A-INSINÖÖRIT

Valkeakosken kirkko

Kirkkotie 1, Valkeakoski

Ulkorakenteiden kuntotutkimus

30.10.2023

Työnro 3223108.2

RI (AMK) Johanna Nummela

RI (AMK) Sami Hirvonen



Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin Valkeakosken kirkon julkisivujen, kellotornin, tukimuurien, vesikattojen ja ikkunoiden kuntoa. Kirkon ulkobetonirakenteet on tutkittu aikaisemmin vuonna 2017 ja nyt tehdyssä tutkimuksessa tarkasteltiin vauriotilanteen etenemistä. Tutkimuksen yhteydessä kirkon sisätiloihin on tehty myös kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, jonka tulokset on esitetty erillisessä raportissa.

Vuoden 2017 kuntotutkimuksen tuloksien perusteella voitiin aikaisemmin suositella ulkobetonirakenteille raskaampien korjausten lisäksi kevyempiä korjausvaihtoehtoja.

Nyt tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että kirkkosalin päätykolmioissa olevien klinkkeripintaisten kuorielementtien betoni on menettänyt merkittävästi raudoitteita suojaavia ominaisuuksiaan. Suuri osa raudoitteista on alttiina terästen ruostumiselle kosteusrasituksen yhteydessä. Lisäksi kyseisissä elementeissä havaittiin aikaisempaan verrattuna lisää putoamassa olevia klinkkerilaattoja sekä reuna-alueiden betonin kunnon heikentymää, joka heikentää vaurioitumisen edetessä elementtien kiinnitystä kantaviin rakenteisiin.

Maantason betonipintaisten julkisivujen, muurirakenteiden ja kellotornin betonit ovat päätykolmioita paremmassa kunnossa, mutta näiden rakenteiden pinnoitteiden vaurioituminen on edennyt merkittävästi. Klinkkeripintaisille elementeille esitetään uusimista ja muille ulkobetonirakenteille esitetään perusteellista pinnoitus- ja paikkauskorjausta. Kyseisessä korjauksessa betonipinnat hiekkapuhalletaan, betonivauriot korjataan ja pinnat uudelleen pinnoitettaan.

Kohteen ikkunarakenteet ja bitumikatteet ovat havaintojen mukaan käyttöikänsä lopussa. Näille esitettään uusimista. Kirkkosalin kuparikatteet ovat paremmassa kunnossa ja niiden käyttöikää on mahdollista jatkaa huoltokorjauksilla.

Valkeakosken kirkko

SISÄLLYSLUETTELO

1 Yleistiedot 5
1.1 Tutkimuskohde 5
1.2 Tilaaja 5
1.3 Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat 5
1.4 Kohteen yleiskuvaus 6
1.5 Kuntotutkimuksen sisältö 6
1.6 Tutkimuksen rajaus ja luotettavuus 7
1.7 Kohteen rakennusaikaiset määräykset 8

2 Tutkimustulokset 9
2.1 Julkisivut 9
2.1.1 Rakenteet suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella 9
2.1.1.1 Klinkkeripintaiset julkisivut 10
2.1.1.2 Betonipintaiset julkisivut 11
2.1.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu 12
2.1.3 Raudoituksen korroosio 13
2.1.4 Betonin pakkasrapautuminen 18
2.1.5 Saumat ja muodonmuutokset 23
2.1.6 Pinnoitteet ja pintamateriaalit 23
2.1.7 Kosteustekninen toiminta 24
2.1.8 Kiinnitykset, kannatukset ja sidonnat 25
2.2 Kellotorni 25
2.2.1 Rakenteet suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella 25
2.2.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu 26
2.2.3 Raudoituksen korroosio 27
2.2.4 Betonin pakkasrapautuminen 30
2.2.5 Saumat ja muodonmuutokset 32
2.2.6 Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintamateriaalit 32
2.3 Muurirakenteet 34
2.3.1 Rakenteet suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella 34
2.3.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu 35
2.3.3 Raudoituksen korroosio 35
2.3.4 Betonin pakkasrapautuminen 38

2.3.5 Saumat ja muodonmuutokset 41
2.3.6 Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintamateriaalit 42
2.4 Pihakansirakenteet 43
2.5 Kuparikatto 46
2.5.1 Rakenne tehtyjen havaintojen perusteella 47
2.5.2 Vesikatteen yleiskunto 48
2.5.3 Liittymät ja saumat 49
2.5.4 Tuuletus 51
2.5.5 Läpiviennit, kattoluukut ja turvavarusteet 52
2.6 Bitumikatteet 53
2.7 Ikkunarakenteet 54
2.8 Kirkkosalin pilarien halkeamat 56

3 Turvallisuuteen vaikuttavat tekijät 61

4 Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset 61
4.1 Julkisivubetonit 61
4.2 Kellotorni 63
4.3 Muurirakenteet 64
4.4 Pihakansirakenteet 65
4.5 Vesikatot 65
4.6 Ikkunat 66

5 Korjaustoimenpiteiden kustannusarvio 67

6 Suositeltavat jatkotoimenpiteet 68

LIITTEET:

Liite 1 Rakenteiden vaurioituminen
Liite 2 Näytetaulukko
Liite 3 Paikannuskuvat
Liite 4 Betonipeitemittaukset ja raudoituksen korroosion laajuuden arviointi
Liite 5 Vetolujuustulokset
Liite 6 Ohuthieanalyysien tulokset

1 Yleistiedot

1.1 Tutkimuskohde

Kohde:	Valkeakosken kirkko
Osoite:	Kirkkotie 1, 37600 Valkeakoski
Kiinteistötunnus:	908-2-26-1
Tehtävä:	Ulkorakenteiden kuntotutkimus
Työnumero:	3223108.2

