



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

BETONIKERROSTALON KUNTOTUTKIMUS, KORJAUSTAPA-EHDOTUS JA KUSTANNUS- ARVIO

Mikko Moisio

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talorakennustekniikan suuntautumispolku

MOISIO, MIKKO:

Betonikerrostalon kuntotutkimus, korjaustapaehdotus ja kustannusarvio

Opinnäytetyö 95 sivua, joista liitteitä 65 sivua
Huhtikuu 2016

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä betonirakenteiden kuntotutkimus ja sen perusteella korjaustapaehdotus vuonna 1969 valmistuneeseen asuinkerrostaloon. Rakennus sijaitsee Pirkanmaalla, Sastamalassa. Kuntotutkimus suoritettiin Insinööritoimisto Renovatek Oy:n valvonnassa.

Opinnäytetyön teoriaosuus sisältää korjaushankkeen esittelyn ja Suomessa yleisimmin esiintyvät betonirakenteiden vaurioitumismekanismit sekä niiden tutkimusmenetelmät. Lisäksi työssä on pohdittu korjausmenetelmän valintaan vaikuttavia seikkoja ja siihen koottu yleisten korjaustapojen kustannuksia. Kuntotutkimuksen perusteella on myös tehty lista, joka sisältää tutkimustuloksen kannalta oleellisia kohteella tutkittavia asioita. Kuntotutkimuksesta laadittu raportti on opinnäytetyössä liitteenä.

Rakenteiden kunnosta ja vaurioitumisasteesta saatiin eri tutkintamenetelmien avulla kattavasti luotettavaa tietoa. Rakenteista löydetyille vaurioille saatiin kehitettyä teknisesti soveltuvat ja hyvin käyttöikää pidentävät korjaustavat.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction engineering
Building construction

MOISIO, MIKKO:

Building inspection of a concrete housing apartment, repair methods and an estimation of repair costs

Bachelor's thesis 95 pages, appendices 65 pages
August 2015

The purpose of this thesis was to examine the condition of concrete structures of a housing block and recommend procedures based on the results of the examination. The construction was built in 1969 and it is located in Tampere Region, Sastamala. The examinations were made under supervision of the engineering office Renovatek Oy.

The theory part of this thesis includes a presentation of a repair project, the most common damages of concrete structures in Finland and their examination methods. In addition there is the consideration of things that affects the choice of repair method and costs of some of the most common repairs. Based on the examinations a list has been made which includes essential things to examine during the inspection. The report of the building inspection is added to the end of this thesis.

The results of the state of the structures and the damages were comprehensive and reliable. The repair methods that were developed are well suited for the damages in the concrete structures and they increase the life of the structures.

Key words: building inspection, concrete building apartment, repair method

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KORJAUSHANKE JA KUNTOTUTKIMUS.....	6
	2.1 Korjaushankkeen kulku	6
	2.2 Kuntotutkijan ohje	7
	2.3 Tilaaajan ohje	7
3	BETONIN VAURIOMEKANISMIT	9
	3.1 Teräskorroosio	9
	3.2 Betonin karbonatisoituminen	9
	3.3 Kloridikorroosio.....	11
	3.4 Pakkasrapautuminen	11
	3.5 Alkalikiviainesreaktio	13
4	BETONIVAURIOIDEN TUTKIMINEN	14
	4.1 Karbonatisoituminen.....	14
	4.2 Teräskorroosio	14
	4.3 Kloridikorroosio.....	15
	4.4 Rapautuminen ja pakkasenkestävyys.....	15
	4.4.1 Kenttätutkimukset	15
	4.4.2 Mikrorakennetutkimukset	16
	4.4.3 Vetokokeet	17
	4.4.4 Suojahuokossuhde.....	17
5	KORJAUSMENETELMÄN VALINTA JA KUSTANNUKSET.....	19
	5.1 Korjausmenetelmän valinta	19
	5.2 Korjausten kustannukset	19
6	KUNTOTUTKIMUKSEN KOHDE, TUTKIMUS JA TULOKSET	21
	6.1 Kohteen yleistiedot	21
	6.2 Tutkimusmenetelmät	22
	6.3 Tutkimustulokset	23
	6.3.1 Julkisivut	23
	6.3.2 Parvekkeet	24
	6.3.3 Ikkunat.....	26
	6.4 Tutkimuksen yhteenveto.....	27
7	KUNTOTUTKIMUKSEN KENTTÄPÄIVÄN TARKISTUSLISTA.....	28
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	30
	Liite 1. Kuntotutkimusraportti.....	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kuntotutkimus vuonna 1969 valmistuneen betonisen asuinkerrostalon kuntotutkimus. Työhön sisältyi kuntotutkimuksen pohjalta saatujen tietojen perusteella korjausehdotusten ja alustavan kustannusarvion laatiminen. Idea opinnäytetyöhön tuli Insinööritoimisto Renovatek Oy:ltä ja opinnäytetyöntekijän omasta halukkuudesta syventää osaamistaan.

Opinnäytetyö sisältää julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimuksen ja sen pohjalta laaditut korjaustapaehdotukset sekä lähtökohtia eri korjaustavoille. Lisäksi opinnäytetyössä on esitelty korjaushankkeen yleinen kulku ja betonirakenteiden yleisimpiä vaurio-mekanismeja sekä niiden tutkimista. Työn loppuun on laadittu kuntotutkimuksen kenttäpäivää tarkistuslista. Lista on laadittu kuntotutkimuksen kohteella tehtyjen havaintojen pohjalta ja sen tarkoitus on varmistaa, että kaikki tarvittava tieto tulee kerättyä ja dokumentoitua.

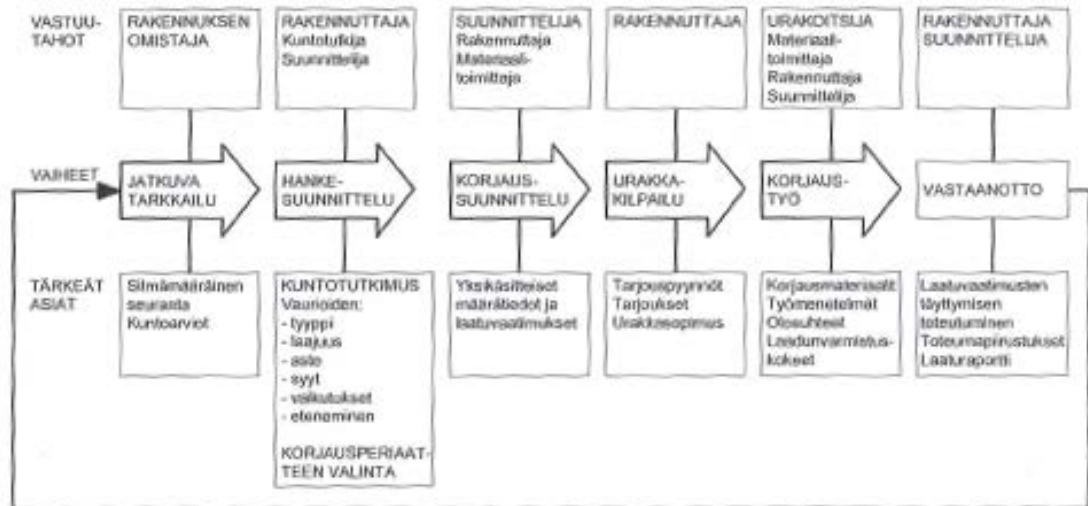
2 KORJAUSHANKE JA KUNTOTUTKIMUS

2.1 Korjaushankkeen kulku

Betonirakenteiden korjaushankkeen käynnistävänä tekijänä on useasti näkyvän vaurion syntyminen. Rakenteiden kuntoa on suositeltavaa tutkia jo ennen vaurioitumista, koska vaurion syntyä voidaan hidastaa erilaisilla suojausmenetelmillä, kunhan ennaltaehkäisevät toimenpiteet voidaan kohdentaa oikeaan vauriomekanismiin ja oikeaan paikkaan. Betonirakenteiden korjausohjeissa (2007, 9—10) on esitetty lista, jota korjaushanke useasti seuraa.

1. **Säännöllinen seuranta.** Kiinteistön käytön aikana tulisi suorittaa jatkuvasti aistinvaraista rakenteiden kunnan tarkkailua, ja säännöllisesti rakennuksen tyypistä riippuen tulisi myös teettää kuntoarvio. Kerätty tieto tulee kirjata jonkinlaiseen tiedonhallintajärjestelmään.
2. **Hankesuunnittelu.** Hankesuunnittelussa teetetään ensin kuntotutkimus. Kuntotutkimus teetetään silloin, kun rakenne alkaa tulla sen laskennalliseen korjausikään, useasti tämä ikä on noin 15 vuotta. Kuitenkin tutkimus on teetettävä viimeistään silloin, kun rakenteissa havaitaan näkyviä vaurioita. Kuntotutkimuksesta saatavan tiedon ja muiden reunaehtojen perusteella kuntotutkija tai suunnittelija tekee päätöksen korjaustavasta.
3. **Korjaussuunnittelu.** Korjaussuunnittelija suunnittelee valitun korjaustavan mukaiset korjauskäsittelyt ja laatii työn toteuttamiseen tarvittavat asiakirjat, joista selviää korjauksen määrätiedot ja laatuvaatimukset. Rakennuttaja ja tilaaja hyväksyvät laaditut asiakirjat ja valinnat.
4. **Urakkakilpailu.** Rakennuttaja kilpailuttaa urakan ja valitsee työhön soveltuvan tekijän. Hinnan lisäksi urakan tekijän valintaan vaikuttaa laadulliset asiat, sekä urakoitsijan työntekijöiden ja työnjohdon työkokemuksen vastaavista töistä.
5. **Korjaustyö.** Urakoitsija toteuttaa työn suunnittelijan laatimien urakka-asiakirjojen ja muiden sopimusten mukaisesti. Rakennuttajalla on vastuullaan joko valvoa työnsuoritusta itse, tai hoitaa urakalle ulkopuolinen valvoja.
6. **Vastaanotto.** Rakennuttaja ja useasti myös tilaaja tarkistavat työn lopputuloksen tarkastamalla työn laadun. Hyväksytyyn työn asiakirjat tallennetaan ja huolehditaan tarvittavien jälki- ja takuutarkastusten järjestämisestä.

7. **Säännöllinen seuranta.** Rakenteiden kuntoa tarkkaillaan esim. kuntoarvioilla. Jos rakenteissa tai niiden toimivuudessa havaitaan puutteita, teetetään kuntotutkimus, jonka pohjalta ryhdytään huolto- tai korjaustoimenpiteisiin.



KUVA 1. Korjaushankkeen kulkukaavio (Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, 10)

2.2 Kuntotutkijan ohje

Perusteellinen kuntotutkimus toimii laadukkaana ja kustannustehokkaan korjaussuunnittelun pohjana. Kuntotutkimus määrittää rakenteiden mahdollisten vaurioiden tilan ja laajuuden. Suomen Betoniyhdistys julkaisi 1990-luvun puolessa välissä ensimmäiset ohjeet yhtenäistämään ja ohjaamaan kuntotutkimuksia. Vuonna 2002 ohjeita tarkennettiin ensimmäisen kerran ja vuonna 2013 julkaistuun uusimpaan versioon on lisätty keskeisimpänä asiana kuntotutkijoiden ohjeistaminen näytteenoton ja muiden tutkimusten määräästä ja sijoittamisesta eri rakenteiden välillä. Yleisesti julkaisu tunnetaan myös nimellä By 42. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 1—3.)

2.3 Tilaajan ohje

Betonirakenteiden kuntotutkimukset vaativat erityisosaamista. Useasti myös oikeanlaisen kuntotutkimuksen tilaaminen saattaa olla hankalaa ja erityisesti kuntotutkimuksia tekevien yritysten laatimia tarjouksia voi olla välillä vaikea vertailla keskenään. Tarjouksiin tutustuttaessa tulisi vertailla tarjousten sisältöä, luotettavuutta ja hintaa. Mikäli tilaajalla

ei ole tarvittavaa asiantuntemusta, saattaa halvin hinta tulla määrääväksi tekijäksi ja kuntotutkimuksen tulosten luotettavuus voi kärsiä. Pahimmassa tapauksessa heikkotasoisien kuntotutkimuksen pohjalta aletaan toteuttamaan korjauksia väärällä tavalla ja kustannukset voivat kasvaa moninkertaisiksi. (Tilaajan ohje 2014, 2.)

Suomen Betoniyhdistys ry on julkaissut ohjeet kuntotutkimuksen tilaamista varten. Tilaajan ohje kertoo kuntotutkimuksista yleensä – mitä ne ovat, miksi niitä tehdään ja kuka niitä tekee sekä selventää tilaajalle, mitä kuntotutkimukselta voidaan odottaa. Lisäksi ohjeen loppuun on lisätty tyypilliset tarjousvaiheessa laadittavat dokumentit ja ohjeet niiden täyttämiseen ja tulkintaan. (Tilaajan ohje 2014, 2—16.)

3 BETONIN VAURIOMEKANISMIT

3.1 Teräskorroosio

Betonin korkean alkalisuuden johdosta betonissa olevat teräkset ovat suojassa korrosiolta. Alkalisessa betonissa teräksen pinnalle muodostuu ohut oksidikalvo, joka estää sähkökemiallisen korroosion. Sanotaan, että tässä tilassa oleva teräs on passiivinen. Raudoitteiden passiivisuus voidaan kuitenkin menettää, mikäli betoni karbonatisoituu tai terästä ympäröivään betoniin pääsee klorideja. (Pentti, Mattila & Wahlman, 1998, 57.)

Teräksen passiivisella korroosioilla tarkoitetaan sitä vaihetta, kun betoni menettää suojauskykynsä. Tämän vaiheen pituus riippuu oleellisesti ympäröivistä olosuhteista, betonin laadusta ja suojabetonin paksuudesta (ns. betonipeite). Passiivinen korroosio ei varsinaisesti vielä tarkoita sitä, että teräs olisi korroosoitunut. Aktiivinen korroosio on aikajakso teräksen korroosoitumisesta rakenteen kelpoisuuden menettämiseen. Tähän vaiheeseen vaikuttavat kosteusrasitus sekä betonin karbonatisoituminen. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 20.)

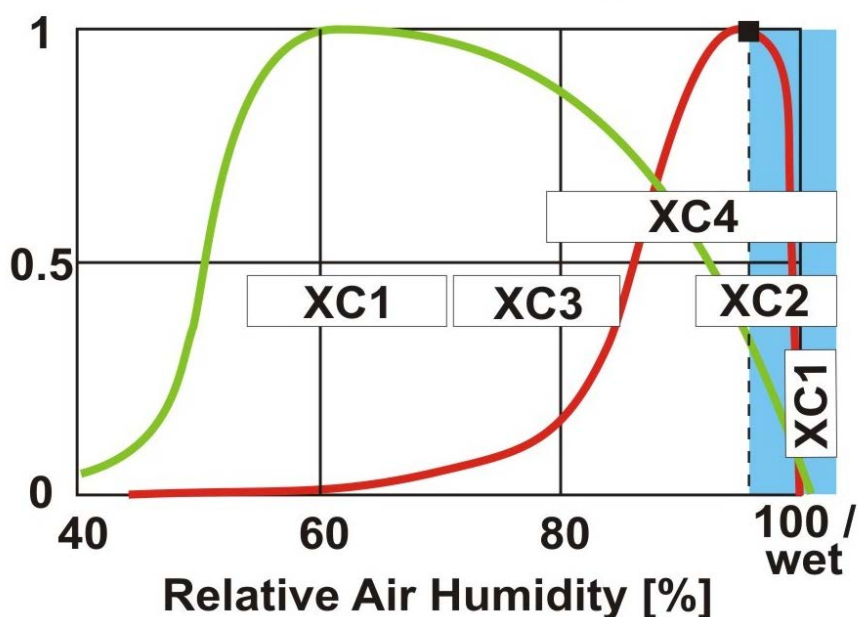
Korroosoituneen raudoitteen pinnasta liukenee materiaalia, mikä ensin pienentää sen pinta-alaa. Korroosiotuotteet kuitenkin vaativat huomattavasti alkuperäistä suuremman tilan, ja paine betonin sisällä kasvaa. Lopulta tilavuuden kasvusta johtuva paine kasvaa niin suureksi, että betonin lujuus ylittyy. Korroosion vaikutukset näkyvät raudoitteita ympäröivän betonin sisäisenä ja ulkoisena halkeiluna. Pitkälle edenneessä korroosiossa betoni myös lohkeilee. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 20—21.)

3.2 Betonin karbonatisoituminen

Betonin alkalisuuden menettämistä eli neutralisointumista kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Ilman sisältämä hiilidioksidi tunkeutuu huokosia pitkin betoniin ja kemiallisen reaktion seurauksena betonin pH-arvo pienenee. Karbonatisoituminen alkaa betonin pinnasta ja etenee vyöhykkeenä. Hiilidioksidin tunkeutumisenopeus riippuu betonin kosteuspitoisuudesta ja huokosrakenteesta. Betonin vesi-sementtisuhde ja hydratoitumisaste vai-

kuttavat eniten betonin huokosrakenteeseen ja täten tiivyyteen. Mikäli betonin vesi-sementtisuhte on matala, on betoni tiiviimpää. Tällöin myös karbonatisoituminen on hitaampaa. Mitä syvemmälle karbonatisoituminen on edennyt, sitä hitaammaksi se muuttuu, koska hiilidioksidin tunkeutuminen karbonatisoitumisvyöhykkeelle vaikeutuu. Betonin kosteus hidastaa karbonatisoitumista. Kun huokosverkosto on täynnä vettä, hiilidioksidin tunkeutuminen on vaikeampaa. Toisaalta, kun suhteellinen kosteus on alle 30 %, karbonatisoituminen pysähtyy, sillä reaktio on mahdollista vain vesiliuoksessa. (Betoni-julkisivun kuntotutkimus 2013, 22.)

Carbonation and Corrosion (relative)



KUVA 2. Karbonatisoitumisen ja teräskorroosion nopeus suhteellisen kosteuden funktiona (Hunkeler, F & Lammar, L 2012)

Karbonatisoitumisen nopeutta voidaan arvioida ns. neliöjuurimallilla $x=k\sqrt{t}$, missä x on karbonatisoitumissyvyys (mm), k on karbonatisoitumiskerroin (mm/\sqrt{a}) ja t on aika (a). Yleensä ulkobetonirakenteiden karbonatisoitumiskertoimen arvot sijoittuvat olosuhteista riippuen välille 1,5 – 3,5 mm/\sqrt{a} . (Pentti, Mattila & Wahlman 1998, 61.)

3.3 Kloridikorrosio

Terästen korrosio voi alkaa, vaikka sitä ympäröivä betoni ei olisikaan karbonatisoitunut. Tällöin betonissa on ns. kynnyksarvon ylittävä kloridipitoisuus. Yleisenä kloridipitoisuuden kynnyksarvona pidetään 0,03-0,06 p- % betonin painosta. Betonielementtien valmistuksessa on ennen käytetty kalsiumkloridia kiihdyttämään betonin lujittumista. Tällöin suolan määrä betonissa on moninkertainen aikaisemmin mainittuun kynnyksarvoon verrattuna. Betoniin voi johtua klorideja myös mm. jäänsulatussuoloista ja rannikolla merivedestä. (Pentti, Mattila & Wahlman 1998, 63.)

Kloridikorroosiossa raudoitteen korrosio on useasti pistemäistä ja hyvin voimakasta. Koska tässä korroosiotyypissä syntyvät korroosiotuotteet liukenevat huokosveteen karbonatisoitumisesta johtuvaa korroosiota paremmin, voivat vauriot edetä pitkälle ennen kuin ne ovat näkyviä. Kloridikorroosiolle on myös ominaista, että se voi edetä normaalia alemmassa lämpötilassa ja kosteuspitoisuudessa. Karbonatisoituneessa betonissa kloridikorrosio on jopa nopeampaa. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 25.)

3.4 Pakkasrapautuminen

Toinen Suomessa merkittävä betonin vauriomekanismi on pakkasrapautuminen. Ilman kosteus ja sadevesi täyttää betonin huokosrakenteet ja pakkasella vesi jäätyy. Jäätyessä vapaa vesi laajenee noin 9 tilavuusprosenttia. Paine huokosen sisällä kasvaa ja usean sulamis-jäätymissyklin vaikutuksesta betoni alkaa säröillä. Tämä heikentää betonin lujuutta ja uusien säröjen kautta vedenimeytyminen nopeutuu. Alkavaa pakkasrapautumaa ei voi havaita silmämääräisesti tai betonia koputtamalla, vaan käytännössä se vaatii aina tarkempia tutkimuksia. Pitkälle edennyt pakkasrapautuma ilmenee mm. pinnan halkeiluna, elementtien kaareutumisenä ja betonin murenemisena. (Pentti, Mattila & Wahlman 1998, 66—69.)



KUVA 3. Pakkasrapautuman aiheuttamaa vauriota betonissa (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 33)

Ainut tehokkaaksi todettu tapa suojata betonirakenteita pakkasrapautumiselta on suoja-
huokoistusaineella tehtävä suoja-
huokoistus. Kapillaarihuokosia suuremmat ilmahuokokset
ovat halkaisijaltaan 0,15–0,30 mm. Ne pysyvät ilmatäytteisinä, vaikka betoni olisi pidem-
pään veden kanssa kosketuksessa. Suoja-
huokosia tulee myös olla riittävän tiheästi, mak-
simissaan 0,5 mm etäisyydellä toisistaan. Nämä huokokset eivät myöskään saa muodostaa
verkostoa ja niiden on oltava tasaisesti jakautuneena sementtikivessä. (Pentti, Mattila &
Wahlman 1998, 66—67.)

Ettringiittireaktio on pakkasrapautumaan liittyvä vaurioitumismekanismi. Ettringiittimi-
neraalia on betonissa hydrataatiotuotteena, ja sillä on myönteinen vaikutus betonin omi-
naisuuksiin. Ettringiittireaktio on kovettuneessa sementissä tapahtuva kemiallinen reak-
tio, jonka reaktiotuotteiden tilavuuden kasvu on voimakasta. Ettringiitti kiteytyy suoja-
huokosten seinämille ja reaktiotuotteiden tilavuuden kasvu voi olla 130- 140 % alkutilan-
teeseen verrattuna. Suoja-
huokosten tilavuus pienenee ja betonin pakkasenkestävyys hei-
kentyä. Ettringiitti voi johtaa vaurioon joko pakkasrapautumisen kautta tai huokosten
täyttymisen vuoksi paine betonin sisällä kasvaa liian suureksi ja aiheuttaa säröjä betoniin.

Ettringiittireaktio johtuu yleensä betonin liian voimakkaasta lämpökäsittelystä kovettumisen aikana, mikä aiheuttaa häiriöitä hydrataatioreaktiossa. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 33—34.)

3.5 Alkalikiviainesreaktio

Alkalikiviainesreaktio on sementtikiven alkalisuudesta johtuva paisumisreaktio. Sen tyypillisiä merkkejä betonirakenteessa on pinnan kosteudesta johtuva laikukkuus, epäsäännöllinen verkkohalkeilu ja halkeamista ulos työntyvä geelimäinen reaktiotuote. Alkalikiviainesreaktion ja pakkasrapautuman vauriot muistuttavat toisiaan ja esiintyvät usein samanaikaisesti. Alkalikiviainesreaktio on Suomessa melko harvinainen ilmiö. Suomen syväkivilajit ovat kemiallisesti hyvin kestäviä ja kallioperän mahdolliset vaihtelut ovat homogenisoituneita. Murskeen ja ulkomaisen kiviaineksen käyttö voi kuitenkin lisätä alkalikiviaineksen riskiä. (Pentti, Mattila & Wahlman, 1998, 71—71.)

4 BETONIVAURIOIDEN TUTKIMINEN

Betonirakenteiden vaurioista pyritään muodostamaan käsitys yleensä usean eri tutkimusmenetelmän tuloksena. Eri tutkimukset täydentävät toisiaan ja antavat näin luotettavamman kuvan rakenteissa esiintyvistä vaurioiden asteesta, etenemisestä ja syistä. Yleisiä vaurioiden tutkimusmenetelmiä ovat:

- rakenteiden teknisiin asiakirjoihin tutustuminen ja käyttäjien kokemuksiin pohjautuvien havaintojen kerääminen
- aistinvaraiset havainnot
- kenttätutkimukset ja rakenteista irrotetuista näytteistä tehtävät laboratoriotutkimukset. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 97.)

4.1 Karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoitumissyvyys määritetään rakenteesta irrotetusta betoninäytteestä. Kappaleeseen suihkutetaan pH-indikaattorina toimivaa fenoliftaleiini-liuosta, joka värjää betonikappaleen karbonatisoitumattoman vyöhykkeen. Karbonatisoitumisvyöhykkeen syvyys mitataan ja pyritään määrittämään kappaleen keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys. Tutkittaessa korroosiotilassa olevien betoniterästen määrää julkisivurakenteissa, tulisi näytteitä ottaa vähintään 6 näytettä kutakin tutkittavaa rakenne- ja pintatyyppiä kohden. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 99.)

4.2 Teräskorroosio

Terästen peitepaksuuksia mittaamalla pyritään selvittämään, kuinka suuri osa teräksistä sijaitsee korroosion mahdollistavalla karbonisoituneella alueella. Peitepaksuus mitataan betonin pinnalta betonipeitemittarilla. Yksittäisiä mittauksia tulee tehdä kustakin rakenne- ja raudoitetyypistä 100—200 kpl, jotta saadaan luotettava keskiarvo teräksen peitepaksuudelle. Korroosioaste määritetään vertaamalla betonipeitepaksuutta karbonisoitumissyvyyteen, ja tämän perusteella voidaan myös arvioida teräskorroosion muutosta

tulevaisuudessa. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 100—102.) Teräskorroosion aiheuttamia vaurioita tulee tutkia myös silmämääräisesti. Korroosiovauriot ovat useasti näkyviä ja yhdessä mittauksen kanssa saadaan parempi käsitys teräskorroosion tilasta.

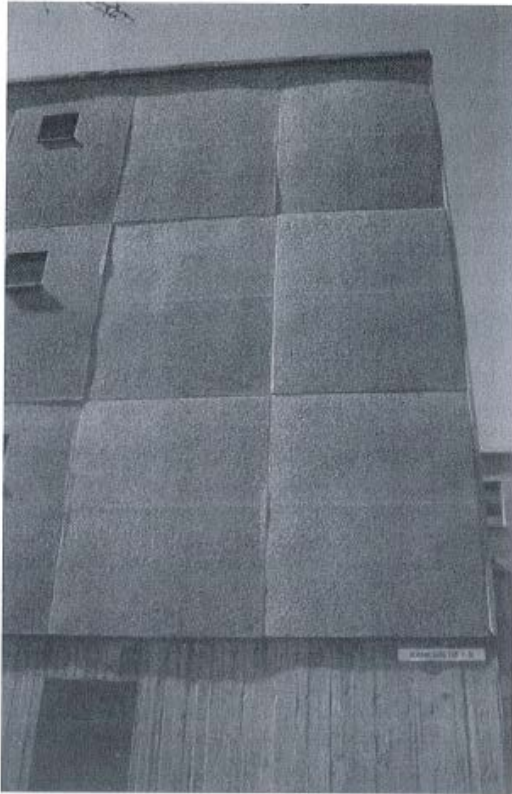
4.3 Kloridikorroosio

Betonin kloridipitoisuuden määrittäminen tehdään laboratoriossa jauhenäytteestä titraamalla. Kentällä betonirakenteeseen porataan reikä ja syntynyt jauhe kerätään talteen. Kloridinäytteitä, niin kuin kaikkia muitakin rakenteista otettavia näytteitä, tulee ottaa tarpeeksi ja kattavasti eri puolilta rakennusta. Jauhetta tulee olla niin paljon, että näytteen sementtipitoisuus on vähintään kaksi grammaa. Lisäksi pitää varmistaa, ettei näytettä otettaessa ole porattu runkoainekseen. Rannikolla näytteitä pitää lisäksi ottaa useammasta eri syvyydestä, jotta voidaan varmistua siitä, ettei kloridipitoisuus johdu merivedestä peräisin olevasta suolasta. Betonin valmistuksessa käytetyn kloridin pitoisuus on likimain sama syvyydestä riippumatta. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 102—104.)

