kylpyhuone sekä sauna. Rakennuksen valmistumisaikaan on ollut hyvinkin yleistä, että talonmiehelle on tehty asunto tilojen välittömään läheisyyteen tai osaksi niitä. Jossakin vaiheessa vuosien saatossa, kun perinteinen talonmieskäytäntö on poistunut ja kaupungin omistamien kiinteistöjen huolto ja kunnossapito keskitetty yhdelle yksikölle, on tilat muutettu iltapäiväkerhon käyttöön soveltuviksi.

4.2 Kohteen korjaussuunnitelmat sekä asbesti- ja haitta-ainekartoitus

Joensuun Tilakeskus luovutti kohteen korjaussuunnitelmat, asbesti- ja haitta-ainekartoituksen sekä laadunvalvontamuistion aiemmin toteutetuista korjauksista tutustuttavaksi opinnäytetyöprojektin alkaessa. Asiakirjoista selvisi, millaisia korjauksia hankkeessa tullaan toteuttamaan sekä kuinka aiemmat korjaukset ovat sujuneet ja onnistuneet kohteen korjatuilla osilla.

Rakennukseen on tehty valmistumisensa jälkeen isohkoja taloteknisiä muutoksia. Muutokset ovat olleet esimerkiksi poistoilmanvaihtokoneiden kasvattamista alkuperäisestä, jonka myötä rakennukseen on lisätty poisto- ja tuloilman määriä. Samalla on myös lisätty korvausilmaventtiileitä rakennuksen ulkovaippaan ilmanvaihdon tasapainotilan saavuttamiseksi. Jostakin syystä muutosten jälkeen korvausilman määrä on kuitenkin jäänyt rakennuksessa pienemmäksi kuin poistoilmanmäärä, jolloin rakennuksen sisätilat ovat muuttuneet alipaineisiksi ympäröivään ulkoilmaan nähden. Alipaineesta johtuen rakennus on alkanut ottamaan tarittavan määrän korvausilmaa sieltä mistä sen saa. Kyseessä olevassa kohteessa se on ollut ulkoseinien ja alapohjan välinen rakenneliitos, jonka kautta rakennuksen huoneilmaan on alkanut korvausilman mukana kulkeutua myös sinne kuulumattomia epäpuhtauksia.

Kohteen korjaussuunnitelmista kävi ilmi, että tarkoituksena on maanvaraisen betonisen alapohjalaa-
tan ja ulkoseinien välisten rakenneliittymien tiivistäminen vedeneristysmenetelmällä ja tuotteilla kaikille ulkoseinälinjoille. Lisäksi kaikki ikkuna- ja ulko-oviliittymät ulkoseinäarakenteisiin tiivistetään samalla menetelmällä. Aiemmin mainitussa kohteen pohjapiirroksessa (kuva 3) näkyvien pilarien ja alapohjan välisten rakenneliittymien tiivistykset eivät kuuluneet kesän 2022 tiivistyskorjauksiin.

Kyseessä olevissa vedeneristysmenetelmällä toteutettavissa tiivistyskorjauksissa avataan rakennuksen sisäpuolelta pintarakenteita lattiasta sekä seinästä kohtalaisen kapean kaistaleen kokoiselta alueelta, jonka jälkeen pinnat puhdistetaan huolellisesti. Puhdistetuille pinnoille asennetaan riittävän paksu ja ilmatiivis vedeneristysväli sekä tukikangas. Vedeneristysvälin ja tukikankaan täytyy muodostaa rakenneliittymään riittävän paksu ja tiivis ilmaa läpäisemätön kerros. Rakenneliitosten tiivistämisen jälkeen pinnat pyritään ennallistamaan mahdollisuuksien mukaan samanlaisiksi kuin ne olivat ennen korjauksia. Ikkuna ja ulko-oviliittymissä karmin ja seinän välinen liitos tiivistetään vastaavalla tavalla rakennuksen sisäpuolelta. Työalueet tiivistysten aikana on oltava osastoitu sekä niissä on oltava riittävä alipaine niin kauan, kunnes rakenteiden epäjatkuvuuskohtat on saatu tiiviiksi.

Eri rakenteille ja rakenneliittymille on korjaussuunnitelmissa annettu tavoitetasomääritelmät korjauksen lopulliselle tiiveydelle. Tavoitetasona käytetään seuraavia luokkia (RT 14–11197 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein):

- Tiiveysluokka 1 – Täysin tiivis, vuotoja ei sallita
- Tiiveysluokka 2 – Merkittävä tiiveyden parantaminen, sallitaan vähäisiä vuotoja alipaineistettuna – 10 Pascaliin. Vähäinen ilmavuoto käsittää pistemäistä laaja-alaisempia rakomaisia 2 mm–1000 mm kokoisia, mutta volyymiltaan heikkoja ilmavuotoja. Jos vuodon volyymi on suuri tai rako on näkyvä, se luokitellaan merkittäväksi ilmavuodoksi.
- Tiiveysluokka 3 – Tiiveyden parantaminen, ei saa olla merkittäviä vuotoja alipaineistettuna -10 Pascaliin ja enintään vähäisiä vuotoja käyttötilanteessa, ilmanvaihto tasapainotettuna alle – 5 Pascaliin. Merkittävä ilmavuoto on heikkona laaja-alainen yli 1000 mm suuruinen ja systemaattisesti rakenneliitokseen liittyvä tai paikallisena erityisen suuren

volyymin omaava reikä tai rakomainen ilmapuoto. Mikäli ilmapuoto on havaittavissa aistinvaraisesti, lämpökameralla tai merkkisavulla, se on merkittävä.