1.2 Tilaaja

Nimi:	Valkeakosken kirkko
Osoite:	c/o Lempäälän seurakunta
	PL 40, 37501 LempääläManttaalitie 15
Yhteyshenkilö:	Koivusilta Karri
Puhelin:	0406495440
Sähköposti:	karri.koivusilta@evl.fi

1.3 Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat

Nimi:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Osoite:	Puutarhakatu 10, 33210 Tampere
Sähköposti:	etunimi.sukunimi@ains.fi
Vastaava kuntotutkija:	RI (AMK) Sami Hirvonen
Tutkimushenkilöt:	Johanna Nummela
	Sami Hirvonen

1.4 Kohteen yleiskuvaus

Kuntotutkimuksen kohde on vuonna 1969 valmistunut Valkeakosken kirkko. Rakennuksen kantava runko muodostuu teräsbetonisista pilareista ja palkeista sekä massiivilaatoista/-seinistä. Kohteen ulkoseinärakenteet ovat maantasokerroksessa paikallavalettuja sandwich-tyyppisiä teräsbetoniseiniä. Ylempinä kirkkosalin päätykolmioissa ulkoseininä on paikallavaletut sisäkuoret, jotka on verhottu ulkopuolelta klinkkeripintaisilla kuorielementeillä. Kirkkosalin päädyissä sijaitsee koko rakennuksen korkuiset ikkunat.

Kohteen suunnittelijat ovat:

- Arkkitehtisuunnittelu: Veikko Larkas
- Rakennesuunnittelu: Insinööritoimisto Osmo Puupponen & Co

Tiedossa olevat aikaisemmin tehdyt ulkorakenteisiin kohdistuneet korjaukset:

- Siipirakennusten vesikattojen bitumikermit on uusittu 1990-luku
- Piha-alueen sadevesijärjestelmä uusittu 2014
- Yksittäisten klinkkerilaattojen paikkakorjaukset

Kohde on tutkittu aikaisemmin vuonna 2017 ja kirkko on ollut suljettuna vuodesta 2018.

1.5 Kuntotutkimuksen sisältö

Tehtävänä oli tutkia kirkon ulkobetoni-, ikkuna- ja vesikattorakenteet uudelleen ja päivittää aikaisempi kuntotutkimusraportti 30.6.2023 laaditun tehtäväluettelon mukaisesti. Lisäksi kohteeseen on tehty tässä yhteydessä kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, josta on laadittu erillinen raportti (A-Insinöörit).

Tämä raportti täydentää 31.8.2017 päivättyä betonirakenteiden kuntotutkimusraporttia. Tähän raporttiin on tuotu pääpiirteittäin oleelliset tiedot edellisestä raportista, mutta korjaussuunnitteluiden yhteydessä on suositeltavaa tutustua myös vuoden 2017 raporttiin.

Kenttätutkimukset kohteella on tehty 21.9.2023 ja 19.10.2023. Rakenteille tehtiin silmämääräisten havaintojen lisäksi seuraavia tutkimuksia:

- lämmöneristeen paksuus näyteporausrei´istä 3 mittauspisteestä.
- betonin karbonatisoituminen (fenoliftaleiini-indikaattori, 16 näytettä)
- raudoitteiden peitepaksuudet (raudoitemittari Profoscope+, yleisesti raudoitetyypeittäin)
- betonin halkeilu, pakkasvaurioituminen, huokoistus yms. (ohuthietutkimus, 4 näytettä)
- betonin vetolujuus (12 näytettä)

Ulkobetonirakenteiden vaurioitumista ja laboratoriotutkimuksia on esitelty raportin liitteessä (Liite 1 Rakenteiden vaurioituminen). Betoninäytteiden tiedot on kirjattu liitteenä olevaan näytetaulukkoon (Liite 2 Näytetaulukko) ja rakenneavauskohdat on esitetty liitteenä olevassa paikannuspiirustuksessa (Liite 3 Paikannuskuvat).

1.6 Tutkimuksen rajaus ja luotettavuus

Tässä kuntotutkimuksessa tarkastellaan kohteen julkisivujen, muurien ja kellotornin betonirakenteiden kuntoa ja vaurioita. Lisäksi tarkastellaan kohteen vesikattojen ja ikkunarakenteiden kuntoa ja vaurioita. Näytteenotto on kohdistettu kenttätutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella.

Tutkimusmenetelmät on suunniteltu siten, että useammalla käytössä olevalla menetelmällä pyritään varmistamaan tulosten perusteella syntyneet johtopäätökset. Rakenteiden toimintaa ja siinä esiintyviä puutteita on tarkasteltu sekä kenttätutkimusten yhteydessä, että asiakirjojen perusteella. Tutkimukset on kohdennettu siten, että tutkittavasta rakenteesta saadaan riittävän tarkka käsitys johtopäätösten taustaksi.

Tässä kuntotutkimuksessa ei käsitellä kohteen muiden rakenteiden tai teknisten järjestelmien kuntoa. Kuntotutkimus sisältää ehdotukset korjaustoimenpiteistä, mutta ennen korjaustoimenpiteiden suorittamista on tehtävä hanke- ja korjaussuunnittelu, joissa määritellään tarkemmin kohteeseen soveltuvat korjausmenetelmät.

Tutkittavien rakenteiden kunnosta saatiin tutkimuksilla varsin hyvä käsitys. Luotettavuuden kannalta puutteina voidaan todeta seuraavat asiat:

- Nostokoneella ei ollut mahdollista päästä kaikille julkisivualueille. Nämä julkisivut tarkastettiin kopterikuvauksella ja silmämääräisesti maantasosta.

- Pihakansirakenteet tutkittiin aistinvaraisesti ilman betoninäytteitä.

