

Riitta Karjalainen

Rapattujen julkisivujen maalaustöiden laadunvarmistus

1800 – 1950-luvulla rakennettujen rakennusten
julkisivukorjaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri AMK

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinööryö

15.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Riitta Karjalainen Rapattujen julkisivujen maalaustöiden laadunvarmistus
Sivumäärä Aika	54 sivua + 5 liitettä 15.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori, Arto Yli-Pentti Osastopäällikkö, Tuomo Nerg
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Wise Group Oy:n korjausrakentamisyksikön toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli selvittää julkisivukorjauksiin liittyvien pintakäsittelyjärjestelmien soveltuvuutta rapattujen pintojen maalaukseen sekä julkisivukorjauksiin liittyviä laadunvarmistusmenetelmiä.</p> <p>Julkisivujen rakenteilla ja pinnoitusmateriaalien valinnalla on ratkaiseva merkitys niiden kyvyssä suojata rakenteita erilaisia rasiustekijöitä vastaan. Julkisivukorjauksiin liittyvien virheiden ja vaurioiden syntyä voidaan ehkäistä hyvällä ja oikean suuntaisella suunnittelulla ja työn toteutuksella. Kosteuden merkitys julkisivuja turmelevana tekijänä on suuri. Kosteusteknisen käyttäytymisen ymmärtäminen ja hallinta ovat avain asemassa julkisivupinnoitteita suunniteltaessa.</p> <p>Rakennusten pintakäsittely antaa julkisivulle myös esteettisen vaikutelman. Laadukkaalla toteutuksella on siten suora vaikutus yrityksen julkisuuskuvaan. Onnistunut pintamateriaalin valinta ja visuaalisesti miellyttävä lopputulos on laadunvarmistuksen kannalta merkittävä tekijä.</p> <p>Tutkimus keskittyy 1800 - 1950-luvulla rakennettujen rakennusten julkisivuihin sekä niissä käytettyihin perinteisiin pintakäsittelymenetelmiin. Tutkimuksen lähdemateriaalina käytettiin alan yleistä kirjallisuutta ja artikkeleita sekä maalinvalmistajien tuotetietoja. Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa suunnittelijoille lisätietoa oikean ja käyttökohteeseen sopivan pintakäsittelyjärjestelmän valintaan vanhojen julkisivurakenteiden korjaus- ja huoltomaalauksessa.</p>	
Avainsanat	julkisivurappaus, kalkkimaali, silikaattimaali, laadunvarmistus

Author(s) Title Number of Pages Date	Riitta Karjalainen Quality assurance methods for façade repairs and coating systems 54 pages + 5 appendices 15 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Arto Yli-Pentti, Lecturer Tuomo Nerg, Project Manager
<p>This thesis project was commissioned by Wise Group Oy's repair construction unit. The aim of the project was to determine the suitability of coating systems for façade repairs and quality assurance methods related to painting plastered surfaces as well as to performing façade repairs.</p> <p>The choice of coating materials on the façade structures play a significant role in their ability to protect the structures against various exertion factors. The occurrence of errors and damage related to façade repairs can be prevented with good, correct planning and implementation. The significance of moisture as a façade damaging factor is high. Understanding and managing the moisture technical behaviour is in a key role when planning the façade coatings.</p> <p>The surface treatment of buildings also provides the façade with an aesthetic impression. Therefore, high quality implementation has a direct effect on the company's public image. Successful choice of a coating material and a visually pleasing outcome are significant factors in terms of quality assurance.</p> <p>The thesis project that was carried out focused on the façades of buildings built in the 1800s - 1950s, as well as on the traditional coating methods used in them. General literature and articles as well as paint manufacturers' product information were used as source material for the project. The aim of this thesis project was to give designers more information for making a correct and suitable coating system choice for the repair and maintenance painting work of old façade structures.</p>	
Keywords	façade structure, quality assurance methods, silicate paint, lime paint

Sisällys

Käsitteitä

1	Johdanto	1
2	Julkisivu	2
2.1	Julkisivujen tehtävä	2
2.2	Julkisivujen korjaustarve	2
3	Rapatut julkisivut	3
3.1	Rappauksen historiaa	4
3.2	Perinteiset laastityypit	6
3.2.1	Kalkkilaasti	7
3.2.2	Kalkkisementtilaasti	8
3.3	Rappausmenetelmät	9
3.4	Rappauksen pintastruktuurit	9
3.4.1	Kasetit ja listat	10
3.4.2	Roiskepinta	10
3.4.3	Harjattu ja hierretty rappaus	11
3.4.4	Revitty rappaus	11
3.4.5	Terastirappaus	11
3.4.6	Kivirouherappaus	12
4	Julkisivuun vaikuttavat rasitustekijät	12
4.1	Sääolosuhteet	13
4.1.1	Kosteusrasitukset	13
4.1.2	Tuulikuorma	14
4.1.3	Lämpötilan muutokset	15
4.1.4	Auringon säteily	15
4.2	Materiaaliominaisuudet	16
4.3	Ympäristötekijät	17
4.4	Ilmastonmuutos	18
5	Julkisivujen turmeltuminen	19
5.1	Kosteustekninen toiminta rapatuilla julkisivuilla	21
5.1.1	Pinnoitteen vaikutus kosteudenläpäisevyyteen	23
5.1.2	Pinnoitteeseen kohdistuva kemiallinen rasitus	26
6	Rapatuttujen julkisivujen maalaus	27

6.1	Kalkkimaali	27
6.1.1	Kalkkimaalin historiaa	27
6.1.2	Kalkkimaalaus	28
6.1.3	Kalkkimaalaustekniikka ja olosuhteet	31
6.2	Kalkkisementti- ja sementtimaali	33
6.2.1	Kalkkisementtimaalit	33
6.2.2	Sementtimaalien ominaisuudet	34
6.3	Vesilasi- eli silikaattimaali	35
6.3.1	Silikaattimaalin historiaa	35
6.3.2	Kaksikomponenttinen silikaattimaali	36
6.3.3	Dispersiosilikaattimaali	37
7	Laatuvaatimukset ja maalaustyön laadunvarmistus julkisivukorjauksissa	38
7.1	Rakentamisen laatu	38
7.2	Julkisivukorjauksen laadunvarmistus	39
7.2.1	Tehtäväsuunnitelma	40
7.2.2	Viranomaisten edellyttämät vaatimukset	41
7.3	Maalaustyön suunnitteluohjaus ja laadunvarmistus	42
7.4	Pintakäsittelyn valintaan vaikuttavat tekijät	43
7.4.1	Vaurioitumisaste ja vanhan maalityypin määrittäminen	44
7.4.2	Ilmastorasitusluokat	44
7.4.3	Alustan vaatimukset	45
7.4.4	Maalausyhdistelmä ja värin valinta	46
7.4.5	Ulkonäköluokitus	46
7.5	Työnaikainen laadunvarmistus	47
8	Johtopäätökset	48
9	Yhteenveto	50
	Lähteet	52
	Liitteet	
	Liite 1. Maalien tunnistusmenetelmät	
	Liite 2. Rasitusluokat ulkona [MaalausRYL 2012]	
	Liite 3. Maalien soveltuvuustaulukko	
	Liite 4. Valvontasuunnitelma	
	Liite 5. Maalaukseen liittyviä virheitä, korjaustoimenpiteitä sekä alustan merkitys	

Käsitteitä

Diffuusio	Vesihöyryn liikettä, jossa ilman kosteussisällöt pyrkivät tasoittumaan. Vesihöyryn liike aiheutuu vesihöyryn paineeroista.
Hydraulinen kalkki	Kalkkasideaine, joka kovettuu sekä veden että hiilidioksidin kanssa.
Ilmakalkki	Kalkkasideaine, joka kovettuu reagoidessaan ilman hiilidioksidin kanssa.
Kalkkihärme	Ilmiö, jossa sementtikiven sitoutumaton kalkki liukenee julkisivumateriaalissa olevaan veteen. Aikanaan tämän veden haihtuessa kalkki kiteytyy julkisivumateriaalin pinnalle kalkkihärmeeksi.
Kapillaarinen liike	Kapillaarisesti kosteus siirtyy nesteenä, kun kapillaariverkkoon syntyy yhtenäinen nestefilmi.
Karbonatisoituminen	Kalsiumhydroksidin reagoidessa hiilidioksidin kanssa kalsiumhydroksidi muuttuu kemiallisesti takaisin kalkkikiveksi (CaCO_3). Reaktio, jossa hiilidioksidin (CO_2) tunkeutuminen betoniin neutralisoi betonin luonnollisen emäksisyyden.
Konvektio	Nesteen tai kaasun virtausta vallitsevan paine-eron vaikutuksesta. Virtaus on seurausta ulkoisesta voimasta (esim. tuuli) tai lämpötilaerojen aiheuttamasta tiheyserosta.
Laasti	Sideaineen, runkoaineen ja veden seos, johon voidaan tarpeen vaatiessa lisätä väriaineita, täyteaineita ja lisäaineita.
Rappaus	Pintakäsittelymenetelmä, jolla laastilla pinnalle aikaan saadaan haluttu tasaisuus tai ulkonäkö.

1 Johdanto

Julkisivurappauksella on satojen vuosien perinteet ja se on ollut tyypillinen menetelmä rakennuksen pinnoituksessa aina 1960-luvulle asti. Sen uudelleen kukoistus alkoi 1980-luvulta, jolloin sen käyttö lisääntyi etenkin betonielementtitalojen peittävässä korjauksissa. Rappausta voidaankin pitää perinteisenä julkisivupintana, koska sen perusrakenteet ja materiaalit ovat pysyneet melko samanlaisina pitkään.

Julkisivujen korjaustarve kasvaa merkittävästi lähitulevaisuudessa. Julkisivupinnoitteiden korjauksiin ja käsittely-yhdistelmiin liittyy aika ajoin myös virheellisiä korjaustapoja ja menetelmiä. Pahimmillaan väärä korjaustekniikka tai pinnoitteen virheellinen valinta voi johtaa rakenteiden vaurioitumiseen. Epäonnistuneet korjaus- ja pinnoitustyöt aiheuttavat lisäkustannuksia ja ovat haitaksi yrityksen julkisuuskuvalle.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin rapattujen julkisivujen perinteisiä korjausmenetelmiä. Tutkimus pohjautuu kirjallisuudesta saatuihin tietoihin ja se on tehty yhteistyössä Wise Group Oy:n korjausrakentamisen toimialayksikön kanssa. Tutkimuksen avulla pyrittiin selkeyttämään suunnittelijan varmuutta valita oikea pintakäsittelyjärjestelmä oikeaan kohteeseen. Tutkimustyön ohella uudistettiin yrityksen julkisivupinnoitteita käsittelevä pintakäsittelyjärjestelmä vastaamaan MaalausRYL 2012 esittämiä laatuvaatimuksia.

Wise Group Oy on suomalainen talonrakennusalan yritys, jonka toimialaan kuuluu uudis- ja korjausrakentamisen konsultointi-, suunnittelu, ja rakentamispalvelut. Yritys toimii tytäryhtiöidensä kautta myös Venäjällä ja Baltiassa. Wise Groupissa työskentelee yli 300 talonrakennuksen ammattilaista ja sen liikevaihto oli noin 23 milj. euroa vuonna 2014.

2 Julkisivu

Rakennetun ympäristön yksi näkyvimmistä osista ovat julkisivut. Niiden muodostama konkreettinen ulkoasu kertoo rakennuksen käyttötarkoituksen, iän, rakennustekniikan ja rakennusmateriaalit. Julkisivujen estetiikka ja visuaalinen ilme ovat näkyvällä tavalla osa asuttua ympäristöä. Onnistunut julkisivuvalinta heijastaa usein myös alueen perinteitä ja tulevaa kehitystä. [1]

Julkisivut muodostavat yhteisen kokonaisuuden ympäröivän ulkotilan, pihapiirin, katutilan ja aukion kanssa. Julkisivujen näkyvyys paljastaa myös auttamatta omistajien ja käyttäjien suhtautumisen rakennusten ylläpitoon. Rakennusten sekä julkisivujen suunnitteluun ja toteutukseen tulisi panostaa riittävin voimavaroin unohtamatta niiden säännöllistä huoltoa ja ylläpitoa.

2.1 Julkisivujen tehtävä

Julkisivujen tehtävä on aktiivinen ja passiivinen. Toiminnallisesti ne erottavat tiloja ulkoilmasta ja antavat suojan sään vaikutuksille. Passiivisesti julkisivu antaa rakennukselle ominaisen luonteen kertoen sen sisällöstä, merkityksestä ja käyttötarkoituksesta. Rakennustaiteellisenä kokonaisuutena julkisivut ja rakennusmateriaalit kertovat rakennuksen historiasta ja antavat siten merkityksen koko rakennuksen arvolle omassa ympäristössään. [1]

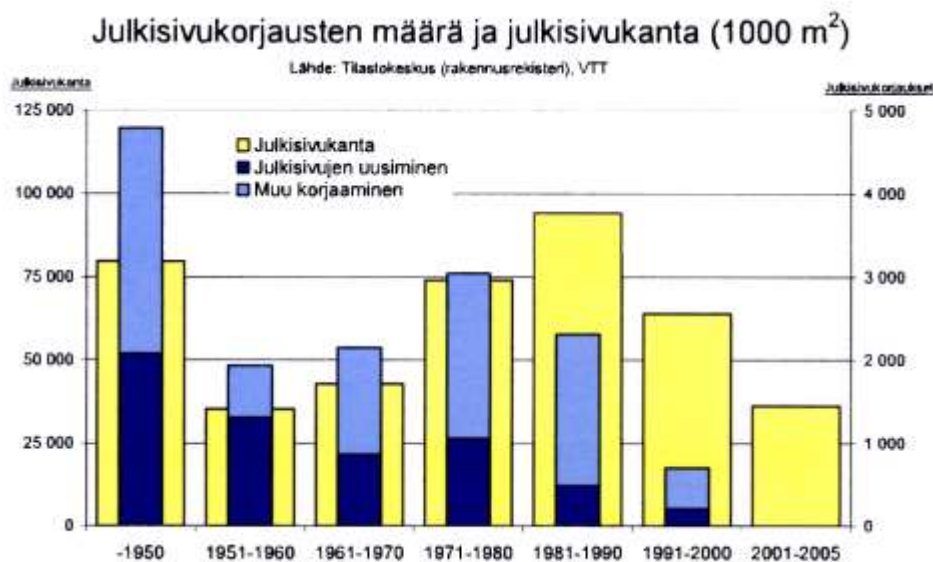
Rakennuksen julkisivua koskevat määräykset ja ohjeet valvovat osaltaan rakennusten kunnossapitoa ja hoitoa. Julkisivukorjauksen suunnitteluun ja toteutukseen tulisi panostaa riittävin voimavaroin, sillä niiden kunto paljastaa armottomasti omistajien ja käyttäjien suhtautumisen rakennusten ylläpitoon.

2.2 Julkisivujen korjaustarve

Pellervon taloustutkimuslaitoksen teettämän tutkimuksen (2015) mukaan asuinrakennusten korjaustarve vuosina 2016 - 2025 on keskimäärin 3,5 miljardia euroa. Korjaustarve on tutkimuksen mukaan kasvanut noin kymmenen % vuosiin 2006 - 2015 verrattuna. Korjaustarpeen merkittävä kasvu seuraavien kymmenen vuoden aikana perustuu pitkälti kerrostalojen korjaustarpeen lisääntymisestä. Rakennuskannan

voimakas kasvu vuosina 1940 - 1975 on saavuttanut peruskorjauksiensa ja näkyy piikkinä tulevien vuosien korjaustarpeessa ja kustannuksissa. [2]

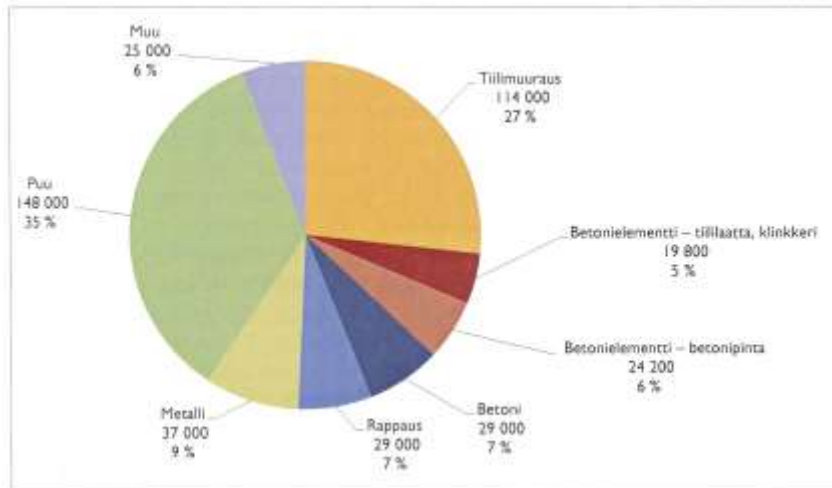
VTT: n teettämän Korjausrakentaminen 2000 - 2010 -tutkimuksen mukaan julkisivukannasta on korjaustoimenpiteiden kohteena, sisältäen pintakäsittelyt, paikkauskorjaukset ja julkisivujen uusimisen, neljä %. Julkisivukorjauksista kolmannes liittyy julkisivumateriaalin uusimiseen. Uusimiskorjauksista puolet ajoittuu ennen vuotta 1960 rakennettuihin taloihin ja puolet tämän jälkeisiin. Korjausten kohdistuminen eri-ikäisiin rakennuksiin sekä julkisivujen määrä ikäkausittain on esitetty seuraavassa pylväskaaviossa (Kuva 1). [3]



Kuva 1. Ulkovaipan korjausten yleisyys eri ikäisessä rakennuskannassa (2005) [3].

