



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Alexi Tuominen

Korjaushanke kosteusvauriosta rapatuissa julkisivuissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

9.11.2020

Tekijä Otsikko	Aleksi Tuominen Korjaushanke kosteusvauriosta rapatuissa julkisivuissa
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 5.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Satu Matikainen, Toimitusjohtaja (Creago Oy) Matias Viinikainen, Projektipäällikkö (Creago Oy) Juha Virtanen, Lehtori (Metropolia Ammattikorkeakoulu)
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia eri rappausten ja pinnoitteiden kosteustekninen soveltuvuus tiilirakenteisissa julkisivuissa ja esittää massiivitiiliseinän kuntotutkimuksen vaiheet. Opinnäytetyössä tutkittiin, mitä virheitä julkisivukorjauksissa tehdään ja pohdittiin, mitä parannettavaa niissä olisi. Työtä voidaan hyödyntää vastaavissa massiivitiiliseinien kuntotutkimus- tai suunnitteluvaiheessa.</p> <p>Työ tehtiin yhteistyössä Creago Oy:n kanssa. Opinnäytetyö toteutettiin haastattelututkimuksen, lähdekirjallisuuden ja referenssikohteen pohjalta. Haastatteluja tehtiin urakoitsijalle, rakennusfysiikan asiantuntijalle ja materiaalitoimittajalle. Korjauskohteessa tapahtui äkillinen vesivahinko, joka johti massiivitiiliseinän kosteusvaurioihin. Työssä on esitetty kohteen kuntotutkimusvaihe sekä pohdittu ja tuotu esille huomioitavia asioita.</p> <p>Massiivitiiliseinä on yhdestä aineesta koostuva seinärakenne, joka toimii kantavana ja eristävänä rakenteena. Paksu rakenne pystyy sitomaan suuria määriä kosteutta ja lämpöä. Sen toimivuus perustuu kastumis- ja kuivumissykleihin, mutta äkillisessä vesivahingossa rakenteen kosteuspitoisuus kasvaa kuitenkin niin paljon, ettei se kykene kuivumaan. Pitkä kosteudelle altistuminen voi aiheuttaa terveydelle haitallisia mikrobi- ja homevaurioita sekä seinärakenteen rapautumista.</p> <p>Opinnäytetyön aikana selvisi, että julkisivukorjauksessa tärkeintä on materiaalien yhteensopivuus ja kosteusteknisen toiminnan varmistaminen. Tyypillisiä virheitä ovat liian paksut rappauserrokset, pellitysten vuotaminen sekä epäsopivien materiaalien käyttö. Kuntotutkimuksella selvitetään sopivat materiaalit ja korjausmenetelmä. Työn ohessa valmistui äkillisen kosteusvaurion tutkimusohjeistus massiivimuurattuun ulkoseinään sekä taulukko eri rappausmaalien ominaisuuksista ja käyttökohteista.</p>	
Avainsanat	massiivitiiliseinä, kuntotutkimus, rappaus, kosteusvaurio

Author Title	Aleksi Tuominen Moisture damage in a façade renovation
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 9 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Satu Matikainen, CEO (Creago Oy) Matias Viinikainen, Project Manager (Creago Oy) Juha Virtanen, Lecturer (Metropolia UAS)
<p>The main purpose of the thesis was to study how different plastering and façade covering conducts on a massive brick wall. Another target was to present the steps of a condition survey on brick walls including observations and conclusions. In this research, the problems are specified, and it is considered how to avoid common mistakes. All material can be used as a support for façade renovations and condition surveys of brick walls.</p> <p>This thesis was made for Creago Oy. The research was executed by studying source books, interviewing contractor, building physics expert and façade material manufacturer. In addition, the thesis studied a renovation project during which a sudden water damage occurred inside the building leading to high moisture values on a massive brick wall. In the condition survey, both material and structural technical point of views were considered.</p> <p>A massive brick wall is homogenous, and it operates as a supportive and isolative structure. A thick wall is capable of holding a large amount of moisture and heat. The functionality is based on its feature to dry in cycles, but if a sudden water damage occurs, the moisture content increases too high and the wall structure cannot become dry in a suitable period. Long-term moisture exposure damages the wall; it decays bricks and/or plastering and provides potential circumstances for mildew and microbes, which affects the quality of air inside.</p> <p>According to this study, the most important aspects in façade renovations are material suitability and structural moisture functionality. Common faults are overly thick plastering layers, leaking of copings and use of unsuitable materials. Furthermore, the thesis produced a condition survey instructions for a moisture damaged massive brick wall and a feature comparison table of various paints for façade plastering.</p>	
Keywords	massive brick wall, investigation survey, plastering, water damage

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laastien käyttö	2
2.1	Yleisesti	2
2.2	Rappaukset Suomessa	3
2.3	Kaupunkien kehitys	3
3	Kalkkipohjaiset laastit	4
3.1	Koostumus	4
3.2	Valmistus	7
4	Rappaus ja tiilirakenteinen ulkoseinä	12
4.1	Kuorimuuri ja massiivitiiliseinä	12
4.2	Tiilet	14
4.3	Rappaus ja pinnoite	15
5	Opinnäytetyön tutkimusmenetelmät	17
5.1	Haastattelututkimuksen toteutusmenetelmä	17
5.2	Haastatteluaineisto	18
5.3	Kosteusvaurion kuntotutkimukset	22
6	Yhteenveto	29
7	Pohdinta	31
8	Lähteet	33

Liitteet

Liite 1. Kosteusvaurioituneen massiivitiiliseinän tutkimusohjeistus

Liite 2. Haastattelun runko

Lyhenteet

Alkalinen	Emäksisesti reagoiva aine, joka luovuttaa hydroksyyli-ioneja vesiliuokseen
AHA-kartoitus	Asbesti- ja haitta-ainekartoitus
Biosidi	Aine, jota voidaan käyttää homeen poistoon
DIN 18550 Teil 2	Suomessa käytössä oleva laastien valmistusta koskeva normi
Hygroskooppisuus	Aineen kykyä sitoa ja luovuttaa ilman vesihöyryä
Kuntoarvio	Arviointi rakenteen kunnosta aistinvaraisesti
Kuntotutkimus	Tarkempi selvitys rakenteen kunnosta. Sisältää rakenneavauksia ja kuntotutkimuksia
PR	Porareikä
RT-kortisto	Rakennustieto Oy:n ylläpitämä tietopalvelu, joka sisältää mm. hyvän rakennustavan määrittävät RT-ohjeet
TB-laatta	Teräsbetonilaatta

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kuinka eri rappaukset ja pinnoitteet soveltuvat kosteusteknisesti eri tiilijulkisivuihin sekä esittää kosteusvaurioituneen ulkoseinän kuntotutkimuksen tehtävät vaihe vaiheelta. Julkisivukorjauksissa olennaista on eri materiaalien yhteensopivuus ja olosuhteisiin sopivat materiaalit. Tämän takia tutkimus aiheesta on tarpeellinen, ja sitä voidaan hyödyntää vastaavien julkisivujen kuntotutkimus- ja suunnitteluvaiheessa.

Muurattu julkisivurakenne on Suomessa yleinen asuin- tai toimitilarakennuksen julkisivu. Työssä keskitytään massiivimuurattuihin ulkoseiniin. Massiivitiiliseinä oli Suomessa yleisin ulkoseinärakenne 1950-luvulle asti, kunnes useammasta aineesta koostuvat ulkoseinärakenteet, kuten kuorimuurit yleistyivät. Julkisivuvauriot leimataan usein virheellisesti pelkästään esteettiseksi viaksi, vaikka julkisivun piilevä kosteusvauriolla voi olla suuri vaikutus sisäilman laatuun ja sen myötä käyttäjien terveellisyteen.

Tässä työssä pyritään:

- Selittämään julkisivun kosteustekninen toiminta, materiaalivalinnan vaikutus ja selvittämään mitä parannettavaa julkisivuhankkeissa on
- Tuottamaan ohjeistus kosteusvaurioituneen massiivitiilimuuratun julkisivun kuntotutkimukseen

Työn tavoitteena on koota tietoa ja kartoittaa ongelmia korjausrakentamisessa ja julkisivuhankkeissa. Korjaushankkeet ovat aina yksilöllisiä, ja ne pitää korjata aina tilannekohtaisesti. RT-kortistoa on sovellettava ja se ei sisällä käytännönläheistä opastusta. Opinnäytetyössä valmistuneen kuntotutkimusohjeistuksen avulla aloitteleva suunnittelija tai kuntotutkija saa käytännöllisen kuvan miten kosteusvaurioituneen massiivitiilirakenteen kuntotutkimus etenee.

Työ tehtiin yhteistyössä Creago Oy:n kanssa. Yritys tarjoaa palveluja mm. rakennusten kuntotutkimusten ja suunnittelun asiantuntijapalveluja.

2 Laastien käyttö

2.1 Yleisesti

Laastilla voidaan muurata seiniä ja holveja sitomalla muurauskivet yhtenäiseksi rakenteeksi. Sitä voidaan käyttää myös tasoitteena tai maalina, jolloin rakenteelle saadaan tarvittaessa yhtenäinen ja hieno pinta, jota ei voida puhtaaksimuuraamisella saavuttaa. Se peittää alle jäävät esteettiset virheet ja sen pinta on helpommin tasoitettavissa. Rappaukset soveltuvat niin sisä- kuin myös ulkopintoihin. Julkisivurappaus on ikään kuin rakennuksen kuori, joka suojaa sitä mekaaniselta kulutukselta ja ilmastolta. Kun voidaan uusia vain ohut kerros rakennetta, niin säästytään siltä, että koko tiiliseinä pitäisi vaihtaa. Rappaukset ovat osoittautuneet kestäviksi ja hienoksi osaksi julkisivurakenteen toimintaa. Oikein tehtynä, asianmukaisesti huollettuna rappaukset voivat kestää vuosikymmeniä. Tämän todistavat lukuisat rapatut kohteet maailmalla ja Suomessa [1].

Materiaaleja kehitetään ja uusia tuotteita lanseerataan jatkuvasti. Laasteja on nykyään hurja määrä ja ongelmaksi voi muodostuakin sopivan rakennustuotteen valitseminen. Asiantunteva suunnittelija tai urakoitsija tuntee kokemuksensa avulla eri materiaalien käyttäytymisen mutta miten taloyhtiö, yksityishenkilö tai joku muu taho saa varmasti oikeat materiaalit kiinteistön julkisivuun.

Rakennustekniikka on kehittynyt hurjasti, mutta rakentamisen pääpiirteet pysyvät kuitenkin hyvin samankaltaisina läpi vuosikausien. Tiedetään, että jo varhaiset ihmiset esihistoriallisella ajalla käyttivät savea rappausmateriaalina puun oksista sekä risuista punottuihin majoihin. Lähi-Idässä rakennuksia on koristeltu ja suojattu rappaamalla jo yli 5000 vuotta sitten; unohtamatta antiikin aikakauden kalkkilaastirappauksia. Myöhemmin Euroopassa rakennusten pääjulkisivuja päällystettiin laatoilla ja rappausta käytettiin muihin julkisivuihin. Pääjulkisivuista haluttiin näyttäviä, kun taas rappauksella jäljiteltiin mahdollisimman kiveltä näyttävää pintaa rappauksen edullisuuden valossa [1].

2.2 Rappaukset Suomessa

Rappaaminen alkoi levitä pohjoiseen saksalaisten mestareiden mukana, joista myös suomalaiset ottivat mallia 1100-luvulla. Tätä samaa tekniikkaa mukailleen, puhtailla kalkkilaasteilla tehtävää muurausta ja rappausta käytettiin yleisesti vielä Suomessa 1900-luvun alkuun asti. Vanhojen kalkkirappausten koostumuksissa on suuria eroja. Keskiajalla laastissa oli tyypillisesti runkoaineena hiekan lisäksi vanhaa kalkkilaastia. Rappauksesta saatiin eriväristä ja esimerkiksi 1700-luvulla laastia värjättiin punertavaksi lisäämällä siihen tiilijauhoa. Kalkkilaastin koostumukseen ja lujuuteen vaikuttavat niiden sideainemäärät, ainesuhteet sekä laastihiekan raekoko.

Vuosisadan vaihteessa kalkkilaastiin ruvettiin lisäämään sementtiä. Nykypäivänä käytettävän kalkkisementtilaastin eli KS-laastin lujuus on parempi kuin tavallisen kalkkilaastin. Puhtaan kalkkilaastin käyttö on tänä päivänä hyvin vähäistä ja sitä käytetään lähinnä vain historiallisten rakennusten paikkakorjauksiin kuten kivikirkkoihin ja muihin arvokiinteistöihin.

Rappaukset lyötiin käsin käyttäen esimerkiksi kauhaa, kunnes se tehostui koneelliseksi vuonna 1960-luvulla. Tästä vuosia myöhemmin rappauspumppu oli syrjäyttänyt käsi-työn käytännössä kokonaan. Koneellisesta rappauksesta huolimatta, noin 1960-luvulla alkanut nopea betonielementtitekniikan kehitys, puhtaaksi muurattu tiili sekä levyrakenteet yleistyivät julkisivurakenteissa ja rappaaminen väheni uudisrakentamisessa [2].

2.3 Kaupunkien kehitys

Suomen kaupunkirakentaminen koki muutoksen 1800-luvun alussa. Turussa tapahtui useita tulipaloja, joista viimeinen tuhosi huomattavan osan puutaloasutuksista. Tämä antoi tilaa kaupungin modernisaatiolle ja saksalainen arkkitehti Carl Ludvig Engelin astui suureen rooliin. Hän vastasi uuden pääkaupungin suunnittelusta, Helsingistä. Tulipalon polttamassa vanhassa pääkaupungissa Turussa ja Helsingissä käynnistyi merkittävä kivitalorakentaminen, ja sen myötä sileiksi rapatut julkisivutkin saivat osansa kaupungin katukuvasta [8].