Kohteen korjaussuunnitelmissa on määritetty ulkoseinien ja alapohjan liittymäkohtien tiiveyden tavoitetasoksi, tiiveysluokka 2 sekä ulkoseinän ja ikkunoiden liittymäkohtien tiiveyden tavoitetasoksi, tiiveysluokka 3.



KUVAT 4 ja 5. Asbestikuituja sisältävällä kvartsivinyyli-laattalla päällystetty lattia kohteen lohossa 2. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Korjauskohteeseen oli tehty asbesti- ja haitta-aine tutkimukset ennen koulun tilojen korjauksia, ja samalla oli tutkittu myös tässä työssä käsiteltävä päiväkotisiipi. Asbesti- ja haitta-ainekartoitusraportista kävi ilmi, että lähes kaikissa päiväkodin tiloissa oli lattiapäällysteenä 250 x 250 mm kvartsivinyylilaattaa (kuvat 4 ja 5), joka sisältää asbestikuituja. Lisäksi laattojen kiinnitys betoniseen alapohjaan on tehty asbestipitoisella bitumiliimalla. Tämä tarkoitti sitä, että ennen päiväkodintilojen varsinaisia tiivistyskorjauksia oli asbestipitoiset laatat ja pikiliima purettava tilojen ulkoseinälinjoilta asbestipurkutyönä. Tilakeskuksen työpäällikkö ilmoitti projektin alkupuolella, että kohteen asbestipurkutyöt tulee toteuttamaan ulkopuolinen yksityinen yritys, jolla on työhön vaadittavat luvat ja pätevyydet.

Asbestipurkutyö tarkoittaa asbestia sisältävien rakenteiden ja teknisten järjestelmien purkamista ja poistamista, säilytettävien rakenteiden suojausta, purkukohteen siivoamista tai muuta vastaavaa rakenteiden purkamiseen ja poistamiseen välittömästi liittyvää työtä, jossa voidaan altistua asbestipölylle. Asbestipurkutöitä saa tehdä vain niihin erillisen luvan saanut yritys tai henkilö, jolla on riittävä kokemus vastaavanlaisista töistä sekä voimassa oleva asbestipurkutyö koulutus. Purkutöistä on tehtävä työsuojeluun erillinen asbestipurkutyön ennakoilmoitus vähintään 7 vuorokautta ennen töiden aloitusta. (Työsuojelu.fi, julkaisuaika tuntematon.)

4.3 Korjausten toteutuksen suunnittelu

Ennen tiivistyskorjausten alkamista ja päiväkodin sekä koulun kesälomakautta kohteella suoritettiin katselmus, johon osallistui minun lisäksi hankkeen vastaava työnjohtaja sekä asbestipurkutyöt suorittavan yrityksen edustaja. Katselmuksella kartoitettiin tiivistyskorjausten tieltä purettavia kalusteita ja suunniteltiin osastojen paikkoja sekä työjärjestystä ja aikataulua koko hankkeelle. Samalla sovittiin asbestipurkajan kanssa, että pääurakoitsija purkaa kaikki kiintokalusteet edestä pois ja rakentaa kohteeseen osastot valmiiksi ennen asbestipurkutöitä.

Ensimmäisen katselmuksen aikaan rakennus oli vielä käytössä, joten sen yhteydessä pääsi myös keskustelemaan rakennuksen käyttäjien kanssa heidän kokemuksistaan. Keskusteluissa kävi ilmi, että sisäilmassa on etenkin aamuisin maakellarimaista hajua, lisäksi käyttäjät kertoivat tukkoisesta olost työpäivien jälkeen.

Ensimmäisellä katselmuksella varmistui myös entisen talonmiehenasunnon lattiamateriaali, joka oli linoleumi- mattoa. Maton purkutyön todettiin olevan normaalia purkutyötä, joten tulevien asbestipurkutöiden todettiin rajoittuvan päiväkodin tiloihin.

Katselmuksen jälkeen kohde jaettiin karkeasti viiteen yhtä suureen lohkoon ja työt kohteessa suoritettavaksi lohkoittain (kuvat 6 ja 7). Lohkojen työjärjestys suunniteltiin kulkevaksi numerojärjestyksessä ja työt aloitettavaksi päiväkodin tiloista. Työt määräytyivät alkamaan päiväkodin tiloista siitä syystä, että asbestipurkutyöt oli sovittu alkamaan heti kesäkuun alkupuolella. Työjärjestys mahdollisti myös sen, että iltapäiväkerhon tilojen tiivistyksiä pystyi toteuttamaan samanaikaisesti päiväkodintilojen asbestipurkutöiden kanssa.

Kohteen lohkotus selkiyttää paljon työmaan päivittäisiä asioita, kun ei tarvitse kuvailla erikseen tiloja vaan voi puhua numerolla lohkoista, jossa työ on käynnissä. Lisäksi lohkotus mahdollistaa sen, että kohteessa voi olla käynnissä monia eri työvaiheita yhtäaikaaisesti. Esimerkiksi kun lohkojen 1 ja 2 purkutyöt on saatu valmiiksi, voi niissä aloittaa jo tiivistyskorjaukset, jonka jälkeen niitä pääsee ennallistamaan jo siinä vaiheessa, kun lohkoissa 4 ja 5 on vielä tiivistyskorjaukset käynnissä. Tämä tietäenkin edellyttää, että käytettävissä on riittävästi resursseja ja työt etenevät suunnitellussa aikataulussa.

KUVA 6. Kuva 6 on luottamuksellinen.

KUVA 7. Kuva 7 on luottamuksellinen.