4.4 Rapautuminen ja pakkasenkestävyys

4.4.1 Kenttätutkimukset

Pitkälle edenneen pakkasrapautuman aiheuttamat vauriot voidaan joissakin tapauksissa havaita rakenteesta jo silmämääräisesti. Rapautuneessa betonissa maalattu pinta tai muu pinnoite hilseilee voimakkaasti. Rapautuma aiheuttaa betoniin halkeamia ja niihin muodostuu kalkkihärmevalumia. Pesubetonipintaisille elementeille on myös tyypillistä kaa-reutua pakkasrapautuman vaikutuksesta. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 104—105.)



KUVA 4. Pakkasrapautumisen aiheuttamaa elementtien kaareutumista (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 47)

Aistinvaraisten havaintojen lisäksi kenttätutkimuksien aikana tulisi betonielementtien pintaa vasaroida. Vasaroinnista aiheutuvan äänen ja vasaran kimpoamisen vaihteluiden perusteella voidaan havaita, missä kohdissa betoni on rapautunutta. Rapautuneen betonin kohdalla vasarointi aiheuttaa matalamman äänen ja vasara kimpoaa pinnasta tervettä betonia vaimeammin. Vasarointia voidaan hyödyntää tarkemmin sileillä betonipinnoilla. Karkeilla pinnoilla, esim. pesubetonipinnalla, vasarointi lähinnä hajottaa betonipinnan kohoumia, eikä näin välttämättä kerro totuutta rapautumasta. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 104.)

4.4.2 Mikrorakennetutkimukset

Betonin rapautumisen tilaa voidaan tutkia tarkemmin laboratoriossa tehtävillä betonin mikrorakennetutkimuksilla (hietutkimukset). Näissä tutkimuksissa yleensä betonilieriöstä valmistettavaa ohuthienäytettä tutkitaan mikroskoopilla. Lähes läpinäkyvästä (paksuus yleensä 25–30 μm) näytteestä havaitaan mikroskoopin avulla rapautumisesta johtu-

van säröilyn ja halkeilun lisäksi paljon muuta tärkeää tietoa mm. betonin yleisestä laadusta, suojahuokostuksesta sekä runkoaineen ja sementin sidoksista. Ohuthietutkimus on betonivaurioiden tutkimusmenetelmistä yleensä tarkin, mutta samalla myös kustannuksiltaan suurin. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 107—109.)

4.4.3 Vetokokeet

Rapautumasta johtuen betoniin syntyy säröjä ja halkeamia, jotka vaikuttavat betonin lujuuksiin laskevasti. Halkeamien vaikutus betonin puristuslujuuteen ei ole yhtä merkittävä kuin vetolujuuteen. Tästä syystä betonin pakkasrapautumaa voidaan tutkia myös vetolujuuksia mittaamalla. Vetolujuuskokeet tehdään yleensä lieriönäytteitä vetämällä laboratoriossa, mutta joissakin tilanteissa kokeet voidaan tehdä myös kentällä. Näytteet valmistellaan laboratoriossa sahaamalla niiden päät ja liimaamalla päihin teräksiset kappaleet, joiden avulla kappale saadaan vedettyä. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 109—110.)

Vetolujuuden raja-arvona pidetään yleisesti 1,5 MPa. Jos siis vetokokeen tulokseksi saadaan yli 1,5 MPa, voidaan betonista todeta, ettei se ole rapautunut. Toisaalta, jos raja alittuu, ei betoni välttämättä ole pakkasrapautunut. Kappaleita vedettäessä tulisikin kiinnittää huomiota myös näytteen murtotapaan ja murtopinnan tasaisuuteen. Runkoainesta myötäilevä murtotapa viittaa yleensä rapautumaan. Heikkoa vetokokeen tulosta voi selittää myös betonin paikallinen laadun heittely. Mikäli näytteen vetolujuus jää alhaiseksi, kappaleet liimataan yleensä takaisin yhteen ja vedetään uudestaan. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 110—111.)

4.4.4 Suojahuokossuhde

Betonin suojahuokossuhde ilmaisee kuinka suuri osuus huokosista pysyy ilmatäyteisinä vesisäilytyksessä. Suojahuokossuhde mitataan laboratoriossa ja menetelmiä sen mittaamiseen on useita. Betoninäytteiden huokososuus määritetään punnitsemalla eri tavoin vedellä kyllästettyjä näytteitä. Kuntotutkimuksia tehdessä näytteiden huokokset täytetään vedellä alipaineen avulla. Tämä menetelmä on edullinen ja se sopii myös pienille näytteille. Nykyisenä suojahuokossuhteen raja-arvona pidetään 0,20. Vaikka suojahuokossuhde

ylittää arvon 0,20, ei betonia varmuudella voida sanoa pakkasenkestäväksi. Arvon alittuminen sen sijaan kertoo siitä, että betonia voidaan pitää lisähuokoistamattomana ja näin pakkasta heikosti kestäväenä. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, 111—112.)

5 KORJAUSMENETELMÄN VALINTA JA KUSTANNUKSET

5.1 Korjausmenetelmän valinta

Kuntotutkimuksen pohjalta tehtävässä korjaussuunnittelussa valitaan korjaustapa. Korjaustavan valintaan vaikuttaa monet eri asiat, joita ovat esimerkiksi:

- vauriotyyppi ja sen korjaustarve
- korjaustavan vaikutus vaurioon ja sen etenemiseen
- vaikutus rakenteen käyttöikään
- liittyvät rakenteet
- kustannukset
- vaikutus ulkonäköön. (Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, 13.)

Korjausmenetelmän lopullinen valinta on monen osatekijän summa. Valintaa tehdessä on hyvä aluksi etsiä ne menetelmät, jotka tuovat ratkaisun kyseessä olevaan vaurioon tai muuhun ongelmaan. Useasti yksi tärkeä osatekijä on myös korjausten kustannukset. Teknisen soveltuvuuden, kustannuksen ja muiden määräävien tekijöiden pohjalta pyritään löytämään paras mahdollinen ratkaisu. Korjaustavan valintaa saattaa myös helpottaa yleensä kuntotutkimusraporttiin tehtävä ehdotus kohteeseen soveltuvasta korjaustavasta. (Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, 12—13.)

Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehdyn kuntotutkimuksen korjaustavan valinnasta lisää luvussa 6.

5.2 Korjausten kustannukset

Eri korjausmenetelmien tarkkaa hintaa on lähes mahdotonta arvioida. Lopulliseen hintaan vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi rakennetyypit, rakenteiden kunto, tavoiteltu laatuluokitus sekä alueellinen hintataso. Taulukkoon 1 on koottu useista eri lähteistä mukailen betonikerrostalojen tyypillisten korjaustoimenpiteiden kustannuksia. Hinnat ovat vain suuntaa antavia, eikä niitä voida käyttää sellaisenaan. Hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa.

TAULUKKO 1. Betonirakenteiden suuntaa antavia korjauskustannuksia.

BETONIRAKENTEIDEN KORJAUSKUSTANNUKSIA		
JULKISIVUT		
<i>Toimenpide</i>	<i>Hinta</i>	<i>Yksikkö</i>
Peittävät korjaukset		
Levyverhous	160	€/m ²
Eristeen uusiminen ja levyverhous	175	€/m ²
Lisälämmöneristys ja ohutrappaus	160	€/m ²
Lisälämmöneristys ja paksurappaus	180	€/m ²
Lisälämmöneristys	40	€/m ²
2-kerrosrappaus	40	€/m ²
3-kerrosrappaus	110	€/m ²
Kuoren uusiminen		
Kuoren purkaminen	35	€/m ²
Eristeen uusiminen	15	€/m ²
Eristeen uusiminen ja uusi ulkokuorielementti	250	€/m ²
Eristeen uusiminen ja paksurappaus	250	€/m ²
Eristeen uusiminen ja muuraus	180	€/m ²
Kevyet korjaukset		
Painepesu ja maalaus	30	€/m ²
Huoltomaalaus	50	€/m ²
Uudelleen pinnoitus	110	€/m ²
Korkeapainepesu	2	€/m ²
Kalkkimaalaus	25	€/m ²
Paikkarappaus	55	€/m ²
Betonikorjaukset		
Hiekkapuhallus, ylitasoitus ja pinnoitus	60	€/m ²
Valukorjaus	75	€/jm
Laastipaikkaus	55	€/jm
Saummat		
Uuden sauman asennus	15	€/jm
Parvekkeet		
Huoltomaalaus	2000	€/kpl
Uudelleen pinnoitus	4500	€/kpl
Laatan yläpinnan hiekkapuhallus, ylitasoitus ja vedeneristys	80	€/m ²
Pintalaatan ja kermin uusiminen	170	€/m ²
Hiekkapuhallus, ylitasoitus ja pinnoitus	60	€/m ²
Parvekkeen uusiminen	12000	€/kpl
MUUT RAKENTEET		
Ikkunat		
Kevyt kunnostus	150	€/kpl
Perusteellinen kunnostus	255	€/kpl
Uusi ikkuna asennettuna	700	€/kpl
Vesikatto		
Uuden kermin asennus vanhan päälle	15	€/m ²
Kermin uusiminen	50	€/m ²
Muut työt		
Hiekkapuhallus asbestityönä	16	€/m ²
Yksittäisen tiilen vaihto	15	€/kpl

6 KUNTOTUTKIMUKSEN KOHDE, TUTKIMUS JA TULOKSET

6.1 Kohteen yleistiedot

Opinnäytetyön yhteydessä tehdyn kuntotutkimuksen kohteena oli 1+3-kerroksinen Sastamalassa sijaitseva asuinkerrostalo, joka on valmistunut vuonna 1969. Kuntotutkimuksen tavoitteena oli selvittää kohteen parveke- ja julkisivurakenteiden kunto, korjaustarve sekä teknisesti soveltuvat korjaustavat. Kohteen julkisivut ovat maalattupintaisia sandwich-elementtejä. Huoneistoparvekkeet ovat osittain elementtirakenteisia ja osin paikallavalettuja, pieliseinin kannatettuja julkisivulinjaan nähden sisäänvedettyjä parvekkeita. Lisäksi rakennuksessa on kaksi erillistä tuuletusparvekettä. Kohteen vesikatto on ulkopuolisella vedenpoistolla varustettu loiva, ulospäin kallistettu harjakatto ja vesikatteena on bitumikermi.



KUVA 5. Kuntotutkimuskohteen yleiskuva

6.2 Tutkimusmenetelmät

Kohteesta tehdyssä tarjouksessa oli määriteltynä rakennukseen kohdistettavat tutkimusmenetelmät ja näytteiden määrät. Aistinvaraisen tarkastuksen lisäksi julkisivuelementeistä tehtiin:

- karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen (6 kpl)
- suojahuokossuhteen määrittäminen (2 kpl)
- ohuthietutkimus (4 kpl)
- vetolujuuskoe (4 kpl)
- kloridipitoisuuden määrittäminen (2 kpl)
- asbestipitoisuuden määrittäminen (2 kpl)
- raudoituksen betonipeitemittaukset.

Parvekerakenteista tehtiin:

- karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen (12 kpl)
- suojahuokossuhteen määrittäminen (6 kpl)
- ohuthietutkimus (4 kpl)
- kloridipitoisuuden määrittäminen (2 kpl)
- raudoituksen betonipeitemittaukset.

Tutkimukset painottuivat parvekerakenteisiin, koska ennen tarjouksen laskemista tehdyllä kohdekäynnillä havaittiin parvekerakenteiden olevan silmämääräisesti julkisivurakenteita huonommassa kunnossa. Julkisivu- ja parvekerakenteiden näytteenoton hoiti ulkopuolinen poraaja. Näytteiden vetolujuuskokeet ja suojahuokossuhteen määrittäykset on tehty Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitoksen laboratoriossa, muut tutkimukset on tehty WSP Finland Oy:n laboratoriossa. Raudoitusten betonipeitemittaukset tehtiin kenttätutkimuksien yhteydessä Proceq Profoscope+ betonipeitepaksuusmittarilla.

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä tutkimuskohteen vesikatto- ja yläpohjarakenteita, koska niiden tutkimukset on tehty toisen osapuolen toimesta. Varsinaisena kenttätutkimuspäivänä katolla oli niin paljon lunta, ettei vesikatto- ja yläpohjarakenteita päästy tutkimaan.

6.3 Tutkimustulokset

6.3.1 Julkisivut

Aistinvaraisten tutkimusten perusteella julkisivuelementtien kunto on melko hyvä. Maalattupintaisissa elementeissä on havaittavissa vain yksittäisiä korroosiovaurioita. Suurin julkisivuelementteihin liittyvä vaurio on maalin runsas hilseily. Myös sokkelielementtien ainoa näkyvä vaurio on maalin hilseily ja se johtuu kapillaarisen kosteuden noususta. Elementtisaumojen työnlaadussa on puutteita, mutta yleisesti saumat ovat vielä hyväkuntoiset.



KUVA 6. Julkisivuelementtien näkyvät vauriot ovat lähinnä maalipinnan hilseilyä.

Vetokokeiden tulokset ovat kaikki hyviä, eivätkä murtotavatkaan viittaa betonin pakkasvaurioitumiseen. Suojahuokossuhteen määrittämisen perusteella betonilla on jonkinasteinen pakkasensuoja. Tästä huolimatta ohuthieanalyysissä yhdestä julkisivuelementin näytteestä löytyi pakkasrapautuman aiheuttamaa sisäistä säröilyä ja suojahuokosista ettringiittikiteitä. Ohuthieanalyysissä havaittiin myös, että kohteen pohjoisjulkisivun pinnoituskorjaus on tehty virheellisesti ja tästä syystä korjausten yhteydessä tulisi elementtien pinnalla olevat lukuisat maali- ja tasoitekerrokset poistaa hiekkapuhaltamalla ennen seuraavaa maalausta / pinnoitusta. Asbestianalyysin mukaan betonin pinnalla oleva maali ei

sisällä asbestia. Kloridipitoisuuden määrittämisen mukaan voidaan olettaa, ettei betonin valmistuksessa ole käytetty klorideja lisäaineena.

Betonipeitemittausten perusteella julkisivuelementtien ulkokuoren raudotteiden suojabetonipeitteet ovat pääosin hyviä ja täyttävät rakennusaikaisen määräyksen (20 mm). Näytteistä mitattujen karbonatisoitumissyvyyksien avulla lasketut karbonatisoitumiskertoimet ovat pääosin ulkobetonirakenteille tyypillisiä. Laskennallisen aktiivisen korroosion laajuus verkkoteräksillä on pieni, vain noin 5 %. Reunateräksillä vastaava arvo on suurempi, mutta pienestä otannasta johtuen tulokseen sisältyy epävarmuutta.

Kuntotutkimuksen perusteella julkisivut ovat vielä melko hyväkuntoiset. Julkisivujen betonin havaittiin tutkimuksissa olevan pääosin lujaa ja ehjää, voidaan julkisivun korjaus tehdä uusimalla julkisivun pintakerros kosteusrasitustasoa madaltavalla pinnoitteella. Tämä toimenpide pidentää rakenteen käyttöikää noin 10–15 vuodella olettaen, että pinnoitustyö tehdään huolellisesti ja vanhat maalikerrokset ja tasoite poistetaan betonipintaan asti. Toinen korjaustapaehdotus on lisälämmöneristys ja uudelleenverhoilu (esim. eristerappaus). Lisälämmöneriste pysäyttää jo alkaneen pakkasrapautuman ja raudotteiden korroosion sekä uusi verhoilu estää kosteuden pääsyn rakenteisiin tehokkaasti. Eristerappauksella rakenteiden käyttöikää voidaan pidentää noin 25–30 vuodella.

6.3.2 Parvekkeet

Huoneistoparvekkeiden kunto on aistinvaraisten tutkimusten perusteella melko huono. Näkyviä korroosiovaurioita on paljon, ja vaurioaste on korkea. Erityisesti parvekekai-teissa vaurioita on näkyvillä paljon ja ne keskittyvät pääasiassa kaiteen reuna-alueille. Parvekelaattojen alapinnoissa on näkyvissä korroosiotuotteiden valumajälkiä, mikä kertoo aktiivisen korroosion jo alkaneen. Parvekepielissä korroosiovauriot ovat lähinnä yksittäisiä. Tuuletusparvekkeiden vauriot liittyvät lähinnä laattojen huonokuntoiseen pinnoitteeseen ja laatan alapinnan maalin hilseilyyn laatan etureunassa. Lisäksi korkean kosteusrasituksen vaikutuksesta laatan ja kaiteen liitoksen läheisyydessä on paljon orgaanista kasvustoa. Pakkasrapautuman aiheuttamaa vauriota ei aistinvaraisesti havaittu muualla kuin lännen puoleisessa parvekepielessä.



KUVA 7. Varsinkin parvekekaiteissa on paljon korroosiovaurioita.

Betonipeitemittausten perusteella kaikkien parvekerakenteiden suojabetonipeitteet ovat puutteellisia ja vain noin puolet teräksistä täyttää rakentamisaikaisen määräyksen. Karbonatisoituminen on saavuttanut kaiteissa ja erityisesti laattojen alapinnoissa teräsvyyden jo merkittäväällä tasolla. Laskennallinen korroosio on korkea varsinkin laatoissa ja tulee kasvamaan seuraavan 15 vuoden aikana merkittävästi. Yleisesti ottaen parvekerakenteiden karbonatisoituminen on edennyt melko tasaisesti ja tyypillisellä nopeudella. Laattojen alapinnoissa ja pieliän sisäpinnoissa karbonatisoitumisnopeus on ollut suurempi, mikä on tyypillistä betonipinnoille, jotka ovat suojassa sateelta. Suuri korroosioaste johtuu suurimmaksi osaksi valuvaiheessa liian lähelle pintaa jääneistä teräksistä. Kloridipitoisuuden määrittämisen mukaan betonin valmistuksessa ei ole käytetty klorideja lisäaineena.

Laboratoriotutkimuksissa viitteitä pakkasrapautumasta ei löytynyt muualta kuin lännenpuoleisesta parvekepielestä. Vetokokeiden tulokset ovat pääosin hyviä, eivätkä murtotavat viittaa pakkasrapautumaan. Suojahuokossuhteen määrittämisen mukaan betonilla ei voida sanoa olevan pakkasenkestoa, koska suojahuokossuhteet ovat niin alhaisia.

Kuntotutkimuksen perusteella parvekerakenteille on tehtävä korjaustoimenpiteitä; Parvekekaiteet ovat huonokuntoisia ja niille suositeltu korjaustapa on purkaa vanhat kaideraakenteet ja korvata ne uusilla kevytrakenteisilla kaiteilla. Laattojen korjaukseksi suositellaan yläpinnan kallistusten tarkistamista ja vedeneristyspinnoitusta. Mahdolliset näkyvät korroosioauriot tulee myös korjata laastipaikkauksin. Lisäksi kaikkiin parvekkeisiin suositellaan asentamaan parvekelasitukset kosteusrasituksen alentamiseksi.

Parvekepielien korjaustoimenpiteiksi suositellaan korroosioauriokohdissa terästen esiin piikkaamista ja paikkausta. Pakkasrapautuneen betonin korjaus suositellaan tehtäväksi piikkaamalla etureunasta vaurioitunutta betonia ja valamalla pieli uudestaan huomioiden, että valukorjauksella saadaan riittävä raudoitteiden betonipeitekerros. Kaikkiin toimenpide-ehdotuksiin liittyy olennaisesti parvekkeiden kosteusrasituksen alentaminen, mm. parvekkeiden vedenpoistoa parantamalla esim. laatan etureunaan asennettavalla ulosheittäjillä. Tuuletusparvekkeiden korjaustoimenpiteiksi suositellaan sadevesien hallitun poistamisen järjestämistä ja laatan yläpinnan vedeneristepinnoitusta. Huolellisesti toteutetuilla korjauksilla ja kosteusrasitustason madaltamisella voidaan parvekkeiden käyttöikä pidentää noin 15–25 vuodella.

6.3.3 Ikkunat

Kohteen alkuperäiset puuikkunat ovat ikäänsä nähden melko hyvässä kunnossa, ja niissä havaittiin auringon säteilyn ja kosteusrasituksen aiheuttamaa kulumaa. Ikkunoiden vesipellitusten kaadot ja ulottumat ovat osittain puutteellisia. Kuntotutkimuksen perusteella ikkunoille on vielä mahdollista tehdä kevyt kunnostus sisältäen huoltomaalauksen sekä puiteosien kevyen kunnostuksen ja vesipeltien uusimisen, joka lisää niiden käyttöikä noin 5-10 vuotta. Seinärakenteen energiatehokkuus paranee huomattavasti, jos ikkunat uusitaan julkisivuremontin yhteydessä kokonaan. Ikkunoiden toiminnallisia ominaisuuksia (avattavuus / suljettavuus, äänen- ja lämmöneristävyys, tiiveys yms.) ei arvioitu tämän

tutkimuksen yhteydessä, ja niiden vaikutus ikkunoiden uusimistarpeeseen tulee arvioida erikseen.



KUVA 8. Kohteen ikkunat ovat pääasiassa hyväkuntoiset. Vesipeltien kaadot ovat vähäisiä ja varsinkin pohjoisjulkisivulla on runsaasti orgaanista kasvustoa.

6.4 Tutkimuksen yhteenveto

Kuntotutkimukset perustuvat otantaan. Näytteitä pyritään ottamaan siten, että kaikki rakenneosat olisivat hyvin edustettuina. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista ja tutkimustuloksiin sisältyy epävarmuutta. Huomioitavaa on myös opinnäytetyön tekijän kokemattomuus ja, vaikka työntekoa valvottiin saattaa tämä lisätä epävarmuutta. Epävarmuuksista huolimatta tutkimustulokset ovat järkeviä ja toisiaan tukevia, joten niitä voidaan pitää luotettavina. Korjaustapaehdotukset ovat havaituille vaurioille teknisesti soveltuvat.

7 KUNTOTUTKIMUKSEN KENTTÄPÄIVÄN TARKISTUSLISTA

Kenttäpäivän jälkeen kuntotutkimusraportin laatimisen yhteydessä laadittiin tarkistuslista, jonka pohjana oli tämän kuntotutkimuksen kohde. Kohteen tutkiminen listassa mainittujen ohjeiden mukaan varmistaa, että kaikki tutkimustuloksen kannalta oleelliset asiat tulee tutkittua ja dokumentoitua.

TAULUKKO 2. Kenttäpäivänä huomioitavia asioita.

Kenttäpäivän tarkistuslista	
Huomioitavat asiat	Selite
Aistinvaraiset havainnot	
<i>Julkisivut</i>	
Mikä pinnoite	<i>maalipinta/rappaus/vedeneristävä</i>
Pinnan kunto	<i>pinnoitteen/maalipinnan kunto, hilseily</i>
Näkyvät teräkset ja halkeamat	<i>korroosioaste/ korroosion ja halkeilun määrä</i>
Elementtien pintavarusteet, valusuunta	<i>pesubetoni/ harjattu/ maalattu</i>
Saumojen kunto	<i>tartunnat/ muoto/elastisuus</i>
Kaareutumät	<i>mihin suuntaan kaareutunut/ laajuus</i>
Ilmansuunnat	<i>onko ilmansuunnalla vaikutusta rakenteen kuntoon</i>
Parvekkeet	
Mikä pinnoite	<i>maalipinta/vedeneristävä</i>
Pinnan kunto	<i>pinnoitteen/maalipinnan kunto, hilseily</i>
Saumat, valutekniikka	<i>muottipinnat/elastinen vai kova sauma</i>
Parvekelasitukset	<i>jos on, lasin kunto</i>
Laatan alapinta, onko kosteusjälkeä	<i>verkottunut kuvio/korroosiotuotteen värjäämä</i>
Parvekkeen vedenpoisto	<i>sisäpuolinen/ulko puolinen, kaadot</i>
Näkyvät teräkset ja halkeamat	<i>korroosioaste/korroosion ja halkeilun määrä</i>
Rakenne, miten kannatettu	<i>pielin kannatettu/välipohjasta/muu</i>
Varusteet	<i>pintatarvikkeet</i>
Vesikatto	
Yleinen kunto	<i>yleisilme, saumat, ruoste, kuluma</i>
Onko vuotoja, missä?	<i>läpiviennit, piipun pellitykset</i>
Vedenpoisto	<i>rännit, syöksytorvet</i>
Muita huomioitavia asioita	
Eristepaksuudet	<i>sandwich-elementit</i>
Maankallistukset	<i>veden lammikoituminen, kaato</i>
Ikkunoiden tyyppi	<i>MSE/MS/MSI, muu</i>
Ikkunoiden kunto	<i>kuluma/kosteus, tiivisteet</i>
Ikkunoiden kosteustekniset detaljit	<i>vesipellit, kaato/ulottuma</i>
Kasvillisuus	<i>varjoisuus/roskat</i>
Valokuvat kaikista ylläolevista	<i>TARPEEKSI</i>
Yleiskuvia	<i>TARPEEKSI</i>

LÄHTEET

Betonirakenteiden korjausohjeet. 2007. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Betonijulkisivun kuntotutkimus. 2013. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki: BY – Koulutus Oy.

Hunkeler, F & Lammar, L. 2012. Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen. TFB AG, Wildegg, Sveitsi.

Pentti, M., Mattila, J. & Wahlman J. 1998. Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaus. Osa I Rakenteet, vauriot ja kunnan tutkiminen. Tampere.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2014. Betonijulkisivun ja parvekkeiden kuntotutkimus. Tilaa-
janohje. Luettu 13.4.2016. <http://www.betoniyhdistys.fi/media/julkaisut/betonijulkisivun-kuntotutkimus-tilaajan-ohje.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Kuntotutkimusraportti

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

Osuusasunnot Oy, Jaatsinkatu 13

Julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus

PROJEKTI nro. 1527
22.03.2016

www.renovatek.fi



Työn tilaaja

Osuusasunnot Oy
c/o Isännöintipalvelu Kari Kaaja
Kari Kaaja
Puistokatu 4 B 4
38200 Sastamala

kari.kaaja@isannointikaaja.fi
puh. 050 083 8821

Tutkimuskohde

Osuusasunnot Oy
Jaatsinkatu 13
38210 Sastamala

Tutkimusajankohta

Kuntotutkimus suoritettiin 03.02.-22.03.2016
Kohteen kenttätutkimus suoritettiin 03.02.2015

Tehtävän kuvaus

Kohteen betonirakenteisten julkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus.

Tutkimuskonsultti

Insinööritoimisto Renovatek Oy
Korkeakoulunkatu 5
33720 TAMPERE

Yhteyshenkilönne

Projektipäällikkö Jaakko Koskinen, TkK
jaakko.koskinen@renovatek.fi
puh. 040 714 8197

Projektiryhmä

Mikko Moisio, Ins. opisk. (AMK), kenttätutkimukset ja raportointi
Jaakko Koskinen, TkK, kenttätutkimukset, projektin ohjaus ja raportin tarkastus
Arto Köliö, DI, projektin valvonta, raportin tarkastus

Tutkimusraportin jakelu

Tilaaaja / Isännöintipalvelu Kari Kaaja, pdf
Tutkimuskonsultin arkisto, pdf

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen kohteena on vuonna 1969 valmistunut elementtirakenteinen 1+3 –kerroksinen asuinkerrostalo. Kuntotutkimuksessa selvitettiin kohteen parveke- ja julkisivurakenteiden kunto, korjaustarve ja teknisesti soveltuvat korjaustavat ennalta määritetyn työohjelman mukaisesti (tarjous R1520). Tutkimukset sisälsivät suunnitelma-asiakirjojen ja korjaushistorian tarkastelua, aistinvaraisia ja mittauksiin perustuvia kenttätutkimuksia kohteella sekä laboratoriotutkimuksia kohteesta otetuille betoninäytteille.