1.7 Kohteen rakennusaikaiset määräykset

Kohteen rakennusaikaiset julkisivubetonirakenteiden säilyvyyteen ja muuhun tekniseen laatuun merkittävästi vaikuttavat määräykset ja ohjeet (Betoninormit 1967) ovat olleet seuraavat:

-	betonin lujuusluokka		K25
-	raudoituksen suojabetonipeite		harjateräs 20 mm
			sileä teräs 15 mm
-	betonin sallittu kloridipitoisuus		ei vaatimusta
-	ulkokuoren paksuus		50 mm
-	lämmöneriste	paksuus	70 mm
		lujuus	2 kN/m^2

- lämmöneristeen läpi menevät teräsosat ruostumatonta terästä (edelleen käytetään myös yksittäiskiinnityksiä)
- syöpymisvaaralle alttiit kiinnikkeet korroosion kestävästä aineesta
- betonin pakkasenkestävyyteen vaikuttavan lisähuokostuksen käyttöä suositeltiin, käyttö talonrakennuksen elementtituotannossa oli harvinaista.

2 Tutkimustulokset

2.1 Julkisivut

2.1.1 Rakenteet suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella

Tutkimuksessa oli käytettävissä alkuperäisiä arkkitehti- ja rakennesuunnitelmia. Käytettävissä ollessa suunnitelmissa oli esitetty rakennetyypit ja runkorakenteita. Klinkkeripintaisista kuorielementeistä ei ollut käytettävissä elementtipiirustuksia.



Kuva 1.
Yleiskuva julkisivuista. Maantasokerros on maalattua betonipintaa ja päätykolmiot ovat klinkkeripintaisia kuorielementtejä.

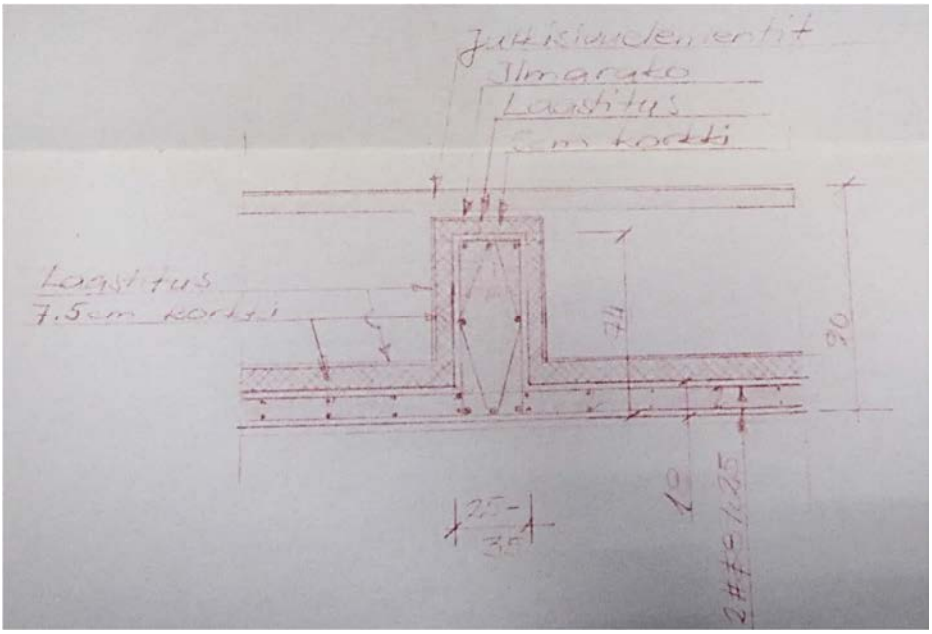
2.1.1.1 Klinkkeripintaiset julkisivut

Käytössä olleiden suunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella klinkkeripintaisista julkisivuista voidaan todeta seuraavaa:

- Rakennetyyppiä on käytetty kirkkosalin päätykolmioissa.
- Kantava runko on paikallavalettu betonirakenne ja ulkoseinät on verhottu klinkkeripintaisilla kuorielementeillä.
- Kuorielementin kokonaispaksuus on rakennenäytteiden perusteella keskimäärin noin 85 mm (vaihtelu 84-90 mm).
- Klinkkerin paksuus on noin 15 mm.
- Kuorielementin takana on noin 50 cm ilmarako.
- Seinän eristeenä on suunnitelman mukaan laastipinnoitettu 75 mm korkkieriste. Rakennetta ei voitu tutkimuksessa todentaa paikkaansa pitäväksi suurehkon tuuletusraon vuoksi.
- Tämän tyyppiset kuorielementit on tyypillisesti kannatettu sivuistaan ulkoseinärakenteessa oleviin pilastereihin. Myös kohteella tehdyt havainnot viittaavat tähän.
- Taidelasillisen päätyikkunan pielessä on havaittu noin 50 mm paksu mineraalivillaeriste.
- Kuorielementit on saumattu elastisella saumamassalla.
- Kuorielementtien kulmissa on tuuletusputket.



Kuva 2.
Klinkkeripintaisen ulkoseinän rakennetyyppi alkuperäisten suunnitelmien mukaan.

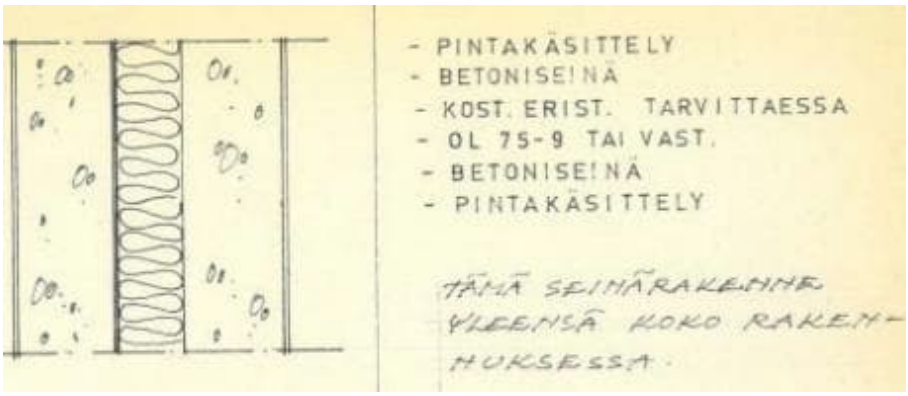


Kuva 3.
Klinkkeripintaisen ulkoseinän rakenneleikkaus pilarin kohdalta alkuperäisten suunnitelmien mukaan.