Ensimmäisen katselmuksen jälkeen varmistui myös tieto siitä, kuinka paljon korjauksiin on käytettävissä työntekijöitä eli resursseja sekä milloin korjausten tulee viimeistään olla valmiita. Näiden tietojen pohjalta pääsi hyvin luomaan yleisaikataulua sekä paikka-aikakaaviota kohteelle (Liitteet 1 ja 2).

Aikataulua luodessa resursseina käytettiin kahta rakennusammattimiestä ja asbestipurkutöissä aliurakoitsijaa. Ennen varsinasta aikataulun laadintaa sitä hahmoteltiin kalenteria apuna käyttäen, kun oli tieto siitä koska työt kohteella pääsee aikaisintaan aloittamaan ja koska niiden täytyy viimeistään olla valmiita. Tässä vaiheessa huomattiin, että aikataulun puolesta projekti ei tule olemaan tiukka, joten suunniteltujen resurssien todettiin olevan riittävät onnistuneeseen toteutukseen.

Näiden jälkeen Tocoman-aikataulu ohjelmaan luotiin uusi projekti ja syötettiin aloitusajankohta sekä resurssit kuhunkin työvaiheeseen. Asbestipurkutöiden osalta aikataulun suunnittelussa hyödynnettiin aliurakoitsijalta saatua arviota heidän työhönsä kuluva ajasta. Muiden töiden kestot arvioitiin kokemusperäisesti kullekin työvaiheelle ja kun kaikki lohkot oli jaettu työvaiheisiin ja niille syötetty tarvittavat tiedot sekä resurssit, luotiin tehtävien välille vielä riippuvuudet. Kun riippuvuudet oli luotu ja aikataulu alkoi näyttämään toteutuskelpoiselta, tarkastettiin vielä paikka-aikakaaviosta, että työvaiheissa ei ole päällekkäisyyksiä ja tarvittavat kuivumisajat täyttyvät ennen pintojen ennallistamista. Aikataulun laatimisen jälkeen se ja osastointisuunnitelma hyväksytettiin vielä tilaajalla.

Aikataulu- ja osastointisuunnitelmien aikaan luotiin myös tiedote (liite 3) tulevista korjauksista rakennuksen käyttäjille jaettavaksi. Tiedote jaettiin tilakeskukselle sekä päiväkodin esimiehelle sähköpostitse, josta he jakoivat sitä eteenpäin omille työntekijöillensä.

5 TOTEUTUSVAIHE SEKÄ TOTEUTUKSEN LAADUNVARMISTUS

5.1 Aloituskokous ja tuotannon aikaiset tehtävät

Kesäkuussa 2022, kun päiväkodin ja koulun kesälomakausi alkoi ja työt kohteella pääsivät käynnistymään, oli ensimmäisenä kohteella aloituskokous. Aloituskokouksen pitämisestä vastasi tilakeskuksen ja kyseisen korjaushankkeen vastaava työnjohtaja, kuten töiden ohjaamisesta kohteella pääsääntöisesti muutenkin. Tuotannon aikaisia tehtäviä työnjohdolle kohteella olivat korjaussuunnitelmien oikeanlaisen toteutuksen valvonta, tiivistyskorjausten laadunvalvontamuistion laatiminen sekä korjausten onnistumisen arviointi aistinvaraisin menetelmin.

Korjausten alkaessa sovittiin töiden edetessä pidettäväksi muutama katselmus, joista ensimmäinen siinä vaiheessa, kun kohteen asbestipurkutyöt ovat lähes valmiita. Muut katselmukset sovittiin pidettäväksi sitä mukaan, kun tiivistykset etenisivät, jotta laadunvalvontamuistioon tulisi riittävän monesta vaiheesta kuvia ja tietoa. Samalla sovittiin, että lohko 1:n tiivistykset ovat mallityö, joiden valmistamisen jälkeen pidetään katselmus ja suoritetaan siihen merkkiainekokeet ennen pintojen ennallistamista.

Kohdekäyntien yhteydessä tarkasteltavia asioita ja kohtia:

- Osastot ja niiden tiiveys
- Osastojen alipaineistus
- Pöly osastojen ulkopuolella
- Työ- ja varastoalueiden järjestys ja siisteys
- Suojaukset
- Henkilökohtaisten suojainten käyttö
- Tiivistyskorjattujen pintojen aistinvarainen tarkastelu
- Työnjälki (pintojen ennallistamisen jälkeen)

5.2 Ensimmäinen kohdekäynti 14.6.2022

Ensimmäisen kohdekäynnin aikaan kiintokalusteiden purkamiset ja tavaroiden siirtämiset sekä suojaukset olivat kohteessa pääosin valmiita. Myös lähes kaikki osastot oli rakennettu valmiiksi. Osastot rakennettiin sahatavarasta sekä muovista ja ne pyrittiin toteuttamaan niin ettei työalueilta irtoava pöly pääse leviämään alakattorakenteisiin tai paikallaan olleisiin kiintokalusteisiin. Kaikki osastojen rajat oli teipattu hyvin ja tiiviisti eikä pölyllä tai epäpuhtauksilla ollut kulkuyhteyttä osastojen ulkopuolelle.



KUVAT 8 ja 9. Asbestipurkutyöt valmiita lohkoissa 1. Työalueet siistejä ja asianmukaisesti alipaineistettuja. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Kaikki kohteen osastot olivat siistejä ja asianmukaisia eikä niistä löytynyt juuri huomautettavaa. Ainut huomautus tuli ensimmäisen lohkon yhdessä tilassa sijainneen ilmoitustaulun suojauksesta (kuvat 8 ja 9). Työalueet olivat asianmukaisesti alipaineistettuja niissä lohkoissa, joissa työt olivat käynnissä. Huomauttamista löytyi lähinnä sellaisista lohkoista, joissa töitä ei tehty. Lohkoista, joissa työt eivät olleet käynnissä puuttui alipaineistus. Käynnin aikana sovittiin, että niihin laitetaan alipaineistajat vaikkei työ olekaan käynnissä, koska korjaussuunnitelmissa on mainittu, että työalueet on alipaineistettava niin kauan, kunnes rakenneliittymät ovat tiiviitä eikä ilmalla ole enää kulkuyhteyttä epätiivisiin rakenteen läpi huoneilmaan.