Tutkimuksen tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että näytteiden otto sekä eri mittaukset perustuvat otantaan. Tästä syystä tutkimustuloksiin sekä niistä tehtyihin johtopäätöksiin sisältyy aina epävarmuutta. Mittaukset ja näytteenotto on pyritty kohdentamaan niin, että rakenteiden kunnosta ja korjaustarpeesta saadaan todenmukainen kuva.

Kohteen julkisivuelementtien kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella melko hyvä. Elementtien ulkopinnoissa ei esiinny näkyviä / laaja-alaisia teräskorroosio- tai pakkasvaurioita, eikä niihin viittaavia vaurioita havaittu myöskään vetolujuuskokeissa. Sen sijaan mikrorakennetutkimuksissa eteläpuolen julkisivurakenteista löydettiin pakkasrapautuman aiheuttamaa betonin sisäistä säröilyä. Suurin aistinvaraisesti havaittava vaurio julkisivurakenteissa on maalipinnan hilseily, erityisesti maaperästä nousevan kosteuden aiheuttamana kellarikerroksen elementeissä.

Julkisivurakenteiden merkittävin vaurioriski liittyy kosteusteknisiin toimivuuspuutteisiin. Hilseillyt maali ei suojaa betonia kosteudelta ja siten betonin pakkaskestävyys laskee. Julkisivurakenteiden säilyvyyden kannalta olennaista on kosteusteknisessä toiminnassa havaittujen puutteiden korjaaminen. Koska julkisivujen betoni havaittiin pääosin edelleen lujaksi ja eheäksi, voidaan julkisivu suojata pinnoituskorjauksella. Pinnoituskorjauksen edellytys on, että vanha pinnoite ja tasoite poistetaan huolellisesti kauttaaltaan ennen uuden pinnoitteen asennusta. Kohteen kohdalla voidaan myös harkita lämmöneristettyä verhouskorjausta, jolla alkanut pakkasrapautuma ja korroosio voidaan tehokkaasti pysäyttää. Tällä korjaustavalla voidaan saavuttaa pinnoituskorjausta pidempi käyttöikä. Myös ikkunarakenteiden detaljien toimivuus, kuten vesipeltien riittävä kallistus ja ulottuma ovat kosteusteknisestä näkökulmasta tärkeitä, ja näihin tulee kiinnittää huomiota kummankin korjaustavan yhteydessä. Suositeltavaa on myös johtaa kattovesien purku kauemmas rakenteista.

Parvekerakenteiden kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella melko huono. Tutkimushetkellä näkyviä vaurioita on paljon. Kaiteissa ja laattojen alapinnoissa on havaittavissa paljon korroosiovaurioita ja laskennallinen korroosioaste on jo merkittävä. Parvekepielissä on yksittäisiä korroosiovaurioita ja lännen puoleisessa pielessä on havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamaa vauriota. Vetolujuuskokeiden perusteella merkittäviä vaurioita ei esiinny, mutta mikrorakennetutkimuksessa havaittiin viitteitä pakkasrapautumasta.

Kuntotutkimuksen perusteella parvekerakenteiden korjaustarve on korkea. Suositeltavia toimenpiteitä ovat kaiteiden purkaminen ja uusiminen, laattojen vedeneristepinnoittaminen ja rapautuneen pielen piikkaus, valukorjaus ja pinnoitus. Kosteusrasituksen alentamiseksi suositellaan myös parvekkeiden lasitusta. Parvekelaatan alapinnan raudoituksessa esiintyy kosteusrasituksesta johtuen suuri korroosioriski, joten parvekkeiden kosteusrasitustason madaltaminen on keskeistä parvekkeiden korjausten onnistumisen ja tavoitellun käyttöiän saavuttamisen kannalta.

Kuntotutkimusten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella kohteen vesikatteen kunto on hyvä. Vesikattoon liittyvät suurimmat puutteet ovat yläpohjan tuuletuksen puutteellisuus, sekä vesikaton läpivientien vedenohjauksen riittämättömyys.

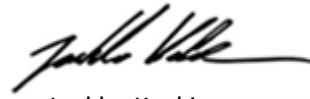
Kohteen alkuperäiset puuikkunat ovat ikäänsä nähden melko hyväkuntoiset, ja niissä havaittiin lähinnä pintojen kulumaa. Ikkunoiden vesipellitusten kallistukset ja ulottumat ovat osittain puutteellisia. Kuntotutkimuksen perusteella ikkunat eivät edellytä tällä hetkellä raskaita toimenpiteitä, mutta niiden toimintaikää voidaan jatkaa puuosien kevyellä kunnostuskorjauksella. Toisaalta, koska ikkunoiden vaihto alkaa olla ajankohtainen, seinärakenteen energiatehokkuutta voidaan parantaa vaihtamalla ikkunat uusiin.

Tampereella 22.03.2016

Insinööritoimisto Renovatek Oy



Mikko Moisio
Insinööriopiskelija, (AMK)



Jaakko Koskinen
Projektipäällikkö, TkK

SISÄLLYSLUETTELO

1	TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT	5
1.1	Kohde	5
1.2	Lähtötiedot sekä aikaisemmat tutkimukset ja korjaustoimenpiteet	5
2	TUTKIMUSOHJELMA	6
2.1	Tutkimuksen tavoite ja rajaus	6
2.2	Tutkimuksen sisältö ja tutkimusmenetelmät	6
3	BETONIRAKENTEIDEN VAURIOITUMISESTA	8
3.1	Yleistä	8
3.2	Betonin pakkasrapautuminen	8
3.3	Karbonatisoituminen	8
3.4	Betoniterästen korroosio ja kloridikorroosio	9
3.5	Kiinnitysten heikkeneminen	9
3.6	Pinnoitteiden ja pintatarvikkeiden turmeltuminen	9
3.7	Julkisivuelementin muodonmuutokset	10
3.8	Saumojen ja liitosten kosteustekniset toimivuuspuutteet	10
3.9	Terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet	10
4	TUTKIMUSTULOKSET	12
4.1	Julkisivut	12
4.2	Parvekkeet	20
4.3	Muut ulkovaipparakenteet	32
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	37
5.1	Turvallisuutta heikentävät tekijät	37
5.2	Julkisivut	37
5.3	Parvekkeet	38
5.4	Muut ulkovaipparakenteet	39
5.5	Korjaushanke ja –kustannukset	41

Liitteet:

Liite 1.	Paikannuskuva
Liite 2.	Suojabetonipeitemittaukset ja korroosiotilan laskennallinen analyysi
Liite 3.	Betoninäytteistä tehdyt havainnot
Liite 4.	Kloridipitoisuuden määrittäminen
Liite 5.	Vetolujuuskokeiden tulokset
Liite 6.	Ohuthieanalyysi
Liite 7.	Suojahuokossuhteen määrittäminen
Liite 8.	Asbestianalyysi

1 Tutkimuksen kohde ja lähtötiedot

1.1 Kohde

Tutkimuksen kohteena on vuonna 1969 valmistunut elementtirakenteinen 1+3 –kerroksinen asuinkerrostalo. Kohteen julkisivut ovat maalattupintaisia sandwich-elementtejä. Kellarikerros / sokkeli on rakennettu maalattupintaisista sandwich-elementeistä. Huoneistoparvekkeet ovat osittain elementtirakenteisia ja osin paikallavalettuja, pieliseinin kannatettuja julkisivulinjaan nähden sisäänvedettyjä parvekkeita. Huoneistoparvekkeita on 12 kpl, eikä niitä ole lasitettu. Kohteessa on kaksi erillistä tuuletusparvekettä takapihan puolella.

Kohteen vesikatto on ulkopuolisella vedenpoistolla varustettu loiva, ulospäin kallistettu harjakatto. Vesikatteenä toimii bitumikermi.

1.2 Lähtötiedot sekä aikaisemmat tutkimukset ja korjaustoimenpiteet

Tutkimusten lähtötietoina oli käytettävissä tilaajan toimittama isännöitsijäntodistus. Alkuperäisiä rakennetaito- tai elementtipiirustuksia ei ollut käytettävissä. Lähtötietoaineisto toimitettiin tutkimuskonsultille kenttätutkimusten yhteydessä 3.2.2016.

Tutkimusta suoritettaessa ei ollut tiedossa, että tutkittaviin rakenteisiin olisi kohdennettu aikaisemmin kuntotutkimuksia. Rakennuksessa on lähtötietojen perusteella tehty seuraavat tutkittuihin rakenneosiin liittyvät keskeiset korjaus- ja huoltotoimenpiteet:

- Vesikatteen uusiminen 2004
- Julkisivun maalaus 2008
- Elementtisaumojen uusiminen 2014

Kohteella tehtyjen havaintojen perusteella rakenteisiin on kohdistettu lisäksi seuraavat korjaus- ja huoltotoimenpiteet:

- Pinnoituskorjauksen yhteydessä tehty paikkakorjauksia
- Osa parvekepielistä on mahdollisesti hiekkapuhallettu
- Ikkunoihin lisätty jälkeempään alumiinilista ulkopuolen alapuitteeseen ja sisäpuolelle lämpölasi
- Pohjoisjulkisivun sokkelin vastaista maata kaivettu auki, mahdollisesti asennettu sokkelilevy
- Vesikaton tuplakourun sisempi kouru on uusittu.

Kohteen alkuperäiset suunnittelijat ovat:

- rakennesuunnittelu: ei tiedossa
- arkkitehtisuunnittelu: ei tiedossa

2 Tutkimusohjelma

2.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Tutkimus sisältää tarjouksessa R1520 (15.05.2015, Renovatek Oy) esitetyn työohjelman mukaisesti kohteen julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimuksen. Tarjouksen R1520 mukaisen kuntotutkimuksen tavoite on selvittää betonielementtirakenteisten julkisivu- ja parvekerakenteiden kunto, vaurioitumisen nykytila (tyyppi, aste, laajuus) sekä määrittää kyseisen rakenteen korjaustarve ja teknisesti soveltuvat korjaustavat.

Betonirakenteiden lisäksi kenttätutkimusten yhteydessä tarkastettiin aistinvaraisesti muut tutkittaviin rakenteisiin liittyvät rakenteet, kuten elementtisaumat ja ikkunat sekä rakennuksen vesikatto. Muita rakenteita ei tarjouspyynnön mukaisesti tutkittu tarkemmin, eikä niihin kohdistettu näytteenottoa tai mittauksia tämän kuntotutkimuksen yhteydessä. Tutkimus ei sisällä myöskään kohteen teknisten järjestelmien tarkasteluja.

2.2 Tutkimuksen sisältö ja tutkimusmenetelmät

Julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus suoritetaan Suomen Betoniyhdistys ry:n ohjeen *by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013* mukaisesti. Kuntotutkimusohjelma sekä näytemäärä mukailevat Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisua *by42 Tilaajan ohje*.

Rakenteille tehtiin aistinvaraisen tarkastuksen lisäksi seuraavat tutkimukset:

- betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen julkisivuelementtien ja sokkelirakenteiden ulkokuoresta irrotetuista näytteistä (julkisivu ja sokkeli yhteensä 6 kpl)
- betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen huoneistoparvekerakenteista irrotetuista näytteistä (10 kpl, 3 kpl / laatta ja kaide, 4 kpl / pieli)
- betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen tuuletusparvekerakenteista irrotetuista näytteistä (2 kpl)
- suojahuokossuhteen määrittäminen julkisivuelementtien ulkokuoren betonista (2 kpl)
- suojahuokossuhteen määrittäminen parvekerakenteiden betonista (6 kpl)
- ohuthietutkimus julkisivuelementtien ulkokuoren betonista (2 kpl)
- ohuthietutkimus parvekerakenteiden betonista (4 kpl)
- vetolujuuskoe julkisivuelementtien ulkokuoren betonista (4 kpl)
- vetolujuuskoe parvekerakenteiden betonista (8 kpl)
- kloridipitoisuuden määrittäminen julkisivuelementtien ulkokuoren betonista (2 kpl) ja parvekerakenteiden betonista (2 kpl)
- pinnoitteiden asbestipitoisuuden määrittäminen (2 kpl)
- raudoituksen betonipeitemittaukset rakenneosakohtaisesti

Tutkimuksen sisältö on suunniteltu siten, että tietoa rakenteiden vaurioitumisesta ja siihen johtaneista syistä kerätään usealla rinnakkaisella tutkimusmenetelmällä. Näin voidaan varmistaa tulosten perusteella syntyneet johtopäätökset. Tutkimuksissa on hyödynnetty alkuperäisten suunnitelmien ja asiakirjojen tarkasteluja, kenttätutkimuksia sekä näytteiden laboratoriotutkimuksia. Tutkimukset on kohdennettu siten, että tutkittavasta rakenteesta saadaan riittävän tarkka käsitys johtopäätösten taustaksi. Tutkimuksen tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että näytteiden otto sekä eri mittaukset perustuvat otantaan. Tästä syystä tutkimustuloksiin sekä niistä tehtyihin johtopäätöksiin sisältyy aina epävarmuutta.

Tutkimuksen yhteydessä käytettiin seuraavia mittalaitteita:

- betoniraudoituksen peitepaksuusmittaukset: Proceq Profoscope+ betonipeitepaksuusmittari

Betoninäytteiden ohuthieanalyysit ja asbestipitoisuuden määrittäminen on tehty WSP Finland Oy:n laboratoriossa, joka on FINAS -akkreditointipalvelun hyväksymä testauslaboratorio T269 (pätevyysalueena on kovettuneen betonin testaus). Julkisivu- ja parveke-elementeistä irrotettujen näytteiden vetolujuuskokeet sekä suojaahuokossuhteen määrittäminen on suoritettu Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksen laboratoriossa.

Tutkittavien rakenteiden kunnosta saatiin tutkimuksella hyvä käsitys. Tutkimuksen luotettavuuden kannalta puutteina voidaan mainita seuraavat asiat:

- tutkimusmenetelmiin sisältyvä epävarmuus
- kohteen piha-alueen ja viherrakenteiden asettamat rajoitukset autonostimen käytölle. Pohjoisjulkisivu tarkastettiin pääsääntöisesti maasta käsin.

Kuntotutkimus sisältää ehdotuksen teknisesti soveltuvista korjaustoimenpiteistä. Lopullisen päätöksen korjaustavasta tekee tilaaja perustuen teknisiin, arkkitehtonisiin ja taloudellisiin perusteisiin. Ennen korjausten toteuttamista on laadittava korjaussuunnitelma, jossa määritetään tarkemmin tehtävät korjaukset, käytettävät materiaalit, laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet.

3 Betonirakenteiden vaurioitumisesta

3.1 Yleistä

Betonirakenteen vauriot syntyvät ympäristön aiheuttaman säärasituksen seurauksena. Vaurion aiheuttajia voivat olla lämpötilan muutokset, kosteus, tuuli sekä rakenteeseen joutuvat haitalliset aineet kuten kloridit. Useiden aiheuttajien yhteisvaikutus ja kertautuminen lisäävät vaurion riskiä. Kaikki rakennuksen osat eivät vaurioidu samalla nopeudella, vaan vaurioitumisnopeuteen vaikuttaa rakennuksen kohdan rasiustaso. Tyypillisesti rakennuksen länsi- ja eteläjulkisivut sekä ylimmät kerrokset ovat rankemman säärasituksen alaiset ja vaurioita on odotettavissa nopeammin kuin muilla julkisivun osilla. Lisäksi pistemäisiä rasiusthuippuja voivat aiheuttaa kosteusteknisesti väärin suunnitellut julkisivun kohdat kuten puutteelliset räystäspellitukset tai kallistukset.

Keskeisimmät vaurioitumismekanismit ovat betonin pakkasrapautuminen ja betoniterästen korroosio. Suurelta osin kuntotutkimuksessa keskitytään näiden kahden vaurion asteen ja edellytysten selvittämiseen.

3.2 Betonin pakkasrapautuminen

Suurin betonirakenteiden vaurioiden aiheuttaja on rakenteessa kulkeutuva vesi. Kulkeutuessaan vesi kuluttaa betonia ja kuljettaa rakenteeseen haitallisia rapautumaa aiheuttavia aineita. Suurin yksittäinen rapauttava vaikutus on kuitenkin veden jäätymisellä. Jäätyessään veden tilavuus kasvaa aiheuttaen betonin huokosiin painetta. Mikäli paine ei pääse purkautumaan suurempiin huokosiin, se kasvaa niin suureksi, että se aiheuttaa betonin halkeamia.

Syntyneeseen halkeamaan pääsee kulkeutumaan lisää vettä sulan aikaan, ja näin veden uudelleen jäätyessä pakkasrapautuma pääsee etenemään syvemmälle rakenteeseen. Toistuva jäätyminen ja sulaminen onkin pakkasrapautuman kannalta kaikkein pahin. Rapautuva pintabetoni laajenee siihen syntyvien halkeamien johdosta. Tämä näkyy julkisivuissa elementtien kaareutumisenä ja elementtisaumojen kokoonpuristumisena.

Betonia voidaan suojata pakkasrapautumiselta luomalla huokostimien avulla betoniin suojahuokosten verkoston, johon veden jäätyessään aiheuttama paine pääsee purkautumaan ennen kuin se aiheuttaa betoniin halkeamia. Suojahuokostuksen tulee olla riittävä ja huokosten riittävän lähekkäin ja tasaisesti jakautuneena betoniin. Betonin pakkasenkestävyyttä voidaan arvioida suojahuokossuhteen avulla, joka kertoo suojahuokosten suhteellisen osuuden betonissa. Ohjeellinen arvo pakkasenkestävän betonin suojahuokossuhteelle on 0,2, mutta jo puutteellinenkin huokostus vähentää pakkasvaurion riskiä.

3.3 Karbonatisoituminen

Ilman hiilidioksidin vaikutuksesta betonissa alkaa ulkopinnalta neutraloitumisreaktio, jonka seurauksena betonin korkea pH laskee. Tätä reaktiota kutsutaan betonin karbonatisoitumiseksi. Betonin karbonatisoituminen alkaa rakenteen pinnalta ja kulkee ajan kuluessa rintamana rakenteen sisään. Kun karbonatisoitumrintama saavuttaa betoniteräksen, betonin teräksiä suojaava vaikutus lakkaa, ja teräs alkaa ruostua. Karbonatisoituminen on rakenteelle vaarallinen reaktio juuri betoniterästen korroosion kautta.

Karbonatisoitumisen edetessä syvemmälle rakenteeseen, sen eteneminen betonin huokosissa vaikeutuu. Tästä syystä karbonatisoitumisnopeus hidastuu karbonatisoitumisen edetessä. Karbonatisoituminen ei myöskään pääse etenemään, jos hiilidioksidin pääsy kosketuksiin betonin kanssa estyy esim. veden tunkeutuessa betonin huokosiin. Suuren kosteusrasituksen alueilla karbonatisoituminen onkin huomattavasti hitaampaa, kuin kuivilla, ilman kanssa kosketuksissa olevilla alueilla.

3.4 Betoniterästen korroosio ja kloridikorroosio

Betoni on hyvin alkalista, jonka huokosveden pH on normaalisti korkea. Alkalisessa betonissa oleva teräs passivoituu, eikä näin pääse ruostumaan kosteuden vaikutuksesta. Jos betonin suojaava vaikutus lakkaa, tai terästä ympäröivässä betonissa esiintyy korroosiota aiheuttavia klorideja, teräs altistuu korroosiolle. Teräs ruostuu betonissa olevan kosteuden vaikutuksesta. Jos kosteuden pääsy rakenteeseen estetään, korroosio pysähtyy.

Terästä ympäröivään betoniin tunkeutuvat kloridit voivat käynnistää terästen korroosion jo ennen kuin karbonatisoituminen on ehtinyt terästen syvyydelle. Kloridikorroosio on pistemäistä ja hyvin voimakasta, jota betonin karbonatisoituminen entisestään kiihdyttää. Mahdollisia kloridilähteitä ovat aiemmin betonin kiihdyttiminä käytetyt suolat, jäänsulatussuolat ja tuulen kuljettama merivesi.

Ruostuessaan teräksen toimiva pinta-ala pienenee heikentäen rakenteen kantavuutta. Teräksestä irtoavat suuremman tilavuuden vaativat korroosiotuotteet lohkaisevat betonia, jos teräs on liian lähellä rakenteen pintaa. Korroosiotuotteet heikentävät myös teräksen tartuntaa betoniin. Terästen korroosio ei alkuvaiheessa näy ulospäin. Vasta korroosiotuotteiden aiheuttamat lohkeamat kertovat käynnissä olevasta korroosiosta.

Korroosiota voidaan ehkäistä riittävän suurilla suojabetonipaksuuksilla ja pyrkimällä estämään kosteuden, kloridien ja hiilidioksidin pääsy rakenteisiin. Teräksiä voidaan suojata betonin karbonatisoitumisesta johtuvaa korroosiota vastaan pinnoitteilla tai varmemmin myös kloridikorroosiota vastaan käyttämällä ruostumattomia raudotteita.

3.5 Kiinnitysten heikkeneminen

Julkisivun sandwich-elementti koostuu betonisista sisä- ja ulkokuoresta, joiden väliin jää eristetilä. Ulkokuori kiinnitetään sisäkuoreen tyypillisesti teräksisillä kannakkeilla tai ansailla, jotka kulkevat eristetilän läpi. Eristetilassa kulkeva teräs on vailla betonin suojaavaa vaikutusta ja alttiina ankaralle kosteusrasitukselle. Myös betonin pakkasrapautuminen tai ulkokuorella kulkevien kiinnikkeiden osien korroosio voi aiheuttaa kiinnikkeiden tartunnan heikkenemistä. Elementin sisäkuori on likimain sisäilmasto-olosuhteissa, ja vaara sisäkuoren kiinnikkeiden vaurioitumiselle on huomattavasti pienempi. Kuorielementin kiinnikkeet kulkevat eriste-/tuuletusvälin lävitse ja ovat alttiita korroosiolle. Mikäli kiinnikkeitä on harvassa, jo yhden kiinnikkeen vaurioituminen aiheuttaa ulkokuoren irtoamisen riskin.

Eristetilassa kulkevien ulkokuoren kiinnikkeiden osalta on siirrytty käyttämään ruostumattomasta teräksestä tehtyjä ansaspaarteita, mutta varhaisempien ulkokuorien sisällä kulkevat kiinnikkeen osat ovat usein tavallisesta betoniteräksestä tehtyjä, ja näiden osien korroosio voi heikentää ulkokuoren kiinnitystä. Myös betonin työnaikainen tiivistys ja pakkasrapautumisen eteneminen heikentävät tartuntaa.

3.6 Pinnoitteiden ja pintatarvikkeiden turmeltuminen

Klinkkerilaattapintaisen julkisivun vaara on pintatarvikkeiden turmeltuminen, halkeaminen tai tartunnan irtoaminen alustasta. Lämpötilan ja kosteuden muutoksista johtuvat muodonmuutokset ovat klinkkerilaatassa hyvin pienet verrattuna betoniin. Lisäksi molemmat aineet ovat kovia ja sallivat vain pieniä muodonmuutoksia murtumatta. Betonin kutistuma ja pakkasrapautuma aiheuttavat leikkausvoimia klinkkerilaatan tartuntapintaan ja voivat irrottaa laattoja alustasta. Laatta voi irrota myös taustabetonissa olevan teräksen halkaistessa betonia korroosion yhteydessä. Korroosion riski on suurin elementtien pielen kohdalla, jossa pieliterästen peitepaksuudet ovat usein liian pieniä ja karbonatisoituminen pääsee etenemään myös elementin sivusta.

Muita pinnoitteiden tai pintatarvikkeiden turmeltumisilmiöitä ovat maali-, käsittely- tai rappauspintojen vauriot sekä tiililaattapintaisten elementtien vauriot.

3.7 Julkisivuelementin muodonmuutokset

Julkisivun elementeissä tapahtuu muodonmuutoksia ja elämistä mm. valunjälkeisen kuivumisen ja normaalin käytönaikaisten olosuhteiden muutosten vaikutuksesta. Elementin ulkokuori kiinnitetään teräsosin sisäkuoreen. Teräsosien pyrkiessä estämään ulkokuoren liikkeitä suhteessa sisäkuoreen syntyy pakkovoimia, jotka voivat halkaista betonia kasvaessaan riittävän suuriksi. Samoin halkeamia voi syntyä jo elementin kuljetuksen ja asennuksen aikana.

Kun elementin kuori on paksu, kuoren ulko- ja sisäpinnan erilaiset olosuhteet voivat aiheuttaa ulko- ja sisäpinnan välille muodonmuutoksen, joka näkyy elementin kaareutumisenä. Elementtien kaareutumista voidaan pitää merkinä julkisivun ulkopinnan pakkasrapautumisesta, koska ulkopinnan pakkasrapautuneen betonin tilavuus kasvaa paremmissa olosuhteissa olevaan sisäpintaan nähden suuremmaksi. Tämä näkyy elementin kaareutumisenä varsinkin, jos ulkokuoren kiinnityspisteitä on harvasti.

Julkisivuissa, joissa käytetään hyvin mittapysyviä pintatarvikkeita, kuten klinkkerilaattoja, elementti voi kaareutua jo varhaisessa vaiheessa: Klinkkerit estävät ulkopinnan liikkeitä, ja sisäpinta pääsee kutistumaan normaalisti. Sisäpinnan kutistumisesta johtuva kaareutuminen on rakenteelle tyyppillinen ilmiö. Vaikutus kärjistyy, jos kuori on paksu.

3.8 Saumojen ja liitosten kosteustekniset toimivuuspuutteet

Elementtisaumat ja vesipellitykset ovat rakenteita, joiden tarkoitus on hallita kosteuden kulkua ja estää sen pääsy kohtiin, joissa se voi aiheuttaa vaurioita. Julkisivulle tuleva kosteusrasitus on suuri, ja väärin toimiva vesipellitys sallii veden pääsyn rakenteeseen ja aiheuttaa hyvin voimakkaan pistemäisen kosteusrasituksen. Sandwich-elementin eristetila kuivuu hitaasti. Kuivumisen edistämiseksi eristeeseen tehdään tuuletusurat ja elementtisaumat varustetaan tuuletusputkilla. Kuivuminen tehostuu, kun tuuletusputkia on tiheään. Usein rakenteiden tuuletus on puutteellista.

Elementtien saumat saumataan elastisella massalla, jonka tehtävä on estää kosteuden pääsy saumaan. Mikäli saumamassa repeytyy, kosteudella on suora pääsy elementin sisään. Repeytyneet elementtisaumat on uusittava pikaisesti. Työn huolellisuudella ja oikealla sauman paksuudella on suuri vaikutus elementtisauman elinikään. Liian ahtaat saumat pullistuvat ja repeytyvät rikki elementin normaalin elämisen vaikutuksesta varsinkin, jos sauman tartunta betoniin on jäänyt puutteelliseksi. Saumamassa menettää vanhetessaan elastisuuttaan eikä enää toimi halutulla tavalla. Vanhentuneet kovettuneet elementtisaumat on uusittava.

Oikean kosteusteknisen toimivuuden kannalta on vesipellitysten kallistuksista tehtävä riittävän jyrkät ja ulotettava pellitykset riittävän etäälle rakennuksen seinistä.

3.9 Terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet

3.9.1 Pcb- ja lyijy-yhdisteet

Pcb-yhdisteet ja lyijy kuuluvat pahimpiin ympäristömyrkkyyhin. Pcb on luokiteltu ihmisillä mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Lyijy aiheuttaa erilaisia hermostollisia sairauksia. Näitä kahta on lisätty

elementtien saumamassoihin parantamaan työstettävyyttä ja pitkäaikaiskestävyyttä. Yhdisteet aiheuttavat vaaraa terveydelle pölyävien työvaiheiden aikana ja niitä on käsiteltävä ongelmajätteenä.