2.1.1.2 Betonipintaiset julkisivut

Rakennesuunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella maalatuista betonipintaisista julkisivuista voidaan todeta seuraavaa:

- Betonipintaiset ulkoseinät ovat paikallavalettuja sandwich-tyyppisiä seiniä.
- Rakennetyyppiä on käytetty maantasokerroksen ulkoseinissä.
- Ulkokuoren paksuus on kirkkosalin sekä sisääntuloaulan seinissä noin 100 mm ja rippikoulusalin etelänpuoleisessa seinässä noin 150 mm.
- Eristeen paksuus on keskimäärin noin 65 mm (vaihteluväli 55-80 mm).
- Seinän ulkopinta on koristeuritettu.
- Ulkopinnan pintakäsittelynä on maali.



Kuva 4.
Klinkkeripintaisen ulkoseinän rakennetyyppi alkuperäisten suunnitelmien mukaan.

2.1.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu

Rakenteista ja betoninäytteistä tehtyjen silmämääräisten havaintojen sekä ohuthietutkimusten perusteella julkisivujen betonin laadusta voidaan todeta seuraavaa:

- Betonipintaisissa julkisivuissa havaittiin yksittäisiä halkeamia ja lohkeamia.
- Klinkkeripintaisissa elementeissä havaittiin paikoitellen koko klinkkerilaatan läpi ulottuvaa halkeilua, halkeilu liittyy arviolta korroosio- ja pakkasrapautumavaurioihin.
- Klinkkerilaattojen lasituspinnoissa on kauttaaltaan verkkohalkeilua.
- Betoni on keskinkertaisesti tiivistynyttä.
- Klinkkerielementeissä kiviaineksen ja sideaineen laatu on hyvä.
- Betonipintaisen julkisivun ohuthienäytteessä havaittiin, että sideaine on epätasaista ja kiviaineksen tartunnat ovat monin paikoin avoimia syvyydessä 0…10 mm.

Alla olevissa kuvassa on esitetty kohteen julkisivuista otetut betoninäytteetä. Näytteet on pesty ja käsitelty fenoliftaleiini-liuoksella betonin karbonatisoitumissyvyyden selvittämiseksi. Karbonatisoitumaton betoni värjäytyy käsittelyllä violetiksi. Karbonatisoitumaton betoni suojaa betonissa olevia raudoitteita ruostumiselta.



Kuva 5.
Klinkkeripintaisista julkisivuista otetut betoninäytteet.



Kuva 6.
Betonipintaisista julkisivuista otetut betoninäytteet.

2.1.3 Raudoituksen korroosio

Kohteella tehdyt havainnot

Klinkkeripintaisissa elementeissä havaittiin useita näkyviä teräskorroosioon viittaavia halkeamia elementtien reuna-alueilla. Lisäksi havaittiin vaurioita, joissa oli ruostunut teräs näkyvissä. Vaurioita oli havaittavissa erityisesti ikkunapielien ulkokulmissa.

Betonipintaisissa julkisivuissa havaittiin yksittäisiä näkyviä teräskorroosiovaurioita, joista suuri osa oli pistemäisiä vaurioita. Näillä kohdilla yksittäinen teräs on jäänyt lähelle betonin ulkopintaa ja lohkaissut ruostuessaan betonia.



Kuva 7.
Teräskorroosioon viittaava halkeama klinkkerilaatoissa.



Kuva 8.
Arviolta teräskorroosion seurauksena haljenneita putoamassa olevia klinkkerilaattoja.



Kuva 9.
Klinkkerilaatasta pudonnut teräskorroosion seurauksena palanen, jota on paikattu. Vaurio on uusiutunut. Ruostunut teräs näkyvissä.



Kuva 10.
Teräskorroosioon viittaava halkeama klinkkerilaatoissa.



Kuva 11.
Teräskorroosiovaurioita maalatussa ulkoseinässä.



Kuva 12.
Teräskorroosiovaurioita maalatussa ulkoseinässä.



Kuva 13.
Teräskorroosioon viittaavaa halkeilua.



Kuva 14.
Teräskorroosiovaurio ulkopuolen pilarissa.



Kuva 15.
Teräskorroosiovaurio ulkopuolen pilarissa.

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen julkisivujen betonin karbonatisoitumissyvyyksistä. Klinkkeripintaisten julkisivujen karbonatisoitumissyvyyksissä on mukana klinkkerilaatan paksuus, noin 15 mm. Näytekohtaiset karbonatisoitumissyvyydet ja karbonatisoitumiskertoimet on esitetty raportin liitteenä (Liite 2 Näytetaulukko). Kertoimia laskettaessa on karbonatisoitumissyvyyksistä vähennetty klinkkerilaatan paksuus.

Taulukko 1
Betonin karbonatisoitumissyvyys julkisivuelementeillä.

Rakenne / Näytemäärä		**Karbonatisoitumissyvyys [mm]**	
		Keskimäärin (keskiarvo / vaihtelu)	**Maksimi (keskiarvo / vaihtelu)**
klinkkeripintainen julkisivu / 4 kpl	ulkopinta	25 / 22...28	29 / 25...31
	sisäpinta	39 / 18...56	44 / 25...58
betonipintainen julkisivu / 4 kpl	ulkopinta	28 / 19...40	35 / 25...43
	sisäpinta	3 / 0...5	7 / 0...11

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä havaittiin vuoden 2017 kuntotutkimuksessa vain yksittäisessä näytteessä ulkopinnan betonin karbonatisoitumista. Näyte oli otettu läheltä klinkkerilaatan saumaa ja karbonatisoituminen oli arviolta edennyt sauman kautta

klinkkerilaatan taustalla olevaan betoniin. Nyt tehdyssä tutkimuksessa havaittiin kaikissa neljässä klinkkerilaattapintaisten elementtien näytteessä betonin karbonatisoitumista klinkkerilaatan taustalla.