3 Rapatut julkisivut

Suomalaisesta rakennuskannasta (2005) rapattujen julkisivujen osuus oli seitsemän % (kuva 2). Rapattujen julkisivujen rakentaminen loppui käytännössä lähes kokonaan 1960-luvun loppuun mennessä. Rapattujen julkisivujen suosio on kuitenkin alkanut kasvaa uudelleen korjausrakentamisen myötä ja etenkin betonielementtitalojen peittämissä korjauksissa. Peittävien korjauksien sekä 2000-luvun uudisrakentamisen yhteydessä käytetty rappausmenetelmä on eristerappaus, jonka tekniikka ja rakenne poikkeavat täysin vanhojen rakennusten rappaustekniikasta. [4, s. 10–11]



Kuva 2. Eri julkisivujen osuus Suomen rakennuskannassa vuonna 2005. [4, s.10]

3.1 Rappauksen historiaa

Rappauksen käytöllä on pitkä historia maailmalla. Rappaus on säilyttänyt asemansa kivirakennuksen pintakäsittelynä Euroopassa halki vuosisatojen. Jo keskiajalla luonnonkivistä ja epäsäännöllisistä tiilistä muurattujen seinäpintojen tasoittaminen kalkkilaastilla oli luontevaa. Suomessakin se on jäänyt pysyväksi osaksi julkisivupinnoitteena. [5, s. 124–125]

Kivirakentaminen Suomessa alkoi 1000-luvulla linnoitusten ja kirkkojen rakentamisen myötä. Merkittävimpiä säilyneitä rapattuja rakennuksia tuolta ajalta ovat Turun linna ja Turun Tuomiokirkko. Rappaus yleistyi Suomessa kuitenkin vasta 1800-luvulla, jota pidetään rappauksen kultakautena liittyen Helsingin keskustan hallintokortteleiden rakentamiseen. Arkkitehti Carl Ludvig Engel muun muassa kutsui Pietarista 60 muuraria rakentamaan Helsingin yliopistoa. Rappaus- ja kalkkimaalaustöitä onkin nimitetty aina itsenäistymiseen asti niin sanotuiksi ”kalkkiryssien työksi”. [5, s. 125]

Rappaus tehtiin aikaisemmin yksinomaan käsityönä, työtapojen periytyessä ammattimiehiltä toisille. Tämän vuoksi kirjallista materiaalia varhaisimmista rappauksista ja työtapaselostuksista on vähän saatavilla. Käsityöperinne katkesi lähes kokonaan 1960-luvun lopulla teollisen rakentamisen yleistyessä. Väestön muutto maalta kaupunkikeskuksiin edellytti nopeaa rakentamistahtia. Perinteisistä rakennustavoista luovuttiin lähes kokonaan. Siirtyminen kokonaan paikalla tehdyistä,

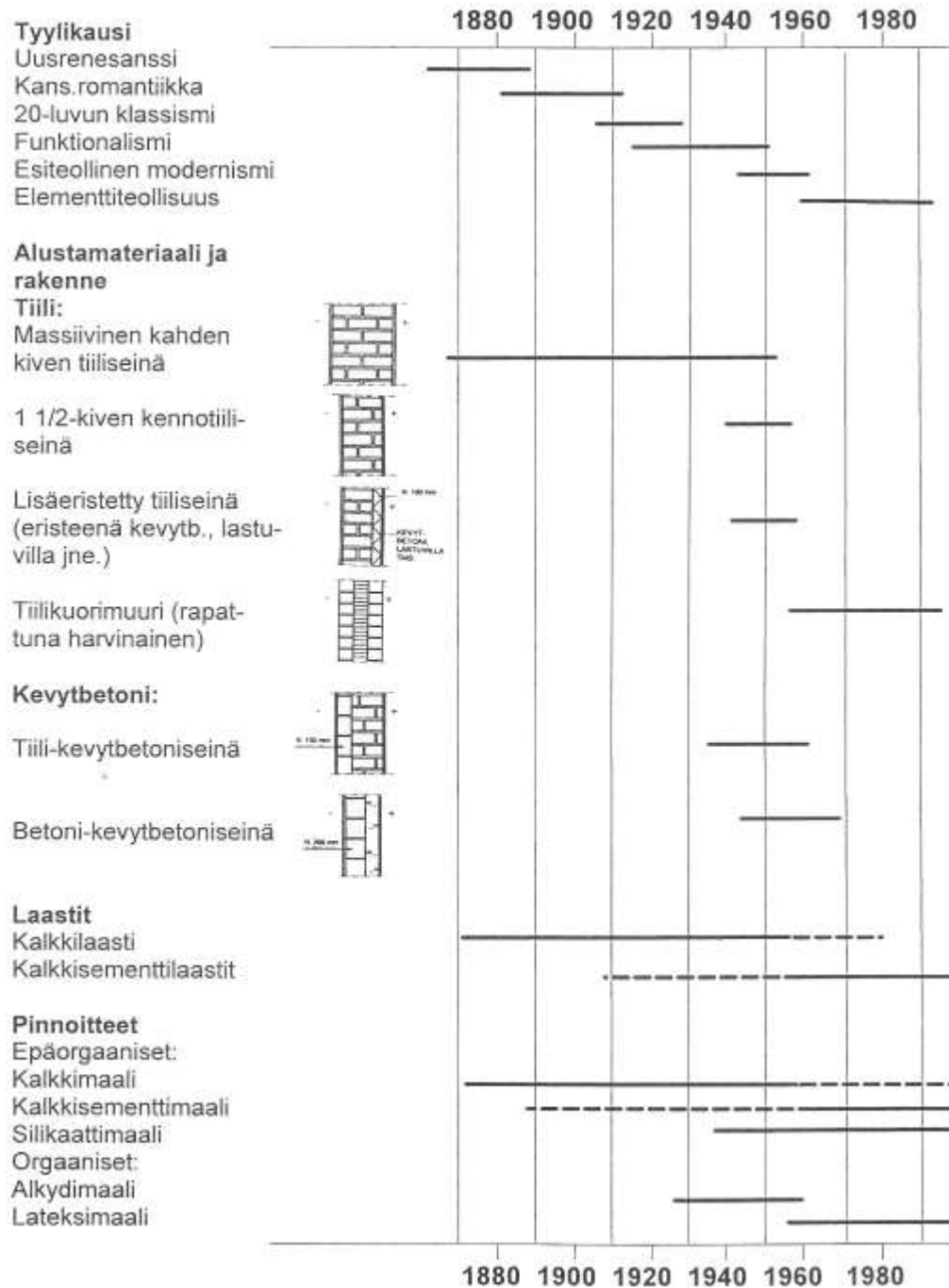
sisältä ja ulkoa rapatuista taloista, elementtirakentamiseen johtui pääasiassa rakentamiskustannusten pienentämisen tarpeesta. [6, s. 6; 7]

Vanhimmat kalkkirappaukset on perinteisesti tehty yksi- tai kaksikerrosrappauksena poltetuista tiilistä muuratun rakenteen päälle. Kolmikerrosrappaus yleistyi vasta kalkkiahiekkatiilestä muuratujen julkisivujen yleistyessä 1900-luvun alkupuolella. Kalkkiahiekkatiilen sileä pinta vaati tartuntakerroksen, joka toteutettiin sementtipitoisella laastilla. [6, s. 67]

Poltetuista tiilistä muuratujen rakenteiden suuri lämpö- ja kosteuskapasiteetti vähentävät rakenteen ulkopuolen lämpötila- ja kosteusvaihteluita estäen samalla halkeilua ja muodonmuutoksia. Poltettujen tiilien huokosrakenteen ansiosta massiivinen tiilimuuri pystyy sitomaan runsaankin viistosademäärän ilman, että siitä aiheutuu rakenteeseen kosteus- tai pakkasvaurioita [7, s. 17–18]

Poltetuista tiilistä muurattu seinärakenne oli kivitalojen yleisin ulkoseinärakenne aina 1950-luvulle saakka. Seinien paksuus oli tavallisesti kaksi kiveä eli 600 mm. Sodan jälkeen seinärakenne oheni ja käyttöön otettiin 1 ½ -kiven kennotiilirakenne. Harkkorakenteinen seinä alkoi yleistyä 1940 – 50-luvulta lähtien ja kuorimuuriseinät 1950-lopulla. [7, s. 18]

Rappauspintojen maalaus tehtiin pääasiassa kalkkimaalilla aina 1950-luvun jälkipuoliskolle asti. Kalkkimaalin käyttö hiipui 1960-luvun alkupuolelta lähtien, kun orgaaniset maalituotteet otettiin käyttöön julkisivumaalauksissa. Samaan aikaan yleistyivät kalkkisementtimaalit, joita käytettiin pääasiassa kevytbetoniseinissä. Suomessa käytettyjen eri rakennustyylien, rakenteiden ja rappauksissa käytettyjen pintamateriaalien käyttö eri aikakausina on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Aikajانات eri rakennustyyleistä, rakenteista ja rappausten pintamateriaaleista. [8, s. 101]

3.2 Perinteiset laastityypit

Vanhimmat rappaukset 1900-luvun alkupuolelle saakka ovat yleensä kalkkilaastilla tehtyjä. Tämä jälkeen rappauslaasteina käytettiin yleisesti kalkkisementtilaasteja.

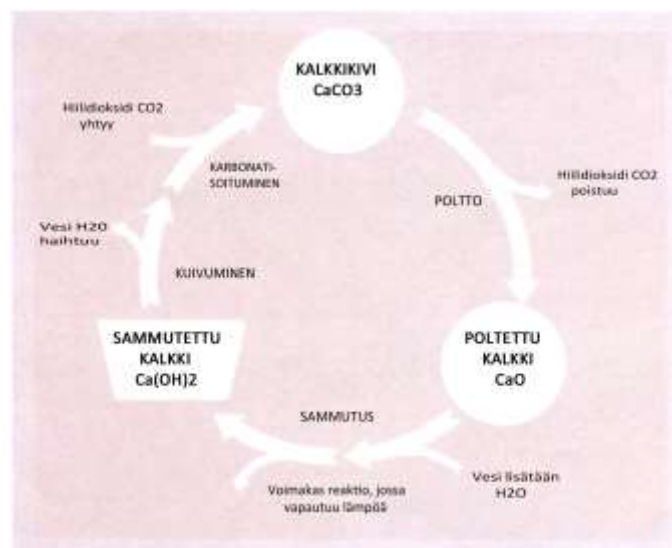
Perinteisesti laasteja on merkitty kirjain- ja numeroyhdistelmin. Rappauslaastien sideaineet merkitään kirjaimin seuraavasti:

- K Kalkki (sideaine kuivana)
- K_h Hydraulinen kalkki
- S Sementti
- KS Kalkki + sementti

Sideaineiden ja runkoaineen määrät ilmoitetaan lukuina siten, että sideaineen tai sideaineiden yhteenlaskettu määrä on 100 painoyksikköä. Runkoaineen määrä ilmoitetaan aina 100 painoyksikön sideainemäärää kohti. Esimerkiksi kalkkisementtilaastin merkintä KS 35/65/600 merkitsee laastia, jossa on 35 painoyksikköä kalkkia, 65 painoyksikköä sementtiä ja 600 yksikköä kuivaa runkoainetta. [4, s. 41; 8, s. 23]

3.2.1 Kalkkilaasti

Kalkkilaasti valmistetaan sammutetusta kalkista (kalsiumhydroksidi), hiekasta ja vedestä. Kalsiumhydroksidin reagoi ilman hiilidioksidin kanssa muodostuu kalsiumkarbonaattia. Reaktio vaatii kosteutta, jotta kaasu pystyy liukenemaan. Kalkin karbonatisoituminen eli kovettuminen on hyvin hidaskäyttöprosessi ja kestää vuosia. Kalkin kovettumisprosessia voidaan havainnollistaa kalkkiympyrän avulla. (Kuva 4) [5, s. 136–137; 9]



Kuva 4. Kalkin kovettumisprosessi. [9]

Kalkkilaastin tärkein osa on sideaineena käytetty kalkki, jota saadaan kalkkikivestä. Suomessa kalkkikiviesiintymät ovat joko dolomiittikarbonaattia, jota esiintyy Oulu-Kuopio-Savonlinna-linjan koillispuolella tai kalsiittikarbonaattia, jonka esiintyminen sijoittuu linjan lounaispuolelle. [6, s. 11–12]

Kalkit voidaan jaotella ilmakalkkeihin ja hydraulisiin kalkkeihin niiden kovettumistavan mukaan. Polttamalla puhdasta kalsiitti-, dolomiittista kalsiitti- tai dolomiittikiveä saadaan ilmakalkkia, joka karbonatisoituu kalsiumkarbonaatiksi ilman hiilidioksidin ja kosteuden vaikutuksesta. Hydraulista kalkkia saadaan, kun poltetaan kvartsi-, savi- ja/tai rautaoksidipitoista kalkkikiveä alle sintraantumislämpötilan. Hydraulisia ominaisuuksia aiheuttavat myös kalkin luonnolliset epäpuhtaudet kuten savi. Hydraulinen kalkki kovettuu (hydratoituu) veden kanssa. [6, s. 15]

1800-luvulla aina 1900-luvun alkupuolelle saakka kalkkirappaukset tehtiin työmaalla matalissa kalkkilavoissa sammutetusta kalkista. Hautakalkkia, joka on maahaudassa pitkään varastoitua sammutettua kalkkitahnaa, käytettiin vain hienoimmissa erikoisrappauslaasteissa ja kalkkimaalissa. [7, s. 7–8]

Vanhojen kalkkirappausten koostumuksissa on suuria eroja. Laastin valmistuksessa käytettyjen sideainemäärien ja laastihiekan raekokojakaumat vaihtelevat merkittävästi käyttötarkoituksen ja -kohteen mukaan. Myös työtavat vanhoilla rappauksilla ovat vaihdelleet riippuen rappausalustasta, kohteesta ja halutusta pintastruktuurista. [7, s. 8]

3.2.2 Kalkkisementtilaasti

Puhdas kalkkirappaus oli pitkään ainoa julkisivujen rappausmateriaali. 1900-luvun alku puolelta lähtien lisättiin kalkkilaastin joukkoon sementtiä. Sementtilaastin käyttö yleistyi 1930-luvulta eteenpäin. Sementin lisäys kalkkilaastin joukkoon antoi rappauslaastille lisää lujuutta sekä paransi laastin säänkestävyyttä. Samalla se kuitenkin aiheutti laastin kutistumaa ja heikensi sen työstettävyyttä. Nykyisin lähes kaikki julkisivujen rappaukset tehdään kalkkisementtilaastilla. [9]

3.3 Rappausmenetelmät

Rappaus on perinteisesti levitetty pintaan kauhalla lyömällä, jonka jälkeen pinta on työstetty käsin hiertimellä. Rappauksen ulkonäköön voidaan vaikuttaa vaihtelemalla laastin kiviainesta, työtappaa tai väriä. Nykyisin rappaus levitetään lähes yksinomaan ruiskuttamalla. Pintahieronta tehdään edelleen käsityönä perinteisten menetelmien mukaan. [7, s. 8–10]

Vanhojen rakenteiden rappaukset tehtiin ennen sotia kalkkilaastilla 1- tai 2-kerrosrappauksena. Kalkkisementtilaastista tehty kolmikerrosrappaus yleistyi 1900-luvulla kalkkihiekkatiilisten muuri- sekä betonirakenteiden myötä. Kolmikerrosrappauksen eri kerrokset koostuvat tartunta-, täyttö-, ja pintarappauksesta. [7, s.15; 10]

Ohuempaa kaksikerrosrappausa käytetään tasaisilla ja tasaisen imun omaavilla alustoilla, kuten poltetusta savitiilestä muuratuilla alustoilla. Kaksikerrosrappausa käytettiin 1800-luvun empiretyylisten rakennusten täsmällisiin muotoihin ja mittoihin. Kaksikerrosrappausa on käytetty yleisesti myös teollisuusrakennusten seinissä. Rappaus muodostuu tartunta- ja pintarappauksesta. Pintarappauksena käytetään tavallisimmin roiskerappausa tai harjattua rappausa. [9]

Ohutrappaus eli yksikerrosrappaus tehdään yhdellä, hienoa runkoainetta sisältävällä laastilla. Tyypillisin ohutrappauslaasti on sementtilaasti. Ohutrappauksen pintarappausa tapoja ovat roiskerappaus tai harjattu rappaus. Harjaamalla tehtyä ohutrappausa kutsutaan myös slammaukseksi. Slammausta käytetään silloin, kun alustan pintastruktuuri halutaan jättää näkyviin. Slammaus tehdään joko suoraan alustalle tai ohut- tai täyttörappauksen päälle. Slammauksessa käytetyt laastit ovat tavallisimmin kalkkisementtilaasteja. [7, s. 16; 10]

3.4 Rappauksen pintastruktuurit

Rappauksen pinnan ulkonäköä voidaan vaihdella kiviaineksen laatua ja kokoa sekä työtappaa ja väriä muuttamalla. Pintarappauksella muodostetaan rapatun julkisivun haluttu pintastruktuuri, joka voi olla sileä, karkea tai muuten eri tavoin työstetty.

Rapatun julkisivun värityksessä voidaan käyttää kolmea eri tekotapaa. Pintarappaus voidaan tehdä värillisellä laastilla, jolloin pintakerros vastaa julkisivun lopullista, näkyville jäävää pintaa. Värillisellä laastilla tehtyä pintaa kutsutaan myös niin sanotuksi jalolaastirappaukseksi. Jalolaastit ovat sementti- tai kalkkisementtilaasteja sementin ollessa usein valkosementtiä. Rappauspinnasta voidaan myös pestä värillinen kiviaines näkyviin (terastirappaus) tai pinta voidaan maalata sopivalla maaliyhdistelmällä. [7, s. 28; 10]

3.4.1 Kasetit ja listat

Erilaisten kasettien, listojen, pilastereiden ja muiden koristekuvioiden kulta-aikana voidaan pitää 1800-luvun lopun ja 1900-luvun alun arkkitehtuuria. Muotoilu tehdään tuoreeseen paksuun rappauskerrokseen muotoon leikatun sabluunan avulla. Listanvetotekniikan myötä rakennusten julkisivupintoja jäsenneltiin myös kasettirappauksella eli harkkorappauksella, joka oli suosittua 1800-luvun alkupuolen empirerakennuksissa. [9]

1800-luvun loppupuolella julkisivurappausten koristemuotojen ja listojen rappaustaito oli huipussaan. Tämän ajan julkisivuihin liittyy kiinteästi myös runsas kipsistä valettujen koristeiden käyttö. [9]

3.4.2 Roiskepinta

Lista- ja muotorappauksen rinnalla käytettiin roiskerappaustekniikkaa. Roiskerappauksen ulkonäkö määräytyy laastin runkoaineen raekoon sekä laastin jäykkyyden mukaan. Roiskerappaustekniikkaa käytettiin elävöittämään julkisivujen pintaa etenkin jugend aikakaudella 1900-luvun alkupuolella. [9; 11, s. 112]

Roiskerappauksessa löysähkö laasti lyödään kauhalla täyttörappauksen päälle. Pinta tehdään ilman viimeistelyä. Rappauslaastista muotoiltiin koristekuvioita ”leikkaamalla” eli kauhalla muotoilemalla etenkin 1910 - 1920-luvun julkisivuissa. Nykyistä koneella tehtyä roiskerappausta kutsutaan ruiskurappaukseksi. [9]

3.4.3 Harjattu ja hierretty rappaus

Rappauspinnan elävöittämiseen otettiin 1900-luvun alusta alkaen myös harjattu rappauspinta sekä karkeat slammaustavat. Harjatussa rappauksessa kostea rappauspinta harjataan karkealla harjalla joko pysty- tai vaakasuuntaan. [9]

Funktionalismin ihanteiden myötä julkisivujen suorat ja sileät seinäpinnat olivat vallitsevia. Sileät seinäpinnat saatiin aikaiseksi hiertämällä rappauspinta tasaiseksi hierrinlaudalla. Sisätiloissa käytettävää hienoa ja sileäksi hierrettyä seinäpintaa kutsutaan myös hienorappaukseksi. [7, s. 31]

3.4.4 Revitty rappaus

Revitty rappauspinta syntyy hienorappauslaastista, jonka pinta tehdään repimällä hieman kovettunut laasti naulalaudalla noin 2 - 3 millimetrin syvyydeltä. Valmis pinta on tasavärinen ja hieman karkea pintastruktuuriltaan. [7, s. 31]

3.4.5 Terastirappaus

Terastirappaus on 1900-luvun alussa käyttöön otettu rapatun pinnan jälkikäsittelemenetelmä. Rappauksen pintalaastiin on sekoitettu värikästä tai mustaa kiviraketta sekä tiilimurskaa. Pinnan elävöittämiseen ja värittämiseen on käytetty lisäksi värillistä lasirouhetta ja pigmenttejä. [10]

Terastirappauksen jälkikäsitteily voidaan tehdä kahdella eri tavalla. Pesuterastimenetelmässä värikkäiden kivirakeiden päällä oleva sideaine pestään pois. Hakatussa ja revityssä terastissa kovettunut laastipinta on työstetty erikoismenetelmin kuten meisselöimällä pinta muistuttamaan kivipintaa. [7, s. 32–33]

Terastirappauslaastina käytetään KS-laastia tai hyvin sementtipitoista laastia. Terastirappauspinnat ovat erittäin kestäviä ja usein pinnan kunnostamiseksi riittääkin vain vesipesu. Terastirappauspintoja ei maalata. [10]

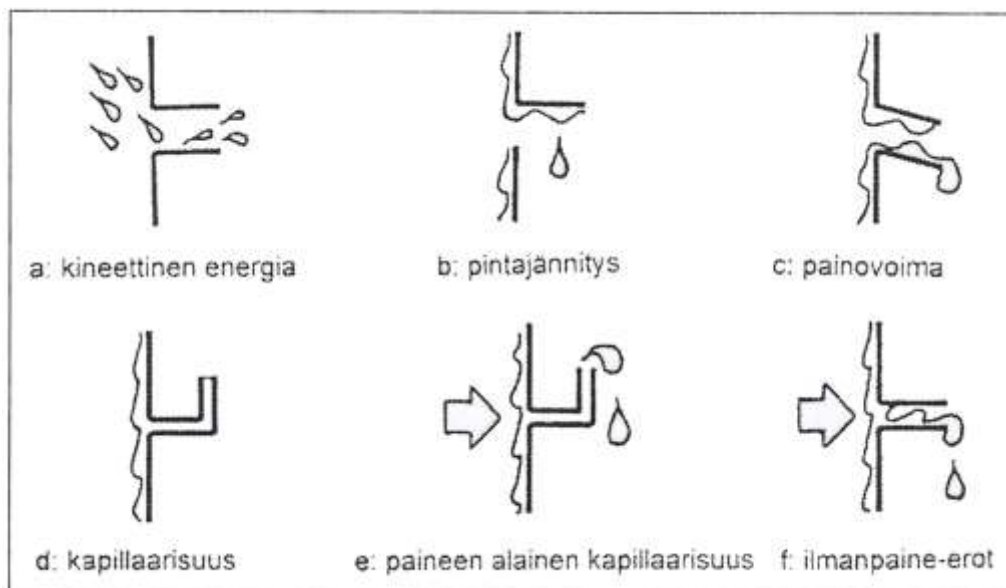
4.1 Sääolosuhteet

Julkisivut joutuvat jatkuvasti vallitsevien sääolosuhteiden aiheuttamille rasituksille. Rasitusten suuruus riippuu merkittävästi rakennuksen sijainnista ja ympäristöstä. Rasitusta lisää julkisivun sijainti ilmansuuntiin nähden.