Ennen muuttoa Helsinkiin vuonna 1815, C.L. Engel suunnitteli Pietarissa mm. teattereita ja yksityistaloja. Hän kutsui Suomeen 60 ammattitaitoista venäläistä muuraria. Rap-

paaminen ja kalkkimaalaus pysyivät venäläisten muurarien työnä Suomen itsenäistymiseen saakka [8].

3 Kalkkipohjaiset laastit

3.1 Koostumus

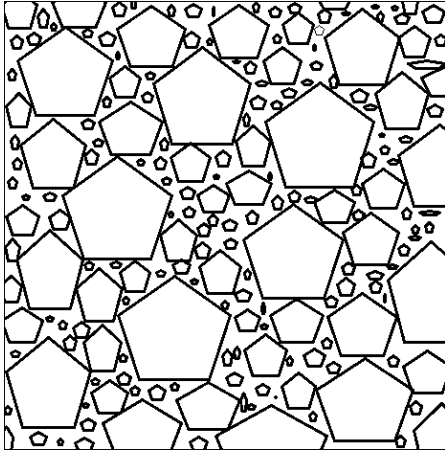
Kalkkilaasti on seos, jonka muodostavat runkoaine, vesi ja sideaine sammutettu kalkki. Vaihtelemalla seosaineiden suhteita voidaan määritellä kyseiseen käyttötarkoitukseen sopiva laasti. Veden määrällä voidaan vaikuttaa laastin työstettävyyteen. Veden on oltava puhdasta, se ei saa sisältää laastin väriin tai laatuun vaikuttavia aineita kuten humusta tai suoloja. Sideaineen tehtävä on nimensä mukaisesti sitoa hiekka yhteiseksi massaksi ja kiinnittää kaksi rakennetta, tiiliseinä ja rappaus yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi [3].

Runkoaine muodostaa seokselle sen muodon mihin se kovettuu ja estää liiallisen kutistumisen. Ilman runkoainetta seos ei pysty kiinnittymään seinään kunnolla ja varisee alas sen kuivuessa. Runkoaineen rakeisuudella säädetään myös seoksen työstettävyyttä, kovettumista ja pinnan tasaisuutta. Tavanomaisimpia runkoaineita ovat nykyään hiekka ja murskattu kivi. Eristäviä tai erikoisolosuhteita kestäviä runkoaineita ovat mm. kuidut, korkki tai piimaa. Keskiajalla myös tiilimurskaa ja kalkkikiven murusia on sekoitettu laastien sekaan [3].

3.1.1 Runkoaine

Tyypillisin runko aine on hiekka. Hiekan raekoko määrittelee, onko se savea, hiesua, hiekkaa vai soraa. Lämpimitaltaan 0,06-2 mm kokoinen kiviaines luokitellaan hiekaksi. Suurempia ovat kivikko ja lohkareet, jotka eivät sovellu laastiseoksiin. Laastihiekassa käytetään yleisesti vähintään 3-4 mm raekokoista hiekkaa, riippuen laastin toimintatarkoituksesta, halutusta ulkoasusta ja karkeudesta. Kynsissä eli tartuntarappauksessa käytetään suurempaa raekokoa kuin pintarappauksessa. Yleinen ohje on, että ensimmäisraekoko saa olla enintään 40 % rappauksen paksuudesta. Koristeellisessa tai paksuudeltaan 20 cm täyttörappauksessa voidaan käyttää vielä 8 mm raekokoista soraa. Pintarappauksesta halutaan yleensä tasaisen sileää ja käytettävän hiekan raekoko

on 1-2 mm. Rappausten tutkimukset osoittavat, että hyvän laastihiekan raekoot ovat vaihtelevia. Runkoaineen on oltava tiivis niin että suurimpien rakeiden välissä on pienempiä rakeita ja taas pienien rakeiden välissä on vielä pienempiä kiviä. Näin runkoaine luo rappaukseen tiiviin ja kestävän kalvon, jonka sideaine pitää kasassa.



Kuva 1. Havainnollistava kuva runkoaineen asettumisesta tasaisesti ja tiiviisti. Hyvä hiekka on rakeiltaan kulmikas tai pyöreähkö. Litteät kivet jättävät väleihin tyhjää tilaa.

Paras mahdollinen runkoaine ei sisällä suuria määriä humusta tai lietettä, koska niiden tiedetään heikentävän laastin lujuutta. Humus on multaa ja se näkyy hiekassa likana. Hiekan puhtauden voi myös testata sekoittamalla hiekkaa pienessä pullossa lipeäliuosta. Jos humusta on paljon, niin liuos vaihtaa väriä ruskeaksi. Huonolaatuisella, tasaraikkeisella ja multaisella hiekalla voi laastin lujuus olla puolet huonompi kuin kunnollisesta hiekasta tehdystä [3, s. 107-110].

3.1.2 Kalkki ja sementti sideaineena

Kalkkia käytetään sideaineena rappauksissa sen työstettävyyden, huokoisuuden ja suuren vesihöyryn läpäisevyyden takia. Se on toimiva sekä perinteitä ylläpitävä ratkaisu. Kalkkirappauksia on käytetty julkisivuihin jo vuosisatoja. Kalkkilaasteja voidaan valmistaa hydraulisia ja ei-hydraulisia. Hydraulisuudella mitataan aineen ominaisuutta kovettua kosteissa olosuhteissa. Hydraulista kalkkia saadaan, kun poltetaan kalkkikiveä, joka sisältää alumiinia, rautaa tai piitä. [3, s. 107-110]. Tänä päivänä puhtaita kalkkirappauksia käytetään lähinnä vanhojen rakennusten restaurointiin. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun kivistä kirkkoihin toimitetaan perinteistä märkälaastia Hyvinkään betonitehtaalta. Märkälaastit ovat hintavia, mutta tehtaan ollessa lähellä saa kustannukset kannattaviksi [15]. Vanhoissa, historiallisesti merkittävissä kohteissa on pyrittävä säi-

lyttämään alkuperäinen arkkitehtuuri. On oltava tietoinen, että rakenteita ei ylikorjata ja korjattavat rakenteet vaihdetaan muihin rakennusosiin yhteensopiviksi. Siksi perinteisiä laastinvalmistusmenetelmiä vielä harrastetaan.

Kalkkirappaus ei kovetu kosteissa olosuhteissa, se vaatii kovettuakseen 50-80 % ilman suhteellisen kosteuden ja näin Suomen kesä saattaa jäädä liian lyhyeksi rappauksen täydelliseen kovettumiseen. Rappauksen on oltava luja kesän lopussa, sillä sen on kestävä syksyn sateet, talven pakkasen ja rapautuminen. Kuivumiskautta voidaan pidentää huputtamalla ja käyttämällä lämpöpuhaltimia. Puhtaassa kalkkilaastissa ei välttämättä ole tarvittavaa lujuutta ja tämän takia seokseen lisätään kalkin lisäksi sementtiä [3].

Sementin ja kalkin ominaisuudet ovat täysin erilaiset ja yhdistämällä ne saadaan erinomainen rappauslaasti. Kalkkisementti laasti eli KS-laasti soveltuu erityisen hyvin kosteisiin olosuhteisiin sementin hydraulisuuden puolesta. Sementti kuivuu nopeammin kuin kalkki ja se saavuttaa lujuutensa nopeasti. Sementti kuitenkin lisää laastin tiiviyyttä ja liian tiivis julkisivurappaus halkeilee helposti seinärakenteen eläessä. Riittävän lujuuden saamiseksi, on sementtiä oltava vähintään 35 % sideaineista [3]. Yleensä sementtiä on 35 tai 50 % osuus sideaineista. Lujuutta säädellään rapattavaan pohjaan sopivaksi ja yleinen käytäntö on, että lujuus laskee pintaan kohden [15].

3.1.3 Lisäaineet

Nykyaikaisiin märkä- ja kuivalaasteihin lisätään aineita, jotka vaikuttavat tuoreen ja rapatun laastin ominaisuuksiin. Lisäaineet ovat tavanomaisesti jo valmiiksi laastissa, kun se tuodaan tehtaalta. Rappauksen kovettumisaikaan vaikutetaan kiihdyttimillä ja hidastimilla. Hidastin vähentää veden haihtumista tuoreesta laastista. Hidastimia käytetään esimerkiksi märkäläästissä, kun se tehdään käyttövalmiiksi tehtaalla ja halutaan että laasti ei ala kovettumaan kuljetuksen aikana. Parantaakseen laastin työstettävyyttä käytetään notkistimia, jotka kostuttavat ja dispergoivat ainetta. Ne korvaavat vettä ja laastista ei tarvitse tehdä liian vetistä. Vetinen laasti kutistuu veden haihtuessa ja vaarana on liiallinen kutistuminen. Liiallinen kutistuminen aiheuttaa rappauksen halkeilua ja irtoilua [3, s. 106]. Huokostin lisää laastin ilmavuutta, mikä parantaa rappauksen sateen- ja pakkasenkestävyyttä. Veden jäätyessä rapatussa seinässä se mahtuu laajeta, jolloin ei synny halkeamia. Kalkkisementtilaasteissa huokosia on noin 12-15 % sen

tilavuudesta, mutta ei kuitenkaan yli 20%. Mitä sementtipitoisempi laastiseos sitä enemmän se vaatii lisähuokostusta. Ilmavuus lisää myös laastin työstettävyyttä.

Laastista voidaan tehdä vettä hylkivää hydrofobisilla lisäaineilla, kun tiedetään että rakenne on altis suurelle kosteudelle. Veden kapillaarinen liike huokosissa hidastuu tai loppuu kokonaan. Kovettuneen laastin vedenimuominaisuudet estyvät, mutta ilmavirran mukana liikkuva vesihöyry pääsee kulkeutumaan vapaasti. Hydrofobinen laasti on poikkeuksetta aina pintarappauksessa. [3 s. 106]. Hydrofobiset lisäaineet saattavat hylkiä tiettyjä maalityyppejä. Jos korjaushankkeen maalipinta halutaan uusiksi ja vaihtaa uuteen maalityyppiin, niin vettä hylkivään rappauspintaan ei välttämättä tartu epäorgaaninen kalkki- tai silikaattimaali. Siksi on tutkittava vanhan maalin tyyppi sekä rakenteeseen sopivat vaihtoehtoiset maalit [10]. Yleensä paras ratkaisu on, että ennestään toimiva rakenne korjataan samoilla tai niitä vastaavilla tuotteilla.

Rappauksen väriin voidaan vaikuttaa jo laastin valinnassa, jos maalaus nähdään tarpeettomana. Epäorgaanisia pigmenttejä tai värillisiä runkoaineita voidaan käyttää laastissa värjäykseen. Mahdollisuuksia on monia ja pigmentti voi olla väriltään musta, ruskea, punainen, sininen, vihreä, keltainen, valkoinen tai jokin näiden värien sekoitus. Väriaineita voi lisätä enintään 8 % sideaineen määrästä eikä sitä suositella lisättävän työmaaolosuhteissa. Jos sideaineena on sementtiä, on hyvä käyttää valkosementtiä, jotta sävy säilyisi mahdollisimman puhtaana. [10.]

3.2 Valmistus

Laastin ominaisuuksiin vaikuttavat sen raaka-aineet, ainesuhteet ja niiden käsittely. Työstettävyyttä, tartuntaominaisuutta, huokoisuutta ja sitä kautta pakkasen- ja sateenkestävyyttä voidaan muokata käyttötarkoituksen mukaan. Korjausrakentamisessa oikeanlaisen laastin valmistaminen on tarkkaa työtä. Vanhan rappauksen jäljitteleminen on usein haastavaa, sillä pienetkin erot laastin koostumuksessa saattavat näkyä julkisivussa eri sävyisinä läikkinä. Kalkki-sementtisuhde on hyvin merkitsevää, kun suunnitellaan rakenteen kosteusteknistä toimivuutta.

3.2.1 Kalkkikivi

Kalkkiviesiintymät ovat syntyneet miljoonia vuosia vanhoista kalkkikuorisista eliöistä kuten koralleista, simpukoista, sammaleläimistä ja mikroskooppisista levistä. Eliöiden jäänteet ovat muodostaneet meren pohjan kovassa paineessa sedimenttikerroksen, joka on myöhemmin kivetynyt kalkiksi. Suomessa louhitun kalkkikiven päämineraali on kalsiitti, joten se on kalsiittikiveä. Mineraali on dolomiittinen, kun siinä on magnesiumia enemmän kuin 3,5 %. Kalkkikivi on kuitenkin pätevä yleisnimitys, oli se sitten dolomiittitai kalsiittikiveä.

Itämeren ympärillä Baltian maissa, Öölannissa ja Gotlannissa on runsaita kalkkiesiintymiä. Ensimmäiset kirjalliset merkinnät kalkin louhinnasta Suomessa on tehty keskiajalta, mutta teollinen hyödyntäminen käynnistyi vasta 1900-luvun alussa. Tunnettuja kalkin louhintapaikkoja on Parainen ja Ihalainen Lappeenrannassa. [2.]

3.2.2 Kalkin poltto ja sammutus

Kalkkikivi ei toimi sideaineena laastissa ilman sen polttamista ja sammuttamista. Louhittu kalkkikivi on poltettava uunissa 1000°C:n asteessa ja siitä syntyy sammuttamaton kalkki eli kaliumoksidi. Ennen vanhaan poltto tehtiin puulämmitteisessä miilussa. Nykyaikaiset teolliset kalkinpolttouunit ovat noin 10 metriä pitkiä putkia, jotka pyörivät hitaasti polttaen kalkin tasaisesti. Kiertouunin läpi käytetään sopivan kokoiseksi pilkottua tai murskattua kalkkia. Kalkin vapauttaessa hiilidioksidia se menettää melkein puolet painostaan ja siksi se on sen keveyden ja pienen tilavuuden vuoksi kaikista edullisinta kuljettaa tässä vaiheessa. Sammutettuna sen tilavuus voi kasvaa jopa 400 %. Märkäsammutettu kalkki on kallista, koska se sitoo vettä huomattavasti enemmän kuin kuivasammutettu.