KUVAT 10 ja 11. Asbestipurkutyöt valmiita kohteen lohkoissa 2. Kuvassa 10 osasto odottaa vielä puhtausmittaustulosta. Kuvassa 11 lohko 5:n asbestipurkutyöt olivat juuri alkamassa. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Asbestipurkutyöt lohkoissa 1, 2 ja 3 olivat käynnin aikana muuten valmiita, mutta odottivat vielä puhtausmittaustuloksia. Lohkoissa 4 ja 5 asbestipurkutyöt olivat juuri käynnistymässä.

Asbestipurkutyöt oli ulotettu riittävän pitkälle myös väliseinien kohdalla (kuva 10), jotta tiivistykset pystytään jatkamaan yhtenäisenä korjaussuunnitelmissa vaaditun 0,5 metrin matkalta myös väliseinille. Tällä pyritään siihen että hallitsematonta ilman kulkemista ei tapahdu tiivistysten jälkeen väliseinien rakenneliitosten kohdalla. Kohteen tiilirakenteiset väliseinät on muurattu omien anturoiden päältä, joten niiden ja alapohjan välisestä liitoksesta on mahdollista tapahtua hallitsematonta vuotoa mikäli tiivistyksiä ei ulotettaisi myös väliseinille. Asbestipurkutöihin liittyen myös alapohjalaatan pinta oli hiottu puhtaaksi bitumiliimasta, eikä asbestipurkutöissä ollut käynnin aikana mitään huomautettavaa. Asbestiosastot olivat asianmukaisia ja niissä oli kaikki vaaditut järjestelyt kunnossa, kuten sulkutunnelit (kuva 11) ennen osastoa. Lisäksi sulkutunnelissa oli erillinen imuri työntekijöiden puhdistautumista varten ja osastojen alipaine oli suurempi kuin - 5 kilopascalina ympäröiviin tiloihin verrattuna.

Tiivistyskorjausten käynnistyessä kohteella huomattiin että päiväkodin tilojen ikkuna- ja ulko-ovi liittymät olivat tiivistetty jo aiempien korjausten yhteydessä (kuvat 12 ja 13). Näitä liittymiä tarkasteltiin ensimmäisen kohdekäynnin aikana ja tehtiin päätös että niitä ei ole järkevää lähteä tiivistämään uudelleen. Liittymät näyttivät aistienvaivaisesti havainnoimalla tiiviiltä, ehjiltä ja toimivilta, joten uudelleen tiivistämisen todettiin olevan turhaa työtä.



KUVAT 12 ja 13. Aiemmissa korjauksissa tiivistettyjä ikkunaliittymiä päiväkodin tiloissa. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Käynnin aikaan iltapäiväkerhon tiloissa oli jo aloitettu myös ikkuna- ja ulko-ovi liittymien tiivistäminen samanaikaisesti muiden tiivistysten kanssa. Ikkunoiden sekä ulko-ovien tiivistyksissä käytettiin tukikankaan sijasta Contega-tiivistysnauhaa sivelyjen välissä (kuvat 14 ja 15).



KUVAT 14 ja 15. Tiivistyskorjattu ikkunaliittymä iltapäiväkerhon tiloissa. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

5.3 Toinen kohdekäynti 28.6.2022

Toisen kohdekäynnin aikaan päiväkodin tilojen asbestipurkutyöt olivat kokonaisuudessaan valmistuneet ja urakoitsija oli toimittanut niistä puhtaustmittaukset tilaajalle, jonka jälkeen asbestiosastot oli purettu pois. Kohteen kaikki lohkot olivat asianmukaisesti siivottuja eikä ylimääräistä pölyä tai roskia ollut työalueilla havaittavissa. Käynnin aikaan kaikkiin korjausalueen ulkoseinä–alapohjaliittymiin oli ehditty levittää elastinen tiivistysmassa (kuvat 16, 17, 18 ja 19), jonka jälkeen osastojen alipaineistus oli poistettu tarpeettomana.



KUVAT 16, 17, 18 ja 19. Elastisella tiivistysmassalla tukittuja alapohjan ja ulkoseinän välisiä rakenneliittymiä päiväkodin tiloissa. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Käynnin aikaan lohkojen 1 ja 2 tiivistyskorjaukset olivat valmiita, joten samalla käynnillä katseltiin mallityö. Aistiensavaraissa tarkastelulla mallityön rakenneliittymien tiivistys oli onnistunut hyvin eikä työalueilla näkynyt rakoilua (kuvat 20 ja 21) tai muuta huolimattomuutteen viittaavaa. Lisäksi huoneilmasta oli hävinnyt maakellarimainen haju, joka viittaa vahvasti siihen, että ulkoilmalla ei ole enää hallitsematonta kulkuyhteyttä rakenteiden epäjatkuvuuskohdista huoneilmaan. Mallityö hyväksyttiin ja tiivistyksiä jatkettiin samaa laatua ylläpitäen. Myöhemmin samalla viikolla mallityö tarkastettiin vielä valvojan toimesta merkkiainekokein ja tiivistykset todettiin vaatimukset täyttäväksi sekä tavoitellun tiiveysluokka 2:n mukaisiksi.