4.1.1 Kosteusrasitukset

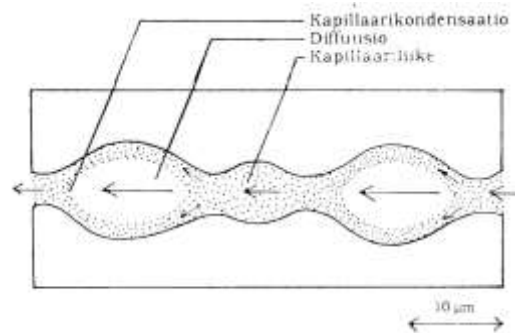
Julkisivuja rasittavia kosteuslähteitä on useita, joista merkittävimpänä voidaan pitää viistosadetta. Viistosaderasitus seinän eri osissa vaihtelee rakennuksen sijainnista ja tuulen suunnasta riippuen. Suurin saderasitus kohdistuu rakennuksen yläosiin ja nurkkiin. Saderasituksen lisäksi julkisivuihin kohdistuu kosteusrasitusta rakenteen sisältä kuten vesivuodoista, rakennekosteudesta tai rakennukseen liittyvästä normaalista käytöstä. [7, s. 21]

Kosteusrasitus on merkittävä julkisivujen rasitustekijä. Huokoisissa materiaaleissa, kuten rappaus, muurauskivet, muuraussaumat, betoni ja pinnoitteet, kosteus sitoutuu ja liikkuu materiaalin huokoskoon ja huokosrakenteen mukaan. Kosteus siirtyy materiaalissa samanaikaisesti usealla tavalla. Vesihöyry liikkuu rakenteessa diffuusiona tai ilmavirran mukana konvektiona vuotokohtien kautta. Veden muodossa kosteus liikkuu kapillaarisesti ja gravitaation avulla. Kuvassa 6 on esitetty havainnollisesti veden liikkeet julkisivun pinnalla. [13, s. 36–42]



Kuva 6. Veden liikkeet julkisivurakenteen pinnalla. [12]

Kosteuden siirtymisen raja kapillaarisen ja diffuusion välillä määritetään kriittisen kosteuden avulla, suhteellisen kosteuden ollessa 95 - 100 %. Kun materiaalin kosteus saavuttaa tässä suhteessa kriittisen kosteuden, syntyy huokosiin yhtenäinen nestematriisi, mikä mahdollistaa kapillaarisen kosteudensiirtymisen. Kuvassa 7 on esitetty kosteuden liikkuminen huokosissa vetenä ja vesihöyryinä. [13, s. 37]



Kuva 7. Veden ja vesihöyryn liikkuminen huokosrakenteessa. [13, s. 38]

Kosteus siirtyy materiaalissa aina siihen suuntaan, jossa huokospaine on suurin. Sama huokospaineen tasoittumispyrkimys vaikuttaa sekä kapillaariseen kosteuden siirtymiseen että diffuusion.

Vetenä kosteus kulkee rakenteissa kapillaaristen voimien lisäksi osmoosin, lämpötilaerojen, painovoiman, ulkoisen vedenpaineen ja tuulen paineen aiheuttamana virtauksena. Vesihöyry liikkuu aina siihen suuntaan, missä ilman vesihöyryn osapaine on alhaisin. Ulkoilman absoluuttisen kosteuden ollessa alhaisempi kuin sisätilojen, vesihöyry liikkuu sisältä ulospäin. [13, s. 37–38]

4.1.2 Tuulikuorma

Tuulen merkitys julkisivuja rasittavana tekijänä on merkittävä. Tuulennopeuteen vaikuttavat tuulensuunta, vuodenaika, ympäristö sekä paikkakunta. Tuulennopeuksien perusteella laskettuun tuulikuormaan vaikuttaa rakennuksen muoto ja koko sekä rakennuksen sijainti ja ympäristö. Tuulikuorman suuruus määritetään keskimääräisenä tuulennopeutena kymmenen minuutin aikana. [12]

Rannikolla ja avomeren läheisyydessä tuulen aiheuttama rasitus on suurin. Tuulen voimakkuus korostuu, koska laajat ja avoimet muodot ovat otollisia tuulelle. Yleisimmät Suomen rannikolla vallitsevat tuulensuunnat ovat etelä-, lounais- ja länsituulia. Tuulen

suunnalla ja julkisivujen sijainnilla tuulen suuntaan nähden on suuri merkitys julkisivuja rasittavana tekijänä etenkin rannikkoseuduilla. Tuulen vaikutukset julkisivurakenteille tulevat esiin ennen kaikkea yhdessä viistosateen sekä rakennuksen vaipan läpi kulkevien ilmapuotojen kanssa. Mitä suurempi tuulennopeus on, sitä enemmän vettä kulkeutuu rakenteen sisälle. [14, s. 40]

4.1.3 Lämpötilan muutokset

Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat julkisivumateriaaleille muutoksia. Lämpötilan noustessa julkisivumateriaalit laajenevat ja vastaavasti lämpötilan laskiessa supistuvat. Lämpöliike aiheuttaa julkisivumateriaaleihin pakkovoimia, mikäli muodonmuutoksia ei ole otettu huomioon esimerkiksi liikuntasaumoin. Pakkovoimien seurauksena rakenteisiin syntyy halkeamia. [7, s. 46]

Merkittävin lämpötilamuutos julkisivurakenteille on jäätymis-sulamissykli. Pakkasvaurioiden syntymisessä merkittävänä osatekijänä on julkisivumateriaalien huokosissa oleva vesi. Etenkin nolla celsiusasteen tuntumassa tapahtuvat jäätymis-sulamissyklit ovat merkittäviä julkisivujen kannalta. Julkisivurakenteen lämpötilan laskiessa nolla asteen alapuolelle supistuu julkisivumateriaali lämpölaajenemiskertoimien mukaisesti. Samanaikaisesti materiaalissa oleva vesi laajenee yhdeksän %. Muodonmuutosten seurauksena materiaali halkeaa, ellei vesi pääse laajenemaan ilmatäytteisiin huokosiin. [14, s. 40–41]

Suoran auringonpaisteen aiheuttama korkea lämpötila ja sen äkillinen laskeminen esimerkiksi vesisateen seurauksena voi aiheuttaa julkisivuun lämpöiskuksi kutsutun rasituksen. Lämpöisku voi lämpölaajenemisen tavoin aiheuttaa julkisivuun halkeamia. Myös tasalämpöiseen rakenteeseen voi syntyä halkeamia materiaalikerrosten erisuuruuksista lämpölaajenemiskertoimista johtuen. [12]

4.1.4 Auringon säteily

Materiaalit imevät itseensä auringon lämpösäteilyä. Mitä tummempi on materiaalin värisävy sitä korkeampi on pintaan kohdistuvan lämpösäteilyn määrä. Lisäksi valo muuttaa värejä ja vaurioittaa pintamateriaaleja. [14, s. 40]

Auringon UV-säteily vaurioittaa kaikkia orgaanis pohjaisia aineita kuten puuta, öljyä, liimoja ja muoveja. Mineraalipohjaisille julkisivuille ei auringon UV-säteilystä ole merkittävää haittaa, kun pinnoitusmateriaalina on käytetty epäorgaanisia pinnoitteita. [12]

4.2 Materiaaliominaisuudet

Rakenteille kuormitusta ja mekaanista rasitusta aiheuttavat rakenteen omapaino, tuulenpaine ja tuulesta aiheutuva imu sekä rakenteissa ilmenevät muodonmuutokset ja liikkeet. Lisäksi rakennusta voivat vaurioittaa erilaiset törmäys- ja iskukuormat. [7, s. 47]

Materiaaliominaisuuksiin vaikuttavista rasitustekijöistä merkittävimpänä voidaan pitää materiaalikohtaista pituuden lämpölaajenemista. Taulukkoon 1 on koottu mineraalipohjaisten julkisivumateriaalien lämpölaajenemiskertoimia. Materiaalien erisuuruinen lämpölaajenemiskäyttäytyminen voi johtaa halkeiluun. Siksi onkin tärkeää huomioida julkisivun lämpölaajenemiskäyttäytymistä suunniteltaessa liikuntasaumot, rakenteet ja eri materiaaleista koostuvat päällekkäiset rakennekerrokset sekä niihin liittyvät detaljit. [12]

Taulukko 1. Mineraalipohjaisten julkisivumateriaalien lämpölaajenemiskertoimia. [12]

Materiaali	Pituuden lämpötilakerroin ($10^{-6} / ^\circ\text{C}$)
Betoni	7...14
Kalkkisementti ja sementtilaasti	8...14
Tiili	4...6
Kalkkihiekkatiilet	8
Kevytsoharkot	6
Lämmöneristeet	5...10
Levyrappauslevy	8
Alumiiniranka	24
Graniitti	5...9
Vuolukivi	20
Marmori	9

Lämpölaajenemisen ohella ongelmia voivat aiheuttaa materiaalista riippuvat muodonmuutokset, kuten kuivumiskutistuma sekä pitkänajan viruma. [12]

4.3 Ympäristötekijät

Rakenteita ja materiaaleja vaurioittavia ympäristötekijöitä on lukuisia. Ilman sisältämät kaasut ja epäpuhtaudet vaikuttavat moneen vaurioitumisreaktioon. Reagoidessaan auringonvalossa veden kanssa ne muodostavat erilaisia yhdisteitä, jotka heikentävät materiaaliominaisuuksia. Ympäristön julkisivuun kohdistuvat mekaaniset rasitteet, kuten tärinä voi aiheuttaa rakennukseen mikrohalkeamia, jotka ajan myötä kasvavat tärinän toistuessa. Mikrohalkeamien myötä myös rakenteen saama kosteusrasitus voi kasvaa. [12]

Hapettumisreaktiot ovat materiaaleja vaurioittavista reaktioista yleisiä. Happi ja otsoni voivat tuhota orgaanisia aineita hapettamalla niiden pintaa. Haurastuminen ja kovettuminen sekä värin ja kiillon muutokset ovat tyypillisiä hapettumisreaktion aikaansaamia muutoksia. Happi on osallisena myös metallien korroosioon sekä syövyttävien happojen muodostumisessa. [14, s. 42]

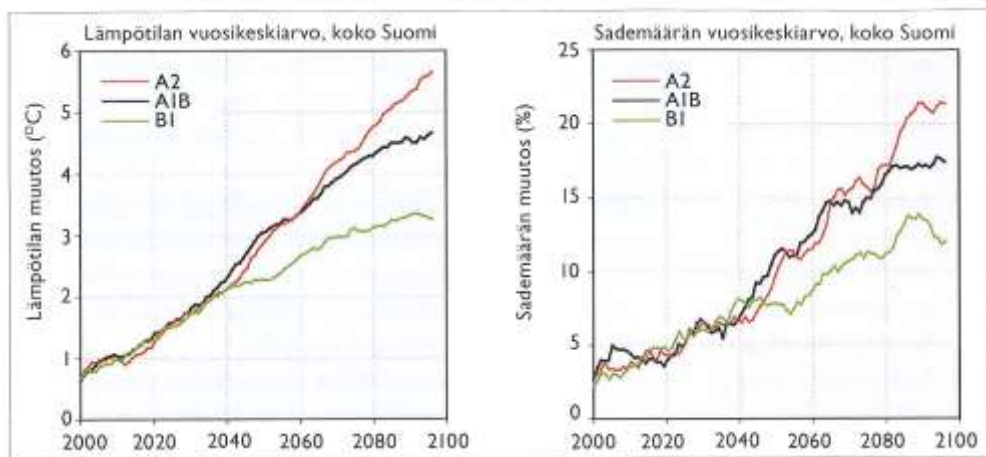
Rikkiyhdisteet, jotka ovat raskaan polttoöljyn ja kivihiilen pakokaasuja, ovat rakennuksille vaarallisia. Rikkidioksidit muuttuvat hitaasti rikkihapokkeeksi ja edelleen reagoidessaan veden kanssa rikkihapoksi. Hapot ovat haitallisia betonille, laastille ja metalleille. Rikkidioksidit syövyttävät betonia ja sementtipitoisia laasteja sekä reagoivat kalkkikiven kalsiumhydroksidin kanssa. Rikkihapon muodostamat reaktiotuotteet eli sulfaatit, ovat tilavuudeltaan lähtöaineita suurempia ja siten paisuttavat betonia ja sementtipitoisia laasteja. Rikkihappo voi myös reagoida epäorgaanisissa pinnoitteissa ja laasteissa yhdessä kalkin kanssa muodostaen kipsiä.

Hiilidioksidi reagoi kalkin ja sementin kanssa. Kalkkilaastin sisältämä kalsiumhydroksidi muuttuu kalsiumkarbonaatiksi ja laasti kovettuu. Reaktio on hidas ja jatkuu niin kauan kuin vapaata kalsiumhydroksidia on saatavilla. Hiilidioksidilla on vaikutusta myös betonin alkaalisuuden vähenemiseen ja siten betonin karbonatisoitumiseen, joka heikentää betonin kykyä suojata terästä. [14, s. 42]

Kiinteät epäpuhtaudet, kuten pöly ja muut ilman sisältämät hiukkaset, aiheuttavat haittoja julkisivuille lähinnä likaamalla niitä. Kasvillisuus voi myös tuhota julkisivuja tunkeutumalla rakennusmateriaaliin.

4.4 Ilmastonmuutos

Ilmastolla on suuri merkitys rakenteiden ja pinnoitteiden vaurioitumiseen sekä lämpö ja kosteustekniseen toimivuuteen. Ilmastonmuutoksen aiheuttaman lämpötilan nousun myötä on ilmastonmuutoksen arvioitu vaikuttavan myös sateisiin, tuulioloihin, pilvisyyteen, ilman kosteuteen ja auringon säteilymääriin. Kuvassa 8 on esitetty ennuste Suomen vuotuisen keskilämpötilan ja sademäärän muuttumisesta vuosina 2000 - 2100 verrattuna ilmastollisen normaalijakson 1971 - 2000 keskiarvoon. Ennusteet pohjautuvat 19 eri ilmastomalliin ja ovat näiden tulosten keskiarvoja. Lisäksi ennusteissa on otettu huomioon kolme eri kasvihuonekaasuskenaariota (BI, AIB ja A2). [4, s. 16–17]



Kuva 8. Suomen vuotuisen keskilämpötilan ja sademäärän muutos vuosina 2000 - 2100 ilmastoskenaarioennusteiden mukaan. [4, s. 17]

Julkisivujen säilyvyyden ja korjattavuuden kannalta olosuhteet tulevat tulevaisuudessa muuttumaan epäedulliseen suuntaan. Rakennusten laskennallinen tyypillinen elinkaari on 50 - 100 vuotta, joten nykyinen rakennuskanta on elinkaarensa päässä jo vuosisadan puoliväliin mennessä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulisikin ottaa huomioon sekä nykyisten että vanhemman rakennuskannan korjausten toimivuustarkastelussa ja suunnittelussa. [4, s. 17]

5 Julkisivujen turmeltuminen

Rakenteiden ikääntyessä myös niiden vaurioituminen lisääntyy. Ensisijaisesti vaurioitumiseen vaikuttavat säärasitukset, joiden myötä materiaalien ominaisuudet heikkenevät. Pinnoitteiden vauriot kasvattavat entisestään julkisivuihin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Rasitusilmiöiden vaikutus kertaantuu rakennusmateriaalin teknisen iän karttuessa ja pienten vaurioiden ilmetessä. Julkisivumateriaalin lähestyessä käyttöikänsä loppua sen kesto rasituksia vastaan on heikompi kuin uutena. Taulukossa 2 on esitetty erilaisia julkisivupintojen turmeltumistapoja, turmeltumiseen johtaneita syitä sekä tarvittavia korjaustoimenpiteitä. [13, s. 71]

Taulukko 2. Turmeltumistapoja, jotka vaikuttavat julkisivujen vikaantumiseen. [13, s. 71]

MUUTOKSET AINOASTAAN PINNOITTEESSA		
Turmeltumistavat	Vikojen kuvaus	Korjaustoimenpiteet
Haalistuminen	Kaikki maalit haalistuvat aikaa myöten	Huoltomaalaus
Likaantuminen	Pinnan struktuuri ja seinäosan suojaisuus sateelta vaikuttavat pinnan likaantumisherkyyteen	Pesu (orgaaniset pinnat) Pesu + huoltomaalaus (kalkki maali) Pesu (silikaattimaali)
Halkeilu	Pinnoitteen vanheneminen	Mikäli pinnoitteen tartunta on hyvä ja rappaus ehjä, ei tarvita toimenpiteitä
Suolat	Alustasta kosteuden mukana pintaan kulkeutuneet ja kiteytyneet suolat	Harjaus
MUUTOKSET RAPPAUKSESSA		
Rappauksen halkeiluja lohkeilu sekä rappauskerrosten irtoaminen toisistaan ja alustasta	Väärä yhdistelmä esim hauras rappaus ja tiivis pintakerros tai -erittäin sementtipitoinen rappaus kevytbetoni-alustalla. Huonosti kovettunut rappaus, kun rappaustyö on tehty liian myöhään tai rappausta ei ole jälkihoidettu.	- Rappauksen korjaaminen tai uusiminen riippuen vaurion laajuudesta
MUUTOKSET ALUSTASSA		
Runkohalkeamat	Rungon liikkuminen	Halkeamien korjaus
Rapautuminen	Pakkasen tai suolojen aiheuttama rapautuminen	Muuratussa rakenteessa tiilten vaihto
Kosteusvauriot	Seinään esim. Halkeamien kautta päässyt kosteus, jonka poistuminen rakenteesta estynyt.	

