

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Korjausrakentaminen ja kiinteistönpito

2021

Jesse Pitkänen

# ERISTERAPATUN JULKISIVUN PAIKKAUS- JA PINNOITUSKORJAUS

OPINNÄYTETYÖ | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Korjausrakentaminen ja kiinteistönpito

2021 | 59 sivua, 2 liitesivua

Jesse Pitkänen

# ERISTERAPATUN JULKISIVUN PAIKKAUS- JA PINNOITUSKORJAUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ohjeistus eristerappausjärjestelmien paikkaus- ja pinnoituskorjaussuunnittelua varten. Opinnäytetyössä on käsitelty vaihe vaiheelta kyseiset korjaustoimenpiteet.

Korjaustyön ohjeistukset laadittiin haastattelujen, alan kirjallisuuden ja olemassa olevien ohjeistusten pohjalta. Opinnäytetyöhön haastateltiin neljää Suomen yleisintä eristerappausjärjestelmien materiaalitoimittajan edustajaa sekä neljää Ramboll Finland Oy:n korjaussuunnittelijaa.

Opinnäytetyössä tuotettiin paikkaus- ja pinnoituskorjausohjeistus ohutrappaus- ja paksurappauseristejärjestelmäisiin julkisivuihin.

Opinnäytetyötä voidaan käyttää eristerapatun julkisivun korjaussuunnittelun apuna, mikäli korjaussuunnittelu koskee eristerappausjärjestelmällisen julkisivun paikkaus- ja pinnoituskorjausmenetelmää.

## ASIASANAT:

eristerappaus, julkisivu, korjaussuunnittelu, lämmöneriste

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction engineering

Renovation and property management

2021 | 59 pages, 2 pages in appendices

Jesse Pitkänen

# ETICS FAÇADE REPAIR WITH PLASTERING AND COVER COATING

The purpose of the thesis was to compile a guide to the ETICS repair planning. This thesis discusses the repair measures step by step.

The guidelines were prepared based on selected interviews, literature in the field and the existing guidance. The four most common ETICS façade supplier representatives and four Ramboll Finland Oy repair planners were interviewed for the thesis.

Guidelines were implemented for the plastering and cover coating repair method in the thin render system and thick render system.

The thesis can be used for the method of plastering and cover coating in the ETICS repair planning.

## KEYWORDS:

external thermal insulation composite system (ETICS), façade, repair planning, insulation

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
1.1 Eristerappausjärjestelmien historia ja nykytilanne	7
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rajaus	9
<b>2 ERISTERAPPAUSJÄRJESTELMÄT</b>	<b>10</b>
2.1 Eristerappausjärjestelmien rakenne	10
2.1.1 Ohutrappauseristejärjestelmä	10
2.1.2 Paksurappauseristejärjestelmä	12
2.2 Rasiustekijät	13
2.2.1 Mekaaninen rasitus	13
2.2.2 Kosteusrasitus	14
2.2.3 Jäätyminen, sulaminen ja lämpötilavaihtelut	19
2.2.4 UV-säteily	19
2.2.5 Ilmansaasteet ja epäpuhtaudet	20
2.2.6 Pakkovoimat	20
2.3 Vauriomekanismit	21
2.3.1 Rapautuminen	21
2.3.2 Plastinen halkeilu	22
2.3.3 Pakkovoimien aiheuttama halkeilu	23
2.3.4 Materiaalien vanheneminen ja vaurioituminen	24
2.3.5 Tartunnan heikkeneminen	25
2.3.6 Kosteus- ja mikrobivauriot	27
2.3.7 Betonialusrakenteen halkeamat	28
2.3.8 Saumausten ja tiivistysten vauriot	28
2.3.9 Pinnoitteiden ja maalien vauriot	29
2.3.10 Julkisivun likaantuminen ja muut esteettiset haitat	30
2.3.11 Ihmisten ja eläinten aiheuttamat vauriot	31
2.4 Ylläpito	31
2.5 Kuntotutkimus	33
2.5.1 Kuntotutkimuksen suunnittelu	33
2.5.2 Kuntotutkimusmenetelmät	33
2.5.3 Tulosten analysointi	36

<b>3 ERISTERAPPAUSJÄRJESTELMÄN KORJAUS</b>	<b>38</b>
3.1 Korjaustavat eristerappausjärjestelmällisessä julkisivussa	41
3.2 Pinnoituskorjaus	41
3.3 Paikkaus- ja pinnoituskorjaus	43
3.4 Rappauspinnan purkaminen ja uusiminen	44
<b>4 HAASTATTELUJEN TULOKSET</b>	<b>46</b>
<b>5 ERISTERAPPAUSJÄRJESTELMIEN PAIKKAUS- JA PINNOITUSKORJAUKSEN SUUNNITTELUN OHJEISTUS</b>	<b>48</b>
5.1 Yleistä eristerappausjärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjauksessa	48
5.2 Ohutrappauseristejärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjaus	51
5.3 Paksurappauseristejärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjaus	53
<b>6 POHDINTA</b>	<b>56</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>58</b>

## **LIITTEET**

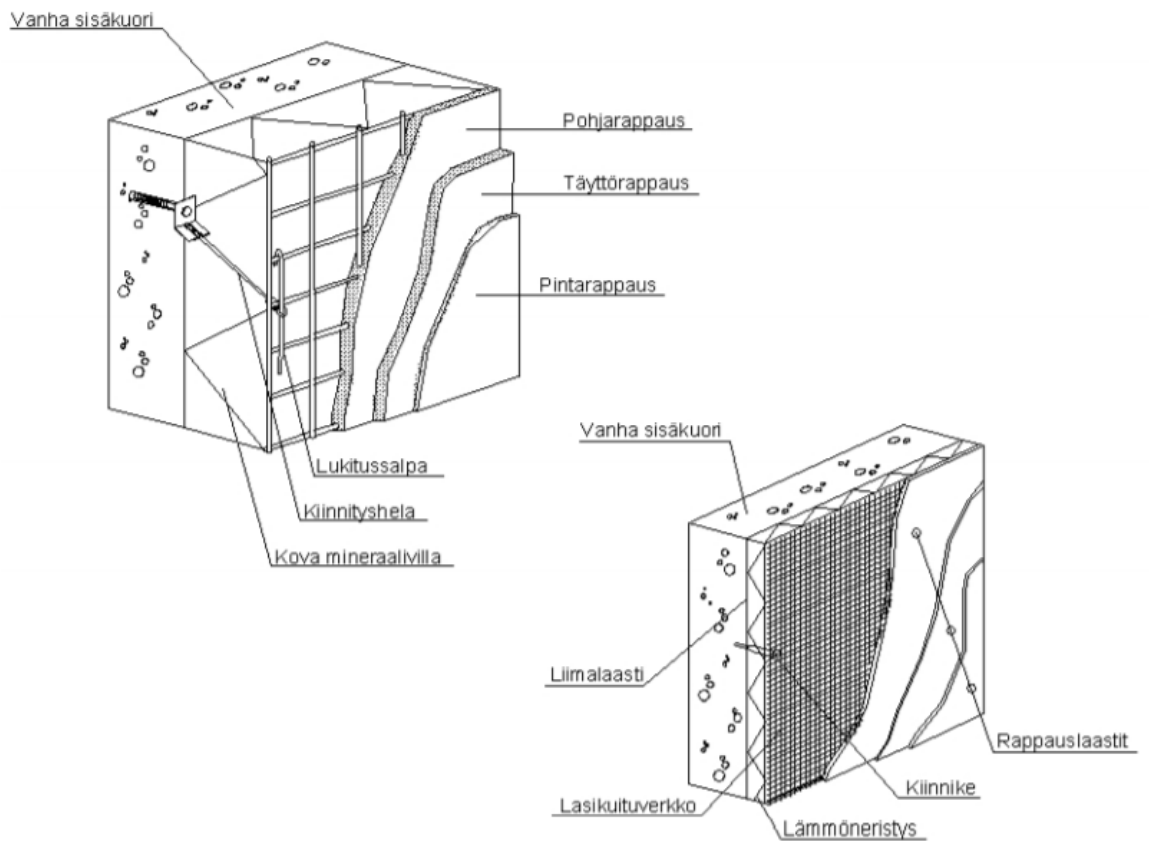
- Liite 1. Haastattelun kysymykset (materiaalitoimittajat).
- Liite 2. Haastattelun kysymykset (rakennesuunnittelijat).

# 1 JOHDANTO

2000-luvulla yleistyneet eristerapatut julkisivut tulevat lähivuosina saavuttamaan elinkaarensa vaiheen, jossa korjaustoimenpiteisiin tulee kasvavassa määrin tarvetta. Järjestelmän vaurioherkkyys vaikuttaa myös merkittävästi tulevaisuuden korjaustarpeeseen. Uudiskohteiden eristarapatuissa julkisivuissa on myös havaittu virheitä, jotka ovat vaatineet korjaustoimenpiteitä jo rakenteen ensimmäisen kymmenen vuoden sisällä. Asiantuntijoiden mukaan virheet johtuvat yleisesti liian vähäisestä tai huonosta suunnitelluista tai vaihtoehtoisesti työmaalla heikosti toteutetuista läpivienneistä tai liittymistä. (Salmi 2020, 15–16.)

Eristerappaus nimitystä käytetään rappauksista, joissa laastikerrokset levitetään rappausjärjestelmään soveltuvien lämmöneristeiden päälle. Eristerappaukseen soveltuvia lämmöneristeitä ovat joko mineraalivilla tai solumuovilevy. Julkisivun lämmöneristeen päälle asennettavat eristerappausjärjestelmät ovat tuulettumattomia rakenteita ja ne jaetaan ohutrappaus- ja paksurappausjärjestelmiin. Eristerappausjärjestelmissä verhoiltavien seinien tulee ensisijaisesti olla kivirakenteisia. (Lahdensivu, Annala & Pikkuvirta 2016, 9.)

Tuulettumattomat eristerappausjärjestelmät soveltuvat puurunkoisen tai orgaanisten rakennusmateriaalien sisältävien seinärakenteiden rakennevaihtoehdoksi muun muassa pientaloihin ja muihin vastaaviin rakennuksiin, kun rakenteen suunnitteluun ja toteutukseen kiinnitetään erityistä huomiota. Ohutrappausjärjestelmissä lämmöneristeenä käytetään mineraalivillaa tai solumuovilämmöneristeitä. Paksurappausjärjestelmissä rappauksen alustana käytetään aina mineraalivillaa. Molemmista eristerappausjärjestelmissä on mahdollista käyttää myös edellä mainittuja lämmöneristeyhdistelmiä. Ohutrappausjärjestelmän rappaus koostuu lämmöneristeen päälle toteutetusta tyypillisesti 5–10 mm paksusta rappauskerroksesta, joka yleensä pinnoitetaan silikonihatrsipohjaisella tuotteella. Paksurappausjärjestelmän rappauskerros koostuu tyypillisesti 20–25 mm:n paksuisesta kalkkisementtilaasteilla toteutetusta kolmikerrosrappauksesta. (Lahdensivu ym. 2016, 10, 12, 13, 15.) Kuvassa 1 on esitetty ohut- ja paksurappausjärjestelmien rakenteet korjaustyökohteessa.



Kuva 1. Ohutrappaus- ja paksurappauseristejärjestelmien rakenteet (Haukijärvi 2006, 7).

### 1.1 Eristerappausjärjestelmien historia ja nykytilanne

Lemberg (2019a, 1) selvitysten perusteella ensimmäisiä ohutrappauseristejärjestelmällä toteutettuja julkisivuja tehtiin Saksan Berliinissä vuonna 1957. Järjestelmien käyttö ei ollut kovinkaan yleistä vielä 1960-luvulla, mutta Euroopan vuoden 1973 öljykriisi antoi sysäyksen eristerappauksien yleistymiselle. Paksurappauseristejärjestelmäkokeiluja tehtiin muun muassa Ruotsissa vuosina 1949–1950, mutta kyseiset kokeilut jäivät menetelmän kalleuden vuoksi ainoastaan kokeiluasteelle. (Vesterinen 1991, 4; Lemberg 2019a, 1.)

Eristerappauksia on käytetty Suomessa 1970- ja 1980-luvun taitteesta lähtien (Julkisivuyhdistys 2019, 6), mutta niiden suosio yleistyi vasta 2000-luvulla (Lahdensivu ym. 2016, 9). Suomen ensimmäinen kaupallinen paksurappauseristejärjestelmällä toteutettu kohde valmistui vuonna 1981 Partekin järjestelmällä (Neuvonen 2006, 278; Lemberg 2019a, 1). Ohutrappausjärjestelmällä rakennettuja julkisivuja on Suomessa kokeiltu

ensimmäistä kertaa 1980-luvun alkupuolella, mutta markkinoille kyseinen eristejärjestelmä tuli vasta 1980-luvun loppupuolella (Suvanto 1993, 31; Lemberg 2019a, 2).

Eristerappausjärjestelmien käyttö suomalaisessa julkisivurakentamisessa kasvoi huomattavasti 2000-luvulla (Lahdensivu ym. 2016, 9). Julkisivujen eristerappausjärjestelmiä käytettiin ennen 2000-lukua pääosin pelkästään korjausrakentamisessa, mutta 2000-luvun alusta lähtien alettiin menetelmää käyttämään myös uudisrakentamisessa (Salmi 2020, 15–16). Eristerappausjärjestelmien suosio rakennusten julkisivuratkaisuna on kasvanut jatkuvasti. Vuonna 2019 kyseisellä järjestelmällä rakennettiin noin 4–5 % vuosittaisesta julkisivupinta-alasta. Mikäli kyseisessä vertailussa huomioitaisiin vain julkisivut, joiden runkona on betoni, olisi osuus huomattavasti suurempi. (Lemberg 2019a, 62.)

Suomen markkinoilla käytettyjä erilaisia eristerappausjärjestelmiä on käsitelty taulukossa 1. Näiden järjestelmien lisäksi uudispuolella on ollut käytössä eristerappausjärjestelmien elementtiversioita (Julkisivuyhdistys 2019, 7), joissa lämmöneristeet ja rappauspinnaksi levitettävä ohut laastikerros työstetään ohutrappauseristejärjestelmissä jo elementtitehtaalla (Lahdensivu ym. 2016, 5).

Taulukko 1. Suomen markkinoilla käytössä olleita eristerappausjärjestelmiä (Julkisivuyhdistys 2019, 7).

<b>Paksurappaus-eristejärjestelmät</b>	<b>Ohutrappaus-eristejärjestelmät</b>
- Parmiterm	- Isora-Dispothem
- Serporock (SerpoRoc)	- Varmotex
- Safir	- SerpoMin
- Rappaus-Karhu	- SerpoTherm
- MonoRoc	- StoTherm
- Fescoterm	- Fescoterm
- Finngard	- Thermodek
- Lakka	- Finngard
	- Alsecco Prewis
	- Lakka
	- Diessner



## 1.2 Työn tavoite

Suomessa 2000-luvun alusta alkaneen eristerapattujen julkisivujen suosion vuoksi eristerapattujen julkisivujen korjausmäärän tarve tulee olemaan merkittävä lähitulevaisuudessa. Eristerapattujen julkisivujen korjauksen ohjeistuksesta on olemassa melko vähän tietoa, jonka vuoksi kyseinen aihe on päätetty valita opinnäytetyöksi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda paikkaus- ja pinnoituskorjausmenetelmään yleisohjeistus korjaustyöselostuksen laatimista varten.

Opinnäytetyöhön haastateltiin Ramboll Finland Oy:n rakennesuunnittelijoita sekä eristerappausjärjestelmien materiaalitoimittajien edustajia. Kyseisten haastattelujen sekä taustatietojen perusteella etsittiin tietoa eristerappauksen paikkaus- ja pinnoituskorjauksen ohjeistuksia varten. Haastattelujen tulosten myötä on esitetty, että mitä kyseiseen julkisivutyyppiin liittyvässä kuntotutkimuksessa tulisi huomioida korjaussuunnittelua varten sekä mikä on kyseisten lähtötietojen merkitys korjaussuunnittelulle.

## 1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyö rajataan eristerappausjärjestelmien korjauksiin, joissa korjaus suoritetaan paikkaus- ja pinnoituskorjausmenetelmällä. Korjausmenetelmät on esitetty opinnäytetyön luvussa 3.1.

Työssä ei käsitellä korjausrakentamismenetelmiä, joissa vanha julkisivu puretaan ja uusitaan eristerapaksi julkisivuksi, koska uusimisessa voidaan noudattaa pitkälti materiaalivalmistajien laatimia suunnitteluohjeita.

## 2 ERISTERAPPAUSJÄRJESTELMÄT

Eristerappausjärjestelmät ovat julkisivun rakennekokonaisuuksia, jotka ovat eri materiaalivalmistajien kehittämiä. Eristerappausjärjestelmien rakenteeseen kuuluu ensisijaisesti kiviaineispohjaisen rakenteen päälle soveltuva lämmöneriste, jonka päälle on työstetty laastikerrokset (Lahdensivu ym. 2016, 9). Eristerappausjärjestelmien rakenteet käsitellään luvussa 2.1.

Eristerappausjärjestelmän vaurioitumiseen vaikuttaa kolme tekijää, jotka ovat

- rakenteeseen kohdistuvat rasitukset
- rakenteen materiaalien ominaisuudet
- rakenteen ominaisuudet.

Näiden kolmen vaurioitumiseen vaikuttavien tekijöiden summa mahdollistavat vaurioiden syntymisen. Mikäli yksi vaurioitumiseen vaikuttavista tekijöistä poistuu, vähenee rakenteen vaurioitumisen riski merkittävästi (Pakkala 2014, 28; Lemberg 2019a, 3).

Eristerappaukseen vaikuttavia rasitustekijöitä käsitellään luvussa 2.2.

### 2.1 Eristerappausjärjestelmien rakenne

Eristerappausjärjestelmä tarkoittaa ei-kantavaa ja ei-tuulettuvaa julkisivurakennetta, joka sisältää lämmöneristeen ja sen päälle toteutetun rappauksen (Jukkola 1997, 90). Seinärakenne toimii rappauksen ja lämmöneristeen kantavana runkorakenteena, sekä useassa tapauksessa myös vaipan ilmatiiveyskerroksena (Lahdensivu ym. 2016, 10).

Eristerappaukset voidaan jakaa kahteen eri järjestelmään, jotka ovat ohutrappaus- ja paksurappauseristejärjestelmät (Lahdensivu ym. 2016, 10–11).

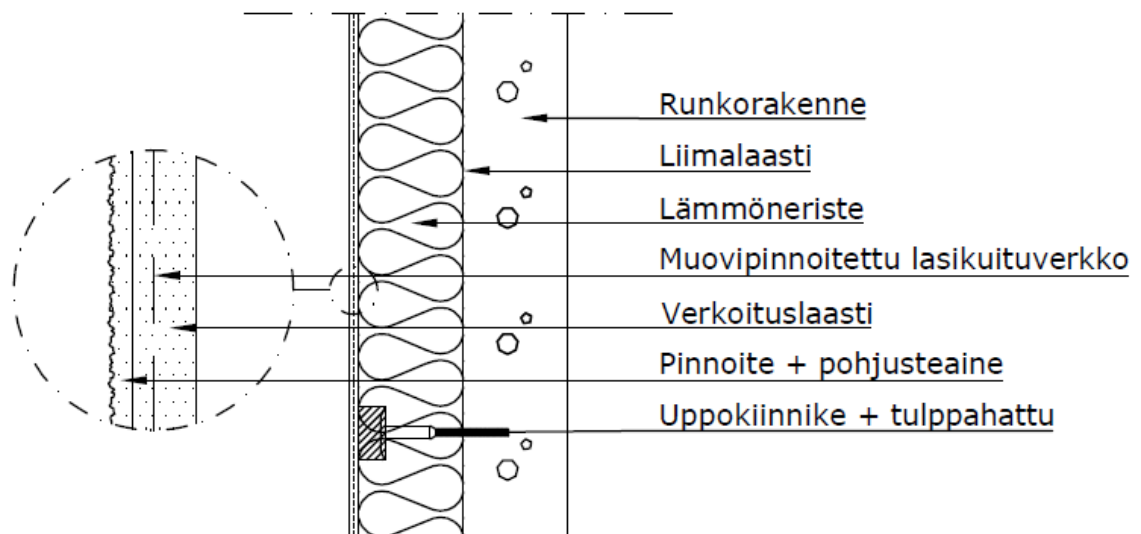
#### 2.1.1 Ohutrappauseristejärjestelmä

Ohutrappauseristejärjestelmässä lämmöneristeen päällä on tyypillisesti 5–10 millimetrin paksuinen rappauskerros, joka on kauttaaltaan liimalaastilla kiinnitetty lämmöneristeen ulkopintaan. Rappaus on rakennekerroksena yhtenäinen sekä suhteellisen taipuisa ja sitkeä. Rappaus on lujitettu muovipinnoitetulla lasikuituverkolla. Lämmöneristeet

kiinnitetään alustaansa liimalaastin lisäksi tarvittaessa mekaanisia kiinnikkeitä avulla järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti. (Lahdensivu ym. 2016, 10–11.)