KUVAT 20 ja 21. Tiivistyskorjattuja rakenneliittymiä kohteen lohossa 1. Kohteen tiivistykset toteutettiin Elaproof-tuoteperheen tuotteilla. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Ennen tiivistyksiä kaikki tiivistettävät pinnat on puhdistettu ja vanhat tasoitteet ja kiinnitysliimat poistettu sivelyn alta huolellisesti. Pintojen mekaanisen puhdistuksen jälkeen pinnoille levitetään Elaproof-primeriä tiivistysten tartunnan ja pinnan puhtauden varmistamiseksi. Tämän jälkeen pinnoille levitetään Elaproof-sively, jonka päälle levitetään tukikangas ja sen päälle vielä uusi sively (kuva 22). Edellisten kuivuttua pinnalle levitetään vielä yksi sivelykerros (kuva 23). Jälkimmäistä sivelykerrosta ei ole korjaussuunnitelmissa vaadittu, mutta se on Tilakeskuksen työnjohtajan oma lisäys kalvopaksuuden maksimoimiseksi tiivistettävillä alueilla.

Kohteen korjaussuunnitelmissa oli mainittuna käytettäväksi TKR-tuoteperheen tuotteet, mutta pääurakoitsija hyväksytti Elaproofin tuotteet suunnittelijalla ennen tiivistyskorjausten alkamista, jolloin niitä oli lupa käyttää kohteessa. Elaproof-tuoteperhe valikoitui kohteessa käytettäväksi helppoutensa takia. Sivelyssä käytetään yksikomponenttista tuotetta, jolloin aineita ei tarvitse enää työmaalla sekoittaa vaan valmistuote voidaan levittää suoraan pakkauksestaan pudistetulle pinnoille. Lisäksi Tilakeskuksen työntekijät ovat olleet tyytyväisiä tuoteperheen tuotteisiin jo aiemmin toteutetuissa vastaavissa kohteissa.



KUVAT 22 ja 23. Kuvassa 22 rakenneliittymän tiivistys käynnissä kohteen lohkoissa 3. Kuvassa 23 valmiiksi tiivistetty ulkoseinän ja alapohjan välinen liittymä iltapäiväkerhon tiloissa. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

5.4 Kolmas kohdekäynti 11.7.2022

Kolmannen kohdekäynnin aikaan kohteen varsinaiset tiivistyskorjaukset olivat kaikissa lohkoissa jo valmiita ja käynnissä oli pintojen ennallistaminen sekä kiintokalusteiden takaisin asennus ja loppusii-vous. Työalueet olivat todella siistejä eikä huomauttamista korjausten laatuun liittyen löytynyt. Pin-tojen ennallistamiseen liittyen silmiin pistäviä eroja löytyi materiaalien väreistä, mutta tämä oli tie-dossa jo korjausten alkaessa, koska Tilakeskus ilmoitti käyttävänsä varastossaan olevia materiaaleja pintojen ennallistamiseen. Heillä ei siis ollut tarkoitustakaan pyrkiä saamaan kaikkia pintoja saman näköisiksi, kuin ne olivat ennen korjauksia.

Ennen uusien pintamateriaalien asentamista, lattioiden hiotuille alueille asennettiin uusi tasoite, jotta uudet pinnat ovat samassa tasossa entisten kanssa. Myös seiniä tasoiteltiin, jotta maalissa ei näy silmiinpistävää eroa valmiissa pinnassa. Tätä vaihetta kohteella oli toteuttamassa tilakeskuksen omat maalarit (kuva 24 ja 25).

Samaan aikaan kohteella myös mitattiin tilojen ilmamääriä sekä säädettiin tiivistettyjen tilojen ilman-vaihtoa uudelleen. Tiivistyskorjausten jälkeen tehtävä ilmanvaihdon säätäminen on erittäin tärkeää sisäilmakorjausten onnistumisen kannalta, koska on hyvin todennäköistä, että tilojen painesuhteet ja sitä kautta korvausilma määrät ovat muuttuneet, kun ilman siirtymistä ei tapahdu enää tiiviste-tyistä paikoista hallitsemattomasti. Korvausilmaa tiivistettyihin tiloihin on siis yleensä lisättävä, jotta ilmanvaihto on hallittua ja tilojen käyttäjät huomioiden riittävää. Lisäksi korjaussuunnitelmissa on mainittu, että tilat tulisi olla hieman alipaineisia tiloja ympäröivään ulkoilmaan nähden korjausten jälkeen.



KUVAT 24 ja 25. Pintojen ennallistaminen käynnissä kohteen lohkoissa 2 ja 3. (Pesonen 2022, CC BY-SA)



KUVAT 26 ja 27. Tiivistyskojauksen jälkeen valmiiksi ennallistettuja sekä siivottuja alueita päiväkodin tiloissa. (Pesonen 2022, CC BY-SA)

Pääsääntöisesti tiivistyskorjatut alueet ovat kohtuullisen siistejä vaikkei lattioiden väri olekaan sama enää ennallistetuissa pinnoissa. Kynnyslistana kohteessa on korkea muovilista, jonka taakse tiivistetyt alueet jäävät siististi piiloon (kuvat 26 ja 27).