Rakennusten turmeltuminen voi olla haitallisen nopeaa, mikäli materiaalit tai työn laatu ovat olleet heikkolaatuisia tai rakenneratkaisut virheellisiä tai huonosti toimivia. (Kuva 9) Julkisivun turmeltuminen käynnistyy virheiden seurauksena heti ensimmäisten rasiustekijöiden vaikutuksesta. Useimmissa tapauksissa turmeltuminen on aluksi hidasta eikä näkyviä vaurioita välttämättä edes havaita julkisivupinnoilla. Turmeltuminen kuitenkin lisääntyy nopeasti jo heti ensimmäisten näkyvien vaurioiden jälkeen ja jatkossa vaurioiden määrä kasvaa kiihtyvään tahtiin. Voimakas säärasitus etenkin rannikkoseuduilla käynnistää lisäksi useita rinnakkaisia turmeltumisilmiöitä, jolloin julkisivun vaurioituminen tapahtuu useiden turmeltumisilmiöiden yhteisvaikutuksesta. [13, s. 19; 9]

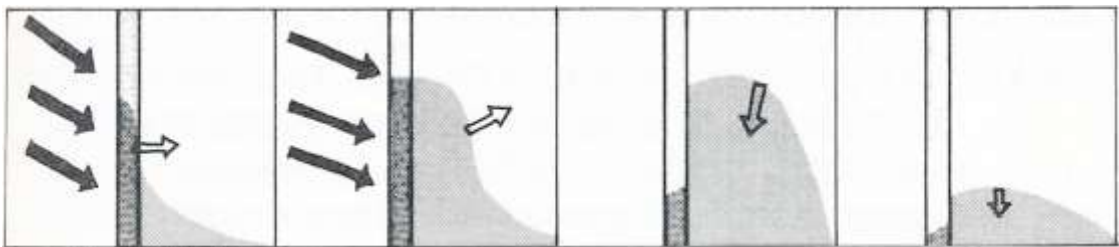


Kuva 9. Rappaus- ja maalivaurioiden aiheuttajia. [9]

5.1 Kosteustekninen toiminta rapatuilla julkisivuilla

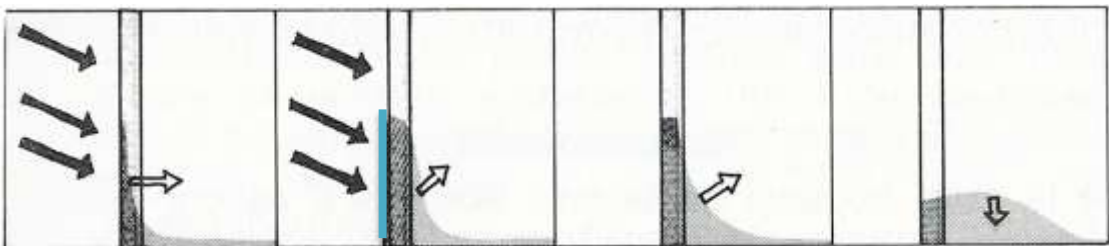
Julkisivun seinärakenne on kokonaisuus, jonka huokosissa vesi- ja vesihöyry liikkuvat. Huokoisissa materiaaleissa kosteus sitoutuu ja liikkuu materiaalin huokoskoon ja tiheyden mukaisesti. Huokosrakenne määrää siten myös pitkälle rakenteen kosteustekniset ominaisuudet. Viistosateen aikaansaaman vesikalvon syntyyn julkisivupinnalla ja veden tunkeutumiseen rakenteeseen vaikuttaa julkisivumuotoilun lisäksi pintamateriaalien vedenimukyky. [13, s.36]

Tiiviit, heikosti vettä imevät pinnat ja huokoiset pintamateriaalit kastuvat eri tavoin. Heikosti vettä imevien alustojen pinnoilla kosteus imeytyy hyvin hitaasti rakenteeseen. Sen sijaan tiiviille pinnalle muodostuu heti sateen alettua pitkin julkisivun pintaa valuva vesikalvo, josta tuuli voi painaa kosteuden halkeamia pitkin rakenteeseen. (Kuva 10)



KARKEA RAPPAUS IMEVÄLLÄ ALUSTALLA

- Sateen aikana kastuu ensin rappaus, sen jälkeen kosteus imeytyy alustaan
- Kosteus siirtyy rappauksesta imukykyiseen alustaan



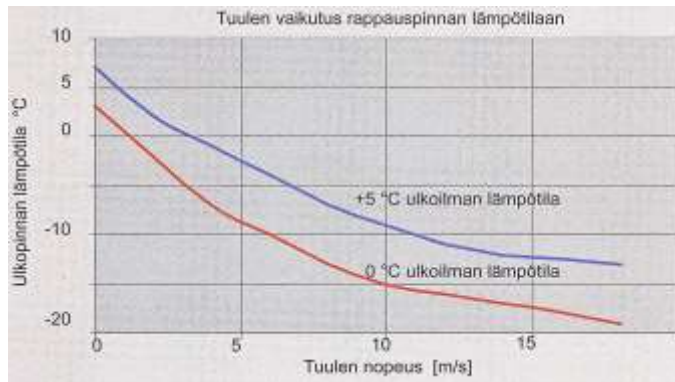
HIENO RAPPAUS LIEVÄSTI IMEVÄLLÄ ALUSTALLA

- Rappauspintaan muodostuu vesifilmi, joka vähitellen siirtyy alustaan
- Rappaus ja alusta kuivuvat samanaikaisesti

Kuva 10. Rapattujen seinien kosteudenmuutokset voimakkaan sateen aikana. [13, s. 41]

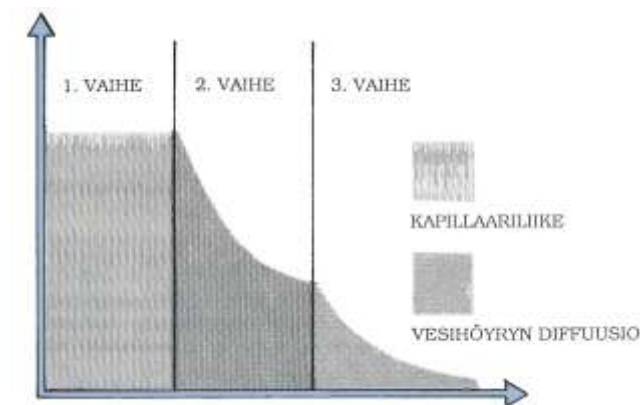
Julkisivun pintakäsittely tiiviillä, vettä hylkivällä pinnoitteella vaikeuttaa sadeveden imeytymistä materiaaliin ja alustaan. Tiivis pinnoite nopeuttaa myös vesikalvon syntymistä julkisivupinnalle ja veden paikallisen imeytymisen epähomogeenisuutta.

Rapatuissa julkisivuissa tämä johtaa usein pakkasrapautumiseen. Tuulen aiheuttamat ilmavirtaukset lisäävät tätä kuormitusta entisestään. Tuulen vaikutuksesta rapattu ulkoseinä kuivuu nopeammin, mutta samalla tuuli myös alentaa pinnan lämpötilaa. Tyynellä säällä ulkolämpötilan ollessa $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, on rapatun pinnan ulkolämpötila $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ulkolämpötilan pysyessä samana, mutta tuulen nopeuden kasvaessa 10 m/s , laskee ulkopinnan lämpötila $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. (Kuva 11) [6, s. 69; 13, s. 38–41]



Kuva 11. Tuulen vaikutus rappauspinnan lämpötilaan. [6, s. 69]

Sadeveden aiheuttamaa seinärakenteen kastumista ja veden pääsyä seinärakenteen sisään ei voida täysin estää. Merkittävää onkin varmistaa kosteuden mahdollisimman nopea poistuminen rakenteesta. Rakenteen kolmivaiheinen kuivumismekanismi sateen aiheuttaman rasituksen jälkeen on esitetty kuvassa 12.



VAIHE 1: Vesi siirtyy kapillaarisesti pintaan mistä se haihtuu. Tuulen nopeuden kasvaessa ja lämpötilan noustessa haihtuminen nopeutuu.

VAIHE 2: Kosteus siirtyy yhdistettynä veden- ja vesihöyryn liikkeenä. Toisen vaiheen kuivuminen on huomattavasti hitaampaa kuin ensimmäisen vaiheen kuivuminen.

VAIHE 3: Kosteus siirtyy pääasiassa vesihöyrynä. Kuivuminen on hidasta.

Kuva 12. Seinärakenteen kuivumisvaiheet. [13, s.42]

Lämpö- ja kosteusliikkeet rasittavat julkisivujen pintakerroksia ja vaikuttavat niiden tartuntaan alustaansa. Lämpötilan noustessa rappauksen pinnassa, laajenevat pintakerrokset nopeammin ja rappaus pyrkii pullistumaan ulos päin. Julkisivupintojen materiaalien lämpö- ja kosteusliikkeiden erotessa toisistaan, muodostuu pinnoitteiden välille jännitteitä aiheuttaen pinnoitteen irtoamisen. Materiaalien lujuuden ja muodonmuutosten suhde sekä tartuntalujuus määrittävät sen, purkautuvatko jännitykset alustan vai pintakäsittelyn murtautumisenä tai pettäkö tartunta. [7, s. 28; 13, s. 45–46]

5.1.1 Pinnoitteen vaikutus kosteudenläpäisevyyteen

Pinnoitteella on suuri merkitys rakenteen kastumiseen ja kuivumiseen. Rapattujen julkisivujen pinnoitteen kosteudenläpäisevyyden eli veden- ja vesihöyrynläpäisevyyden tulee olla riittävän suuri, jotta alustaan ei pääse kertymään kosteutta. Pintakerrosten paksuudella on myös merkitystä kosteudenläpäisevyyteen. Paksu pintakerros pienentää kosteudenläpäisevyyttä heikentäen samalla rakenteeseen imeytyneen kosteuden poistumista. Kosteutta voi myös kertyä liian tiiviin maalipinnan ja alustan leikkauskohtaan, jonka seurauksena voi olla alustan runsas suolanmuodostus, maalin hilseily ja rappausalustan pakkasvaurioituminen. [13, s. 43; 15]

Rakennusmateriaalien kosteuskäyttäytymistä voidaan kuvata vedenläpäisevyyden sekä vesihöyrynläpäisevyyden mukaan. Vedenläpäisevyys määritellään standardissa SFS-EN 1062-3 esitetyn vedenimunopeuden, $w(\text{kg}/\text{m}^2\text{h}^{0,5})$ avulla. Vedenimunopeus (w) kuvaa sitä vesimäärää, jonka kappale imee itseensä veteen upotettuna tiettyä aikayksikköä kohti. [16]

$$W (\text{kg}/\text{m}^2) = w (t(\text{h}))^{0,5}$$

$$W (\text{kg}/\text{m}^2) = \text{materiaalin vedenimukyky}$$

$$t(\text{h}) = \text{aika}$$

$$w(\text{kg}/\text{m}^2\text{h}^{0,5}) = \text{vedenimunopeus.}$$

Taulukkoon 3 on koottu vedenläpäisevyyden luokat ($W_0 - W_3$) pinnoiteyhdistelmien vedenläpäisevyyden arviointia varten.

Taulukko 3. Vedenläpäisevyyden luokat. [17]

Luokka		Vaatus Kg/(m ² · h ^{0,5})
W ₀		Ei vaatimusta
W ₁	Suuri	> 0,5
W ₂	Keskisuuri	≤ 0,5 > 0,1
W ₃	Pieni	≤ 0,1

Kosteutta maalipinnan taakse saattaa kerääntyä esimerkiksi vesihöyryn diffuusiolla sisätiloista, julkisivun halkeamista tai rikkinaisista saumoista. Jos pinnoitteen vesihöyryn diffuusiovastus on liian suuri, ei kosteus pääse kuivumaan. Maalipinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys lasketaan standardin SFS-EN ISO 7783 mukaisesti. Vesihöyrynläpäisevyys ilmaistaan niin sanotulla S_d-arvolla eli diffuusiovastuksena. [18]

Diffuusiovastuksen S_d-arvo ilmoittaa sen ilmakerroksen paksuutta metreinä, jolla on sama vesihöyryn vastus kuin tutkittavalla materiaalilla. Yleisesti ottaen maalin vesihöyryn läpäisyä pidetään riittävänä, kun sen diffuusiovastus on pienempi kuin 4 metriä. Suomen olosuhteissa on suositeltavaa käyttää edellä mainittua diffuusiovastuksen suositusrajaa alemmaa ja tiukempaa suositusrajaa. Esimerkiksi tuulettumattoman sandwich-elementin pinnoituksessa ei pitäisi käyttää pinnoitteita, joiden S_d-arvo ylittää 2 metriä kyseisellä alustalla. [13, s.43–44]

Pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyyttä voidaan mitata kuppikokeella standardin SFS-EN ISO 7783 mukaan. Mitattavan koekappaleen vesihöyryn diffuusiovastusta kuvaava S_d-arvo lasketaan vertaamalla tutkittavan kappaleen läpi kulkeneen vesihöyryn määrää siihen vesimäärään, joka läpäisee samoissa olosuhteissa ja samassa ajassa yhden metrin paksuisen ilmakerroksen. [18]

Vesihöyryn läpäisy nopeutta kuvaavat arvot on esitetty standardissa SFS-EN ISO 1062-1. Taulukkoon 4 on koottu vesihöyryn läpäisy nopeuden luokat (V₀ – V₃) pinnoiteyhdistelmän kosteuskäyttämisen arvioimiseen.

Taulukko 4. Vesihöyryn läpäisevyyden luokat. [17]

Luokka		Vaatus g/(m ² · d)	m ^a
V ₀		Ei vaatimusta	
V ₁	Suuri	> 150	< 0,14
V ₂	Keskisuuri	≤ 150 > 15	≥ 0,14 > 1,4
V ₃	Pieni	≤ 15	≥ 1,4
^a Ilman diffuusioekvivalenttipaksuuden (S _d) arvot standardin EN ISO 7783 mukaisesti			

Julkisivun toimivuuden kannalta sekä alustan että pinnoitteen välisten muodonmuutosten tulisi olla lähellä toisiaan. Epäorgaaniset maalit, kuten kalkki-, kalkkisementti-, sementti- ja silikaattimaali vastaavat raaka-aineiltaan ja ominaisuuksiltaan mineraalisten julkisivujen alustoja sekä niiden lämpö ja kosteusmuutoskertoimia. Epäorgaanisten maalien käyttö rapattujen julkisivujen pinnoitteena onkin koettu turvalliseksi ja vähiten ongelmia aiheuttavaksi.

Orgaanisten pinnoitteiden ominaisuudet vaihtelevat paljon niiden sisältämän sideaineen sekä väri- ja täyteaineiden suhteesta. Sideaineen määrän kasvaessa pintakerroksen huokoisuus pienenee ja kosteudenläpäisy sekä vetenä että vesihöyryn muodossa alenee. Orgaanisten pinnoitteiden muodonmuutoskyky lisäksi heikkenee kylmällä säällä. Maalikalvo haurastuu ja on siten herkkä myös mekaanisille rasituksille. [13, s. 43–44]

Rapattujen julkisivujen maalaus orgaanisilla maaleilla eli niin sanotuilla lateksimaaleilla syrjäytti lähes täysin epäorgaanisen kalkkimaalin 1960 - 1970-luvulla. Tiivis maalikalvo tuhosi alustan rappauspinnat hyvin nopeasti estäen kosteuden poistumisen maalikalvon läpi. Maalikalvo esti myös kalkkilaastin kovettumiselle tärkeän hiilidioksidin pääsyn runkoaineeseen. Julkisivujen maalaukseen tulivat lateksimaalien ohella 1970-luvulla myös liuotinhenteiset akrylaattimaalit, joiden käyttö 1980-luvulla oli lateksimaalejakin runsaampaa. [19, s.455]

Suuri osa 1970-luvun ja 1980-luvun kiviseiniä muovipinnoitteista sisältää lisäksi asbestia, joka on huomioitava maali- ja laastikorjauksia suunniteltaessa. Esimerkiksi 1961 - 85 kiviainespintojen maalaukseen käytetty Kenitex (Kenitex VK, K ja EH,

Lemminkäinen Oy) sekä Flekson (Tikkurila Oy) sisältää krysotiillasbestia noin viisi %. Asbestipitoiset maalit ovat kaikki alkydisideaineisia, mikä helpottaa niiden tunnistamista, jos maalausajankohta tiedetään. [19, s. 471]

Orgaanisia lisäaineita, kuten muovidispersioita on lisätty myös epäorgaanisten maalien joukkoon jo 1970-luvulta lähtien, kun maalitehtaat lanseerasivat markkinoille valmiit kalkkimaalit. Myös nykyisten valmismaalien joukossa on epäorgaanisia maaleja, kuten kalkki- ja silikaattimaaleja, joiden joukkoon on lisätty orgaanisia sideaineita. Yksikomponenttinen dispersiosilikaattimaali esimerkiksi sisältää orgaanisia sideaineita (dispersiota) noin viisi paino- % ja sen merkintänä käytetään tunnusta DIN 18363. Kalkkimaalin tuoteselosteessa ei mainintaa orgaanisen aineen lisäyksestä ole läheskään aina mainittu, mutta esimerkiksi Holvi valmiskalkkimaali on stabiloitu orgaanisilla lisäaineilla, joiden osuus on noin prosentti valmiiksi sekoitetusta kalkkimaalista. [20, s. 490; 21, s. 46; 22]

5.1.2 Pinnoitteeseen kohdistuva kemiallinen rasitus

Rappauksessa on aina mukana vesiliukoisia suoloja, jotka ovat pääasiassa kalsiumhydroksidia ja -karbonaattia. Alustan vesiliukoisten suolojen määrän ollessa suuri, siirtyvät suolat kosteuden mukana pintakerrokseen aiheuttaen muun muassa pinnoitteen kuplimista, turpoamista, murtumista ja irtoamista alustastaan. Suolojen kulkeutumisesta pintarakenteisiin kutsutaan myös härmehtimiseksi. Seinärakenteen runsas härmehtiminen voi olla merkki julkisivun runsaasta kosteusrasituksesta ja mahdollisesta kosteusvauriosta. Suolan muodostama härme voidaan jakaa alkalihärmeeseen ja kalsiumkarbonaattia sisältävään kalkkihärmeeseen.

Alkalihärme on vesiliukoista sementissä esiintyvää alkalisuolaa, joka kulkeutuu kosteuden mukana rappauksen pintakerrokseen. Laastin kuivuessa pintaan muodostuu valkoinen härmekerros, joka usein poistuu sateen ja tuulen mukana.

Kalsiumkarbonaattia sisältävä kalkkihärme muodostuu sementtiä sisältävän rappauksen pintaan, kun ilman sisältämä hiilidioksidi reagoi kalsiumhydroksidin kanssa. Suolat ovat vesiliukoisia ja kulkeutuvat pintaan kiteytyen kalkkikiveksi veden haihduttua. Kiteytyttyään kalkkihärme on vaikea poistaa. [7, s. 51]

Pinnoitteen ollessa huokoinen ja vettä läpäisevä, kulkeutuvat suolat usein pinnoitteen läpi kiteytyen pinnoitteen pintaan ja aiheuttaen lähinnä esteettisen haitan julkisivulle.

Tiiviillä, vettä läpäisemättömällä maalikalvolla kosteuden pintaa kohti kuljettamat suolat sen sijaan kiteytyvät pinnoitteen taakse aiheuttaen tartuntaongelmia ja maalikalvon hilseilyä. [13, s. 46]

Suolat voivat reagoida myös maalin sideaineen kanssa muodostaen yhdisteitä, jotka muuttavat maalin ominaisuuksia. Suolat aiheuttavat myös epäorgaanisen sideaineen, kuten kalkkimaalin kalsiumkarbonaatin liukoisuuden nousun. [13, s. 47]

Mineraalisten julkisivujen emäksisyys voi myös turmella kemiallisesti pinnoitetta tai estää sen kovettumisen. Pinnoitetta valittaessa onkin huomioitava, että pinnoite on emäksenkestävä.

6 Rapatuttujen julkisivujen maalaus

Julkisivujen seinärakenne on kokonaisuus, jossa sekä alustan että pinnoitteen muodostaman kokonaisuuden tulee kestää käyttökohteen rasitukset. Pintakäsittelylle ja alustalle vaadittavia ominaisuuksia määritettäessä, ovat rasitustekijät merkittävässä asemassa.

Pintakäsittelyn tehtävänä on suojata julkisivuja sään aiheuttamilta rasituksilta sekä mekaaniselta kuormitukselta. Maalauksen avulla julkisivulle saadaan myös esteettisesti hyväksyttävä ulkonäkö ja väri. Rapattujen julkisivujen maalaus epäorgaanisilla maaleilla, jotka ovat koostumukseltaan yhteneviä rappauksen kanssa, on turvallista ja vähiten ongelmia aiheuttavaa. Epäorgaanisia maaleja ovat kalkki-, kalkkisementti- ja sementtimaalit sekä silikaattimaalit. [15]

6.1 Kalkkimaali

6.1.1 Kalkkimaalin historiaa

Kalkkimaalin käyttö levisi Suomeen 1200-luvulla kivikirkkojen ja linnojen rakentamisen myötä. Kalkkimaalin varsinainen kukoistusaika alkoi kuitenkin vasta 1800-luvun alkupuolelta lähtien voimakkaan uudisrakentamisen myötä sekä Venäjältä saatavien

vaikutteiden ansiosta. Kalkkimaalin käyttö oli monimuotoista ja rikasta aina itsenäistymiseen asti. Venäläisten poistuttua maasta katosi osittain myös kalkkimaalausperinne. Tilalle tulivat uudet orgaaniset maalit, joiden valtakausi jatkui aina 1980-luvulle saakka. Tämän jälkeen kalkkimaali otettiin uudelleen käyttöön etenkin vanhojen rakennusten korjauskohteissa. [5, s. 646–647]

Rappauspintojen maalaus tehtiin lähes yksinomaan kalkkimaalilla aina 1950-luvun loppupuolelle asti. Varhaisimmat kalkkimaalit valmistettiin miilupoltetusta hautakalkista, alkalinkestävistä pigmenteistä sekä kalkkivedestä. Kalkkimaaleissa käytetyt sävyt saatiin aikaiseksi maavärejä käyttäen. Käyttökelpoisten pigmenttien määrää rajoittaa alkalisen kalkkasideaineen kanssa kemiallisesti yhteen sopimattomat pigmentit, jotka muuttavat maalin värisävyä tai heikentävät sideainetta. Julkisivuväryksessä käytetyn keltaisen värin suosio perustuu osaltaan 1700-luvun puolivälissä tehtyyn keksintöön, jonka mukaan kalkkimaitoon sekoitettu rautasulfaatti muuttui kalkkirapatulla seinällä vähitellen keltaiseksi rautasulfaatin sisältämän raudan hapettuessa. [15]

Nykyisin kalkkimaalien valmistukseen käytetään teollisesti sammutettua kalkkia, joka lietetään vedellä kalkkimaidoksi. Teollisesti sammutetun kalkin käyttö edellyttää myös lisäaineiden käyttöä muun muassa pigmenttien erottumisen ehkäisemiseksi. Kalkin, veden ja pigmenttien lisäksi täyteaineena käytetään yleisesti marmorijauhetta ja selluloosaliimaa. Nämä yhdessä muodostavat paksumman peittävän kalvon jo muutamalla maalauskerroksella. Perinteisiin kalkkimaaleihin verrattuna voidaan näitä maaleja myös levittää seinäpinnoille ruiskuttamalla.

