



Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus

Roope Repo

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Kiinteistönpitotekniikka ja korjausrakentaminen

ALKUSANAT

Tässä opinnäytetyössä tehtiin betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus kahdelle 1983-valmistuneelle asuinkerrostalolle.

Haluan kiittää Kartanon Isännöintipalvelut Oy:n isännöitsijää Riku Pönkästä sekä kohteen taloyhtiötä mielenkiintoisen ja opettavaisen opinnäytetyön tarjoamisesta. Erityiskiitokset Jani Hietakankaalle työn ohjaamisesta, sekä Jarno Oravaaarelle kenttätöissä avustamisesta.

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Kiinteistönpitotekniikka ja korjausrakentaminen

REPO ROOPE:
Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus

Opinnäytetyö 88 sivua, joista liitteitä 58 sivua
Toukokuu 2020

Opinnäytetyö on tehty Kartanon Isännöintipalvelut Oy:n toimeksiannosta. Taloyhtiö toimi tilaajana. Työn tarkoituksena oli tehdä betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus kahdelle asuinkerrostalolle. Työn teoriaosuudessa kerrotaan betonin yleisimmistä vaurioreaktioista ja kuntotutkimuksen toteuttamisesta. Tilaajalle on lisäksi lähetetty erillinen kuntotutkimusraportti. Kuntotutkimusraporttia ei julkaista tämän opinnäytetyön yhteydessä.

Kuntotutkimus tehtiin syksyllä 2019, ja sen raportti valmistui keväällä 2020. Tutkimus käynnistyi kohdekäynnin ja lähtötietojen perusteella tutkimuksen suunnittelemisella. Kenttä- ja laboratoriotöissä tutkittiin laaja-alaisesti eri rakennetyyppien betonin vaurioita, niiden etenemistä ja laajuutta. Tuloksien perusteella analysoitiin kohteelle sopivia korjausvaihtoehtoja kustannusarvioineen.

Opinnäytetyön tarkoitus oli tarjota ensisijaisesti taloyhtiölle tärkeää tietoa rakennusten korjaustarpeesta ja ajankohdasta. Kuntotutkimusraporttia voidaan käyttää korjaussuunnittelun lähtötietona. Työn teoriaosuus sopii oppaaksi aloittelevalle tai muistin virkistykseksi kokeneelle betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkijalle.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering
Facility Management and Renovation

REPO ROOPE:
Condition Survey of Concrete Facades and Balconies

Bachelor's thesis 88 pages, appendices 58 pages
May 2020

This bachelor's thesis was commissioned by Kartanon Isännöintipalvelut Ltd, for a condominium. The purpose of this work was to examine the condition of concrete facades and balconies of two residential apartment. The thesis includes a theory part that deals with general damage mechanisms to concrete structures and how to conduct typical condition survey. A separate survey report was also created and sent to the condominium. The survey report is not included in this thesis for reasons of confidentiality.

The survey was conducted in the fall of 2019 and its report was completed in the spring of 2020. The survey was based on a site visit and research of the existing data on the buildings. In field and laboratory work, the damage in the concrete facades and balconies was extensively surveyed. Based on the results, suitable repair options with cost estimates for the buildings were analyzed.

The theory part of the work comprises the most common concrete damage reactions and an overview on how the survey was done. The purpose of the thesis was primarily to produce important information about required repairs and estimated repair schedules to the condominium. The theory part is also a helpful guide to persons who do concrete condition surveys.

Key words: condition survey, concrete, facade, balcony

SISÄLLYS

1	TUTKIMUKSEN LÄHTÖTIEDOT	7
1.1	Työn tilaaja.....	7
1.2	Kohde ja sen erityispiirteet	7
1.3	Työn laajuus ja rajaus	7
1.4	Kuntotutkimuksen sisältö	8
2	BETONIRAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN	10
2.1	Yleistä	10
2.2	Betonirakenteiden kosteusrasitus	11
2.3	Raudoitteiden korroosio	11
2.3.1	Betonin karbonatisoituminen	11
2.3.2	Betonin karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio	13
2.3.3	Kloridien aiheuttama korroosio	15
2.3.4	Korroosiovauriot	15
2.4	Betonin rapautuminen	16
2.4.1	Betonin rapautumismekanismit	16
2.4.2	Pakkasrapautuminen.....	16
2.4.3	Ettringiittireaktio	17
2.4.4	Alkali-kiviainesreaktio	17
2.4.5	Rapautumisen aiheuttamat vauriot.....	18
2.5	Kosteustekninen toimivuus	18
2.6	Kiinnitykset ja kannatukset.....	19
2.7	Pinnoitteet	19
2.8	Betonin muodonmuutokset	20
2.9	Haitta-aineet.....	20
3	KOHTEEN BETONIRAKENTEIDEN KUNTOTUTKIMUS	21
3.1	Tutkimussuunnitelma	21
3.1.1	Kohteen erityispiirteet	21
3.1.2	Tutkimukset ja näytemäärät	21
3.2	Kenttätutkimukset.....	22
3.3	Laboratoriotutkimukset.....	23
3.3.1	Betoninäytelieriöiden silmämääräiset tutkimukset	23
3.3.2	Vetolujuuskokeet	24
3.3.3	Kloridipitoisuuden määrittäminen.....	24
3.3.4	Ohuthietutkimukset ja haitta-ainetutkimukset	24
4	TULOSTEN ANALYSOINTI	25
4.1	Vaurioiden laajuus.....	25

4.1.1 Betonin kunto ja laatu	25
4.1.2 Raudoitteiden korroosiovauriot	26
4.2 Korjausvaihtoehdot ja kustannusarviot.....	27
5 POHDINTA	28
LÄHTEET.....	29
LIITTEET	30
Liite 1. Kuntotutkimusraportti	30

1 TUTKIMUKSEN LÄHTÖTIEDOT

1.1 Työn tilaaja

Työn toimeksiantajana toimi Kartanon Isännöintipalvelut Oy:n Riku Pönkänen. Taloyhtiö toimi tilaajana.