Klinkkerilaattapintaisissa elementeissä laatat ovat hidastaneet ulkopinnan karbonatisoitumista ja se on ollut tavanomaista hitaampaa. Sisäpinnoilla karbonatisoituminen on edennyt merkittävästi tavanomaista nopeammin arviolta taustalla olevan suuren tuuletusraon seurauksena.

Betonipintaisissa julkisivuissa betonin karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnassa arviolta keskimääräistä nopeammin. Ulkokuorien sisäpinnoilla karbonatisoituminen on edennyt tavanomaisen hitaasti.

Raudoitteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen julkisivujen raudoitteiden suojabetonipaksuuksista. Klinkkeripintaisilla julkisivuilla peitepaksuudet on ilmoitettu klinkkerilaatan taustapinnasta lukien.

Taulukko 2
Raudoitteiden suojabetonietäisyydet julkisivuelementeillä.

Rakenne		**Raudoituksen betonipeite**	
		Pääosin yli / osuus	**osuus alle 15 mm**
Klinkkeripintainen julkisivu	verkko	15 mm / 73 %	27 %
	reunateräs	10 mm / 78 %	58 %
Betonipintainen julkisivu	verkko	20 mm / 88 %	3 %

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä raudoitteet ovat lähellä klinkkerilaatan sisäpintaa, ja suojabetonipaksuus ei täytä rakennusaikaisia määräyksiä.

Betonipintaisissa ulkoseinissä yksittäiset teräkset ovat lähellä betonin ulkopintaa, ja suojabetonin paksuus alittaa niissä rakennusaikaiset määräykset. Yleisesti betonipintaisten ulkoseinien suojabetonin paksuus on kuitenkin melko hyvä.

Betonin kloridipitoisuus

Julkisivujen betonin kloridipitoisuutta tutkittiin vuonna 2017 kahdella porajauhenäytteellä. Tutkituissa näytteissä ei havaittu betonirakenteiden säilyvyydelle haitallista määrää klorideja (kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,03…0,07 % betonin painosta).

Vuoden 2017 laboratoriokokeiden tulokset:

Taulukko 3
Betonin kloridipitoisuudet kellotornin näytteessä

Rakenneosa	Näyte	Kloridipitoisuus [paino-%]
Klinkkeripintainen julkisivu	VK CL 01	0,010
Betonipintainen julkisivu	VK CL 11	0,011

Arvio julkisivujen betonirakenteiden korroosiotilasta

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä karbonatisoituminen on edennyt klinkkeripinnan taustan betonissa ja saavuttanut ulkopinnalta laskennallisesti arvioituna 20% elementtien verkkoraudoitteista ja 30% reunaraudoitteista. Karbonatisoituminen on kuitenkin edennyt sisäpinnalla merkittävästi ja kahdessa näytteessä neljästä lähes koko rakenteen läpi, jolloin voidaan arvioida, että pääosa klinkkeripintaisten elementtien raudoitteista sijaitsee karbonatisoituneessa betonissa. Teräkset ovat suurelta osin alttiina ruostumiselle kosteusrasituksen yhteydessä.

Lähitulevaisuudessa on odotettavissa, että karbonatisoituminen saavuttaa suuremman osan reunateräksistä ja elementtien reuna-alueille syntyy lisää näkyviä teräskorroosiovaurioita. Jo olemassa olevat vauriot etenevät korjaamattomina kiihtyvällä nopeudella. Vauriot tulevat todennäköisesti näkymään klinkkerilaattojen halkeiluna ja irtoiluna sekä betonin lohkeiluna.

Betonipintaisissa julkisivuissa karbonatisoituminen on saavuttanut ulkopinnalta noin 45 % raudoitteista (vuoden 2017 tutkimuksessa oli saavuttanut noin 35 %). Lähitulevaisuudessa (noin 10 vuoden kuluessa) karbonatisoituminen saavuttaa laskennallisesti arvioituna noin 55 % raudoitteista. Lähitulevaisuudessa on odotettavissa, että kohteen betonipintaisiin julkisivuihin syntyy näkyviä lisää teräskorroosiovaurioita.

2.1.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kohteella tehdyt havainnot

Kohteella havaittiin pakkasrapautumaan viittaavia vaurioita erityisesti klinkkeripintaisten kuorielementtien ulkoreunoilla. Eniten rapautumaa havaittiin etelänpuoleisen ikkunasyvennyksen ulkokulmissa. Vauriokohdissa klinkkerilaatat ovat pullistuneet ja irtoilevat alustastaan. Laattojen alla olevassa betonissa on irtoilevilla kohdilla havaittavissa pitkälle edennyttä pakkasrapautumaa. Osa klinkkeri- ja betonikappaleista roikkuu elementtien elastisen saumamassan varassa, jolloin vauriot näyttäytyvät maantasoon vähäisempinä.

Betonipintaisissa maantason ulkoseinissä ei havaittu merkittävää pakkasrapautumiseen viittaavaa vaurioitumista.



Kuva 16.
Pakkasrapautumavaurio sisäänkäynnin lipan yläpuolella. Kohdassa lisäksi ruostunut raudoite.



Kuva 17.
Mustat klinkkerilaatat irronneet taustarakenteesta. Laatat ovat elementtien mustan saumamassan varassa.