3.9.2 Asbesti

Asbesti on kuitumainen mineraali, joka rakennustuotteisiin sekoitettuna antaa niille lisää lujuutta. Tästä syystä asbestia on käytetty laajastikin mm. levyissä, pinnoitteissa ja maaleissa. Mikäli korjauksen yhteydessä käsitellään asbestia sisältävää maalipintaa, on suojauduttava asianmukaisesti.

Asbestia sisältäviä pinnoitetuotteita ovat olleet Kenitex VK, K ja EH –tuotteet sekä korkki-kenitex, Flekson, Decoralt ja Gencoat. Levytuotteista asbestia ovat sisältäneet Minerit- , Vartti- ja Tupla-Vartti –levyt.

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Julkisivut

4.1.1 Rakenne suunnitelmien ja havaintojen perusteella

Tutkimuksen yhteydessä kohteella tehtyjen havaintojen perusteella julkisivurakenteista voidaan todeta seuraavat tutkimuksen kannalta keskeiset asiat:

- Rakennusrunko on tyypiltään kirjahyllyrunko. Päätyjulkisivujen umpielementit toimivat osana kantavaa rakennusrunkoa
- Kohteen julkisivut ovat maalattupintaisia betonisandwich-elementtejä
- Myös rakennuksen kellarikerros ovat elementtirakenteinen. Kellarikerroksen elementit ovat maalattuja betonisandwich-elementtejä
- Näytteenottokohdilla julkisivuelementtien ulkokuoren paksuus on 44...59 mm (keskiarvo 55 mm) Lämmöneristekerroksen (mineraalivilla) paksuus on näytteenottokohdilla 76...80 mm
- Lähtötietoaineistossa ei ole esitetty julkisivurakenteissa käytettyjä teräksiä. Näytteiden perusteella julkisivuelementtien ulkokuoressa on käytetty ainakin \varnothing 3 ja 4 mm harjateräksiä.

4.1.2 Aistinvaraiset vauriohavainnot rakenteista ja näytteistä

Rakenteiden vaurioituminen

Julkisivurakenteiden kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella kohtalainen / hyvä. Maalattupintaisten elementtien ulkopinnassa on havaittavissa yksittäisiä näkyviä teräskorroosiovauriota tai viitteitä korroosiosta. Julkisivujen suurimmat näkyvät vauriot ilmenevät maalipinnan hilseilynä. Päätyjen maalipinnat ovat pääasiassa hyväkuntoisia, etupihan (eteläjulkisivun) ja etenkin takapihan (pohjoisjulkisivu) julkisivuissa hilseilyä esiintyy enemmän. Myös etupihan ikkunasmyygeissä ja länsipäädyllyllä sijaitsevassa piipussa hilseilyä on jonkin verran. Pakkasrapautuman aiheuttamaa vaurioitumista on havaittavissa länsipäädyn 1. krs parvekepielissä. Elementtien kaareutumista ei ole havaittavissa.



Kuva 1. Kohteen maalattupintaisten julkisivuelementtien vauriot ovat pääasiassa maalipintojen hilseilyä.

Kellarikerroksen elementeissä on havaittavissa melko paljon kosteuden aiheuttamaa pinnoitteen hilseilyä. Havainto viittaa siihen, että rakennusta ympäröivistä vierustäytöistä tai rakennuksen alapuolisista maamassoista siirtyy kapillaarisesti kosteutta alimman kerroksen elementteihin. Myös hallitsematon sadevesien poistojärjestelmä lisää kosteusrasitusta pistemäisesti. Sokkelielementin hilseilyä on rakennuksen kaikilla seinälinjoilla. Havaintojen perusteella kosteusrasitus on hieman kohonnut, ja rakenteiden säilyvyyden kannalta niiden kosteusrasituksen alentaminen olisi suositeltavaa.



Kuva 2. Kellarikerroksen elementtien maalipinnassa voimakasta hilseilyä.

Näytteistä tehdyt aistinvaraiset havainnot

Maalipintaisista julkisivuelementeistä (6 kpl) otetuista näytteistä tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla hyvää ja tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään samankaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti havaittavissa merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Betonin runkoaineena on käytetty tasalaatuista luonnonsoraa, jonka maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 10...15 mm. Runkoaineen kokojakauma näytteissä on tasainen, eikä näytteiden välillä ole havaittavissa suuria eroja.
- Näytteiden kohdalla betonin tiivistyminen on pääosin hyvää. Runkoainekappaleiden reunoille kertyneitä tiivistyshuokosia on vähän.
- Näytteen JK 101 ulkopinnassa on pieni halkeama. Muuten näytteissä ei ole aistinvaraisesti havaittavissa vaurioitumista.
- Karbonatisoitumissyvyydessä esiintyy jonkin verran vaihtelua näytekohtaisesti. Myös näytteiden välillä karbonatisoitumisvyöhykkeissä on eroja. Ulkopinnan karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 6...31 mm.
- Näytteiden JK 102 ja JK 104 sisäpinnassa havaittiin 10...11 mm karbonatisoitumisrintama.
- Näytteissä JK 101 ja JK 106 havaittiin \varnothing 4 mm raudoite karbonatisoitumattomassa betonissa.
- Näytteessä JK 102 havaittiin \varnothing 3 mm raudoite karbonatisoitumisrintamassa. Teräksessä ei kuitenkaan ole havaittavissa ruostetta.
- Näytteissä JK 103 ja JK 105 on 2 kpl \varnothing 3 mm teräksiä karbonatisoitumattomassa betonissa. JK 105 raudoitteet sijaitsevat aivan näytteen sisäpinnassa.
- Näyte JK 104 on otettu kellarikerroksen elementistä.



Kuva 3. Maalipintaisista julkisivuelementeistä irrotetut näytteet.

4.1.3 Rakenteiden kosteustekninen toiminta ja elementtisaumaus

Julkisivurakenteisiin liittyvien kosteusteknisten detaljien toimivuus tarkastettiin kenttätutkimuksien yhteydessä aistinvaraisesti. Kosteusteknisessä toiminnassa havaitut puutteet liittyvät pääosin rakennusosien ja –aineiden ikääntymiseen tai työsuorituksen laatuun.

Julkisivuelementtien elastinen saumaus on lähtötietoaineiston perusteella uusittu vuonna 2014. Tutkimushetkellä saumojen kunto on hyvä. Saumauksen pintakerroksessa ei ole havaittavissa vaurioitumista tai reikiä, eivätkä saumat eivät ole menettäneet elastisuuttaan ja sen tartunta elementtien reunoihin on vielä pääosin hyvä. Saumaustyö sen sijaan on toteutettu puutteellisesti. Saumanäytettä otettaessa uuden saumaineen alta löytyi vanhan sauman jäämiä, eli saumaa uusittaessa vanhaa saumaa ei ole puhdistettu riittävällä tarkkuudella. Myöskään liian kapeita saumoja ei ole avarrettu. Pääsääntöisesti kuitenkin sauman muoto, leveys ja sijainti suhteessa elementin pintaan on hyvä. Elementtien risteyskohdissa saumoihin on asennettu tuuletusputket. Osa saumoista on maalattu yli. Yleisesti saumauksen päällemaalaus lyhentää sen teknistä käyttöikä.

Sadevesien poistojärjestelmän puutteet kohottavat paikallisesti rakenteiden kosteusrasitusta. Sadevedet valuvat vesikatolta molemmilla lappeilla oleviin ränneihin. Rännikouru on periaatteeltaan ns. tuplakouru. Rännin ulompi kouru on huonokuntoinen, mutta havaintojen perusteella sisempi kouru on korvattu uudella. Sisempi kouru on pinnaltaan ehjä ja hyväkuntoinen. Vesi ohjautuu rakennuksen nurkissa oleviin syöksytorviin. Sadevedet ohjautuvat syöksytorvista hallitsemattomasti maahan ja lammikoituvat seinän vasten, nostaan sokkelin kosteusrasitusta voimakkaasti (havainto ja kuva 4 tarjouksen laatimisen yhteydessä tehdyltä kohdekäynniltä).

Parvekkeiden vedenpoistojärjestelmää on käsitelty kohdassa 0.



Kuva 4. Syöksytorvesta valuvaa vettä ei ole ohjattu mihinkään, vaan se lammikoituu seinää vasten ja nostaa betonin kosteusrasitusta voimakkaasti.



Kuva 5. Huonokuntoiset vanhat rännikourut on korjattu asentamalla uusi kouru vanhan päälle

4.1.4 Betoniraudoituksen korrosio

Aistinvaraiset korrosiohavainnot

Julkisivuelementtien maalipinnoilla ei ole aistinvaraisesti havaittavassa merkittäviä näkyviä korrosiovaurioita tai viitteitä korrosiovaurioista. Elementeissä esiintyy yksittäisiä esiin tulleita teräksiä ja halkeamia, jotka viittaavat elementtien valuvaiheessa lähelle rakenteen ulkopintaa jääneisiin raudoitteisiin. Vaurioiden määrä on kuitenkin pieni.

Raudoituksen betonipeitteet

Betonipeitemittausten perusteella julkisivuelementtien ulkokuoren raudoitteiden suojabetonipeitteet ovat pääosin hyviä. Kellarikerroksen ja päätyjulkisivujen sekä pitkien julkisivujen elementeissä raudoitteiden suojabetonipeitteet täyttävät suurelta osin (yli 95 %) rakennusaikaisen määräyksen (20 mm). Pohjois- ja eteläjulkisivujen ruutulementeissä on jonkin verran puutteita reunaterästen peitepaksuuksissa.

Julkisivuelementin ulkokuoresta irrotetuissa betoninäytteissä JK 101 ja JK 106 havaittiin \varnothing 4 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa, eikä niissä havaittu ruostetta. Näytteessä JK 102 havaittiin \varnothing 3 mm teräs karbonatsoitumisrintamassa. Teräksessä ei kuitenkaan havaittu ruostetta. Näytteissä JK 103 ja JK 105 havaittiin 2 kpl \varnothing 3 mm teräksiä karbonatsoitumattomassa betonissa, eikä niissä havaittu ruostetta.

Betonipeitemittausten tulokset on esitetty liitteessä 2.

Betonin karbonatsoituminen

Julkisivuelementtien ulkokuoresta irrotettujen näytteiden karbonatsoitumissyvyys vaihtelee jonkin verran näytekohtaisesti tarkasteltuna. Ulkopinnan karbonatsoitumissyvyys vaihtelee selvästi myös eri näytteiden välillä. Osassa pitkien sivujen elementeistä irrotetuissa näytteissä havaittiin lisäksi kapea karbonatsoitumisrintama myös elementin sisäpinnassa, mikä viittaa ainakin vähäiseen ilman liikkumiseen elementin eristetilassa.

Taulukossa 1 on esitetty näytteistä mitatut karbonatsoitumissyvyudet. Näytteen karbonatsoitumissyvyys määritetään poralierionäytteen pinnalta fenoliftaleiini-indikaattorin avulla havaittavissa olevan näytekohtaisen karbonatsoitumissyvyuden keskiarvona. Ilmoitettu maksimiarvo on näytteestä mitattu syvin karbonatsoitumissyvyys. Ilmoitetut karbonatsoitumiskertoimet on laskettu näytekohtaisesti mitatun karbonatsoitumissyvyuden keskiarvon perusteella. Taulukossa 1. suluissa oleva keskiarvo on koko otannan perusteella rakenteelle määritetty karbonatsoitumissyvyuden keskiarvo.

Taulukko 1. Näytteistä mitatut karbonatsoitumissyvyudet sekä keskiarvot ja niistä lasketut karbonatsoitumiskertoimet.

Julkisivuelementin ulkokuoren ulkopinta (n= 6 kpl)		
Näytekohtaisten karbonatsoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	6...31 mm (15 mm)	0,88...4,57 mm / \sqrt{a} (2,16 mm / \sqrt{a})
Näytekohtaisten karbonatsoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	11...32 mm (21 mm)	
Julkisivuelementin ulkokuoren sisäpinta (n= 6 kpl)		
Näytekohtaisten karbonatsoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	0...11 mm (4 mm)	0...1,62 mm / \sqrt{a} (0,52 mm / \sqrt{a})
Näytekohtaisten karbonatsoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	0...19 mm (6 mm)	

Julkisivuelementtien ja kellarikerroksen elementtien karbonatisoitumisnopeudessa ei ole suurta eroa. Näytteiden perusteella karbonatisoituminen on edennyt pääosin ulkobetonirakenteille tyypillistä nopeutta. Näytteen JK 102 (eteläjulkisivu, 1. kerros) kohdalla karbonatisoituminen on edennyt nopeammin kuin muiden näytteiden kohdalla, mikä saattaa johtua esimerkiksi betonin laadusta / tiivistymisestä. Eri näytteiden välillä karbonatisoitumisnopeudessa havaittu suuri vaihtelu viittaa todennäköisesti betonin laadulliseen vaihteluun. Yleisesti ulkobetonirakenteen normaalina karbonatisoitumisnopeutena pidetään arvoja 1,5...3,5 mm / va (BY 42, 2013, sivu 23).

Näytekohtaiset karbonatisoitumissyvyydet on esitetty liitteessä 3.

Betoniraudoitteiden laskennallinen korroosio

Raudoitteiden aktiivisen korroosion määrä arvioitiin kuntotutkimuksen yhteydessä peitepaksuusmittauksiin sekä karbonatisoitumissyvyyden määrittämiseen perustuvan laskentamallin avulla (BY 42, 2013, kappaleet 7.3.1 ja 7.3.2). Korroosiotilannetta tarkasteltiin nykyhetkeä edustavien tuloksien sekä neliönjuurimallin avulla laskettujen vuoden 2031 tilannetta edustavien tuloksien perusteella (15 vuoden ennuste). Raudoitteen aktiivinen korroosio alkaa, kun karbonatisoitumisrintama saavuttaa teräsyvyyden.

Laskennallisen analyysin perusteella aktiivisessa korroosiotilassa olevien raudoitteiden osuus on tutkimushetkellä vähäinen. Tutkimuksen tuloksien perusteella tällä hetkellä karbonatisoituneessa betonissa sijaitsevien terästen osuudet ovat seuraavat:

- ruutuelementtien verkkoteräkset: 5,3 %
- umpielementtien verkkoteräkset: 5,5 %

Mittausten perusteella korroosio-osuus on suurempi ruutuelementtien reunateräksissä, ollen n. 24 %. Umpielementtien reunateräksissä korroosio-osuus on mittausten perusteella 0 %. Huomioitavaa on kuitenkin, että reunaterästen mittausten otanta on verkkoihin nähden pieni, joten tuloksessa saattaa esiintyä virhettä.

Rakenteiden ulkopinnassa laskennallisen korroosiomäärän muutos seuraavan 15 vuoden aikana on vähäinen, vuoden 2031 karbonatisoitumissyvyyttä edustavien laskenta-arvojen avulla määritetyn aktiivisen korroosion määrän ollessa ruutuelementeillä 5,8 % ja umpielementeillä 6,6 %. Laskennallisen analyysin perusteella määritetty korroosiomäärä ennustaa prosenttiosuutta raudoitteista, jonka karbonatisoitumisrintama saavuttaa tarkasteltavan ajanjakson aikana. Ennuste perustuu tutkimuksen yhteydessä suoritettuihin karbonatisoitumissyvyyden määrittämiin sekä peitepaksuusmittauksiin. Betonin karbonatisoituneessa sen alkalisuus vähenee, jolloin teräskorroosio on mahdollista, mikäli rakenteessa on riittävästi kosteutta (karbonatisoituminen itsessään ei aiheuta korroosiota). Aktiivisen korroosiovaiheen pituus, eli tarvittava aika aktiivisen korroosion alkamisesta näkyvän vaurion syntymiseen, sekä muodostuvien korroosiovaurioiden määrä riippuvat rakenteen rasitusolosuhteista. Mikäli rakenteen kosteuspitoisuus ei ole teräskorroosiolle otollista, voi aktiivisen korroosion vaihe kestää pitkään ja näkyvien korroosiovaurioiden määrä jäädä vähäiseksi.

Betonin kloridipitoisuus

Julkisivuelementtien betonin kloridipitoisuus määritettiin kahdesta porajauhenäytteestä (JK CL1 ja JK CL4). Näytteen JK CL1 kloridipitoisuus on alle 0,01 paino-% betonin painosta. Näytteen JK CL4 kloridipitoisuus on haitallisena pidetyn pitoisuuden raja-arvon alarajalla, ollen 0,04 paino-% betonin painosta. Tuloksien perusteella rakenteessa on kloridikorroosion riski, mutta sen todennäköisyys on vähäinen. Rakennusajankohtana kloridien käyttö on ollut vielä sallittua. Rakenteiden säilyvyyden kannalta haitallisen kloridipitoisuuden raja-arvona pidetään yleisesti 0,03...0,07 paino-% betonin painosta (BY42, 2013, sivu 25). Näytteiden sisältämät kloridimäärät eivät ylitä haitallisena pidetyn määrän raja-arvoa (näyte JK CL 4 raja-arvon sisässä).

Kloridipitoisuuden määrittämisen tulokset on esitetty liitteessä 4.

4.1.5 Betonin rapautuminen ja laatu

Betonin vaurioitumista tutkittiin kenttätutkimuksen yhteydessä aistinvaraisesti sekä laboratoriokokein poralieriönäytteistä. Aistinvaraisten havaintojen perusteella julkisivurakenteissa ei esiinny merkittävää pakkasrapautumaa.

Betonin vetolujuus

Julkisivuelementtien ulkokuoren betonin vetolujuutta tutkittiin vetolujuuskokeilla neljästä (4) poralieriönäytteestä (näytteet JK 102, JK 103, JK 104 ja JK 106 maalattupintaisista elementeistä). Näytteiden JK 102, JK 103 ja JK 106 vetolujuuskokeiden tulokset ovat hyviä, kaikkien tuloksien ollessa yli 2 MPa (2/3 tuloksista n. 3 MPa). Näytteen JK 104 vetolujuuskokeen tulos on selvästi muita alhaisempi ollen 0,72 MPa, mutta näytteen murto ei viittaa selvästi pakkasvaurioitumiseen. Uusinta vetokokeessa kyseisen näytteen vetolujuudeksi saatiin n. 1,4 MPa. Myöskään uusintavedon tulos ei viittaa selvästi rapautumaan. Muita näytteitä alhaisempi vetolujuus johtuu todennäköisesti betonin laadullisesta vaihtelusta. Vaurioitumattoman betonin vetolujuuden raja-arvona pidetään yleisesti lujuusarvoa 1,5 MPa (BY 42, 2013, sivu 110).

Vetolujuuskokeiden näytekohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 5.

Mikrorakennetutkimukset

Julkisivuelementtien ulkokuoren mikrorakennetta sekä vaurioitumista tutkittiin ohuthietutkimuksella kahdesta näytteestä (JK 101 ja JK 105). Ohuthietutkimuksessa havaittiin seuraavaa:

- betonin tiivistys ja laatu on arvioitu näytteiden kohdalla kohtalaiseksi / heikoksi ja näytteiden kunto hyväksi (JK 105) / välttäväksi (JK 101)
- näytteessä JK 101 on havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita. Näytteessä JK 105 ei havaittu viitteitä rapautumasta
- näytteessä JK 101 havaittiin pinnanvastainen voimakas särö ja ohuthieessä pinnansuuntaista säröilyä
- betonin runkoaines on pääosin hyvälaatuista
- sideaine (portlandsementti) on laadultaan hyvää. Sideaineen mikrorakenne ja tekstuuri ovat tasaisia. Sideaineen seosaineena on käytetty masuunikuonaa
- sideaineen hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste normaali. Betonin vesi / sementti –suhde on arviolta korkea
- sideaineen ja runkoaineen väliset tartunnat ovat hyviä (näytteessä JK 101 paikoitellen rapautuman heikentämiä)
- suojahuokosten määrä vaihtelee näytteiden kohdalla. Näytteiden betoni ei ole arviolta pakkasenkestävää
- suojahuukokset ovat paikoitellen umpeutuneet ettringiitti- ja kalsiumhydroksidikiteytymien takia
- näytteiden kohdalla karbonatisoituminen on edennyt julkisivurakenteille tyypillisellä nopeudella
- näytteessä JK 105 karbonatisoituminen on saavuttanut terässyvyyden. Lähempänä sisäpintaa olevassa teräksessä on havaittavissa vähäistä pintaruostetta
- Näytteen JK 101 ulkopinnalla kolme erilaista pinnoitekerrosta. Pinnalla < 0,4 mm maalikerros, tämän alla 0...0,4 mm paksu sementtilaasti ja pohjalla paikoin nelikerroksinen maalipinnoite

Julkisivuelementeistä irrotettujen näytteiden ja niistä tehtyjen mikrorakennetutkimusten perusteella elementeissä käytetty betoni on ollut laadultaan vähintäänkin kohtalaista. Itse valutyön aikana puutteellinen

tiivistys aiheuttaa betonin laadullista vaihtelua. Puutteellisesta tiivistyksestä huolimatta sideaineen ja runkoaineen väliset tartunnat ovat pääsääntöisesti hyviä. Ohuthieanalyysin perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää. Karbonatisoituminen on edennyt julkisivurakenteille tyypillisellä nopeudella ja näytteen JK 105 kohdalla saavuttanut teräsyvyuden. Ohuthieanalyysin perusteella näytteessä JK 101 on havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamaa säröilyä ja sen suojahuokokset ovat paikoitellen umpeutuneet ettringiittikiteiden aiheuttamina. Näytteen JK 101 ulkopinnan perusteella eteläjulkisivun pinnoituskorjaus on tehty tasoittamalla vanha maalattupintainen betoni ja maalattu tasoitteen päälle.

Ohuthietutkimuksen tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 6.

Suojahuokossuhteen määrittäminen

Julkisivuelementtien betonin suojahuokossuhde määritettiin kahdesta poralierönäytteestä (JK 102, ja JK 106). Näytteistä määritetyt suojahuokossuhteet ovat 0,16, ja 0,17. Rakennusaikana ei betonin suojahuokostusta ole vaadittu eikä käytetty. Suojahuokossuhteen vaatimus pakkasenkestävälle betonille on vuodesta 1989 lähtien ollut $\geq 0,20$. Vaikka molempien näytteiden suojahuokossuhde on alle raja-arvon, ovat tulokset melko hyviä. Käytännössä jo suojahuokossuhde 0,10 antaa suojaa jollakin asteella pakkasrapautumalta. Suojahuokossuhteen määrittämisen perusteella betonia ei voida kauttaaltaan pitää pakkasenkestävänä korkeassa kosteusrasituksessa, mutta kohtalainen suoja on olemassa.

Suojahuokossuhteen määrittämisen tulokset on esitetty liitteessä 7.

4.1.6 Asbesti

Julkisivuelementtien maalipinnan asbestianalyysi määritettiin kahdesta julkisivuelementistä irrotetusta betoninäytteestä JK 104 (kellari, keltainen maali) ja JK 105 (3. krs, valkoinen maali). Laboratorioanalyysin perusteella näytteiden pinnoitteet eivät sisällä asbestia.

Asbestianalyysin tulokset on esitetty liitteessä 8.

4.2 Parvekkeet

4.2.1 Rakenne suunnitelmien ja havaintojen perusteella

Kohteella tehtyjen havaintojen perusteella parvekkeiden rakenteista voidaan todeta seuraavat tutkimuksen kannalta keskeiset asiat:

- Kohteen huoneistoparvekkeet ovat julkisivulinjaan nähden sisäänvedettyjä parvekkeita, havaintojen perusteella osin betonielementtirakenteisia / osin paikalla valettuja
- Parvekelaatat on kannatettu pieliseinien varaan. Parvekepielen paksuus on rakenteesta mitattuna n. 150 mm
- Päädyn parvekepielet ovat sandwichelementtejä, kantavan ”sisäkuoren” paksuus 115...124 mm
- Päädyn parvekepielen eristepaksuus on 70 mm
- Parvekelaatat ovat havaintojen perusteella paikallavalettuja
- Parvekelaatan paksuus on 156...187 mm näytteistä mitattuna. Kantavan laatan päällä on kallistusvalu, paksuus vaihtelee parvekkeittain välillä 24...73 mm
- Parvekekaiteet ovat betonielementtejä. Kaiteissa ei ole erillistä käsijohdetta. Kaiteen korkeus parvekelaatan yläpinnasta mitattuna on noin 940 mm
- Parvekkeiden vedenpoisto on toteutettu kaiteen päädyissä olevilla ulosheittoputkilla (halkaisija n. \varnothing 15 mm)
- Näytteiden perusteella parvekelaatoissa on käytetty ainakin \varnothing 10 ja 12 mm raudoitteita. Raudoitteet sijaitsevat kahdessa tasossa (ylä- ja alapinnan raudoite)
- Parvekekaiteissa on näytteiden perusteella käytetty ainakin \varnothing 8 mm raudoitteita. Raudoitteet sijaitsevat näytteiden perusteella sisäpinnan puolella
- Parvekekatot ovat sisäpuolelta maalattupintaisia paikallavalettuja betonilaattoja. Parvekekatto sijaitsee vesikaton räystäslinjan sisäpuolella (sisäänvedetty parveke)
- Parvekkeiden taustaseinät ovat maalattupintaisia sandwichelementtejä
- Kohteen tuuletusparvekkeiden (osittain ulokkeellinen rakenne) laatat ovat havaintojen perusteella osittain välipohjasta, osittain pielistä kannateltuja
- Tuuletusparvekkeen kaiteessa on käytetty ainakin \varnothing 10 mm raudoitteita. Raudoitteet sijaitsevat näytteiden perusteella ulkopinnan puolella

Parvekerakenteiden rakenne- tai elementtipiirustukset eivät olleet käytettävissä tutkimusta suoritettaessa.

4.2.2 Aistinvaraiset vauriohavainnot rakenteista ja näytteistä

Rakenteiden vaurioituminen

Huoneistoparvekerakenteiden kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella kohtalainen, paikoitellen huono. Tutkimushetkellä näkyviä vaurioita on melko paljon, ja niitä esiintyy pääasiassa parvekkeen kaiteissa ja pielissä. Laattojen alapinnoissa on jonkun verran laatan läpi kulkeutuvasta kosteudesta johtuvaa maalipinnan hilseilyä ja korroosiotuotteiden valumia, jotka viittaavat selvästi korroosion jo käynnistyneen rakenteessa. Pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita ei havaittu laatoissa. Parvekelaattojen yläpinnat ovat silmämääräisesti hyväkuntoisia.