1.2 Kohde ja sen erityispiirteet

Kohde koostuu kahdesta kerrostalosta, joissa on molemmissa kolme asuinkerrosta sekä kellarikerros. Kohteen rakennukset ovat valmistuneet vuonna 1983. Julkisivuille ja parvekkeille ei ole tehty suurempia korjauksia. Kuntotutkimus on rakenteiden käyttöiän ja silmämääräisten havaintojen perusteella ajankohtainen.

Rakennusten ulkoseinät ovat betonisandwich-elementtejä. Sandwich-elementin ulkokuori koostuu kerroksellisesta valusta, taustabetonista sekä pesubetonipinta-aisesta pintakerroksesta. Asuinkerrosten seinäelementtien ulkokuorissa on käytetty valkoista kiviainesta. Sokkelielementtien ulkokuorissa on käytetty tavanomaista kiviainesta.

Rakennusten parvekkeet ovat ulkopuolisia, itsekantavia parveketorneja. Parvekkeet tukeutuvat kantaviin pieliseiniin. Pielielementeillä on omat perustukset. Parvekelaatat, -kaiteet ja -pieliseinät ovat betonielementtirakenteisia.

1.3 Työn laajuus ja rajaus

Kuntotutkimus tehtiin ohjekirjan *BY 42, Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2019* mukaisesti. Tutkimus keskittyi betonijulkisivuihin ja parvekkeisiin, ja se tehtiin molemmille rakennuksille. Muiden rakenneosien kuntoon ei oteta suuremmin työssä kantaa. Kuntotutkimukseen sisältyi tutustumiskäynti kohteella, tutkimussuunnitelma, nostokaluston tilaus, näytteenotto ja mittaukset, laboratoriotutkimukset sekä raportointi. Ohuthie- ja haitta-ainetutkimukset teki Labroc Oy.

Tutkimuksessa on huomioitava, että näytteenotto tapahtui pistemäisesti ja vaurioiden todellinen laajuus ja vakavuus voi poiketa havaitusta. Näytteenottoa ja mitauksia kohdistettiin painotetusti jo vaurioituneisiin rakenneosiin. Tutkimusten ja mittausten suurehko määrä eri rakenneosista ja eri sijainneista antaa mielestäni luotettavan kuvan kohteen betonirakenteiden kunnosta yleisesti.

Opinnäytetyö soveltuu tiiviiksi kuntotutkimusoppaaksi kohteen kaltaisille betonirakenteille, eli pesubetonipintaisille julkisivuille ja parvekkeille kantavilla pielielementteillä. Betonisten julkisivujen ja parvekkeiden vaurioitumisprosesseja ja kuntotutkimuksen yleisohjeita ei tässä työssä käydä kovin tarkasti läpi, sillä ne on esitelty laajasti opinnäytetyön lähdeaineistossa käytetyssä ohjejulkaisussa *BY 42, Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2019*.

1.4 Kuntotutkimuksen sisältö

Kuntotutkimuksen sisältö määräytyi kohteen tutustumiskäynnin jälkeen tehdyssä tutkimussuunnitelmassa. Tutkimussuunnitelma toimi kenttätöiden tarkastuspöytäkirjana.

Kenttätöissä suoritettiin seuraavia tehtäviä:

- Lähtöaineistoon perehtyminen (isännöitsijäntodistus, ARK- ja RAK-piirustukset)
- Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden silmämääräinen tarkastus, valokuvaus
- Betonijulkisivujen vasarointi eri sijainneista
- 27 poralieriönäytettä timanttiporaamalla
- 6 betonijauhenäytettä poraamalla
- 2 saumanäytteen otto PCB- ja lyijytutkimuksia varten
- 1625 peitepaksuusmittausta

Laboratoriossa tehtiin seuraavia tutkimuksia:

- 27 betonilieriönäytteen karbonatisoitumissyvyyden ja maksimiraekoon määrittäminen, huokosjakauma, terästen peitepaksuuden mittaaminen ja mahdollinen korrosio
- 18 betonilieriönäytteen sahaus, liimaus ja vetolujuuskoe SFS 5445 mukaisesti
- 6 kloridipitoisuuden määrittäminen porajauhenäytteistä SFS-EN 14629 mukaisesti

Raportointivaiheessa tehtiin seuraavia tehtäviä:

- Betonilieriönäytteiden karbonatisoitumiskertoimien määrittäminen ja arvio syvyydestä 10 ja 30 vuoden kuluttua
- Peitepaksuusmittausten jaottelu rakenneosittain ja prosenttiosuuksien laskeminen eri syvyyksillä
- Peitepaksuusmittausten ja karbonatisoitumissyvyyksien vertailu, arviot raudotteiden määrästä korroosiotilassa nyt, 10 ja 30 vuoden kuluttua
- Rakenteiden korjausehdotukset, niiden ajankohta ja arviot kustannuksista
- Kuntotutkimusraportin koonti ja lähettäminen tilaajalle

2 BETONIRAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN

2.1 Yleistä

Säälle alttiina oleville betonirakenteille kohdistuu monia eri rasitustekijöitä. Lämpö, pakkaneen, kosteus, tuuli, säteily, kloridit ja ilman hiilidioksidi aiheuttavat betonissa muutoksia ja heikentävät rakenteiden ominaisuuksia. Rasitusten voimakkuus riippuu esimerkiksi rakennuksen sijainnista, korkeudesta ja ympäristöstä. Vauriot voivat olla aluksi vain ulkonäöllisiä haittoja, mutta niistä voi kehittyä turvallisuusriskejä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 15)

Raudoitteiden korroosio sekä betonin pakkasrapautuminen ovat merkittävimmät turmeltumiseen johtavat ilmiöt suomalaisissa betonijulkisivuissa ja -parvekkeissa. Raudoitteiden korroosio johtuu yleensä raudoitteiden pienistä peitepak-suuksista. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 15)

Merkittäviä turmeltumisilmiöitä on lisäksi:

- rakenteen kosteustekninen toimimattomuus
- kiinnitysten, kannatusten ja sidontojen vauriot
- pintatarvikkeiden ja -käsittelyiden vauriot
- kloridien aiheuttama raudoitteen korroosio
- halkeamat ja muodonmuutokset
- betonin rapautuminen alkali-kiviainesreaktion vaikutuksesta (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 15)

Oikein toteutetun betonijulkisivun ikä voi olla 50 – 100 vuotta. Korjauksia joudutaan kuitenkin yleensä tekemään aikaisemmin huollon laiminlyönnin, työvirheidensä sekä huonolaatuisten materiaalien vuoksi. (Sulonen, 2017)

2.2 Betonirakenteiden kosteusrasitus

Tulevaisuudessa rakennusten kosteusrasitus kasvaa lisääntyneiden vesisateiden ja voimakkaamman tuulen nopeuden vaikutuksesta ilmastonmuutosennusteiden mukaan. Voimistuvat viistosateet keskittyvät erityisesti rakennusten kaakon ja lännen väliselle sektorille, joissa julkisivut ja parvekkeet ovat jo nyt kovalla kosteusrasituksella. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 16)

Betonijulkisivujen merkittävin kosteuslähde on viistosade. Muita merkittäviä lähteitä ovat esimerkiksi erilaiset katon ja käyttövesien vuodot, sekä maaperän kosteus. Vesi pääsee sateella tunkeutumaan eristetilaan epätiivien liitosten ja saumojen kautta. Vesi kerääntyy esimerkiksi ikkunoiden ja sokkeleiden päälle. Tuuletumaton betonielementtirakenne kuivuu ulkokuoren kautta veden haihtuessa ulkopinnasta. Lämpövirta rakenneosan sisäpuolelta nopeuttaa kuivumista. Kuivumisnopeuteen vaikuttaa erityisesti betonin laatu sekä pintarakenne. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 16)

Parvekerakenteet voivat olla pitkään kovassa kosteusrasituksessa puutteellisen vedenpoiston ja sateiden yhteisvaikutuksesta. Rakenteiden kuivumisnopeus on hidasta kylmissä rakenteissa, kapillaarisesti imeytynyt kosteus poistuu haihtamalla. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 17)

2.3 Raudoitteiden korroosio

2.3.1 Betonin karbonatisoituminen

Ilman hiilidioksidin tunkeutuessa betoniin alkaa neutraloitumisreaktio, jossa betonin korkea alkalisuus laskee, toisin sanoen betoni karbonatisoituu. Karbonatisoituminen etenee vyöhykemäisesti pintaosista alkaen. Karbonatisoitumisen etenemisnopeus riippuu betonin diffuusiovastuksesta, ilman hiilidioksidipitoisuudesta sekä vaikutuksen alaisesta aineen määrästä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 18-19)

Hiilidioksidin tunkeutumisenopeus riippuu betonin huokosrakenteesta sekä kosteuspitoisuudesta. Korkea kosteuspitoisuus betonissa suojaa sitä karbonatisoitumiselta, sillä huokosrakenteen vesi estää tehokkaasti hiilidioksidin tunkeutumista. Kun karbonatisoituminen on edennyt syvemmälle betoniin, hiilidioksidin tunkeutuminen vaikeutuu ja karbonatisoituminen hidastuu. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 19)

Käytännössä karbonatisoitumisnopeus vaihtelee suuresti jopa yhden elementin alueella. Tuulettumattomissa ulkoseinärakenteissa ulkokuoren sisäpinnan karbonatisoituminen on tyypillisesti hitaampaa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 20-21)

Tietyt betonirakenteiden osat voivat karbonatisoitua kolmesta eri suunnasta, näitä ovat esimerkiksi:

- Parvekepielten päädyt
- Parvekekaiteiden ylä- ja alapinnat
- Julkisivuelementtien reunat
- Ikkuna-aukkojen pielet

Erilaiset pintakäsittelyt voivat nopeuttaa betonin karbonatisoitumista. Parvekealaatan alapinnat karbonatisoituvat tyypillisesti nopeasti alapinnasta, sillä ne ovat säältä suojassa ja pinta on usein hierretty tuoreena. Parvekelaatat valetaan usein ylösalaisin. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 21)

Betonin karbonatisoitumisen etenemistä voidaan tutkia tavanomaista sementtiä sisältävässä betonissa fenoliftaleiiniliuoksen avulla. Fenoliftaleiini värjää emäksisen, eli karbonatisoitumattoman betonin vaaleanpunaiseksi. Värjäntymätön betoni on karbonatisoitunutta.



Kuva 1. Parvekelaatasta porattu betoninäyte, jossa voidaan havaita pitkälle edennyt alapinnan karbonatisoituminen värjäntymättömänä vyöhykkeenä.

2.3.2 Betonin karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio

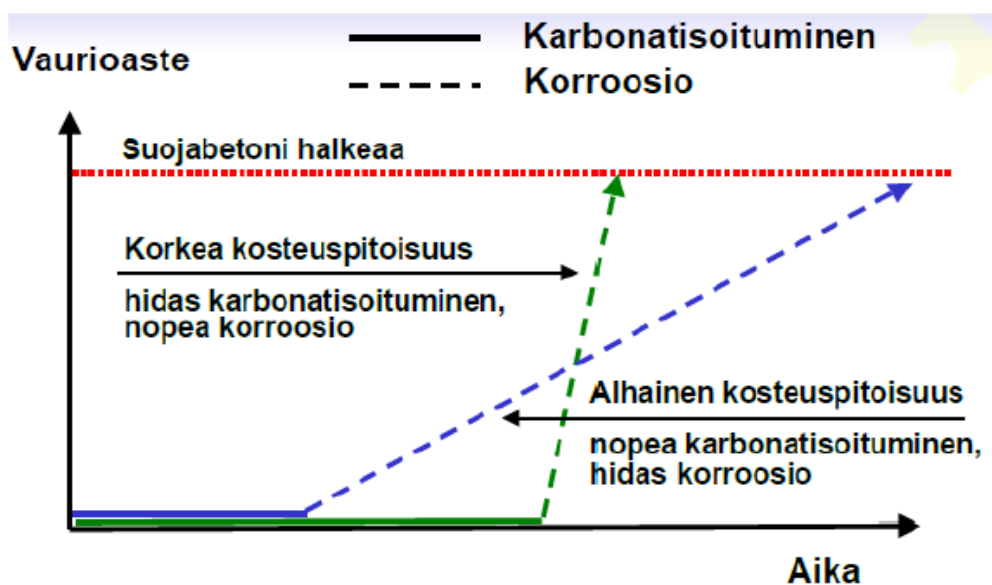
Betonin korkea alkalisuus suojaa teräksen pintaa korroosiolta. Myös tarpeeksi paksu ja tiivis betonipeite tehokkaasti hiilidioksidin ja kloridien tunkeutumisen rakenteeseen. Betoniterästen korroosio voi alkaa, jos betoni karbonisoituu teräkseen asti tai jos raudoituksen ympärillä olevassa betonissa on klorideja. Aktiivinen korroosio tarkoittaa aikaa varsinaisen korroosion alusta rakenteen kantavuuden vaarantumiseen asti. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 17)