Ohutrappauseristejärjestelmän kerrokset koostuvat tyypillisesti verkoituslaastikerroksista sekä pinnoitekerroksesta. Kyseiset rappauslaastit ovat joko orgaanisia tai epäorgaanisia sementtilaasteja. Epäorgaanisiin sementtilaasteihin on monesti lisätty polymeerejä parantamaan niiden materiaalitekniisiä ominaisuuksia. (Lahdensivu ym. 2016, 11, 15.)

Rappausalustan lämmöneristeenä voidaan käyttää eristerappauksiin soveltuvaa mineraalivillaa tai solumuovilämmöneristettä (Lahdensivu ym. 2016, 11–12). Ohutrappauseristejärjestelmällä on mahdollista toteuttaa myös saumattomasti yhtenäiset julkisivut. Liikuntasaumot tulee toteuttaa kuitenkin rakennuksen rungon liikuntasaumojen kohdille sekä liittymiin, joissa eristerappaus liittyy toiseen julkisivuun tai rakennusosaan. (Lahdensivu ym. 2016, 10, 44–45.) Kuvassa 2 on esitetty ohutrappauseristejärjestelmän rakennetyyppi.

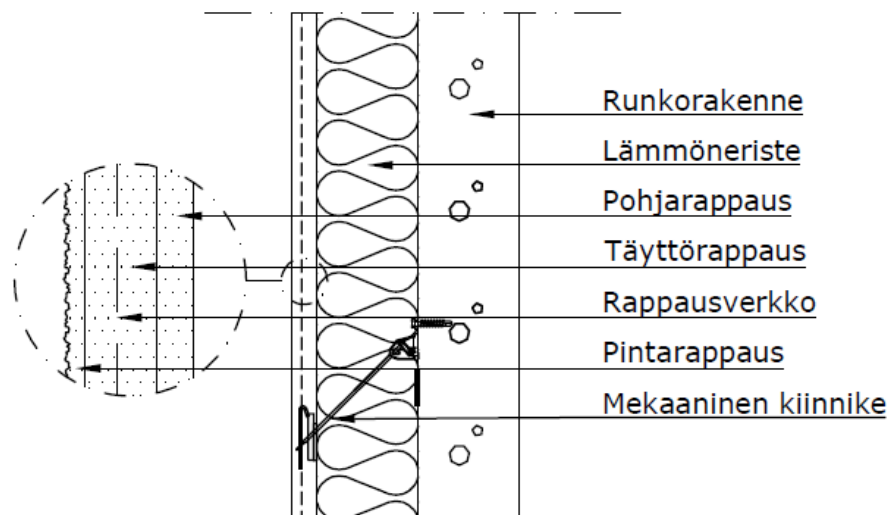


Kuva 2. Tyypiesimerkki ohutrappauseristejärjestelmän rakennetyypistä (Pitkänen, mukaillen Lahdensivu ym. 2016, 11).

### 2.1.2 Paksurappauseristejärjestelmä

Paksurappauseristejärjestelmässä lämmöneristeen päällä on jäykkä, noin 20–25 millimetriä paksu rappauserkerros, joka on kiinnitetty mekaanisten kiinnikkeiden avulla lämmöneristeen läpi alusrakenteeseen. Paksurappauseristejärjestelmässä rappauserkerros liikkuu melko vapaasti tasosuuntaisesti lämmöneristeen päällä, jonka vuoksi kyseisessä järjestelmässä tarvitaan liikuntasauvoja pysty- ja vaakasuunnassa noin 12–15 metrin välein. Näiden lisäksi rappauserakenteeseen tulee tehdä liikuntasauvoja myös rakennuksen rungon liikuntasauvojen kohdille. Paksurappauksessa käytetään aina kuuma-sinkittyä rappauserkkoa. (Lahdensivu ym. 2016, 14, 57.)

Paksurappaus koostuu tyypillisesti kolmesta eri laastikerroksesta, jotka ovat pohjarappaus, täyttörappaus ja pintarappaus. Rappaukset toteutetaan kalkkisementtillaasteilla. Käytettävät kalkkisementtillaastit ovat pääsääntöisesti epäorgaanisia ja niiden tulee olla hyvin pakkasenkestäviä. (Lahdensivu ym. 2016, 11, 15.) Kalkkisementtillaastissa rappauksen sitkeyttä ja työstettävyyttä sekä plastisia ominaisuuksia parantavat laastissa oleva kalkki. Kalkkisementtillaastissa oleva kalkki kuitenkin pienentää laastin lujuutta. (Lutz & Bayer 2010, 546; Lemberg 2019a, 9.) Kuvassa 3 on esitetty paksurappauseristejärjestelmän rakennetyyppi.



Kuva 3. Tyypiesimerkki paksurappauseristejärjestelmän rakennetyypistä (Pitkänen, mukaillen Lahdensivu ym. 2016, 15).

## 2.2 Rasitustekijät

Eristerapatuihin julkisivuihin kohdistuu monia rasitustekijöitä, joista keskeisimpiä ovat sää- ja mekaaniset rasitukset (Lahdensivu ym. 2016, 22–23). Säärasitus vaikuttaa eristerappausjärjestelmällisiin julkisivuihin voimakkaammin kuin kovalle alustalle tehtäviin rappauksiin, koska kovalle alustalle toteutetun rappauksen alusta tasaa rappaukseen kohdistuvat kosteus- ja lämpötilavaihtelut paremmin kuin lämmöneristeen päälle rapatussa rakenteessa. (Pentti 2014, 135; Lemberg 2019a, 36.) Merkittävimpiä rasitustekijöitä säärasituksessa ovat lämpötilan vaihtelut, UV-säteily sekä kosteus- ja pakkasrasitus. Rasitustasoon vaikuttaa muun muassa kohteen maantieteellinen sijainti, mikroilmasto sekä mahdolliset työ- ja suunnitteluvirheet. (Lahdensivu ym. 2016, 20–22.) Ilmasto-olosuhteita rakennuksen pinnoilla ja sen välittömässä läheisyydessä kutsutaan mikroilmastoksi (Weijo, Lahdensivu, Turunen, Ahola, Sistonen, Vornanen-Winqvist & Annala 2019, 123).

### 2.2.1 Mekaaninen rasitus

Julkisivuun kohdistuvat ulkoiset mekaaniset rasitukset ovat seurausta pintaan kohdistuneista iskuista, törmäyksistä tai hankauksista. Mekaaniset rasitukset ovat luonteeltaan pääosin satunnaisia ja vaikeasti ennakoitavia. Kyseiset rasitukset ovat yleisimpiä parvekkeiden taustapinnoilla sekä alimmissa kerroksissa. (Lahdensivu ym. 2016, 22.) Eristerappauksille mekaanista kuormitusta aiheuttaa myös rakenteen omapaino, tuulenpaine, tuulesta aiheutuva imu sekä muodonmuutokset ja liikkeet (Lahdensivu, Pentti, Mattila & Haukijärvi 2005, 103). Ohutrappauseristejärjestelmä voidaan ETAG 004 -luokituksen mukaan jaotella kolmeen eri iskunkestävyyden luokkaan (ETAG 004, 2013, 69–70). Kyseiset luokat ja niiden kuvaukset sekä vaatimukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Iskunkestävyys luokitus (ETAG 004, 2013, 69–70; Lembergin suomennos 2019a, 37).

Luokka	Kuvaus	Iskunkestävyys
I	Katutason ja muut julkisivut, joissa rappaus on altis ihmisten aiheuttamille iskuille  Julkisivuun ei saa kohdistua tavanomaista kovempaa rasitusta	10 J -isku ei aiheuta näkyviä halkeamia
II	Julkisivut, joihin voi kohdistua iskuja heitetyistä tai potkaistuista esineistä  Sisäpihan julkisivut, joissa voidaan olettaa, että käyttäjillä on halu huolehtia julkisivujen kunnosta	10 J -isku ei aiheuta ympyränmuotoista läpileikkautunutta halkeamaa  3 J -isku ei aiheuta näkyviä halkeamia
III	Julkisivuun ei kohdistu ihmisten aiheuttamia suoraa tai välillisiä iskuja	3 J -isku ei aiheuta ympyränmuotoista läpileikkautunutta halkeamaa

Iskunkestävyyttä voidaan ohutrappauseristejärjestelmässä julkisivussa parantaa käyttämällä sitkeämpiä laasteja, kahta rappausverkkoa tai vahvempaa, niin kutsuttua ”panssariverkkoa”. Paksurappauseristejärjestelmille ei ole kehitetty iskunkestävyysluokitusta, mutta rakenteen iskunkestävyyttä voidaan parantaa käyttämällä tiheämpää verkostusta tai lujempia laasteja. (Lahdensivu ym. 2016, 30, 56.)

Eristerappauksen kiinnikkeille aiheutuu rasitusta rakenteen omasta painosta. Paino aiheutuu pääosin rappauskerroksen omasta painosta, joten rasitus on merkittävämpi paksurappauseristejärjestelmissä kuin ohutrappauseristejärjestelmissä. Yleisesti lämmöneristeet ovat kevyitä, eikä niiden paino aiheuta merkittävää rasitusta kiinnikkeille. (Lahdensivu ym. 2005, 103.)

Eristerappauksen kiinnikkeisiin aiheutuu puristus- ja vetovoimia tuulen aiheuttamasta paineesta. Tuulesta johtuva imuvaikutus on suurimmillaan rakennuksen yläreunoissa ja nurkissa. Eristejärjestelmän kiinnitys on mitoitettava suunnittelussa kestämään tuulenpaineen imut. (Lahdensivu ym. 2005, 104.)

### 2.2.2 Kosteusrasitus

Eristerappausjärjestelmän merkittävämpiä rasitustekijöitä on sääilmiöistä johtuvat kosteusrasitukset. Kosteusrasitukset aiheuttavat muun muassa rappauslaastin

rapautumista ja pinnoitteen tartunnan heikkenemistä. Eristerappausjärjestelmässä rakenteeseen johtuvan kosteusmäärän on oltava mahdollisimman vähäinen, sillä eristerappausjärjestelmien rakenne on toiminnaltaan tuulettumaton ja rakenteen kuivuminen tapahtuu diffuusion vaikutuksella rakenteen läpi. (Lahdensivu ym. 2016, 22–24.) Tällöin rappauskerroksen sekä pintamateriaalien on oltava riittävän vesihöyrynläpäiseviä, että kuivuminen on mahdollista. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että kosteuden liiallinen kulkeutuminen rakenteeseen estetään ja rakenteen kuivuminen mahdollistetaan. (Lahdensivu ym. 2005, 105.) Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi on kiinnitettävä erityistä huomiota työnaikaiseen suojaukseen, rappauksen halkeilun hallintaan, liitoskohtien tiiveyteen sekä hyvin vesihöyryä läpäisevien pinnoitteiden ja laastien valintaan. Työnaikaisella sääsuojauksella voidaan tehokkaimmin ehkäistä rakenteeseen rakennusaikana kertynyttä kosteutta. (Lahdensivu ym. 2016, 23–24.)

Rappauksen halkeilua pyritään pienentämään rappauksen verkoituksella, liikunta-saumoilla ja rappauskerroksien paksuuksilla. Eristerappausjärjestelmien liitokset tulee toteuttaa siten, että niissä tapahtuvien liikkeiden takia rappaukseen ei aiheudu ylimääräistä rasitusta. (Lahdensivu ym. 2016, 24.)

Eristerappauksen pintarappaus- tai pinnoitemateriaalit vaikuttavat merkittävästi rakenteen ja rappauksen kastumis- sekä kuivumisolosuhteihin. Ohutrappaus- ja paksurappauseristerajärjestelmissä käytetään erityyppisiä laastimateriaaleja, joten on huomioitava, että ne toimivat kosteusteknisesti eri tavoin. (Lahdensivu ym. 2016, 24.)

Ohutrappauseristerajärjestelmässä laastit muodostavat melko yhtenäisen ja kohtalaisen vesitiiviin kerroksen. Erityisesti ohutrappauseristerajärjestelmissä käytetään heikosti vettä imeviä, polymeerejä sisältäviä sementtilaasteja, jonka pintarakenteeseen muodostuu saateella vesikalvo. Tämän vesikalvon vuoksi rakenteeseen saattaa haitallisin määrin imeytyä vettä rakenneliitoksista, halkeamista tai rakennusosista. Vesikalvo liikkuu julkisivunpinnalla tuulenpainen vaikutuksesta. (Lahdensivu ym. 2016, 24–25.)

Paksurappauseristerajärjestelmissä rappauksessa käytetyt laastit ovat yleisesti kalkkisementtilaasteja, joka vahvistetun rappausverkon avulla muodostaa lämmöneristeen päälle levymäisen rakenteen. Kalkkisementtilaasteilla toteutettu rappauskerros on huokoinen ja kapillaarinen, jolloin se pystyy imemään melko paljon vettä. Vesisateen seurauksena rappauskerroksen huokostila täyttyy vedellä, joka voi muodostaa rakenteeseen vesikalvon. Rakenteessa olevan vesikalvon kautta vesi voi kulkeutua halkeamista ja epätiiviydistä liittymistä seinärakenteen lämmöneristetilaan. Kyseinen rakenne kuitenkin

kuivuu sateen jälkeen suhteellisen nopeasti, koska rappauksen pinnassa ei yleensä ole vesihöyryn haihtumista hidastavaa pinnoitetta. (Lahdensivu ym. 2016, 24–25.)

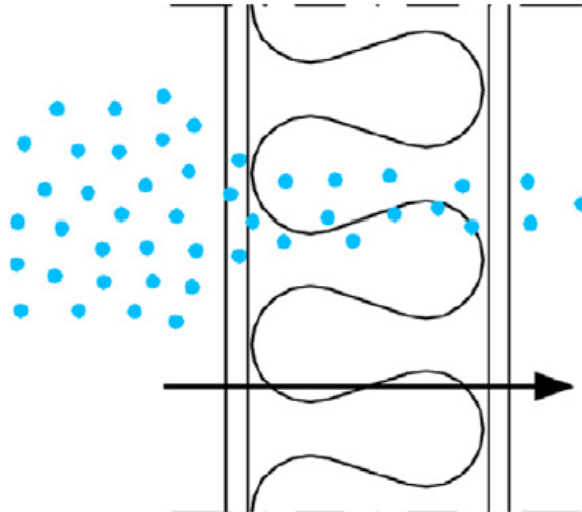
Useimpien rakenteiden pahimpana rasiustekijänä pidetään eri muodossa olevaa kosteutta. Merkittävimmät kosteuslähteet ovat sade, ulkoilman kosteus sekä pinnoille tiivistyvä kosteus. Kosteuslähteinä voivat myös olla sisäilman kosteus, rakennuksessa käytettävä vesi, maaperän kosteus eri muodossa sekä erilaiset vuotovedet. (Lahdensivu, Köliö, Pakkala & Koskinen 2019, 15.)

Julkisivuun kohdistuva viistosade on merkittävä seinärakenteeseen kohdistuva kosteusrasitustekijä, joka rasittaa erityisesti avoimilla paikoilla sijaitsevia räystäättömiä tai lyhytystäisiä korkeita rakennuksia. Kosteusrasitusta voi lisätä myös käyttövesivuodot, maaperän kosteus, kattovuodot sekä pintavedet. Saderasitustasoon vaikuttaa merkittävästi sateen määrä sekä tuulen suunta sadesään aikana. Sademäärät ja tuulen nopeudet sateen aikana ovat rannikkoalueella selvästi korkeampia kuin sisämaassa, joten rannikkoalueella oleviin julkisivuihin kohdistuu merkittävästi suurempi kosteusrasituksia kuin sisämaassa oleviin julkisivuihin. (Lahdensivu ym. 2019, 16.) Viistosade rasittaa eniten etelä-, kaakkois- ja lounaisjulkisivuja (Pakkala 2016, 40–41; Lemberg 2019a, 40). Kvan- den (2018; Lemberg 2019a, 40) mukaan alueilla, joissa on todettu voimakkainta viistosaderasitusta, on myös eniten eristerapattujen julkisivujen kosteusvaurioita. Lembergin (2019a, 42) mukaan suurin osa vapaasta viistosateesta kohdistuu eteläsuuntaisille julkisivuille ja Etelä-Suomen rannikolla sademäärät voivat olla 4-kertaiset verrattuna rakennuksen pohjoisjulkisivuun. Lembergin (2019a, 42) mukaan syksyisin ja talvisin viistosade kohdistuu selvemmin eteläjulkisivuille, kun taas kesäisin viistosade jakaantuu suhteellisen tasaisesti kaikille julkisivuille. Talvisin Etelä-Suomen rannikkoalueilla eteläjulkisivuun kohdistuva viistosaderasitus voi olla lähes 30-kertainen verrattuna pohjoisjulkisivuun. (Lemberg 2019a, 42.) Rakennuksen mikroilmasto vaikuttaa myös huomattavasti rakennuksen julkisivun kohdistuvaan viistosademäärään, joita aiheuttava esimerkiksi teiden ja katujen kautta syntyneet tuulitunnelit, joissa tuulen nopeus kasvaa (Siikanen 2014, 10–11; Lemberg 2019a, 43).

Ilmassa olevien vesimolekyylien keskinäisten törmäyksien vuoksi vesihöyryn pituuserot pyrkivät tasaantumaan. Kyseistä kosteuden siirtymistä kutsutaan diffuusioksi. (Pitkä-ranta & Laamanen 2016, 113). Materiaalin vesihöyrynvastus ja ilman vesihöyryn osapaine-ero vaikuttaa diffuusion. Vesihöyryvastukset vaihtelevat paljon eri materiaalien välillä, kuten esimerkiksi muovikalvon vesihöyrynvastus, joka on 1 000 kertaa suurempi kuin mineraalivillalla. Materiaalien läpäisemän kosteusvirran tiheys vaihtelee myös

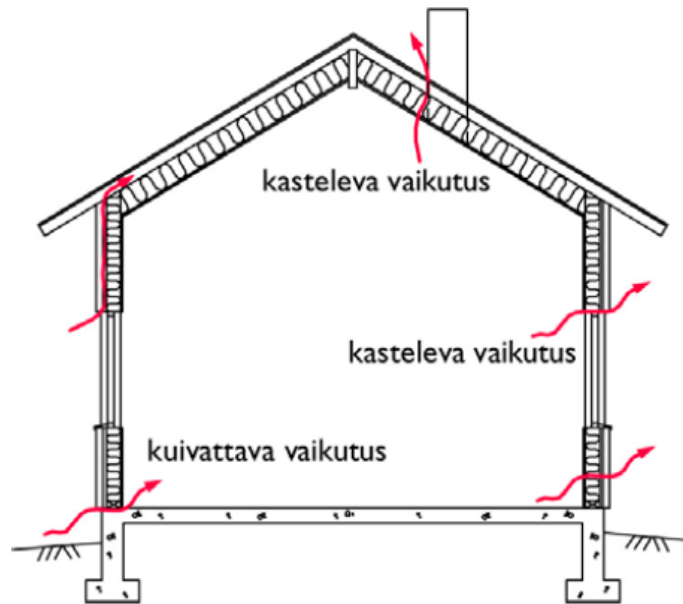


merkittävästi eri materiaalien välillä. (Pitkäranta 2016, 114.) Kuvassa 4 on esitetty diffuusion periaate, jossa vesimolekyylien määrä pyrkii tasaantumaan vasemmalta oikealle.



Kuva 4. Periaatekuvaus vesihöyryn siirtymisestä diffuusiolla. Siniset pisteet kuvaavat vesimolekyyliä, jotka siirtyvät diffuusiolla nuolen osoittamaan suuntaan (Pitkäranta 2016, 113).

Rakenteen yli vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta johtuvaa ilmavirtausta kutsutaan konvektioksi. Konvektiossa ilma virtaa paine-eron vaikutuksesta eli suuremmasta paineesta pienemmän paineen suuntaan. Rakennuksen painesuhteet syntyvät ilmanvaihdon, tuulen sekä ilman lämpötilaerojen vaikutuksista. Kosteuden siirtymistä ilmavirran mukana kutsutaan kosteuskonvektioksi. Kosteuskonvektio aiheuttaa rakenteeseen myös kuivausta, mikäli ilmassa on kyllästysvajausta tai ilma lämpenee virratessa rakenteen läpi. Kosteuskonvektio voi rasittaa rakennetta kriittisesti, mikäli ilma jäähtyy kulkiessa rakenteen läpi. Rakenteeseen tiivistyy kosteutta, jos ilma jäähtyy rakenteessa alle kastepisteen. Kuvassa 5 on esitetty konvektion vaikutusta pientalon rakenteiden kuivumiseen ja kastumiseen. Konvektiosta aiheutuvien ilmavirtauksien suuntaukset voivat tietyissä tilanteissa olla myös toisinpäin kuin esitetyssä kuvassa. (Pitkäranta 2016, 115–116.)



Kuva 5. Konvektion vaikutus pientalon vaipparakenteiden kastumiseen ja kuivumiseen (Pitkäranta 2016, 113).

Sisäilman ja ulkoilman kosteus voi otollisissa olosuhteissa aiheuttaa rakenteisiin vesihöyryn kondensoitumista diffuusion tai kosteuskonvektion vuoksi (Lemberg 2019a, 43).