Kalkkimaalin kulumista kuvastaa pinnan vaaleneminen pigmenttien huuhtouduttua sadeveden mukana pois. Etenkin pellitysten kautta valuvat sadevedet sekä säältä suojassa olevat kohdat näkyvät erottuvina pintoina valmiissa kalkkimaalauksessa jopa muutamien kuukausien kuluttua. [15]

6.1.2 Kalkkimaalaus

Kalkkimaalaus on kestävä ja helppohoitoinen rapattujen julkisivujen käsittelytapa. Kalkkimaalaus pohjaksi soveltuu parhaiten kalkkilaastilla K100/600 tehty pintarappaus. Nykyisin pintarappauksena käytetään kuitenkin yleisesti kalkkisementtilaastia KS

65/35/600, jonka on todettu soveltuvan myös kalkkimaalaukselle. Tätä vahvempien sementtipitoisten laastien käyttöä ei suositella kalkkimaalauslueksi. [23]

Kalkkimaalauksen onnistumisen edellytyksenä ovat huolellisesti suoritettavat puhdistus- ja paikkaustyöt. Puhdistus tehdään käsikaavinta käyttäen sekä harjaamalla pinta teräsharjalla. Puhdistuksessa voidaan käyttää myös vesihiekkapesua varoen vaurioittamasta vanhaa rappauspintaa. Puhdistusasteen tulee olla vähintään 50 %, jotta kipsipitoinen kalkkimaalikerros ja likaantuneet pinnat saadaan riittävän puhtaiksi. Samalla varmistetaan, että mahdolliset lisäaineistetut kalkkimaalikerrokset poistuvat eivätkä heikennä uuden maalin kiinnittymistä. Kaikissa puhdistustavoissa on muistettava pohjan välitön puhtaaksipesu irronneesta ja mahdollisesti liettyneestä hienoaineesta. [23; 24, s. 41]

Paikkarappauksissa on käytettävä mahdollisimman samankaltaista tai lujuudeltaan heikompaa laastikoostumusta ja rappaustapaa kuin alkuperäinen rappaus. Paikkarappausta ei myöskään saa hiertää paikan ympärillä olevien vanhojen maalikerrosten päälle. Rappausta hierrettäessä on varottava tilannetta, jossa laastin sideaine nousee pintaan muodostaen tiiviin ja lasimaisen kerroksen. Paikkarappausten on annettava kuivua ja karbonatisoitua vähintään kaksi viikkoa ennen maalausta, jotta maalipinnasta tulisi tasainen. [23]

Kalkkimaalin sävytyksessä käytettyjen pigmenttien tulee olla epäorgaanisia kalkinkestäviä maavärejä, kuten värimultia ja metallioksiedeja. Pigmentin kalkin- ja valonkestävyyttä voidaan testata suolahapon avulla tai kuumentamalla värijauhetta. Värijauhon päälle tiputettu suolahappo reagoi pigmentin kanssa siten, että aito maaväri tummuu happokäsittelyssä. Jos värijauhe muuttuu valkeaksi, ei pigmentti kestä kalkkia. Vastaavasti kuumennettaessa värijauhe kaasuliekillä noin 800 asteiseksi, muuttuu väri tummemmaksi sen ollessa aitoa maaväriä. Jos väri kirkastuu tai muuten muuttuu, värijauhe ei kestä kalkkia eikä auringonvaloa. Pigmenttilisäys ei saa ylittää 6 - 8 % kalkkitahnan määrästä. Pigmenttien määrä mitataan ominaispainon perusteella, joka vaihtelee pigmenttien mukaan. [25]

Kalkkimaalaus voidaan tehdä joko ruotsalaisen menetelmän tai venäläisen mallin mukaan. Molemmilla menetelmillä on omat kannattajansa ja koulukuntansa. Maalaustapojen kestävyysvaikutuksista ominaisuuksista mielipiteet myös poikkeavat toisistaan.

Ruotsalainen menetelmä

Ruotsalainen kalkkimaalaustapa tarkoittaa 6 - 7 ohutta maalikerrosta märkää märälle menetelmällä. Kalkkimaalaus aloitetaan kalkkivesikäsitteilyllä. Puhdas kalkkirappauspinta käsitellään joko kalkkihakkurilla tai ruiskuttamalla kalkkivesi seinäpinnalle kalkkivesiruiskulla.

Kalkkimaalaus suoritetaan 6 - 8 kertaa alustan imevyyden ja halutun pintarakenteen mukaan. Maalin on oltava niin ohut, että peukalon sormenpäällä kostutettaessa kynnen puolikuu jää näkyviin kostean maalin alta. Kalkkitahnan määrä vaihtelee pohjustuksessa käytetystä kymmenestä %:sta aina pintamaalin 25 - 30 %:iin. Maalaustapa on märkää märälle, jolla vältetään maalausrajojen syntyminen suurilla pinnoilla. Maalauksetojen lukumäärällä halutaan lisätä pinnan kestävyyttä. Teoriassa lukumäärien lisäys perustuu sideaineen osuuden lisääntymiseen kalkkikiveen liuenneen kalsiumhydroksidin muodossa jokaisella maalauskerroilla. Ruotsalainen maalaustapa on ollut käytössä etenkin museoviraston kalkkimaalausohjeistuksessa. [23; 26]

Venäläinen menetelmä

Venäläisen kalkkimaalausperinteen mukaan rappauspinnat maalattiin kalkkimaalilla vain kahteen kertaan. Kirjallista tietoa selkeistä työhjeista ja menetelmistä ei kuitenkaan ole löydettävissä, vaan tieto perustuu usein työmaalla opittuihin menetelmiin ja tapoihin. [24, s. 20–21]

Venäläisen kalkkimaalaustavan mukaan sekä uudet että vanhat rappauspinnat pohjustetaan ensin kalkkimaidolla. Kalkkimaidon määritelmä on kuitenkin vaihteleva: kalkkimaidolla voidaan tarkoittaa ohutta kuultavaa kalkkimaalikerrosta, joka jättää kuultavan härmämäisen pinnan kuivuttuaan tai pelkästään kalkkiveden kostuttamaa kalkkivesikäsitteilyä. [24, s. 21] J. Järvelä määrittelee kirjassaan Maalarin materiaali- ja aineoppi (1956) kalkkimaidon seuraavasti:

Pohjustuksessa käytetään valkoista, hyvin liuennutta kalkkivelliä I. kalkkimaitoa, jota tarvittaessa ohennetaan kalkkisella vedellä. Pohjustettaessa sivellään maalia ristiin rastiin, ts. ei noudateta mitään erikoista järjestystä. Tällainen sively on siitä hyvä, etteivät pohjasivelyn mahdollisesti jättämät jäljet näy säännöllisinä ja huomiota herättävinä viimeistelysivelyn alta. [27, s.223]

Rappauspintojen pohjustuksen jälkeen pintakerrokset maalataan 1 - 2 kertaa valmiilla kalkkimaalilla, jonka vahvuus välimaalauksessa on 10 - 25 % ja valmiiksimaalauksessa 20 - 35 % kalkkitahnaa veden määrään suhteutettuna. Kalevi Järvisen antamat vahvuudet poikkeavat edellä mainituista arvoista siten, että välimaalauksen vahvuus on 25 - 35 % ja valmiiksimaalauksen 35 - 50 % kalkkitahnaa sekoitettuna veteen. [24, s. 42–43; 25]

6.1.3 Kalkkimaalaustekniikka ja olosuhteet

Kalkkimaalaustekniikka poikkeaa tekotavoiltaan ja ominaisuuksiltaan muista julkisivumaaleista ja vaatii tekijöiltä kokemusta ja materiaalin tuntemusta. Kalkkimaalin sisältämä kalsiumhydroksidi muuttuu ilman sisältämän hiilidioksidin vaikutuksesta kalsiumkarbonaatiksi, jonka kiderakenne kuitenkin poikkeaa kalkkikiven kiderakenteesta. [19, s. 451]

Kalkkimaalin karbonatisoitumisreaktio alkaa, kun suurin osa maalin sisältämästä vedestä on haihtunut. Karbonatisoituminen vaatii kuitenkin hieman kosteutta, jotta kalsiumhydroksidi reagoisi hiilidioksidin kanssa. Tämä kemiallinen reaktio tapahtuu parhaiten, kun maalin vesipitoisuus on 6 - 0,6 % veden haihtumisen jälkeen. Tämän vuoksi alusta on kostutettava hyvin kalkkivedellä ennen maalaustöitä ja jokaisen maalauskerran välillä. Liian kuiva alusta tai voimakas auringonpaiste haihduttaa liian nopeasti kivettymiselle tärkeän kosteuden, jonka seurauksena kalkkimaali kiinnittyy huonosti ja irtoaa nopeasti alustastaan. Maalaus tulisikin suorittaa viileällä ja kostealla säällä. Maalauskerrosten on annettava kuivua ennen seuraavaa kerrosta, jotta karbonatisoituminen ei estyisi. Käytännössä tämä tarkoittaa yhtä maalauskertaa vuorokaudessa. [5, s. 651; 25]

Kalkkimaalaus vaatii tasalaatuisen ja tasaisesti imevän pohjan. Erot rappauksen vedenimukyvyssä tulevat selvästi näkyviin kalkkimaalin läpi aiheuttaen kirjavuutta julkisivupinnoille. Sileiden pintojen maalaustyöt tehdään luonnonharjaksista valmistetulla pyöreällä kalkkihakkurilla. Työ tehdään pyörivin liikkein vauhdin keskipakoisvoimaa käyttäen, ei siveltimellä hieroen. Hakkurissa tulee olla aina runsaasti maalia, jotta pinnan jälki olisi tasainen. [27, s. 223–224] Kirjassa Maalaustekniikka (1970) Voutilainen antaa kalkkimaalaukselle seuraavat ohjeet:

Kahden kerran maalauksella saadaan peittävä, mutta ei helposti tasaista pintaa ellei käytetä hakkausmenetelmää. Hakkaus tai töppäys tapahtuu kalkkihakkurilla tai -harjalla, jolla kalkkia on sivelty. Heti sivelyn jälkeen töpätään pintaan ohuemalla kalkkimaalilla ja maalausraja ('skarvi') pidetään märkänä, sillä muuten voivat eri työkaistat erottua valmiista pinnasta. Ruiskun käyttö kalkkimaalauksessa ei ole soveliaista, sillä ruiskutettaessa saa kalkkisumu ennen pintaan kiinnittymistään ilmasta hiilidioksidia ja sen kivetymiskyky pinnassa heikkenee. [28]

Kalkkimaalattuun pintaan kuuluu kalkkimaalaukselle oleellinen elävyys ja käsityön jälki. Maalipinnan kirjavuus syntyy usein liian tummien sävyjen käytöstä tai virheellisestä maalaustekniikasta ja vääristä maalausolosuhteista. Maalipinnan tasaisuuteen voidaan vaikuttaa viimeistelemällä kalkkimaalattu pinta hakkurilla töpöttelemällä tai ripsimällä. Kuvassa 13 on patinoitunutta kalkkimaalauksista, jossa hakkurin liikkeet ovat selvästi nähtävillä. Töpöttely tai ripsiminen ovat jääneet tekemättä, jolloin aika on tuonut työvirheet näkyvästi esille.



Kuva 13. Kalkkimaalattu seinäpinta, jossa kalkkihakkurin liikkeet erottuvat selvästi. [29]

Kalkkimaalauksessa on tärkeää huomioida periaate ”pidä sauma märkänä”, jotta näkyvät työsaumat, kuten telinelaakien jättämät jäljet pystyttäisiin ehkäisemään. J. Järvelän ohjeistus Maalarin aine- ja materiaalioppi kirjassa (1956) antaa seuraavat ohjeet telinerajojen välttämiseksi:

Maali sivellään pinnalle niin pitkälle ja leveälle kuin telineeltä ulotutaan. Heti kun ulottuvaisuusala on maalattu, kastellaan sivellin tai töppäin ohennettuun töppäysmaaliin ja töpätään koko sivelty pinta kosteaksi. Teline siirretään uuteen paikkaan ja sivellään ensiksi jatkoksen raja muutaman vedoksen leveydeltä sekä töpätään jatkoksen molemmin puolin. Sivelyä voidaan jatkaa, kuten edellisellä kerrallakin seuraavaan telinesiirtoon asti jne. [27, s. 224]

Maalausrajat pyritään katkaisemaan aina kulmaan, nurkkaan tai pystysyöksytorven kohdalle. Katkosten välttämiseksi kalkkimaalausta suositellaan myös suoritettavaksi ryhmätyönä. Kuvassa 14 on esitetty maalaustyön eteneminen määrän sauman suuntaisesti, jolloin koko seinä pysyy märkänä ja tasojen väliset kuivumissaumat vähenevät. Tämä metodi ei kuitenkaan ota huomioon kunkin maalari jättämää yksilökohtaista käsialaa ja mahdollista maalimäärän eroavuutta. Vaarana onkin, että telinelaaki näkyy vaakasuuntaisena hieman poikkeavana jälkenä telineiden purun jälkeen.



Kuva 14. Kalkkimaalauksen suorittaminen ryhmätyönä. [25]

Julkisivujen kalkkimaalauksessa lopputuloksen tasaisuuteen ja kestävyYTEEN vaikuttaa ensisijaisesti työn aikana vallitsevat sääolosuhteet sekä pohjan kalkkivesikostutus. Tuulinen ja aurinkoinen sää estää sideaineen karbonatisoitumisen eikä takaa kalkkimaalaukselle pidettävää 10 - 15 vuoden kestoikää. [25]

6.2 Kalkkisementti- ja sementtimaali

6.2.1 Kalkkisementtimaalit

Kalkkisementtimaalit, joita käytettiin pääasiassa tiili-kevytbetoniseinissä, yleistyivät seinärakenteen käytön myötä 1930 - 1960-luvulla. Kalkkisementtimaaleja on todennäköisesti käytetty jo aiemminkin, mutta pienemmässä mittakaavassa. [24, s. 90; 30]

Kalkkisementtimaali koostuu kalkista ja sementistä (valkosementti), joka voi sisältää myös dolomiittijauhoa ja paksuntajia. Pienikin sementinmäärän lisäys lujittaa maalia ja lisää säänkestävyyttä. Pigmentteinä käytetään epäorgaanisia pigmenttejä, mutta myös synteettisiä pigmenttejä tavataan. Kalkkisementtimaali soveltuu parhaiten koville kalkkisementtirappausalustoille ja aiemmin kalkkisementtimaalilla maalattujen pintojen maalaamiseen. Kalkkimaalilla maalatulle pinnalle kalkkisementtimaali soveltuu vain, jos vanha kalkkimaali poistetaan pinnoilta täydellisesti. Onnistuneen maalaustyön edellytyksenä on, että tuleva pintamaalaus ei saa olla alustaansa lujempi. [23; 24, s. 90]

Sementin lisäys maalissa vaikuttaa myös maalin hydratoitumiseen. Kalkkisementtimaalit tarvitsevat siten korkeamman kosteuspitoisuuden koko työstön ajaksi. Tärkeää onkin kiinnittää huomiota riittävän korkeaan ilman suhteelliseen kosteuteen työn aikana sekä alustan kostuttamiseen ennen maalausta sekä maalauskerrosten välillä. Sen sijaan valmista värillistä pintaa ei jälkikastella, koska se voi aiheuttaa kirjavuutta valmiiksi maalatulla pinnalla. Myöhään syksyllä, jolloin ilman suhteellinen kosteus on suuri ja lämpötila alhainen, on valmiiksi maalatun pinnan härmehtiminen myös mahdollista. [24, s. 91]

Kalkkisementtimaalit tarvitsevat tasaisen lopputuloksen aikaan saamiseksi tasaisen ja hyvin imukykyisen alustan. Tärkeää on myös, että alustan imukyky säilyy muuttumattomana koko työn ajan. Maalattavat alustat kastellaankin jo edellisenä päivänä huolellisesti, jotta kosteus pääsee varastoitumaan alustaan ennen maalaus käsittelyä. Sementin nopean hydratoitumisen vuoksi on maali käytettävä kahden - kolmen tunnin kuluessa sementin lisäämisestä, sillä muutoin maali sakeutuu käyttökelvottomaksi. Maalaustyössä noudatetaan samoja periaatteita kuin kalkkimaalauksessa. [25]

6.2.2 Sementtimaalien ominaisuudet

Sementtimaali on kuiva-aineseos, joka koostuu portlandinsementistä, täyteaineista, pigmenteistä, dolomiittijauheesta ja paksuntajista. Tyypillisimmät täyteaineet ovat marmori- ja kalkkikivijauhe. Valmis maali sekoitetaan aina työmaalla lisäämällä kuivaseoksen joukkoon vesi esimerkiksi porakonevispilällä. Sementtimaali soveltuu betoni- ja tiilipinnoille sekä rakenteisiin, joissa vaaditaan hyvää kosteuden kestäkykyä.

Sementtimaali on epäorgaaninen sementtiseideaineinen maali, joka muodostaa hyvin kosteutta läpäisevän pinnan. Sementtimaali kutistuu kuitenkin kovettuessaan aiheuttaen samalla jännityksiä alustan ja pinnoitteen rajapintaan. Pinnoite voi jännityksen johdosta irrota, halkeilla tai jopa murtaa heikon alustan. Sementtimaalit tarvitsevatkin runsaasti kosteutta sementin sitoutumiseksi ja vaurioiden ehkäisemiseksi. Sementtimaalilla on myös vastaava härmehtimisriski kuin kalkkisementtimaalilla. [15]

6.3 Vesilasi- eli silikaattimaali

6.3.1 Silikaattimaalin historiaa

Vesilasi keksittiin jo 1600-luvulla, mutta joutui pian keksintönsä jälkeen unholaan. Julkisuuteen vesilasi ponnahti uudelleen, kun saksalainen Fuchs julkisti sen sensaatiomaisen palonestokyvyn vuonna 1825. Vuosisadan loppupuolella saksalainen Adolf Wilhelm Keim löysi vesilasin kemiallisena aineen uudelleen ja pian tämän jälkeen ilmestyivät ensimmäiset silikaattimaalit. [21, s.45; 5, s. 657]

Vesilasi, jota käytetään maalin sideaineena, saadaan sulattamalla kvartsihiekkaa natrium- tai kaliumhydroksidin kera. Tuloksena saadaan kahta erityyppistä vesilasia, natronvesilasia (Na_2SiO_3) ja kalivesilasia (K_2SiO_3). Maalin sideaineena käytetään ensisijaisesti kalivesilasia. [5, s. 658]

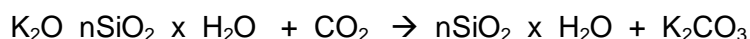
Vesilasimaalia käytettiin Suomessa aluksi puurakenteiden maalauksissa ja käsittelyissä sen tulenkestävyyden vuoksi. Vesilasimaalausohjeita julkisivujen maalaukseen löytyy jo 1800-luvun lopulta myös Suomesta, mutta sen käyttö oli kuitenkin vähäistä. Silikaattimaalin käyttö julkisivujen maalauksessa yleistyi jonkin verran vasta 1930-luvulta lähtien esimerkkinä Stadionin ja Messuhallin maalaus kvartsiittimaalilla eli vesilasilla. Suomessa maali ei kuitenkaan saanut vastaavaa menestystä julkisivujen pinnoitteena kuin Saksassa. Silikaattimaalin laajempi käyttö Suomessa alkoi 1980-luvulta ja on jatkunut siitä asti yhtenä käytetyimmistä maaleista rapatuilla julkisivupinnoilla. [20, s. 637–641]

6.3.2 Kaksikomponenttinen silikaattimaali

Perinteinen silikaattimaali on kaksikomponenttinen epäorgaaninen maali, jonka sideaineena on kalivesilasi. Kaksikomponenttinen silikaattimaali, pigmenttiseos ja kalivesilasi sekoitetaan työmaalla. Perinteisen silikaattimaalin rinnalla on käytössä myös yksikomponenttinen orgaanisia sideaineita sisältävä dispersiosilikaattimaali. Pigmentoitu kalivesilasi on stabiloitu orgaanisen dispersiolisäyksen avulla. Samalla sen varastointiaikaa on saatu pidennettyä eikä maalia tarvitse sekoittaa työmaalla. [13, s. 57; 15]

Kaksikomponenttinen silikaattimaali kovettuu kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa maalin vedestä 90 % haihtuu, jonka jälkeen alkaa maalin kovettuminen. Kalivesilasi muodostaa ilman hiilidioksidin kanssa piihappogeeliä ja kaliumkarbonaattia. Kaliumkarbonaatti on veteen liukeneva ja huuhtoutuu sateella pois. Viimeisessä vaiheessa silikaatit reagoivat maalin aktiivisten pigmenttien sekä alustan mineraaliainesten kanssa muodostaen silikaattiyhdisteitä.