Kuva 18.
Mustat klinkkerilaatat irronneet taustarakenteesta. Laatat ovat elementtien mustan saumamassan varassa.



Kuva 19.
Ulkokulman pakkasrapautumavauriota tiivistetty elastisella saumamassalla vuoden 2017 kuntotutkimuksen yhteydessä. Vauriota ei ole korjattu



Kuva 20.
Klinkkerilaattojen taustalla tapahtunut betonin pakkasrapautumista.

Betonin vetolujuus

Julkisivujen betonirakenteiden kuntoa tutkittiin vetolujuuskokeilla yhteensä kuudella näytteellä (Liite 5 Vetolujuustulokset). Alla olevassa taulukossa on esitetty laboratoriokokeiden tulokset.

Taulukko 4
Betonin vetolujuus julkisivuelementeillä.

Rakenne ja näyte		Lujuus [MPa]	Murto-kohta [mm]	Murtotapa
Klinkkeripintainen julkisivu	VK 05	1,5	23 UP	Murto pääosin liimauksesta, pieniä rakeita myötäillen, 10 mm koloa pitkin.
	VK 06	2,4	31–43 UP	Murto pääosin rakeita myötäillen.
	VK 07	2,2	80–84 UP	Murto pääosin rakeita myötäillen.
	Keskiarvo	**2,0**		
Betonipintainen julkisivu	VK 15	1,8	50–60 UP	Pääosin rakeita myötäillen.
	VK 16	1,8	66–75 UP	Pääosin rakeita myötäillen.
	VK 18	1,7	45–56 UP	Pääosin rakeita myötäillen.
	Keskiarvo	**1,8**		
UP = ulkopinta				

Klinkkeripintaisten elementtien vetolujuustulokset ovat lähes samansuuruisia, kuin vuoden 2017 kuntotutkimuksessa (2017 keskiarvo ollut 1,7 MPa). Betonipintaisten julkisivujen vetolujuustulokset ovat alhaisempia, kuin aikaisemmassa tutkimuksessa (2017 keskiarvo ollut 3,0 Mpa).

Vetolujuuskokeiden tulosten perusteella pakkasrapautuminen on edennyt betonipintaisissa julkisivuissa.

Vetolujuudet kuitenkin täyttävät korjausalustalle asetetut yleiset vaatimukset (>1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen).

Vuoden 2017 kuntotutkimuksessa otettiin vetolujuusnäyte (VK02) klinkkeripintaisen ikkunasyvennyksen ulkokulmasta, jossa oli silmämääräisesti havaittavissa pakkasrapautumiseen viittaavaa vaurioitumista. Tällä kohden kyseisen näytteen vetolujuus oli vain 1,1 MPa. Tutkimusten perusteella klinkkeripintaisissa elementeissä voidaan todeta tapahtuneen merkittävää pakkasrapautumista.

Ohuthietutkimukset

Ulkoseinien betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella, joka tehtiin ulkoseinärakenteiden osalta kahdelle näytteelle (näytteet VK 08 ja VK 17).

Ohuthietutkimuksen (näyte VK 08) perusteella klinkkeripintaisista kuorielementeistä voidaan todeta seuraavaa:

- Suojahuokosia on melko vähän. Betoni ei ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasitettuna.
- Betonissa havaittiin 12 mm syvyyteen ulottuvaa kovettumattomaan betoniin syntynyttä halkeilua.
- Betonissa ei havaittu merkittävään pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua.
- Klinkkerilaatan tartunta betoniin on paikoin avoin halkeilun takia.
- Suojahuokosissa ei havaittu merkittävään kosteustaritukseen viittaavia kiteytymiä.

Ohuthietutkimuksen (näyte VK 17) perusteella betonipintaisista ulkoseinistä voidaan todeta seuraavaa:

- Suojahuokosia on vähän. Betoni ei ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasitettuna.
- Sideaines on epätasaista ja kiviaineen tartunnat ovat osin avoimia 0…10 mm syvyydessä.
- Huokosissa ei havaittu merkittävään kosteustaritukseen viittaavia kiteytymiä.
- Betonissa ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä.
- Näytteen ulkopinnalla havaittiin kaksi kerosta arviolta sementtimaalia sekä yksi kerros orgaanista mustaa maalia.

Taulukossa on arvioitu näytteiden laatua asteikolla normaali, puutteita ja merkittäviä puutteita. Kuntoa on kuvattu asteikolla normaali, heikentynyt ja merkittävästi heikentynyt. Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla rapautumaton, viitteitä ja rapautunut.

Taulukko 5
Ohuthietutkimuksen tulokset julkisivubetoneista.

Näyte	Rakenneosa / ohuthiepinta	Laatu	Kunto	Huokoistus	Rapautuneisuus
VK 08	klinkkerielementti / ulkopinta 0–48 mm	Puutteita	Heikentynyt	ei	Rapautumaton
KK 17	betonipintainen julkisivu/ ulkopinta 0–48 mm	Puutteita	Normaali	ei	0–1 mm: rapautunut 1–45 mm: rapautumaton

Arvio julkisivujen betonirakenteiden pakkasvaurioista

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä on silmämääräisesti näkyviä pakkasrapautumisvaurioita elementtien ulkoreunoilla. Eniten vaurioita on ikkunapielien ulkokulmissa. Ohuthietutkimuksen perusteella elementtien betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Vetolujuuskokeissa on havaittu aikaisemmassa tutkimuksessa osassa näytteistä pidemmälle edenneeseen pakkasrapautumiseen viittaavaa lujuuden heikkenemistä. Aistinvaraisten havaintojen perusteella erityisesti ikkunapielien viereisten kuorielementtien kiinnitys on heikentynyt. Lähitulevaisuudessa klinkkeripintaisten elementtien nykyiset vauriot etenevät kiihtyvää vauhtia korjaamattomina.