Kuva 2. Korroosion vaiheet ja vaikutus betonirakenteessa. (Hietakangas 2019, 51)

Korroosiossa teräksen pinnasta liukenee materiaalia, ja sen ominaisuudet heikentyvät laskien rakenteen kantavuutta. Raudoitteen ympärille muodostuu korroosiotuotteita, joiden tilavuus kasvaa huomattavasti alkuperäisen raudoitteen kokoon verrattuna. Raudoitetta ympäröivään betoniin muodostuu jännitteitä, joka aiheuttaa betonin lohkeilua sekä sisäisiä ja ulkoisia halkeamia. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 17)

Korroosion nopeus riippuu tyypillisissä julkisivu- ja parvekerakenteissa betonin huokosverkoston vesipitoisuudesta sekä lämpötilasta. Korkea kosteuspitoisuus hidastaa karbonatisoitumista, mutta nopeuttaa teräksen ruostumista. Kuivassa olosuhteessa betoni karbonatisoituu nopeasti, taasen korroosio on hidasta. Raudoitteiden korroosion aiheuttamat betonipinnan halkeamat ja lohkeamat helpottavat kosteuden pääsyä teräksiin, ja korroosio kiihtyy entisestään. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 23)



Kuva 3. Karbonatisoitumisen ja korroosion riippuvuus kosteudesta. (Hietakangas 2019, 53)

2.3.3 Kloridien aiheuttama korroosio

Betoniraudotteiden korroosio voi käynnistyä, jos ympäröivässä betonissa on riittävästi klorideja. Kloridien aiheuttamaan korroosioon ympäröivän betonin ei tarvitse olla karbonatisoitunutta. Raudotteiden korroosion käynnistämiseksi kloridipitoisuutta on noin 0,03 – 0,07 paino-% betonin painosta. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 21)

Julkisivu- ja parveke-elementeissä on käytetty joskus kiihdyttävä lisäaineena kalsiumkloridia, jonka määrä riittää yleensä käynnistämään kloridien aiheuttaman korroosion raudotteissa. Rannikkoalueilla tuulen kuljettama merivesi ja jäänsulatussuolat voivat kuljettaa klorideja betonirakenteisiin. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 21)

Kloridien aiheuttama korroosio on yleensä pistemäistä ja erittäin voimakasta. Korroosiotuotteet kloridien aiheuttamassa korroosiossa ovat hyvin liukoisia, ja vauriot voivat edetä pitkälle ennen havaitsemista. Kloridien aiheuttama korroosio ei välttämättä tarvitse niin korkeaa kosteuspitoisuutta ja lämpötilaa kuin karbonatisoitumisen aiheuttamassa korroosiossa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 21)

2.3.4 Korroosiovauriot

Kuntotutkimuksessa on tutkittava, ja kiinnitettävä erikseen huomiota ulkoseinäelementtien pieli- ja reunateräksiin. Elementtien reunojen pienet peitepaksuudet ja kolmesta suunnasta etenevä karbonatisoituminen ovat riskitekijöitä raudotteiden korroosiovaurioille. Verkk- ja pieliraudotteiden pitkälle edenneet korroosiovauriot saattavat edetä turvallisuusriskeiksi. Tutkimuksessa on selvitettävä kiinnitys- ja liitososien, kuten diagonaaliensaiden kuntoa, joilla on rakenteen turvallisuuden kannalta merkitystä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 23)

Parvekerakenteissa korroosion aiheuttamia vaurioita näkyy useimmiten parvekepielien päädyissä, ohuissa kaiteissa sekä laattojen alapinnoissa. Pääosin ulkonäölliset ongelmat voivat edetä turvallisuusriskeiksi betonikappaleiden lohjetessa

ja tippuessa. Parvekkeiden puutteellinen vedenpoisto kiihdyttää usein laatan alapinnan terästen korroosiota, kun rakenne ei pysy kuivana. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 23)

2.4 Betonin rapautuminen

2.4.1 Betonin rapautumismekanismit

Betonin yleisin rapautumismekanismi betonisissa julkisivuissa ja parvekkeissa on pakkasrapautuminen. Betonin rapautumista voi tapahtua harvemmin myös ettringiittireaktion sekä alkali-kiviainesreaktion seurauksesta. Rapautumisreaktioiden vaatima korkea kosteusrasitus yhdistää ilmiöitä, joiden aiheuttamat vauriot ovat usein hyvin samannäköisiä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 24)

2.4.2 Pakkasrapautuminen

Betonissa on huokosista muodostunut verkosto, jonka sisältämä vesi jäätyessään laajenee noin 9%. Tilavuuden kasvu voi aiheuttaa betoniin paineen muodostamia vaurioita. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 24)