Eristerappausjärjestelmän rakenteen tulee toimia siten, että lämmöneristetilaan päässyt vesi pääsee hallitusti poistumaan rakenteesta eikä kosteustuotto pääse aiheuttamaan rakenteeseen liiallista kosteusrasitusta. Eristerappausjärjestelmissä käytetty jäykkä mineraalivilla tai solumuovilämmöneristeet eivät ime kapillaarisesti vettä. Mineraalivilla on lämmöneristeenä hyvin vesihöyryä läpäisevä ja rakenteen kuivuminen edellyttää, että myös rappauserkerros on toteutettu hyvin vesihöyryä läpäisevillä materiaaleilla. Mineraalivillalla toteutetuissa eristerappausjärjestelmissä lämmöneristetilaan päässyt kosteus pääsee diffuusiolla tapahtuvan kuivumisen lisäksi kulkemaan painovoimaisesti alaspäin. Muovipohjaisissa lämmöneristeissä rakenteeseen tunkeutunut vesi pääsee kulkeutumaan ainoastaan saumakohdista painovoimaisesti alaspäin. Muovipohjaiset lämmöneristeet eivät juurikaan ime vettä, joten poistettava kosteusmäärä on vähäisempi kuin mineraalivillapohjaisella seinärakenteella, mutta muovipohjaisen lämmöneristeen melko suuren vesihöyrynvastuksen vuoksi kyseinen seinärakenne kuivuu hitaammin. Työnaikaisella sääsuojauksella voidaan ehkäistä tehokkaimmin kosteuden tunkeutumista rakenteeseen. (Lahdensivu ym. 2016, 24.)

### 2.2.3 Jäätyminen, sulaminen ja lämpötilavaihtelut

Eristerappausjärjestelmällisen julkisivun rappaukseen aiheutuu rasitusta pakkasesta, joka rasittaa erityisesti kosteusalttiita ja huokoisia rakenteita. Pakkasrasitus kohdistuu voimakkaimmin rakennuksiin, joihin kohdistuu voimakkaita viistosaderasituksia, rakennuksiin, jotka sijaitsevat rannikolla ja alueihin, joissa jäätymis-sulamissykliä on suuri. (Lahdensivu ym. 2016, 23.) Julkisivuun kohdistamaa pakkasrasitusta kuvataan jäätymis-sulamissykleinä. Jäätymis-sulamissyklejä kuvataan, kun lämpötila laskee tiettyyn pakkaslämpötilan ja nousee takaisin 0°C:seen (Lemberg 2019a, 45). Rappausrakenteiden pienissä huokoisissa rappausrakenteissa jäätyminen tapahtuu, vasta lämpötilan laskiessa selvästi pakkasen puolelle (Pigeon & Pley 1995, 3–4; Lemberg 2019a, 45).

Rappaukseen aiheutuu mekaanista rasitusta erilaisten lämpöliikkeiden sekä rakenteeseen tapahtuvien epätasaisten lämpötilanvaihteluiden vuoksi. Rakenteen lämpöliikkeet sekä rakenteeseen kohdistuvat epätasaiset lämpötilanvaihtelut aiheuttavat rakenteeseen tasosuuntaisia siirtymiä korkeus- ja pituussuunnassa. Mikäli rappausrakente ei pääse kyseisessä suunnassa liikkumaan vapaasti, syntyy siihen yleensä halkeamia (Lahdensivu ym. 2005, 46). Lembergin (2019a, 48) mukaan ulkoilman lämpötilat voivat Suomessa vaihdella alle -50°C:sta +40 °C:seen. Lämpötilavaihtelu voi olla vuoden jokaisena kuukautena jopa yli 30 °C. Julkisivupintoihin kohdistuu korkeita lämpötiloja auringon säteilyn absorptiosta.

### 2.2.4 UV-säteily

Ultravioletti- eli UV-säteilyä syntyy atomien ulkoelektronikuorilla tapahtuvien siirtymien seurauksena, ja se on lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä. UV-säteilyn merkittävin lähde on aurinko (Inkinen, Manninen & Tuohi 2002, 331). UV-säteily heikentää orgaanisten materiaalien ominaisuuksia, joten sen vaikutukset ovat nähtävissä muun muassa orgaanisilla pinnoitteilla tehdyissä julkisivuissa. UV-säteily aiheuttaa myös epäorgaanisissa maaleissa värien haalistumista sekä se heikentää elastisten saumamassojen muodonmuutosominaisuuksia. Lämmöneristeiden suojaamattomat pinnat vanhenevat UV-säteilyn vaikutuksesta, jolloin rappauslaastien tartunta eristeeseen voi vaarantua, mikäli pintaa ei käsitellä ennen rappauksien aloittamista (Lahdensivu ym. 2016, 23).

UV-säteilyn voimakkuuteen vaikuttaa auringon sijainti taivaalla, pilvisuus, maan tai meren heijastavuus sekä otsonimäärä ilmakehässä (Lemberg 2019a, 49). Kesäisin UV-säteily on Suomessa suurimmillaan auringon korkeuskulman vuoksi (Ilmatieteenlaitos, 2011).

### 2.2.5 Ilmansaasteet ja epäpuhtaudet

Ilmansaasteiden sisältämä rikki aiheuttaa hapoksi muodostuessaan julkisivuun syövyttävän vaikutuksen (Takala–Karppanen 2018), joka vaurioittaa erityisesti rappauksessa mahdollisesti käytettyjä kalkkilaasteja (Silvennoinen & Pyy 1988, 10–14; Lemberg 2019a, 50). Lembergin (2019a, 50) mukaan rikkipäästöt ovat vähentyneet 2000-luvulla, jonka vuoksi ne eivät enää nykyisin ole merkittävänä rasiustekijänä nykyisissä julkisivujärjestelmissä. Näiden lisäksi katu- ja siitepöly kuuluvat ilman epäpuhtauksiin (Lemberg 2019a, 50).

### 2.2.6 Pakkovoimat

Pakkovoimien myötä eristerapatun julkisivun rappauskerrokseen aiheutuu jännityksiä. Jännitykset aiheutuvat, kun rappaukseen kohdistuva liike on estynyt esimerkiksi kiinnityksen, rakenneliittymien tai rakenteeseen liittyvien läpivientien tai varusteiden vuoksi. Pakkovoimia voi syntyä lämpö- ja kosteusliikkeistä, rappauksen painumisesta tai laastien kutistumisesta. (Lahdensivu ym. 2016, 25–56.)

Rappaukseen kohdistuu jännityksiä myös lämmöneristekerroksen ja kantavan alusrakenteen liikkeistä sekä listojen ja profiilien lämpöliikkeistä. Lämmöneristekerroksen ja alusrakenteen venyminen aiheuttaa rappaukseen vetojännityksiä, kuin taas alustan puristuminen aiheuttaa puristusjännityksiä. (Lemberg 2019a, 49–50.)

Paksurappauseristejärjestelmän paksun rappauskerroksen epätasainen kuivumiskutistuma aiheuttaa eroja rappauskerroksen sisä- ja ulkopinnan välillä. Rappauksen kuivumissa ulkopinnan ja sisäpinnan kuivuminen ei tapahdu samanaikaisesti, jolloin rappauksen nurkka-alueet pyrkivät nousemaan. Tällöin mekaaniset kiinnikkeet estävät liikettä ja rappauksen ulkopintaan syntyy vetojännityksiä. (Lahdensivu ym. 2016, 26.)

Rappaukseen aiheutuu pakkovoimia myös lämmöneristeen ja rappauskerroksen oman painon aiheuttamasta painumisesta, joka on huomattavaa etenkin

paksurappauseristejärjestelmissä (Lahdensivu ym. 2016, 63). Paksurappausrakenteen omapaino on tyypillisesti  $0,6 \text{ kN/m}^2$ , kun taas ohutrappausrakenteen omapaino on luokkaa  $0,2 \text{ kN/m}^2$  (Lahdensivu ym. 2016, 22). Painumiseen vaikuttavat muun muassa lämmöneristekerroksen paksuus ja jäykkyysominaisuudet sekä kiinnityshakojen kulma. Mitä suurempi kiinnityshakojen kulma on, sitä vähemmän rappaus painuu. Rappaus painuu myös vähemmän, mitä jäykempiä lämmöneristeet ovat ja mitä pienempi lämmöneristekerroksen paksuus on. Rappauksen painumista aiheuttaa myös, jos rakenteessa on useampi erillinen lämmöneristekerros. (Lahdensivu ym. 2016, 63.)

### 2.3 Vauriomekanismit

Eristerappausjärjestelmiin kohdistuu monia erityyppisiä rasituksia, jotka altistavat rakenteet eri vaurioille. Yleisimpiä eristerappausjärjestelmien vauriotyyppejä ovat rakenteiden välisten tartuntojen heikkeneminen, pakkasrapautuminen, kosteustekniset toimivuuspuutteet sekä rappauksen ja pinnoitteen halkeilu. (Lemberg 2019a, 51.)

#### 2.3.1 Rapautuminen

Yksi yleisimmistä eristerappausjärjestelmien vauriomekanismeista on rappauksen rapautuminen, joka tarkoittaa rappauslaastien sisäistä halkeilua (Lemberg 2019a, 54).

Pakkasrapautuminen on julkisivujen merkittävin rapautumismuoto, jossa rappausrakenteessa olevan veden tilavuus kasvaa veden jäätyessä ja aiheuta rasitusta rakenteeseen. Veden tilavuus kasvaa jäätyessä noin 9 %, jolloin jäätyminen aiheuttaa rappauslaastin huokosverkostossa hydraulista painetta. Hydraulinen paine aiheuttaa rappauksen huokosiin sisäisiä jännityksiä, joka altistaa laastin rapautumiselle. (Pigeon & Pleau 1995, 3; Lemberg 2019a, 54.) Pakkasrapautuminen on mahdollista, mikäli rappauslaastiin kohdistuu riittävä kosteus- ja pakkasrasitus. Kyseistä kosteusmäärää kuvataan laastissa olevalla kriittisellä veden kyllästymisasteella. Mikäli veden jäätyessä laastissa olevan veden kyllästymisaste on korkeampi kuin materiaalin kriittinen veden kyllästymisaste, syntyy laastiin vaurioita. (Lemberg 2019a, 54.) Tämän lisäksi pakkasrapautumiseen vaikuttaa laastin vetolujuus, murtovenymä, huokosverkoston rakenne sekä muodonmuutosomaisuudet (Lemberg 2019a, 55). Pakkasrapautumiseen vaikuttaa myös rappauksessa käytetyn pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys (Lahdensivu ym. 2005, 9) ja laastirakenteen huokosverkoston koko, määrä ja niiden jakauma. Pakkaskestävyyttä lisää

polymeerimodifioidut laastit, sillä polymeerit täyttävät laastin huokokset (Chandra & Obama 1994, 130; Lemberg 2019a, 55).

Rappauslaasti voi vaurioitua myös laastin ollessa plastisessa tilassa. Plastisessa tilassa oleva rappauslaasti sisältää runsaasti kosteutta eikä sen lujuus ole vielä kehittynyt, jolloin jäätyminen aiheuttaa laastiin erityisen pahat vauriot. Mineraalivilla-alustaisissa eristerappausjärjestelmien rappausalustaan aiheutuu paikallisia kosteusrasituksia muun muassa rappausalustan tiiviistä vaakasuuntaisista epäjatkuuskohdista. (Lemberg 2019a, 55.)

Rappauskerroksessa alkanut pakkasrapautuminen ei välttämättä näy heti rakenteessa, mutta pitkälle edennyt pakkasrapautuminen näkyy pinnoitteen ja rappauskerroksen irtoamisena, jolloin sen putoaminen aiheuttaa turvallisuusriskin. Pakkasrapautuminen vaurioittaa rappautusta, jolloin rappauksen lujuus heikkenee, eikä se enää sovellu uuden rappauksen alustaksi tai päälle suoritettavaan pinnoituskorjaukseen. (Lemberg 2019a, 55.)

Rappauslaastit voivat rapautua myös kasvillisuuden, kemiallisen rasituksen ja suolanmuodostuksen takia. Alkalisuolojen sisältämät epäorgaaniset sementtilaastit voivat aiheuttaa rappaukseen kiteytymispainetta, joka aiheuttaa laastien rapautumista. (Lemberg 2019a, 55–56.)

Rapautumista tapahtuu myös kemiallisesti epäorgaanisissa laasteissa ilman epäpuhtauksien vaikutuksista, jolloin laastien kalsiumkarbonaatti reagoi ilman epäpuhtauksista tulevan rikkidioksidin tai rikkihapon kanssa, muodostaen kalsiumsulfaattidihydraattia. Kalsiumsulfaattidihydraatin tilavuus on kalsiumkarbonaattia suurempi, jonka seurauksena rappaukseen voi aiheutua rapautumista. (Silvennoinen & Pyy 1988, 21–24; Lemberg 2019a, 56).

### 2.3.2 Plastinen halkeilu

Plastinen halkeilu aiheutuu laastien, kun laasti sitoutuessaan kutistuu. Laasteihin lisättävillä lisäaineilla ja oikeanlaisella runkoainesuhteilla voidaan vähentää plastista halkeilua (Lutz & Bayer 2010, 546, 553, 556; Lemberg 2019a, 54).

Laastien kutistumiseen voidaan vaikuttaa työnaikaisilla olosuhteilla ja jälkihoidolla. Kyseisillä toimenpiteillä on suuri merkitys plastisen halkeilun ehkäisyyn (Kvande 2018, 13;

Lemberg 2019a, 54). Työnaikaisilla olosuhteilla ja jälkihoidolla pyritään estämään muun muassa plastista halkeilua aiheuttavaa laastin liian nopeaa kuivumista (Lahdensivu ym. 2005, 125). Laastien liian nopeaa kuivumista voi tapahtua myös mineraalivilla-alustaisissa eristerappausjärjestelmissä, joissa mineraalivilla absorboi liikaa laastin kosteutta (Kvande 2018, 13; Lemberg 2019a, 54). Lembergin (2019a, 54) mukaan, plastisen kurtistumisen riski kasvaa rappauslaastissa käytettävien hidastimien myötä.

### 2.3.3 Pakkovoimien aiheuttama halkeilu

Luvussa 2.2.6 on käsitelty paikkovoimien rasiustekijät, joista eristerappausjärjestelmän rappauskerrokseen aiheutuu halkeilua.

Laastin vetojännityksen ylittyessä, vetojännitys voi aiheuttaa rappaukseen halkeilua. Halkeamien muodostumiseen vaikuttaa muun muassa laastin muodonmuutosominaisuudet, murtovenymä, vetolujuus ja lasittumislämpötila sekä rappausverkon kestävyys, muodonmuutosominaisuudet ja murtovenymä. Laastien lujuutta heikentää rappauksen työstössä toteutetut puutteelliset esivalmistelut, laastin väärin toteutettu sekoitus, väärät työmenetelmät, puutteellinen jälkihoito tai heikot olosuhteet. (Lemberg 2019a, 51.)

Rappauksessa olevan rappausverkon sijainti, määrä ja liittyminen toisiinsa sekä rappauksen liikuntasaumajako, rappauksen paksuus ja rakenteeseen kohdistuvat jännityspiikit vaikuttavat halkeamien muodostumiseen (Lemberg 2019a, 51). Rakenteet ovat alttiita erilaisille jännityspiikeille, jotka aiheutuvat julkisivussa olevien aukkojen aiheuttamista jännityshuipuista. Näitä jännityshuippuja pyritään rajoittamaan esimerkiksi aukkojen nurkkiin 45°:n kulmaan asennettavilla lisäverkotuksilla. (Lahdensivu ym. 2016, 25.)

Lembergin (2019a, 52) mukaan rappausverkko tulisi nykykäsityksen mukaan sijoittaa rappauskerroksen puolenvälin ja uloimman kolmanneksen väliselle syvyydelle. Tämä ohjeistus käsittää niin ohutrappaus- kuin paksurappauseristejärjestelmät. Mikäli rappausverkon sijainti on rappauksen keskiosan ja sisäpinnan välissä, aiheutuu ulkopinnan puoleiselle osalle venymää, jonka yhteydessä ulkopinta on herkempi halkeamaan. Rappausverkot tulisi limittää toisiinsa vähintään 100 millimetriä.

Halkeamat lisäävät eristerapatuihin julkisivuihin esteettisen haitan lisäksi rakenteelle aiheutuvaa kosteus- ja pakkasrasitusta. (Lahdensivu ym. 2016, 26.)

#### 2.3.4 Materiaalien vanheneminen ja vaurioituminen

Rakennusmateriaalit voivat rasitusten seurauksena vanheta mekaanisesti, fysikaalisesti tai kemiallisesti (Bonten & Berlich 2001, 10; Lemberg 2019a, 69). Eristerappausjärjestelmän valinta vaikuttaa rappauksessa käytettävään rappausverkkoon. Ohutrappauseristejärjestelmissä käytetään muovipinnoitettuja tai muulla tavoin alkalinkestäviä lasikuituverkkoja ja paksurappauseristejärjestelmissä käytetyt rappausverkot ovat kuumasinkittyjä teräsverkkoja. Kuumasinkitys toimii teräsverkon korroosiosuojana, joka voi kuitenkin vaurioitua esimerkiksi verkon käsittelyn yhteydessä, jolloin rappausverkko voi ruostua. Ohutrappauseristejärjestelmien lasikuiturappausverkot vanhentuvat muiden materiaalien joukossa, jonka yhteydessä verkkoon voi aiheutua halkeamien yhteydessä katkeilua. Verkon vauriot vaikuttavat rappauksen halkeamaleveyden kasvuun. (Lemberg 2019a, 69.)

Paksurappauseristejärjestelmän kiinnittämiseen käytetään ruostumattomia mekaanisia kiinnikkeitä. Kyseisiin kiinnikkeisiin ei normaaliolosuhteissa muodostu korroosiota. Ohutrappauseristejärjestelmissä käytetyt kiinnikkeet ovat pääosin muovisia ja ne voivat heikentyä esimerkiksi vanhenemisen takia. Molempien kiinnikkeiden vaurioituminen heikentää rappauksen kiinnittymistä alusrakenteeseen, mikä aiheuttaa turvallisuusriskin. (Lemberg 2019a, 69–70.)

Rakenteessa tapahtuvien sisäisten muutosten seurauksena lämmöneristeen mekaaniset ominaisuudet voivat heikentyä. Auringon UV-säteily sekä muu sähkömagneettinen säteily, lämpö, hapettuminen, vesi ja kemialliset aineet aiheuttaa lämmöneristeisiin vanhenemista. (Bonten & Berlich 2001, 28.) Ohutrappaus- sekä paksurappauseristejärjestelmissä lämmöneristeiden tehtävä on siirtää rappauksesta tulevia kuormia alusrakenteeseen. Tämän vuoksi lämmöneristeiden vanheneminen vaikuttaa rappauksen painumiseen. Ohutrappauseristejärjestelmissä lämmöneristeet ovat kuormien siirtämisessä merkittävässä roolissa, jonka vuoksi niissä lämmöneristeiden vanheneminen aiheuttaa turvallisuusriskin. Lämmöneristeiden vanhenemisen myötä niiden materiaaliominaisuudet heikkenevät. Lämmöneristeen lämmönjohtavuus kasvaa lämmöneristeessä olevan korkean kosteuspiroisuuden vuoksi. (Lemberg 2019a, 69.)



### 2.3.5 Tartunnan heikkeneminen

Rappauksessa olevien rappauskerrosten ja pinnoitteiden välinen tartunta voi heikentyä, mikä aiheutuu rajapintoihin syntyneistä leikkaus- ja vetovoimista. Kyseiset voimat voivat aiheutua muun muassa lämpöliikkeistä tai veden jäätymisestä rakenteessa. Tartunta voi heikentyä myös ohutrappauseristejärjestelmien rappausalustan ja alusrakenteen välillä. Puutteellinen työntoteutus vaikuttaa oleellisesti rappauksen tartunnan heikkenemiseen. Eristerappausjärjestelmässä olevien rakenneosien tartunta voi olla puutteellinen tai tartunta voi heikentyä pinnoitteen ja maalin, rappauskerroksien, rappauksen ja rappausalustan sekä rappausalustan ja alusrakenteen välistä. (Lemberg 2019a, 56.)

Pinnoitteiden ja maalien tartunnan heikkenemiseen ja mahdolliseen irtoamiseen vaikuttavat muun muassa kerrosten alle tai väliin kertyneen veden jäätymisestä aiheutuneet vetojännitykset. Tartunnan heikkenemiseen vaikuttaa myös pinnoitteeseen absorboitunut kosteus. Orgaaniset pinnoitteet ja maalit menettävät lujuuttaan, pehmenevät ja turpoavat, mikäli kosteusrasitus kyseisissä kohdassa on jatkuvaa. Tällöin tartunta pinnoitteiden ja maalien välillä heikkenee ja riittävällä rasituksella haurastumisen yhteydessä pinnoite alkaa irtoilla. (Asp-Lehtinen 1991, 99; Lemberg 2019a, 56.) Irtoaminen esiintyy pinnoitteen tai maalin ja rappauksen väliin muodostuneena rakona, jonka jälkeen maali tai pinnoite irtoaa alustastaan ja tippuu alas (Lemberg 2019a, 57). Vesihöyryä huonosti läpäisevät pinnoitteet kerryttävät kosteutta rakenteeseen helpommin, kuin hyvin vesihöyryä läpäisevät (Lemberg 2019a, 56). Rappauspinnan karheus voi parantaa pinnoitteen tai maalin tartuntaa alustaansa. Pinnoitteen tai maalin karkea runkoaines tai muut aineosat sekä pinnan tartuntaa heikentävät epäpuhtaudet, kuten rasva, pöly ja lika voivat heikentää tartuntaa. Epäorgaanisiin laasteihin kertyvien suolojen aiheuttama kitetympaine aiheuttaa maalin ja pinnoitteen väliin vetojännityksiä. (Asp-Lehtinen 1991, 102; Lemberg 2019a, 57.)