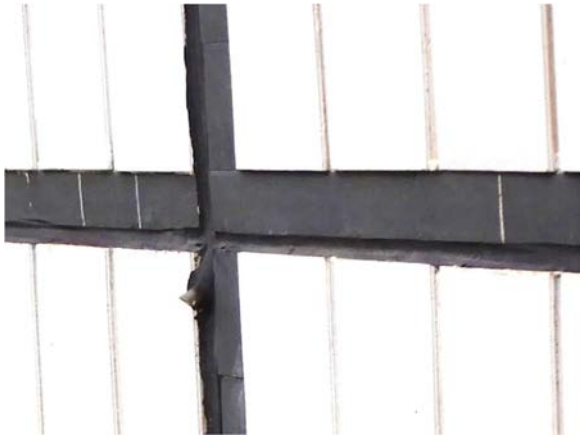
Betonipintaisissa julkisivuissa havaittiin silmämääräisesti vain yksittäisiä pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita. Ohuthietutkimuksen perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Edelliseen tutkimukseen verrattuna betonipintaisten julkisivujen pakkasrapautuminen on edennyt merkittävästi. Rakenne on kuitenkin tulosten perusteella vielä korjattavissa. Lähitulevaisuudessa (10 vuotta) on mahdollista, että kosteusrasitetuimmille kohdille syntyy yksittäisiä vaurioita.

2.1.5 Saumat ja muodonmuutokset

Julkisivujen elementit ja liikuntasaumat on saumattu elastisella saumamassalla. Saumauksen taustalla on käytetty pohjanauhaa.

Klinkkeripintaisten elementtien saumausten leveys ja paksuus ovat 2017 otetun näytteen perusteella noin 10 mm, saumaus on hieman liian paksu suhteessa sauman leveyteen. Saumauksissa havaittiin epätiiviyttä kohdissa, joissa on tapahtunut klinkkereiden irtoilua ja betonin rapautumista. Kuorielementtien saumojen risteyskohdissa on tuuletusputket. Kuorielementeissä on havaittu vähäistä kaareutumista, joka ei kuitenkaan arvion mukaan vaikuta elementtien kiinnityksiin.

Betonipintaisten ulkoseinien liikuntasaumoissa havaittiin halkeilua ja epätiiviyttä. Havaintojen mukaan liikuntasaumat ovat pääosin liian kapeita



Kuva 21.
Klinkkeripintaiset elementit on saumattu mustalla saumamassalla. Kulmissa on käytetty tuuletusputkia.



Kuva 22.
Betonipintaisen julkisivun liikuntasauma haljennut koko matkalta.

2.1.6 Pinnoitteet ja pintamateriaalit

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä havaittiin haljenneita ja irronneita klinkkereitä. Irronneet klinkkerit sijaitsevat pääosin elementtien ulkoreunoilla ja ovat elementtien saumamassan varassa. Klinkkerien lasituksessa on verkkomaista tiheää hiushalkeilua. Ohuthietutkimuksen mukaan laattojen tartunta on paikoin heikko halkeilun takia.

Betonipintaisten ulkoseinät pinnoitettu ohuthietutkimuksen mukaan arviolta sementtimaalilla. Yhdessä näytteessä havaittiin sementtimaalin alla musta orgaaninen maali. Sementtimaalissa havaittiin runsaasti likaa ja kulumaa. Maali on kulunut suurilta

alueilta betonipinnalle. Osa kulumasta on aiheutunut graffitien poistojen seurauksena ja osa on säärasituksen aiheuttamaa. Pinnoitteet ovat huonossa kunnossa.



Kuva 23.
Kohteella havaittiin, että useat mustat klinkkerilaatat ovat irronneet taustarakenteesta. Kyseiset taustasta irronneet laatat pysyvät kiinni elementtien mustalla saumamassalla.



Kuva 24.
Arviolta säärasituksen aiheuttamaa kulumaa maalipinnoissa.



Kuva 25.
Graffitienpoiston seurauksena julkisivumaali on kulunut betonipinnalle. Kuva vuodelta 2023



Kuva 26.
Viereisen kuvan alue vuodelta 2017. Pilastereiden alaosiin kohdistuu merkittävää kosteusrasitusta harjakatolta valuvan veden seurauksena.

2.1.7 Kosteustekninen toiminta

Julkisivujen räystäät ovat lyhyet ja osa julkisivuista on toteutettu ilman räystäitä. Viistosade pääsee kastelemaan julkisivuja. Julkisivujen aukkojen yläreunoissa ei ole kallistuksia. Ikkunoiden vesipeltien kallistukset ovat vähäisiä. Julkisivuilla on havaittavissa kosteusjälkiä ja betonin pinnoilla havaittiin monin paikoin orgaanista kasvustoa (levää ja sammalta). Betonipintaisissa julkisivuissa ei havaittu eristeessä tuuletusuria, jolloin

eristetilaan pääsevä kosteus kuivuu hitaammin. Kosteutta voi päästä ulkoilmasta eristetilaan haljenneiden saumausten ja pinnoitteiden kulumisen seurauksena. Kuorielementtien taustalla on suuri tuuletustila ja havaintojen mukaan taustarakenne tuulettuu tehokkaasti.

2.1.8 Kiinnitykset, kannatukset ja sidonnat

Klinkkeripintaisista kuorielementeistä ei ollut käytettävissä rakennepiirustuksia. Kuorielementit on todennäköisesti kannatettu päistään ulkoseinien sisäkuoren pilasterirakenteisiin. Kenttätutkimuksissa havaittiin erityisesti eteläjulkisivun ikkunan pielissä teräskorroosio ja pakkasrapautumavaurioita, jotka voivat edetessään heikentää kuorielementtien kiinnitystä ja aiheuttaa turvallisuusriskiä.