Silikaattimaalin kemiallinen kovettuminen:



Perinteinen silikaattimaali soveltuu parhaiten kalkkisementti- ja sementtirappausten sekä betonin maalaukseen. Maalilla on hyvä sekä ulkoa että sisältäpäin tulevan kosteuden läpäisykyky. [13, s.57]

Silikaattimaali maalataan kuivalle alustalle. Märälle alustalle maalattaessa maalattu pinta hilseilee. Maalin kovettuminen saattaa myös häiriintyä ja silikaattimaalaus epäonnistua, jos alusta on liian emäksinen. Mikäli alustan sementtipitoisuus vaihtelee, seinän väristä voi tulla epätasainen. Maalaus suoritetaan harjaamalla silikaattimaali yhtäjaksoisesti ylhäältä alas, jotta työsaumoilta vältyttäisiin. Maalaus vaatii usein kaksi käsittelykertaa ja maalaus tulee suorittaa poutaisella säällä. [15]

Kaksikomponenttisen silikaattimaalin käyttö ja sekoittaminen työmaalla on osoittautunut ongelmalliseksi muun muassa työmaalla tapahtuvien sekoitus- ja sävyvirheiden vuoksi. Sideaineena käytetyn kalivesilasin yliannostus johtaa usein täplikkääseen maalipintaan. Liian vähäinen sideainepitoisuus aiheuttaa puolestaan

maalipinnan liituuntumisen ja huuhtoutumisen pois sateella. Sideainemäärän pitoisuus määritellään alustan imukyvyn mukaan. Kaksikomponenttinen perinteinen silikaattimaali on käyttökelpoinen sekoittamisen jälkeen vain korkeintaan muutaman vuorokauden. [13, s. 57; 15]

6.3.3 Dispersiosilikaattimaali

Dispersiosilikaattimaalin sideaineet ovat epäorgaaninen kalivesilasi ja orgaaninen muovidispersio. Dispersiomaali on yksikomponenttinen, jonka pigmentoitu kalivesilasi on stabiloitu orgaanisella dispersiolisäyksellä. Dispersiomaali saa sisältää alle viisi painoprosenttia muovidispersiota maaliaineen kokonaismäärästä. Kovettuneella maalikerroksella dispersio-osuus on tätäkin suurempi.

Dispersiolisäyksen kasvaessa alustan ja dispersiosilikaattimaalin rajapinnassa ei ole enää vain vesilasimolekyylejä, vaan myös dispersiohiukkasia. Maali muodostaa vettä hylkivän, dispersiomaalia muistuttavan pinnan, mikäli dispersiolisäys on liian suuri. Samalla vesihöyrynläpäisevyys laskee. Dispersiolisäys hidastaa myös kalivesilasin kemiallista reaktiota ja maalin kovettumista.

Työskentely dispersiosilikaattimaaleilla on helpompaa kuin perinteisillä kaksikomponenttisilla silikaattimaaleilla. Maali ei myöskään ole yhtä herkkä maalausvaiheen sääolosuhteille ja siten läikkien muodostumisriski on pienempi. Työstettävyys dispersiosilikaattimaaleilla on helpompaa, koska maali voidaan harjauksen ohella myös telata tai ruiskuttaa. Maalausjälki on usein myös tasaisempi ja peittävämpi kuin kaksikomponenttisilla silikaattimaaleilla maalattu pinta.

Dispersiosilikaattimaalin stabilointiin liittyvä ongelma on pigmenttien ja täyteaineiden, kuten silikaattien ja kalsiittien reagoiminen vesilasin kanssa muodostaen liukenemattomia silikaatteja. Dispersiosilikaattimaalin poistaminen on myös ongelmallista, sillä poisto rikkoo usein rappausalustan. Dispersiosilikaattimaalin käyttöä rapatuilla julkisivuilla tulisikin rajoittaa edellä mainittujen ongelmien vuoksi. [13, s. 59]

7 Laatuvaatimukset ja maalaustyön laadunvarmistus julkisivukorjauksissa

Rakennusperinnön hyvään hoitoon kuuluu kohteiden pitäminen kunnossa, niiden oikeaa korjaustapaa sekä rakennusperintöä kunnioittavaa menetelmää käyttäen. Julkisivujen korjaustarve syntyy, kun pinnan ulkonäkö on esteettisesti haittaava, pinta ei suojaa enää alustaansa tai pinta on kunnossapitokustannuksiltaan epätaloudellinen. Myös ympäristön asettamat vaatimukset, kulttuurihistoriallisten arvojen palauttaminen tai rakennuksen käyttötarkoituksen muuttaminen vaikuttavat osaltaan julkisivujen korjaustarpeeseen. [14, s. 6–7]

Julkisivukannan ikääntyminen ja suurten julkisivumassojen tulo korjausikäen kasvattaa julkisivukorjausten määrää vuosittain. Korjausten suunnittelussa ja toteutuksessa huomio tuleekin kohdistaa kokonaisuuteen rakennuksen elinkaarta ajatellen.

7.1 Rakentamisen laatu

Laatu käsitteenä on hyvin laaja ja subjektiivinen, joka voidaan kokea hyvin eri tavoin. Rakennusteollisuuden ry:n rakentamisen kehittämisestä vastaava Jukka Pekkanen kiteyttää rakentamisen laadun seuraavasti:

Laatu on pitkälti kiinni tarkasti suunnitelluista työprosesseista sekä työn laadun jatkuvasta mittaamisesta. Hyvistä toimintamalleista ja seurannasta ei ole kuitenkaan hyötyä, jos työtä ei tehdä oikealla asenteella. Asenne ja tahtotila ovat perustana työn onnistumiselle, mutta myös prosessien on oltava kunnossa. Muuten tulee sutta. [31]

Pekkanen jakaa rakentamisen laadun kolmeen osa-alueeseen: tekniseen laatuun, prosessilaatuun ja asiakaskohtaamisen laatuun. Tekninen laatu pitää sisällään lopputuloksen laadun, johon prosessilaadun avulla päästään. Rakentamisen heikkoon laatuun on Pekkasen mielestä syynä osittain työmaan johtamisvaje sekä heikosti toimiva viestintä. Lisäksi töiden ennakkosuunnitelmat tehdään usein turhan pintapuolisesti. [31]

Rakennusteollisuus RT:n teettämän verkkohaastattelun mukaan (2012), johon osallistui lähes tuhat rakennusalan edustajaa, laadun keskeisimpinä ongelmina pidettiin liian kireitä aikatauluja sekä suunnittelun ja yhteispelin puutteita. Kiireen katsottiin johtuvan lähinnä heikosta hankkeen johtamisesta ja ennakkovalmisteluista. Myös rakennusalan

armoton hintakilpailu heijastuu vääjäämättä liian kireisiin aikatauluihin. Laadun heikkenemiseen katsottiin lisäksi vaikuttavan alan pirstaleisuus ja kokonaisnäkemyksen puuttuminen, joka johtuu usein toiminnan projektiluonteisuudesta sekä pilkokuista urakkamalleista. [32]

7.2 Julkisivukorjauksen laadunvarmistus

Julkisivukorjauksen lähtökohtaiset periaatteet, kuten laadunvarmistus ja elinkaariajattelu yhdistettynä kestäväen kehityksen periaatteisiin, ovat edellytyksiä onnistuneelle korjaushankkeelle. Laatujärjestelmien käyttöönotto yrityksissä edesauttaa asiakastyytyväisyyttä sekä hankkeen kannattavuutta. Ongelmallisinta onkin se, miten hyvästä lähtöasetelmasta päästään valmiiseen urakkasuoritukseen siten, että alkuperäisessä työtapaohjeessa määritetty laatutaso saavutetaan.

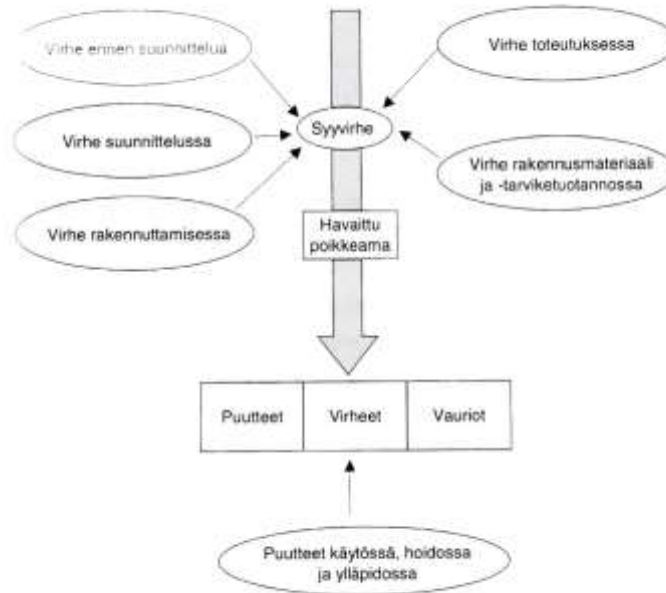
Julkisivujen kunnossapitovastuu on rakennuksen omistajalla. Korjausrakentamisen yhteydessä vastuu ja takuut rakennustuotetoimituksissa määräytyvät osapuolten sopimusten perusteella. Rakennuttajan vastuulla ovat sopimusasiakirjat sekä niiden paikkansapitävyys. Urakoitsija vastaa työn suunnitteluun ja -suoritukseen liittyvistä toimenpiteistä. Projektin läpiviennistä ja sujuvuudesta vastaavat julkisivuhankkeen suunnittelija, rakennuttajakonsultti ja valvoja. [33]

Julkisivumaalauksen laadunohjauksella on tarkoitus ohjata korjaustyötä sekä varmistaa, että saavutettu laatu vastaa asetettuja laatuvaatimuksia. Sen avulla ennakoita ja ennaltaehkäistään virheet ja puutteet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Laadunvarmistus edellyttää, että suunnitteluasiakirjoissa on määritetty sekä tekniset että esteettiset laatuvaatimukset kaikille julkisivumaalauksen kannalta oleellisille tekijöille. Laatuvaatimukset onkin esitettävä sellaisina lukuarvoina, joiden toteutumista voidaan mitata työmaalla erilaisin laadunvarmistuskokein. [33]

Korjausrakentamiseen samoin kuin rakentamiseen yleensä liittyy myös virheitä. Yleissuunnitteluun liittyvinä virheinä pidetään epäonnistunutta tai huonoa suunnittelua, jonka seurauksena omistajalle tai käyttäjälle voi syntyä huomattavia taloudellisia kustannuksia muun muassa rakennuksen myyntiarvon laskuna. Toteutukseen liittyvät virheet johtuvat usein virheellisistä korjausratkaisuista tai materiaalien väärästä

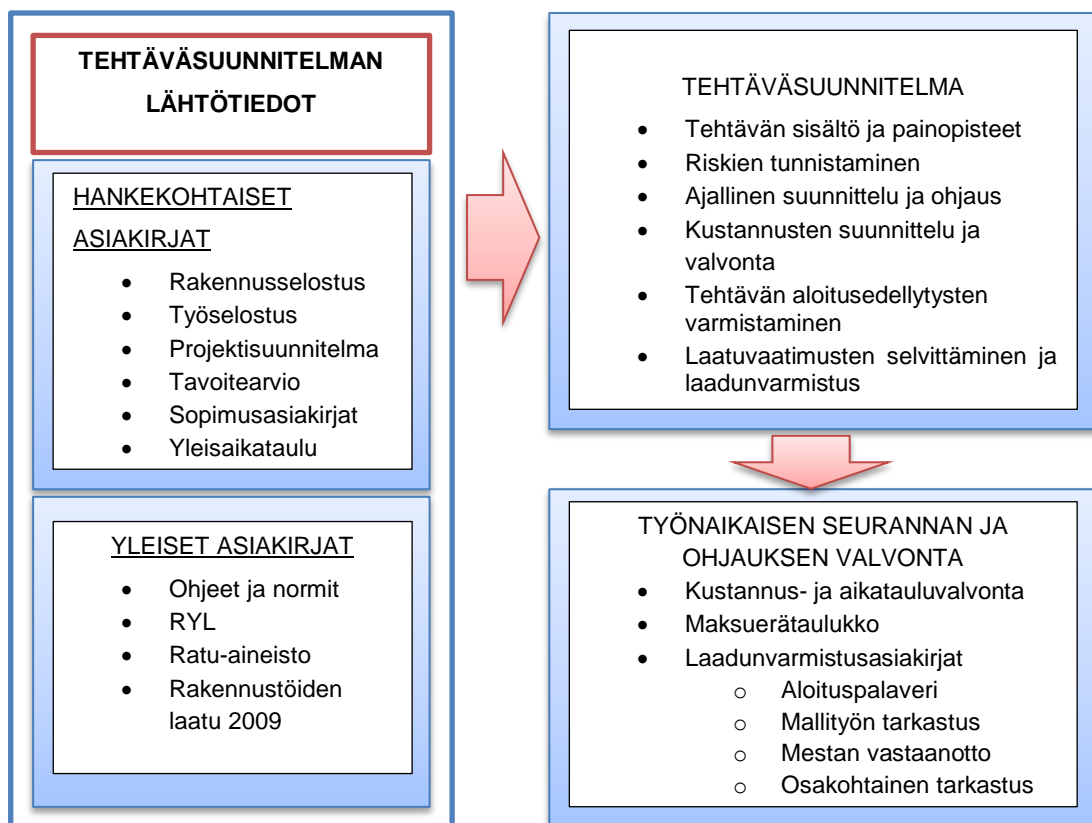
valinnasta. Virheitä syntyy myös käytön ja huollon laiminlyönnin seurauksena. Useimmat rakenteiden virheet ovat kuitenkin pintavaurioita, jotka heikentävät rakennuksen visuaalista vaikutelmaa. [34, s. 30–31] Rakentamiseen liittyvät laatuvirheet on esitetty laajemmin kuvassa 15.



Kuva 15. Rakentamisen yhteydessä ilmenevät laatuvirheet. [34, s. 31]

7.2.1 Tehtäväsuunnitelma

Työmaakohtainen laadunvarmistus voidaan jakaa kolmeen osioon: työtä edeltävään, työaikaiseen ja työnjälkeiseen laadunvarmistukseen. Työtä edeltävään osioon kuuluu työryhmän toteuttama tehtäväsuunnittelu, joka sisältää työkokonaisuuden toteuttamiselle vaadittavat edellytykset. Tehtäväsuunnitelman avulla varmistetaan, että korjauskohteelle asetettu yleisaikataulu, tavoitearvion aikataulu- ja kustannustavoitteet sekä hankekirjoissa esitetyt laatuvaatimukset saavutetaan. Tehtäväsuunnittelussa huomioidaan suunniteltavan korjauskohteen erityispiirteet ja kohdekohtaiset vaatimukset. [35] Tehtäväsuunnitelman prosessikaavio on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Tehtäväsuunnitelman eteneminen korjaushankkeessa. [35]

Tehtäväsuunnitelman avulla pyritään ennalta ehkäisemään työssä mahdollisesti esiintyviä ongelmia. Suunnitelmassa esitetyt laatuvaatimukset sekä laadunvarmistus edes auttavat tunnistamaan ja seuraamaan työnaikaista laatua ja toteutusaikataulua, jolloin muun muassa laatu- ja aikataulupoikkeamat tunnistetaan ajoissa. [36, s. 17]

7.2.2 Viranomaisten edellyttämät vaatimukset

Rakentamisen yleinen ohjaus perustuu laissa ja asetuksissa esitettyihin rakentamismääräyksiin ja säädöksiin. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttävät, että rakennustyö suoritetaan laissa annettujen säännösten ja määräysten mukaisesti sekä hyvää rakennustapaa noudattaen. Hyvää rakennustapaa määritettäessä käytetään lähteinä Rakennustöiden ja Maalaustöiden yleisiä laatuvaatimuksia (RYL).

Tärkeimmät viranomaisten edellyttämät laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet ovat aloituskokous, rakennustyön tarkastusasiakirja sekä laadunvarmistusselvitys. [34, s. 41]

7.3 Maalaustyön suunnitteluohjaus ja laadunvarmistus

Julkisivun korjaushanke on taloyhtiölle usein suuri taloudellinen toimi, josta päättäminen voi olla vaikeaa. Ulkopuolinen asiantuntemus ja hyvä suunnittelutyö ovatkin korvaamaton apu korjauspäätösten läpiviennissä.

Suunnittelun keskeisin tehtävä on määritellä kohteeseen sopiva korjausratkaisu. Oikeilla korjaustoimenpiteillä ja suunnittelulla on myös taloudellinen merkitys. Erityisen tärkeää on tuntea eri aikoina käytetyt rakennustavat ja niihin soveltuvat korjausmateriaalit. Oikein tehty korjaus on sopusoinnussa vanhojen rakenteiden kanssa sekä helposti huollettavissa ja uudelleen korjattavissa. Virheellinen korjaus voi aiheuttaa vakavia vaurioita rakenteeseen lisäten samalla korjauskustannuksia. [33]

Julkisivukorjauksen suunnitteluprosessin lähtökohtana on kuntotutkimus, jonka avulla rakennuttaja saa selvän kuvan rakennuksen julkisivuilla vallitsevasta tilanteesta. Suunnittelutyön avulla pyritään täsmentämään haluttu lopputulos ja vastaamaan käyttäjien toivomuksiin. Tärkeimmät julkisivujen korjauksiin liittyvät kuntokartoitusmenetelmät on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Julkisivujen tärkeimmät kuntotutkimusmenetelmät ja niiden luokittelu. [8, s. 53]

Kiinteistön pitkän aikavälin korjausohjelmasta valitaan usein vain osa kerrallaan toteutettavaksi. Hankesuunnittelun avulla pystytään ohjaamaan korjaushanketta kiinteistön elinkaaren kannalta oikeaan suuntaan. Kuntoselvitysten ja hankesuunnitelman pohjalta laaditaan yksityiskohtaiset ohjeet esimerkiksi maalaustöiden osalta. [33]

7.4 Pintakäsittelyn valintaan vaikuttavat tekijät

Julkisivujen pintakäsittelyn tavoitteena on pitkä kesto ja helppo uusittavuus. Tämä edellyttää, että julkisivurakenteeseen valitaan alustaan, rakenteeseen, rasituksiin ja edelliseen pintakäsittelyyn sopiva maalityyppi. Tieto entisestä maalityypistä on välttämätön arvioitaessa korjausmaalin sopivuutta. Suomalaisessa tuoteselosteessa ei ole aina mainittu maalin koostumusta tai sen sisältämiä lisäaineita. Esimerkiksi kalkkia sideaineena käyttäviä maaleja on tarjolla useita kymmeniä. Useimmat niistä sisältävät orgaanisia lisäaineita, joiden huomioiminen maalausten suunnittelussa on otettava huomioon. Pahimmat ja samalla yleisimmät virheet tehdäänkin, kun kohteeseen valitaan väärä maali.