Rappauskerrosten väliin syntyy veto- ja leikkausjännityksiä esimerkiksi veden jäätymisestä. Rappauskerrosten suuret lämpöliikkeet voivat aiheuttaa rappauskerrosten väliin myös leikkausrasituksia (Lemberg 2019a, 57). Rappaustyön epäonnistunut toteutus vaikuttaa merkittävästi rappauskerrosten väliseen tartuntaan. Ohutrappauseristejärjestelmien rappauksen laastikerrosten välinen tartunta voi jäädä heikoksi, mikäli rappauskerrosten välillä ensimmäinen rappauskerros kuivuu tai sitoutuu liikaa ennen toisen rappauskerroksen työstämistä, koska kyseisessä eristerappausjärjestelmässä rappaus tulisi tehdä ”märkää märälle” -periaatteella. Paksurappauseristejärjestelmissä

rappauskerrokset tehdään erillisinä työvaiheena, jolloin rappauskerrokset annetaan sioutua ennen uuden kerroksen työstöä. Kerrosten työstöjen välillä alusta tulee kostuttaa ennen uuden rappauskerroksen levittämistä, ettei aiempi kerros ime kosteutta uuden rappauskerroksen kuivumisen sitoutumiselta eli pohjalaastin hydrataatioreaktiolta. Työstettävän rappauskerroksen pohjan tulee olla myös riittävän karhea. Tartuntaa heikentää myös täyttörappauksen liiallinen hiertäminen, koska tällöin laasti voi erottua (Lahdensivu ym. 2016, 65) tai vaihtoehtoisesti pinnan liian tasaiseksi hiertäminen, jolloin pinnasta tulee liian sielä. Laastikerrosten tartuntaa heikentää käsin levitetystä rappauksesta laastin liiallinen ”vetäminen”, koska käsin levitettyä laastia tulisi työstää enemmän ”lyöden” -menetelmällä. Tartuntaa heikentää myös rappauksen puutteellinen jälkihoito, liian korkea lämpötila, liian voimakas auringonpaiste, tuulisuus tai matala ilman suhteellinen kosteus, jotka vaikuttavat laastikerroksen liian nopeaan kuivumiseen hydrataatioreaktion aikana. (Lemberg 2019a, 58.)

Rappauksen irtoaminen rappausalustastaan on pääosin ohutrappausjärjestelmiin kohdistuva ongelma. Ohutrappausjärjestelmissä rappaus on kiinni lämmöneristeessä usein ainoastaan liima- ja laastikiinnityksellä, jolloin kyseisen rajapinnan tartunnan heikkeneminen muodostaa vakavan turvallisuusriskin. Pahimmillaan rappauksen irtoaminen voi aiheuttaa vetoketjumurron, jossa rappauksen irrotaminen yläosista leviää myös julkisivun alempiin pintoihin. Tartunnan heikkenemistä voi aiheuttaa kyseisen rakennekerroksen rajapintaan kohdistuvat suuret lämpöliikkeet, jotka tuottavat kohtaan leikkausjännitystä. (Lahdensivu ym. 2016, 23.) Tartunnan heikkenemiseen voi vaikuttaa myös verkkoituslaastikerroksen tartunnan puutteellisuus. Tartuntaa heikentää muun muassa rappausalustassa olevat epäpuhtaudet, UV-säteilystä lämmöneristeeseen aiheutuneet vauriot sekä se, että rappausalustaan ei synny kiinnittymistä lämmöneristeeseen kapillaarisen kosteuden imukyvyn puuttuttua. Rappauksen tartuntaa alustaan parantaa muun muassa verkotuslaastin levitys rappausruiskulla. (Lemberg 2019a, 58.)

Eristerappausjärjestelmän irtoaminen voi olla mahdollinen muun muassa ohutrappausjärjestelmissä, joissa ei ole liimalaastin levittämisen yhteydessä käytetty mekaanisia kiinnikkeitä. Rappauksen oma paino voi aiheuttaa liiallista leikkausjännitystä rappauskerroksen ja rappausalustan rajapintaan. Kyseiseen rajapintaan aiheutuu myös vetojännitystä tuulen aiheuttamasta imusta. Alusrakenteen ja lämmöneristeeseen rajapinnan tartunta voi jäädä puutteelliseksi samoista syistä kuin verkotuslaastin tartunta rappausalustaan. (Lemberg 2019a, 59.)

### 2.3.6 Kosteus- ja mikrobivauriot

Kosteus- ja mikrobivaurioita esiintyy melko yleisesti suomalaisessa rakennuskannassa ja on arvioitu, että ne ovat merkittäviä sisäilmaongelmia aiheuttavia tekijöitä. Rakenteisiin ja materiaaleihin syntyy kosteus- ja mikrobivaurioita, jos ne eivät kestä niihin kohdistuvia kosteusrasituksia. Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen kosteutta, ravinteita ja lämpöä. Nämä kolme tekijää määrittävät mikrobikasvuston kehittymisen. Homesienet sekä muut mikrobit kykenevät kasvamaan lähes hyvin monenlaisissa paikoissa ja materiaaleissa. Kasvua näistä kolmesta tekijästä rajoittaa kuitenkin kosteus, eli kosteuden puuttuessa, mikrobit eivät pysty kasvamaan. Rakenteiden mikrobivaurioitumiseen vaikuttaa tarkasteltava materiaali. (Pitkäranta 2016, 14, 101, 127, 133.)

Eristerappausjärjestelmissä kriittisin kohta kosteus- ja mikrobivaurioitumiselle on rappauksen ja lämmöneristeen rajapinta. Betonirunkoisissa eristerappausjärjestelmissä ei esiinny homeita, mikäli sadevesi ei pääse rappauksen taakse eli tilanteessa, jossa rakenteen oletetaan toimivan ideaalisti (Lemberg 2019a, 65). Vinha (2013, 160) tutkimuksessa havaittiin, että paksurappauseristejärjestelmälliset julkisivut altistuvat helpommin mikrobivaurioille, koska niissä pintarappaus on toteutettu kalkkisementtilaasteilla.

Lemberg (2019a, 66) mukaan Olssonin 2013 & 2017 tutkimuksessa havainnoitiin, että eristerappausjärjestelmien rappausrakenteessa olevista halkeamista voi eristetilan sisään tunkeutua jopa kaksi prosenttia julkisivuun kohdistuvasta viistosademäärästä. Lemberg (2019a, 66) mukaan Olssonin tutkimuksessa havaittiin myös, että julkisivun liitokset vuotavat lähes aina. (Olsson 2013 & 2017, Lemberg (2019a, 66) mukaan.) Kyseisessä tilanteessa eristerappausjärjestelmän rakenteisiin kohdistuu liiallista kosteusrasitusta, mikäli rakenteen kuivuminen on liian hidasta. Tällöin muun muassa rappauksen alustalla on otolliset olosuhteet mikrobikasvustolla. Kyseisessä tilanteessa myös rakenteessa olevilla homehtumisluokaltaan herkemmillä materiaaleilla on suuri riski mikrobikasvustolle, kuten esimerkiksi ikkunan puisilla apukarmeilla. (Lemberg 2019a, 66.)

Suomessa yleensä eristerappausjärjestelmien alusrakenteena on betoninen runkorakenne, joka toimii rakennuksen ilmatiiviinä vaippana. Betonirunkoisissa rakennuksissa ilmavuotoa voi kuitenkin tapahtua muun muassa alusrakenteen halkeamista, elementtien tai paikallavaluseinien saumoista sekä ovi- ja ikkunakarmiliittymistä. (Lemberg 2019a, 67.)

### 2.3.7 Betonialusrakenteen halkeamat

Eristerappausjärjestelmän betonialusta tulisi olla ilmanpitävä hyvän sisäilman sekä vähäisen energiankulutuksen vuoksi. Alusrakenteena mahdollisesti käytettyjen betonielementtien väliset juotos- ja laastisaumat tulisi toteuttaa rakennusaikana huolellisesti. Saumavalut tulee toteuttaa tiiviinä ja saumojen valumateriaaleina tulisi käyttää vähän kutistuvia betonimassoja. Ilmantiiveyteen vaikuttaa usein myös ulkoseinärakenteen ja välipohjan liitokset, jotka tulisi tarvittaessa tiivistää erillisenä työvaiheena rakennustöiden ohella. Tämä menetelmä on muun muassa liittymien tiivistäminen siveltävillä vedeneristysmassoilla, jotka vahvistetaan menetelmään soveltuvilla vahvikkeella. (Lahdensivu ym. 2016, 75.)

### 2.3.8 Saumausten ja tiivistysten vauriot

Yleisesti liikuntasauvoja käytetään eristerappausjärjestelmäisessä julkisivussa runkorakenteen liikuntasauvojen kohdilla. Liikuntasauvojen tarpeen määrittää usein rakennesuunnittelija. Yleensä ohutrappauseristejärjestelmässä verkotetun rappauksen muodonmuutoskyky on riittävä kompensoimaan rakennuksen rungossa tapahtuvat liikkeet, jolloin liikuntasaumat toteutetaan lämmöneristerappaukseen ainoastaan rakenteellisten liikuntasauvojen kohdille. Ohutrappaukseen työstetään liikuntasauma kulmahiomakoneella noin viiden millimetrin leveäksi saumaksi. Sauvoja tiivistetään tarvittaessa elastisella saumausmassalla tai paisuvalla saumanauhalla. Yleensä ohutrappausjärjestelmän saumamateriaaliksi suositellaan paisuvaa saumanauhaa. (Lahdensivu ym. 2005, 107.)

Paksurappauseristejärjestelmän halkeilua voidaan rajoittaa sopivan kokoisella kuumasinkityllä verkolla ja siten, että liikuntasaumat mahdollistavat rappausrakenteen liikkeet. Liikuntasaumat tulee olla vähintään 12–15 metrin välein ja ne tulee sijoittaa rungon liikuntasauvojen lisäksi aukollisen seinäpinnan liittyessä umpinaiseen seinään, rakennuksien seinänurkkiin sekä runkorakenteesta läpi tulevien ulokkeiden ympärille. Liikuntasaumat toteutetaan täyttörappauksen jälkeen rakenteeseen sahaamalla koko rappauskerroksen läpi, siten että rappausverkko katkeaa koko liikuntasauvan osalla. Liikuntasauvojen tulisi yleensä olla vähintään kuusi millimetriä leveitä. Rungon ulokkeiden kohdalla liikuntasauvojen tulisi olla vähintään kymmenen millimetriä leveitä.

Paksurappauseristejärjestelmässä saumat jätetään yleensä avoimiksi, mutta saumat voidaan myös tarvittaessa tiivistää samoin menetelmin kuin ohutrappauseristejärjestelmissäkin. (Lahdensivu ym. 2005, 107–108.)

Vaurioituneiden saumamassojen vuoksi rakenteeseen aiheutuu kosteuden tunkeutumista, joka edesauttaa rakenteen vaurioitumista (Lemberg 2019a, 65). Julkisivun keskimääräiset tekniset käyttöiät ovat rakennustietokortin (2008, 7) mukaan jaettu kolmeen rasisuusluokkaan, jotka ovat vaikea, normaali ja kevyt.

### 2.3.9 Pinnoitteiden ja maalien vauriot

Pinnoitteen tai maalien irtoaminen aiheutuu rakennekerrosten väliin kertyneen kosteuden jäätymisestä johtuneiden vetojännityksistä ja pinnoitteeseen absorboituneesta kosteudesta, joka heikentää tartuntaa rakennekerroksen välillä. Orgaanisten pinnoitteiden ja maalien ollessa jatkuvassa kosteusrasituksessa, aiheutuu veden absorboituessa niihin turpoamista ja pehmenemistä, jolloin tartunta rappaukseen heikkenee. Pinnoitteen tai maalin irtoamista voi tapahtua rakenteen jatkuvan kastumisen ja kuivumisen takia. Pinnoitteiden tai maalien materiaaliominaisuudet, kuten pigmentit, sideaineet ja muut aineosat vaikuttavat niiden turpoamis- ja pehmenemisominaisuuksiin. (Asp-Lehtinen 1991, 27, 99, 102; Lemberg 2019a, 56.)

UV-säteily aiheuttaa rappaoksen orgaanisiin pinnoitteisiin ja maaleihin liituuntumista. UV-säteilyn energia pystyy katkomaan useimpia polymeerien välisiä sidoksia. Tämä aiheuttaa pinnoitteiden tai maalien pintaan pölykalvon, jota kutsutaan liituuntumiseksi. Maalin sideaineet sekä pigmentit vaikuttavat nopeuttavalla tavalla pintojen liituntumiseen. (Asp-Lehtinen 1991, 12–13, 100–101; Lemberg 2019a, 59.)

UV-säteily, lämpö- ja kosteusrasitukset aiheuttavat orgaanisia pinnoitteisiin ja maaleihin haurastumista, jonka seurauksena pintamateriaalit alkavat halkeilla, hilseillä, lohkeilla ja kuoriutua. Pinnoitteiden ja maalien sideainerakenteet muuttuvat haurastumisessa kemiallisesti. Pinnoitteiden ja maalien haurastuminen saa aikaan sideainerakenteen kemiallisen vanhenemisen. Sideainerakenteen vanhenemista voi aiheuttaa myös UV-säteilyn muut säteilyn aallonpituuksilla olevat säteilyt, mekaaniset rasitukset, hapot, emäkset, happi, hiilidioksidi, otsoni ja mikrobit. Orgaanisten pinnoitteiden toistuva kastuminen ja kuivuminen lisää haurastumisen riskiä. (Asp-Lehtinen 1991, 11, 102, 103; Lemberg 2019a, 60.)

### 2.3.10 Julkisivun likaantuminen ja muut esteettiset haitat

Sammal-, levä-, jäkälä- tai muuta kasvustoa voi muodostua julkisivupinnoille ilman mukana kulkevien itiöiden takia (Lemberg 2019a, 61). Kasvustoa syntyy herkemmin vaakapinnoille ja niiden läheisyyteen esimerkiksi vedenohjauksen puutteista (Jukkola 1997, 75). Leväkasvustoa esiintyy yleisimmin muualla Euroopassa kuin Suomessa (Lemberg 2019a, 61), koska leväkasvuston muodostuminen paranee korkean kosteuspitoisuuden, korkean lämpötilan, varjostuksen sekä pinnalla olevan orgaanisen lian vuoksi. Julkisivupinnassa oleva kasvusto on yleisesti ainoastaan esteettinen haitta, mutta se kertoo myös julkisivuun kohdistuvasta korkeasta kosteusrasituksesta. (Lemberg 2019a, 61.)

Julkisivupinnoille syntyy härmettä, kun rappausrakenteen sisältämään veteen liuenneet suolat kulkeutuvat kosteuden vaikutuksesta julkisivupinnalle. Kosteuden haihtuessa, julkisivupinnalle kulkeutuneet suolat pääsevät kiteytymään ja pinnoille muodostuu härmettä. (Lemberg 2019a, 67.)

Härmeet ovat julkisivupinnalla näkyviä vaaleita alueita, jotka näkyvät selkeämmin värillisillä julkisivupinnoilla. Lembergin (2019a, 67) mukaan härmeet voidaan jakaa kalkki- ja alkalihärmeeseen.

Alkalihärmettä esiintyy epäorgaanisissa sementtilaasteissa. Alkalihärmettä irtoaa julkisivupinnoilta sadeveden ja tuulen vaikutuksesta, koska alkalihärme liukenee veteen eikä siten kiinnity kovinkaan tiukasti julkisivupintaan. (Lemberg 2019a, 67.)

Laastissa oleva kalsiumhydroksidin reagoi ilman hiilidioksidin kanssa syntyy kalsiumkarbonaattia, eli kalkkikiveä. Julkisivun härmeksi kiteytynyt kalkkikivi eli kalkkihärme on vaikea irrottaa julkisivun pinnalta. Kalkkihärme ei myöskään liukene veden vaikutuksesta. (Lahdensivu ym. 2005, 51.)

Härmeen työnaikaista muodostumista voidaan ehkäistä muun muassa kiinnittämällä huomiota työnaikaisiin olosuhteisiin (Lahdensivu ym. 2016, 67–68). Korkea ilman suhteellinen kosteus, matala lämpötila ja alustan korkea kosteuspitoisuus kasvattaa härmeen muodostumisen riskiä (Lemberg 2019a, 67).

Rakenteeseen muodostunut härme aiheuttaa ainoastaan esteettistä haittaa. Härmeen muodostumiseen tarvitaan kosteutta, joten näkyvä härme kertoo rakenteen korkeasta kosteuspitoisuudesta.

Julkisivupinnasta voi tulla kirjava, jos käytetään värillisiä epäorgaanisia pinnoitteita. Julkisivussa esiintyvä kirjavuus näkyy selkeämmin tummemmilla julkisivupinnoilla. Kirjavuuteen vaikuttaa yleisesti työmenetelmät ja työnaikaiset olosuhteet, kuten alustan matala kosteuspitoisuus ja korkea lämpötila. Myös alustan kosteuspitoisuuden vaihtelut ja epätasainen imu kasvattaa kirjavuusriskiä. Kirjavuus on julkisivupinnoilla ainoastaan esteettinen haitta. (Lemberg 2019a, 68.)

Huonosta työnsuorituksesta voi pinnoitteeseen syntyä harvarakeisuutta, jonka vuoksi rappauskerrokseen voi sadevesistä aiheutua ylimääräistä kosteuden imeytymistä (Lemberg 2019a, 70).

### 2.3.11 Ihmisten ja eläinten aiheuttamat vauriot

Eristerappausjärjestelmiin voi aiheutua ihmisistä tai eläimistä aiheutunutta mekaanista rasitusta. Lembergin (2019a, 62) mukaan muun muassa linnut ovat aiheuttavat ohutrappauspauseristejärjestelmiin vaurioita.

Rappauksen kestävyys vaikuttaa rappauskerroksen paksuus, laastin leikkaus- ja vetolujuus, rappausalustan jäykkyys ja rappausverkon vetokestävyys. Rappaukseen aiheutuneet mekaaniset vauriot aiheuttavat julkisivuun esteettistä haittaa sekä kasvattavaa seinärakenteen kosteusrasitusta (Lemberg 2019a, 62).

## 2.4 Ylläpito

Eristerappausjärjestelmällisen julkisivun vesitiiveydestä huolehtiminen on keskeinen tekijä rakenteen pitkäikäisyyden kannalta, joka käsittää kaikkien julkisivuun liittyvien yksityiskohtien kuten saumausten, tiivistysten ja pellitysten kunnan huolehtimisesta ja tarvittaessa korjaamista tai uusimista ennen kuin rakenteeseen pääsee aiheutumaan liiallista vuotoa. Julkisivua tulisi tarkastella heti sateen jälkeen, jolloin vesivalumat ovat helppoja todeta julkisivussa erotettavissa olevina tummentumina. (Lahdensivu ym. 2016, 128.) Rappauspintaiseen julkisivuun syntyy läikikkyyttä ja juovia veden kuljettamasta pölystä ja liasta, jotka imeytyvät valuma-alueen pintaan sekä värimuutoksia esimerkiksi yksityiskohtien virheellisistä materiaalivalinnoista (Lahdensivu ym. 2005, 152).

Kiinteistön kunnan valvonta ja seuranta ovat kiinteistönomistajan vastuulla. Kiinteistönomistajan vastuuseen kuuluu muun muassa julkisivujen ja niihin liittyvien detaljien

kunnon ja toimivuuden seuraaminen sekä reagoiminen mahdollisten vikojen tai puutteiden korjaamiseen. (Lahdensivu ym. 2016, 128–129.)

Rappauspintaisten julkisivujen puhdistusmenetelmiin vaikuttaa rappauksen koostumus ja pintakäsittely. Puhdistuksen on nykypäivänä tarjolla monenlaisia puhdistusmenetelmiä sekä aineita ja esimerkiksi kalkilla maalatut pinnat vaativat erilaisen puhdistuksen kuin orgaanisella tai silikaattimaalilla maalatut pinnat. Kiinteistön julkisivussa käytetyt materiaalit ja menetelmät tulisi kirjata kiinteistön huoltokirjaan tulevia huolto- ja korjaustoimenpiteitä varten. (Lahdensivu ym. 2016, 129, 153.) Pintojen pesuun ja tahranpoistoon on haettava luonnolliset rajat, ettei julkisivupintaan muodostu helposti ympäristöstä poikkeavia alueita.