Betonin pakkasrapautumisen estämiseksi betonissa voidaan käyttää lisähuokosaineen muodostamia kapillaarihuokosia suurempia suojahuokosia, joissa vesi pääsee jäätyessään laajenemaan vapaasti. Suojahuokosten toimivuus riippuu riittävän tiheästä huokosjaosta, eli pienestä välimatkasta huokosten välillä. Lisähuokoistus on yleensä ollut puutteellinen ennen 1980-lukua valmistuneissa betonijulkisivuissa ja -parvekkeissa. Pakkasrapautuminen lisähuokostamattomassa, tiiviissä betonirakenteessa voi kuitenkin hidastua tai estyä alhaisessa kosteusrasituksessa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 25-26)

2.4.3 Ettringiittireaktio

Ettringiittimineraalia syntyy betonin hydrataatioreaktion tuotteena ja myöhemmin sitä voi syntyä sulfaattimineraalien kemiallisen reaktion yhteydessä. Kiinteän ettringiitin tilavuus on noin 130-140 % lähtöaineeseen verrattuna. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 28)

Ettringiitti voi aiheuttaa betonin rapautumista erityisesti pakkasrapautumisen yhteydessä. Ettringiitti kiteytyessään täyttää betonin suojahuokosia ja sen pakkasenkestävyys heikentyy. Tilavuuden kasvun muodostama paine voi aiheuttaa myös betonin rapautumista. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 28)

Ettringiittiä on havaittu vuonna 1960...1996 valmistuneiden kohteiden ohuthietutkimusten perusteella enemmän pesubetonin taustabetonissa kuin pesubetonin pintabetonissa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 29)

2.4.4 Alkalikiviainesreaktio

Alkalikiviainesreaktio on Suomessa harvinainen ilmiö kivilajien hyvän kemiallisen kestävyuden takia. Alkalikiviainesreaktion voi käynnistyä, jos sementissä on runsaasti alkaleja, kiviaineksen mineraalit eivät kestä alkalisuutta ja betonin kosteuspitoisuus on korkea. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 30)

Alkalikiviainesreaktio näkyy yleensä betonin pinnan laikukkuutena, verkkohalkeiluna sekä halkeamista tunkeutuvana geelimäisenä reaktiotuotteena. Reaktio voi aiheuttaa betonin halkeilua. Toisinkuin pakkasrapautumisen aiheuttamassa betonin halkeilussa, alkali-kiviainesreaktion aiheuttama halkeilu voi syntyä myös syvemmällä betonissa aiheuttaen halkeamaverkoston koko rakenteeseen. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 30)

2.4.5 Rapautumisen aiheuttamat vauriot

Betonisandwich-elementtien ulkokuoren rapautuminen ei yleensä vaaranna suoraan rakenteen kantavuutta. Kerroksellisten ulkokuorten, kuten pesubetonielementin taustabetonin rapautuminen voi kuitenkin vaarantaa koko pintakerroksen paikalla pysymisen. Taustabetonin rapautumista ei voida havaita silmämääräisesti. Pesubetonielementtien pakkasenkestävyydessä on havaittu eniten paikallista pakkasrapautumaa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 30-31)

Parvekkeiden betonirakenteissa pitkälle edennyt rapautuma voi vaarantaa rakenteiden kiinnityksiä ja kantavuutta. Betonin rapautuminen on voimakkainta korkealle kosteusrasitukselle alttiissa kohdissa. Pielielementeillä kannatetuissa parveketorneissa pitkälle edennyt pielen rapautuminen voi vaarantaa parvekkeiden kantavuuden. Kaidarakenteiden kiinnitysten ankkurointi voi heikentyä betonin rapautumisen takia. Parvekelaattojen etureunan rapautuminen on yleistä puutteellisen vedenpoiston takia. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 31)

2.5 Kosteustekninen toimivuus

Betoniset julkisivuelementit ja parvekkeet altistuvat voimakkaalle kosteusrasitukselle. Kosteusrasituksen voimakkuus on merkittävin tekijä betonirakenteiden vaurioiden syntymiseen ja etenemiseen. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 32)

Rakenteiden kosteusrasitukseen ja kuivumiseen vaikuttaa mm. seuraavat tekijät:

- Elementtien välisten saumojen kunto
- Ulkoseinän tuulettuvuuden toimivuus
- Parvekkeiden vedenpoiston toimivuus
- Räystäsrakenteiden toimivuus
- Pellitysten toimivuus
- Betonipinnan maalauksen tai pinnoituksen kunto
- Parvekelasitukset

(Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 32-33)

Saumausten kunnolla on suuri merkitys seinän kosteusrasitukseen. Tyypillisiä saumojen ongelmia on elastisuuden menetys, rakoilu ja halkeilu. Kosteutta voi imeytyä betonirakenteeseen esimerkiksi laastisaumojen kautta huomattavia määriä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 33)

2.6 Kiinnitykset ja kannatukset

Ulkoseinien osalta ulkokuoren ansaiden kunnan heikkeneminen voi vaarantaa ulkokuoren kiinnityksen toiminnan. Ulkokuoren ansaiden tartunta voi heikentyä betonin pakkasrapautumisen johdosta. Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen ansaiden korroosiovauriot tai työvirheet voivat heikentää myös kiinnitysten toimintaa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 33-34)

Parvekerakenteissa kannatusten ja sidontojen suurimpia ongelmia on raudoitteiden korroosio ja pakkasrapautumisen aiheuttama terästen tartunnan heikentyminen. Työvirheet, esimerkiksi liian pienet peitepaksuudet näkyvät usein rakenteiden vaurioitumisena. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 34)

2.7 Pinnoitteet

Pinnoitteiden, kuten esimerkiksi maalin irtoaminen on tavanomainen betonipinnan vaurio. Pinnoitteet voivat suojata rakennetta kosteudelta tarkoituksen mukaan. Esimerkiksi raudoitteiden korroosiota voidaan hidastaa oikealla pinnoitteella. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 36-37)

Betonipintojen pinnoitteiden kestävyyttä sekä tartuntaa voivat heikentää seuraavat tekijät:

- Auringon ultravioletti- ja lämpösäteily
- Kosteusrasitus ja sen kulkeminen rakenteen läpi
- Työvirheet, kuten epäpuhdas alusta
- Betonipinnan haurastuminen
- Mekaaniset rasitukset

(Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 36-37)

2.8 Betonin muodonmuutokset

Betonirakenneosan halkeilu voi johtua edellä mainittujen raudoitteiden korroosion ja pakkasrapautumisen lisäksi kovettumisvaiheen ja kovettuneen betonin kutistumisesta, ulkoisista kuormista, liikuntasaumojen puutteesta, lämpötilavaihtelusta ja tukien siirtymisestä. Riittävän suuri halkeilu edesauttaa paikallista raudoitteiden korroosiota ja vaurioittaa pinnoitteita. Halkeilua on tutkittava laajuuden ja syvyyden määrittämiseksi, ja sitä kautta arvioida vaurion vakavuutta. (s.37)

Betonielementin kaareutumista aiheuttaa sisä- ja ulkopinnan muodonmuutoksen erot. Kaareutuminen voi tapahtua ulkopinnasta tarkasteltuna kuperasti, jos esimerkiksi pakkasrapautuminen aiheuttaa ulkopinnassa halkeilua. Kaareutumista voi tapahtua myös koverasti, jos halkeilua on elementin sisäpinnassa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 38)

2.9 Haitta-aineet

Julkisivujen ja parvekkeiden pinnoitteissa on käytetty asbestia (krysotiili) aina 1988 vuoteen asti. (Työterveyslaitos, Asbesti rakennusmateriaaleissa 2016, s.14)

Asbestia sisältävien rakenteiden pölyämistä aiheuttavissa korjaustoimenpiteissä on ryhdyttävä tarvittaviin suojaustoimenpiteisiin. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 39)

Saumasaineissa on käytetty PCB-yhdisteitä noin vuoteen 1979 asti, ja lyijyä aina vuoteen 1989 asti. PCB- yhdisteet ovat ympäristömyrkyjä ja voivat aiheuttaa ihmiselle syöpää. Lyijy aiheuttaa hermostollisia sairauksia. PCB-yhdisteitä ja lyijyä sisältävien saumasaineiden pölyämistä aiheuttavissa korjaustoimenpiteissä on ryhdyttävä tarvittaviin suojaustoimenpiteisiin. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 39)

3 KOHTEEN BETONIRAKENTEIDEN KUNTOTUTKIMUS

3.1 Tutkimussuunnitelma

3.1.1 Kohteen erityispiirteet

Kohteen ulkoseinäelementit olivat pesubetonipintaisia. Vetolujuus- ja ohuthietutkimusten tärkeimpiä tavoitteita oli selvittää kerroksellisen valun taustabetonin kuntoa, mikä ei ollut silmämääräisesti selvitettävissä.

Kohteessa oli silmämääräisesti havaittavissa ulkoseinäelementtien betonin rapautumista, jonka syy ja laajuus oli tärkeää selvittää.

Toisen talon eteläpäädyn parvekkeille ei pääse nostolava-auton avulla tontin muodon vuoksi. Parvekkeita voidaan tutkia vain ensimmäisen kerroksen parvekkeiden osalta sisäpuolelta.

3.1.2 Tutkimukset ja näytemäärät

Poralieriönäytteiden määrä määräytyi ohjeellisen määrän mukaisesti. Kohteen talon jokaiselta rakenneosalta (ruutu-, umpi-, ja sokkelielementti, parvekelaatta, -kaide ja -pieli) otetaan kolme poralieriönäytettä, yhteensä 18 kpl. Kohteessa oli toinen, samaan aikaan ja samantyyppisistä elementeistä rakennettu talo, joka tutkitaan pistokoemaisemmin 50 % näytemäärällä (9 kpl). (Betonijulkisivun kuntotutkimus, tilaajan ohje, 13)

Kuntotutkimuksen muut tutkimukset tehdään ohjesisällön mukaisesti:

- Kaikille poralieriöille mitataan karbonatisoitumisen eteneminen
- Ohuthietutkimuksiin lähetetään vähintään 33 % poralieriönäytteistä
- Muille poralieriöille tehdään vetolujuuskoe
- Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaaminen laajasti eri elementtityypeistä
- Porajauhonäytteiden otto kloridimäärityksiä varten

- Rakenteiden turvallisuusriskien kartoittaminen
- Pinnoitusten vaurioiden tutkiminen
- Julkisivupinnoitusten ja saumausten haitta-aineiden tutkiminen
- Rakenneosien muodonmuutoksien ja halkeamien tutkiminen
- Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden tutkiminen
- Toimenpide-ehdotuksien, korjaussuositusten ja kustannusarvioiden laatiminen (Betonijulkisivun kuntotutkimus, tilaajan ohje, 11)

3.2 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimuksiin varattiin aikaa kaksi päivää. Ensimmäisenä päivänä tutkittiin rakennusten julkisivujen yläosia ja parvekkeita nostolava-auton avulla. Toisena päivänä tutkittiin julkisivujen alaosia ja parvekkeita tikkaiden ja telineiden avulla, lähinnä hankalassa CD-talon eteläpäädyssä.

Rakenneosien kuntoa, liittymiä ja kosteusteknistä toimivuutta tarkasteltiin silmämääräisesti. Vaurioita ja puutteita dokumentoitiin valokuvaamalla ja piirustuksiin merkitsemisellä.

Poralieriönäytteet porattiin timanttioralla, jonka terän sisähalkaisija oli 50 mm. Porauskohdista mitattiin eristeen paksuus ja tutkittiin myös diagonaaliensaiden kuntoa. Porareiät tukittiin muovitulpilla ja kitillä.



Kuva 4. Porauskalustoa.



Kuva 5. Näytekohdan ansas.

Julkisivuelementtien ja parvekepielien välisistä sauma-aineista otettiin näytteet PCB- ja lyijytutkimuksia varten. Kaikista eri rakenneosista otettiin porajauhonäytteet kloriditutkimuksia varten. Parvekerakenteista otettiin näytteitä asbestitutkimuksia varten.