Pohjoismaisen maalintutkimuslaitoksen laatimasta taulukosta (taulukko 5), voidaan todeta eri maalityyppien soveltuvuus eri kiviainespintaisille alustoille sekä niiden arvioitu käyttöikä. Kalkkimaalin käyttöikää arvioitaessa ei ole otettu huomioon maalin luontaista kulumista, minkä vuoksi maalin kestoikä on todellista kestoä alhaisempi. Tutkimuksessa ei myöskään ole huomioitu kalkkisementtimaalin käyttöä kiviainespintojen maalauksessa. [13, s. 16–17, 32]

Taulukko 5. Maalipinnoitteiden kestoikä eri kiviainesalustoilla. [13, s. 32]

Alusta	Kalkkimaali	Silikaattimaali	Himmeä dispersiomaali ¹⁾	Läpäisevä dispersiomaali ²⁾	Dispersiomaali ³⁾ Sekapolymeeri
Betoni	sopimaton	vähintään 10	10...12	10...20	10...20
Kevytbetoni ⁴⁾	sopimaton	sopimaton	(8...12) ⁵⁾	10...15	10...15
Rappaus ⁷⁾	3...6	vähintään 10	8...15	10...15	8...12
Tiili ⁸⁾	2...5	vähintään 10	8...12	8...15	8...12

- 1) Erittäin läpäisevä maali, usein sekapolymeeridispersio
- 2) Läpäisevä maali, esimerkiksi akrylidispersio
- 3) Pliolitemaali (liuotteena lakkabensiini)
- 4) Tarvitaan täyttävä, struktuurin antava pohjamaali, tarvittava kerrospaksuus jopa 1 mm
- 5) Maali ei yleensä estä sadeveden tunkeutumista seinään
- 6) Käytetään harvoin betonille tai kevytbetonille
- 7) KS-rappaus tiilen tai kevytbetonin päällä
- 8) Pakkasekestävä tiili

Rapattujen julkisivujen maalauksen suunniteluun ja käsittely-yhdistelmän valintaan vaikuttavat useat eri tekijät, joiden merkitys onnistuneen lopputuloksen kannalta on merkittävä. Hyvään lopputulokseen pääseminen edellyttää usein korjaus- ja rakennuskohteen määrittämisen lisäksi pintakäsittelyyn vaikuttavien tekijöiden ja lähtökohtien tarkempaa määrittelemistä. Suunnittelijan kannalta on tärkeintä tunnistaa oleellimmat lopputuloksen laatuun vaikuttavat tekijät ja määritellä mahdollisimman tarkasti haluttu lopputulos. [33]

7.4.1 Vaurioitumisaste ja vanhan maalityypin määrittäminen

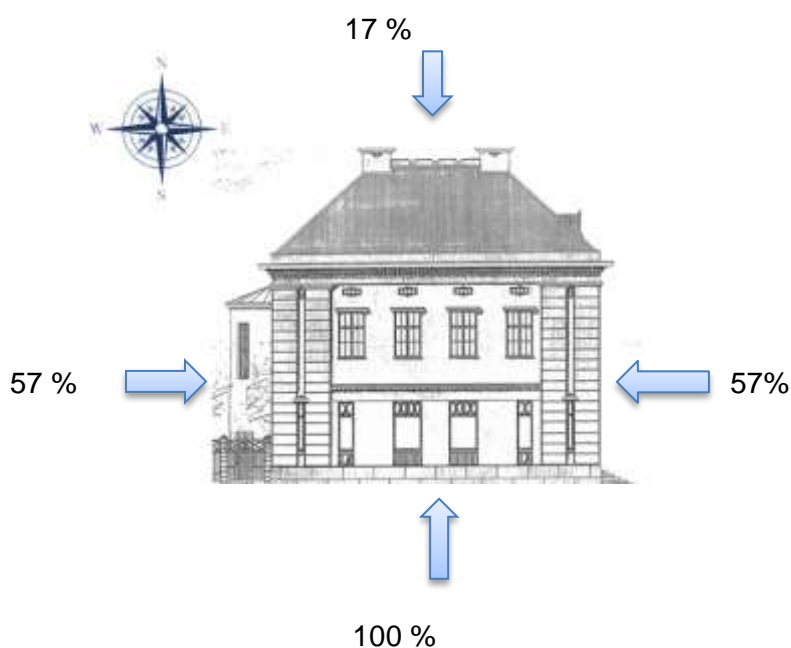
Tärkein lähtökohta käsittely-yhdistelmää valittaessa on rapatun julkisivun vaurioiden laajuus sekä maalipinnan vaurioitumisaste. Sen avulla määritetään vanhan maalausalan kunto ja huoltotarve. Vaurioitumisaste määritellään käyttäen standardin SFS-EN 4628-1 esittämiä maalikalvojen tavallisimpia virhetyppejä ja niiden määrää. [37]

Maalipinnan kunto arvioidaan asteikolla 0...5, jossa 0 tarkoittaa virheetöntä pintaa ja 5 täysin vaurioitunutta pintaa. Vaurioitumisasteen yhteydessä selvitetään myös alustan vanha maalityyppi. Vanha maali voidaan selvittää yksinkertaisin maalintunnistuskokein. Tunnistusmenetelmät on esitetty tarkemmin liitteessä 1. Vanhan maalin selvittämiseen voidaan käyttää myös VTT:n tai maalitehtaiden kemian laboratorioita. Maalityypin selvittäminen voi osoittautua kuitenkin ongelmalliseksi, jos laboratoriokirjastossa ei ole kirjattu vastaavaa tuotetta. Pelkkä sideaineanalyysi ei aina anna maalityypin selvittämiseen tarvittavia tietoja riittävällä varmuudella. [38]

7.4.2 Ilmastorasitusluokat

Julkisivupinnat kohdistuvat erilaisille rasiustekijöille, jotka on otettava huomioon käsittely-yhdistelmää valittaessa. Rasiustekijöinä ovat auringon UV-säteily ja lämpösäteily, ilmansuunnat, sade, vallitsevat tuulen suunnat ja kasvillisuus. Julkisivujen rasiustusta lisäävät lisäksi rannikkoalue sekä avoin maasto. Rasiustusluokat ulkona on jaettu viiteen eri rasiustusluokkaan RL11... RL15. Rasiustusluokka RL11 vastaa lievää ilmastorasitusta ja RL14 ja 15 erittäin ankaraa ilmastorasitusta sekä erityissuunnittelua vaativaa rasiustusta ulkona. Rasiustusluokkien tarkempi määrittely on esitetty liitteessä 2.

Kuvassa 18 on esitetty rakennukseen kohdistuvan ilmastorasituksen osuus eri ilmansuunnista tarkasteltaessa.



Kuva 18. Seinärakenteiden rasitusvaikutukset eri ilmansuunnista tarkasteltaessa.

7.4.3 Alustan vaatimukset

Rapatun alustan ja pinnoitteen tulee vastata vedenimu- ja tartuntaominaisuuksiltaan toisiaan. Tartuntaan vaikuttavat sekä pinnoitteen että alustan ominaisuudet, joten eri pinnoitteiden tartunta tulee tuntea alustoittain.

Rapattujen julkisivujen alustamateriaalien kalkkisementtisuhteilla on ratkaiseva merkitys pinnoitteen valintaan ja kiinnipysymiseen. Esimerkiksi kalkkimaalaukselle soveliaita alustoja ovat kalkkirappaukset ja kalkkisementtirappaukset, joissa sementin määrä on alhainen (KS 65/35/600) sekä aiemmin lisäaineettomalla kalkkimaalilla maalatut pinnat. Myös liian hienojakoisella laastilla tehdyllä pinnalla kalkkimaalin tarttuvuus on heikko. [24, s. 36]

7.4.4 Maalausyhdistelmä ja värin valinta

Rapatun julkisivun maalauskäsittelyä ja väriyhdistelmää valittaessa on otettava huomioon rakennuksen ikä sekä rakennusta mahdollisesti koskeva rakennussuojelu. Suojeltavan rakennuksen yhteydessä on tärkeää selvittää, miltä osin rakennus on suojeltu ja kuinka se vaikuttaa peruskorjaukseen. Kohteessa tehtävät korjaukset ja muutokset on tehtävä vaarantamatta rakennuksen kulttuurihistoriallista arvoa.

Julkisivujen väriyksellä on merkittävä osa rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen luomisessa. Jokaisella aikakaudella on oma rakentamisen tyyli ja siihen sovitettu väriskaala. Ennen julkisivutyömaan aloitusta on hyvä kartoittaa julkisivupinnoilla käytetyt materiaalit ja värisävyt. [39]

Väritutkimuksen avulla selvitetään julkisivupintojen eri osien värikerrokset sekä niiden mahdollisimman lähelle alkuperäisiä olevat värisävyt. Väridokumentointiin liitetään värimallit ja alkuperäisiä värejä lähinnä vastaavat värikoodit sekä maalityypin sideaine, jos se on selvillä.

Julkisivuvärin valintaa ohjaa rakennuksen arkkitehtuurinen historia ja traditio. Väriä valittaessa huomioidaan lisäksi eri maalien ja sävyjen yhteen sopivuus sekä niiden näyttävyys suurilla pinnoilla.

Maalattavan pinnan käsittely-yhdistelmän valintaan vaikuttaa ratkaisevasti alusmateriaali sekä vanha maalipinnoite. Etenkin paikka- ja paikkarappauksien maali- ja väriyhdistelmää suunniteltaessa on välttämätöntä tietää aiemmin käytetty maalityyppi sekä mahdollisesti värisävy. Käsittely-yhdistelmää valittaessa voidaan käyttää apuna MaalausRYL 2012 laatimaa pintakäsittelyaineiden soveltuvuutta kiviainespinnojen huoltomaalaukseen. Maalien soveltuvuustaulukko on esitetty liitteessä 3. [38]

7.4.5 Ulkonäköluokitus

Ulkomaalauksen osalta, valmiin pinnan ulkonäköluokkaa arvosteltaessa, otetaan huomioon maalattavan alustan materiaali, käytettävä tuote, valittu työmenetelmä, työsaumojen sijoittelu (telinevalinnat) sekä pinnan struktuuri. Ulkomaalaus jaetaan neljään luokkaan sekä peittävässä (PuE, Pu1...3) että kuultavassa (KuE, Ku1...3) käsittely-yhdistelmässä. Ulkonäköluokka PuE on näistä vaativin ja tämän

käsittelyluokan yhdistelmät vaativat erityismäärittelyä ja suunnittelua. Julkisivupintojen tavanomaisin ulkonäköluokka on Pu 3, jonka mukaan ulkonäöllä, tasaisuudella ja sileydellä on tavanomaista vähäisempi merkitys. [38]

Valmiin maalipinnan ulkonäköä kuvataan kalvonpaksuudella, peittokyvyllä, kiiltoasteella ja värisävyllä. Kalvonpaksuus, joka vaikuttaa vedenimukykyyn, ilmoitetaan mikrometreinä (μm). Peittokyky voi olla peittävä, puolipeittävä tai kuultava. Ohuet ja kuultavat kalvonpaksuudet vaativat myös lyhyemmät huoltovälit, joka on otettava huomioon maalaustyösuunnitelmaa laadittaessa.

Valmis pinta arvostellaan maalille luontaisen ulkonäön, pintakäsittelyn tasaisuuden sekä pinnan yhtenäisyyden mukaan. Pintakäsittelyssä otetaan huomioon ulkonäössä esiintyvien ulkonäköluokasta johtuvien erojen perusteet. Arvostelussa otetaan huomioon kokonaisuus, johon vaikuttavat käsiteltävän pinnan rakenne, käytettävän tuotteen ominaisuudet ja vaadittu työmenetelmä. Maalattua pintaa tarkastellaan sellaiselta etäisyydeltä, että koko maalattu alue on nähtävissä. Maalatulta pinnalta eivät saa erottua yksittäiset poikkeamat normaalissa päivänvalossa tai valaistuksessa. Värisävyjen tai kiiltoerojen virheet luokitellaan haittaaviksi, jos ne ovat havaittavissa yleissilmäyksellä normaalivalossa.

7.5 Työnaikainen laadunvarmistus

Työaikainen laadunvarmistus korjauskohteissa edellyttää toiminnallisten ja visuaalisten laatuvaatimusten täyttävää lopputulosta. Työmaan laadun toteutuminen varmistetaan työmaan laatusuunnitelman avulla. Julkisivukorjausten osalta laatusuunnitelmassa painotetaan yksilöityjen toimenpiteiden määrittelyä. Laatusuunnitelmaan liittyvässä laadunvarmistussuunnitelmassa esitetään ne toimenpiteet, kuinka laatuvaatimus todetaan, kuka vastaa varmistustoimenpiteistä ja kuinka tiedot dokumentoidaan. [36, s. 16, 49]

Rakennuttajan pääasiallisena laadunvarmistustoimenpiteenä rakennusvaiheessa on työmaavalvonta, jonka suorittaa rakennuttajan palkkaama työmaavalvoja. Valvojan ohella työmaalla valvontaa suorittavat viranomaiset, urakoitsijat, kohteen suunnittelijat ja mahdolliset erikoisvalvojat.

Valvojan tehtävät vaihtelevat ja painottuvat eri tavalla hankkeen laadun, ominaisuuksien ja urakkamuodon perusteella. Valvonnan organisointi on tapauskohtainen ja riippuu korjauskohteen luonteesta ja laajuudesta. Valvontatehtävät voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin:

- yleistoimenpiteisiin
- ajalliseen valvontaan
- tekniseen valvontaan ja laadunvalvontaan
- taloudelliseen valvontaan
- dokumentointiin
- muihin rakentamiseen liittyviin valvontatoimenpiteisiin

Työmaakohtainen valvonta kohdistetaan niihin työmaan toimintoihin, joissa kokemuksen mukaan tehdään eniten virheitä tai joiden erikoisvaatimukset vaativat tarkempaa valvontaa. Julkisivukorjausten osalta valvontamenetelmiin kuuluvat suunnitelmien tarkastaminen sekä niiden läpikäynti urakoitsijan kanssa, kokeet ja mittaukset, mallityöt, tarkastukset ja dokumentointi. Yksityiskohtaisempi valvontasuunnitelma on esitetty liitteessä 4. [34, s. 45; 40, s. 31–34]

Työnaikaisilla laadunvarmistuskokeilla selvitetään, vastaako työmaalla toteutuva laatu teknisiltä ja visuaalisilta ominaisuuksilta työselityksessä annettuja laatukriteerejä.

8 Johtopäätökset

Julkisivukorjaukset poikkeavat usein toisistaan ja jokaisella korjauskohteella on omat erityispiirteet, jotka on huomioitava suunnitelmissa. Hyvällä maalauksen ohjeistuksella, yhteensopivien materiaalien ja maalien valinnalla sekä huolellisella työllä saavutetaan rakennusten julkisivuille mahdollisimman pitkät huoltovälit.

Vanhojen rakennusten julkisivupinnoitteet ovat vaihdelleet eri vuosikymmeninä. Tämä tuo omat haasteet sopivan käsittely-yhdistelmän valinnalle julkisivukorjausten yhteydessä. Pinnoitteen valintaan vaikuttavat useat eri tekijät, joiden merkitys on arvioitava kussakin korjauskohteessa aina erikseen.

Epäorgaanisten maalien käyttö on viime aikoina saanut uudelleen jalansijaa julkisivukorjauksissa. Etenkin vanhojen arvokkaiden rakennusten julkisivut on usein julkisivukorjauksen yhteydessä palautettu niiden alkuperäistä vastaavaan ulkoasuun. Pintakäsittelyinä kalkkimaalit ja silikaattimaalit ovat myös nousseet uuteen suosioon.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin epäorgaanisten maalien soveltuvuutta rapattujen julkisivujen korjaus- ja huoltomaalaukseen, kiinnittäen samalla huomiota rakennuksen kulttuurihistorialliseen arvoon. Julkisivujen vanhat, olemassa olevat maalipinnoitteet tuovat omat haasteensa julkisivumaalaukselle etenkin huoltomaalauksen yhteydessä. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että julkisivumaalaus epäorgaanisilla lisäaineettomilla maaleilla on turvallisinta niin rakennusteknisesti kuin esteettisestikin. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista.

Orgaanisilla pinnoitteilla tai orgaanisia lisäaineita sisältävillä epäorgaanisilla maaleilla käsiteltyjen julkisivupintojen uudelleen maalaus tuo omat haasteensa julkisivukorjauksen yhteydessä. Orgaanisia lisäaineita ei aina voida täydellä varmuudella todeta vanhasta maalipinnasta. Vanhan maalin poisto on usein myös työlästä ja lisää kustannuksia. Perinteiset lisäaineettomat epäorgaaniset maalit eivät kuitenkaan sovellu orgaanisia lisäaineita sisältävien maalipintojen maalaukseen. Rapattujen julkisivujen maalaukseen liittyvät yleisimmät virheet sekä maalipinnoitteiden soveltuvuus eri alustoille ja päälle maalattavuus, rakennuksen arvo ja sijainti huomioiden, on esitetty tarkemmin liitteessä 5.

Maalaustöiden suorittamisessa on urakoitsijan kokemuksella sekä työn toteuttajalla suuri merkitys työn onnistumiselle. Maalaustöissä noudatetaan maalinvalmistajan antamia ohjeita, jotka on kirjattu maalaustyöselitykseen. Rapattujen pintojen maalauksessa tuleekin kiinnittää huomiota olosuhteiden lisäksi itse pintakäsittelyyn, pinnoitteen sekoitustapaan sekä pinnoitteen jälkihoitoon. Julkisivukorjauksen yhteydessä toimijoina ovat useat eri alan ammattilaiset. Työn saumaton yhteensovittaminen useiden tekijöiden kesken takaa laadukkaan ja kaikkia osapuolia tyydyttävän lopputuloksen.

9 Yhteenveto

Rakennusperinnön hyvään hoitoon kuuluu kohteiden pitäminen käytössä ja kunnossa niiden oikeaa korjaustapaa ja rakennusperintöä kunnioittavaa menetelmää käyttäen. Rakennusten hyvä hoito pidentää niiden käyttöikää luoden samalla mieluisan asuin- ja työympäristön.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa tietoa julkisivukorjauksista ja pintamateriaalien vaikutuksesta rapattujen julkisivujen entisöinnissä. Tutkimuksen toivotaan antavan suunnittelijalle tarvittavaa tietoa vanhojen rakennusten julkisivujen pintakäsittelymenetelmistä ja niiden toimivuudesta rapatuilla pinnoilla. Tutkimuksessa keskityttiin vanhoihin, ennen vuotta 1950 rakennettuihin julkisivuihin, joiden korjausmenetelmät noudattavat perinteisiä rakennus- ja pintakäsittelymenetelmiä.

Tutkimuksen lähteinä käytettiin kirjallisuudesta saatuja tietoja. Kirjallisuuslähteiden perusteella voidaan todeta, että rapattujen julkisivujen maalaus lisääaineettomilla epäorgaanisilla maaleilla, kuten kalkki- ja silikaattimaaleilla (kaksikomponenttinen) on rapatun julkisivumaalauksen kannalta turvallisin vaihtoehto. Lisäaineistettujen epäorgaanisten maalien käyttö rapatuilla julkisivuilla on kuitenkin viime aikoina lisääntynyt maalin helpon työstettävyyden ja säilyvyyden vuoksi. Tutkittua tietoa orgaanisten lisäaineiden vaikutuksista rapatuilla julkisivupinnoilla ei kuitenkaan ole saatavilla riittävästi. Sen sijaan lisäaineistettuja epäorgaanisia maaleja on tuotetietojen mukaan runsaasti saatavilla.

Orgaanisilla lisäaineilla maalatun julkisivun ongelmat liittyvät lähinnä uudelleenmaalaukseen huoltomaalauksen yhteydessä. Pintojen maalaus ei enää onnistu periteisillä lisääaineettomilla kalkki- ja silikaattimaaleilla ja pinnat on tämän vuoksi jatkossakin huoltomaalattava orgaanisia lisäaineita sisältävillä maaleilla. Pintakerrosten paksuuntuessa maalauskerrosten myötä myös orgaanisen aineen määrä kasvaa, joka voi aiheuttaa ongelmia rapatun pinnan kosteuskäyttäytymisessä.

Yksi merkittävimmistä korjauskohteen lopputulokseen vaikuttavista tekijöistä on laatu. Korjausrakentamisen laatua käsittelevää tutkittua aineistoa on kuitenkin vähän saatavilla. Julkisivumateriaalien osalta on saatavilla paljon yleistä tietoa. Sen sijaan pinnoitteiden kestävyys ja materiaalivalintojen suhteen tietoa ei ole riittävästi tai tieto on osittain vanhentunutta. Markkinoille tuodaan jatkuvasti uusia pinnoitusmateriaaleja,

joiden testaus on usein materiaalintoimittajilla. Puolueetonta tutkimusta ja tietoa ei kuitenkaan ole riittävästi.