Lopullisen sideaineen tuottamiseen täytyy poltettu kalkki vielä sammuttaa. Kalkkia sammuttaessa mikään ei kirjaimellisesti pala, vaan tapahtuu kemiallinen reaktio, jossa vapautuu paljon lämpöä. Reaktiossa vettä haihtuu vesihöyryksi. Runsaalla vesimäärällä sammutettuna saadaan märkäsammutettua kalkkia. Nykyään valmistetaan paremmin tunnettua kuivasammutettua kalkkia, eli pussikalkkia. [1, s. 127-131.]

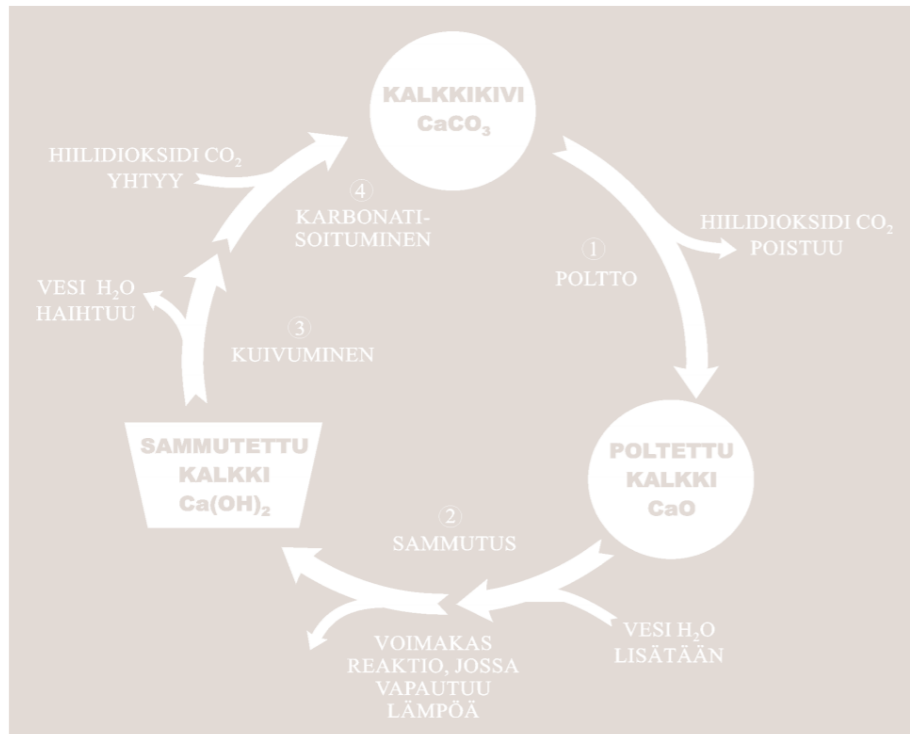
3.2.2.1 Märkäsammutettu kalkki

Märkäsammutus on perinteinen tapa muokata kalkki sideaineeksi. Kalkki sammutetaan runsaalla vedellä, noin kaksinkertainen määrä kuin teoreettisesti kalkin sammuttamiseen tarvitaan. Sammutuksessa syntyy märkää kalkkilietettä, jota on säilöttävä vähintään useampi kuukausi suljetussa astiassa ennen käyttöä. Kalkkiliete voidaan myös laskea maan sisään laudoilla vuorattuun maahautaan. Hautakalkkia voidaan varastoida jopa vuosia, jolloin sen koostumus vain paranee ajan mittaan.

Märkäsammutetussa kalkissa on eroja nykyaikaisiin kalkkeihin, kuten karkeampia rakeita ja pidempi sitoutumisaika kemiallisissa reaktioissa. Kuitenkin, jossain vaiheessa kaikki mineraalit liukenevat. Kalkkiliete muovaantuu kokonaan taikinamaiseksi massaksi ja on valmiina käytettäväksi työmaalla. Huolimatta pitkästä valmistusajasta ja suurista kuljetuskustannuksista, märkälaasteja käytetään vieläkin erityisesti merkittävien vanhojen rakennusten korjauksissa [1, s. 127-131].

3.2.2.2 Kuivasammutettu kalkki

Kuivasammutettu kalkki on edullisempaa ja valmistusprosessi on nykyaikaisempi. Sammutukseen lasketaan tarkkaan tarvittava määrä vettä ja se tehdään koneellisesti. Sammutusreaktio kuluttaa vettä noin 3 desiä yhtä kiloa kalkkia kohden. Lopputuotteena on kuivaa jauhetta, joka on helppo pakata ja kuljettaa työmaalle. Kuivalaasti toimitetaan työmaalle, missä siihen sekoitetaan vesi, jonka jälkeen se on valmis käytettäväksi [1, s. 127-131].



Kuva 2. Kalkin valmistuksen vaiheet [2].

1. Louhittu kalkkikivi eli kalsiumkarbonaatti poltetaan ja siitä vapautuu hiilidioksidia, syntyy poltettu kalkki eli kalsiumoksidi.
2. Poltettu kalkki sammutetaan vedellä ja tapahtuu kemiallinen reaktio, jossa vapautuu lämpöä. Veden määrää mukailten, voidaan tehdä märkä- tai kuiva-sammutus.
3. Sammutettuun kalkkimassaan lisätään runkoaine esim. laastihiekka. Kalkkimassa alkaa kuivua heti kun se on kosketuksessa ilman kanssa.
4. Kalkkimassan kuivuessa tapahtuu kemiallinen reaktio. Laasti karbonatisoituu ilman hiilidioksidin vaikutuksesta ja kovettuu rapatussa tai muuratussa rakenteessa. Se muuttuu takaisin alkuperäiseen muotoonsa, kalkkikiveksi [2].

3.2.3 Merkintäjärjestelmä

Laastin koostumus ja aineet merkataan kirjain- ja numeroyhdistelmin. Kirjainyhdistelmä osoittaa laastissa käytettävän sideaineen:

- kalkki – K
- hydraulinen kalkki – HK
- sementti – S
- kalkki + sementti – KS

Sideaineiden määrät merkataan luvuilla aina 100 painoyksikköön. Runkoaineen määrä ilmoitetaan aina sideaineen määrää kohti. Runkoaine on hiekkaa, ellei erikseen toisin mainita. Kalkkisementtilaasti, jossa on puolet kalkkia ja puolet sementtiä, merkattaisiin KS 50/50/500. Laasti koostuu tässä tapauksessa:

- 50 painoyksiköstä kalkkia,
- 50 painoyksiköstä sementtiä
- ja 500 painoyksiköstä hiekkaa.

[3, s.106-107.]

Laastin koostumuksen valintaan vaikuttaa moni asia, mutta sen ulkonäköön asetetut vaatimukset ovat pääasiallinen syy valintoihin [26, s. 7-8]. Rappaustyyppinä on yleisesti kolme; kolmikerros-, kaksikerros ja ohutrappaus. Päälle tuleva pintarappaus tuo lopullisen näennäisen struktuurin. Pintarappaustapoja ovat hierto-, terrasti-, roiske- ja hienorappaus sekä harjattu tai revitty rappaus [26, s. 3-4]. Kun rakenteen ulkonäennäiset valinnat ovat tehty, niin täytyy miettiä, miten saadaan mahdollisimman kestävä rappaus.

Opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin kalkista ja sementistä koostuviin kolmikerrosrappauksiin. Kalkkisementtilaastin kalkkisementti-suhteet riippuvat alusrakenteesta ja ulkoisista rasituksista. Rappauksesta tehdään yleisesti sementtipitoisempaa, kun olosuhteista johtuvat rasitukset ovat kovia. Kovaan rasitukseen luokitellaan viistosade ja kova tuuli. Lisäksi jos rakenne on jatkuvasti kylmä tai rakennus poikkeuksellisen korkea, niin suurempi suhde sementtiä tekee rappauksesta kestävämmän kyseisiin olosuhteisiin [26].

4 Rappaus ja tiilirakenteinen ulkoseinä

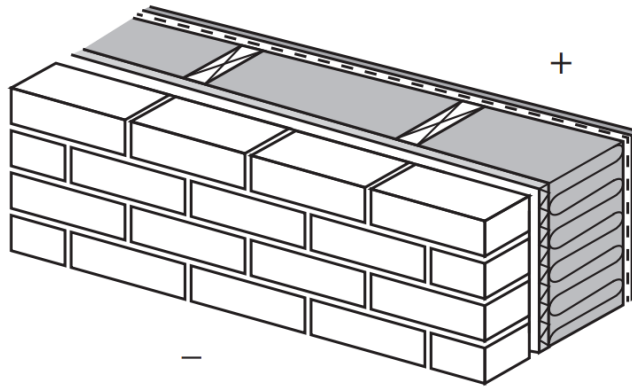
4.1 Kuorimuuri ja massiivitiiliseinä

Tiilimuuraukset altistuvat kosteudelle, pakkaselle ja lämpötilanvaihteluille. Muuraustiili on hyvin huokoista ja se imee kosteutta runsaasti. Kosteus on tyypillisin vaurion aiheuttaja ja se on vaikuttamassa kaikissa tyypillisimmissä seinän vaurioissa. Tiiviit liitoskohdat, sadevettä läpäisemätön, halkeilematon muuraus ja rappaus parantavat julkisivun kosteusteknistä toimintaa. Rakenteisiin pääsevä sadevesi on oltava vähäinen ja jo suunnitteluvaiheessa on varmistettava rakenteen kuivuminen. Muuratun seinän kosteustekninen toimivuus perustuu tiilen kastumis-kuivumissykleihin. Tiilet imevät runsaasti kosteutta, mutta myös kuivuvat nopeasti. Muurauksen ja rappauksen vauriot aiheuttavat lähes poikkeuksetta aina kosteus ja lämpötilojen muutokset.

Riskejä kuorimuureissa ovat puutteellinen tuuletus, vedenohjauksen puutteellisuus kattoräystäillä, ikkunapelleissä tai tuuletusraon veden ulosjohtamisessa, kuorimuuri liian ohut olosuhteisiin nähden, liikuntasaumojen puuttuminen tai vääränlainen toteutus, vääränlainen rappaus tai pinnoitus.

Kuorimuuri on tiilirakenteinen seinä, joka on muurattu rakennuksen runkoon kiinni julkisivuverhoukseksi. Kosteusteknisesti toimivassa kuorimuurissa täytyy olla tuuletusrako muurauksen takana. Tuuletusrako edesauttaa rakenteen kuivumista. Voimakas viistosade imeytyy ja pääsee saumoista tai epätiiviyistä liitoksista rakenteeseen. 1950-60 luvuilla kuorimuureihin tehtiin tuuletusrako tiilen sisäpinnasta eristeeseen ”muurarin sormiraon” mittaiseksi eli sormien paksuiseksi [15]. Joissain rakennuksissa ei ole tehty tuuletusrakoa ollenkaan. Nykytiedon mukaan sen pitäisi olla kuitenkin vähintään 30-40 mm, riippuen rakennuspaikan olosuhteista. Rakenteeseen pääsevä vesi on johdettava pois rakenteesta. Veden ulosjohtaminen tuuletusraosta on tehtävä alimpaan muurauskerrokseen niin että joka kolmas pystysauma jätetään auki. Lisäksi suositellaan, että veden vuotoaukkoja tehdään saumoihin myös liikuntasaumojen, vaakasuorien rakenneliitosten kuten ovien ja ikkunoiden tai materiaalin vaihtuessa julkisivulla. Tavanomaista korkeammissa muurauksissa on aina tarkistettava veden ulosjohtamisen tarve. Laajoja vaurioita syntyy, kun tuuletusrakoon tunkeutunut vesi kulkeutuu vielä tuulensuojalevyn läpi seinän lämmöneristyksiin. Lämmöneristyksen kosteusvauriot voivat vaikuttavaa sisätiloissa jo vakavasti rakenteisiin ja sisäilmaan [20].

Julkisivuverhouksiin käytetään yleensä 135 mm tai 85 mm paksuisia tiiliä. Yli kaksikerroksiseen tai voimakkaalle viistosateelle altistuvalla rakennuksella suositellaan vähintään 135 mm paksuista ulkokuorta. Rakennuksen sisäpuoliset vedenvuodot johtuvat usein liian ohuesta kuorimuurista, joka päästää vettä liikaa läpi. Muuraukseen voidaan käyttää tiivislaastia, joka päästää vähemmän viistosadetta läpi.



Kuva 3. Kuorimuri. Muurauksen takana on tuuletusrako, josta ylimääräinen vesi on johdettava pois [19].

Kuorimuri on yleinen uudiskohteissa ja niitä jätetään paljon rappaamattomiksi jopa rannikoilla, joissa viistosade on erittäin voimakas [15]. Nykyiset julkisivumateriaalit ovat kehittyneet aikaista pakkasenkestävimmiksi ja tiiviimmiksi, mutta kuorimuurit ovat siitä huolimatta hyvin alttiita vedenvuodoille. Tuuletusraon rooli kosteusteknisessä toiminnassa tulee hyvin merkittäväksi, kun ollaan tuulisella ja kostealla sijainnilla meriolosuhteiden läheisyydessä. Rappaamaton tiiliseinä läpäisee kosteutta todella paljon, ja ongelma voi vasta muodostua, kun kosteus pääsee lämpöeristeisiin, tiilet eivät kykene kuivumaan tai eivät kestä niihin kohdistuvia rasituksia. Edullisin vaihtoehto on jättää kuorimuuraus rappaamattomaksi. Rappauksella on kuitenkin suuri vaikutus seinän vedenmuominaisuuksille ja se vähentää seinään imeytyvää kosteutta, suojaa tiiltä viistosateelta sekä mekaanisilta iskuilta. Hyvin tehty, tiivis puhtaaksimuurattu julkisivu on erittäin toimiva rakenne. Tiili ikääntyy hienosti ja se vaatii vähän huoltotoimenpiteitä, kunhan rakenne toimii kosteusteknisesti. Silloin kun liikuntasaumut ja sadevesijärjestelmät ovat toimivat sekä liitokset ovat tiiviitä.