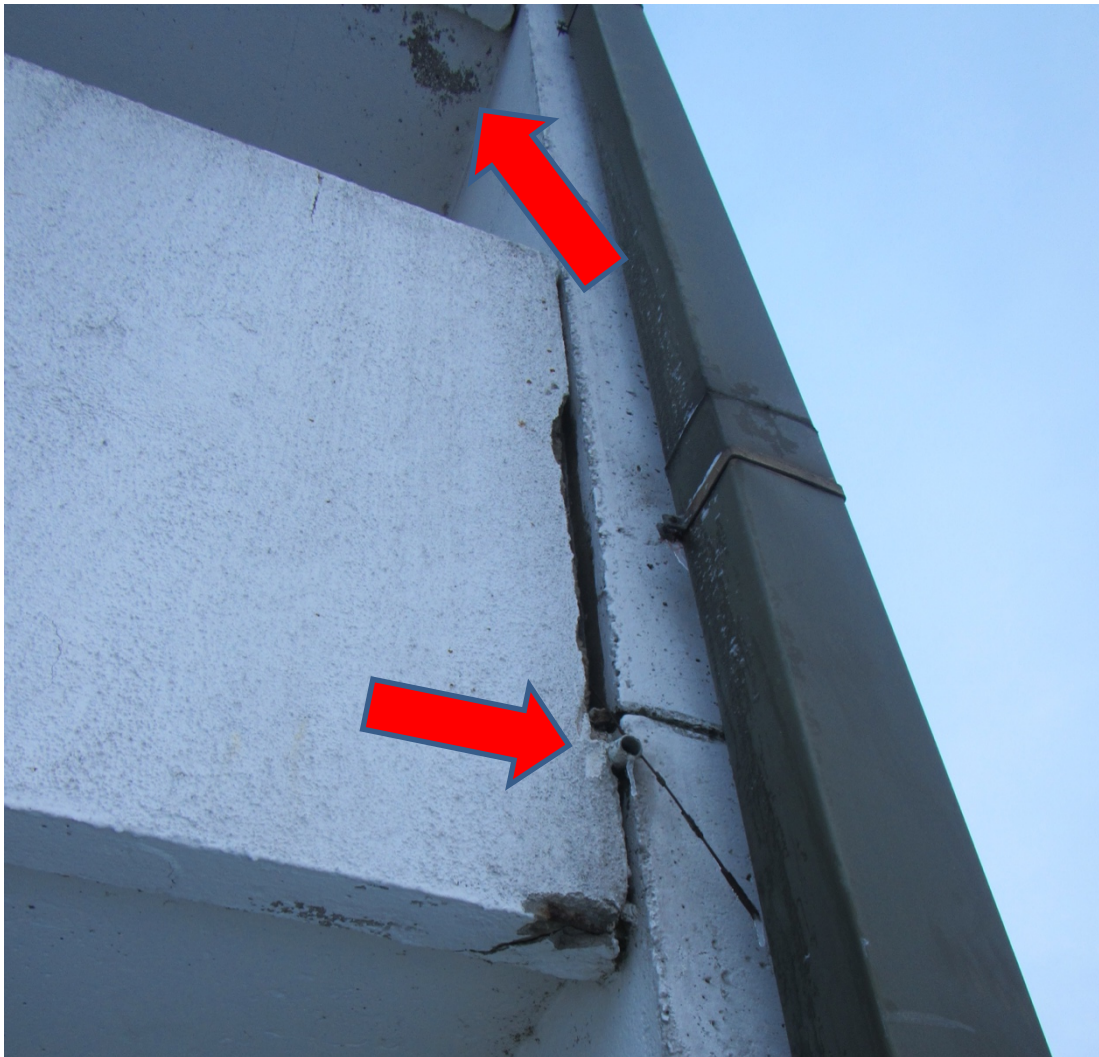
Tuuletusparvekkeiden laatoissa on aistinvaraisesti havaittavissa muutama yksittäinen korroosiovaurio, mutta ei pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita. Alapinnan maalipinta on hilseillyt johtuen puutteellisesta vedenpoistosta / vedeneristyksestä. Vesi pääsee imeytymään laatan läpi ja aiheuttaa maalipinnan irtoamisen. Laatan yläpinnassa, kaiteen ja laatan liittymän läheisyydessä on havaittavissa orgaanista kasvustoa.



Kuva 6. Maalattupintaisen huoneistoparvekelaatan alapinnassa havaittavissa teräksistä valuvaa korroosiotuotetta

Huoneistoparvekkeiden kaiteiden ulkopinnat ovat huonossa kunnossa. Arviolta noin 30 %:ssa reunateräksistä on havaittavissa korroosioaurio, joka on aiheuttanut halkeamisen / lohkeamisen. Suurin osa parvekekaiteiden korroosioaurioista esiintyy kaiteen reuna-alueella. Kaiteiden sisäpinnat ovat silmämääräisesti vielä hyväkuntoiset. Kaiteissa ei aistinvaraisesti havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa vaurioitumista.

Tuuletusparvekkeiden kaiteet ovat vielä kohtalaisessa kunnossa. Aistinvaraisesti havaittavissa olevat vauriot ovat yksittäisiä. Maali hilseilee kaiteen ja laatan liittymäkohdassa veden lammikoitumisen takia. Liittymäkohdassa on havaittavissa myös reilusti orgaanista kasvustoa.



Kuva 7. Parvekekaiteissa on runsaasti korroosiovaurioita. Alemman nuolen kohdalla vedenpoistoputki ylemmän nuolen kohdalla nähtävillä laatan läpi kulkeutuneen veden aiheuttamaa maalin hilseilyä

Parvekepielien suurimmat näkyvät vauriot ovat lännenpuoleisen parveketornin ulkokielessä. Kellari- ja 1. kerroksen pielessä on havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita ja voimakasta maalin hilseilyä. Pieleen kohdistuu voimakas kosteusrasitus ja kosteus kulkeutuu elementin läpi. Muita pielissä näkyviä vaurioita on maalin hilseily, ja joitain yksittäisiä korroosiovaurioita.

Tuuletusparvekkeiden pielien pinnat ovat pääasiassa hyväkuntoiset. Alareunoissa on havaittavissa jonkin verran kosteusjälkiä ja orgaanista kasvustoa.



Kuva 8. Lännenpuoleisen parvekkeen pielessä havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamaa vaurioita



Kuva 9. Parvekepielissä on joitakin yksittäisiä korroosiovaurioita.



Kuva 10. Parvekekattona toimii paikallavalettu teräsbetoni-laatta

Näytteistä tehdyt aistinvaraiset havainnot

Huoneisto- ja tuuletusparvekkeiden laatoista otetuista näytteistä tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla melko tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään saman kaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti ole havaittavissa merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Kaikkien näytteiden betonin tiivistys on hyvää / keskinäistä. Näytteissä on yksittäisiä suurempia tiivistyshuokosia. Runkoainekappaleiden reunoille kertyneitä tiivistyshuokosia on jonkin verran.
- Betonin runkoaineena on käytetty luonnonsoraa.
- Maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 30...41 mm. Runkoaineen kokojakauma on pääosin tasainen.
- Näytteissä ei ole aistinvaraisesti havaittavissa vaurioitumista.
- Laatan alapinnan karbonatisoitumissyvyydessä ei juurikaan esiinny vaihtelua näytekohtaisesti, mutta eri näytteiden välillä hajontaa on jonkin verran. Laatan alapinnassa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 11...26 mm.
- Laatan yläpinnassa karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti tarkasteluna jonkin verran epätasaisesti. Näytteessä JK 302 karbonatisoituminen on edennyt enimmillään 20 mm syvyyteen. Näytteiden välillä karbonatisoitumisessa on jonkin verran vaihtelua. Näytteiden yläpinnassa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 6...20 mm.
- Näytteessä JK 302 on \varnothing 10 mm teräs karbonatisoitumisrintamassa. Ruostetta ei ole havaittavissa.
- Näytteessä JK 303 teräksiä kahdessa tasossa. Karbonatisoitumattomalla alueella on \varnothing 6 ja 8 mm teräkset, jotka ovat hyväkuntoiset. 10 mm etäisyydellä alapinnasta on \varnothing 6 ja 12 mm teräkset karbonatisoituneella alueella, ja niissä on havaittavissa vähän ruostetta.
- Näytteiden yläpinnassa on harmaa pinnoite ja alapinnassa valkoinen maalipinnoite.



Kuva 11. Parvekelaatoista irrotetut näytteet.

Pintalaatat

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla tasaista. Näytekohtaisesti merkittäviä eroja ei ole, kuten runkoaineen erottumaa.
- Tiivistys on kohtalaista / keskinkertaista. Näytteissä ei ole juurikaan havaittavissa suurempia tiivistyshuokosia. Runkoainekappaleiden reunoille kertyneitä tiivistyshuokosia on jonkin verran.
- Maksimiraekoko on 8...11 mm. Runkoaineen kokojakauma on melko tasainen.
- Pintalaattojen paksuudet vaihtelevat välillä 24...73 mm.
- Pinta- ja kantavanlaatan välillä ei ole havaittavissa merkittäviä eroja.

Huoneistoparvekkeiden pielseinistä otetuista näytteistä tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla melko tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään saman kaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti ole havaittavissa merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Kaikkien näytteiden betonin tiivistys on hyvää / keskinkertaista. Runkoainekappaleiden reunoille kertyneitä tiivistyshuokosia on jonkin verran.
- Betonin runkoaineena on käytetty luonnonkiveä.
- Maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 24...30 mm. Runkoaineen kokojakauma on melko tasainen.
- Näytteissä ei ole aistinvaraisesti havaittavissa vaurioitumista.
- Sisäpinnan karbonatisoitumissyvyydessä (26...29 mm) ei juurikaan esiinny vaihtelua näytteiden JK 501, JK 502 ja JK 503 välillä. Näytteessä JK 504 karbonatisoituminen on edennyt tasaisena rintamana keskimäärin 13 mm syvyyteen. Muissa näytteissä karbonatisoituminen on edennyt epätasaisemmin.
- Ulkopinnan karbonatisoitumissyvyydessä (27...28 mm) ei ole suurta vaihtelua näytteiden JK 502 ja JK 503 välillä. Näytekohtaisesti karbonatisoituminen on jokseenkin epätasaista. Näytteet JK 501 ja JK 504 on otettu uloimmista parvekkeista, joiden ulkopielenä toimii sandwichelementti, eikä eristettä vasten olleessa betonissa ole havaittavissa karbonatisoitumista.
- Pieliseinistä irrotetuissa näytteissä ei havaittu raudoitteita
- Näytteiden ulko- ja sisäpinnassa on valkoinen pinnoite.



Kuva 12. Parvekepielistä irrotetut betoninäytteet

Huoneisto- ja tuuletusparvekkeiden kaiteista otetuista näytteistä tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla pääsääntöisesti melko tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään samankaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti ole havaittavissa merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Kaikkien näytteiden betonin tiivistys on hyvää / keskinkertaista. Runkoainekappaleiden reunoille kertyneitä tiivistyshuokosia on jonkin verran.

- Betonin runkoaineena on käytetty luonnonkiveä.
- Maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 11...14 mm. Runkoaineen kokojakauma on tasainen.
- Näytteissä ei ole aistinvaraisesti havaittavissa vaurioitumista.
- Kaiteen ulkopinnan karbonatisoitumissyvyydessä esiintyy vaihtelua näytekohtaisesti, ja myös näytekokonaisuutta tarkasteltaessa karbonatisoituminen on edennyt epätasaisesti. Kaiteen ulkopinnassa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 9...16 mm.
- Kaiteen sisäpinnassa karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti ja näytekokonaisuutena jonkin verran epätasaisesti. Näytteiden sisäpinnassa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 13...19 mm.
- Näytteessä JK 401 on \varnothing 8 mm teräs karbonatisoitumattomassa betonissa.
- Tuuletusparvekkeesta otetussa näytteessä JK 601 on \varnothing 10 mm teräs karbonatisoitumattomassa betonissa.
- Näytteiden ulko- ja sisäpinnassa on valkoinen maalipinnoite.



Kuva 13. Parvekekaiteista irrotetut betoninäytteet.

Parvekerakenteiden kosteustekninen toiminta

Parvekkeiden vedenpoisto on toteutettu kaiteen päissä olevilla pienillä muoviputkilla. Kallistusvalu kaataa kaiteeseen päin ja vesi ohjautuu pois ulosheittoputkia pitkin. Käytetty vedenpoistoratkaisu aiheuttaa veden lammikoitumista kaiteen ja laatan liitokseen ja lisää rakenteen kosteusrasitusta. Maalin hilseily kaiteen sisäpinnassa on kuitenkin melko vähäistä. Laatan yläpinnassa on pinnoite, mutta ei ole varmuutta onko se ns. vedeneristyspinnoitus. Osassa laattojen alapinnoissa on havaittavissa maalin hilseilyä, mikä johtuu betonilaatan läpi kulkeutuneesta kosteudesta. Havaintojen perusteella parvekerakenteiden kosteustekninen toimivuus on puutteellinen. Ulosheittoputkien kautta poistuvan veden putoaminen on hallitsematonta ja kohottaa alapuolisten rakenteiden rasiustasoa.

Tuuletusparvekkeissa ei ole erillistä vedenpoistojärjestelmää. Havaintojen perusteella laatta kaataa kaiteeseen päin ja vesi valuu reunan yli maahan. Laatan ulkoreunoissa on jälkiä vedenvalmista.

4.2.3 Betoniraudoituksen korrosio

Aistinvaraiset korrosiohavainnot

Parvekkeiden eri rakenneosissa on jonkin verran aistinvaraisesti havaittavissa olevia korrosiovaurioita tai viitteitä korrosiovauriosta. Etenkin parvekekaiteiden reunateräksissä teräskorrosion aiheuttamia vaurioita on melko paljon ja myös parvekelaattojen alapinnoissa on havaittavissa teräskorrosion aiheuttamia jälkiä.

Raudoituksen betonipeitteet

Raudoituksen betonipeitteet mitattiin parvekelaattojen alapinnasta, kaiteen sisäpinnasta sekä pieliseinän etureunasta.

Betonipeitemittausten perusteella kaikkien parvekerakenteiden raudoitteiden betonipeitteissä on puutteita, eivätkä ne täytä rakentamisaikaisia määräyksiä (20 mm). Parvekelaattojen ja parvekepielien raudoitteiden suojabetonipeitteistä vain noin 40 % on määräysten mukaisia. Myös parvekekaiteissa raudoitteiden suojabetonipeitteet ovat puutteellisia. Noin 60 % betonipeitteistä täyttää rakentamisaikaiset määräykset. Laatoissa noin 35 % raudoitteista sijaitsee alle 14 mm etäisyydellä laatan alapinnasta.

Parvekelaatoista irrotetussa näytteessä JK 302 havaittiin \varnothing 10 mm teräs. Teräs on hyväkuntoinen eikä siinä ole havaittavissa ruostetta. Näytteessä JK 303 havaittiin teräksiä kahdessa tasossa. Karbonatisoitumattomalla alueella on \varnothing 6 ja 8 mm teräkset, jotka ovat hyväkuntoisia. Lähellä näytteen alapintaa sijaitsee \varnothing 6 ja 12 mm teräkset karbonatisoituneella alueella, ja niissä on havaittavissa vähän ruostetta.

Betonipeitemittausten tulokset on esitetty liitteessä 2.

Betonin karbonatisoituminen

Parvekelaatoista irrotettuja näytteitä kokonaisuutena tarkasteltuna karbonatisoituminen on edennyt rakenteessa kohtalaisen tasaisesti. Laatan alapinnan karbonatisoitumissyvyydessä ei myöskään esiinny merkittävää vaihtelua näytekohtaisesti, poikkeuksena näyte JK 303 (länsipäädyn 1. krs), jossa karbonatisoituminen on ollut nopeampaa. Laatan yläpinnassa karbonatisoituminen on edennyt pääasiassa tasaisesti, poikkeuksena näyte JK 302 (3. krs), jossa karbonatisoitumisnopeus on ollut suurempi. Ero saattaa johtua paikallisista pinnoitevaurioista tai betonin laadullisesta vaihtelusta.

Parvekepielien ulko- ja sisäpinnan karbonatisoitumissyvyyksissä ei esiinny suurta vaihtelua näytekohtaisesti eikä eri näytteiden välillä. Poikkeuksena on näyte JK 504 (länsipäädyn puoleinen 1. krs parvekepieli), jossa karbonatisoituminen on ollut hitaampaa. Myös kaiteiden sisä- ja ulkopinnoissa karbonatisoituminen on ollut näytekohtaisesti ja näytekokonaisuutena melko tasaista.

Taulukossa 2 on esitetty näytteistä mitatut karbonatisoitumissyvyydet. Näytteen karbonatisoitumissyvyys määritetään poralierionäytteen pinnalta fenoliftaleiini-indikaattorin avulla havaittavissa olevan näytekohtaisen karbonatisoitumissyvyyden keskiarvona. Ilmoitettu maksimiarvo on näytteestä mitattu syvin karbonatisoitumissyvyys. Ilmoitetut karbonatisoitumis-kertoimet on laskettu näytekohtaisesti mitatun karbonatisoitumissyvyyden keskiarvon perusteella. Taulukossa 1. suluissa oleva keskiarvo on koko otannan perusteella rakenteelle määritetty karbonatisoitumissyvyyden keskiarvo.

Taulukko 2. Näytteistä mitatut karbonatisoitumissyvyydet sekä keskiarvot ja niistä lasketut karbonatisoitumiskertoimet.

Parvekelaatan yläpinta (n=4 kpl, sis. tuuletusparvekkeet)		
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	6...20 mm (11 mm)	0,88...2,95 mm / va (1,55 mm / va)
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	9...22 mm (17 mm)	
Parvekelaatan alapinta (n=4 kpl, sis. tuuletusparvekkeet)		
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	13...26 mm (16 mm)	1,62...3,83 mm / va (3,36 mm / va)
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	18...32 mm (24 mm)	
Parvekepieli (n=6 kpl)		
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	13...29 mm (25 mm)	1,92...4,28 mm / va (3,71 mm / va)
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	17...38 mm (33 mm)	
Parvekekaiteen ulkopinta (n=4 kpl, sis. tuuletusparvekkeet)		
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	9...16 mm (13 mm)	1,33...2,36 mm / va (1,84 mm / va)
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	17...24 mm (20 mm)	
Parvekekaiteen sisäpinta (n=4 kpl, sis. tuuletusparvekkeet)		
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien vaihteluväli (otannan keskiarvo) ja karb. kerroin	11...19 mm (15 mm)	1,62...2,80 mm / va (2,14 mm / va)
Näytekohtaisten karbonatisoitumissyvyyksien maksimiarvon vaihteluväli (otannan keskiarvo)	20...29 mm (24 mm)	

Parvekerakenteissa karbonatisoituminen on edennyt pääosin ulkobetonirakenteille tyypillistä nopeutta (karbonatisoitumiskerroin yleensä 1,5...3,5 mm / va, lähde: BY 42, 2013, sivu 23). Parvekepielien kohdalla karbonatisoituminen on ollut jonkin verran nopeampaa. Syynä saattaa olla betonin laadullinen vaihtelu sekä pinnotteiden kunto. Parvekepielet ovat myös pääosin suojassa sateelta, jolloin karbonatisoituminen on tyypillisesti nopeampaa kosteusrasituksen pienentyessä.

Näytekohtaiset karbonatisoitumissyvyydet on esitetty liitteessä 3.

Betoniraudotteiden laskennallinen korroosio

Raudotteiden aktiivisen korroosion määrä arvioitiin kuntotutkimuksen yhteydessä peitepaksuusmittauksiin sekä karbonatisoitumissyvyyden määrittämiseen perustuvan laskentamallin avulla (BY 42, 2013, kappaleet 7.3.1 ja 7.3.2). Korroosio-tilannetta tarkasteltiin nykyhetkeä edustavien tuloksien sekä neliönjuurimallin avulla laskettujen vuoden 2031 tilannetta edustavien tuloksien perusteella (15 vuoden ennuste). Raudotteen aktiivinen korroosio alkaa, kun karbonatisoitumisrintama saavuttaa teräsyvyyden.

Laskennallisen analyysin perusteella aktiivisessa korroosio-tilassa olevien raudotteiden osuus on jo tutkimushetkellä melko suuri. Tutkimuksen tuloksien perusteella tällä hetkellä karbonisoituneessa betonissa sijaitsevien terästen osuudet ovat seuraavat:

- kaiteen sisäpinta (verkko): 14,7 %
- laatan alapinta (verkko): 42,6 %

Parvekepielien etureunan teräkset sijaitsevat mittausten perusteella lähellä betonin pintaa ja niiden korroosio-osuus on suuri. Huomioitavaa on kuitenkin, että pieliin reunaterästen mittausten otanta on pieni, joten tuloksessa saattaa esiintyä virhettä. Parvekekaiteen sisäpinnassa laskennallisen korroosiomäärän muutos seuraavan 15 vuoden aikana on huomattava, vuoden 2031 karbonisoitumissyvyyttä edustavien laskenta-arvojen avulla määritetyn aktiivisen korroosion määrän ollessa 26,8 %. Myös parvekelaaattojen alapintojen korroosiomäärän muutos seuraavan 15 vuoden aikana on suuri, laskenta-arvojen avulla määritetyn aktiivisen korroosion määrän ollessa 54,1 % Laskennallisen analyysin perusteella määritetty korroosiomäärä ennustaa prosenttiosuutta raudotteista, jonka karbonisoitumisrintama saavuttaa tarkasteltavan ajanjakson aikana. Ennuste perustuu tutkimuksen yhteydessä suoritettuihin karbonisoitumissyvyyden määrittämiin sekä peitepaksuusmittauksiin. Betonin karbonisoituessa sen alkalisuus vähenee, jolloin teräskorroosio on mahdollista, mikäli rakenteessa on riittävästi kosteutta (karbonisoituminen itsessään ei aiheuta korroosiota). Aktiivisen korroosiovaiheen pituus, eli tarvittava aika aktiivisen korroosion alkamisesta näkyvän vaurion syntymiseen, sekä muodostuvien korroosiovaurioiden määrä riippuvat rakenteen rasitusolosuhteista. Mikäli rakenteen kosteuspitoisuus ei ole teräskorroosiolle otollista, voi aktiivisen korroosion vaihe kestää pitkään ja näkyvien korroosiovaurioiden määrä jäädä vähäiseksi.

Betonin kloridipitoisuus

Parvekerakenteiden betonin kloridipitoisuus määritettiin kahdesta porajauhenäytteestä (JK CL2 / parvekelaaatto ja JK CL3 / parvekekaide). Kummankin näytteen kloridipitoisuus on alle 0,01 paino-% betonin painosta. Yleisesti rakenteiden säilyvyyden kannalta haitallisena kloridipitoisuuden raja-arvona pidetään 0,03...0,07 paino-% betonin painosta (BY42, 2013, sivu 25). Näytteiden sisältämät kloridimäärät eivät ylitä haitallisena pidetyn määrän raja-arvoa.

Kloridipitoisuuden määrittämisen tulokset on esitetty liitteessä 4.

4.2.4 Betonin rapautuminen ja laatu

Betonin vaurioitumista tutkittiin aistinvaraisesti kenttätutkimuksen yhteydessä sekä laboratoriokokein poralieriönäytteistä. Aistinvaraisten havaintojen perusteella länsipäädyn kellari- ja 1. krs:n parvekepielessä oli havaittavissa pakkasrapautumisen aiheuttamia vaurioita. Muissa parvekerakenteissa ei ollut aistinvaraisesti havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita.

Betonin vetolujuus

Parvekerakenteiden betonin vetolujuutta tutkittiin vetolujuuskokeilla kahdeksasta (8) poralieriönäytteestä (parvekelaaattojenäytteet JK 302 ja JK 303, pielinäytteet JK 501, JK 502 ja JK 503 sekä kaidenäytteet JK 401, JK 402 ja JK 601)

Parvekekaiteista irrotettujen näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat hyviä (2,7 MPa...3,1 MPa). Tulosten hajonta on vähäistä, eivätkä tulokset lujuusarvojen tai murtotavan perusteella viittaa pakkasrapautumaan. Parvekelaaattoista irrotettujen näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat pääosin hyviä (1,7 MPa...2,6 MPa). Näyte JK 303 on ensimmäisessä vetokokeessa murtunut tasausvalun ja taustabetonin rajalta. Uusittaessa vetolujuuskoetta taustabetonin lujuusarvoksi on saatu 1,4 MPa.

Murtotapa ei viittaa pakkasrapautumaan vaan raja-arvon alle jäänyt tulos saattaa johtua betonin laadun vaihtelusta.

Parvekepielien näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat pääosin hyviä (1,8 MPa...2,1 MPa). Näytteen JK 501 ensimmäisen vetokokeen lujuusarvoksi on saatu 1,3 MPa, ja uusintakokeessa 1,4 MPa. Murtotapa ei viittaa selvästi rapautumaan, vaan raja-arvon alle jäänyt tulos saattaa viitata betonin laadun vaihteluun tai alkavaan pakkasrapautumaan. Vaurioitumattoman betonin vetolujuuden raja-arvona pidetään yleisesti lujuusarvoa 1,5 MPa (BY 42, 2013, sivu 110).

Vetolujuuskokeiden näytekohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 5.

Mikrorakennetutkimukset

Parvekelaatan, parvekekaiteen ja parvekepielen betonin mikrorakennetta sekä vaurioitumista tutkittiin ohuthietutkimuksella neljästä näytteestä (JK 301, JK 602, JK 403 ja JK 504). Ohuthietutkimuksessa havaittiin seuraavaa:

- betonin tiivistys ja laatu on arvioitu näytteiden kohdalla hyväksi / keskinkertaiseksi. Poikkeuksena JK 403, jonka tiivistys on erittäin huono, sekä 602, jonka pintalaatan tiivistys on huono.
- betoninäytteiden kunto on arvioitu hyväksi (JK 301 ja JK 403) / tyydyttäväksi (JK 602) / välttäväksi (JK 504)
- näytteessä JK 504 on havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita. Näytteessä JK 602 rapautuman merkkejä ei ole muuten kuin aivan kantavan laatan yläpinnassa tiheänä säröilynä, mikä johtuu betonin jäätymisestä valuvaiheessa. Näytteissä JK 301 ja JK 403 ei havaittu viitteitä rapautumasta
- näytteen JK 301 pinnassa havaittiin mikrosäröilyä
- betonien runkoaine on pääosin ehjää ja rapautumatonta
- sideaine (portlandsementti) on laadultaan hyvää. Sideaineen mikrorakenne ja tekstuuri ovat tasaisia, paitsi näytteessä JK 602, jossa on paikoittain huokoisempia alueita. Sideaineen seosaineena on käytetty masuunikuonaa ja näytteissä JK 403 ja JK 504 myös kalkkikivifillereitä
- sideaineen hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste normaali (JK 301 ja JK 403) / korkea (JK 602 ja JK 504). Betonin vesi / sementti –suhde on arviolta korkea
- sideaineen ja runkoaineen väliset tartunnat ovat pääosin hyviä, mutta paikoin säröilyn heikentämiä
- suojuhuokosten määrä betoneissa on kohtalainen, mutta arviolta betonit eivät ole pakkasenkestäviä
- näytteen JK 504 huokosissa havaittiin runsaasti ettringiittikiteytymiä, ja suojuhuokokset ovat osittain umpeutuneet
- karbonatisoituminen on näytekohtaisesti melko tasaista, mutta näytekokonaisuutta tarkasteltuna vaihtelua esiintyy jonkin verran. Näytteiden karbonatisoitumissyvyyksien keskiarvot vaihtelevat välillä 1...12 mm
- Näytteen JK 403 ulkopinnalla on kolme erilaista pinnoitekerrosta. Uloimpana < 0,4 mm pinnoite, tämän alla 0...1,0 mm sementtilaasti ja pohjalla paikoin kolmikerroksinen maalipinnoite

Parvekerakenteista irrotettujen näytteiden ja niistä tehtyjen mikrorakennetutkimusten perusteella parvekerakenteissa käytetty betoni on ollut laadultaan vähintäänkin kohtalaista. Itse valutyön aikana puutteellinen tiivistys aiheuttaa paikoitellen betonin laadullista vaihtelua. Säröily on paikoittain heikentänyt sideaineen ja runkoaineen tartuntoja, mutta pääsääntöisesti tartunnat ovat hyviä. Karbonatisoituminen on edennyt ulkobetonirakenteille tyypillisellä nopeudella. Ohuthieanalyysin perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää puutteellisesta suojuhuokostuksesta johtuen. Näytteessä JK 504 havaittiin

pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita ja sen huokosissa havaittiin runsaasti ettringiittikiteytyymiä. Näytteen JK 403 ulkopinnan perusteella eteläjulkisivun julkisivukorjaus on ainakin osittain tehty tasoittamalla vanha pinnoite ja maalattu tasoitteen päälle.