Rakennustiedon (2008, 6–7) mukaan kolmikerros- ja ohutrappauksen julkisivupintoja tulisi tarkastella viiden vuoden välein ja huoltomaalaukset tulisi suorittaa 10–20 vuoden välein. Elastisille saumoille on myös annettu RT-kortissa keskimääräiset tekniset käyttöiät. Eristerappausjärjestelmään liittyviä pintoja ja rakenteeseen liittyviä muita osia ja liittymiä tulee tarkoin tarkastella ja huoltaa niihin liittyvien ohjeiden, kuntoarvioiden ja mahdollisten kuntotutkimusten mukaisesti. Rakennuslehden (2020, 16) mukaan ohutrappauksella voidaan saavuttaa noin 30 vuoden elinkaari, mikäli julkisivua huolletaan oikein. Oikein huoltaminen käsittää muun muassa julkisivun tarvittavat huolto-, pesu- ja maalaustoimenpiteet.

Rappauspintaan tehdyt graffitit tai töhryt ovat yleensä tehty liuotinpohjaisilla maaleilla, jolloin ne tunkeutuvat rappausrakenteen pintahuokosiin. Töherryksiä voidaan poistaa jälkeinpäin kuivahiekkapuhallusmenetelmällä, jossa töherrykset voidaan poistaa hyvin pientä painetta käyttäen. Kyseinen puhdistus vaatii yleensä erikoislaitteet sekä -osaamisen. Poistamalla töherrykset esimerkiksi perinteisellä vesihiekkapuhalluksella aiheuttaa rappauksen tai maalipinnan rikkoutumisen. Töherryksiä sekä julkisivupintojen likaantumista pyritään ehkäisemään niin kutsutulla uhripinnalla eli suojakäsittelyllä, joka muodostaa rappauspinnalle suojakalvon. Tämä suojakalvo voidaan poistaa esimerkiksi pesemällä tai irrottamalla pinnoite mekaanisesti. Suojakäsittelyn soveltuvuus tulee kuitenkin aina selvittää kohdekohtaisesti, koska suojakalvo voi vaikuttaa esimerkiksi rakenteen rakennusfysikaaliseen toimintaan tai kalvoa poistaessa voi rakenteeseen aiheutua suurta kosteus- tai mekaanista rasitusta. (Lahdensivu ym. 2005, 154.) Julkisivuja voidaan myös suojata seinäpintojen vierustaan toteutettavilla esteillä, jotka vähentävät rappauspintoihin kohdistuvia iskuja. Julkisivuun kohdistuu iskuja pääosin alimman kerroksen sekä parvekkeen taustaseinien osille. (Lahdensivu 2016a, 22.)



Kiinteistöön liittyviin korjaustöihin varautuminen riittävän pitkällä aikavälillä on teknisesti ja taloudellisesti suunnitelmallista ja hyvää kiinteistönpitoa. Kiinteistönpitoon kuuluu jatkuva hoito ja ylläpito sekä säännölliset kuntoarviot ja niitä täydentävät kuntotutkimukset. (Lahdensivu ym. 2019, 7.)

## 2.5 Kuntotutkimus

Julkisivun kuntoa ja korjaustarvetta tutkitaan kohteeseen suoritettavalla kuntotutkimuksella, jonka tuloksien perusteella valitaan rakennukseen soveltuvat korjausmenetelmät (Lahdensivu ym. 2015, 78). Kuntotutkimukset ovat merkittäviä korjausmenetelmien valintaa ja laajuutta koskevissa hankesuunnitteluvaiheen päätöksissä. Mikäli kuntotutkimukset on tehty riittävän ajoissa, voidaan sillä ennakoita tulevaa korjaus- tai suojaustarvetta. Lisäksi sillä voidaan välttää yli- tai alikorjaamista. (Lahdensivu ym. 2019, 7.)

Kiinteistön silmämääräiseen tarkastukseen perustuvaa suuntaa antavaa rakenteen kunnosta ja korjaustarpeesta arviota kutsutaan kuntoarvioksi. Kiinteistöön liittyvään korjaamisen suunnitteluun tai toteutukseen ei tule ryhtyä pelkän kuntoarvion pohjalta, vaan kuntoarvion lisäksi tarvitaan lähes poikkeuksetta kuntotutkimus. (Lahdensivu ym. 2019, 7.)

### 2.5.1 Kuntotutkimuksen suunnittelu

Kuntotutkimus käynnistyy usein esiselvittelyvaiheesta, jossa tarkastellaan olemassa olevat suunnitteluasiakirjat sekä suoritetaan kohteen silmämääräinen yleistarkastus. Kyseisten tietojen avulla pyritään arvioimaan kohteen rakennetyyppien vaurioalttiutta, vaurioiden määrää, sijainteja sekä kohteen rasitustasoa. Tietoja voidaan käyttää tutkimussuunnitelmassa. Usein ennen kuntotutkimusta on hyvä suorittaa kohteen esiselvitysvaihe ja tutkimussuunnitelma, joka edellyttää käytännössä konsultille erillistä palkkion maksamista. (Lahdensivu ym. 2019, 56.)

### 2.5.2 Kuntotutkimusmenetelmät

Kuntotutkimuksessa pyritään muodostamaan käsitys rakenteen mahdollisista toimivuuspuutteista sekä rakenteessa mahdollisesti esiintyvistä vaurioista. Kuntotutkija tutkii

rakenteiden mahdollisia toimivuuspuutteita tai vaurioiden syitä, tilaa, etenemistä sekä niiden vaikutuksia muun muassa seuraavin menetelmin:

- tutustumalla kohteen asiakirjoihin ja piirustuksiin sekä keräämällä havaintoja kiinteistöön liittyviltä henkilöiltä
- tarkastelemalla kohdetta silmämääräisesti
- tekemällä tutkimukseen liittyvät kenttätutkimukset
- teettämällä tutkimukseen liittyvät laboratoriotutkimukset. (Lahdensivu ym. 2019, 83.)

Kuntotutkimuksiin liittyvillä kenttätutkimuksilla saadaan tarkempi käsitys rakenteen vaurioiden laajuudesta kuin esimerkiksi silmämääräisellä tarkastelulla. Tutkimuksissa tehdyt silmämääräiset sekä kenttätutkimushavainnot ja näytteenottoaikat merkitään julkisivun vauriokarttaan ja mittaustulokset kirjataan muistioon. (Lemberg 2019a, 123.)

Eristerappauksen pintakäsittelyn kuntoa tarkistetaan pääasiassa silmämääräisesti, jolloin katselmoidaan julkisivussa näkyviä halkeamia ja pintojen hilseilyä (Lahdensivu ym. 2019, 96). Rappausta voidaan silmämääräisen tarkastelun lisäksi myös tarkastella pintaa kevyesti raaputtamalla tai koputtamalla kevyellä mutta kovalla esineellä kuten vasaralla. Pintaa raaputtamalla tai vasaroimalla havainnoidaan rappausrakenteen näkymättömiä vaurioita. Näistä merkittävimpiä vaurioita on muun muassa pakkasrapautuminen sekä pinnoitteen ja pintalaastin alkanut irtoaminen. (Lemberg 2019a, 123.) Pakkasrapautuman kartoittaminen raaputtamalla tai koputtamalla voi eristerappausjärjestelmässä rakenteissa olla haasteellista, jonka vuoksi kartoittaminen kannattaa painottaa etenkin halkeamien, vuotavien liitosten ja eniten kosteusrasitetuille alueille. Eristerappausjärjestelmässä kosteusrasitetuimpia alueita ovat muun muassa julkisivun yläosat, mineraalivilla-alustaisissa eristerappausjärjestelmissä julkisivun alaosat ja sokkelin yläpuoliset osat. Rappauksen lujuuden tutkimiseen voidaan käyttää myös teräviä esineitä, jolloin rappausta painamalla, esine uppoaa helpommin heikomman lujuuden omaavaan rappaukseen. (Lahdensivu ym. 2016, 27.)

Eristerappausjärjestelmässä olevia halkeamia voidaan tutkia ja mitata pienellä suurennuslasilla, jota kutsutaan luupiksi. Luupissa olevalla mitta-asteikolla voidaan selvittää rappauksen halkeiluluokka. Halkeiluluokan tarkastelu tulee suorittaa yli 0°C lämpötilassa ja siinä tarkastellaan muun muassa halkeamien pituuksia ja esiintymistiheyttä. (Lahdensivu ym. 2016, 27.)

Julkisivussa olevaa kohonnutta kosteuspitoisuutta voidaan tutkia lämpökamerakuvauksella tai pintakosteusindikaattorilla (Lemberg 2019a, 124). Lämpökamerakuvaus on tehokas kuntotutkimusmenetelmä, koska sitä voidaan käyttää tutkimuksen yhteydessä eri vaurioiden analysointiin ja sillä voidaan kohdentaa näytteenoton ja rakenneavauksen kohtia (Amaro 2014, 520; Lemberg 2019a, 125). Lembergin (2019a, 124–125) mukaan lämpökamerakuvaus vaatii ammattitaitoa sekä oikeat sääolosuhteet. Otollisimmat olosuhteet lämpökamerakuvauksille on useimmiten marraskuun alusta huhtikuun loppuun. Pintakosteusindikaattorin antamalla lukuarvoilla voidaan kartoittaa rappauserroksista paikallisesti suurempia kosteuspitoisuuksia, joita kuntotutkijan tulisi tarkemmin tutkia. Pintakosteusindikaattori ei kuitenkaan kerro rakenteen sisältämästä todellisesta kosteudesta (Lemberg 2019a, 124), vaan sillä mitataan materiaalien sähkönjohtavuutta. Kosteusindikaattorilla mitattaessa tulee huomioida, että kosteuden lisäksi mittari reagoi sähkönjohtavuuden vuoksi myös rakenteen sisässä oleviin teräksiin, lämmityskaapeleihin, vesijohtoputkiin sekä materiaalien koostumuksiin ja pintarakenneosien muutoksiin. Pintakosteusilmaisimen lukemat ovat aina suuntaa antavia ja poikkeavat lukemat tulee tarvittaessa tarkastaa rakennekosteusmittauksin. (Pitkäranta 2016, 53.)

Orgaanisten ja epäorgaanisten pinnoitteiden sideaineita voidaan tutkia kemiallisen analyysin avulla. Tämän lisäksi epäorgaanisten pinnoitteiden sideaineita voidaan myös tutkia ohuthieanalyysillä. (Lemberg 2019a, 124.)

Ohutrappauseristejärjestelmän pinnoitteen ja rappauserrosten välistä tartuntaa voidaan tutkia ulosvetokokeella (Lemberg 2019a, 124) ja iskunkestävyyttä heiluritestillä. Ulosvetokokeessa vetokappaletta vedetään vetomurtoon saakka, jolla määritellään, onko rakenteen vetomurtolujuus riittävä. Ulosvetokokeella voidaan arvioida muun muassa rappauksen pakkasrapautumista (ETAG 004, 2013, Lemberg 2019a, 124). Heiluritesti on esitetty ETAG 004 -ohjeessa, jossa määritetään eri painoisten teräspallojen heilauttaminen eri korkeudesta (ETAG 004, 2013, 38; Lemberg 2019a, 124).

Eristerappausjärjestelmän rakenteisiin voidaan tehdä rakenneavauksia rakenteen toteutuksen, kunnon ja mahdollisten vaurioiden selvittämiseksi. Rakenneavauksista voidaan tutkia mekaanisten kiinnikkeiden asennuskulmaa, kuntoa sekä lämmöneristeiden kiinnittymistä alusrakenteeseen. (Lemberg 2019a, 127.) Kuntotutkimuksen yhteydessä tutkitavista rakenteista otetaan myös näytteitä laboratoriotutkimuksia varten (Lahdensivu ym. 2019, 100). Näytteiden avulla saadaan tarkempaa tutkimustietoa muun muassa vaurioon vaikuttavista tekijöistä sekä rappauksen kunnosta ja mahdollisista vaurioista. Näytteenotolla saadaan tietoa myös rappausalustan kunnosta, paksuudesta sekä

lämmöneristetilan todellisesta kosteuspitoisuudesta. (Lemberg 2019a, 125.) Näytteenotolla voidaan selvittää myös rakenteissa olevia asbesti- ja haitta-aineita sekä lämmöneristetilan mikrobipitoisuuksia. Näytteenoton ja rakenneavausten kohdat tulee paikata tarkoin vesitiiviiksi, ettei niiden kautta pääse vettä rakenteisiin. (Lahdensivu ym. 2019, 101.) Näytteitä tarkastellaan laboratoriotutkimuksen lisäksi silmämääräisesti, koska sillä tavoin saadaan pienellä kustannuksella suhteellisen laaja kuva rappauksen kunnosta ja toteutuksesta. Näytteiden aistinvaraisella tutkimuksella saadaan tietoa pinnon ja rappauskerrosten paksuuksista, rappausverkon sijainnista, pohjusteaineista, halkeamista sekä mahdollisesta rapautumisesta. (Lemberg 2019a, 127.)

Kuntotutkija arvioi näytteenotokohdat ja näytteiden määrät. Arvioon vaikuttaa muun muassa tutkittavan julkisivun kunto ja näkyvien vaurioiden määrä. Näytteenotossa tulee huomioida rakenteen rasitustaso, rappauksen kunto ja vauriot sekä kuntotutkimusella osoitetut tavoitteet. (Lemberg 2019a, 127.)

### 2.5.3 Tulosten analysointi

Tulosten huolellinen analyysi on aina oleellinen osa kuntotutkimusta. Tulosten analyysi sisältää tietojen tarkastelun ja tulkinnan, jonka pohjalta tehdään johtopäätöksiä korjaustarpeesta sekä vaurioiden vaikutuksista asukkaisiin ja muuhun ihmisiin liittyvään turvallisuuteen. Mittaustulosten ja havaintojen analysointi on yksi vaativimmista ja keskeisimmistä kuntotutkimuksen vaiheista. Tutkimukseen sisältyy myös epävarmuustekijöitä, jonka vuoksi tutkijalta edellytetään perehtyneisyyttä mittausten menetelmiin, rakennustekniikkaan ja muihin epävarmuustekijöihin, jotka tulee tiedostaa tulosten arvioinnissa. (Lahdensivu ym. 2019, 105.)

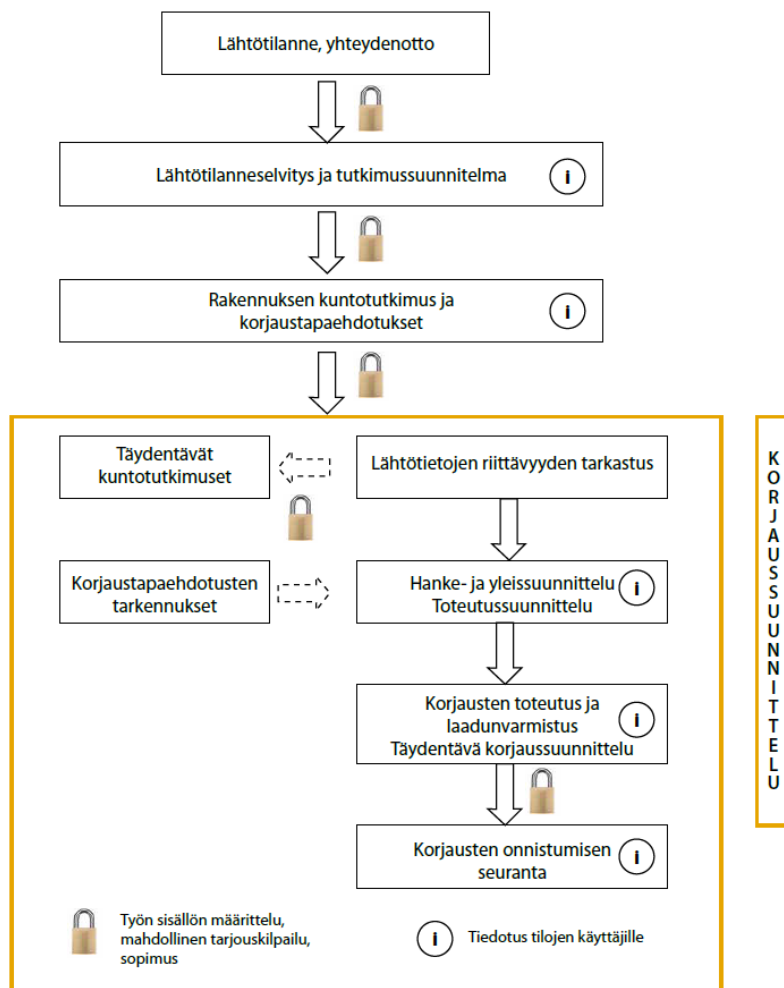
Analyysissä tarkastellaan yhtä rakennetyyppiä ja sitä koskevaa vauriotapaa kerrallaan. Näin tietojen ja viitteiden perusteella saadaan muodostettua kuva vauriotavan olemassaolosta, vauriotavan laajuudesta, vaurioiden sijainnista, vaurioasteesta sekä vaurioiden syistä, vaikutuksista ja etenemisestä. (Lahdensivu ym. 2019, 105.) Mikäli tutkimuksessa eri tavoilla saadut tiedot ovat ristiriitaisia, tulee tietojen luotettavuutta ja painoarvoa tarkastella kuntotutkijan toimesta. Tutkimuksessa havaituille ristiriidoille tulee aina löytyä selitys. Analyysillä haetaan tulosta, jonka pohjalta luodaan tieto vaurion tilasta ja miten vaurio vaikuttaa rakenteen turvallisuuteen, korjaustarpeeseen, korjausajankohtaan ja korjaustapaan. (Lahdensivu ym. 2013, 123–125.)

Kaikki kuntotutkimuksessa analysoitu tieto ja johtopäätökset tuodaan kuntotutkimusraporttiin (Lahdensivu ym. 2019, 137). Kuntotutkimusraportin tarkoituksena on välittää tiedot tilaajalle sekä mahdolliselle tulevalle kunnossapidolle ja korjaussuunnittelulle (Lahdensivu ym. 2019, 117). Kuntotutkimusraportissa tulisi koostaa kuvaukset eristerappausjärjestelmien vauriomekanismeista ja kuntotutkimusmenetelmistä, johtopäätöksien epävarmuustekijöistä sekä miten tutkimuksen johtopäätöksiin on päädytty (Lahdensivu ym. 2019, 137).

Kuntotutkimuksessa esitetty toimenpidesuositukset ovat ensisijaisesti vain teknisiä, ja korjaustapaan vaikuttavat muutkin tekijät, kuten esimerkiksi viranomais määräykset, kustannukset sekä arkkitehtoniset seikat (Lahdensivu ym. 2019, 108).

### 3 ERISTERAPPAUSJÄRJESTELMÄN KORJAUS

Eristerappausjärjestelmällisen julkisivun korjaussuunnittelu käynnistyy lähtötietojen hankinnalla. Tärkeimpänä lähtötietodokumenttina toimii kohteeseen suoritettu kuntotutkimusraportti. Kuntotutkimuksien yhteydessä voidaan tehdä myös altistumisolosuhteiden ja terveydellisen merkityksen arviointi, jota voidaan hyödyntää korjausten kiireellisyyttä määrittämisessä. Kuvassa 6 on esitetty yleisesti kosteus- ja mikrobivaurioituneen korjauskohteen kulku. (Weijo ym. 2019, 10.) Tämä korjaushankkeen kulusta tehty kuvaus toimii myös eristerappausjärjestelmällisessä julkisivun korjaushankkeessa.



Kuva 6. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeen kulku (Weijo ym. 2019, 11).

Ennen korjaustyöhön ryhtymistä tulisi järjestelmän korjaustarve tarkoin puntaroida kuntotutkimuksessa tehtyjen havaintoja hyväksikäyttäen. Korjaustarvetta päätettäessä tulisi pohtia, tuleeko korjaustyöt suorittaa välittömästi vai voidaanko tarvittavia korjauksia lykätä, jolloin korjaustyössä voidaan päästä teknistaloudellisesti parempaan lopputulokseen. Vaihtoehtona voi olla myös se, että välitöntä korjaustarvetta ei ole, jolloin eristerappauksen tekninen käyttöikä voidaan hyödyntää loppuun, jonka jälkeen koko julkisivu uusitaan. Korjaustöiden viivästyttämisessä tulee kuitenkin tarkoin arvioida, ettei rappauksen vaurioitumisen eteneminen aiheuta turvallisuusriskejä, kuten mahdollisia sisäilma-ongelmia tai rappauksen irtoamisia. (Julkisivuyhdistys 2019, 44.)

Korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi käytetään myös tyypillisesti kohteen alkuperäisiä suunnitelmia, perus- ja muiden korjausten suunnitelmia, työselostuksia, kuntoarvioita, kuntotutkimuksia sekä asbesti- ja haitta-ainetutkimusten raportteja. Usein vanhojen kohteiden alkuperäisten suunnitelmien saaminen voi olla hankalaa. Niitä voi etsiä kansallisarkistosta sekä kuntien ja kaupunkien rakennusvalvonnan arkistoista. Korjaussuunnittelun alkuvaiheessa määritellään mahdolliset korjausvaihtoehdot, joita tarkastellaan teknisten, taloudellisten, rakennuksen terveellisyyteen ja elinkaareen liittyvien näkökulmien kannalta. (Weijo ym. 2019, 10–11.) Kohteen eristerappausjärjestelmän kunnosta ja korjaustarpeesta pyritään hankkimaan tietoa kuntotutkimuksella. Kuntotutkimuksessa saatujen tuloksien perusteella pyritään selvittämään, mitkä korjaustavat ovat taloudellisesti järkeviä ja teknisesti mahdollisia. (Julkisivuyhdistys 2019, 44.)