Ennen 1960-luvulla kehittynyttä elementtitekniikkaa ja nykyaikaisten betonisten ja monikerroksisten sandwich-elementtien tuloa rakennusten julkisivumuuraukset toteutettiin

massiivirakenteena. Massiivitiiliseinä on seinärakenne, joka toimii kantavan ja eristävän rakenteen lisäksi mahdollisesti suorana julkisivupintana. Tyypillisesti asuinrakennuksissa ulkoseinä on tehty puolentoista tai kahdenkiven paksuiseksi. Alimmissa kerroksissa saattaa olla suurempi seinän paksuus kuormien kantamiseksi, ja teollisuusrakennusten seinät ovat usein myös kahta kiveä paksumpia. Massiivitiiliseinässä ei ole erillistä lämmöneristystä, vaan sen eristävyys perustuu rakenteen paksuuteen ja sen ominaisuuteen varata lämpöä. Suuren lämpövarauksen ansiosta sisäilman lämpötila pysyy tasaisena ja lämpötilakustannukset pienempinä. Lisäksi tiilen keräämä kosteus vapautuu osittain sisäpuolelle ja tasoittaa myös huoneilman kosteuspitoisuuksia. Monen mielestä massiivirakenteet ovat paras julkisivuratkaisu sen kestävyuden, toimivuuden ja helpon korjattavuuden vuoksi. Kuorimuurirakenne on pakkasenkestävyyden suhteen riskialttiimpi rakenne kuin massiivitiiliseinä [21, s. 13]. Maailmalla onkin lukuisia massiivirakenteisia rakennuksia, jotka ovat kestäneet satoja vuosia, kun nykyiset uudisrakennukset suunnitellaan kestävänsä 50 vuotta. Massiivitiiliseinän ongelmaksi muodostuu kuitenkin suuret materiaalimenekit ja kustannukset. Tämä takia niitä harvoin enää tuotetaan.

Massiivitiiliseinän tyypillisimpiä vaurioita ovat tiilien ja muurauslaastien rapautuminen sekä halkeilu. Huokoinen rakenne kerää vettä, vesi jäätyy ja laajenee, jolloin se saattaa aiheuttaa edellä mainittuja vaurioita. Halkeamia aiheuttaa myös rakenteiden liikkeet sillä vanhoissa rakennuksissa ei ole tyypillisesti liikuntasauvoja, ja rakenteet esimerkiksi perustukset ovat hyvin alttiita maan muodonmuutoksille. Halkeamat edesauttavat kosteuden tunkeutumista ja pieni halkeama voi olla suuremman vaurion alku. Pakkasrapaamaa edesauttaa huonokuntoiset vuotavat saumat ja pellitykset. Vanhoja rakennuksia on myös saatettu korjata väärillä perusteilla, korjaustapa saattaa olla virheellinen tai materiaali on epäsovelia rakenteeseen [21, s. 12-14].

4.2 Tiilet

Vanhoissa muuratuissa kohteissa on käytetty useimmiten umpinaista punatiiltä. Se on valmistettu savesta ja sen tunnistaa nimensä mukaisesti punaisesta väristään. Myöhemmin markkinoille on tullut kevyempiä kenno- ja reikätiiltä sekä erilaisia muuraukseen soveltuvia betoniharkkoja [21, s. 12]. Suomen tiiliteollisuus on ottanut osuaa elementtien kehityksestä ja betonin yleistymisestä sekä 1990-luvun lamasta. Suomessa on jäljellä enää muutamia tiilitehtaita ja tiilirakentamisen jatkuminen suuremmassa

mittakaavassa on epävarmaa. Noin 10 vuotta sitten kotimainen tiiliteollisuus alkoi menettää otetta ennestään, ja nykyisin käytettävät muuraustiilet ja harkot tulevat usein muualta Euroopasta. Julkisivuihin kohdistuu suuri lämpötilavaihtelusta johtuva rasitus ja tiilien on kestävä pakkasta hyvin. Ulkomaisia muuraustiiliä ei olla tutkittu perinpohjaisesti ja niiden toimivuudesta ei voi olla täysin varmoja Suomen talviolosuhteissa [15].

4.3 Rappaus ja pinnoite

Rappausten keskenään verrattavia ominaisuuksia ovat sään- ja pakkasenkestävyys, tartuntalujuus, vesihöyrynläpäisevyys, lujuus ja kulutuksenkestävyys sekä kemiallinen kestävyys. Oikeanlaisella laastityypillä haetaan julkisivulle kestävyttä ilmaston ja materiaalien aiheuttamaa rasitusta vastaan. Rappauksen tärkein tehtävä tiilimuuratussa seinässä on vähentää rakenteen vedenimuominaisuuksia ja näin vähentää tiiliseinän rapautumaa. On hyvin tilannekohtaista mitä kussakin julkisivussa tai julkisivun korjauksessa rappauslaastilta vaaditaan. Yhtenä hyvänä nyrkkisääntönä, että rappauksen lujuus on heikennyttävä pintaan kohden ja lujuudet haetaan yleensä rapattavan pinnan lujuuden mukaan [15].

Tiili on erittäin huokoinen ja imukykyinen, sen takia siihen soveltuu rappaus, joka on erittäin hengittävä, mutta sadevettä torjuva. Kalkkipohjaiset laastit toteutetaan yleensä kolmikerros- tai kaksikerrosrappauksena. Kolmikerrosrappaus koostuu ”kynsistä” eli tartuntarappauksesta, täyttörappauksesta ja pintarappauksesta [21, s. 15]. Rappaus tyyppillisesti maalataan vielä rappauksen suojaamiseksi. Perinteisempiä maaleja ovat kalkki-, sementti- tai kalkkisementtimaalit. Muita kalkkisementtipohjaisiin rappauksiin soveltuvia maaleja ovat silikaatti, silikonihartsit ja silikoniemulsiomaalit. Nämä maalit ovat epäorgaanisia, niiden vedenimukyky ja vesihöyrynläpäisevyys on suuri. Aineen ominaisuudet ovat merkittäviä koko rakenteen toiminnan kannalta, sillä rakenteen kasvuessa on myös pystyttävä kuivumaan.

Alusta	Vedenimu [ml/20 min]
Kalkkisementtirappaus	<1,30
Sementtirappaus	<0,50
Epäorgaaninen maali	<2,00
Orgaaninen maali	<0,20
Tiivis maali (useita kerroksia)	<0,05

Kuva 4. Eri materiaalien vedenimuinominaisuuksia [18].

Kosteudella on kaikissa ilmenemismuodoissaan suuri merkitys rakenteen mahdolliseen vaurioitumiseen ja siten myös rakenteen käyttöikään [22, s. 606]. Rappausten tyypillisiä vaurioita ovat pakkasrapautuminen, rappauksen irtoaminen eli kopo, halkeilu ja mahdollisten julkisivujen koristeosien vauriot. Vanhoihin rakennuksiin on tehty koristeosia kipsistä ja niiden kiinnittyvyys saattaa heikentyä kiinnitysosien tai alustan halkeilun takia [21, s. 16-17]. Julkisivun vauriot on tutkittava heti kun kyseessä on turvallisuusriski rappauksen tai muun osan irtoamisesta. Rappauksen irtoaminen on yleistä ja se voi johtua rapautumisesta, alustan vaurioista, työ- tai suunnitteluvirheestä. Julkisivun kuntotutkimuksen yhteydessä tehdään kopokartoitus, jolla selvitetään kopoalueiden laajuus.

Rappauksen korjausmenetelmä riippuu vaurion laajuudesta ja vakavuudesta. Korjausvaihtoehtoja ovat paikkarappaukset, koko rappauksen uusiminen tai rappausalustan virheiden korjaaminen ja pinnoite- ja verhoukorkorjaukset mm. eristerappaus. Eriesterappauksia tehdään parantaakseen rakenteen lämmöneristystä. Muurauksen ulkopuolelle asennetaan lämmöneristys ja rappaus tulee suoraan eristeen päälle. Rappausten esteettisiin vaurioihin voidaan tehdä ylimaalauksia tai koko pinnoitteen uusiminen. Korjausmenetelmien soveltuvuudet ovat esitetty hyvin Julkisivuyhdistyksen ”Julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi” -ohjeistokansiossa.

5 Opinnäytetyön tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä tutkittiin kuinka eri rappaudet, pinnoitteet soveltuvat kosteusteknisesti eri julkisivurakenteisiin. Tutkimusta edesauttoi rakennusmateriaalien, korjausrakentamisen kirjallisuus sekä opinnäytetyön aikana tehdyt haastattelut. Kirjallisena tietolähteenä käytettiin asiantuntijoiden laatimia korjausoppaita, Julkisivuyhdistyksen ohjeistokansiota ja Rakennustieto Oy:n RT-kortistoa. Työssä syvennyttiin tarkemmin tiilimuurattuihin ja rapattuihin julkisivuihin. Yhdeksi tutkimuksen kannalta merkittäväksi aineistoksi nousi vanha massiivitiiliseinärakenteinen kerrostalorakennus. Rakennuksessa tapahtui sisäpuolinen vesivahinko, joka toimii työssä havainnollistavana esimerkkinä. Kuvien avulla havainnollistetaan, miten massiivitiilirakenteisen seinän kuntotutkimus etenee ja mitä huomioitavaa kosteusvaurioiden tutkimisessa on.

5.1 Haastattelututkimuksen toteutusmenetelmä

Opinnäytetyössä haastateltiin yhteensä kolmea henkilöä. Opiskelija järjesti haastattelun yhdelle materiaalitoimittajalle, yhdelle urakoitsijalle ja yhdelle suunnittelijalle. Haastateltavilla on runsas kokemus julkisivu-urakoista sekä niiden korjaustöistä. Materiaalitoimittaja on Suomessa pitkään toiminut yritys ja heidän laastejaan käytetään paljon julkisivu-urakoissa. Yritys toimittaa myös maali- ja betonimateriaaleja. Haastateltava toimii yrityksessä aluepäällikkönä. Haastateltu urakoitsija on ollut alalla 30 vuotta ja hän toimii nykyään yrityksen tuotannon työpäällikkönä. Yritys tekee maalaus-, rakennusurakointia ja erityisesti julkisivutyöt kuuluvat osaamisalueisiin. Haastatellulla suunnittelijalla on takana 22 vuotta konsulttityötä. Hänellä on kokemusta eri rappaustyypeistä noin 50 hankkeen verran. Haastattelut tehtiin kasvotusten, puhelimitse ja sähköpostitse. Samaa haastattelupohjaa käytettiin kaikissa haastatteluissa soveltaen. Opinnäytetyön aikana tehtiin myös pitkäluonteista haastattelua kokeneelle rakennusfysiikan asiantuntijalle. Opiskelijalla oli myös apunaan yhteistyöyrityksen työntekijöitä.

Tässä opinnäytetyössä tehdyt haastattelut on toteutettu puolistrukturoituna. Haastattelut voidaan jakaa strukturoituihin ja strukturoimattomiin. Strukturoidussa haastattelussa kaikki kysymykset ovat valmiiksi mietittyjä ja vastausvaihtoehdot ovat rajoitetut [11, s. 244-245]. Haastattelu etenee jokaiselle haastateltavalle samalla kaavalla eikä haastateltava pysty tuomaan mitään yllättävää lisäarvoa tutkimukseen. Toinen tapa, strukturoimaton haastattelu muistuttaa enemmän keskustelua, josta haastattelija haalii aineis-

ton kasaan. Tämä menetelmä on toimiva silloin, kun haastattelija ei tunne kyseistä aihealuetta, eikä osaa kysyä oikeita kysymyksiä.

Puolistrukturoitu haastattelu on näiden kahden välimuoto ja se on tyypillisin tapa toteuttaa haastattelu. Se on tehokas ja keskustelunomainen haastattelu, jossa molemmat, haastateltava ja haastattelija voivat osallistua keskusteluun yhtä paljon [11, s. 246-247]. Opiskelijan huolellinen perehtyminen aihepiiriin ja kysymysten muodostamiseen on oleellista kunnollisen haastattelututkimuksen kannalta. Puolistrukturoitu haastattelu vaatii ammattialan tietoa, työtä ja suunnittelua etukäteen sekä haastattelijan taitoa viädä keskustelua oikeaan suuntaan. Tarkentavat välikysymykset olivat äärimmäisen tärkeitä tuottamaan haastateltavan vastauksista monipuolisempia [11, s. 246-247]. Haastateltavien asiantuntijoiden vastauksia on käytetty tämän kappaleen lähteenä.

5.2 Haastatteluaineisto

Opiskelija halusi selvittää haastattelututkimuksen avulla, onko rappaustyyppin ja materiaalien valintaan vaikuttavia tekijöitä seinän toimivuuden, pitkäikäisyyden, kustannuksien valossa ja mitä ne ovat. Toisena asiana käsiteltiin yleisiä virheitä työstö- ja suunnitteluvaiheessa, riskikohtia yleisesti sekä ilmaston muuttumisen uhkia ja mahdollisuuksia julkisivutöihin. Urakoitsijoilta kysyttiin myös materiaalien käyttöselosteista ja käyttöturvallisuustiedotteista, mutta kukaan ei sanonut niissä olevan puutteita. Huomioitavaa on että, Suomessa ei ole tällä hetkellä rappausta käsitteleviä normeja tai standardeja, noudatamme laastien valmistuksessa saksalaisia rappausta käsittelevää normia DIN 18550 Teil 2 [10].