Ohuthietutkimuksen tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 6.

Suojahuokossuhteen määrittäminen

Parvekerakenteiden betonin suojahuokossuhde määritettiin kuudesta (2 / rakenneosaa) poralieriönäytteestä. (JK 302, JK 303, JK 401, JK 402, JK 502 ja JK 503). Näytteistä määritetyt suojahuokossuhteet vaihtelevat välillä 0,05...0,18. Suojahuokossuhteen vaatimus pakkasenkestävälle betonille on vuodesta 1989 lähtien ollut $\geq 0,20$. Parvekelaatoista ja kaiteista irrotettujen näytteiden suojahuokossuhteet ovat pääosin yli 0,10, poikkeuksena näytteen JK 303 suojahuokossuhde, joka on vain 0,06. Myös parvekepielien näytteiden JK 502 ja JK 503 suojahuokossuhteet ovat alhaiset (0,05 ja 0,06). Länsipäädyn puoleisessa parvekepielissä oli aistinvaraisesti havaittavissa pakkasrapautuman aiheuttamaa vaurioitumista, ja betonin alhainen suojahuokossuhde osaltaan selittää vaurioin aiheutumista.

Parvekerakenteiden betonia ei tulosten perusteella perusteella voida kauttaaltaan pitää pakkasenkestävänä korkeassa kosteusrasituksessa, ja pakkasvaurioiden kehittyminen rakenteisiin on mahdollista.

Suojahuokossuhteen määrittäminen tulokset on esitetty liitteessä 7.

4.3 Muut ulkovaipparakenteet

4.3.1 Vesikatto ja räystäät

Kohteen vesikattorakenteet tarkastettiin aistinvaraisesti katteen yläpuolelta sekä ullakotilasta kahden tarkastusaukon läheisyydestä. Tarkastuksen yhteydessä vesikaton rakenteesta tehtiin seuraavat havainnot:

- vesikatto on ulkopuolisella vedenpoistolla varustettu loiva, ulospäin kallistettu harjakatto
- vesikatteen alusmateriaalina toimii ponttilaudasta tehty umpilaudoituus
- vesikatteenä toimii bitumikermikate
- puiset katonkannattajat ovat sahatavarasta paikalla rakennettuja
- vesikaton puurakenteet tukeutuvat betoniseen yläpohjaholviin
- kattorakenne on tuuletettu räystäältä
- yläpohjan lämmöneristeenä on käytetty levyvillaa
- alkuperäisen katteen päälle on lähtötietojen sekä havaintojen perusteella lisätty yksi kermikerros. Työn yhteydessä myös läpivientiosat sekä läpivientien ylösnostot on uusittu (tarkastusluukkujen kauluksia on korotettu n. 5 cm)

- vesikatteen tuuletus on osittain puutteellinen. Räystäiden tuuletusrako on kapea ja harjalla ei ole tuuletusta. Korjaustyön yhteydessä lisätyt alipainetuulettimet on asennettu puutteellisesti eivätkä tuulettimet toimi (tuuletusputki päättyy vanhan katteen pintaan)

Kuntotutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella katteen yleisilme on siisti, eikä kattopinnalla havaittu merkittävää vaurioitumista. Alkuperäisen katteen poimuuntuminen on paikoitellen havaittavissa uuden kermikerroksen alta. Kattovuotoihin viittaavia höyrypusseja ei havaittu tarkastuksen yhteydessä.



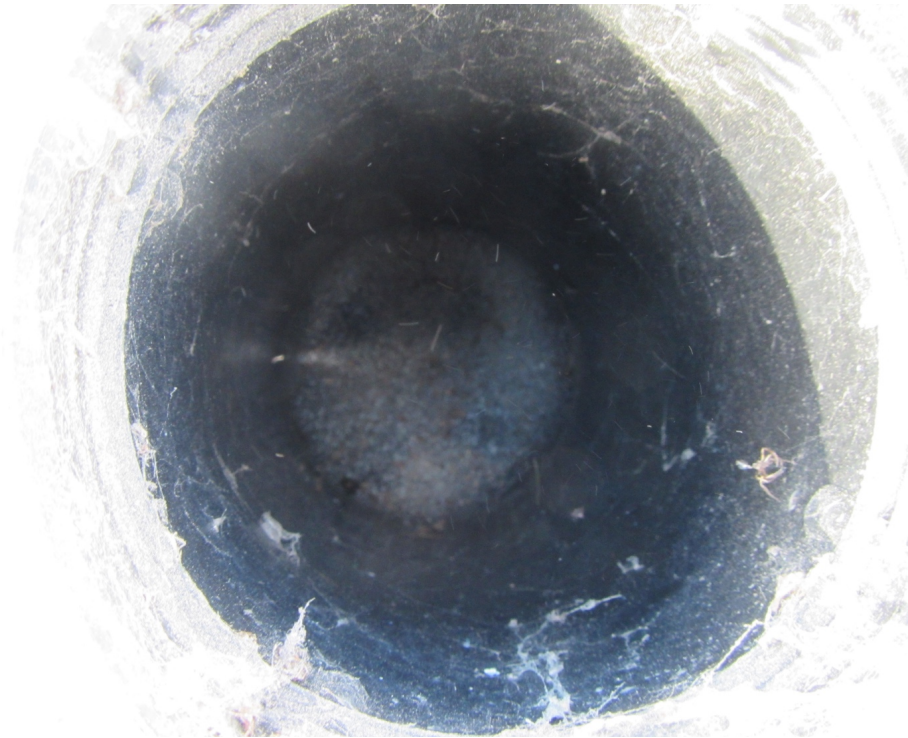
Kuva 14. Katteen yleisilme on siisti.

Ullakkotilasta suoritettun tarkastuksen yhteydessä havaittiin yksittäisiä vesivuotoihin viittaavia tummentumia vesikaton läpivientien yhteydessä. Havaintojen perusteella vuotojen määrä on vähäinen, mutta vesivuotoriski on olemassa. Pääasiassa vesikatteen alusrakenne todettiin kuitenkin tarkastuksen yhteydessä hyväkuntoiseksi.



Kuva 15. Aluslaudoitus on pääosin siisti. Läpivientien yhteydessä on paikoin havaittavissa viitteitä kattovuodoista.

Vesikaton korjaustyön yhteydessä pihan- ja takapihan puoleisten räystäiden tippapellit sekä vesikaton läpivienteihin liittyvät pellitykset (mm. ilmanvaihdon poistokanava) on uusittu. Päätyräystäillä vanhat pellit on havaintojen perusteella käytetty irti ja asennettu uudestaan. Vesikatteen ylösnosto on läpivientien kohdalla toteutettu ilman kolmiorimaa tai muuta vedenohjausta ja havaintojen perusteella läpivientien yhteydessä esiintyy paikoitellen lievää lammikoitumista.



Kuva 16. Korjaustyön yhteydessä asennetut tuuletusputket on asennettu virheellisesti. Tuuletusputket päättyvät vanhaan vesikattopintaan.

4.3.2 Ikkunarakenteet

Kohteen ikkunarakenteiden kuntoa on arvioitu aistinvaraisesti kenttätutkimuksen yhteydessä. Ikkunoiden toiminnallisia ominaisuuksia (avattavuus / suljettavuus, äänen- ja lämmöneristävyys, tiiveys yms.) ei tämän tutkimuksen yhteydessä arvioitu.

Kohteen ikkunat ovat alkuperäisiä, MS-tyyppin kaksilasisia puuikkunoita. Ikkunoiden ulkopuitteen alareunaan on lisätty alumiininen lista jälkeempään. Myös osaan ikkunoista on lisätty lämpölasi sisäpuolelle. Ikkunoiden ulkopinnoissa on lämpösäteilyn ja kosteusrasituksen aiheuttamaa kulumaa. Pohjoisjulkisivulla sijaitsevat ikkunat ovat yleisesti paremmassa kunnossa kuin eteläjulkisivulla. Takapiha on varjoisampi kuin etupiha, joten ikkunoiden maalipinnat ovat vähemmän alttiina auringon lämpö- ja UV -säteilylle. Toisaalta kellarin osalta pohjoispuolen ikkunapellityksissä on havaittavissa runsaasti orgaanista kasvustoa, joka viittaa korkeaan kosteusrasitukseen. Ikkunarakenteisiin liittyvät kosteustekniset detaljit on alun perin toteutettu kohtalaisesti. Vesipeltien kallistukset ja ulottumat seinärakenteen ulkopuolelle ovat pääosin puutteellisia.



Kuva 17. Ikkunoiden vesipellityksien kaadot ovat melko vähäisiä. Pohjoisen puoleisella seinällä ikkunoissa on runsaasti orgaanista jälkeä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Seuraavassa on esitetty yhteenveto keskeisimmistä tutkimustuloksista sekä ehdotus korjaustoimenpiteistä. Ennen korjaustöitä on aina suoritettava varsinainen korjaussuunnittelu, jossa määritetään tarkemmin tehtävät korjaukset, käytettävät materiaalit, laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet.

5.1 Turvallisuutta heikentävät tekijät

Tutkimusten yhteydessä kohteen rakenteissa ei havaittu välitöntä käyttäjien tai ulkopuolisten henkilöiden turvallisuutta vaarantavia vaurioita. Kuitenkin korjaamattomana mm. parvekekaiteiden vaurioitilanne voi edetä ja muuttua siten, että vaurioituminen vaikuttaa tulevaisuudessa myös rakenteiden turvallisuuteen. Tästä syystä vaurioitilanteen säännöllinen seuraaminen peruskorjauksien välissä on suositeltavaa.

5.2 Julkisivut

Kohteen julkisivuelementtien kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella vielä melko hyvä. Maalattupintaisissa elementeissä on havaittavissa vain yksittäisiä teräskorroosiovaurioita. Julkisivuelementtien suurin aistinvaraisesti havaittu vaurio on maalin runsas hilseily. Viitteitä pakkasrapautumasta ei vetolujuuskokeiden perusteella havaittu julkisivuelementtien eikä myöskään kellarikerroksen elementeissä. Kellarikerroksen elementtien näkyvät vauriot ovat pinnoitevaurioita, joiden syynä on maaperästä kapillaarisesti nouseva kosteus. Elementtisaumauksen työnlaadussa on puutteita, mutta elastiset saumat ovat vielä hyväkuntoiset.

Julkisivuelementeistä irrotetuissa näytteissä ei aistinvaraisen tarkastuksen perusteella esiinny suurempia vaurioita. Yhdessä näytteessä on pinnansuuntainen halkeama. Tiivistyksessä on havaittavissa jonkun verran puutteita, mutta muuten betonin laatu on näytteiden kohdalla hyvää ja melko tasaista.

Betonipeitemittausten perusteella julkisivuelementtien ulkokuoren raudoitteiden suojabetonipeitteet ovat pääosin hyviä. Verkkoteräksistä yli 95 % täyttää rakennusaikaisen määräyksen (20 mm). Suurimmassa osassa julkisivuelementeistä irrotetuista näytteistä karbonatisoituminen ei ole yltänyt teräsyvytyteen. Näytteistä mitattujen karbonatisoitumissyvyyksien avulla lasketut karbonatisoitumiskertoimet ovat pääosin ulkobetonirakenteille tyyppisiä. Laskennallisen aktiivisen korroosion laajuus verkkoteräksillä on vain noin 5...6 %, joten välitöntä korroosioriskiä ei ole. Reunateräksistä tehtyjen peitepaksuusmittausten perusteella korroosioriski on elementtien reunoilla suurempi, mutta reunaterästen mittausten pienestä otannasta johtuen tulokseen sisältyy epävarmuutta. Kuitenkin yleisesti ottaen reunaterästen korroosiovauriot ovat yleisempiä, kuin verkkoterästen.

Laboratoriotutkimuksissa näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat hyviä, eivätkä murtotapa- tai kohta viittaa betonin pakkasvaurioitumiseen. Suojahuokossuhteen määrittämisen perusteella betonilla on jonkin asteinen pakkasen suoja. Ohuthieanalyysin perusteella yhdestä näytteestä löytyi pakkasrapautuman aiheuttamaa sisäistä säröilyä ja suojahuokosista ettringiittikiteitä. Pakkasrapautuman lisääntyminen julkisivuelementeissä on tulevaisuudessa mahdollista johtuen pinnoitteen huonosta kunnosta ja korkeasta kosteusrasituksesta.

Kuntotutkimuksen perusteella julkisivurakenteiden korjaustavaksi voidaan ehdottaa kahta erilaista tapaa. Koska julkisivujen betonin havaittiin tutkimuksissa olevan pääosin lujaa ja ehjää, julkisivun korjaus voidaan toteuttaa uusimalla julkisivun pintakerros kosteusrasitustasoa madaltavalla pinnoitteella. Kevyempi

pinnoituskorjaus lisää rakenteen käyttöikää noin 10...15 vuoden verran olettaen, että pinnoitustyö tehdään perusteellisesti. Pinnoituskorjauksen onnistumisen edellytyksenä on, että vanhat maalikerrokset ja tasoite poistetaan betonipintaan asti. Mahdolliset vauriokohdat piikataan ja paikataan. Julkisivuelementit pinnoitetaan uudelleen kosteusrasitustasoa madaltavalla pinnoitteella.

Toinen suositeltu korjaustapa on lisälämmöneristys ja uudelleen verhoilu (esim. eristerappaus). Lämmöneriste pysäyttää jo alkaneen pakkasrapautuman ja raudotteiden korroosion sekä uusi verhoilu estää kosteuden pääsyn rakenteisiin. Eristerappauksella rakenteille saadaan lisää käyttöikää noin 25...30 vuotta.

Molempien korjaustapojen yhteydessä on suositeltavaa vähentää kosteusrasitustasoa mm. järjestämällä ikkunoiden vesipeltien riittävä kallistus ja kaato sekä syöksytorvilta tulevan kattoveden purku hallitusti vähentäen näin kellarikerroksen elementtien kosteusrasitusta.

5.3 Parvekkeet

Huoneistoparvekkeiden kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella kohtalainen / huono. Tutkimushetkellä näkyvien vaurioiden määrä on suuri ja vaurioaste on korkea. Erityisesti kaiteissa näkyviä korroosiovaurioita on paljon ja ne keskittyvät pääasiassa kaiteen reuna-alueille. Parvekelaattojen alapinnoissa havaittiin paljon pistemäisiä korroosiotuotteiden valumajälkiä, mikä kertoo aktiivisen korroosion alkaneen. Parvekepielien teräskorroosiovauriot ovat aistinvaraisten havaintojen perusteella yksittäisiä. Tuuletusparvekkeissa vauriot liittyvät lähinnä parvekelaatan huonokuntoiseen pinnoitteeseen ja laatan alapinnan maalin hilseilyyn laatan etureunassa. Lisäksi korkean kosteusrasituksen vaikutuksesta laatan ja kaiteen liitoksen läheisyydessä on paljon orgaanista kasvustoa. Pakkasrapautuman aiheuttamia vaurioita ei havaittu aistinvaraisesti muualla kuin lännen puoleisessa parvekepielessä.

Parvekerakenteista irrotettujen näytteiden perusteella rakenteissa käytetyt betonit ovat hyvä- ja tasalaatuisia. Näytteissä ei aistinvaraisen tarkastelun perusteella esiinny vaurioitumista.

Kaikkien parvekerakenteiden suojabetonipeitteet ovat puutteellisia. Kaiteissa ja pielissä vain n. 40 % betonipeitteistä on yli rakentamisaikaisten määräysten (20 mm). Laatoissa n. 60 % teräksistä täyttää vaatimukset. Karbonatisoituminen on saavuttanut kaiteissa ja erityisesti laattojen alapinnoissa teräsvyyden jo merkittävällä tasolla. Laskennallisen korroosion aste on kaiteissa noin 15 % ja parvekelaattojen alapinnoissa suuri (43 %) ja tulee arviolta seuraavan 15 vuoden aikana kasvamaan merkittävästi. Tämänhetkisen tutkimuksen perusteella parvekepielien reunateräksien korroosio-tilasta ei ole tarpeeksi laajaa otantaa, jotta korroosioriski voitaisiin sulkea pois. Kuitenkin yleisesti ottaen reunaterästen korroosiovauriot ovat yleisiä, jolloin korroosioriski on olemassa.

Parvekerakenteissa karbonatisoituminen on edennyt rakenneosakohtaisesti melko tasaisesti ja ulkobetoneerakenteille tyypillisellä nopeudella. Laattojen alapinnassa, ja pielien sisäpinnoissa karbonatisoituminen on ollut hieman nopeampaa, mikä on tyypillistä betonipinnoille, jotka ovat suojassa suoralta sateelta.

Parvekerakenteiden vetolujuutta ja pakkasvaurioitumista tutkittiin vetolujuuskokeiden ja ohuthieanalyysin avulla. Rakenteista irrotettujen näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat pääosin hyviä eivätkä

murtotavat ja saadut lujuusarvot suoraan viittaa pakkasrapautumaan rakenteissa. Ohuthieanalyysin yhteydessä lännen puoleisessa parvekepielen betonissa havaittiin viitteitä pakkasrapautumasta. Tuuletusparvekkeessa kantavan laatan yläpinnassa havaittiin pakkasen aiheuttamaa säröilyä, mikä johtuu valuvaiheessa jäätymään päässeestä betonista. Analyysin perusteella parvekerakenteissa käytetty betoni ei ole suojahuokostettua eikä siten arviolta ole pakkasenkestävää.

Kuntotutkimuksen perusteella parvekerakenteille on tehtävä korjaustoimenpiteitä. Parvekekaiteet ovat huonokuntoiset ja niille suositeltu korjaustapa tällä vaurioasteella on purkaa vanhat kaiderakenteet ja korvata ne uusilla kevytrakenteisilla kaiteilla. Parvekelaattojen korjaus perustuu kosteusrasituksen madaltamiseen. Parvekelaatoille suositeltava toimenpide on tarkistaa yläpinnan kallistukset, ja pinnoittaa laatat vedeneristyspinnoituksella. Uudelleenpinnoitus laskee betoniin kohdistuvaa kosteusrasitusta ja näin hidastaa alkanutta korroosiota. Laattojen korjausten yhteydessä etureunojen mahdolliset vauriot korjataan laastipaikkaamalla. Lisäksi parvekkeisiin suositellaan asentamaan parvekelasitukset. Lasitukset alentavat kosteusrasitusta entisestään.

Parvekepieliä korjaustoimenpiteiksi suositellaan korroosiovauriokohdissa terästen esiin piikkaamista ja paikkausta. Pakkasrapautuneen betonin korjaus suositellaan tehtäväksi piikkaamalla etureunasta vaurioitunutta betonia ja valamalla pieli uudestaan huomioiden, että valukorjauksella saavutetaan riittävä raudotteiden betonipeitekerros. Kaikkiin toimenpide-ehdotuksiin liittyy olennaisesti parvekkeiden kosteusrasituksen alentaminen, mm. parvekkeiden vedenpoistoa parantamalla. Vedenpoisto voitaisiin hallita paremmin esim. laatan etureunaan asennetuilla riittävän ulottuman omaavilla ulosheittäjillä. Tuuletusparvekkeiden korjaustoimenpiteiksi suositellaan sadevesien hallitun poistamisen järjestämistä ja laatan yläpinnan vedeneristepinnoitusta. Korjausten yhteydessä parvekelaatan ja kaiteen mahdolliset vauriot korjataan laastipaikkaamalla.

Huolellisesti toteutetuilla valukorjauksilla sekä laastipaikkauksilla yhdistettynä kosteusrasitustason madaltamisen toimenpiteisiin voidaan saavuttaa parvekkeiden osalta noin 15...25 vuoden käyttöikä.

5.4 Muut ulkovaipparakenteet

Vesikatto ja räystäät

Kohteen vesikattorakenteet tarkastettiin aistinvaraisesti katteen yläpuolelta sekä ullakkotilasta kahden tarkastusaukon läheisyydestä. Vesikatto on ulkopuolisella vedenpoistolla varustettu loiva, ulospäin kallistettu harjakatto. Vesikatteen toimii bitumikermi. Alkuperäisen katteen päälle on lähtötietojen ja havaintojen perusteella lisätty yksi bitumikermitkerros. Työn yhteydessä läpivientiosat ja niiden ylösnostot on uusittu.

Kuntotutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella katteen yleisilme on siisti, eikä kattopinnalla havaittu merkittävää vaurioitumista. Vesikaton läpivientien ylösnostot on toteutettu ilman kolmiorimaa tai muuta vedenohjausta ja läpivientien yhteydessä havaittiin lievää lammikoitumista. Vesikatteen alusmateriaalina toimivassa umpilaudoituksessa havaittiin yksittäisiä vesivuotoihin viittaavia tummia kohtia, mutta havaintojen perusteella vuotojen määrä on vähäinen, mutta vesivuotoriski on mahdollinen. Pääosin vesikaton alusrakenne todettiin hyväkuntoiseksi.

Vesikatteen tuuletus on osittain puutteellinen. Räystäiden tuuletusrako on kapea ja harjalla ei ole kunnollista tuuletusta. Korjaustöiden yhteydessä lisätyt alipainetuulettimet on asennettu puutteellisesti eivätkä tuulettimet toimi.

Vesikaton korjaustoimenpiteeksi voidaan kuntotutkimuksen perusteella suositella läpivientien tarkastusta ja tarvittaessa korjausta. Suositeltavaa olisi myös alipainetuulettimien toimintaan saattaminen. Vesikatteen hyvästä kunnosta johtuen katteelle ei tällä hetkellä ole tarvetta tehdä toimenpiteitä. Katteen käyttöikä on jäljellä arviolta 10 vuotta.

Katon ulkopuolisen veden poistojärjestelmän räystäskourut ovat ns. tuplakourut. Alempi kouru on paikoitellen ruostunut puhki, mutta koska sisempi kouru on uusittu ja vielä varsin hyväkuntoinen, ei räystäskouru vaadi toimenpiteitä. Vedenpoistojärjestelmän syöksytorvet ovat aistinvaraisesti arvioituna hyväkuntoiset. Sen sijaan vesien purku syöksytorvelta maahan on puutteellinen ja vedet ohjautuvat paikoitellen rakenteita kohti ja lammikoituvat sokkelia vasten nostaten rakenteen kosteusrasitusta voimakkaasti. Toimenpiteiksi suositellaan vesien ohjaamista kauemmaksi rakenteesta esimerkiksi koururakenteilla.

Ikkunarakenteet

Kohteen alkuperäiset puuikkunat ovat ikäänsä nähden melko hyvässä kunnossa, ja niissä havaittiin auringon säteilyn ja kosteusrasituksen aiheuttamaa kulumaa. Ikkunoiden vesipellitysten kaadot ja ulottumat ovat osittain puutteellisia. Kuntotutkimuksen perusteella ikkunoille on vielä mahdollista tehdä kevyt kunnostus sisältäen huoltomaalauksen sekä puiteosien kevyen kunnostuksen ja vesipeltien uusimisen, joka lisää niiden käyttöikää noin 5...10 vuotta. Seinärakenteen energiatehokkuus paranee huomattavasti, jos ikkunat uusitaan julkisivuremontin yhteydessä kokonaan. Ikkunoiden toiminnallisia ominaisuuksia (avattavuus / suljettavuus, äänen- ja lämmöneristävyys, tiiveys yms.) ei arvioitu tämän tutkimuksen yhteydessä, ja niiden vaikutus ikkunoiden uusimistarpeeseen tulee arvioida erikseen.

5.5 Korjaushanke ja –kustannukset

Yleistä korjaushankkeen läpiviennistä ja korjaustavan valinnasta

Korjaustavan valintaan vaikuttaa vanhan rakenteen kunto. Yleisesti kevyet paikkaus- ja pinnoituskorjaukset ovat kannattavimmillaan silloin, kun vaurioita on vähän ja ne ovat paikallisia. Vaurioiden vakavuuden ja laajuuden lisääntyessä kokonaisvaltaisempien peittävien korjaustapojen kannattavuus kasvaa. Nämä myös tehokkaasti vähentävät vanhan rakenteen kosteusrasitustasoja ja vaurioituminen hidastuu. Vanhan rakenteen purkamisen tulee kysymykseen silloin, kun vanha rakenne on käyttöikänsä päässä tai purkamisen on perusteltua jonkin muun raskauttavan syyn vuoksi. Joskus voi olla perusteltua jättää rakenne korjaamatta ja hyödyntää sen koko käyttöikä ennen perusteellista korjausta. Tällöin on varmistuttava, ettei korjaamatta jättämisestä aiheudu vaaraa turvallisuudelle ja rakenteiden kuntoa on seurattava jatkuvasti.

Korjaustavan laajuuden mukaan nousevat myös kustannukset eivätkä liian laajat korjaukset ole järkeviä. Myös liian kevyenä tehdyt korjaustoimet eivät ole järkeviä, vaan johtavat entistä suurempiin kustannuksiin tulevaisuudessa. Rakenteiden korjaustoimenpiteitä valittaessa on otettava huomioon vanhan rakenteen ominaisuudet ja tekninen kunto, korjatulta rakenteelta vaadittavat tekniset ja arkkitehtoniset ominaisuudet sekä kiinteistön omistajien taloudelliset resurssit.

Korjausten suunnittelu ja kustannukset

Kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää rakenteessa olevien vaurioiden olemassaoloa, laajuutta ja vaikutuksia sekä etenemistä ja näiden perusteella päätellään teknisesti soveltuvat korjausvaihtoehdot. Pelkästään kuntotutkimuksen perusteella korjauksia ei voida toteuttaa, vaan kuntotutkimusta tulee aina seurata huolellinen korjaussuunnittelu.

Lopulliset korjaustoimet toteutetaan aina betonirakenteiden korjauksiin erikoistuneen rakennesuunnittelijan tekemien suunnitelmien pohjalta. Ulkonäköä muuttavissa korjauksissa tarvitaan lisäksi pätevää arkkitehtisuunnittelua.

Kuntotutkimuksen perusteella korjauksen kustannukset voidaan arvioida vain karkealla tasolla. Korjaushankkeen budjetointi ja tarkempi määrälaskenta ovat osa hankesuunnittelua. Kustannusarviot pitävät sisällään työ- ja materiaalikustannukset, mutta rakennuttamisen ja työmaanjohton kustannuksia ei ole arviossa mukana. Lopullisiin kustannuksiin vaikuttavat monet eri tekijät, mm. valittu korjausmenetelmä ja sen perusteellisuus (valittu varmuustaso), liittyvät korjaukset sekä suhdannevaihtelut.

Kuntotutkimusraportissa esitettyjä kustannusarvioita tulisi käyttää ainoastaan vertailtaessa eri korjausmenetelmävaihtoehtoja toisiinsa.