Korjaussuunnittelun alkuvaiheessa ja tarvittaessa korjaustöiden aikana tulisi pitää kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan välinen neuvottelu, jossa yhdessä käydään läpi kuntotutkimusten tulokset. Korjaussuunnittelijan tulisi myös tarkastella vanhoja suunnitelmia, että kaikki riskirakenteet on tutkittu ja tunnistettu riittävilta osin. Mikäli korjaussuunnittelija havainnoi mahdollisia puutteita tutkimusraportissa, tulee hänen tehdä esitys mahdollisista lisätutkimustarpeista. (Weijo ym. 2019, 11, 14.)

Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 1999, 125. §) mukaan korjaus- ja muutostyölle tulee hankkia rakennuslupa, mikäli työllä voi olla vaikutusta käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin. Rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää luvassa, että lupahakemukseen lisätään pätevän henkilön laatima selvitys rakennuksen kunnosta. (MRL 1999, 131. §; Weijo ym. 2019, 14.)

Korjaussuunnitelmissa korjaussuunnittelijan on osoitettava, että suunnitellut korjaustavat ja -menetelmät kohdistuvat kuntotutkimuksissa tehtyjen havaintojen ongelmiin. Kun

korjausmenetelmät on päätetty, laaditaan riittävän yksityiskohtaiset korjaussuunnitelmat. Suunnitteluasiakirjoissa tulee tarkoin esittää purettavat, korjattavat ja uusittava rakenteet sekä korjausmenetelmät ja korjausmateriaalit. Korjaussuunnitelmaan tulee sisällyttää vaatimukset työmaa-aikaisten olosuhteiden hallintaan ja laadunvarmistustoimenpiteihin sekä niiden dokumentointiin, koska ne vaikuttavat merkittävästi korjaustyön onnistumiseen. Korjaustyön onnistumista arvioidaan suunnitelmissa määriteltyjen laadunvarmistustoimenpiteiden avulla, joita ovat esimerkiksi eri työvaiheiden mallikatselmukset. Korjaussuunnittelijan tulee käydä kiinteistön omistajan ja tilaajan kanssa läpi korjausmenetelmät sekä niihin liittyvät riskit. Korjausmenetelmien riskit on käsiteltävä huolellisesti ja yleiskielisine perusteluineen. Riskin läpikäyntiä koskevaan palaveriin tulisi tilaajan, kiinteistön omistajan ja korjaussuunnittelijan lisäksi osallistua myös kuntotutkija. Korjaus- ja muutostyön suunnitteluun tarvitaan lisäksi purku- ja suojaussuunnitelma sekä kosteudenhallintaan liittyvät suunnitelmat. (Weijo ym. 2019; 11, 12, 15.)

Purku- ja suojaussuunnitelmissa tulee esittää tiedot tarvittavista purkutoimenpiteistä, purettavista rakennusosista ja niiden aiheuttamien haittojen ehkäisemisestä sekä säilytettävien rakennusosien ja pintojen suojaamisesta ja niihin liittyvistä toimenpiteistä. Kosteudenhallintaan liittyvissä suunnitelma-asiakirjoissa tulee esittää tiedot työmaan olosuhteista johtuvista haittavaikutuksista ja niiden suojaavista toimenpiteistä kuten esimerkiksi rakennusosien sääsuojauksesta sekä rakenteiden kuivumisen ja päällystettävyyden varmistamisesta. Kosteudenhallintasuunnitelmissa tulee myös esittää tiedot rakennusaineiden ja tuotteiden suojaamisesta sekä työn toteuttamisesta johtuvat seikat. (Weijo ym. 2019, 15.)

Korjaustöiden päätyttyä, tulee kohteeseen nimetä vastuullinen taho, joka huolehtii asianmukaisista tarkastuksista, huollosta ja uusimisesta määrävälein. Rakennuksen toimintakyky ja suunniteltu käyttöikä varmistetaan oikeilla huoltotoimilla (Weijo ym. 2019, 12). Eristerapatun julkisivun kosteusrasitustason pienentäminen ja toimivuuspuutteiden korjaustoimenpiteet ovat rakenteen käyttöiän kannalta tärkeässä asemassa, mikä voidaan varmistaa vedenpoiston parannuksilla ja erilaisilla suojaavilla pellityksillä (Lahdensivu 2005b, 4).

Eristerappausjärjestelmän korjausmenetelmiä on käsitelty muun muassa Julkisivuyhdistyksen eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohjeessa, Tampereen yliopiston JUKO-ohjeistokansiossa sekä Suomen Betoniyhdistyksen julkaisemissa rappauskirja By 46 sekä eriste- ja levyrappaus By 57 -julkaisuissa.



### 3.1 Korjaustavat eristerappausjärjestelmällisessä julkisivussa

Lähtökohtaisesti korjaustoimenpiteen kestävyys kannalta on erityisen tärkeää, että korjauksen yhteydessä vaurioiden aiheuttaja poistetaan kokonaan. Kohdekohtaisesti voidaan päätyä myös siihen, että vaurion etenemistä hidastetaan, mutta silloin julkisivun elinkaarta ja tulevaisuuden korjaustarvetta tulee harkita kokonaisuutena. Erityistä huomiota korjaussuunnittelussa tulee kiinnittää materiaalivalintoihin, erilaisten liitoskohta- ja detaljisuunnitteluun sekä laadunvarmistuksen ohjeistukseen. Eristerappauksen korjaukseen valittavien materiaalien ja komponenttien tulee olla materiaalitoimittajan järjestelmän mukaisia. (Julkisivuyhdistys 2019, 44.) Kuntotutkimuksessa tehtyjen johtopäätösten perusteella pyritään valitsemaan soveltuvat korjaustavat eristerappausjärjestelmälliseen julkisivuun, jonka yhteydessä tulee myös arvioida korjaukseen liittyvät riskit ja korjauksen käyttöikä. Eristerappausjärjestelmien korjaustavat voidaan jaotella kolmeen eri toteutustapaan, jotka ovat:

- pinnoituskorjaus
- paikkaus- ja pinnoituskorjaus
- rappauspinnan purkaminen ja uusiminen. (Lahdensivu 2005b, 4–5.)

### 3.2 Pinnoituskorjaus

Eristerappausjärjestelmällinen julkisivu voidaan korjata pinnoituskorjausmenetelmällä, joka käsittää pintakäsittelyn uusimisen uudella maalilla tai pinnoitteella. Kyseinen korjausmenetelmä voidaan jakaa kevyeen pinnoituskorjaukseen tai suojaavaan pinnoitukseen. Korjaustavoissa vanhan rakenne säilytetään ja havaittu vaurioituminen pyritään estämään erilaisilla pinnoitustoimenpiteillä sekä kosteusteknisten toimivuuden parantamisella. Tällöin vanha rakenne ei rakennusfysikaalisesti tule oleellisesti muuttumaan lukuun ottamatta mahdollista uutta suojaavaa pinnoitetta, jolloin vedenimeytymisominaisuudet sekä vesihöyryn vastukset todennäköisesti muuttuvat. (Julkisivuyhdistys 2019, 45–46.)

## **Kevyt pinnoituskorjaus**

Kevyellä pinnoituskorjauksella tarkoitetaan julkisivuun tehtävää kevyttä uudelleen pinnoitusta, jossa vanhaa pinnoitetta ei poisteta vaan pinnoitus suoritetaan vanhan päälle. Kyseiseen korjaustapaan voidaan kuitenkin yhdistää julkisivun kosteusrasitusta vähentäviä toimenpiteitä, joita ovat esimerkiksi pellitysten lisääminen ja parantaminen sekä vedenpoiston parantavat järjestelyt.

Kyseinen korjausmenetelmä soveltuu lähinnä hyväkuntoisten julkisivujen huoltotyyppisenä korjaustoimenpiteenä, jossa lähinnä parannetaan vanhan rappauspinnan ulkonäköä. Korjausmenetelmään liittyy epävarmuustekijöitä, esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, jossa pinnoitteen alle jää korjaamattomia vauroita, jotka etenevät piilossa. Tämän vuoksi julkisivun kunto on selvitettävä tarkoin kattavan kuntotutkimuksen avulla, jotta voidaan päätyä kyseiseen korjaustoimenpiteeseen.

Uudelleenpinnoitus soveltuu erityisesti kauttaaltaan vesihöyryä läpäiseviin, epäorgaanisiin rappauspintoihin. Sen sijaan tiiviisiin, orgaanisilla maaleilla maalattuihin julkisivupintoihin uudelleen pinnoitus ei yleisesti sovi, koska rappaukset ovat yleensä imeneet kosteutta rappaukseen muun muassa maalipinnoitteen epäjatkuvuuskohdista, jolloin päälle maalauksesta saattaa aiheutua ongelmia liian tiiviin maalipinnan vuoksi.

Uudelleenpinnoituksessa vanha pinnoitetyyppi ja kuntotutkimuksen tulokset määrittävät menetelmän soveltuvuuden kohteeseen sekä käytettävät materiaalit ja tuotteet. Yleensä korjausmenetelmän pinnoitetuotteet ovat epäorgaanisia kalkki- ja kalkkisementtilaasteja tai -maaleja sekä nykyisin yleistyneitä silikaattimaaleja. Pinnoitemateriaalin mukaan voi olla tarpeen käyttää myös erilaisia pohjusteita. (Lahdensivu ym. 2005, 88–89.)

## **Suojaava pinnoitus**

Rapattua julkisivua voidaan suojata graffiteilta tai likaantumiselta helposti puhdistettavalla suojapinnoitteella tai vaihtoehtoisesti helposti poistettavalla ja uusittavalla niin kutsutulla uhrautuvalla pinnoitteella. Suojaavien pinnoitteiden käyttö soveltuu lujiin, hyväkuntoisiin ja pakkasenkestäviin julkisivuihin.

Rappauksen sadevedestä johtuvaa kastumista voidaan estää erilaisilla maalausksitteilyillä. Menetelmä soveltuu epäorgaanisten kalkki-, kalkkisementti- tai sementtimaalilla

pinnoitettuihin rappauksiin, jonka tehtävänä on estää sadeveden pääsy rappauskerrokseen, mutta silti mahdollistaa rakenteen kuivuminen vesihöyryn diffuusiolla.

Rapattu julkisivupinta voidaan vaihtoehtoisesti myös käsitellä impregnointiaineella, jossa ainetta imeytetään rappauksen huokosverkostoon. Rapatun julkisivun impregnoinnilla pyritään vähentämään sadeveden imeytymistä rappaukseen, mutta rappauksessa olevien halkeamien kautta johtuvaa kulkeutumista se ei kuitenkaan estä.

Impregnointiaineet sekä kastumista vähentävät pinnoitteet soveltuvat lujiin, hyväkuntoisiin ja pakkasenkestäviin julkisivuihin. Rappauskirjan (Lahdensivu ym. 2005, 88–89) mukaan kyseisissä julkisivuissa ei kuitenkaan teknisesti ole kyseiselle pinnoitukselle tarvetta. Mikäli kyseisiä pinnoitteita käytetään heikoilla sekä kalkkipitoisilla ja huonosti pakkasenkestävillä julkisivuilla, voi pinnoittaminen aiheuttaa rappaukseen pakkasrapautumaa heikon vesihöyrynläpäisevyyden vuoksi.

Julkisivupinnoille käytettävien suojaavien pintojen käsittely edellyttää useimmiten vanhan orgaanisen maalipinnan poistamista. (Lahdensivu ym. 2005, 88–89.)

### 3.3 Paikkaus- ja pinnoituskorjaus

Eristerappausjärjestelmällisen julkisivun paikkaus- ja pinnoituskorjaus toimii julkisivun osittain säilyttävänä korjaustapana. Kyseisessä korjaustavassa vanha rappaus uusitaan vaurioituneiden alueiden osilta ja kyseiset paikatut alueet uudelleen pinnoitetaan, jolloin paikatut alueet pyritään ”häivyttämään”. (Lahdensivu 2005b, 21.) Pinnoitukset pyritään häivyttämään rajaamalla paikkaus tai vaihtoehtoisesti pinnoittamalla koko julkisivu uudelleen. Yleisimmin kyseistä korjausmenetelmää käytetään tapauksissa, joissa ulkoseinärakenteessa on paikallisesti kosteusteknisesti huonosti toimiva detalji tai rappauksessa on mekaaninen vaurio. Kyseisiä puutteita voivat olla esimerkiksi suojaavien peltien vaurioituminen tai niiden puuttuminen kokonaan. Korjausmenetelmän korjaussuunnittelussa ja -toimenpiteissä tulisi keskittyä vanhan ja uuden rajapinnan toteutukseen, koska kyseiseen korjattuun rajapintaan tai työsaumaan voi herkästi syntyä halkeamia. (Julkisivuyhdistys 2019, 46–47.)

Tämä korjaustapa on eristerapatun julkisivun osittain säilyttävä tai huoltava korjausmenetelmä, jossa rakenteen ominaisuudet tai toimintapa ei oleellisesti muutu. (Lahdensivu ym. 2005, 108). Kyseisessä korjaustyössä tulee aina suorittaa korjattavien alueiden

huolellinen ja laaja ennakkokartoitus, huolellinen rakennesuunnittelu sekä varmistaa korjaustyön onnistuminen työnaikaisilla laadunvarmistusmenetelmillä.

Korjausmenetelmä soveltuu eristerapattuun julkisivuun, joissa vaurioituminen on paikallista ja edennyt jo melko pitkälle. Julkisivuun kohdistuneet mekaaniset kolhut tai paikalliset kosteustekniset puutteet aiheuttavat tyypillisesti kyseisen vaurioitumisen.

Paikkaus- ja pinnoituskorjauksen uusintarappaukseen käytetään olemassa olevaa rappausa vastaavia kalkkisementti- tai sementtilaasteilla, joiden tulee olla pakkasenkestäviä. Uusintarappauksessa käytettäviin materiaalivalintoihin ja niiden koostumuksiin vaikuttaa muun muassa vanhassa rakenteessa käytetyt laastit, julkisivulle kohdistuva saderasitus ja rappausyyppi. Vanhan pinnoitteen mahdollinen uudelleenpinnoitettavuus on aina selvitettävä ennen tuotteiden valintaa. Pääsääntöisesti uudelleen rapatut pinnat tulisi tehdä samalla pinnoitteella kuin alkuperäinen rappaus. Yleisesti uusi pinnoitus tulisi tehdä epäorgaanisella ja hyvin vesihöyryä läpäisevällä tuotteella. (Julkisivuyhdistys 2019, 46–47.)

### 3.4 Rappauspinnan purkaminen ja uusiminen

Korjaustoimenpiteessä vanha olemassa oleva rappaus puretaan tarvittaessa lämmöneristeitä myöten. Korjaukseen kuuluu yleensä kivirakenteisen alusrakenteen mahdolliset rapautumavauriokorjaukset, julkisivun pellitysten ja vedenpoistojärjestelmien uusiminen. Korjaustyön yhteydessä voidaan siis parantaa julkisivun tulevaa suojauskykyä uusituilla pellityksillä sekä erilaisten liittymien toimivuuden parantamisella. (Lahdensivu ym. 2005, 109–110.) Kyseisessä korjaustoimenpiteessä uusitun rappauksen toiminta ja kestävyys ei riipu puretun eristerappauksen kunnosta (Lahdensivu 2005b, 23). Korjausmenetelmä soveltuu eristerapatuihin julkisivuihin, joissa rappaukseen kohdistunut vaurioituminen on laajoilla alueilla edennyt pisteeseen, jossa paikkaus- ja pinnoituskorjaus ei ole enää järkevää.

Uusintarappaukset ja siihen liittyvät lämmöneristykset suunnitellaan ja toteutetaan aina kohdekohtaisesti. Pääsääntöisesti uusintarappaukset tehdään eristerappausjärjestelmään kuuluvilla pakkasenkestävillä kalkkisementti- tai sementtilaasteilla. Tarkempi koostumus riippuu halutusta rappausyypistä, alustasta ja julkisivulle kohdistuvasta saderasituksesta. Rappauspinnat pyritään pinnoittamaan epäorgaanisella tuotteella, mutta

ohutrappausristejärjestelmässä voidaan mahdollisuuksien mukaan käyttää myös orgaanista tuotetta. (Lahdensivu ym. 2005, 109–110.)

## 4 HAASTATTELUJEN TULOKSET

Opinnäytetyötä varten haastateltiin kahdeksaa henkilöä, joista neljä haastateltavaa olivat Suomen yleisimpien eristerappausjärjestelmien materiaalitoimittajien edustajia ja loput neljä olivat Ramboll Finland Oy:n korjaussuunnittelijoita. Haastattelujen tavoitteena oli kerätä tietoa siitä, mitä korjaussuunnittelussa tulisi ottaa huomioon sekä keskustella järjestelmien yleisimmistä haasteista. Haastattelut suoritettiin pääosin etänä. Yksi haastattelusta suoritettiin kasvotusten. Haastatteluilta saatuja tietoja on koottu tähän lukuun sekä lukuun viisi, jossa on muodostettu yleisohjeistus eristerappausjärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjaussuunnittelulle. Haastatteluja on käsitelty tässä opinnäytetyössä anonymisti. Haastattelujen kysymykset ovat opinnäytetyön liitteenä 1 ja 2.

Haastattelujen alussa kartoitettiin haastateltavien eristerappausjärjestelmällisiin julkisivuihin liittyvä työkokemus ja -historia. Kolmella materiaalitoimittajan edustajalla oli vuosikymmenien kokemus kyseisistä järjestelmistä. Yhdellä materiaalitoimittajalla oli noin kymmenen vuoden kokemus kyseisestä järjestelmästä.

Haastatteluun osallistuneilla suunnittelijoilla oli useiden vuosien tai vuosikymmenien kokemus korjaussuunnittelusta, mutta kokemukset eristerapattujen julkisivujen korjaustöidenpiteistä olivat melko vähäiset. Yksi suunnittelijoista oli ollut suunnittelemassa kohdetta, jossa vanha julkisivu purettiin ja uusi julkisivurakenne toteutettiin ohutrappauseristejärjestelmällä. Yksi suunnittelijoista oli suorittanut muutaman eristerappausjärjestelmälliseen julkisivuun liittyvän korjaussuunnittelun, joista kaksi kohdetta oli toteutettu paikkaus- ja pinnoituskorjausmenetelmällä. Kaksi suunnittelijaa oli suunnitellut muutaman uudiskohteen eristerappausjärjestelmällä. Kyseiset uudiskohteet olivat ohutrappauseristejärjestelmällä toteutettuja julkisivuja.

Haastatteluissa havaittiin, että materiaalitoimittajien edustajilla ja korjaussuunnittelijoilla oli eristerappausjärjestelmien paikkaus- ja pinnoituskorjausrakentamiseen liittyvästä korjaustoiminnasta kokemusta ainoastaan kohteista, jotka olivat melko uusia ja kyseinen korjaus liittyi kyseisten julkisivujen takuuajan korjauksiin. Nämä haastattelussa tulleet tapaukset liittyivät alle kymmenen vuotta vanhoihin rakennuksiin, jotka olivat pääosin ohutrappauseristejärjestelmällä toteutettuja julkisivuja. Haastattelujen perusteella vaikuttaa siltä, että vanhoihin eristerappausjärjestelmiin liittyvien julkisivujen paikkaus- ja pinnoituskorjaukset ovat melko harvinaisia ja niistä ei ole edes kokeneilla materiaalitoimittajilla tai korjaussuunnittelijoilla kokemusta.

Haastatteluissa tuli myös esille, että ohutrappauseristejärjestelmällä toteutettu julkisivu on paksurappauseristejärjestelmällistä julkisivua selvästi edullisempi rakenne. Haastattelujen perusteella mineraalivillalla tai polystyreenillä toteutettu ohutrappauseristejärjestelmäisen julkisivun hintaeroa ei juurikaan ole, mutta polystyreenillä toteutettu järjestelmä olisi näistä parempi vaihtoehto. Haastatteluista tultiin johtopäätökseen, että paksurappauseristejärjestelmä on ohutrappauseristejärjestelmää kestävämpi ratkaisu.

Haastattelujen pohjalta voidaan todeta, että eristerappausjärjestelmien korjaussuunnittelua varten on melko vähän yleisiä ohjeistuksia, varsinkin jos kyseessä on vanhempi julkisivu kuin niin kutsutut takuuajan uudiskohteet. Tutkimuksissa voidaan myös todeta, että takuuaikaa vanhempia eristerapattuja julkisivuja ei usein lähdetä korjaamaan paikkaus- ja pinnoituskorjausmenetelmällä, koska kyseisissä julkisivuissa se ei enää teknisesti ole kannattavaa.