Korjausrakentamisessa korostuvat rakennushankkeessa mukana olevien osapuolten, kuten suunnittelijoiden, projektin johtajan ja työmaan vastaavan mestarin vastuut ja toiminta. Korjausrakentamisen prosessin sujuvuutta parantaa ratkaisujen toistettavuus, jota edeltää kokemuksen karttuminen. Julkisivukorjausten osalta tietopankin luominen korjauskohteista kartuttaisi yksityiskohtaisempaa tietoa materiaalien käyttäytymisestä ja niiden kestosta rapatuilla julkisivupinnoilla. Tietopankin luominen edellyttäisi korjauskohteiden yksityiskohtaisempaa kirjausta sekä kuvantamista ja seuranta. Tiedon kartuttaminen olisi kuitenkin merkittävä apu korjauskohteiden suunnittelua ajatellen.

Tämä opinnäytetyö rajautuu kirjallisista lähteistä saatuun tietoon. Julkisivukorjausten pinnoitukset ovat kuitenkin yksi merkittävimmistä tekijöistä onnistuneelle korjauskohteelle. Jatkotutkimusta tarvittaisiin etenkin dispersiolisättyjen epäorgaanisten maalien dispersiolisäyksen merkityksestä maalin käyttäytymiseen rapatuilla julkisivuilla sekä perinteisten kalkki, kalkkisementti ja silikaattimaalien kestävyys tutkimiseen eri kalkki-sementtisuhteisilla alustoilla.

Lähteet

1. Julkisivuyhdistys. Julkisivujen korjausopas. Verkkodokumentti. <http://www.julkisivuyhdistys.fi/wp/wp-content/uploads/2007/02/julksivuopas.pdf> Luettu 18.4.2015
2. Pellervon taloustutkimus. Asuinrakennusten korjaustarve. Verkkodokumentti. http://ptt.fi/press_releases/asuinrakennusten-korjaustarve-tutkimus-vuotuinen-tekninen-korjaustarve-on-keskimaarin-35-miljardia-euroa Luettu 19.4.2015
3. Vainio, T, Lehtinen, E, Nuutila, H. 2005. Julkisivujen uudis- ja korjausrakentaminen. Verkkodokumentti. <http://www.julkisivuyhdistys.fi/wp/wp-content/uploads/2007/05/liitteet.pdf> Luettu 18.4.2015
4. Lahdensivu Jukka. 2010. Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa. Helsinki: Edita Prima Oy
5. Kaila Panu. 1997. Talotohtori. Porvoo: WSOY
6. Thorborg von Konow. 2006. Laastit vanhoissa rakenteissa. Helsinki: Lönnberg Print
7. Suomen Betoniyhdistys. 2005. by 46. Rappauskirja. Helsinki: Nykypaino Oy
8. Suomen Betoniyhdistys. 1998. by 44. Rapatun julkisivun kuntotutkimus. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy
9. Museovirasto. f3 julkisivu. Kalkkirappauksen korjaus. Verkkodokumentti. <http://www.nba.fi/fi/File/2133/korjauskortti-22.pdf> Luettu 1.3.2015
10. Etu-Töölön korjaustapaohjeet. Verkkodokumentti. http://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/esitteet/etu_toolo_korjaustapaohje.pdf Luettu 20.4.2015
11. Siikanen Unto. 2009. Rakennusaineoppi. Rakennustieto Oy
12. Annila Petri. 2012. Mineraalipohjaisten julkisivumateriaalien säänkestävyyden tutkiminen laboratoriossa. Diplomityö
13. Immonen, K, Råman, T. 1990. Maalattun julkisivun kesto. SITRA 108. Helsinki: KY-Palvelu Oy
14. Lauttalammi, A, Lehtonen, J, Laine, K. 2005. Talojen korjausrakentaminen – johdatus perusteisiin. Turku: Turun kaupungin painatuspalvelukeskus
15. Rakennustieto. Kiviainespintojen maalaus käsittelyt. Verkkodokumentti. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010310.pdf> Luettu 4.4.2015
16. SFS-EN ISO 1062-3. 2008. Paints and varnishes. Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete. Part 3: Determination of liquid water permeability.

17. SFS-EN ISO 1062-1. 2004. Maalit ja lakat. Pinnoiteaineet ja –yhdistelmät säärasitukseen joutuville kiviaines- ja betonipinnoille.
18. SFS-EN ISO 7783. 2012. Paints and varnishes. Determination of water-vapour transmission properties. Cup method.
19. Kaila Panu. 2012. Keväällä töitä teki maalari. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy
20. Kaila Panu. 2000. Kevät toi maalarin. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy
21. Brasholz Anton. 1985. Julkisivumaalaus. Jyväskylä: Gummerus Oy
22. Tikkurila Oyj. Verkkodokumentti.
<http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/holvi-kalkkimaali.19503.shtml> Luettu 26.4.2015
23. Museovirasto. f3 julkisivu. Kalkkimaali. Verkkodokumentti.
<http://www.nba.fi/fi/File/2130/korjauskortti-23.pdf> Luettu 19.4.2015
24. Järvinen Kalevi. 2005. Kalkki, Muurattujen julkisivujen pintakäsittelyt. Uusimaa: Kustannus Oy Hakkuri
25. Julkisivuyhdistys. Kalkkimaalaus. Verkkodokumentti.
<http://www.julkisivu.com/kalkki.htm> Luettu 17.4.2015
26. Kalkkimaalaus. Verkkodokumentti.
<http://curatio.fi/files/2113/9444/3319/Kalkkimaalaus.pdf> Luettu 20.4.2015
27. Järvelä, J. 1956. Maalarin aine- ja ammattioppi. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiön Kirjapaino
28. Voutilainen Osmo. 1970. Maalaustekniikka. Lahti: Tekniikan Maailma
29. Suomenlinnan hoitokunta. Dia-arkisto
30. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennusfysiikka ja säilytettävät rakennukset. Verkkodokumentti.
http://www.co2olbricks.eu/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Events/120509_helsinki/03_Lahdensivu_Rakennusfysiikka_ja_rakennussuojelu_tulostus.pdf Luettu 14.4.2015
31. Väri ja Pinta. 1/2015. Helsinki: Kustannus Oy Hakkuri
32. STUL. Rakentamisen laatu herättää intohimoja myös tekijässään. Verkkodokumentti. <http://www.stul.fi/Default.aspx?id=33581> Luettu 15.4.2015
33. Pyysalo, Markku. Rapattujen julkisivujen suunnittelu. Verkkodokumentti.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK99s731.pdf> Luettu 14.4.2015
34. Kankainen J, Junnonen, J-M. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Tampere: Tammer-Paino Oy
35. Puu- ja kiviaineiset julkisivut. Ratu-hanke. Verkkodokumentti.
http://hankkeet.mittaviiva.fi/pmwiki/uploads/Ratu/js_tesu_130320.pdf Luettu 24.4.2015

36. Ratu. 2011. Korjaustöiden laatu. Rakennustieto Oy
37. SFS-EN ISO 4628-1. 2004. Maalit ja lakat. Pinnoitteiden huononemisen arviointi. Yleisten virhetyyppien esiintymisen voimakkuuden, määrän ja koon merkintä. Osa 1: Yleistä ja merkintäjärjestelmä.
38. MaalausRYL 2012
39. Julkisivu. Julkisivujen väriyksestä. Verkkodokumentti.
<http://julkisivu.com/varitys/varitysteksti.html> Luettu 30.4.2015
40. Kankainen, J, Kuoppamäki, A. 1999. Urakan työmaavalvonta. Espoo: Libella Oy

Maalien tunnistusmenetelmät

Maalien tunnistamiseen käytettävät menetelmät. [8, s. 47]



Vahvennettu teksti laatikon alla kuvaa testiä, joka tehdään seuraavaksi
Laatikon päällä oleva teksti kuvaa kappaleen reagointia testiin
Huom.

- kemikaali voi reagoida pinnoitekalvon läpi
- epäorgaanisessa tuotteessa voi olla orgaanisia lisäaineita
- orgaanisessa tuotteessa voi olla kalkkia täyteaineena
- lipeän reaktio voi olla hidas
- suolahappo n. 10 %-liuos, lipeä n. 15 %-liuos

Rasitusluokat ulkona [MaalausRYL 2012]

Valittaessa käsittely-yhdistelmää ulkopinnoille otetaan huomioon vallitseva mikroilmasto, esimerkiksi auringon UV- ja lämpösäteily, ilmansuunnat, sade, vallitsevat tuulensuunnat ja kasvillisuuden sijainti maalattavan kohteen lähellä sekä rakenteellisen suojauksen puuttuminen, esimerkiksi räystäättömyys. Erityisesti lämpötilan nopea vaihtelu 0 °C:een molemmin puolin rasittaa esimerkiksi kivipintaista maalausalustaa runsaasti. Tämä on tyypillinen ilmiö mm. rannikoilla.

RL 11

Lievä ilmastorasitus ulkona Luokan 11 mukainen ilmastorasitus esiintyy esimerkiksi ulkona puhtaassa maaseutuilmastossa. Teräs-, alumiini- ja kuumasinkityillä pinnoilla tämä vastaa standardin SFS-EN ISO 12944-2 rasitusluokkaa C2 lievä.

RL 12

Kohtalainen ilmastorasitus ulkona Luokan 12 mukainen ilmastorasitus esiintyy ulkona epäpuhtauksien rasittamassa kaupunki-ilmastossa ja rannikkoalueilla, joissa kloridipitoisuus on alhainen, kuten Suomessa. Kaupunki-ilmasto vallitsee suurehkoissa taajamissa ja kaupungeissa. Ilma sisältää epäpuhtautena mm. nokea, pölyä ja polttoaineiden palamistuotteena rikkiyhdisteitä. Teräs-, alumiini- ja kuumasinkityillä pinnoilla tämä vastaa standardin SFS-EN ISO 12944-2 rasitusluokkaa C3 kohtalainen.

RL 13

Ankara ilmastorasitus ulkona Luokan 13 mukainen ilmastorasitus esiintyy ulkona voimakkaiden epäpuhtauksien rasittamassa kaupunki- ja teollisuusilmastossa. Ankara ilmastorasitus esiintyy suurissa taajamissa ja kaupungeissa, joissa lähiympäristön teollisuus vaikuttaa maalipinnan tuhoutumisnopeuteen. Teräs-, alumiini- ja kuumasinkityillä pinnoilla tämä vastaa standardin SFS-EN ISO 12944-2 rasitusluokkaa C4 ankara.

RL 14

Erittäin ankara ilmastorasitus ulkona Luokan 14 mukainen ilmastorasitus esiintyy ulkona erityisolosuhteiden rasittamassa kaupunki-, teollisuus- ja meri-ilmastossa. Tyypillisiä maalipinnan tuhoutumisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi syövyttävät kaasut, kostuneet kemikaalipölyt, roiskeet ja lämpörasitukset. Meri-ilmastossa merivedestä peräisin olevat kloridit edistävät maalipinnan tuhoutumista. (Suomessa tarkoittaa roiskerasitusta.) Teräs-, alumiini- ja kuumasinkityillä pinnoilla tämä vastaa standardin SFS-EN ISO 12944-2 rasitusluokkaa C5-I hyvin ankara teollisuusilmasto ja C5-M hyvin ankara meri-ilmasto.

RL 15

Erityissuunnittelua vaativat rasitukset ulkona Vaatii erityissuunnittelua.

Maalien soveltuvuustaulukko

Pintakäsittelyaineiden soveltuvuus kiviainespintojen huoltomaalauksessa. [38]

Vanha pintakäsittely	Uusi pintakäsittely						
	Kalkkimaali	Kalkkisementtimaali ja -pinnoite	Sementtimaali ja -pinnoite	Silikaattimaali ja -pinnoite	Silikoniemulsiomaali ja -pinnoite	Dispersiomaali ja -pinnoite	Betonisuojojamaali ja -pinnoite
Kalkkimaali	xx			x			
Kalkkisementtimaali ja -pinnoite		xx		xx	xx		
Sementtimaali ja -pinnoite		xx	xx	xx	xx		
Silikaattimaali ja -pinnoite				xx	xx		
Silikoniemulsiomaali ja -pinnoite					xx		
Dispersiomaali ja -pinnoite						xx	xx
Betonisuojojamaali ja -pinnoite						xx	xx

xx = suositeltava

x = mahdollinen

tyhjä ruutu = ei suositella

Valvontasuunnitelma

Yksityiskohtainen valvontasuunnitelma.

1. Hanketiedot
 - hankkeen yleistiedot
 - käyttötarkoitus
 - laajuus ja kesto
 - urakkamuoto
2. Valvonnan organisointi
 - tiedot urakoitsijalta edellytettävän laadunvarmistuksen tasosta
 - valvonnan organisointi
 - suunnittelijoiden ja viranomaisten valvonta
3. Valvonnan tehtävät, vastuut ja valtuudet
 - valvontatoimenpiteet
 - valvontaorganisaation vastuu- ja tehtäväkuvaukset
 - teknisen ja laadunvalvonnan toimenpiteet
 - ajallisen valvonnan toimenpiteet
 - taloudellisen valvonnan toimenpiteet
4. Kokoukset ja katselmukset
 - pidettävät kokoukset ja katselmukset
 - osallistuvat henkilöt
5. Dokumentointi, projektipalaverit ja raportointi
 - vaadittavat dokumentit
 - kuka laatii, tarkastaa ja hyväksyy
 - projektipalaverit, ajankohta ja osallistujat
6. Vastaa- ja käyttöönoton valvonta
 - toiminnot, vastuuhenkilöt ja tehtävät
 - ennakkotarkastukset, toimintakokeet ja koekäytöt
 - viranomaistarlastukset, vastaanottotarkastukset, taloudellinen loppuselvitys
 - ylläpitosuunnitelmien ja rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen laatiminen sekä käytön opastus
7. Takuuajan valvonta
 - takuuajan valvontatoimenpiteet
 - vastuuhenkilöt ja tehtäväkuvaukset
 - virheiden korjaaminen, ennakkotarkastukset, takuutarkastukset ja jälkitarkastukset
8. Arkistointi

Maalaukseen liittyviä virheitä, korjaustoimenpiteitä sekä alustan merkitys

Maalaukseen liittyviä virhetekijöitä sekä niiden korjaustoimenpiteitä

Maalityyppi	Virheiden kuvaus	Virheiden syyt	Korjaustoimenpiteet
Kalkkimaali	<p>Liituuntuminen</p> <p>Maalipinnan hilseily</p> <p>Värin tummuminen Sadeveden aiheut-tamat valumajäljet</p> <p>Maalipinnan kirjavuus</p>	<p>Sideaineen kuluminen (orgaanista ainetta maalissa) UV-säteily</p> <p>Alustan huono esikäsittely Vanha maalipinta sisältää orgaanisia aineita -> tartunta heikko Liian paksu maalikerros Väärät maalausolosuhteet Liian sementtipitoinen alusta</p> <p>Väärä pigmenttilaatu Pigmenttien määrä liian suuri</p> <p>Liian ohut kalkkimaali Väärä työstötekniikka Maalia ei ole sekoitettu Viimesitely töppäys /ripsiminen tekemättä Laastipaikkaukset eri vahvuusella laastilla</p>	<p>- Sidemäärän tarkistus - Maalin huolellinen sekoitus</p> <p>- Alustan puhtausaste vähintään 50 % - Sääolosuhteet, ei suoraa auringonpaistetta tai sadetta - Alustan sementtipitoisuus ei saa olla liian suuri eikä paikkarappaukset saa olla alustaa lujempia - Kalkkimaalille soveltuvat pigmentit, määrä < 10 % - Rakenteelliset yksityiskohdat tarkastettava</p> <p>- Oikea työstötekniikka - Oikean vahvuinen maali - Laastien sopivuus ja pinnan struktuuri - Sääolosuhteet</p>
Kalkkisementtimaali	<p>Maalipinnan kirjavuus</p> <p>Suolahärmäkerrokset</p> <p>Maalipinnan hilseily</p>	<p>Alustan kostutus liian suuri Liian tuoreen maalipinnan jälkikastelu Liina suuri kosteuspitoisuus ja alhainen lämpötila Liian paksut maalikerrokset ja liian kuiva alusta Suolojen kiteytyminen maalikerroksen alle</p>	<p>- Sääolosuhteiden ja maalausajankohdan seuranta (lämpötila > + 5 °C) - Rappausalustan riittävä kuivuminen ennen maalausta (vähintään kaksi viikkoa) ja pinnan sopiva kostutus ennen maalausta</p>
2-komponenttinen-silikaattimaali	<p>Liituuntuminen</p> <p>Epätasainen maalaus</p> <p>Maalipinnan hilseily, halkeilu tai irtoaminen</p> <p>Maalipinnan kirjavuus</p>	<p>Sideaineen määrä liian pieni (Orgaanista ainetta maalissa) Alustan sementtipitoisuus ja kosteus vaihtelee Alusta liian kostea Suolojen kiteytyminen</p> <p>Kalivesilasin yliannostus</p>	<p>- Sideaineen oikea määrä ja maalin huolellinen sekoittaminen - Rappausalustan riittävän pitkä kovettumis- ja kuivumisaika (vähintään kaksi viikkoa) - Riittävän kuiva alusta huom! maalataan kuivalle alustalle - Oikea työstötekniikka - Vältettävä liian tummia sävyjä</p>
Dispersiosilikaattimaali Dispersiolisätyt epäorgaaniset maalit	<p>Maalipinnan hilseily, halkeilu tai irtoaminen</p>	<p>Liian tiivis maalikalvo</p>	<p>- Dispersiolisäyksen määrä suuri - Soveltuvuus tarkistettava</p>

Epäorgaanisten maalien soveltuvuus eri alustoille

Maalityyppi	Soveltuvuus	Maalauksessa huomioitavaa
Kalkkimaali	Kalkkilaasti (K 100/600) Hydraulinen kalkkilaasti Kalkkisementtilaasti (KS ≤ 65/35/600) Vanha kalkkimaalattu pinta Arvorakennukset, joiden alku-peräinen julkisivu halutaan palauttaa tai entisöidä	- Alustan kostutus kalkkivedellä sekä pintojen kostutus maalauskerrosten välillä - Maalin huolellinen sekoittaminen myös maalauksen aikana - Puhtausaste uudelleen maalauksessa vähintään 50 % - Kaikki vanhat orgaaniset maalikerrokset poistettava ennen uudelleen maalausta - Kova säärasitus → nopeampi kuluminen
Kalkkisementtimaali	Kalkkisementtilaasti (KS ≥ 65/35/600) Kalkkisementtimaalilla maalatut pinnat (Kalkkimaalilla maalatut pinnat, ei kuitenkaan suositella)	- Alustan huolellinen kostutus vuorokausi ennen maalausta - Pintojen kevyt kostutus ennen maalausta ja maalauskerrosten välillä - Kaikki vanhat orgaaniset maalikerrokset poistettava ennen uudelleen maalausta - Pintamaalaus ei saa olla alustaa kovempi - Säänkestävyys parempi kuin kalkkimaalilla
2-Komponenttinen silikaattimaali	Kalkkisementtilaasti (KS ≥ 65/35/600) Sementtilaasti Betonipinnat 2-Komponenttisella silikaatti-maalilla maalatut pinnat (Kalkkimaalilla maalatut pinnat, ei kuitenkaan suositella)	- Maalaus kuivalle alustalle - Maalin huolellinen sekoittaminen työmaalla - Maalin levitys yhtäjaksoisesti ylhäältä alas, jotta rajaukset eivät erottuisi - Kaikki vanhat orgaaniset maalikerrokset poistettava ennen uudelleen maalausta - Hyvä säänkestävyys
Dispersiosilikaattimaali	Kalkkisementtilaasti (KS ≥ 65/35/600) Sementtilaasti Betonipinnat Aiemmin epäorgaanisella maalilla maalatut pinnat (kalkki- kalkkisementti- ja silikaattimaalilla maalatut pinnat)	- Maalaus kuivalle alustalle - Suositellaan koviin alustoille - Huoltomaalaus onnistuu jatkossa vain orgaanista lisäainetta sisältävällä silikaattimaalilla - Soveltuvuudessa ja käytössä noudatettava maalin valmistajan antamia ohjeita
Orgaanisia lisäaineita sisältävät epäorgaaniset maalit	Kalkkisementtilaasti (KS ≥ 65/35/600) Sementtilaasti Betonipinnat Aiemmin epäorgaanisella maalilla maalatut pinnat (kalkki- kalkkisementti- ja silikaattimaalilla maalatut pinnat)	- Huolto- ja uudelleen maalaus onnistuu vain orgaanista lisäainetta sisältävällä maalilla - Soveltuvuudessa ja käytössä noudatettava maalin valmistajan antamia ohjeita