5.2.1 Rappaustyyppit

Asiantuntijoiden haastatteluista saatiin selville, että laastin ja rappaustyyppin valitsemiseen vaikuttaa ennen kaikkea kyseisen rakenteen rakennefysikaalinen toiminta. Lisäksi mekaaniset ja ilmastolliset rasitukset sekä rapattavan alustan ominaisuudet on aina suunnittelijan tai asiantuntijan selvitettävä ennen päätöksiä. Rakenteen lämmönvastuskerroin on huomioitava, sillä lämmönvastuskerroin vaikuttaa rakennuksen energiankulutuksen lisäksi rakenteen kuivumiseen. Nykyään lämpöä vuotaviin betonielementtisiin tai harkkomuurattuihin julkisivuihin tehdäänkin paljon eristerappauksia, joista on paljon hyviä kokemuksia [15].

Urakoitsijoiden mukaan kaikki rappaustyytit ovat hyviä eikä mitään voi nostaa ylitse muiden. Haastateltu urakoitsija ei ole huomannut rappaustyytin valinnassa mitään suurempia puutteita muutamia yksittäistapauksia lukuun ottamatta. Merkitystä on vain kosteusteknisen toiminnan soveltuvuudella ja tilaajan haluamalla estetiikalla. Haastatteluissa kysyttiin vaikuttaako rappaustyytin valinta seinän elinkaareen, urakan lisätöihin tai takuukorjauksien määrään. Lähtökohtaisesti aina onnistuneen rappauksen elinkaari on 30-50 vuotta riippuen siitä, miten rappauksen suunnittelussa ja toteutuksessa onnistutaan [16]. Suunnittelussa on oltava huolellinen, että materiaalit ovat yhteensopivia. Tärkeintä on siis se, että tunnetaan kyseisen seinän kosteustekninen toiminta, rappaus- ja pinnoitemateriaalien yhteensopivuus ja toimivuus rakenteessa.

Haastatteluissa tiedusteltiin myös haastateltavien suosimia rappaustuotteita ja onko laaduissa suuria eroja. Haastateltu urakoitsija suosi kotimaisia tuotteita, niiden ollessa markkinoilla hintalaatu suhteeltaan paras heidän omalla kokemuksellaan. Kustannuksia katsoen halvinta on tehdä rappaus kalkkisementtilaasteilla. Kalkkisementtilaasti on toimiva uudis- kuin myös korjauskohteissa. Kustannukset nousevat merkittävästi eristerappauksissa, ohutrappauksissa, terastirappauksissa tai muissa erikoisemmissä rappauksissa, kun haetaan poikkeuksellista ulkonäköä tai ominaisuutta. Esimerkiksi eristerappauksessa on useita työvaiheita mitä ei muissa rappauksissa tehdä, ja tämän takia kustannukset näkyvät materiaali- ja työkuiluissa [16]. Kolmikerrosrappauksissa terastirappaus tai rouhepinnoitettu terastirappaus ovat selvästi kalliimpia johtuen tekijöiden vähäisyydestä. Lukuisissa rappaushankkeissa konsultoineen haastateltavan mukaan joillakin uusilla kuitupitoisilla laasteilla on ollut työstettävyyden kannalta melko isoja ongelmia. Toiseksi, hänen näkemyksensä mukaan märkälaasteilla saadaan helpommin täyttörappauksen osalta halkeilematon pohja ja sen myötä onnistunut lopputulos. Hänen kokemuksellaan uusittavat rappaukset ovat olleet lähes poikkeuksetta kolmikerrosrappauksia [25].

5.2.2 Pinnoitteet

Pinnoitteella voidaan suojata seinä likaantumislta tai sillä voidaan vähentää rakenteen läpi pääsevää sadevettä. Pinnoitteen valitsemisessa se on enemmän kiinni siitä, missä rakennus sijaitsee. Onko rakennus maaseudulla vai haitta-aineita sisältävässä ilmansaasteissa kaupungin keskellä. Sijaitseeko rakennus meren lähellä tai poikkeuksellisen tuulisella ja kostealla alueella. Pinnoitteen valintaan vaikuttaa myös, minkälaisella seinärakenteella se on toteutettu, kuinka paljon se kykenee varaamaan kosteutta ja kuin-

ka paljon se laskee höyryä läpi sisätiloista [16]. Esimerkiksi massiivitiiliseinä varastoi runsaasti kosteutta toisin kuin tehokkaan tuuletusjärjestelmän omaava kuorimuuri. Kokenut julkisivu-urakoitsija kertoi suosivansa silikoniemulsiomaaleja kaupunkiolosuhteissa niiden likaa ja vettä hylkivien ominaisuuksien takia. Taas erittäin huokoinen ja runsaasti kosteutta ulos puskeva rakenne on hyvä pinnoittaa perinteisillä hyvin hengittäville kalkkimaaleilla. Kalkkimaali on mikrohuokoinen ja hyvin vesihöyryä läpäisevä. Tärkeintä on, että pinnoite on yhteensopiva rakenteen kanssa ja tämä tulee selvittää kohdekohtaisesti urakoitsijan, asiantuntijoiden ja suunnittelijan yhdessä. Kaikki maalit ovat hyviä, mutta aina on oltava perusteet, miksi jotain tuotetta käytetään [16].

Taulukko 1. Ulkorappauksiin soveltuvien maalien vertailua menekkien, kustannusten ja haastattelujen pohjalta. Hinnat ovat katsottu yhden tuotteen mukaan, joten ne ovat suuntaan antavia. Alustan soveltuvuus tai ylimalattavuus tulee aina selvittää materiaali-kohtaisesti.

	Silikonihartsimaali	Silikaattimaali	Kalkkimaalit	Sementtimaalit
Hinta/kg	6,70 €	9,83 €	6,90 €	6,20 €
Menekki	<ul style="list-style-type: none"> 1 käsittely: 0,2-0,3 kg/m² 2 käsittely: 0,3-0,45 kg/m² 	<ul style="list-style-type: none"> 2 käsittely: n. 0,5 kg/m² Karkealla alustalla menekki kasvaa 	1,0 kg/ m ²	1,0 kg/ m ²
Ominaisuudet	<ul style="list-style-type: none"> Sadevettä hylkivä Kosteutta läpäisevä Lähes rajaton väriskaala Tarttuvat hyvin orgaaniseen maalipintaan Eivät hidasta betonin karbonatisoitumista 	<ul style="list-style-type: none"> Koville pinnoille soveltuva Hyvin hengittävä 36 eri värisävyä Tasainen, peittävä pinta Hyvä työstettävyyys Pohjustus tärkeä maalauksen onnistumisessa 	<ul style="list-style-type: none"> Hyvä työstettävyyys Tasainen, peittävä pinta Hyvin hengittävä, ei hidasta alustan kuivumista 	<ul style="list-style-type: none"> Alustan epätasainen imukyky aiheuttaa läikkiä Vaatii kosteutta kuivuukseen, esikastelu Saattaa murtaa heikkoa alustaa KS-maalit haastava saada tasaiseksi
Käyttökohteet	<ul style="list-style-type: none"> Huoltomaalauksen esim. aikaisemmin muovimaaleilla maalattuihin Kiviainespinnoille Soveltuu erityisesti kaupunkiolosuhteisiin niiden likaa ja vettä hylkivien ominaisuuksien takia 	<ul style="list-style-type: none"> Maalaamattomille kalkkimentti-, sementtirappauksille tai betonipinnoille Poikkeuksellisen lujille kosteille betonipinnoille, esim. vesistöjen lähellä Huoltomaalauksiin epäorgaanisiin maaleihin (kalkki-, silikaatti, sementti- tai kalkkimentti) 	<ul style="list-style-type: none"> Soveltuu erityisesti pehmeille ja kosteutta runsaasti imevillä alustoilla Hyvä pinnoite kun tiedetään että rakenne puskee paljon kosteutta ulospäin 	<ul style="list-style-type: none"> Kevytbetoni, kevytsorabetoni, tiili, kalkkihiekkakivi- ja betonialustat Kun vaaditaan hyvää kosteuden sietokykyä kuten: <ul style="list-style-type: none"> parvekkeet pielet julkisivut vedenläheiset rakenteet

Haastattelujen pohjalta on selvää, että kaikki rappaus- ja pinnoitustuotteet markkinoilla ovat nykyään toimivia eikä niissä ole moitittavaa. Ei ole enää vastaavia ongelmia kuin esimerkiksi lateksi- eli muovimaalien tullessa markkinoille 1950-luvulla. Huoltomaalaukset muovimaaleilla tekivät pinnasta vettä läpäisemättömän, mikä huomattiin ongelmaksikin jälkeen päin, kun rakenteeseen pääsevä viistosade ei päässyt kuivumaan vahingoittamatta pintoja.

5.2.3 Korjaukset

Rappauksiin voidaan tehdä paikkakorjauksia tai ne puretaan ja uusitaan kokonaisuutena. Kappaleessa on esitetty haastatteluissa esiin tulleita tyypillisiä virheitä, kun korjataan rappausa tai massiivitiiliseinää.

Paikkarappaukset ovat haasteellinen korjausmenetelmä ja korjauksen kannattavuutta on aina käytävä läpi suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden välillä. Vaurion aiheuttaja on ehdottomasti selvitettävä ja korjattava ettei vaurio toistu. Tarvittaessa tehdään rakenneavauksia, joilla nähdään esimerkiksi tiilien halkeamat. Paikkarappauksen riskinä on vanhan ja uuden rappauksen yhteensopivuus. Haastattelun urakoitsijan mukaan paikkarappaukset ovat onnistuneet silloin hyvin, kun vanhan rappauksen laasti ei ole liian vanhaa. Koskaan ei voida saada täysin samanlaista jälkeä värisävyiltä eikä täysin ominaisuuksiltaan. Vanhan rappauslaastin jäljitteleminen on haastavaa, silloin syntyy pieniä eroja ja lämpötilamuodonmuutokset saattavat aiheuttaa halkeamia [16]. Vanhan rappauksen sävyä on myös vaikea jäljitellä. Rappauksien pintakäsittelyjen väritasaisuuden osalta on selviä eroja rappausratkaisuittain. Paikkarappauksen ulkonäölliseen erottumiseen vaikuttaa esimerkiksi rappauksen pintastrukturi. Vaikein pinta saada tasaiseksi on roiskerappauksessa ja kalkkisementtimaali on haastavin maali saada tasaista jälkeä [25].

Rappauksessa hyvin olennaista on sen paksuus. Tyypillisissä rappauksissa suositellaan 30-40 mm paksuista rappauskerrosta, eikä missään nimessä alle 25 mm. Vanhoissa rakennuksissa tiililinjat saattavat kiertää niin että tiilet ovat eri tasossa. Silloin joutuu tekemään esitäyttöä, mutta seinää ei saisi oikoa rappauksella samaan linjaan, koska silloin rappauksen kerrospaksuudet vaihtelevat eri kohdissa. Rappaukset voivat alkaa elää eri tavalla, kun joihinkin kohtiin voi tulla liian ohut tai liian paksu kerros. Vanhaan seinään on käytettävä korkonauloja niin että rappaus saadaan myötäilemään alustan vinoa pintaa. Rappausverkon on oltava oikeassa kohdassa, niin että se tarttuu

rappauksen molemmin puolin. Jos joudutaan tekemään poikkeuksellisen paksua rap-
pausta, on käytettävä tuplaverkkoa [16].

Yksi haastatteluissa esiin tullessa tapauksessa rakennuksen lämmöneristystä paran-
neltiin lisäämällä ulkoseinän sisäpinnalle Leca-harkoista muurattu seinä. Vanha lämmin
massiivitiiliseinä muuttui lämpimästä rakenteesta kylmäksi, jolloin se ei enää kuivunut
samalla tavalla. Lisäksi sisäpinnalle oli jätetty tapetointi. Tapetti on eloperäinen materi-
aali, mikä tarjoaa erittäin potentiaalisen kasvuympäristön mikrobeille ja homekasvustol-
le [17]. Kosteuden jäädessä seinärakenteeseen vauriot alkavat näkyä ulkopinnassa ja
sisäilman laadun heikkenemisenä. Kerrostalojen sisäpuolista lisäeristämistä ei suositel-
la, vaan ratkaisu on ensisijaisesti haettava ulkopuolen lisäeristykseenä, esimerkiksi tuu-
letettu kuorirakenne tai eristysrappaus on tehokkaampi ja turvallisempi tapa vähentää
rakennuksen lämpöhävikkiä. Ulkoseinän korjaussuunnittelua tehdessä on vältettävä
muuttamasta liikaa vanhaa rakennetta ja sen toimintaa. Vanhan rakenteen toimintaa
muuttaessa on säädettävä myös rakennuksen lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihto uu-
teen soveltuvaksi.

Haastatteluista tiivistettynä; julkisivukorjauksissa täytyy huomioida materiaalien yh-
teensopivuus ja rakennefysikaalinen toiminta, selvittää vaurion aiheuttaja sekä valita
sopivin korjausmenetelmä riskien ja lopputuloksen kannalta. Rakennuksen kosteus- ja
lämpöteknistä toimintaa, ilmanvaihtojärjestelmää muuttaessa tai materiaalia vaihtaessa
pitää selvittää aina, millä perusteilla rakennus pysyy toimintakäytössä. Erityisiä riski-
kohtia ovat paikkarappaukset, pellitykset, liitos- ja nurkkakohdat.