## 5 ERISTERAPPAUSJÄRJESTELMIEN PAIKKAUS- JA PINNOITUSKORJAUKSEN SUUNNITTELUN OHJEISTUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä eristerappusjärjestelmien paikkaus- ja pinnoituskorjaussuunnittelun ohjeistus, joka on koottu tähän lukuun. Tämä kyseinen ohjeistus on luotu kirjallisuuden sekä haastatteluissa esitettyjen ehdotuksien ja huomioiden avulla.

### 5.1 Yleistä eristerappausjärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjauksessa

Korjaussuunnitelmat tulee aina tehdä kohdekohtaisesti valitun materiaalityöntekijän ohjeistuksia noudattaen. Korjaukseen valittujen rakennusmateriaalien tulee olla toisiinsa yhteensopivia ja niiden yhteensopivuus pitää varmistaa materiaalityöntekijältä. Mikäli korjattavan julkisivun materiaalityöntekijä ei ole käytettävissä, tulee uuden materiaalien yhteensopivuus selvittää tutkimalla vanhan käytetyn materiaalien ominaisuudet esimerkiksi laboratoriotesteillä. Materiaalityöntekijältä löytyy korjaussuunnittelua varten korjaustyöohjeistuksia ja mallidetaljeita, joita voi käyttää apuna korjaussuunnittelussa. Kohteisiin tulee aina kuitenkin tehdä omat kohdekohtaiset korjaustyösuunnitelmat sekä tarkat detaljit jokaisesta eri liittymästä. Detaljit suositellaan tehtäväksi mittakaavaan 1:2 tai 1:5.

Korjaussuunnittelu alkaa lähtötietoihin tutustumisella ja mahdollisuuksien mukaan kohdekäynnillä. Korjaussuunnittelua varten suunnittelijalla tulisi olla saatavilla kuntotutkimusraportti, vanhat rakennepiirustukset, taso- ja julkisivupiirustukset. Suunnittelijan tulisi tietää korjattavan seinän rakenne kokonaisuudessaan sekä rakenteen vaurioitumisen syy. Kuntotutkimusraportti toimii usein korjaussuunnittelun tärkeimpänä dokumenttina, ja siinä tulisi selvittää ehdotetut korjaustoimenpiteet. Vaurioitumisen syy tulisi aina olla selvillä ennen kuin korjaussuunnittelua lähdetään viemään eteenpäin. Mikäli vaurion syytä ei ole selvitetty, tulee kohteeseen suorittaa jatkotutkimuksia. Korjaussuunnittelussa tulisi aina lähteä siitä, että vaurion aiheuttaja poistetaan tai sen aiheuttamaa rasitusta pyritään vähentämään. Purkutyön laajuus tulisi selvittää kuntotutkimusten yhteydessä, jolloin voidaan valita oikea ja kustannustehokas korjaustapa. Mikäli korjaustavaksi on valittu kevyempi korjaus, ja purkutyössä havaitaan julkisivun olleen laajemmin vaurioitunut, voi korjaustoimenpiteistä tulla kallis verrattuna siihen, että julkisivu olisi alun perin suunniteltu kokonaan uusittavaksi.



Paikkaus- ja pinnoituskorjauksiin ryhdyttäessä tulee aina varmistaa, mitä materiaaleja korjattavassa julkisivussa on aiemmin käytetty, mikäli niitä ei ole esimerkiksi kuntotutkimuksessa riittävässä määrin selvitetty. Ohutrappauseristejärjestelmässä käytetään sementtipohjaisia rappauslaasteja ja niissä on usein käytetty erilaisia polymeerejä liima-aineina. Sementtilaastissa olevien polymeerien määrä ja laatu tulisi olla tiedossa ennen paikkausmateriaalien valintaa, mikäli käytetystä materiaalista ei ole tietoa. Paksurappauseristejärjestelmässä käytetään kalkkisementtilaasteja eli KS-laasteja. Materiaalitoimittajien haastatteluissa saatujen tietojen mukaan nykyisin paksurappauseristejärjestelmissä kalkkisementtilaastina käytetään useimmiten 35/65-laastia. Kalkkisementtilaasteilla suoritettavissa paikkauskorjauksissa tulee aina käyttää samalla suhteella olevaa kalkkisementtilaastia, jota korjauskohteessa olevassa julkisivussa on käytetty. Julkisivussa käytetyn kalkkisementtilaastisuhteen saa usein selvitettyä rappauksesta otetulla ohuthienäytteellä. Ohuthienäytteiden määrä määritetään kohdekohtaisesti, mutta niitä tulisi usein ottaa useammasta kuin yhdestä kohtaa. Korjaukseen liittyvistä rakenteista tulee mahdollisesti myös selvittää asbesti ja haitta-aineet. Asbesti ja haitta-aineet tulee lain mukaan selvittää korjaukseen liittyvistä rakenteista, mikäli rakennus on valmistunut ennen vuotta 1994.

Korjaussuunnitelmissa tulisi myös määrittää, mihin uusi julkisivupinta tullaan rajaamaan, mikäli julkisivu pintaa ei uusita kokonaan uudelleen. Mahdolliset rajapinnat voidaan häivyttää esimerkiksi nurkka- tai ikkunalinjoihin.

Korjaustyöselostukseen tulee määrittää aloituskokous sekä tarvittavat mallityöt ja -katselmukset. Korjaustyön aloituskokoukseen kutsutaan kaikki asianosaiset sekä tarvittaessa myös viranomaiset. Rakennuslupaa ei tosin ole tarvetta, mikäli julkisivua korjataan paikkaus- ja pinnoituskorjauksena siten, että julkisivun värisävy ei muutu. Aloituskokoukseen tulisi osallistua mahdollisuuksien mukaan myös materiaalitoimittajan edustaja sekä työntekijät, kuten esimerkiksi rappaja ja peltimies. Työntekijöiden tulisi kuitenkin osallistua vähintään mallityökatselmuksiin. Aloituskokouksessa käsitellään muun muassa korjaustyön laajuus, purku- ja korjaustyösuunnitelmat, mahdolliset lisäsuunnitelmien tarpeet, aikataulut, tarvittavat suojaustoimenpiteet, katualueiden vuokratarpeet, työmaa-alueiden järjestelyt, tiedottamiset, laadunvarmistustoimenpiteet sekä työajat ja turvallisuustoimenpiteet. Lisäksi viimeistään aloituskokouksessa pyritään toteamaan käytettävät tuotteet tai tuotejärjestelmät.

Korjaustyöselostukseen määritetään kaikki tarvittavat mallityöt ja -katselmukset, joita ovat muun muassa purkumallit, pellitysmallit ja liittymät eri rakenteisiin. Jokaisesta

korjaustyöhön liittyvästä pellityksestä ja rakenneliittymästä tulisi suunnittelijan suunnitella oma detajli. Korjaustyöselostukseen tulisi määrittellä jokaiseen eri liittymään tehtäväksi mallityö. Mallityön toteutuksissa pyritään myös määrittämään käytettävien tekniikoiden soveltuvuus ja urakoitsijan ammattitaito valittuun työmenetelmään. Mallityössä voidaan määrittellä myös paikkauskorjauksen väri ja pinnan struktuuri, joka myöhemmin toimii korjaustyön edetessä referenssipintana.

Korjaustyöselostukseen tulee määrittää, että urakoitsija suorittaa tarvittavat ilmoitukset ja tiedotukset asukkaille, lähinaapureille sekä tarvittaessa rakennusvalvontaviranomaiselle ja työsuojelupiirille.

Työselostuksessa tulee myös määrittellä pääurakoitsijan työturvallisuustoimenpiteet sekä vedota pääurakoitsijan rakennustyön työturvallisuuteen (VNa 205/2009) liittyvistä vastuista. Korjaustyöselostuksessa tulee vedota, että pääurakoitsijan suorittaa työmaajärjestelyt siten, että suojaukset ja kulkureitit ynnä muut turvallisuusseikat otetaan huomioon.

Korjaustyöt alkavat valmistelevilla töillä, johon kuuluu säilytettävien rakenteiden ja rakenneosien suojaus tai irrottaminen. Irrotettavat ja säilytettävät rakenteet tai rakenneosat tulisi erikseen suojata ja varastoida lukittuun tilaan, mikäli ne asennetaan korjaustyön jälkeen takaisin paikalleen.

Korjaustyöhön käytettävien rakennusmateriaalien varastointi ja säilytys määritetään korjaustyöselostukseen materiaalitoimittajan ohjeistuksen mukaisesti.

Työnaikaiset olosuhteet vaikuttavat merkittävästi rappauksen onnistumiseen. Sääolosuhteet tulee ottaa huomioon muun muassa rappaustyön ja jälkihoidon aikana. Korjaustyöselostuksessa tulee tarkoin oheistaa paikkaustöiden jälkihoito, joka on varsinkin sementtipohjaisten laastien kohdalla erityisen tärkeää. Yleisesti jälkihoito aloitetaan heti (tai viimeistään 2 tunnin kuluessa) paikkauksen jälkeen ja jälkihoitoa jatketaan vähintään kolmen vuorokautta. Jälkihoidon tarpeeseen vaikuttavat merkittävästi lämpötilat ja sääolosuhteet. Jälkihoidossa tulee kuitenkin aina noudattaa materiaalitoimittajan ohjeita. Jälkihoidon urakoitsijaa koskevat laadunvarmistustoimenpiteet tulisi erikseen määrittää korjaustyöselostukseen. Korjaustyöselostuksessa tulee määrittää, että purkutöissä avatut rakenteet tulee suojata siten, että rakenteet eivät kastu ennen uuden rakenteen tekoa. Mahdolliset puutteellisesta suojauksesta muodostuneiden korjausvaurioiden korjaaminen kuuluu urakoitsijalle.

Rappaustöitä ei saa tehdä liian kylmissä tai lämpimissä olosuhteissa. Ilman lämpötilan lisäksi tulee tarkastella, että työstettävien pintojen lämpötilat eivät laske määritettyjen lämpötilojen ulkopuolelle. Materiaalitoimittajilla löytyy tarkat ohjeet, minkälaisissa olosuhteissa työtä saa tehdä. Korjaustyöhön tulee määrittää missä olosuhteissa työtä saa tehdä, ja mikäli olosuhteet muuttuvat ohjeiden vastaiseksi, tulee työt keskeyttää siihen saakka, että olosuhteet ovat taas otolliset työn jatkamiseksi. Korjaustyöselostukseen tulee määrittää, että pääurakoitsija pitää työmaapäiväkirjaa, josta selviää tarkoin, mitä on milloinkin tehty, ja minkälaisissa sääolosuhteissa. Korjaustyöselostukseen tulisi määrittää, että pääurakoitsija luovuttaa urakan päätteeksi käyttäjälle tarvittavat huolto- ja kunnossapito-ohjeet.

Valmiin rappauspinnan tasaisuusluokka määritetään korjaustyöselostukseen By 57 eriste- ja levyrappauksen määritellyn luokituksen mukaan. Korjaustyössä tulee velvoittaa, että käytettävien laastien tulee olla kosteusrasituksessa pakkasenkestäviä, ja niiden tulee täyttää standardin mukaiset jäädytysulatussyklit. Työselostukseen voidaan määrittää, että urakoitsija osoittaa pakkasenkestävyyden laastivalmistajan dokumentein tai niiden puuttuessa työmaalla tehtävillä koestuksilla.

## 5.2 Ohutrappauseristejärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjaus

Vaurioituneet silikonihartsipinnoite ja -maalialueet poistetaan hionnalla tai kevyellä hiekkapuhalluksella, jolla varmistetaan uuden pinnoitteen tartunta. Soveltuvat työtekniikat ja esimerkiksi hiekkapuhalluksessa käytettävät paineilmamäärät haetaan pinnoitteen poistoon määritetyn mallityön yhteydessä. Kyseistä korjausta voidaan soveltaa alueisiin, joissa pinnoite tai maali on irronnut rappauksesta eikä itse rappauksessa ole vaurioita.

Mikäli korjauksessa lähdetään uusimaan rakennetta rappauskerroksesta saakka, poistetaan vaurioituneet ja irtonaiset rakenteet kokonaisuudessaan, esimerkiksi hiomalla. Hiointaa tulee ulottaa ehjälle alueelle saakka siten, että lasikuituverkko pystytään limittämään vähintään 100 millimetriä vanhan lasikuituverkon kanssa. Hionnan yhteydessä vanhaa lasikuituverkkoa ei saa vahingoittaa. Paikkauskorjauksessa vaurioitunut alue voidaan myös rajata esimerkiksi timanttilaikalla. Alue rajataan ehjän rappausrakenteen puolelle siten, että uusi lasikuituverkko voidaan limittää vanhan verkon kanssa vähintään 100 mm. Rajauksen jälkeen vaurioitunut alue kaavitaan mekaanisesti tai hiotaan. Ehjän alueen puolelta pinnoitetta ja rappausta tulee poistaa hioen siten, että vanha verkko saadaan limitykseen tarvittavilta osin näkyviin. Korjaukseen tulee sisällyttää myös

mahdolliset muut verkot, kuten diagonaali- ja smyygiverkoitukset materiaalitoimittajan ohjeistuksen mukaisesti. Vanhan verkon on pysyttävä täysin ehjänä limitykseen tarvittavilta osin. Viimeistään tässä vaiheessa pitää pystyä varmistamaan, että rappausverkko on rappausrakenteessa oikealla syvyydellä. Pinnoilta tulee poistaa kaikki tartuntaa heikentävät epäpuhtaudet, kuten pöly ennen uudelleen rappautusta tai pinnoituksia. Pintojen puhdistamiseen voidaan käyttää rakennustöihin soveltuvaa teollisuusimuria. Kyseistä menetelmää voidaan käyttää myös halkeamien kohdilla siten, että pintarakenteet puretaan lasikuituverkkoon saakka.

Mikäli lämmöneriste vaurioituu purkutöiden yhteydessä tai eriste on vaurioitunut jo julkisivun elinkaaren aikana, tulee lämmöneristeet uusiksi vaurioituneilta osin. Lämmöneriste uusitaan olemassa olevaa lämmöneristettä vastaavaksi. Uusittava lämmöneriste kiinnitetään liimalaastikiinnityksellä puskusaumoin olemassa olevien lämmöneristeiden mukaisiksi. Mikäli lämmöneristettä uusitaan sisäkuoren pohjalta saakka, tulee pohjalta puhdistaa kaikki tartuntaa heikentävät epäpuhtaudet ja lämmöneriste tulee kiinnittää alustaan soveltuvalla liimalaastikiinnityksellä. Kiinnityksessä on aina noudatettava materiaalitoimittajan ohjeita. Lämmöneristelevyjen välinen rako ei saa olla yli kolme millimetriä ja levyjen hammastus ei saa olla yli kaksi millimetriä. Tarvittaessa lämmöneristelevyn pinta hiotaan riittävän tasaiseksi ja eristelevyn raot täytetään samalla materiaalilla, kuin olemassa oleva vanha lämmöneriste on. Uretaanin käyttö mineraalivillaisten lämmöneristeiden rakojen tilkitsemisessä on ehdottomasti kielletty, koska materiaalin kosteus- ja lämpökäyttäytyminen on erilaista kuin mineraalivilla. Lämmöneristeet tulee suojata auringonvalolta ja vesisateelta tai vastaavasti pinta tulee käsitellä pikaisesti asentamisen jälkeen, koska esimerkiksi UV-säteily vanhentaa rappausalustana toimivaa pintaa.

Rappauslaastin työstö tehdään materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Työstettyyn ja aukinaiseen rappauslaastiin asennetaan järjestelmään soveltuva muovipinnoitettu lasikuituverkko, jonka jälkeen pinta oikaistaan. Paikkauskorjauksessa verkoituslaastikerrokset toteutetaan niin sanotulla märkää märälle -tekniikalla. Oikaistun pinnan päälle asennetaan uusi rappauskerros siten, että rappausverkko on oikealla syvyydellä. Rappausverkon tulee sijaita 8–10 mm paksuisen rappauskerroksen puolivälissä tai ulommassa kolmanneksessa. Ennen kyseistä työvaihetta tulee tarvittaessa asentaa aukkojen vahvistusverkot tai järjestelmään soveltuvat profiilit järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti, mikäli korjattavalla alueella on niille tarvetta. Jokaisesta liittymästä ja detaljista on erikseen suunniteltava tarkka detalji. Vahvistusverkkoina läpivientien ja aukkojen kohdalla käytetään normaalin lasikuituverkon lisäksi diagonaaliverkkoja. Kyseisten

diagonaaliverkkojen tulee olla kooltaan vähintään 300 mm x 400 mm ja ne asennetaan 45°:n kulmaan. Rappauksen ja läpivientien väliin tulee jättää noin viidentoista millimetrin rako, johon asennetaan elastinen saumamassa tai vaihtoehtoisesti paisuva saumanauha. Jälkihoito tehdään vesisumutuksella materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Jälkihoidossa tulee ottaa huomioon sääolosuhteet ja sitä tulee jatkaa niin pitkälle, että laasti on saavuttanut materiaalitoimittajan ohjeistaman lujuuden. Jälkihoidossa vesisumutuksen määrää vähennetään vähitellen.

Verkotuslaastin saavutettua materiaalitoimittajan määrittämän lujuuden, tehdään rappausjärjestelmään soveltuva pinnoitus. Silikonihartsipohjaisessa järjestelmässä, verkotuslaastin pinta käsitellään pinnoitteen värisävyisellä pohjustemaalilla. Pohjuste voidaan pinnoittaa aikaisintaan vuorokauden kuluttua. Silikonihartsipinnoite levitetään pohjustetulle pinnalle joko käsin tai ruiskulla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Pinnoituksen rajaus vanhaan julkisivupintaan suunnitellaan kohdekohtaisesti. Silikoni- tai keinohartsipinnoitukseen ei saa käyttää polyuretaanielastomeeri-pohjaista kittausta, vaan silloin kohdat tulee esimerkiksi tiivistää järjestelmään soveltuvalla silikonipohjaisella liima- ja tiivistemassalla.

Korjaustyöhön tulee sisällyttää kaikkien tarvittavien liittymien ja läpivientien korjaus, mikäli niistä on aiheutunut korjaustyöhön liittyvä vaurioituminen. Liittymien ja läpivientien suunnittelu tulee aina tehdä kohdekohtaisesti ja kyseisistä kohdista tulee aina tehdä tarkat detaljit.

### 5.3 Paksurappausjärjestelmän paikkaus- ja pinnoituskorjaus

Paksurappausjärjestelmällisen julkisivun paikkaus- ja pinnoituskorjauksessa tulee rappausalustan kiinnikkeiden kunto olla selvillä. Mikäli korjaustyössä sisällytetään rappausalustan kiinnikkeiden uusimisia, ei paikkaus- ja pinnoituskorjaus välttämättä ole oikea korjaustoimenpide.

Paksurappausjärjestelmällisen julkisivun paikkauskorjauksessa vaurioitunut alue rajataan suoraviivaisesti esimerkiksi timanttilaikalla. Vaurioitunut sekä verkon limitykseen liittyvä alue puretaan mekaanisesti esimerkiksi kaapimalla tai varovasti piikkaamalla. Vaurioituneen alueen mekaanisessa purkutyössä tulee kuitenkin olla varovainen, ettei vaurioalue laajene. Verkon tulee limitykseen liittyviltä alueisen osin pysyä ehjänä,

jotta limitys saadaan toteutettua materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Uusi ja vanha rappausverkko tulee limittää vähintään 100 millimetriä.

Mikäli lämmöneriste vaurioituu purkutöiden yhteydessä tai eriste on vaurioitunut jo julkisivun elinkaaren aikana, tulee vaurioitunut lämmöneriste uusita. Lämmöneriste uusitaan olemassa olevaa lämmöneristettä vastaavaksi. Lämmöneristeenä tulee käyttää paksurappauseristejärjestelmän toimittajan järjestelmään hyväksymää lämmöneristettä, jonka paksuus valitaan vanhan lämmöneristeen mukaiseksi. Lämmöneristeet kiinnitetään materiaalitoimittajan mekaanisin kiinnikkein alustaan ja lukituslevyllä rappausverkon haakaan. Ennen lämmöneristeiden asennusta tulee kuitenkin varmistua, että olemassa olevat kiinnikkeet ovat kunnossa ja toimivia. Lämmöneristeiden välissä ei saa olla kolme millimetriä suurempaa rakoja. Lämmöneristeet eivät saa rappausalustana hammastaa yli 1/3 osaa rappauserroksen paksuudesta. Lämmöneristelevyn ulkopinta määrää rappauspinnan suoruuden. Kiinnityksessä on aina noudatettava materiaalitoimittajan ohjeita. Ensisijaisesti rappausverkko kiinnitetään uusittavilla alueilla vanhoihin kiinnikkeisiin.

Rappausverkko asennetaan rappauseristejärjestelmään soveltuvien kiinnikkeisiin materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Rappausverkkona käytetään kuumasinkittyä verkkoa, joka on limitettävä vähintään 100 millimetriä olemassa olevan rappausverkon kanssa. Rappausverkon sijainti määräytyy rappauseristejärjestelmän välkkeiden avulla ja sen tulee sijaita suunnilleen rappauseristejärjestelmän puolivälissä. Rappausverkon tulee olla suora ja siileä ja verkkojen jatkoskohdat kiinnitetään toisiinsa esimerkiksi kuumasinkityillä sinkilöillä. Mikäli paikkauskorjaukseen liittyvä alue on aukkojen piilissä, tulee kyseisiin kohtiin asentaa normaalin verkon lisäksi rappauseristejärjestelmästä valmistetut 300 mm x 500 mm kulmavahvikkeet. Kyseiset diagonaaliverkot asennetaan 45°:n kulmaan ja kiinnitetään rappauseristejärjestelmään kuumasinkityillä sinkilöillä.