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

6.1 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia tarvittavat ja toteutettavissa olevat asiakirjat eli aikataulut sekä suunnitelmat päiväkotisiiven tiivistyskorjausten tuotannon ohjausta varten. Lisäksi tavoitteena oli toimia kohteen tuotantovaiheessa työnjohtajan roolissa, sekä osallistua kohteen laadunvarmistustutkimuksiin. Kohteen tuotantovaiheen laadunvalvontamuistion laatiminen kuului myös työn tavoitteisiin. Työn tavoitteet täyttyivät kaikilta muilta osin, paitsi työnjohtajana toimiminen jäi vähäisemmäksi alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna. Kohteen korjaukset valmistuivat laaditussa aikataulussa sekä etenivät luotujen suunnitelmien mukaan. Lisäksi tavoitteet kohteen korjaussuunnitelmissa ilmoitettujen tiiveystasojen parantamisesta täyttyivät ja ne varmistettiin mallityöstä vielä merkkiainekokein aistienvaraisten tutkimusten lisäksi.

Omalta osaltani työ sujui ja eteni aluksi hyvin ja sain tuotettua vaaditut asiakirjat sekä suunnitelmat melko helposti ja vaivattomasti koulusta ja aiemmista harjoitteluista kertyneiden oppien avulla. Tiivistyskorjausten alettua kohteella olin kuitenkin täysipäiväisesti töissä toisaalla, joten työhön käytettävissä oleva aika oli välillä todella vähäistä. Vastaavasta tiivistyskorjaushankkeesta ja sen työnjohtajana toimimisesta minulle oli jo kuitenkin edelliseltä kesältä ehtinyt kertyä jonkin verran kokemusta, joten uuden oppimista työssä ei tullut ihan niin paljoa kuin siinä tapauksessa, etten olisi vastaavaan hakeeseen koskaan aiemmin osallistunut. Projektin aikana opin kuitenkin monenlaisia käytännön asioita vastaavanlaisen työkokonaisuuden johtamisesta ja eri toimijoiden yhteensovittamisesta työmaalla, sekä tuotantoa varten laadittavien suunnitelmien tekemisestä. Lisäksi pääsin seuraamaan aitiopaikalta kyseisenlaisen hankkeen alusta loppuun läpiviemistä ja osallistumaan myös sen tuotantovaiheen suunnitteluun isolta osin.

Muutoksia alkuperäiseen suunnitelmaan työn edetessä tapahtui sen verran, että minun oli tarkoituksena mennä suorittamaan kolmannen vuoden harjoitteluni Joensuun kaupungin Tilakeskuksen rakennustekniikan osastolle ja toimimaan siellä kesätyönjohtajana sekä tässä työssä käsiteltävän kohteen työnjohtajana kesällä 2022. Ennen harjoittelun alkamista sain kuitenkin työtarjouksen toisesta yrityksestä, johon tässä tapauksessa tartuin. En siis toiminut opinnäytetyön kohteen toteutuksessa varsinaisena työnjohtajana vaan suoritin pikemminkin urakoitsijan oman työn valvontaa työnjohtajan lisänä.

Työssä kuvatut tiivistyskorjaukset onnistuivat tavoitellulla tavalla ja ne antoivat hyvin todennäköisesti ainakin korjaussuunnitelmissa tavoitellun viisi vuotta jatkoaikaa kohderakennuksen turvalliselle käytölle. Korjausten onnistumista on kuitenkin seurattava vielä varsinaisten korjausten jälkeen suoritettavilla käyttäjä kyselyillä sekä jälkimittauksilla kohteessa, jotta voidaan olla varmoja, että rakennuksen sisäilmaongelmat ovat poistuneet.

Yhteistyö opinnäytetyön tilaajan kanssa sujui koko työn ajan erittäin hyvin ja sain sieltä kaiken tarvitsemiä avun sekä tiedot työn toteuttamista varten. Lisäksi pääsin toimimaan korjauskohteessa työnjohtajan puolesta urakoitsijan oman työn valvojana, joka oli minulle omalla tavallaan täysin uutta kokemusta sekä sain laatia korjauksista virallisen laadunvarmistusmuistion Tilakeskuksen arkistoitavaksi.

6.2 Pohdinta

Opinnäytetyöprojekti ja sen kohde oli kaikin puolin mielenkiintoinen kokonaisuus vaikkakin ajoittain töiden ohessa suoritettuna melko työlään tuntuinen. Työkiireistä johtuen raportin viimeistelyt venyivät hieman alkuperäisestä suunnitelmasta mutta se valmistui kuitenkin vielä sen verran ajoissa, ettei pitäisi olla vaikutusta valmistumiseeni.

Työssä kuvaillut tiivistyskorjaukset ovat tietääkseni nykyisin melko yleinen elvytyskeino sisäilmaongelman rakennuksen käytön jatkamiseksi esimerkiksi peruskorjauksen ajankohdan siirtämiseksi tulevaisuuteen. Mielestäni työssä kuvatulla tavalla toteutetut tiivistyskorjaukset ovatkin varsin hyvä vaihtoehto etenkin julkisen sektorin omistamille ja rahoittamille rakennuksille, jos rakennus kärsii sisäilmaongelmista ja sen kohtalo pitkällä aikavälillä tarkasteltuna on vielä epävarmaa, mutta sen käyttöä olisi kuitenkin pystyttävä jatkamaan ainakin muutamia vuosia eteenpäin.

Tiivistyskorjausten kustannukset ovat varsin maltilliset esimerkiksi suurempaan peruskorjaukseen verrattuna ja niillä saadaan onnistuessaan jatkettua rakennuksen käyttökuntoisena pysymistä nykytietämyksellä ainakin viisi vuotta eteenpäin. Lisäksi korjaukset ovat varsin pieni töisiä toteuttaa riippuen tietyistä rakenteista ja tilaratkaisuista, eikä korjausten ajalle tarvitse välttämättä etsiä rakennuksen käyttäjille väistötiloja, vaan työalueet pystytään rajaamaan niin pienelle alalle korjaus alueen läheisyyteen, että rakennuksen käyttö on mahdollista jopa korjausten aikana.