5.3 Kosteusvaurion kuntotutkimukset

Kappaleessa esitetään kosteusvaurioituneen massiivitiiliseinärakenteen kuntotutkimuk-
sen eteneminen. Tehdyn kuntotutkimuksen tuloksiin ei ole otettu kantaa ja tämä opin-
näytetyö toimii vain tietolähteenä aloittavalle kuntotutkijalle, suunnittelijalle tai asiasta
muuten kiinnostuneelle. Referenssikohte on valmistunut 1900-luvun alussa ja ulkosei-
nä on 1,5-kiven paikallamuurattu seinä (450 mm paksu). Välipohjat ovat paikallavalet-
tuja teräsbetonisia ylälaattapalkistoja. Yksi julkisivu on uusittu kokonaan ja muihin on
tehty paikkarappauksia. Julkisivurappaukset ovat kalkkisementtilaastia ja hydraulisia
kalkkilaasteja. Pinnoitteena on käytetty silikaattimaalia. Rakennus sijaitsee rannikolla,
missä voimakas viistosade lisää kosteusrasitusta.

Taulukko 2. Referenssikohteena toimivan rakennuksen rakennetietoja

Korjauskohteen tiedot	
Rakennusvuosi	1900-l alku, kohde on osittain suojeltu mikä voi vaikuttaa julkisivukorjauksiin
Seinä rakenne	Paikalla muurattu massiivitiiliseinä – 1,5-kiven seinä (450 mm), punatiili Vanhassa julkisivussa saattaa olla tiilestä tehtyjä koristeita
Rappaus	Hydraulinen kalkki- ja kalkkimenttirappaus, yksi julkisivu uusittu kokonaan kalkkimenttirappauksella. Muihin tehty paikkarappauksia. Julkisivuissa silikaattimaali. Sisätiloissa maalipinta.
Alapohja	Maanvastainen TB-laatta
Välipohjat	Ylälaattapalkistot jyrkeillä tukirakenteille, paikallavalettuja TB-rakenteita Kosteusvaurioituneilla alueilla rakenne: 80 mm betoni (uusi), 80 mm betoni (vanha), maalipinnoite
Sokkeli	Vanha kivijalkarakenne, h = 1,5 m
Muuta	Osa ikkunoista alkuperäisiä

Kappaleessa esitetään kosteusvaurioituneen massiivitiiliseinän kuntotutkimus- ja korjausmenetelmät. Kuntotutkimuksen pohjalta valmistui ohjeistus kosteusvaurioituneen massiiviseinän kuntotutkimuksiin (ks. liite 1). Kuntotutkimuksen vaiheita ja huomioitavia asioita on havainnollistettu kuvilla.

5.3.1 Vaurioituneen alueen rajaaminen

Kuntotutkimus on hyvä aloittaa arvioimalla vaurioiden laajuutta aistinvaraisesti. Julkisivuissa voi näkyä rappauksen värisävyjen eroja, hilseilyä tai sen irtoilua. Kopo tarkoittaa, että rakenne on irti alustastaan osittain. Rappauksen kopokartoituksessa rappauspintaa koputtelemalla saadaan selville, onko rappaus kiinni alustassaan. Laajassa kuntotutkimuksessa kaikki kohdat on käytävä läpi ja merkata ne julkisivupiirustuksiin. Samalla voidaan kartoittaa ja merkata muut havainnot. Rappausa naputellaan jollain tylpällä kovalla esineellä kuten jakoavaimella. Ontto ääni on merkki siitä, että rappauksen alla on ilmaa, rappaus on osittain irti. Laajat kopohavainnot tarkoittavat rappauksen olevan heikosti kiinni ja se vaatii toimenpiteitä. Kopoa aiheuttaa rapautuminen, alustan muodonmuutokset, kemiallinen reaktio tai halkeilu. Rapautumista aiheuttaa, kun vesi pääsee rakenteisiin, jäätyy ja laajenee. Vanhojen rakennusten julkisivuissa voi olla paljon riskikohtia, joista sadevettä pääsee rakenteeseen. Massiivitiiliseinän pienet muodonmuutokset ja liikkuminen esimerkiksi vanhojen perustusten takia voi aiheuttaa halkeilua tiilissä ja rappauksessa.



Kuva 5. Kopokartoitus on hyvä tehdä laajemmalle alueella, vaikka vaurioitunut alue tiedetään. Vertailevilla tutkimuksilla saadaan käsitys vaurioiden kehittymisestä. Kuvassa muurattu pilarimainen julkisivun koriste, joka on mahdollisesti muurattu tiilestä.

Kopokartoitusta tehdessä on samalla pohdittava, mistä kopo johtuu. Erilaiset liittymä- ja nurkkakohdat nostavat kopon riskiä ja se tulisi ottaa huomioon. Turvallisuusriskejä kuten rappauksen putoamista on pohdittava, jos kopoa on paljon. Pilarikoristeiden ja ikkunoiden kulmien kopo voi johtua nurkkakohtien haastavuudesta ja se tulisi huomioida. Ikkunoiden syvennysraamien kulmissa täytyy olla kulmavahvike. Julkisivua tutkittaessa tehdään samalla havaintoja halkeamista tai värisävyjen eroista. Vaurioiden kehittyminen on mahdollista, jos rakenteen sisällä on kosteutta. Tämän takia tutkimuksia on tarkennettava ja jatkettava sisäpuolelta, josta rajataan vaurioitunut alue pintakosteusmittauksilla.



Kuva 6. Pintakosteusmittarilla rajataan tarkemmin tutkittava alue. Porareikien sijainnit tehtävä eri korkoihin ja sijainteihin, jotta saadaan tehtyä mahdollisimman paljon johtopäätöksiä tuloksista.

Ensin on selvittävä vaurioituneen alueen laajuus sisätiloissa. Alustava arvio laajuudesta tehdään pintakosteusmittarilla ja aistinvaraisin keinoin. Rajattu alue merkataan esimerkiksi teipillä tai tussilla. Huomioitavaa on seinän pinnoitteen irtoilu ja kupruilu, jota tapahtuu, kun kosteus pyrkii ulos rakenteesta sen kuivuesssa. Kannattaa kiinnittää erityistä huomioita lämpöputkien kuten patterien lämminvesiputkien kohdilta, jos seinä on kuivunut voimakkaammin. Voimakas kuivuminen näkyy maalipinnan halkeiluna ja irtoiluna. Massiivitiiliseinäissä kosteus tasoittuu hyvin koko seinään tiilen hyvän kosteuden imukyvyn takia. Paikallisessa kosteusvauriossakin kosteus voi levittäytyä laajalle alueella. Lisäksi vanhan rakennuksen muuraus voi olla epätasainen. Epätasainen siinä mielessä, että kaikki on käsintehty ja mahdollisia työstövirheitä voi esiintyä muurauksessa. Tiilet eikä laastit ole välttämättä samanlaatuisia keskenään. Lisäksi vanhat tiilet voivat olla ajansaatossa halkeillut. Tämä vaikuttaa kosteusvaurioissa erityisesti siihen, miten kosteudet liikkuvat ja leviävät rakenteissa. Vesi saattaa kulkeutua halkeamaa pitkin ja aiheuttaa paikallista kosteutta yllättäviinkin paikkoihin.

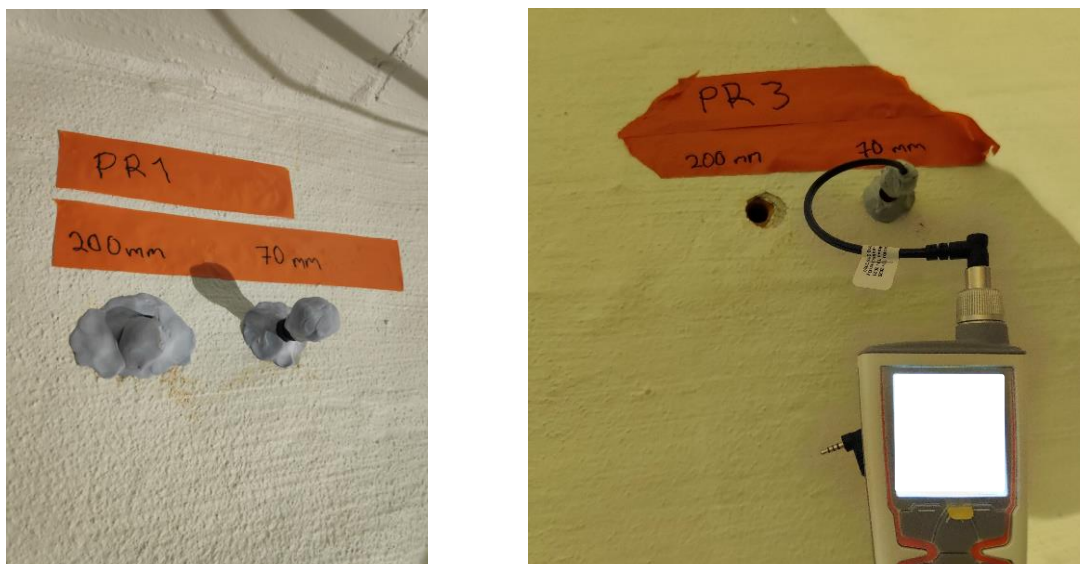
Jos vesivauriot ovat vain ensimmäisessä kerroksessa, tulee ensimmäisenä miettiä rakennuksen alapohjan ja perustusten rakenneteknisiä ratkaisuja. Kapillaarinen kosteus voi nousta maaperästä seiniä ja alapohjaa pitkin. Jos rakennus on perustettu kalliolle, se saattaa päästää sadevettä kallion koloista rakennuksen alapuolelle riskialueille, ja kosteus voi nousta sitä kautta alapohjaan tai seinille. Kosteusvauriot voivat johtua rakennuksen puutteellisesta vedenohjauksesta. Sadevesi on poistettava rakennuksen läheisyydestä ränneillä, putkilla ja pellityksillä. Sadevesi ohjataan mieluiten vesikäivon. Rakennuksen pohjan on oltava kuiva ja kapillaarinen nousu katkaistaan kapillaarikatkokerroksella esimerkiksi sepelillä. Maaperään päätyvä vesi kerätään salaojituksella, mutta tässä työssä en ota siihen sen enempää kantaa.

Pintakosteusmittarit mittaavat materiaalin sähkönjohtavuutta ja tulokset vaihtelevat materiaalin mukaan. Ei voida myöskään olla varmoja mitä rakenteen sisällä on ja mitaustuloksiin saattaa vaikuttaa kosteuden lisäksi kosteuden rakenteen pintaan nostamat suolakerrostumat, rakenteen sisäiset teräkset tai puuosat, eri materiaalien koostumukset ja rakenteiden pintaosien vaihtelut [24, s.11]. Vanhoissa rakennuksissa on käytetty jopa junaraiteiden teräksiä rakennetta jännittävinä osina. Tämän vuoksi ne ovat vain suuntaan antavia ja luotettavamman tiedon saa RT-kortiston ohjeistuksella ”Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen” mukaisilla porareikämittauksilla. Rajaaminen täytyy aloittaa laajalla alueella ja tarkentaa porareikämittausmenetelmällä.

5.3.2 Porareikämittaukset ja mikrobinäytteet

Porareikämittauksen tavoitteena on selvittää rakenteen sisäiset kosteuspitoisuudet. Sillä saadaan luotettavimmat kosteuspitoisuus arvot. Lyhyesti, rakenteeseen porataan reikä riippuen sen paksuudesta. Reikään asetetaan putki tiiviisti tiivistysmassalla ja sen annetaan tasaantua 3 vuorokautta. Kolmen päivän tasaantumisella on selitys; porattaessa reikä kuumenee ja se kuivuu ensimmäisten vuorokausien aikana. Kosteus pyrkii tasapainottumaan ja kolmen päivän kohdalla saadaan tarkin kosteuspitoisuuden lukema. Kun materiaali ei enää sido itseensä kosteutta ilmasta, eikä myöskään luovuta sitä ilmaan, on materiaali saavuttanut tasapainotilan, jota kutsutaan hygroskooppiseksi kosteustasapainoksi [13]. Punatiilen hygroskooppinen kosteus voi olla suurimmillaan n. 15 kg/m³ [17].

Useammalla reiällä saadaan kartoitettua ja tehtyä johtopäätöksiä, kuinka laajasti ja paljon kosteutta esiintyy. Yhden tilan seinustalle tehdään esimerkiksi 1-4 mittaustaikaa, joista kuhunkin tehdään 1-3 eri syvyistä porareikää. Eri syvyisillä rei'illä havaitaan, vaihteleeke kosteuspitoisuudet syvyys suunnassa. Usealla mittaustaikalla saadaan rajattua kosteusvaurioiden laajuutta ja toiseksi, sillä saadaan rakenteellisista eroista johtuvaa virhemarginaalia pienennettyä. Tilanteessa kun ei tiedetä kosteuden alkupe-
rää, voidaan suorittaa eri päivinä kosteusmittauksia. Silloin nähdään, onko rakenne kuivumassa vai kasvaako kosteus rakenteessa. Sisätilojen maalipinnoitteesta voidaan ottaa myös koepaloja home- ja mikrobitutkimuksia varten. Lämmin sisäpinnoite on potentiaalinen kasvualusta mikrobeille. Periaatteessa laboratoriotutkimuksia ei tarvitse tehdä, jos porareikämenetelmällä voidaan jo todeta rakenteen kosteusvaurio.