Julkisivujen ja parvekkeiden betonielementtien peitepaksuuksia mitattiin Profoscope- mittalaitteella. Mittauksia tehtiin eri rakenneosista monilta eri sijainneilta, jotta otoksesta tulee mahdollisimman kattava.

3.3 Laboratoriotutkimukset

3.3.1 Betoninäyteliieriöiden silmämääräiset tutkimukset

Kaikki betonilieriönäytteet käsiteltiin fenoliftaleiiniliuoksella betonin karbonatisoitumisen määrittämiseksi. Lieriöistä arvioitiin myös tiivistymisastetta ja mitattiin huokokset, maksimi raekoko sekä mahdollisten terästen koko ja niiden peitepaksuudet.



Kuva 6. Betonilieriönäyte, joka on käsitelty fenoliftaleiiniliuoksella.

3.3.2 Vetolujuuskokeet

18 betonilieriönäytteelle tehtiin pintojen tasaus tiilisirkkelillä sahaamalla. Pintoihin liimattiin teräskiekot vetokoetta varten kaksikomponenttiliimalla. Näytteille tehtiin vetolujuuskoe kalibroidulla Matertest FMT-MEC 225 kN vetolaitteella standardin SFS 5445 mukaisesti.

3.3.3 Kloridipitoisuuden määrittäminen

6 porajauhonäytteelle tehtiin kloridipitoisuuden määrittäminen SFS-EN 14629 mukaisesti. Porajauhonäytteen mahdolliset kloridit liuotettiin typpihappoliuokseen kuumentamalla ja suodattamalla näyte liuoksineen. Kloridipitoisuuden määrittäminen tehtiin titraamalla väri-indikaattoriaineita käyttäen.

3.3.4 Ohuthietutkimukset ja haitta-ainetutkimukset

9 poralieriönäytettä lähetettiin Labroc Oy:lle ohuthietutkimuksiin. Sauma- ja maalinäytteet lähetettiin myös Labroc Oy:lle haitta-ainetutkimuksiin.

4 TULOSTEN ANALYSOINTI

4.1 Vaurioiden laajuus

4.1.1 Betonin kunto ja laatu

Kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää osaltaan betonin pakkasenkestävyys ja mahdollinen pakkasrapautuma. Betonin rapautumisen laajuus ja vakavuus määrittelee eri korjausvaihtoehtojen sopivuutta kohteeseen. Erityisesti laboriotutkimuksilla voidaan analysoida betonin pakkasrapautumaa seuraavasti:

- Onko rakenneosan betonissa pakkasrapautumaa
- Mistä rapautuminen johtuu
- Mihin asti rapautuminen on rakenteessa edennyt
- Vaikuttaako rapautuminen rakenteen toimivuuteen ja turvallisuuteen
- Mitä rajoitteita rapautuminen aiheuttaa korjausvaihtoehdoille

(Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 113)

vetolujuus	todennäköinen rapautumistilanne
luokkaa 0 MPa	näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa
luokkaa 0,5 – 1,0 MPa	näytteessä on jonkinasteista rapautumaa
luokkaa 1,5 MPa tai yli	näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa

Kuva 7. Eräs tapa arvioida rapautumistilannetta vetolujuuskokeiden tulosten perusteella. (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019)

Vetolujuuskokeiden tulosten perusteella saatiin suhteellisen kattava kuva eri rakenneosien rapautumistilanteesta. Saman rakenneosan, esimerkiksi parvekepielinäytteiden tulokset eivät merkittävästi eronneet toisistaan ja rapautumistilannetta voitiin arvioida kokonaisuudessaan hyvin.

Ohuthietutkimuksen perusteella saatiin tarkkaa tietoa betonin mahdollisesta pakkasenkestävyydestä, ettringiittimineraalin kiteytyneestä määrästä betonin huokosiin ja rapautumisen aiheuttamista vaurioista. Tutkimusten perusteella saatiin myös tietoa pesubetonin pintabetonin ja taustabetonin kontakteista ja betonien

kunnosta. Vetolujuuskokeiden murtotavan ja kohdan mukaan voitiin tehdä tätä vahvistavia johtopäätöksiä.

4.1.2 Raudoitteiden korroosioauriot

Raudoitteiden korroosioaurioiden määrän ja korroosion etenemisnopeuden arviointi on tärkeimpiä kuntotutkimuksen tavoitteita. Korroosioaurioiden laajuus ja vakavuus määrittelee myös sopivien korjaustoimenpiteiden valintaa kohteeseen. Kuntotutkimuksessa tulee selvittää raudoitteiden suojabetonipeitteen paksuuden ja karbonatisoitumissyvyyden vertailu eri syvyysvyöhykkeisiin jaoteltuina. Vertailulla voidaan arvioida, kuinka paljon raudoitteita on korroosiotilassa. Kohteella on lisäksi tutkittava korroosiota kiihdyttävät kosteustekniset puutteet, pinnoitteiden suojausominaisuudet ja betonin kloridipitoisuus. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 109)

Peitepaksuusmittaukset jaoteltiin rakenneosittain sopiville vyöhykkeille, joita siis verrattiin betonilieriöiden karbonatisoitumissyvyyteen prosenttiosuusten avulla.

Parvekelaatta AP									
Peitepaksuus (mm)	<6	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	>35	Yht.
Mittaukset		1	12	13	21	25	12	15	99
%-osuus		1 %	12 %	13 %	21 %	25 %	12 %	15 %	100 %
Karbonatisoitumissyvyys (mm)	<6	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	>35	Yht.
Mittaukset				2	2				4
%-osuus				50 %	50 %				100 %
Raudoitteita korroosiotilassa	<6	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	>35	Yht.
%-osuus	0,00 %	1,01 %	12,12 %	9,85 %	5,30 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	28,28 %

Kuva 8. Parvekelaatan alapinnan raudoitteiden korroosiotilan arviointi. (Repo, kuntotutkimusraportti 2020)

Karbonatisoitumisvyöhykkeiden ja rakennusten iän perusteella laskettiin karbonatisoitumiskertoimet. Kertoimilla voidaan laskea karbonatisoitumisen etenemistä tulevaisuudessa. Etenemistä verrattiin jälleen raudoitteiden peitepaksuuksiin ja laskettiin arvioita raudoitteiden korroosiotilamäärästä 10 ja 30 vuoden kuluessa.

Rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta erityisesti pinnoitteiden ja saumausten osalta tehtiin havaintoja kenttäpäivänä. Puutteiden korjausehdotukset tulisivat laskemaan rakenteiden korroosiovaurioiden etenemisnopeutta tulevaisuudessa.

4.2 Korjausvaihtoehdot ja kustannusarviot

Kuntotutkimuksen kenties haastavin osa on analysoida suurta tietomäärää ja tehdä niistä johtopäätöksiä. Yksittäisiä tuloksia pitää tarkastella, tulkita ja muokata kokonaiskuvan saamiseksi. Rakenneosan vaurioitumistapojen yhteisvaikutusta tulee analysoida korjattavuuden ja turvallisuustekijöiden näkökulmasta. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 105-107)

Kuntotutkimusraportissa esitellään suositeltavat korjausvaihtoehdot ja niiden karkeat kustannusarviot. Korjaustavan analysoinnissa voidaan edetä seuraavanlaisesti:

- 1) Onko rakenne purettava
- 2) Voiko rakenteelle tehdä peittävän korjauksen
- 3) Voiko rakenteen korjata alkuperäisen ulkonäön säilyttäen
- 4) Tarvitseeko rakenteelle tehdä mitään tai kulutetaanko se loppuun

Korjaustapaan vaikuttaa myös taloudellisuus, viranomais määräykset sekä arkkitehtuurinen ilme. Korjausvaihtoehtoja laadittaessa on arvioitava hidastaako tai poistaako korjaus vaurioita ja niiden etenemistä, käyttöikää sekä onko korjaustapa epävarmuustekijöineen soveltuva rakenteelle. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 108)

Kohteen korjausvaihtoehdot perusteltiin tutkimustulosten analyysin perusteella ja ne kuulostivat järkeviltä käyttöiän pidentämisen sekä taloudellisuuden suhteen. Julkisivukorjauksille annettiin kaksi vaihtoehtoa ja parvekerakenteiden korjauksissa päädyttiin selkeästi yhteen vaihtoehtoon.

Kustannusarviot laskettiin karkeasti RT-kustannuslaskenta-ohjelmalla.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön kuntotutkimuksessa annettiin paljon vastuuta, sain toimia työnteon itsenäisesti ja tarvittaessa sain apua. Haasteena oli tutkimuksen kokonaisvaltainen toteuttaminen, sillä olen aikaisemmin toiminut vain timanttikorjaajana kuntotutkimuskohteissa. Itse kuntotutkimus projektina vaatii paljon työtä ja kohteeseen syvemmin perehtymistä hyvän kokonaiskuvan saamiseksi.

Sain hyvää kokemusta perinteisen kerrostalokohteen kuntotutkimuksesta. Opinnäytetyössä perehdyin tarkemmin betonirakenteiden vauriotekijöihin ja niiden tutkimismenetelmiin. Korjausehdotusten ja kustannusarvioiden laadinta oli itselleni uutta asiaa ja siinä sain hyvin tukea ohjaajaltani Jani Hietakankaalta.

Kuntotutkimus onnistui mielestäni kokonaisuutena suhteellisen hyvin ja korjausehdotukset kuulostivat loogisilta vaurioiden perusteella. Pysin tutkimuksen ajan tarjoamaan tilaajana toimineelle taloyhtiölle mahdollisimman luotettavaa tietoa rakenteiden korjaustarpeesta ja -ajankohdasta.

Tutkimuksen onnistumisen riskitekijänä oli pääosin itsenäinen työskentely. Näytteenotto ja erilaiset mittaukset veivät paljon aikaa, ja tutkija sai olla tarkkana valitessaan näytteenottokohtia ja tehdessään silmämääräisiä havaintoja ja kirjauksia. Otin kohteella runsaasti valokuvia, joiden merkitystä ei voi liikaa korostaa. Kuvista oli suuri apu tutkimusraporttia kirjoittaessa asioiden palatessa paremmin mieleen.

Toinen kerrostalo tehtiin puolella näytemäärällä, mutta taloissa oli samantyyppiset rakenteet ja ne on rakennettu samoihin aikoihin. Eri talojen väliset tutkimustulokset olivat niin samanlaisia, että toisenkin talon kuntotutkimusta voi mielestäni pitää luotettavana.

Työn parasta antia oli ehdottomasti monipuolisuus. Lähtötietojen perehtymisestä pääsi tuulettumaan kenttätyöskentelyyn. Rennoista laboratoriotöistä pääsi taas tietokoneen äärelle tulosten kokoamiseen, taulukoiden tekemiseen ja raportointiin.

LÄHTEET

Suomen Betoniyhdistys ry 2019. BY 42 Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2019. Vaasa: Waasa Graphics Oy.

Suomen betoniyhdistys ry 2014. Betonijulkisivun ja parvekkeiden kuntotutkimus – tilaajan ohje.

Työterveyslaitos 2016. Asbesti rakennusmateriaaleissa.

Jukka Sulonen. 2017. Betonijulkisivujen kuntotutkimus, korjaustavat ja niiden vaikutus rakennuksen arkkitehtuuriin. Luettu 17.5.2020. [https://www.kulttuuriymparistomme.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Artikkelit/Rakennusperinnon_hoito/Jarkevaa_talompitoa/Betonijulkisivujen_kuntotutkimus_korjaus\(37835\)](https://www.kulttuuriymparistomme.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Artikkelit/Rakennusperinnon_hoito/Jarkevaa_talompitoa/Betonijulkisivujen_kuntotutkimus_korjaus(37835))

Hietakangas, J. 2019. Rasitukset ja vaurioituminen. Betonirakenteet, kuntotutkimukset ja korjaukset-opintojakson oppimateriaali. PDF-tiedosto. Tabula. TAMK.

LIITTEET

Liite 1. Kuntotutkimusraportti