Esitettyjen korjausten alustavat kustannukset on arvioitu seuraavasti:

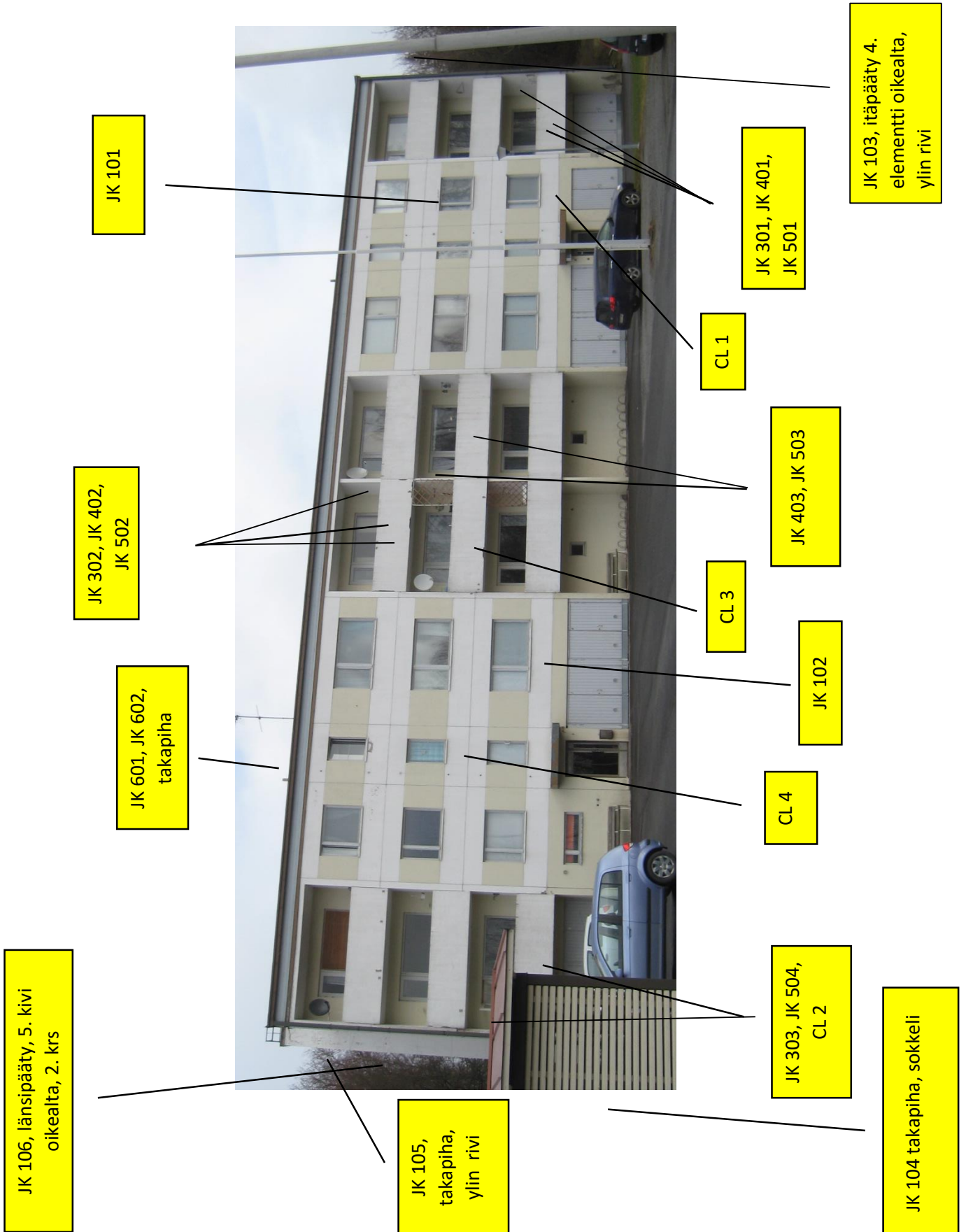
Julkisivurakenteiden kevyt pinnoituskorjaus	80 000 €
Julkisivurakenteiden eristerappaus	145 000 €
Parvekkeiden korjaus (kaiteet, laatat, pielet)	24 000 €
Parvekkeiden lasitus	18 000 €
Ikkunoiden kevyt kunnostus sis. vesipeltien uusimisen	17 000 €
Ikkunoiden uusiminen	57 000 €

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

Osuusasunnot Oy, kuntotutkimus

LIITE 1. PAIKANNUSKUVA



INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 2, BETONIPEITEMITTAUKSET JA KORROOSIOTILAN LASKENNALLINEN ANALYYSI
OSUUSASUNNOT Oy

Julkisivuelementti, ruutu

syvyysalue (mm)	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	yli 35
raudoitteet, kpl alueella	0	0	0	2	3	18	19	64
raudoitteiden %-osuus	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,89 %	2,83 %	16,98 %	17,92 %	60,38 %
kumulatiivinen %-osuus	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,89 %	4,72 %	21,70 %	39,62 %	100,00 %
karb. havainnot, kpl alueella	0	2	2	1	0	0	1	0
karb. havainnot, %-osuus	0,00 %	33,33 %	33,33 %	16,67 %	0,00 %	0,00 %	16,67 %	0,00 %
kumulat. vähenevä osuus	100,00 %	66,67 %	33,33 %	16,67 %	16,67 %	16,67 %	0,00 %	0,00 %
korroosion osuus	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,47 %	0,47 %	2,83 %	1,49 %	0,00 %
kumulatiivinen %-osuus	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,47 %	0,94 %	3,77 %	5,27 %	5,27 %

Julkisivuelementti, umpi

syvyysalue (mm)	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	yli 35
raudoitteet, kpl alueella	0	0	1	3	10	19	18	86
raudoitteiden %-osuus	0,00 %	0,00 %	0,73 %	2,19 %	7,30 %	13,87 %	13,14 %	62,77 %
kumulatiivinen %-osuus	0,00 %	0,00 %	0,73 %	2,92 %	10,22 %	24,09 %	37,23 %	100,00 %
karb. havainnot, kpl alueella	0	2	2	1	0	0	1	0
karb. havainnot, %-osuus	0,00 %	33,33 %	33,33 %	16,67 %	0,00 %	0,00 %	16,67 %	0,00 %
kumulat. vähenevä osuus	100,00 %	66,67 %	33,33 %	16,67 %	16,67 %	16,67 %	0,00 %	0,00 %
korroosion osuus	0,00 %	0,00 %	0,36 %	0,55 %	1,22 %	2,31 %	1,09 %	0,00 %
kumulatiivinen %-osuus	0,00 %	0,00 %	0,36 %	0,91 %	2,13 %	4,44 %	5,54 %	5,54 %

Parvekekaide, sisäpinta

syvyysalue (mm)	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	yli 35
raudoitteet, kpl alueella	0	0	5	18	13	6	6	8
raudoitteiden %-osuus	0,00 %	0,00 %	8,93 %	32,14 %	23,21 %	10,71 %	10,71 %	14,29 %
kumulatiivinen %-osuus	0,00 %	0,00 %	8,93 %	41,07 %	64,29 %	75,00 %	85,71 %	100,00 %
karb. havainnot, kpl alueella	0	0	2	2	0	0	0	0
karb. havainnot, %-osuus	0,00 %	0,00 %	50,00 %	50,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
kumulat. vähenevä osuus	100,00 %	100,00 %	50,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
korroosion osuus	0,00 %	0,00 %	6,70 %	8,04 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
kumulatiivinen %-osuus	0,00 %	0,00 %	6,70 %	14,73 %	14,73 %	14,73 %	14,73 %	14,73 %

Parvekelaatta, alapinta

syvyysalue (mm)	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	yli 35
raudoitteet, kpl alueella	2	6	5	9	7	5	1	2
raudoitteiden %-osuus	5,41 %	16,22 %	13,51 %	24,32 %	18,92 %	13,51 %	2,70 %	5,41 %
kumulatiivinen %-osuus	5,41 %	21,62 %	35,14 %	59,46 %	78,38 %	91,89 %	94,59 %	100,00 %
karb. havainnot, kpl alueella	0	0	3	0	0	1	0	0
karb. havainnot, %-osuus	0,00 %	0,00 %	75,00 %	0,00 %	0,00 %	25,00 %	0,00 %	0,00 %
kumulat. vähenevä osuus	100,00 %	100,00 %	25,00 %	25,00 %	25,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
korroosion osuus	5,41 %	16,22 %	8,45 %	6,08 %	4,73 %	1,69 %	0,00 %	0,00 %
kumulatiivinen %-osuus	5,41 %	21,62 %	30,07 %	36,15 %	40,88 %	42,57 %	42,57 %	42,57 %

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 3, BETONINÄYTTEISTÄ TEHDYT HAVAINNOT OSUUSASUNNOT OY

tunnus	näytteen pituus	pintakerros	betonin tiivistyminen	max. runkoaine	max. karb. ulko- / alapinta	ka. karb. ulko- / alapinta	karb. kerroin (keskiarvon mukaan)	max. karb. sisä- / yläpinta	ka. karb. sisä- / yläpinta	karb. kerroin (keskiarvon mukaan)	lämmöneristeen paksuus
JK101	54 mm	-	4	10 mm	11 mm	6 mm	0,88 mm ³ /va	0 mm	0 mm	0,00 mm ³ /va	80 mm
JK102	56 mm	-	3	14 mm	32 mm	31 mm	4,57 mm ³ /va	14 mm	10 mm	1,47 mm ³ /va	78 mm
JK103	59 mm	-	4	15 mm	16 mm	9 mm	1,33 mm ³ /va	0 mm	0 mm	0,00 mm ³ /va	80 mm
JK104	56 mm	-	3	14 mm	23 mm	13 mm	1,92 mm ³ /va	19 mm	11 mm	1,62 mm ³ /va	76 mm
JK105	59 mm	-	3	15 mm	22 mm	19 mm	2,80 mm ³ /va	0 mm	0 mm	0,00 mm ³ /va	78 mm
JK106	44 mm	-	3	14 mm	20 mm	10 mm	1,47 mm ³ /va	0 mm	0 mm	0,00 mm ³ /va	77 mm
	55 mm			21 mm		15 mm	2,16 mm ³ /va	6 mm	4 mm	0,52 mm ³ /va	78 mm
	keskiarvot:										
JK 301	180 mm	24	4	41 mm	18 mm	13 mm	1,92 mm ³ /va	9 mm	6 mm	0,88 mm ³ /va	-
JK 302	225 mm	73	3	32 mm	26 mm	14 mm	2,06 mm ³ /va	21 mm	20 mm	2,95 mm ³ /va	-
JK 303	220 mm	33	3	30 mm	32 mm	26 mm	3,83 mm ³ /va	16 mm	9 mm	1,33 mm ³ /va	-
	212 mm			25 mm		18 mm	2,60 mm ³ /va	15 mm	12 mm	1,72 mm ³ /va	
	keskiarvot:										
JK401	105 mm	-	2	11 mm	20 mm	10 mm	1,47 mm ³ /va	29 mm	19 mm	2,80 mm ³ /va	-
JK402	100 mm	-	3	12 mm	19 mm	15 mm	2,21 mm ³ /va	23 mm	15 mm	2,21 mm ³ /va	-
JK403	100 mm	-	3	11 mm	17 mm	9 mm	1,33 mm ³ /va	20 mm	13 mm	1,92 mm ³ /va	-
	102 mm			19 mm		11 mm	1,67 mm ³ /va	24 mm	16 mm	2,31 mm ³ /va	
	keskiarvot:										
JK501	115 mm	-	3	27 mm	0 mm	0 mm	0,00 mm ³ /va	36 mm	29 mm	4,28 mm ³ /va	70 mm
JK502	150 mm	-	3	25 mm	35 mm	27 mm	3,98 mm ³ /va	36 mm	28 mm	4,13 mm ³ /va	-
JK503	151 mm	-	3	30 mm	33 mm	28 mm	4,13 mm ³ /va	38 mm	26 mm	3,83 mm ³ /va	-
JK504	124 mm	-	3	24 mm	0 mm	0 mm	0,00 mm ³ /va	17 mm	13 mm	1,92 mm ³ /va	70 mm
	135 mm			17 mm		14 mm	2,03 mm ³ /va	32 mm	24 mm	3,54 mm ³ /va	
	keskiarvot:										
JK601	80 mm	-	3	14 mm	24 mm	16 mm	2,36 mm ³ /va	23 mm	11 mm	1,62 mm ³ /va	-
JK602	238 mm	65	3	30 mm	19 mm	11 mm	1,62 mm ³ /va	22 mm	7 mm	1,03 mm ³ /va	-
	159 mm			22 mm		14 mm	1,99 mm ³ /va	23 mm	9 mm	1,33 mm ³ /va	
	keskiarvot:										
	Muut havainnot näytteistä,										
	Näytteessä JK 101 on ø 4 mm teräs 8 mm näytteen sisäpinnasta karbonatsoitumattomassa betonissa, ulkopinnassa pieni halkeama, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 102 on ø 3 mm teräs 7 mm näytteen sisäpinnasta karbonatsoitumisrintamassa, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 103 on 2 kpl ø 3 mm teräksiä karbonatsoitumattomassa betonissa min. 18 mm sisäpinnasta, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 105 on 2 kpl ø 3 mm teräksiä karbonatsoitumattomassa betonissa, alvan betonin sisäpinnassa, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 106 on ø 4 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa 4 mm betonin sisäpinnasta, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 302 on ø 10 mm teräs karbonatsoitumisrintamassa 21 mm betonin alapinnasta, ei ruostetta. Pintalaatan tiivistys on kantavaa laattaa heikompi.										
	Näytteessä JK 401 on ø 10 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa min. 10 mm betonin alapinnasta, ruostetta.										
	Näytteessä JK 401 on ø 8 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa 29 mm betonin sisäpinnasta, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 501 on ø 6 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa 30 mm betonin sisäpinnasta, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 504 on ø 12 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa 50 mm betonin sisäpinnasta, ei ruostetta										
	Näytteessä JK 601 on ø 10 mm teräs karbonatsoitumattomassa betonissa 28 mm ulkopinnasta, ei ruostetta										
	Näytteen JK 602 pintalaatan tiivistys on kantavaa laattaa heikompi.										

**NÄYTTEIDEN KLORIDIPITOISUUDET**

Kohde: Jaatsinkatu 13, 38210 Sastamala
valm. vuosi: -

Tilaaja: Mikko Moisio
Renovatek Oy
pvm: 16.2.2016
Tutkijat: AL

näytteen tunnus	jauhattua näytettä [mg]	vettä [l]	analysaattorin lukema [mg/l]	Cl p-% betonista [p-%]	HUOM!
CL 1, julkisivu	5000	0,05	9,0	0,009	
CL 2, parvekelaatta	5000	0,05	8,0	0,008	
CL 3, parvekekaide	5000	0,05	9,0	0,009	
CL 4, julkisivu	5000	0,05	42,0	0,042	

**BETONINÄYTTEIDEN VETOLUJUUS**

Kohde : Jaatsinkatu 13, 38210 Sastamala
Valm. vuosi :

Tilaja : Mikko Moisio
Renovatek Oy
pvm : 16.2.2016
Tutkijat : AL

Koekappaleen halkaisija **55 mm**
pinta-ala **2376 mm²**

Näytteen tunnus	Rakennetyyppi	Murtovoima [N]	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta / murtumistapa
JK 102	Julkisivuelementti	8308,0	3,50	30 - 35 mm / runkoainesta myötäilevä
JK 103	Julkisivuelementti	5613,0	2,36	25 - 35 mm / osittain runkoainesta rikkova
JK 104	Julkisivuelementti	1718,0	0,72	20 - 30 mm / runkoainesta myötäilevä
JK 106	Julkisivuelementti	7080,0	2,98	30 - 35 mm / osittain runkoainesta rikkova
JK 302	Parvekelaatta	3933,0	1,66	25 - 35 mm / runkoainesta myötäilevä / murto tasausvalun puolelta (tasausvalu n. 70 mm)
JK 303	Parvekelaatta	2045,0	0,86	35 mm / runkoainesta myötäilevä / murtokohta tasausvalun ja taustabetonin rajalta / murtokohdassa nähtävissä sementin erottumista valun yhteydessä
JK 401	Parvekekaide	6336,0	2,67	25 - 30 mm (ulkopinta) / runkoainesta myötäilevä
JK 402	Parvekekaide	6386,0	2,69	25 - 35 mm (ulkopinta) / runkoainesta myötäilevä
JK 601	Tuuletusparvekekaide	7296,0	3,07	50 - 55 mm (ulkopinta) / osittain runkoainesta rikkova
JK 501	Parvekepieli	3038,0	1,28	60 - 75 mm / runkoainesta myötäilevä
JK 502	Parvekepieli	4166,0	1,75	40 - 50 mm / runkoainesta myötäilevä
JK 503	Parvekepieli	5073,0	2,14	55 - 65 mm / runkoainesta myötäilevä

**BETONINÄYTTEIDEN VETOLUJUUS (UUSINTA)**

Kohde : Jaatsinkatu 13, 38210 Sastamala
Valm. vuosi :

Tilaaaja : Mikko Moisio
Renovatek Oy
pvm : 19.2.2016
Tutkijat : AL

Koekappaleen halkaisija
pinta-ala

55 mm
2376 mm²

Näytteen tunnus	Rakennetyyppi	Murtovoima [N]	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta / murtumistapa
JK 104 ulkopinta (uusinta)	Julkisivu	5150,0	2,17	10 - 15 mm / osittain runkoainesta rikkova
JK 104 sisäpinta (uusinta)	Julkisivu	3263,0	1,37	33 - 36 mm / runkainesta myötäilevä
JK 303 tasoite (uusinta)	Parvekelaatta	4968,0	2,09	25 - 30 mm / runkoainesta myötäilevä
JK 303 taustabetoni (uusista)	Parvekelaatta	3216,0	1,35	100 -115 mm / runkoainesta myötäilevä
JK 501 (uusinta)	Parvekepieli	3348,0	1,41	45 - 55 mm / runkainesta myötäilevä

WSP Finland Oy
Laboratoriopalvelut
Heikkiläntie 7
00210 HELSINKI
Puh. 0207 864 12
Fax 0207 864 800



Renovatek Oy
Mikko Moisio
c/o TTY
PL 527
33101 TAMPERE



Analyysi:		
OHUTHIEANALYYSI		
Kohde:	Saapumispäivämäärä:	Raportointipäivämäärä:
Jaatsinkatu	15.2.2016	07.03.2016
Näytetunnukset:	Näytemateriaali:	Laboratorion työnumero:
JK 101, JK 105, JK 301, JK 602, JK 403 ja JK 504	betoni	11037

Tutkimukset

Näytteet on tutkinut Pirkko Kekäläinen, WSP Finland Oy. Tutkimuksen tarkoitus on todeta näytemateriaalin laatu ja kunto. Tutkimus suoritettiin kuudesta poralieriöstä. Näytteet on otettu 3.2.2016 (Mikko Moisio, Renovatek Oy).

Näytteiden yleispiirteiden tarkastelu suoritettiin ensin Olympus SZ3060 stereomikroskoopilla, minkä jälkeen ohuthieet tutkittiin Olympus BX60 polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimusta varten näytteistä valmistettiin ohuthieet (paksuus 0,020-0,025 mm), ohuthienäytteet valmisti Riku Inkiläinen, WSP Finland Oy. Ohuthieet on valmistettu asiakkaan pyynnön mukaisesti ulkopinnasta. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

Ohuthieanalyysi on akkreditoitu menetelmä. Analyysi tehdään soveltaen standardia ASTM C856-14.

Analyyshavainnot

Seuraavilla sivuilla 2-5 on dokumentoitu julkisivuelementtien näytteistä, sivuilla 6-13 parvekerakenteiden näytteistä tehdyt analyyshavainnot.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, julkisivuelementti	Työnumero	11037
Näytetunnus	JK 101	Mitat	Ø 56 mm, pituus 52 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	4-11/6 mm	Sisäpinta	0-2/0,5 mm
-----------	-----------	-----------	------------

Materiaali

Betoni

Kiviaines Raemuodoltaan vaihtelevia liuske-, gneissi- ja granitoidikappaleita. Raekoko Ø < 12 mm.

Sideaines Melko vaaleaa, tiivistä ja sileää.

Tiivistyminen Keskinertainen. Tiivistyshuokosten koko on < 3 mm.

Säröt/vauriot Pinnan vastaista säröilyä, joka ulottuu vähintään 6-9 mm syvyydelle. Pinnan myötäistä säröilyä n. 32 mm syvyydelle.

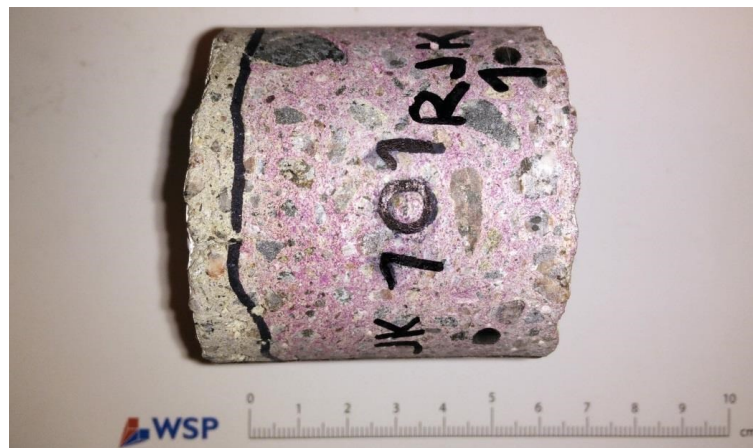
Pinnat

Ulkopinta Valkoinen maalipinnoite rypyläisellä betonipinnalla, kulunut harjannekohtista. Pinnalla on yksi lieriötä halkaiseva silminnähtävä särö, joka on paikoin epäjatkuva ja myötäilee kiviainesta.

Sisäpinta Sementtiliima ja jäänteitä eriste villasta

Teräkset 39 mm ulkopinnasta Ø 4 mm.

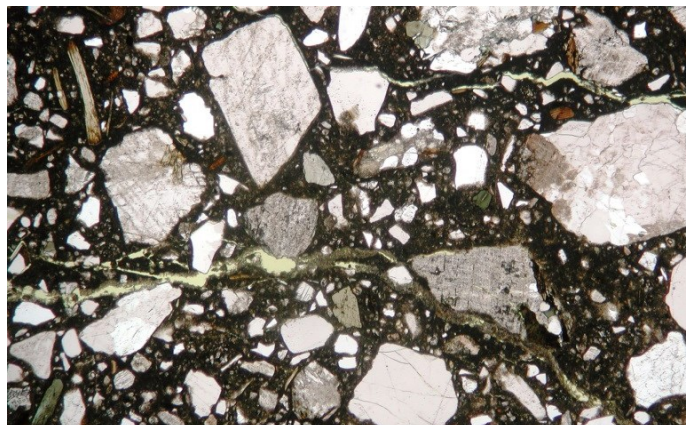
Muita huomioita Näyte on porattu rakenteen läpi.



Kuva 1. Näyte JK 101. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	JK 101	Työnumero	11037
Ohuthie	RJK1	Ohuthieen koko	45x28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines	Hieman pyöristyneitä granitoidi-, myloniitti- ja hiekkakivikappaleita. Paikoin säröilyä, hiekkakivissä huokoisuutta ja granitoidien maasälvissä serisiittyymistä. Myloniiteissa ja hiekkakivissä on kohtalaisesti mikro/kryptokiteistä piitä.				
Hieno kiviaines	Hieman pyöristyneitä liuske- granitoidi- ja myloniittikappaleita sekä pienempiä kulmikkaita mineraalirakeita. Paikoin säröilyä.				
Sideaines	Tasalaatuista, karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena masuunikuonaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea.				
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia, melko tasaisesti jakautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä karbonatisoituminen ulottuu melko tasaisesti n. 13 mm syvyydelle ulkopinnasta. 5 mm vyöhykkeen etureunasta on pääosin epätäydellisesti karbonisoitunutta ja voimakkaampaa säröjen reunoilla.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, mutta paikoin rapautumisen aiheuttaman säröilyn heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on melko vähän. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 1,5$ mm) on vähän ja ne ovat muodoltaan lähes pallomaisia.				
Säröt, pinta	Voimakas pinnanvastainen särö, joka ulottuu 9 mm syvyydelle. Särö on leveimmillään ulkopinnalla 0,3 mm ja kapenee sisäpintaa kohti. Ulkopinnassa on painauma särön ympärillä. Särön reunat eivät ole täysin toistensa kopiot ja särö myötäilee kiviainesta. Säröön on valahtanut pinnoitemateriaalia. Sideaines särön reunoilla on karbonatisoitunut. Ei leikkaa pinnan suuntaista säröilyä.				
Säröt, sisäosa	Noin 5 mm syvyydeltä läpi näytteen on nähtävissä pinnan suuntaista säröilyä, joka pääosin myötäilee kiviainesta ja ulottuu maksimissaan läpi näytteen.. Säröjen etäisyys toisistaan on tiheimmillään 0,5-1,0 mm ja se harvenee sisäpintaa kohti. Voimakkaimmat säröt ovat 0,2 mm leveitä ja kapeimmat ovat mikrosäröjä. Paikoin säröjä yhdistävät hennommat pinnan vastaiset haarat. Säröissä on melko runsaita ettringiittikiteytymiä.				
Kiteytymät	Runsaita neulasmaista ettringiittiä. Suojahuokokset paikoin umpeutuneet.				
AKR (silikageeli)	Yksittäisiä reagoineita myloniittikappaleita.				
Muita huomioita	Ulkopinnalla on kolme erilaista pinnoitekerrosta. Pinnalla < 0,4 mm paksu, arviolta orgaaninen, mikrokuitupitoinen maali. Sitten 0-0,4 mm paksu sementtilaasti, jossa on lentotuhkaa, kalkkikivifillieriä ja arviolta orgaanisia lisäaineita sekä runsas suojahuokostus. Laastin alla on paikoin nelikerroksinen maalipinnoite, joka arviolta on koostumukseltaan silikaattimaali. Tartunnat ovat pääosin hyvät.				



Kuva 2. Näyte JK 101, pinnan suuntaista säröilyä. Kuvattu tasopolaroidussa valossa. Kuvan pitempi sivu n. 3,6 mm.

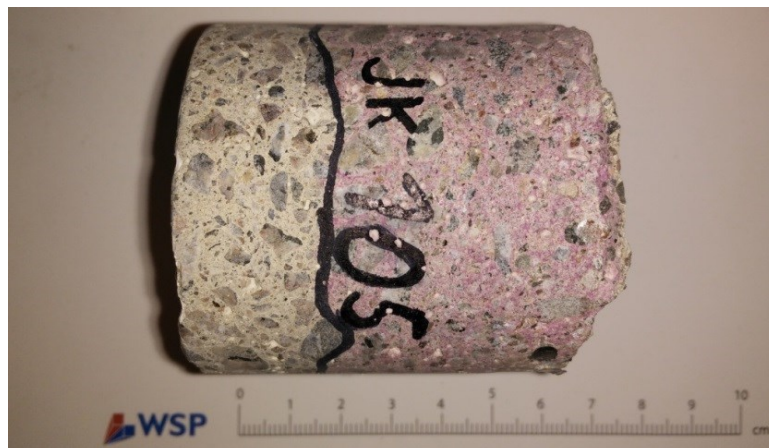
YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, julkisivuelementti	Työnumero	11037
Näytetunnus	JK 105	Mitat	Ø 56 mm, pituus 60 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	11-19/16 mm	Sisäpinta	0-8/2 mm
Materiaali	Betoni		
Kiviaines	Raemuodoltaan vaihtelevia liuske-, gneissi- ja granitoidikappaleita. Raekoko Ø < 7 mm.		
Sideaines	Melko vaaleaa, tiivistä ja sileää.		
Tiivistyminen	Huono. Tiivistyshuokosten koko on < 3 mm.		
Säröt/vauriot	-		
Pinnat			
Ulkopinta	Valkoinen maalipinnoite rypyläisellä betonipinnalla, kulunut harjannekohtista. Yksittäin kookkaita pintahuokosia.		
Sisäpinta	Sementtiliima ja jäänteitä eristevillasta		
Teräkset	1 mm ja 3 mm sisäpinnasta Ø 4 mm. Karbonatisoituminen on saavuttanut teräsvyvyyden, lähempänä sisäpintaa olevassa teräksessä on vähäistä pintaruostetta.		

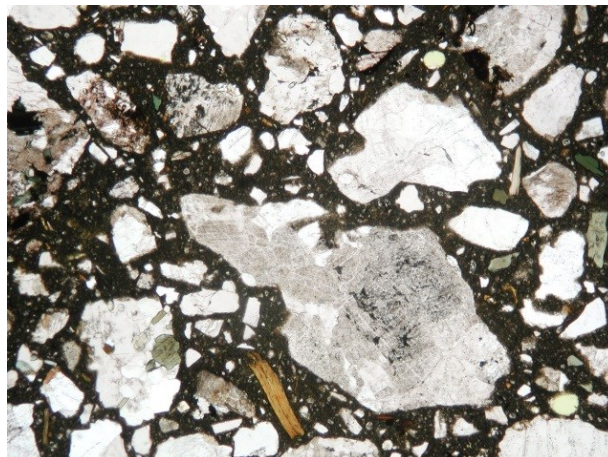
Muita huomioita Näyte on porattu rakenteen läpi.