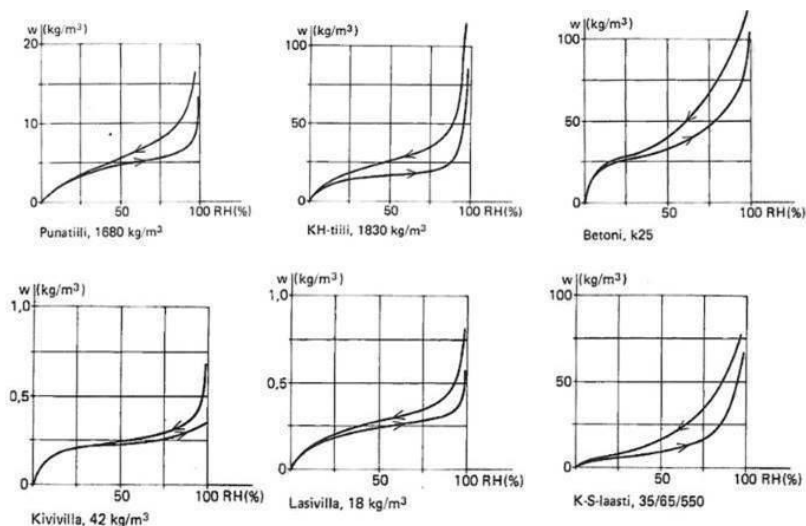


Kuva 7. Porareivät tiivistetään huolellisesti tiivistysmassalla ja annetaan tasaantua 3 vuorokautta ennen tulosten lukua.

Mittausten suorittamisessa sekä dokumentoinnissa on oltava erityisen huolellinen. Porareikämittausten syvyydet ja paikat merkataan esim. lyhenteillä PR1, PR2, ..., reikien välittömään läheisyyteen. Lisäksi mittapäiden tunnukset ovat merkattava mittaustulosten taulukkoon. Mittauskalusto on aina oltava huollettuna ja kalibroituna säädösten mukaisesti. Porareikiä tehdessä kannattaa tehdä havaintoja, jos poistettava tiilimurske on märkää tai maalipinta irtoilee reikien ympäriltä helposti. Jos rakenteessa on merkittäviä kosteuspitoisuuksia, niin kosteus kuivuessaan vahingoittaa maalipinnoitetta ja se todennäköisesti irtoaa myöhemmin laajemmalla alueella.

5.3.3 Tulosten tulkinta ja toimenpiteet

Kosteusmittauksissa saadaan rakenteen huokostilan eli ilman suhteellinen kosteus ja absoluuttinen kosteus hygroskooppisella alueella. Se ei ole suoraan suhteutettuna rakennusmateriaalin tilavuuteen. Kuvassa 8. näkyvässä käyrässä voidaan nähdä yhteys huokostilan suhteellisen kosteuden ja materiaalin kosteussisällön välillä, kun ollaan hygroskooppisella tasolla eli suhteellinen kosteus on alle ($< RH 98 \%$). Käyrät eivät päde enää kapillaarisella tasolla ($> RH 98 \%$), kun materiaali on kyllästynyt kosteudesta. Tällöin kosteuspitoisuus riippuu materiaalin huokoisuudesta. Esimerkiksi mineraalivilla ei oikeastaan sido kapillaarisesti vettä kuten tiili.



Kuva 8. Eri materiaalien sorptiokäyriä. Suhteellisen kosteuden RH (%) ja hygroskooppinen kosteuspitoisuus w (kg/m^3)

Mikäli porareikämittausten suhteellisen kosteuden arvot ovat korkeita, yli > 90 RH (%). Massiivitiilirakenne on osin kapillaarisella alueella (vesimärkää) tai lähellä sitä, mikä hidastaa huomattavasti rakenteen riittävän kuivuuden saavuttamisen. Punatiilen hygroskooppinen kosteus voi olla suurimmillaan $15 \text{ kg}/\text{m}^3$ ja kapillaarisesti tiilen huokosten täytyessä vedestä, enintään $300 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Märän massiivitiiliseinän kuivuminen voi kestää pitkiä aikoja ja sen kuivumista on tehostettava. Sisältä päin tehtävään kuivattamiseen suositellaan käytettäväksi kondensettuja lämmittimiä kuten infrapuna- ja mikroaaltokuivausta. Tilaan on myös järjestettävä koneellinen tuuletus ilmanvaihtoa varten. Jos paloturvallisuuden kannalta on mahdollista, niin kuivumista voidaan tehostaa lämpösauvoilla, jotka upotetaan seinärakenteeseen. Erityisesti vanhoissa rakennuksissa täytyy tiedostaa, että rakenteet voivat sisältää mm. puuosia, jotka nostavat paloriskiä. Vaurioalueella oleva sisätilan maalipinnoite poistatetaan kuivumisen tehostamiseksi. Maalipinnoite on poistettava vähintään 0,5 metriä yli rajatulta alueelta. Pinnoitteet tulee joka tapauksessa poistaa kosteusvaurioissa, sillä niiden vaikutus sisäilman laatuun ja epäpuhtauksiin on merkittävä, vaikka vaurio olisi vähäisempi. Pinnoitteet voidaan poistaa mekaanisesti teräsharjalla, soodalla tai kuivajääpuhalluksella. Massiivitiilirakenteet ovat kuivattava, kunnes että keskimääräinen kosteuspitoisuus $20 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa on enintään 75 RH (%).

On aina tilannekohtaista, miten lopullinen korjaus täytyy suorittaa. Siinä on monta vaikuttavaa tekijää, muun muassa: kuinka nopeasti rakenne kuivuu, mihin suuntaan kui-

vuminen tapahtuu ja voiko kuivuminen aiheuttaa muutoksia materiaaleissa tai pinnoissa. Vuodenaika ja rakennuksen ilmanvaihto vaikuttaa mihin suuntaan seinärakenne kuivuu. Kuivumisjakso on tyypillisesti talvella ja silloin rakenne siirtää kuivumista myös sisäänpäin. Lisäksi korjauksessa on huomioitava rakennuksen mahdolliset muut työt. Asiantuntijan on tehtävä päätös aina tilanteen mukaan, milloin rakenteen entisöintiä kuten maalaustöitä voidaan aloittaa sisä- ja ulkopuolella. Kuivuminen voi aiheuttaa tuoreessa maalissa värisävyjen vaihtelua. Tilan seinien ennallistamiseen suositellaan koko seinäpinnan peittomaalausta.

Myös tiileen ja betoniin voi muodostua home- ja mikrobivaurioita pitkällä aikavälillä, sopivassa kosteudessa ja lämpötilassa. Jos massiivitiiliseinäessä havaittaisiin home- tai mikrobivaurioita, niin ne tulisi poistattaa ennen jatkotoimenpiteitä. Homeen poistoon ei suositella biosideja käytettäväksi. Mekaaninen sisäpinnan puhdistus hiomalla, koneellisella teräsharjalla, sooda- tai kylmäjäähalluksella. Tiiliseinän sisäpintaa voidaan hioa muutaman millimetrin syvyyteen kontaminoituneiden mikrobien poistamiseksi. Rakenne on ensin kuivattava, minkä jälkeen tehdään tilojen entisöinti. Uudet tasoitteet ja pinnoitteet voisivat olla korkean alkalisuuden omaavia kuten joku silikaattipohjainen tuote. Tosin korkeaa alkalisuutta ei suositella, jos vaarana on kemiallisen hajoamisen riski, kuten muovimattotyypin lattiapäällysteen alapuoliset tasoitteet. Ulkoseiniä ei voida suositella kapseloitavaksi, sillä massiivitiili sitoo paljon kosteutta ja siirtää kuivumisjaksolla kuivumista myös sisäänpäin. Kapselointi estää tätä kohtuullisen paljon. Etenkin, jos ulkoseinä on verhoiltu tiiviimmällä materiaalilla esimerkiksi luonnonkivellä, niin rakenne ei pääse kuivumaan kunnolla.

6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kuinka eri rappaukset ja pinnoitteet soveltuvat kosteusteknisesti eri tiilijulkisivuihin. Pyrittiin selvittämään mitä riskejä rappauksen eri korjausmenetelmissä on, minkälaisilla perusteilla materiaalit ja korjaustapa on valittava. Työssä keskityttiin erityisesti vanhoihin paikalla muurattuihin massiivitiiliseiniin. Työhön haluttiin sisällyttää kosteusvaurioituneen ulkoseinän kuntotutkimuksen tehtävät ja nostaa esille huomioitavia asioita. Opiskelija pystyi myös hyödyntämään kirjallisuudesta ja haastatteluista oppimaansa kuntotutkimuksissa sekä ymmärtämään tiiliseinärakenteiden kosteusteknistä toimintaa.

Kirjallinen osio sisältää rappauslaastien koostumukseen, valmistukseen sekä tiilen ja rappauksen kosteustekniseen toimintaan julkisivussa. Opinnäytetyön tutkimusosa jakaantui kahteen eri osaan: haastattelututkimukseen ja kosteusvaurioiden kuntotutkimuksiin massiivitiiliseinäissä. Haastatteliijoilta kysyttiin rappaustyyppin ja materiaalien valintaan vaikuttavia tekijöitä seinän toimivuuden, pitkäikäisyyden, kustannuksien valossa ja mitä ne ovat. Toiseksi kysyttiin yleisiä virheitä työstö- ja suunnitteluvaiheessa, riskikohtia yleisesti sekä muita huomioitavia asioita, kun korjataan julkisivua.

Haastattelututkimuksen pohjalta voidaan sanoa, että kaikki yleisesti käytetyt julkisivumateriaalit ovat hyviä, eikä niissä ole sen suurempia laatueroja. Tärkeintä julkisivun rakennefysikaalisen toimivuuden kannalta on materiaalien yhteensopivuus ja olosuhteisiin sopivat materiaalit. Rakennuksen kosteus- ja lämpötekniistä toimintaa, ilmanvaihtojärjestelmää muuttaessa tai materiaalia vaihtaessa pitää selvittää aina, millä perusteilla rakennus pysyy toimintakykyisenä ja mitkä tuotteet siihen sopivat parhaiten. Kuntotutkimukset ovat tukemassa suunnittelijan päätöksiä ja niillä varmistetaan materiaalien yhteensopivuus. Rakennetta tutkittaessa on aina ensimmäisenä selvitettävä mistä vauriot johtuvat.

Haastatteluissa esiin tulleita erityistä huolellisuutta vaativat kohdat rappauksissa ovat rappauksen kerrosvahvuudet, rappausverkon sijainti, paikkarappaukset, pellitykset sekä liitos- ja nurkkakohdat. Rappaukset ovat normaalisti 30-40 mm paksuisia ja sitä ohuemmat rappaukset ovat aina riskialttiita. Vanhoissa rakennuksissa muurauksen vinoutta ei saa oikoa esitäyttämällä rappauslaastilla. Liian paksut rappauskerrokset ovat alttiimpia halkeilulle pintajännitysten vuoksi ja silloin täytyy miettiä tuplaverkotuksen käyttöä. Paikkakorjausten ongelmiksi saattaa muodostua materiaalien yhteensopivuus. Todella vanhaa rappauslaastia on vaikea jäljitellä ja riskinä on vaurion uusiutuminen samaan kohtaan. Haastateltavat eivät ole huomanneet materiaalien käyttöselosteissa tai käyttöturvallisuustiedotteissa puutteita.

Kosteusvaurioituneen tiiliseinän kuntotutkimus etenee aistinvaraisesta kuntoarviosta kosteusmittauksiin porareikämenetelmällä. Kuntotutkimuksessa pyritään rajaamaan vaurioalue, kunnes tiedetään varmuudella sen laajuus. Massiivitiiliseinästä porareikämenetelmällä mitatut suhteellisen kosteuden arvojen ollessa yli $RH > 90$ (%), rakenne on märkä eikä se kykene kuivumaan ilman tehostettua kuivausta. Pitkäaikainen altistuminen kosteudelle voi aiheuttaa julkisivuvaurioita ja rakenteissa home- tai mikrobivaurioita, jotka vaikuttavat ilmanlaatuun sisätiloissa. Rakenteen korjausmenetelmään on monta vaikuttavaa tekijää, muun muassa: kuinka nopeasti rakenne kuivuu, mihin

suuntaan kuivuminen tapahtuu ja voiko kuivuminen aiheuttaa muutoksia materiaaleissa tai pinnoissa. Vuodenaika ja rakennuksen ilmanvaihto vaikuttaa mihin suuntaan seinärakenne kuivuu. Kuivumisjakso on tyypillisesti talvella pakkasella, ja silloin rakenne siirtää kuivumista myös sisäänpäin. Ilmaston lämpenemisen takia pakkaspäiviä ei ole enää montaa vuodessa. Etenkin Etelä-Suomessa pakkaspäivät voivat jäädä vähäisiksi ja tämä tulisi ottaa huomioon, kun korjataan kosteusvaurioitunutta rakennetta.

Opinnäytetyön pohjalta valmistui äkillisen kosteusvaurion tutkimusohjeistus massiivitiilimuurattuihin korjauskohteisiin (Liite 1.). Ohjeistuksessa käydään läpi, miten kuntotutkimus etenee ja miten vesivahingon aiheuttamat vauriot minimoidaan. Ohjeistusta voidaan hyödyntää massiivitiilliseinärakenteiden kosteusvaurioiden kuntotutkimuksissa. Lisäksi haastattelujen pohjalta rappauksiin soveltuvia maaleja on vertailtu ominaisuuksiltaan ja käyttökohteiltaan taulukossa 1.