Korjauksia suositeltaessa on mielestäni tärkeää kuitenkin muistaa, että tiivistyskorjaukset eivät poista sisäilmaongelman aiheuttajaa rakennuksesta vaan toimivat nimensä mukaisesti tiivistyksenä. Lisäksi nykytiedon mukaan vedeneristysmenetelmällä tiivistetyn rakenneliitoksen suunniteltu käyttöikä on varsin rajallinen, joten tiivistyskorjauksia ei voi missään nimessä pitää varsinaisena sisäilmaongelman korjaustoimenpiteenä. Lisäksi ne vaativat onnistuakseen myös vähintään ilmanvaihdon ilmapäärien uudelleen mittauksen sekä säädön. Myös jälkimittaukset ja käyttäjä kyselyt rakennuksen käyttövaiheessa korjausten jälkeen ovat erittäin tärkeitä ja auttavat pysymään kartalla siinä ovatko korjaukset onnistuneet ja alkaako rakennuksen käyttäjät oireilla uudelleen.

LÄHTEET

Asbestipurkutyölupa. <https://www.tyosuojelu.fi/tietoa-meista/asiointi/luvat-ja-ilmoitukset/asbesti>. Viitattu 22.5.2022

Hengityслиitto julkaisuaika tuntematon. Sisäilmaongelmien selvittäminen. Verkojulkaisu hengityслиitto.fi. <https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailmaongelmien-selvittaminen/>. Viitattu 30.3.2022

Kurnitski, Jarek 2008. Opetushallitus. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/sisailmaongelmaisten_koulurakennusten_korjaaminen_2008.pdf. Viitattu 30.3.2022

Maankäyttö ja rakennuslaki 117 c § (21.12.2012/958). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P117>. Viitattu 22.4.2022

Poutiainen, Taija 2017. Sisäilmakorjausten onnistumisen varmentaminen. https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rateko/rta-seminarit/rta-2/6_poutiainen_taija_ke0706_2017.pdf. Viitattu 19.4.2022

Rakennusteollisuus julkaisuaika tuntematon. Korjausvelka ja terveys. Verkojulkaisu rakennusteollisuus.fi. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/Korjausvelka/Korjausvelka-ja-terveys/>. Viitattu 30.3.2022

RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Ohjeet 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS

Sisäilmayhdistys 2008. Yleisimmät sisäilmaongelmat. Verkojulkaisu sisäilmayhdistys.fi. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>. Viitattu 30.3.2022

Sormunen, Timo 2021. Opinnäytetyö. Sisäilmaongelmaisten asuinrakennusten kustannustehokas korjaaminen. Sijainti: Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.4.2022

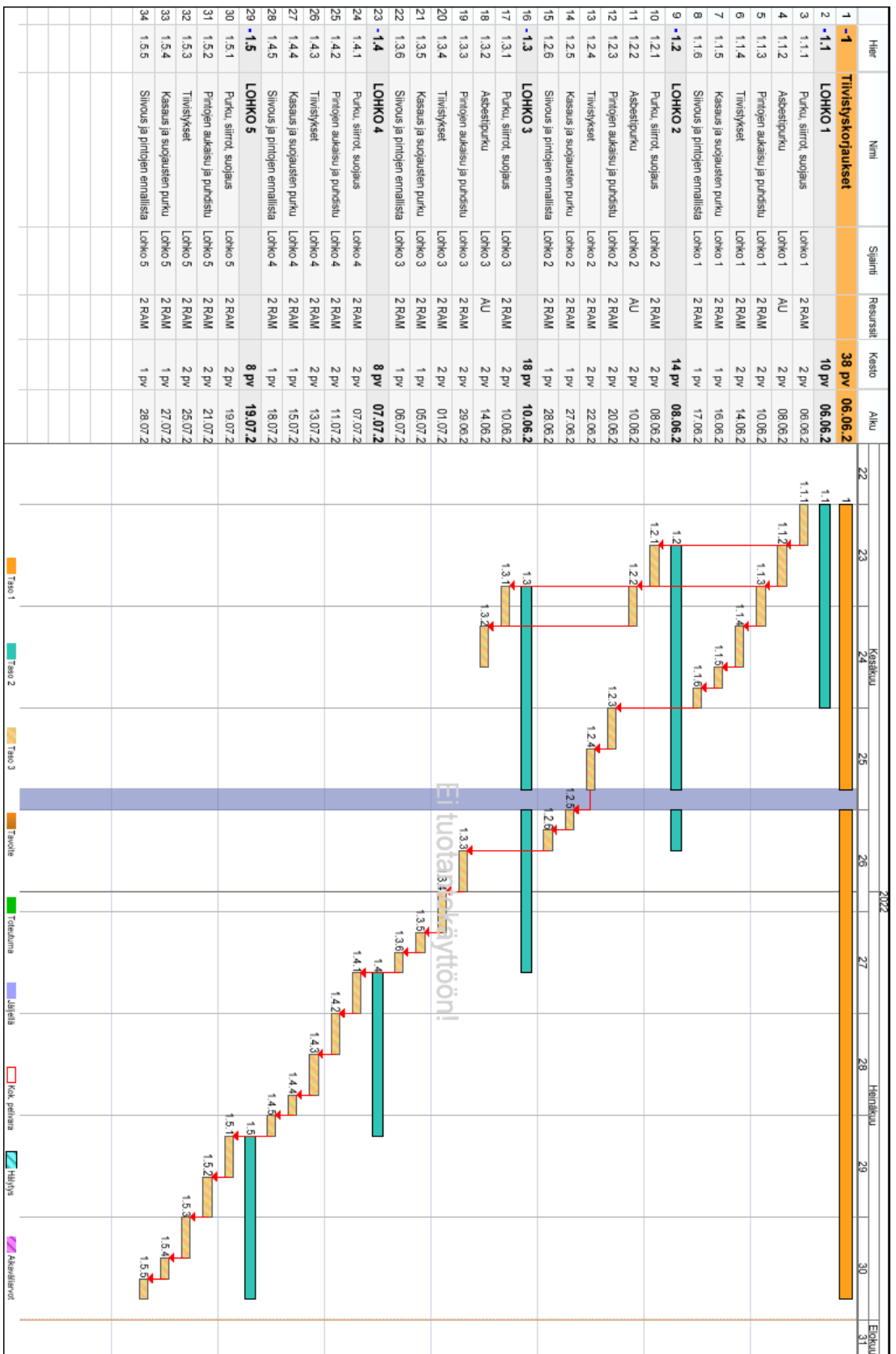
Välitalo, Mirka 2019. Opinnäytetyö. Sisäilmaongelmaiset julkiset rakennukset ja niiden väliaikaisen korjauksen menetelmiä ilmanvaihdon näkökulmasta. Sijainti: Talotekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.4.2022