Paksurappauseristejärjestelmän rappauseristejärjestelmään käytettävät korjausmateriaalit ja työmenetelmät valitaan kohteen olemassa olevien asiakirjojen tai rakenteesta otettujen laboratoriotutkimusten perusteella. Korjaustyössä tulisi käyttää saman tuoteperheen tuotteita kuin olemassa olevassa rakenteet ovat.

Ensimmäinen rappauseristejärjestelmä tehdään valitulla rappauseristejärjestelmällä siten, että pohjalle ruiskutetaan tasainen pohjakerros. Pohjarappauseristejärjestelmän tulee olla kokonaan rappauseristejärjestelmän alapuolella, jolloin kyseinen pinta jää ruiskupinnalle. Rappaus on pidettävä kosteana

noin 1–3 vuorokautta lämpötilasta ja ilmankosteudesta riippuen. Lämpimällä ja kuivalla säällä tulee rappauspintaa tarvittaessa kosteuttaa.

Täyttörappaus tehdään valitulla rappauslaastilla noin 1–3 vuorokauden kuluttua pohjarappauksesta. Ennen täyttörappausalusta tulee kosteuttaa tasaisen mattakosteaksi materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Täyttörappauslaastia levitetään noin 15–20 millimetrin kerros, jolloin rappausverkko jää rappauskerroksen puoliväliin. Mikäli täyttörappauksen paksuus ylittää kaksikymmentä millimetriä, tulee rappaukset tehdä kahdessa osassa. Täyttörappauksen pinta oikaistaan esimerkiksi laudalla pielipeltejä tai vanhaa rappauspintaa apuna käyttäen. Pintaa ei saa työstää liikaa, koska pintaan voi tällöin muodostua tartuntaa heikentävä hienoainekerros. Rappaus on pidettävä kosteana noin 1–3 vuorokautta lämpötilasta ja ilmankosteudesta riippuen. Lämpimällä ja kuivalla säällä tulee rappauspintaa tarvittaessa kosteuttaa.

Liikuntasaumat toteutetaan ennen pintarappauksen tekoa. Liikuntasauoissa käytetään ensisijaisesti järjestelmään kuuluvia liikuntasaumalistoja tai paisuvaa saumanauhaa.

Pintarappauksessa pinnan struktuuri valitaan vanhan julkisivupintaa vastaavaksi. Valitun materiaalitoimittajan kalkkisementtipinnoite levitetään esimerkiksi pinnoiteruiskulla tai suppiloruiskulla. Pintarappaus tehdään materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti, usein 5–7 vuorokautta täyttörappauksesta. Täyttörappauksen pinta tulee kostuttaa noin kaksi tuntia ennen pintarappauksen työstämistä. Pintarappaus toteutetaan ruiskuttamalla kahtena kerroksena siten, että häiritseviä työsaumoja ei synny. Vanhalle pinnalle työstettävät alueet tulee puhdistaa huolellisesti kaikesta epäorgaanisesta sekä irtonaisesta aineksesta.

## 6 POHDINTA

Eristerappausjärjestelmät ovat järjestelmän edullisuuden vuoksi olleet 2000-luvulta lähtien suosittuja. Ohutrappauseristejärjestelmän suosioon on myös vaikuttanut arkkitehtien ja kaavoittajien mieltymykset saumattomiin tai vähäsaumaisiin julkisivuihin.

Opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen perusteella eristerappausjärjestelmät ovat hyvin vaurioherkkiä, joissa pienikin suunnittelu- tai toteutusvirhe voi aiheuttaa julkisivuun merkittäviä ongelmia. Kyseinen vaurioherkkyys kohdistuu selkeämmin ohutrappauseristejärjestelmässä. Työssä havaittiin kuitenkin, että eristerapattu julkisivu on toimiva rakenne, mikäli se on suunniteltu ja toteutettu oikein. Eristerappausjärjestelmällistä julkisivua, kuten rakennuksen muitakin osia, esimerkiksi talotekniikkaa tulee tarkastella ja huoltaa määriteltyjen ohjeistusten ja määräysten mukaisesti, jolloin rakenteella on mahdollista saavuttaa rakenteelle suunniteltu käyttöikä.

Opinnäytetyössä tultiin johtopäätökseen, että eristerappausjärjestelmistä, paksurappauseristejärjestelmä on ohutrappauseristejärjestelmää parempi ratkaisu. Tehtyjen havaintojen mukaan tämä johtuu siitä, että paksurappauseristejärjestelmällisen julkisivun huokoinen, usein jalolaasteilla toteutettu rakenne absorboi kosteutta ja rakenne kuivaa tehokkaammin, kuin ohutrappauseristejärjestelmällinen rakenne. Ohutrappauseristejärjestelmässä olevaan silikonihartsipinnoitettuun, ohueeseen rakenteeseen päässyt kosteus ei samalla tavoin pääse kuivumaan, joka aiheuttaa rakenteeseen helpommin esimerkiksi pakkasvaurioita. Työssä havaittiin, että paksurappauseristejärjestelmässä ongelmat useimmiten kohdistuvat puutteellisiin tai väärin sijoitettuihin liikuntasaumoihin. Haastattelujen perusteella tuli toisaalta ilmi, että paksurappauseristejärjestelmä on selvästi ohutrappauseristejärjestelmää kalliimpia. Todennäköisesti Suomessa on suosittu ohutrappauseristejärjestelmällä toteutettuja julkisivuja enemmän kyseisen järjestelmään alhaisempien kustannusten vuoksi. Ohutrappauseristejärjestelmän käyttöikä jää usein alhaisemmaksi tai huoltoväli on lyhyempi ja siten elinkaarikustannus voi olla paksurappauseristejärjestelmää kalliimpi. Työssä havaittiin myös, että ohutrappauseristejärjestelmällisessä julkisivussa polystyreenillä lämmöneristetty rakenne on mineraalivillaa parempi vaihtoehto, koska polystyreeniin ei pääse imeytymään sadevettä siinä määrin kuin mineraalivillaan.

Opinnäytetyössä havaittiin, että julkisivujen huoltotoimenpiteet jäävät usein riittämättömäksi, jolloin eristerappausjärjestelmällisissä julkisivuissa rakenteiden vaurioituminen



nopeutuu selvästi. Julkisivua tulisi tasaisin väliajoin tarkastella silmämääräisesti, jonka pohjalta tulisi toteuttaa tarvittavat jatkotoimenpiteet riittävän ajoissa. Kiinteistöön suoritettavien kuntoarvioiden pohjalta tulisi määritellä tarvittavat ehdotukset julkisivua koskeville tutkimuksille ja huoltotoimenpiteille. Kevyillä huoltotoimenpiteillä, kuten pesulla ja maalauksilla voidaan säästyä julkisivuun kohdistuvilta ennenaikaisilta korjaustoimenpiteiltä. Eristerappausjärjestelmällisen julkisivun pinnassa oleva lika, kuten esimerkiksi siitepöly ja leväkasvusto, tulisi huoltopestä tuotetoimittajan huolto-ohjeiden mukaan, joka ohutrappauseristejärjestelmällisissä julkisivuissa tulisi usein suorittaa jopa kymmenen vuoden välein. Likaiseen eristerappattuun julkisivuun kohdistuu suurempi kosteusrasitus, kuin puhtaaseen, koska rakenne ei pääse samalla tavalla kuivumaan. Myös heikompi-laatuksilla pinnoitetuotteilla toteutetut ohutrappauseristejärjestelmät voi tarvita huolto-maalauksia jopa 10–15 vuoden välein.

Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin, että julkisivun kuntotutkimukset ovat rahallisesti merkittäviä kiinteistön korjausvelan ehkäisemisessä. Asiaa tulisi tarkastella siltä kannalta, että oikein ajoitettuna ja riittävässä määrin kuntotutkittu sekä oikein huollettu eristerappattu julkisivu voi säästää merkittävästi rahaa rakennuksen elinkaaren aikana.

Tulevaisuuden ilmastonmuutoksen vuoksi Suomen julkisivuihin tulee kohdistumaan entistä kovempia viistosaderasituksia, jolloin tuulettumattomat eristerappausjärjestelmälliset julkisivut ovat nykyistä kovemmassa rasituksessa, mikä tulee todennäköisesti näkymään lähitulevaisuuden järjestelmään kohdistuvassa korjaustarpeessa. Kiinteistön omistajien tulisi lähivuosina siis kiinnittää enemmän huomiota julkisivun kunnon tarkkailuun ja siihen, että tarvittavat huoltotoimenpiteet toteutetaan riittävän ajoissa. Myös uudisrakentamisen suunnitteluun ja laadunvalvontaa tulisi jatkossa kiinnittää entistä enemmän huomiota. Eristerappatuissa uudiskohteissa suunnittelu tulisi kohdistaa jokaiseen erilliseen liittymään ja läpivientiin.

Eristerappauksen yleisimmät ongelmat johtuvat yksittäisten liitosten tai detaljien suunnitelmapuutteista, jonka vuoksi kohdat toteutetaan väärin, eikä rakenne kestä sille kohdistuvia rasituksia.

Työn tavoite toteutui opinnäytetöissä, vaikka haastatteluista ei ohjeistukseen johtanutta tietoa hirveästi saatu. Tulevaisuudessa eristerappausjärjestelmään kohdistuvan korjaustarpeen vuoksi aiheesta tarvittaisiin alan asiantuntijoiden koostamat tarkemmat ohjeistukset. Myös uudispuolen yksityiskohtien suunnitteluun ja toteutukseen tulisi kiinnittää erityistä tarkkaavaisuutta.

## LÄHTEET

- Amaro, B., Saraiva, D., De Brito, J. & Flores-Colen. 2014. Inspection and diagnosis system of ETICS on walls, Construction and building materials, vol 47. Lissabon.
- Asp-Lehtinen, M., Tuuliniemi, V. & Pentti, M. 1991. Julkisivumaaleista ja niiden kestävydestä betonialustalla. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere.
- Bonten, C. & Berlich, R. 2001. Aging and chemical resistance, Munchen.
- Chandra, S. & Ohama, Y. Polymers in Concrete. CRC Press. Florida.
- ETAG 004.2000 Guideline for European technical approval of external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering. Version 2013. Brussel.
- Haukijärvi, M., Hekkanen, M. & Lahdensivu, J. 2/2006. Juko – Ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaustapakuvaukset. Betonijulkisivut Purkaminen ja uudelleenverhous – yleiskuvaus. Tampere.
- Ilmätieteenlaitos 2011. Tiedote: UV-säteily Suomessa oli kesällä ennätysellistä. Saatavilla <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/433102>.
- Inkinen, P., Manninen, R. & Tuohi, J. 2002. Momentti 2, Insinöörifysiikka. Painos 2.–3. Helsinki.
- Jukkola, E. 1997. Julkisivujen korjausopas. Helsinki: Julkisivuyhdistys ry.
- Julkisivuyhdistys 2019. Eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje. Versio 29.11.2019.
- Kvande, T., Bakken, N., Bergheim, E. & Thue, J.V. 2018. Durability of ETICS with rendering in Norway – Experimental and field investigation, Buildings. Trondheim.
- Lahdensivu, J., Annala, P., & Pikkuvirta, J. 2016. Eriste- ja levyrappaus 2016, by 57, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki.
- Lahdensivu, J., Köliö, A., Pakkala, T. & Koskinen, J. 2019. Betonijulkisivun Kuntotutkimus 2019, by 42, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki.
- Lahdensivu, J., Pentti, M., Mattila, J. & Haukijärvi, M. 2005. Rappauskirja 2005, by 46, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki.
- Lahdensivu, J. 2005b, Juko – Ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaustapakuvaukset. Rapitut julkisivut korjaustavat – yleiskuvaus. Tampereen yliopisto, Talonrakennusrekniikka.
- Lemberg, A.-M. 2019a. Eristerappausjärjestelmien vauriomekanismit ja kuntotutkimusmenetelmät. Diplomityö, Rakennetun ympäristön tiedekunta Tampere: Tampereen Teknillinen yliopisto.
- Lemberg, A.-M. 2019b. Betoni-lehti, julkaisu 1/2019. Betoniteollisuus ry. Uusi ilmiö piinaa rakennuksia Suomessa: Kerrostalojen seinät kasvavat levää. Helsinki.
- Lutz, H. & Bayer, R. 2010. Dry Mortars, Teoksessa: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Neuvonen, P. 2006. Kerrostalot 1880-2000: arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Olsson, L. 2014. Result from laboratory tests of wind driven rain tightness in more than 100 facades and weather barriers, 10th Nordic Nordic Symposium on Building Physics, Lund.

- Olsson, L. 2017. Rain intrusion rates at façade details – a summary of results from laboratory studies, *Energy Procedia*.
- Pakkala, T.A., Köliö, A., Lahdensivu, J. & Kiviste, M. 2014. Durability demands related to frost attack for Finnish concrete buildings in changing climate, *Building and Environment*.
- Pakkala, T.A., Lemberg, A-M., Lahdensivu, J. & Pentti, M. 2016. Climate change effect on wind-driven rain on facades, *Nordic Concrete Research*, No. 54.
- Pentti, M. 2014. Eristerappausrakenteet, Teoksessa: RIL 255-1-2014, *Rakennusfysiikka 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset*, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki.
- Pigeon, M. & Pleau, R. 1995. *Durability of concrete in cold climates*. E & FN Spon, Suffolk.
- Pitkäranta, M. & Laamanen, P. 2016. *Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Ympäristöministeriö. *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Helsinki.
- RT 18-10922. 2008. *Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot*. Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki.
- Salminen, K. 2020 *Rakennuslehti* nro 37. Teema: korjausrakentaminen. 20.11.2020. 54. vuosikerta.
- Siikanen, U. 2014. *Rakennusfysiikka, Perusteet ja sovelluksia*, Rakennustieto Oy, Tampere.
- Silvennoinen, K. & Pyy, H. 1988. *Ilman happamoittavien epäpuhtauksien vaikutus rappauksiin*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. *Tutkimuksia* 568, Espoo.
- Takala-Karppanen, R. 2018. *Julkisivun pesusta on paljon iloa*. RPT, kiinteistöposti.fi 13.9.2018. Saatavilla <https://www.kiinteistoposti.fi/julkisivun-pesusta-on-paljon-iloa>.
- Vesterinen, J. 1991. *Isora Oy:n eristerappausjärjestelmän kelpoisuustutkimus*, Rakennetun ympäristön tiedekunta Tampere: Tampereen Teknillinen yliopisto.
- Vinha, J. 2014. *Rakenteiden lämpö- ja energiatekninen suunnittelu*, Teoksessa: RIL255-1-2014, *Rakennusfysiikka 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset*, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki.
- Vinha, J., Viitanen, H., Lähdesmäki, K., Peuhkuri, R., Ojanen, T., Salminen, K., Paajanen, L., Strander, T. & Iitti, H. 2013. *Rakennusmateriaalien ja rakenteiden homeutumisen laskennallinen arviointi*. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka, Tampere.
- Weijo, I., Lahdensivu, J., Turunen, T., Ahola, S., Sistonen, E., Vornanen-Winqvist, C. & Annala, P. 2019. *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus*. Helsinki. Ympäristöministeriö: *Ympäristöministeriön julkaisuja* 2019:18, Vantaa.

## Liite 1: Kysymykset materiaalitoimittajille (paikkaus- ja pinnoituskorjaus)

- Kokemuksesi eristerapattujen julkisivujen korjauksista (materiaalitoimittajana)? entä onko järjestelmästä muuta kokemusta?
- Kuinka usein kuntotutkimuksen raportti toimitetaan materiaalitoimittajille asti. Koetko, että selvitysvaiheeseen/korjaussuunnitteluun olisi useammin hyvä saada materiaalitoimittaja mukaan?
- Mitä kuntotutkimuksissa tulisi tarkemmin tutkia korjaustyön suunnittelua ja toteutusta varten?
- Minkälaista pohjatietoa vanhoista käytetyistä materiaalista tarvitaan, kun lähdetään suunnittelemaan pinnoitus tai paikkaus- ja pinnoituskorjausta? (esim. alle 10v takuuaajan korjauksiin tietoa varmasti löytyy helpommin mutta vanhoihin kohteisiin ei)
- Kehitettävää eristerappausjärjestelmän kuntotutkimuksiin?
- Miten näet ilmastonmuutoksen vaikutukset eristerapattujen julkisivujen tulevaisuuden huolto-/korjaustarpeeseen?
- Eristerappausjärjestelmän tulevaisuus uudis- ja korjausrakentamisessa?
- Minkälaiset korjaustyöasiakirjat tulisi korjaussuunnitteluun laatia? Mitä korjaussuunnittelussa tulisi mielestäsi kehittää?
  - Urakoitsijan ja valvojan huomioiminen korjaussuunnitteluun?
  - Urakoitsijan työn ja laadunvarmistustoimenpiteiden dokumentointi? Dokumentointin valvonta? Tarvittavat testit korjaustyön aikana?
  - Onko korjaussuunnittelun asiakirjoihin määriteltyihin laadunvarmistustoimenpiteisiin parantamisen varaa?
  - Kerro yleisesti eristerappausjärjestelmään liittyvistä tuotteistanne. Onko kehityksessä uusia tuotteita em. järjestelmään? valmistelevat työ, suojaukset (sääsuojaus, materiaalisuojaukset)?
  - Olosuhteiden merkitys korjaustyön onnistumiseen? lämpötilat, sade jne.
- Työohjeet vanhan ja uuden rappauksen rajapinnan työstämiseen?
- Haasteet / erot ohut ja paksurappauksessa?
- Jälkihoito (mm. sitoutumisen ajan)?
- Epäonnistuneita eristerappausjärjestelmän korjauskohteita ja jos on, mitkä ovat olleet syyt epäonnistumiselle? Kohteet, joita on tarvinnut korjata alle 10v rakennuksen valmistamisesta ("takuaikana"), missä on epäonnistuttu? Case-esimerkkejä?
- Mitä kiinteistön käyttäjän tulisi huomioida em. järjestelmän huoltotoimenpiteissä? Missä "lipsutaan"?
- Minkälaisia ohjeistuksia teillä on antaa uuden rakennuksen eristerappausjärjestelmän korjaussuunnitteluun tai huoltamiseen?

## Liite 2: Kysymykset korjaussuunnittelijoille (paikkaus- ja pinnoituskorjaus)

- Kokemuksesi eristerappausjärjestelmien korjaussuunnittelusta
- Mitä ongelmia näet eristerapatuissa julkisivuissa,
- Ongelma/haasteet em. järjestelmän korjaussuunnittelussa
- Eri järjestelmätyyppien erot
- Miten kyseisten (pinnoitus sekä paikkaus- ja pinnoituskorjausten) korjaussuunnittelu yleisesti tapahtuu? Minkälaiset ohjeistukset korjaukseen tulisi mielestäsi laatia? Työselostus ja detaljit?
- Mitä tulisi huomioida eristerapatun julkisivun korjaussuunnittelussa:
- Löytyykö materiaalitoimittajalta mielestäsi riittävästi ohjeistuksia/detaljeita korjaustyöselostuksen laatimiseen?
  - Jos löytyy, niin onko ne mielestäsi oikeita?
- Minkälaista tietoa/materiaalia tulisi materiaalitoimittajilta olla korjaussuunnittelua varten
- Mitä uutta lisätietoa/ohjeistuksia toivoisit jatkossa materiaalitoimittajilta?
- Minkälaista apua kaipaisit työnantajalta em. suunnitteluun?
- Saako kuntotutkimuksesta riittävästi tietoa korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi? Mitä parannuksia toivoisit?
- Onko tutkittu riittävästi
  - Esim. lähtötiedot, ja laajuus jne.
  - Minkälaista pohjatietoa (vanhoista) käytetyistä materiaalista tarvitaan, minkälaista on olemassa
  - Saako tutkimusten perusteella usein riittävästi tietoa mihin korjaustapaan tulisi ryhtyä? Tulisiko tutkia laajemmin tai perusteellisemmin, että saadaan riittävä kuva tarvittavasta korjaustavasta? (ml. liittymärakenteet esim. parvekkeen kiinnitykset tvs.) Ehdotetaanko kuntotutkimuksessa korjausmenetelmää ja kuinka yksityiskohtaisia ehdotukset ovat.
  - Tarvitseeko usein tehdä (ja tehdäänkö usein) jatkotutkimuksia korjaussuunnittelun tueksi?
- Annetaanko eristerapattujen julkisivujen vaurioiden edetä useimmiten liian pitkälle ennen kuin korjaustoimenpiteisiin ryhdytään?
- Vanhat julkisivut
- Alle 10 v vanhoja (10 v vastuut), virheitä/korjattavaa?
- Case esimerkkejä epäonnistuneista eristerappausjärjestelmän korjaus- tai uudiskohteista? ja jos on, mitkä ovat olleet syyt epäonnistumiselle?