7 Pohdinta

Loppuun haluan tuoda esille omia havaintoja opinnäytetyön aikana. Haastatteluissa tuli esiin, että kuorimuurit imevät runsaasti kosteutta, puhumattakaan siitä, jos rakenne vuotaa liitoskohdista. Pahimmassa tapauksessa vesi pääsee syvemmälle rakenteisiin. Kuorimuuuri on ohut eikä se kykene sitomaan suuria määriä kosteutta ja vahingon sattuessa, huonon vedenpoiston tai rakenteen sisäisen vuodon takia, vauriot voivat koitua kohtalokkaaksi. Uudiskohteiden kuorimuuureja on jätetty rappaamattomiksi, vaikka meren rannikolla viistosade voi yltyä melko voimakkaaksikin. Suomen eteläisessä osassa on nykyään leudot, märät talvet ja talvi on yleensä julkisivun kuivumiskausi. Kuivuuko julkisivumuuraukset enää samalla tavalla kuin ennen? Olisiko nykyään parempi tehdä tiiviimpiä rakennekerroksia sen takia, että seinään imeytyisi vähemmän kosteutta?

Nykyaikainen useista materiaalikerroksista koostuva seinä on sen heikoimman rakenteen ikäinen. Esimerkkinä tilanne, kun kuorimuurijulkisivun eristeissä havaitaan vakava kosteusvaurio. Muuraus tulisi avata ja eristeet vaihdettava, jotta vältyttäisiin vaurioiden kehittymiseltä ja suuremmilta vahingoilta. Voidaan olettaa, että rakenteiden avaus, vaurioiden laajuuden kartoittaminen, vaurioiden tutkiminen ja lopullinen korjaustyö tulisi maksamaan huomattavan summan. Voi mennä todella kauan ennen kuin vaurioita

edes havaitaan muurauksen alta. Todennäköisesti kosteusvaurio tulee ilmi sisätiloissa, jolloin tilanne on edennyt jo liian pitkälle. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, että kuorimuurin purkaminen ja muuraaminen olisi todella nopeaa ja edullista jollain täysin uudella menetelmällä. Massiivitiiliseinä ei ole kertakäyttöinen, sen vauriot ovat helpommin havaittavissa, kun koko rakenne toimii yhtenä kokonaisuutena. Yllättäviä vesivuotoja tulee vain, jos seinässä on halkeamia tai heikkoja saumoja. Lisäksi muutama tiili tai saumaus on helpompi uusida avaamatta koko rakennetta.

En kuitenkaan väitä, että massiivimuurauksia pitäisi alkaa tuottamaan nyt kuorimuurusten tilalle. Se on liian kallista yleistyäksään. Haluan tuoda esille muuttuvaa sääntilää, huolellista valvonta- ja kuntotutkimustyötä jottei riskikohtia pääse syntymään. Jatkaisin opinnäytetyössä massiivimuurattujen ulkoseinien kuntotutkimusosiota ja sen kuivattamismenetelmiä. Tulevat opinnäytetyöt voisivat käsitellä kuntotutkimuksen tulosten analysointia, home- ja mikrobivaurioita ja siinä voitaisiin vertailla massiivitiilirakenteiden kuivattamista eri menetelmillä.

Mielestäni hyviä aiheita olisi:

- massiivitiiliseinärakenteen home- ja mikrobivauriot tai
- massiivitiiliseinärakenteen kuivattamismenetelmien vertailu.

Töiden lopputuloksena voisi syntyä home- ja mikrobivaurioiden kehittymisestä tai rakenteen kuivattamismenetelmistä graafisia vertailukäyriä. Laajalla tietokannalla voisi myös tutkia myös missä vaiheessa julkisivukorjauksia joudutaan toteuttamaan ja minkä takia.

8 Lähteet

- 1 Kaila, Panu. 1997. Talotohtori. WSOY.
- 2 F3 Julkisivu Kalkkirappauksen korjaus. 2001. Museovirasto, korjauskortisto. Luettu 3.9.2020
- 3 Siikanen, Unto. 1986. Rakennusaineoppi. Helsinki: Rakennuskirja Oy.
- 4 RT 82-10608. 1996. Muuratut julkisivut, Korjausrakentaminen. Rakennustieto.
- 5 RT 82-10612. 1996. Rapatut julkisivut, Korjausrakentaminen. Rakennustieto.
- 6 Standertskjöld, Elina. Rakennusperintö - 1900-luvun suomalaisen arkkitehtuurintyyliä, osa I. Luettu: 19.8.2020
- 7 Järvinen, Kalevi. 2005. Kalkki, Muurattujen julkisivujen pintakäsittelyt. Kustannus Oy Hakkuri.
- 8 Sinisalo, Jarkko (toim.). 2015. Engelin merkintöjä. Museovirasto.
- 9 Puustinen, Kauko. 2003. Suomen kaivosteollisuus ja mineraalisten raaka-aineiden tuotanto vuosina 1530-2001.
- 10 Märkälaastit ja kalkkimaalit. 2001. Hyvinkään Betoni Oy.
- 11 Sandy Q. Qu, John Dumay. 2011. The qualitative research interview.
- 12 Sandberg, Kimmo. Kiviainespintojen maalauskäsittelyt.
- 13 Materiaalien ominaisuudet. Verkkoaineisto. Sisäilmäyhdistys Ry. <www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Materiaalien-ominaisuudet>. Luettu 16.8.2020
- 14 Jukkola, Eero. 1997. Julkisivujen korjausopas. SP-Paino Hyvinkää.
- 15 Tavarantoimittaja, Aluepäällikkö., Helsinki. Haastattelu 24.9.2020, haastattelijana Alekski Tuominen.
- 16 Julkisivu-urakoitsija, Tuotannon työpäällikkö, Helsinki. Puhelinhaastattelu 15.10.2020, haastattelijana Alekski Tuominen.
- 17 Rakennusfysiikan asiantuntija, Helsinki. Pitkäkestoinen haastattelu Syksy 2020, haastattelijana Alekski Tuominen.

- 18 BY 44, Rapatun julkisivun kuntotutkimus. 1998. Suomen Betoniyhdistys.
- 19 RT 103282. 2020. Tiilirakenteet. Rakennustieto.
- 20 Kuorimuurit. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys RY. <www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Ulkoseinat/Kuorimuurit>. Luettu 14.9.2020.
- 21 Haukijärvi, Matti. 2005. Rakenteet ja korjausmahdollisuudet. JUKO-ohjeistokansio. Julkisivuyhdistys RY.
- 22 Lahdensivu, Jukka. 2005. Rapatut julkisivut, korjaustavat. JUKO-ohjeistokansio. Julkisivuyhdistys RY.
- 23 Lahdensivu, Jukka. 2005. Rapatut julkisivut, paikkaus- ja pinnoituskorjaukset. JUKO-ohjeistokansio. Julkisivuyhdistys RY.
- 24 RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Rakennustieto.
- 25 Vanhempi rak.suunnittelija, konsultti, n. 50 rappaushanketta. Helsinki. Haastattelu sähköpostitse 2.11.2020, haastattelijana Alekski Tuominen.
- 26 RT 33-10386. 1990. Rappaus, laastit ja niiden valinta. Rakennustieto.

Kosteusvaurioituneen massiivitiiliseinän tutkimusohjeistus

Vaihe	Materiaali/Tutkimuskohde	Tutkimusmenetelmät ja toimenpiteet
<p>Kohteessa havaitaan vakava kosteusvaurio</p> <p>Lähtöarvot</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Julkisivukuvat, leikkauskuvat • Korjaushistoria • Aiemmat kuntotutkimukset <ul style="list-style-type: none"> ○ AHA-kartoitus* jos rakenteita joudutaan purkamaan • Sisäpuoliset havainnot 	<ul style="list-style-type: none"> • Tutkimuksen tavoitteet • Tutkimussuunnitelma • Tilat ovat saatava kuivaksi mahdollisimman nopeasti esim. pumppaamalla vesi pois, jos sitä lainehtii tiloissa
<p>Kohteen ensikäynti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kuntoarvio 	<p>Kohteen katselmointi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäpuoliset havainnot • Ulkopuoliset havainnot 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaurioiden laajuus ja vakavuus aistinvaraisesti <ul style="list-style-type: none"> ○ Näkyvät vauriot ○ Sisätiloissa myös haju • Tarkennetaan tutkimussuunnitelmaa • Otetaan huomioon: <ul style="list-style-type: none"> ○ kohteen sijainti, perustukset, nostimen käytön mahdollisuudet ○ Eri julkisivujen rasitusolot, varsinkin jos eri materiaalia ○ Näkyvät vauriot ○ Vedenohjaus: räystäät, sadevesijärjestelmä, ikkunapellitykset, ○ Liitoskohdat • Selvitetään <ul style="list-style-type: none"> ○ Tarvittavat rakenneavaukset ○ Turvallisuusriskit esim. julkisivurakenteiden irtoaminen
Seuranta	<p>Vaurioiden kehityksen seuranta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Julkisivut: rappaukset, maalipinnoite • Sisätilat 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaurioiden pitkäaikainen seuranta, kun ei olla varmoja • Tarkennetaan tutkimussuunnitelmaa
Kuntotutkimus	Sisätilat	<ul style="list-style-type: none"> • Pintakosteusmittaukset

<ul style="list-style-type: none"> Tutkimuksilla rajataan kosteudelle altistunut alue 		<ul style="list-style-type: none"> Rajataan tutkittava alue Merkataan poikkeamat tarkempia tutkimuksia varten esim. piirustuksiin Tulokset ovat suuntaan antavia. Materiaalin sähkönjohtavuus vaikuttaa tuloksiin. Huomioitava: tiili imee kosteutta paremmin kuin TB-laatta. Porareikämittaukset <ul style="list-style-type: none"> Luotettavat tulokset betonista ja tiilestä RT 14-10984. 2010. betonin suhteellisen kosteuden mittausta 2-3 eri mittasyvyyttä riippuen rakenteen paksuudesta useampi mittausta paikka riippuen laajuudesta Mikrobinäytteiden suoraviljelymenetelmä <ul style="list-style-type: none"> Seinästä irrotetaan koepalat, jotka lähetetään tutkittavaksi Sisätiloissa ei sallita korkeita mikrobipitoisuuksia
	Julkisivut	<ul style="list-style-type: none"> Kopokartoitus <ul style="list-style-type: none"> Selvitetään vesivahingon aiheuttama kopo Rakenneavaukset jos nähdään tarpeelliseksi <ul style="list-style-type: none"> Suuret halkeamat voivat viitata alustan halkeamiin Vertailun vuoksi useammasta kohdasta
Toimenpiteet	Kosteusvaurioituneet alueet	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteet ovat saatava mahdollisimman nopeasti kuivaksi. Kuivausmenetelmiä ovat: <ul style="list-style-type: none"> infrapunakuivaus mikroaaltokuivaus rakenteeseen upotettavat lämpösauvat lämpöpuhaltimet lisäksi tilojen tuuletusta on parannettava väliaikaisilla tuulettimilla
	Home- tai mikrobivauriot	<ul style="list-style-type: none"> Laajuudesta ja sijainnista riippu-

		<p>en suunnitellaan toimenpiteet</p> <ul style="list-style-type: none">• Pinnoitteet tulee poistaa, sillä niiden vaikutus sisäilman laatuun ja epäpuhtauksiin on merkittävä, vaikka vaurio olisi vähäisempi• Vaurioiden ollessa vakavat, kun tiilipinnoissa todetaan homevaurio:<ul style="list-style-type: none">○ Ei suositella biosideja○ Mekaaninen sisäpinnan puhdistus, esim. hionta, koneellinen teräsharja tai sooda- tai kylmäjäähallus• Homeen tai mikrobien poiston jälkeen rakenteiden kuivatus
	Tilojen entisöinti	

*AHA-kartoitus = asbesti ja haitta-ainekartoitus

Haastattelurunko

AIHEALUE	KYSYMYS
Urakoitsijan kokemus	1. Kuinka paljon teillä on kokemusta julkisivujen rappauksen korjaushankkeista?
Tiiliseinä ja rappaus – korjausmenetelmät ja rappaustyytit	2. Mitä eri rappaustyyppiä olet käyttänyt tiiliseinän rappauksessa? Esim. kolmikerrosrappaus, kaksikerrosrappaus, terastirappaus, eristerappaus?
	3. Mitkä ovat näiden rappaustyyppien hyödyt ja haitat? a. Miten eri rappaustyytit vaikuttavat seinän elinkaareen, urakan lisätöiden ja takuukorjausten määrään, urakan kannattavuuteen tilaajan näkökulmasta? Entä urakoitsijan näkökulmasta? b. Missä seinärakenteita ja rappauksia on jouduttu uusimaan eniten? esim. kuorimuuri-massiivitiiliseinä c. Rappaustyyppien riskit työstövaiheessa? Voiko tarttuvuus jäädä liian huonoksi heti alussa? Miksi? 4. Millaiset kustannuserot ovat eri menetelmien välillä? a. Mistä suuret kustannukset useimmiten johtuvat? b. Mitä muuttaisit, jotta kustannuksia saataisiin vähennettyä?
	5. Mitä riskejä on korjattaessa paikallisesti rappauksia? a. Onko yleistä, että korjausten jälkeä vauriot ilmaantuneet uudelleen seinään? b. Jääkö rappauksen paikkakorjauksissa seiniin liian selkeät laikut?
Tiiliseinä ja rappaus – materiaalit	6. Suositko tuleviin korjaushankkeisiin kalkkipohjaisia kolmikerrosrappauksia vai sementtipohjaisia kaksikerrosrappauksia? Miksi? a. Millä tuotteilla? 7. Mitä pinnoitetta suosit kalkkipohjaisille rappauksille? Miksi? b. Entä sementtipohjaisille kaksikerrosrappauksille? 8. Pitäisikö silikonihartsimaaleja käyttää nykyistä enemmän rappauksen pinnoitteena? 9. Onko eri materiaalien käyttöselosteissa parannettavaa? Mitä? Entä käyttöturvallisuustiedoissa?
Tiiliseinä ja rappaus – suunnittelu	10. Onko julkisivukorjausten suunnittelussa ollut puutteita? Mitä? a. Mitä parannettavaa suunnitelmissa olisi?