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 782/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782#Pidm45949345093056>. Viitattu 21.5.2022

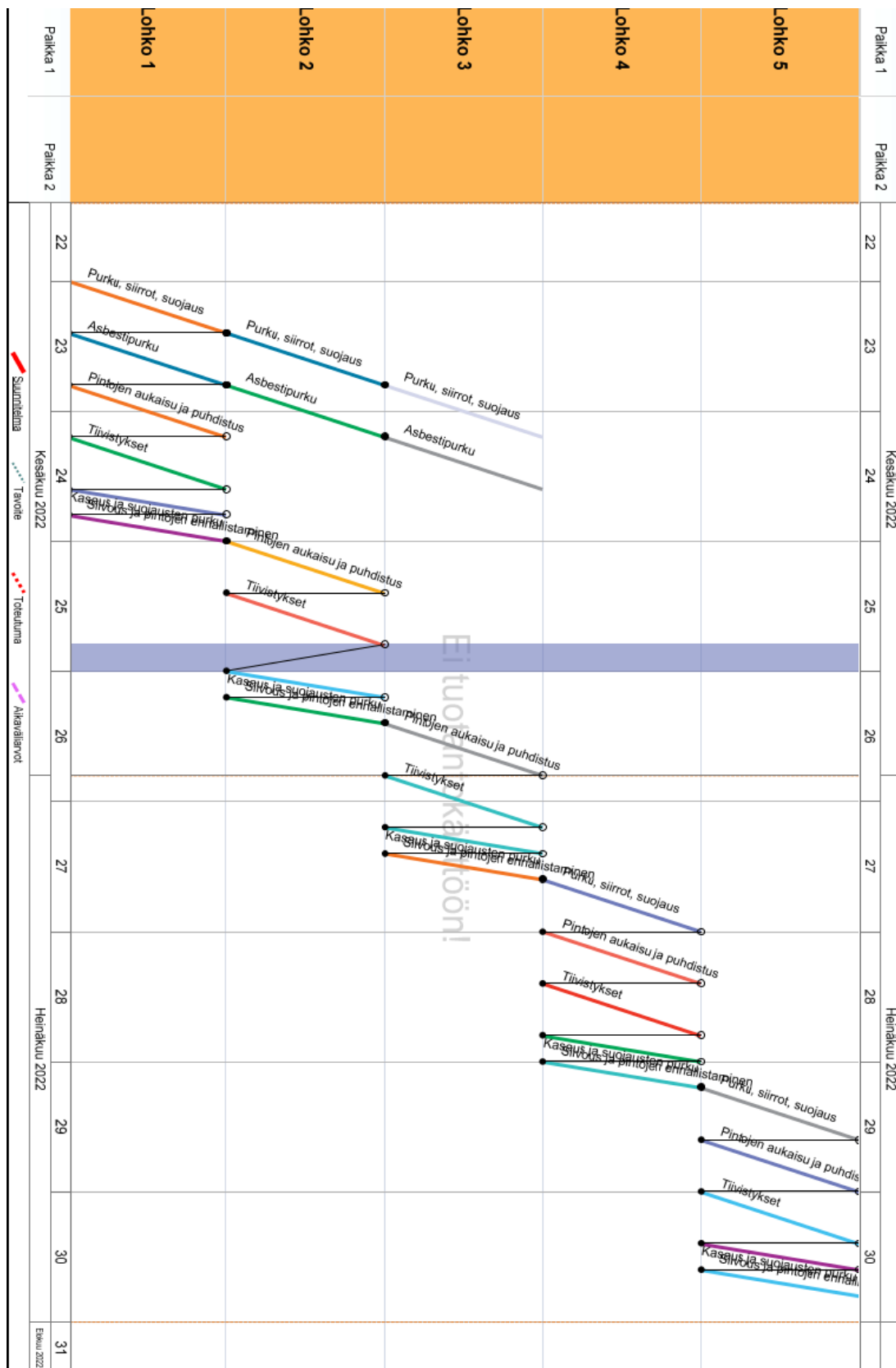
Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. 848/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidm45949345668064>. Viitattu 21.5.2022

Ympäristöministeriön asetus uudenrakennuksen energiatehokkuudesta. 1010/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>. Viitattu 22.4.2022

LIITE 1: KORJAUSKOHTIEN YLEISAIKATAULU



LIITE 2: KORJAUSKOHTTEEN PAIKKA-AIKAKAAVIO



LIITE 3: TIEDOTE

Liite 3 on luottamuksellinen.