Kuva 3. Näyte JK 105. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	JK 105	Työnumero	11037
Ohuthie	RJK2	Ohuthieen koko	45x28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines	Hieman pyöristyneitä granitoidi- ja liuskekappaleita. Yksittäisissä kappaleissa vähäistä, osin sideaineksen täyttämää säröilyä.				
Hieno kiviaines	Kulmikkaita granitoidi-, liuske- ja myloniittikappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita. Yksittäisissä kappaleissa vähäistä, osin sideaineksen täyttämää säröilyä.				
Sideaines	Tasalaatuista ja tiivistä, karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena maasuonikuonaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste normaali.				
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia, melko tasaisesti sideaineeseen jakautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä karbonatisoituminen ulottuu keskimäärin 16 mm, maksimissaan 20 mm syvyydelle ulkopinnasta.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 1,75 mm) on kohtalaisesti, muodoltaan ne ovat melko säännöllisiä, pyöristyneitä.				
Säröt, pinta	Ei merkittävää säröilyä.				
Säröt, sisäosa	Ei merkittävää säröilyä.				
Kiteytymät	Huokosissa on paikoin kalsiumhydroksidikiteytymiä ja yksittäiset suojahuokokset ovat umpeutuneet kiteytymistä.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	Ulkopinnalla on ehjä, < 0,4 mm paksu maalipinnoite, joka on koostumukseltaan arviolta orgaaninen. Pinnoitteen tartunta betoniin on hyvä ja tiivis.				



Kuva 4. Näyte JK 105, betonin mikrorakennetta. Kuvattu tasopolaroidussa valossa. Kuvan pitempi sivu n. 3,6 mm.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, parvekelaatta	Työnumero	11037
Näytetunnus	JK 301	Mitat	Ø 56 mm, pituus 180 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Alapinta	3-5/4 mm	Yläpinta	2-18/5 mm
----------	----------	----------	-----------

Materiaali

Betoni.

Kiviaines Pääosin pyörityneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja vaaleita liuske/gneissikappaleita. Raekoko kantava laatta Ø < 24 mm, pintavalu Ø 7 mm.

Sideaines Hyvin vaaleaa harmaata, tiivistä, mutta hieman jauhoavaa.

Tiivistyminen Keskinertainen. Tiivistyshuokosten koko < 3 mm.

Säröt/vauriot -

Pinnat

Alapinta Valkoinen ehjä maalipinnoite tasaisella betonipinnalla, jossa on melko runsaasti pieniä pintahuokosia.

Yläpinta Likaisen harmaa mattapintainen pinnoite n. 1 mm ja pintavalu n. 22 mm.

Teräkset

Ei havaittu.

Muita huomioita Näyte on porattu rakenteen läpi. Pintavalun ja kantavan laatan tartunta on tiivis.

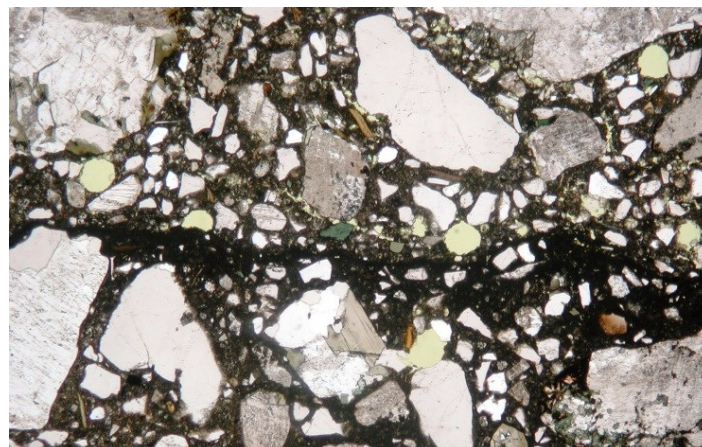
Ohuthie valmistettu pintavalun ja kantavan laatan tartunnasta.



Kuva 5. Näyte JK 301. Alapinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	JK 301	Työnumero	11037
Ohuthie	RJK3	Ohuthieen koko	45x28 mm	Tutkimuskohta	20-65 mm yp
<i>Kantava laatta</i>					
Karkea kiviaines	Hieman pyörityneitä granitoidi- ja liuskekappaleita.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita granitoidi-, liuske- ja myloniittikappaleita.				
Sideaines	Tasalaatuista ja tiivistä karkearakeista portlandsementtiä, jossa on seosaineena masuunikuonaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste normaali.				
Kalsiumhydroksidi	Hieno-keskirakeisia, melko tasaisesti sideaineeseen jakautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä kantavan laatan yläpinnalla keskimäärin 1 mm, maksimissaan 2,5 mm.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, mutta paikoin kapeiden, osin kalsiumhydroksiditäytteisten tartuntasäröjen heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 1,25 mm) on vähän, muodoltaan ne ovat melko säännöllisiä, pyörityneitä.				
Säröt, pinta	6-10 mm välein mikrosäröjä, jotka myötäilevät kiviainesta ja ulottuvat n. 3 mm syvyydelle.				
Säröt, sisäosa	Ei merkittävää säröilyä.				
Kiteytymät	Huokosissa on paikoin vähäisiä kalsiumhydroksidi kiteytymiä. Yksittäiset suoja-huokokset ovat umpeutuneet kiteytymistä.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	Ohuthieen yläpinnalla on n. 5 mm pintavalua. Betoni on kantavan laatan kanssa muuten samankaltaista, mutta huokoisempaa. Pieniä epäsäännöllisen muotoisia huokosia on runsaasti. Tartunta on hyvä ja tiivis (Kuva 6).				



Kuva 6. Näyte JK 301, pintavalun ja kantavan laatan tartunta. Kuvattu tasopolaroidussa valossa. Pitempi sivu n. 3,6 mm.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, tuuletusparvekelaatta	Työnumero	11037
Näytetunnus	JK 602	Mitat	Ø 56 mm, pituus 237 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Alapinta	2-17/12 mm	Yläpinta	3-6/5 mm
----------	------------	----------	----------

Materiaali Betoni.

Kiviaines Pääosin pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja liuskekappaleita. Raekoko kantavassa laatussa $\text{Ø} < 22$ mm, pintavalussa $\text{Ø} < 7$ mm.

Sideaines Hyvin vaaleaa harmaata, tiivistä, mutta hieman jauhoavaa.

Tiivistyminen Kantavassa laatussa hyvä, pintavalussa huono. Tiivistyshuokosten koko $\text{Ø} < 5$ mm.

Säröt/vauriot -

Pinnat

Alapinta Valkoinen maalipinnoite harjatulla, tms. käsitellyllä betonipinnalla, jossa on kohtalaisesti pieniä pintahuokosia.

Yläpinta Lohkeillut, likaisen harmaa pinnoite n. 1 mm ja pintavalu n. 65 mm.

Teräkset Ei havaittu.

Muita huomioita Näyte on porattu läpi rakenteen. Pintavalu on irti kantavasta laatasta.

Ohuthie valmistettu pintavalun ja kantavan laatan tartunnasta.

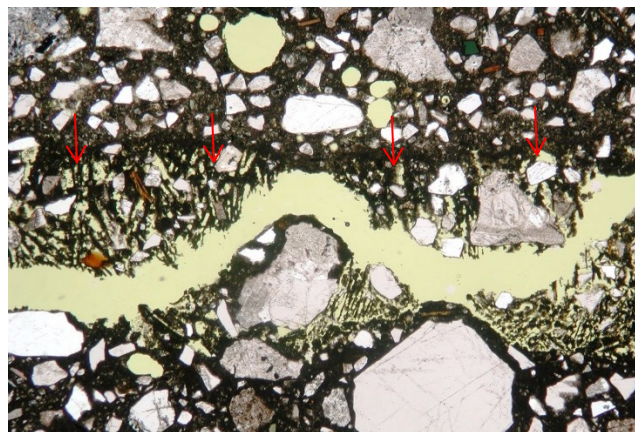


Kuva 7. Näyte 6. Yläpinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	JK 602	Työnumero	11037
Ohuthie	RJK4	Ohuthieen koko	45x28 mm	Tutkimuskohta	60-105 mm yp

Karkea kiviaines	Hieman pyöristyneitä granitoidi- ja liuskekappaleita. Granitoidit ovat breksioitu-neita.
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidi- ja liuskekappaleita sekä kulmikkaita pienempiä mineraalirakeita.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on seosaineena masuunikuonaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri ei ole täysin tasainen, paikoin havaittiin huokoisempia alueita.
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia, paikoin runsaita kiteytymiä, jotka ovat jakautuneet melko tasaisesti sideaineeseen.
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin 1 mm, maksimissaan 2,5 mm kantavan laatan yläpinnasta.
Kivi- ja sideaineoksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, mutta paikoin kapeiden tartuntasäröjen tai kiviaineoksen pinnalla olevan mikrohuokoisemman sideaineoksen heikentämät.
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 1,1$ mm) on kohtalaisesti, mutta ne ovat pääosin pieniä. Muodoltaan tiivistyshuokokset ovat joko hyvin pieniä ja repaleisia tai suurempia litistyneitä palloja.
Säröt, pinta	Kantavan laatan yläpinnalla on $< 1,0$ mm kerros, jossa on hyvin tiheää säröilyä. Särökimput ovat vieri vieressä ja säteittäisesti suuntautuneita pääosin pinnan vastaisesti. Säröily myötäilee kiviainesta. Säröjen leveys on $< 0,07$ mm ja pituus $< 0,6$ mm. Säröjen reunat ovat rosoiset. Näytelieriö on katkennut säröilyttä vyöhykettä pitkin. (Kuva 8)
Säröt, sisäosa	Ei merkittävää säröilyä.
Kiteytymät	Ei merkittäviä sekundaarisia kiteytymiä.
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.
Muita huomioita	Ohuthienäytteen yläreunassa on n. 5 mm kerros pintavalua. Koostumukseltaan se on kantavan laatan kaltainen, mutta kiviaineoksen raekoko on pienempi ja suoja-huokosten määrä suurempi. Varsinainen kerrosten tartunta olisi hyvä ja tiivis, mutta betonin yläpinnan säröillyt kerros tekee tartunnasta käytännössä hauraan. (Kuva 8)



Kuva 8. Näyte JK 602, pintavalun ja kantavan laatan tartunta (nuolet) sekä kantavan valun jäätynyt kerros. Kuvattu tasopolaroidussa valossa. Kuvan pitempi sivu n. 3,6 mm.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, parvekekaide	Työnumero	11037
Näytetunnus	JK 403	Mitat	Ø 56 mm, pituus 81 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	7-18/8 mm	Sisäpinta	9-20/11 mm
-----------	-----------	-----------	------------

Materiaali

Betoni

Kiviaines Raemuodoltaan vaihtelevia granitoidi- ja liuskekappaleita. Raekoko Ø < 7 mm.

Sideaines Hyvin vaaleaa, hieman karheaa.

Tiivistyminen Erittäin huono. Tiivistyshuokosten koko on < 3,5 mm.

Säröt/vauriot -

Pinnat

Ulkopinta Valkoinen maalipinnoite rypyläisellä betonipinnalla, kulunut harjanteiden kohdalta.

Sisäpinta Valkoinen, ehjä maalipinnoite tasaisella betonipinnalla, jossa on kohtalaisesti pinta-huokosia.

Teräksset

Ei havaittu.

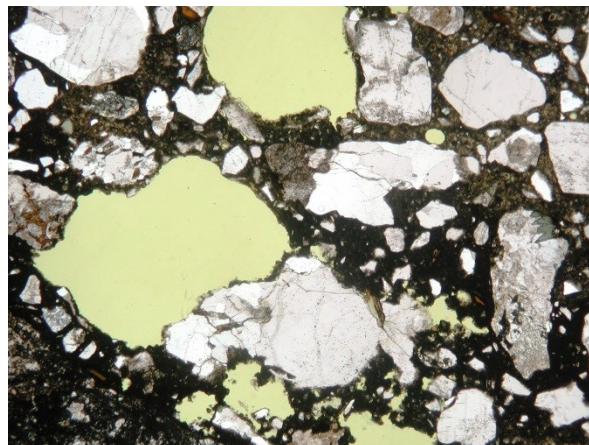
Muita huomioita Porattu rakenteen läpi.


Kuva 9. Näyte JK 403. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	JK 403	Työnumero	11037
Ohuthie	RJK5	Ohuthieen koko	45x28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta

Karkea kiviaines	Hieman pyörityneitä liuskekappaleita.
Hieno kiviaines	Hieman pyörityneitä tai hieman kulmikkaita granitoidi- ja liuskekappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita. Lisäksi harvalukuisempia huokoisia myloniitteja.
Sideaines	Tasalaatuista ja tiivistä karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena ma-suunikuonaa ja kalkkikivifillieriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste normaali.
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia, mutta tasaisesti jakautuneita kiteytymiä.
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä karbonatisoituminen ulottuu keskimäärin 10 mm, maksimissaan 13 mm syvyydelle ulkopinnasta.
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit.
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on keskimäärin kohtalaisesti, ne ovat hyvin epätasaisesti jakautuneita. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 3,5 mm) melko runsaasti ja n. 0-10 mm ulkopinnasta on muuta betonia huokoisempi (Kuva 10). Huokokset ovat muodoltaan pyörityneitä.
Säröt, pinta	Ei merkittävää säröilyä.
Säröt, sisäosa	Ei merkittävää säröilyä.
Kiteytymät	Huokosissa on vähäisiä ettringiittikiteytymiä.
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.
Muita huomioita	Ulkopinnalla on kaksi, paikoin kolme erilaista pinnoitetta. Uloimpana < 0,4 mm paksu, arviolta orgaaninen pinnoite, jossa on mikrokuituja. Sen alla 0-1,0 mm paksu sementtilaasti, joka on runsaasti suojahuukostettu. Laastissa on lentotuhkaa, kalkkikivifillieriä ja kalkkikivikappaleita (\varnothing < 1 mm) sekä mahdollisesti orgaanisia lisäaineita. Laastin alla on paikoin arviolta vanhempi kolmikerroksinen maalipinnoite, joka mahdollisesti on koostumukseltaan silikaattimaali. Kerrosten ovat pääosin hyvät.



Kuva 10. Näyte JK 403, huokoisuutta ulkopinnan läheisyydessä. Kuvattu tasopolaroidussa valossa. Pitempi sivu n. 3,6 mm.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, parvekepieli	Työnumero	11037
Näytetunnus	JK 504	Mitat	Ø 56 mm, pituus 125mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	14-19/15 mm	Sisäpinta	0-2/1mm
-----------	-------------	-----------	---------

Materiaali

Betoni

Kiviaines Hieman kulmikkaita liuske- ja granitoidikappaleita. Raekoko Ø < 19 mm.

Sideaines Melko vaaleaa, tiivistä ja sileää.

Tiivistyminen Keskinertainen. Tiivistyshuokosten koko on < 6 mm.

Säröt/vauriot 0-60 mm ulkopinnasta pinnan suuntaista säröilyä.

Pinnat

Ulkopinta Valkoinen, kulunut maalipinnoite epätasaisella betonipinnalla.

Sisäpinta Sementtiliima.

Teräkset 61 mm ulkopinnasta Ø 12 mm.

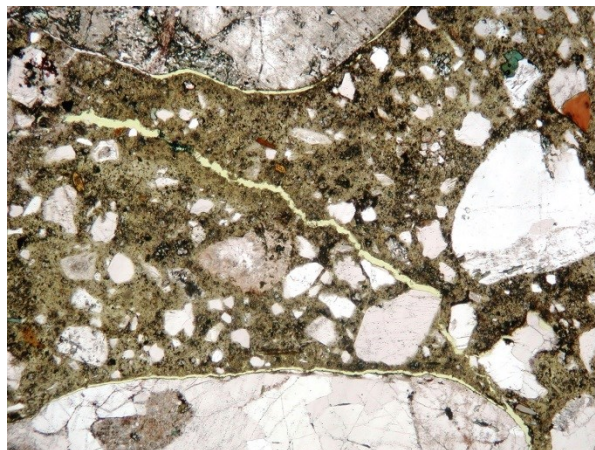
Muita huomioita Porattu rakenteen läpi.


Kuva 11. Näyte JK 504. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	JK 504	Työnumero	11037
Ohuthie	RJK6	Ohuthieen koko	45x28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta

Karkea kiviaines	Pyöristyneitä granitoidikappaleita, joissa on paikoin breksioitumista.
Hieno kiviaines	Pääosin hieman kulmikkaita liuske- granitoidi- ja myloniittikappaleita, yksittäisiä hiekkakiviä ja sertejä, sekä pienempiä mineraalirakeita.
Sideaines	Tasalaatuista, karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena masuunikuonaa ja kalkkikivifillieriä. Yksittäisiä lentotuhkapalleroita havaittiin, mutta ne vaikuttavat epäpuhtaudelta enemmän kuin tarkoitukselliselta lisäykseltä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Sideaineen rakenne on löyhä.
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia, melko tasaisesti jakautuneita kiteytymiä.
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä karbonatisoituminen ulottuu keskimäärin 12 mm, maksimissaan 20 mm syvyydelle alapinnasta.
Kivi- ja sideaineeksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, mutta paikoin säröilyn heikentämät.
Huokokset	Suojahuokosia (\emptyset 0,02-0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia (\emptyset < 2,5 mm) on kohtalaisesti, muodoltaan ne ovat vaihtelevia.
Säröt, pinta	Ei merkittävää säröilyä.
Säröt, sisäosa	Pinnan suuntaista säröilyä 9 mm syvyydeltä läpi näytteen. Säröjen leveys on < 0,25 mm ja ne ulottuvat poikki ohuthieen. Säröily myötäilee kiviainesta ja paikoin muodostaa kehiä kivien ympärille. Säröt haarautuvat paikoin viistosti pinnan vastaisiksi haaroiksi, jotka yhdistävät pinnan suuntaisia säröjä. Säröissä on paikoin ettringiittikiteytymiä. (Kuva 12)
Kiteytymät	Huokosissa ja säröissä on ettringiittikiteytymiä. Yksittäiset suojahuokokset ovat umpeutuneet kiteytymistä.
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.
Muita huomioita	Alapinnalla on < 0,55 mm paksu maalipinnoite, joka on koostumukseltaan arviolta orgaaninen ja siinä on mikrokuituja. Betonin pinta on epätasainen ja kiviaines on paljastunut. Osa paljastuneesta kiviaineksesta on säröillyt ja säröissä on maalia.



Kuva 12. Näyte JK 504, säröilyä. Kuvattu tasopolaroidussa valossa. Kuvan pitempi sivu n. 3,6 mm.

Tulokset

Taulukko 1. Tulosityhteenvedo. Näyttemateriaalin laatua ja kuntoa on kuvattu arviolla hyvä, tyydyttävä, välttävä tai heikko. Karbonatisoitumisesta on annettu ohuthieestä varmistettu tulos. Pakkaskestävyyttä on arvioitu huokosrakenteen perusteella vertaamalla tunnettuun näytteeseen, jonka huokosjako on 0,30. Rapautuneisuutta on kuvattu arviolla ei rapautumaa, orastavaa, vähäistä, kohtalaista tai voimakasta. Kaikkien arvioiden perustana on käytetty ohuthieanalyysistä saatuja tuloksia.

Näyte	Rakenneseosa/ pinta	Laatu	Kunto	Karbonati- soituminen [ka]	Pakkaskesto/ huokostäytteet	Rapautuneisuus
JK 101	Julkisivu/ ulkopinta	tyydyttävä	välttävä	13 mm	Ei/Paikoin umpeutuneet (ettringiitti)	kohtalaista
JK 105	Julkisivu/ ulkopinta	tyydyttävä	hyvä	16 mm	Ei/Yksittäin umpeutuneet (kalsiumhydroksidi)	ei rapautumaa
JK 301	Parvekelaatta/ kantavan laatan yläpinta	hyvä	hyvä	1 mm	Ei/Yksittäin umpeutuneet (kalsiumhydroksidi)	ei rapautumaa
JK 602	Parvekelaatta/ kantavan laatan yläpinta	tyydyttävä	tyydyttävä	1 mm	Ei/Ei haitallisia kiteytymiä	0-2 mm kantavan laatan yp: voimakasta muuten ei rapautumaa
JK 403	Parvekekaide/ ulkopinta	tyydyttävä	hyvä	10 mm	Ei/Vähän haitallisia kitey- tymiä (ettringiitti)	ei rapautumaa
JK 504	Parvekepieli/ ulkopinta	tyydyttävä	välttävä	12 mm	Ei/Yksittäin umpeutuneet (ettringiitti)	kohtalaista

Poraliierinäytteet ovat julkisivujen ja parvekerakenteiden betonista. Koostumukseltaan betoni on kaikissa näytteissä pääosin samankaltaista ja laadultaan pääosin epätäydellisestä tiivistymisestä johtuen tyydyttävää. Kunto ei ole riippuvaista rakenneseosasta ja betonit ovat hyväkuntoisia siellä, missä pakkasrapautuminen ei ole niitä hajottanut.

Betonin kiviaines on pääosin liuskeista ja graniitoideista koostuvaa soraa. Kiviaines on laadultaan normaalia sekä pääosin ehjää ja rapautumatonta. Paikoin kiviaineksen joukossa on kuitenkin vähän huonolaatuisempia rikkonaisia kappaleita tai mikro/kryptokiteistä piitä sisältäviä myloniitteja. Kivi- ja sideaineksen tartunnat ovat pääosin hyvät ja tiiviit, mutta paikoin epätäydellinen tiivistyminen näkyy myös tartuntojen heikentymisenä.

Sideaines on koostumukseltaan tasalaatuista karkearakeista portlandsementtiä, jossa on seosaineena maasuunikuonaa. Parvekekaiteen ja -pielen näytteissä havaittiin lisäksi myös kalkkikivifilleriä. Tuuletusparvekenäytteen sideaineksessa on epätasalaatuisuutta. Vastaava vesi/sementtisuhde on arviolta kaikissa näytteissä melko korkea. Karbonatisoituminen on keskimäärin kohtalaista altistuneilla pinnoilla ja parvekelaattojen yläpinnalla odotetusti hyvin vähäistä. Näyteliieröstä voitiin havaita, että karbonatisoituminen on julkisivunäytteen JK 105 sisäpinnalla (jota ei tutkittu ohuthieanalyysissä) saavuttanut teräsvyvyyden ja siten korroosiovaurioiden riski on olemassa.

Suojahuokostus on kaikissa betoneissa puutteellinen, eivätkä ne siten arviolta huokosrakenteensa perusteella ole pakkaskestäviä kosteusrasituksessa. Kosteusrasituksesta oli viitteitä näytteissä JK101 ja JK 504 runsaitten ettringiittikiteytymien muodossa. Edellä mainituissa näytteissä havaittiin myös koko ohuthieen läpi ulottuvaa säröilyä, joka on arviolta pakkasrapautumisen aiheuttamaa. Säröily arviolta vaikuttaa merkittävästi betonin lujuuteen.

Julkisivunäytteessä JK 101 havaittiin säröilyn yhteydessä yksittäisiä reagoineita myloniittikappaleita. Havainnot eivät viittaa siihen, että alkalikiviainesreaktio olisi säröilyn primääriaiheuttaja, mutta sitä mahdollisuutta ei voida täysin pois sulkea yhden näytteen perusteella.

Myös tuuletusparvekelataan kantavan laatan yläpinnalla on pakkasen aiheuttamaa säröilyä, joka kuitenkin on muista näytteistä poiketen syntynyt jo ennen betonin kovettumista. Säröily ei ulotu kuin muutaman millimetrin syvyydelle, ja sen merkittävin vaikutus on pintavalun ja kantavan laatan tartunnan haurastuminen.

Pinnoitekerroksia havaittiin kolmea eri tyyppiä. Niin julkisivujen kuin parvekerakenteiden ulkopinnalla on mikrokuitupitoinen, arviolta orgaaninen maalipinnoite. Näytteissä JK 101 ja 403 on lisäksi nähtävissä laastikerros sekä sen alla arviolta epäorgaanisia maalikerroksia, jotka vaikuttavat iältään muita pinnoitekerroksia vanhemmilta. Pinnoitteet ovat pääosin hyväkuntoisia ja tiiviisti tarttuneita.

Analyysin merkittävimmät havainnot ja johtopäätökset:

- betonit ovat koostumukseltaan pääosin samankaltaisia
- vastaava vesi/sementtisuhte on melko korkea ja tiivistyminen epätäydellistä
- näytteissä JK 101 ja 504 havaittiin rapautumisen aiheuttamaa säröilyä, jolla arviolta on merkittävä vaikutus betonin lujuuteen
- tuuletusparvekenäytteen kantavan laatan yläpinnassa betoni on jäänyt ennen kovettumista aiheuttamaan laatan yläpinnalle heikkousvyöhykkeen
- muilta kuin edellä mainituilta osin betonit ovat hyväkuntoisia

WSP Finland Oy



tekijä:
Pirkko Kekäläinen
tutkija, LuK
pirkko.kekalainen@wspgroup.fi



tarkastaja:
Miika Värtö
tutkija, FM

**SUOJAHUOKOSSUHTEN MÄÄRITYS BETONINÄYTTEISTÄ**

Kohde : Jaatsinkatu 13, 38210 Sastamala
Valm. vuosi :

Tilaaaja : Renovatek Oy
Mikko Moisio
pvm : 29.2.2016
Tutkijat : AL

Näytteen tunnus	rakennetyyppi	kuiva- paino [g]	tyhjö- paino [g]	kapill.- paino [g]	tyhjökyllästys- pitoisuus [p-%]	kapillaari- kyllästys- pitoisuus [p-%]	suojahuokos- suhde, Pr [-]
102	Julkisivu	90,85	97,37	96,34	7,2	6,0	0,16
106	Julkisivu	103,11	110,49	109,22	7,2	5,9	0,17
302	Parvekelaatta (tasaus)	97,93	107,80	106,04	10,1	8,3	0,18
302	Parvekelaatta (tausta)	561,79	594,72	591,02	5,9	5,2	0,11
303	Parvekelaatta (tausta)	360,51	380,75	379,44	5,6	5,3	0,06
401	Parvekekaide	224,48	243,05	240,52	8,3	7,1	0,14
402	Parvekekaide	190,07	205,43	203,88	8,1	7,3	0,10
502	Parvekepieli	466,95	498,89	497,01	6,8	6,4	0,06
503	Parvekepieli	419,12	447,87	446,44	6,9	6,5	0,05

WSP Finland Oy
Laboratoriopalvelut
Kiviharjunlenkki 1 D
90220 OULU
Puh. 0207 864 12
Fax 0207 864 800

01.03.2016

Renovatek Oy
Mikko Moisio

ASBESTIANALYYSI

Kohde Jaatsinkatu

Näytteenottopäivä 3.2.2016 (Mikko Moisio)

Analyysimenetelmä Tilaajan toimittamat näytteet on analysoitu polarisaatiomikroskoopilla (merkintä VM) ja läpäisyelektronimikroskoopilla (merkintä EM). Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.

Tulokset

Näyte nro	Otopaikka / materiaali	Menetelmä	Asbestipitoisuus/-laatu
JK 104	Julkisivuelementti, kellari, betoni, maali	EM	Ei sisällä asbestia.
JK 105	Julkisivuelementti, betoni, maali	EM	Ei sisällä asbestia.

WSP FINLAND OY

Miika Värttö
tutkija, FM