2.2 Kellotorni

2.2.1 Rakenteet suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella

Kellotornista oli tutkimuksessa käytettävissä rakennusaikaiset arkkitehtipiirustukset. Suunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella kellotornista voidaan todeta seuraavaa:

- Torni on paikallavalettua teräsbetonirakennetta.
- Tornin korkeus on noin 35 metriä.
- Perustus on paalutettu.
- Betoni on pinnoitettu maalilla.
- Tornissa on vaakasuuntaisia valesaumoja.
- Tornin yläosassa on risti, joka on arviolta ruostumatonta terästä.



Kuva 27.
Yleiskuva kellotornista.

2.2.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu

Rakenteista ja betoninäytteistä tehtyjen silmämääräisten havaintojen sekä ohuthietutkimusten perusteella kellotornin betonin laadusta voidaan todeta seuraavaa:

- Betoni on tiivistykseltään keskinkertaisen hyvää.
- Kiviaines on ehjää.
- Betonin mikrotekstuuri on epätasainen ja paikoin ohuthiessä havaittiin mikrohuokoisempia alueita.
- Kello-osan betonirakenteiden työsaumoissa on halkeamia.



Kuva 28.
Kellotornista otetut betoninäytteet.



Kuva 29.
Laatan ja seinän välisessä työsaumassa halkeilua.

2.2.3 Raudoituksen korroosio

Kohteella tehdyt havainnot

Kellotornin betonirakenteissa havaittiin runsaasti näkyviä teräskorroosiovaurioita kellosaan laattarakenteiden alapinnoissa. Alapinnoilta on poistettu aikaisemmassa tutkimuksessa irtoamassa olevia betonikappaleita. Nyt tehtyjen havaintojen mukaan näkyvät vauriot ovat arviolta suurentuneet vähäisesti. Muilla alueilla havaittiin vain yksittäisiä pieniä vaurioita. Lisäksi teräksisten kaiteiden liittymissä on näkyviä vaurioita.



Kuva 30.
Teräskorroosiovaurioita laattarakenteen alapinnalla.



Kuva 31.
Kaiteen kiinnikkeessä arviolta teräskorroosion aiheuttama betonin halkeama.



Kuva 32.
Pienehkö teräskorroosiovaurio tornin pystypinnalla.

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kellotornin betonin pystyrakenteiden karbonatisoitumissyvyyksistä.

Taulukko 6
Betonin karbonatisoitumissyvyys kellotornin betonirakenteissa.

Rakenne / Näytemäärä		**Karbonatisoitumissyvyys [mm]**	
		Keskimäärin (keskiarvo / vaihtelu)	**Maksimi (keskiarvo / vaihtelu)**
kellotorni / 4 kpl	ulkopinta	8 / 0...15	15 / 0...30

Betonin karbonatisoituminen on edennyt arviolta hieman tavanomaista hitaammin. Karbonatisoitumisessa ei ole havaittavissa merkittävää eroa vuoden 2017 tutkimustuloksiin.

Raudoitteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen kellotornin raudoitteiden suojabetonipaksuuksista.

Taulukko 7
Raudoitteiden suojabetonietäisyydet kellotornin betonirakenteissa.

Rakenne		Raudoituksen betonipeite	
		Pääosin yli / osuus	osuus alle 15 mm
Kellotorni	hakateräs	35 mm / 83 %	2 %
	pääteräs	40 mm / 85 %	1 %

Pystyrakenteissa mittausten perusteella raudoitteiden suojabetonin paksuus on hyvä ja täyttää rakennusaikaiset määräykset. Vain yksittäiset raudoitteet ovat lähellä betonin ulkopintaa. Kello-osan laattarakenteiden alapinnoilla havaittiin runsaasti näkyviä teräskorroosiovaurioita ja raudoitteet ovat lähellä laatan alapintaa eivätkä täytä rakennusaikaisia määräyksiä. Peitepaksuuksia ei tehty laattapintojen näkyvien vaurioiden kohdalta.

Betonin kloridipitoisuus

Vuoden 2017 tehdyssä betonirakenteiden kuntotutkimuksessa kellotornin betonin kloridipitoisuutta tutkittiin yhteensä yhdellä näytteellä. Tutkitussa näytteessä ei havaittu betonirakenteiden säilyvyydelle haitallista määrää klorideja (kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,05…0,07 % betonin painosta).

Taulukko 8
Betonin kloridipitoisuudet kellotornin näytteessä

Rakenneosa	Näyte	Kloridipitoisuus [paino-%]
Kellotorni	VK CL 31	< 0,010

Arvio kellotornin betonirakenteiden korroosiotilasta

Karbonatisoituminen on edennyt arviolta hieman tavanomaista hitaammin kellotornin pystyrakenteiden betonissa. Karbonatisoitumisrintama on saavuttanut vain yksittäisiä teräksiä. Lähitulevaisuudessa ei ole odotettavissa merkittäviä näkyviä teräskorroosiovaurioita kellotornin pystyrakenteissa. Yksittäiset vauriot ovat kuitenkin mahdollisia.

Kellotornin kello-osan laattarakenteiden alapintojen teräkset ovat havaintojen perusteella lähellä laatan alapintaa. Rakenteessa on runsaasti pitkälle edenneitä

teräskorroosiovaurioita. Korroosiovauriot ovat lohkaisseet rakenteesta betoninkappaleita. Lähitulevaisuudessa vauriot etenevät korjaamattomina kiihtyvällä nopeudella.

2.2.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kohteella tehdyt havainnot

Kellotornin betonirakenteissa havaittiin tornin alaosassa ja kello-osassa pakkasrapautumiseen viittaavaa pinnoitteen vaurioitumista. Vasaroinnin perusteella vaurioituminen rajoittuu rakenteen ulkopintaan eikä viittaa pitkälle edenneeseen pakkasrapautumiseen. Muissa osissa ei havaittu aistinvaraisesti merkittävää pakkasrapautumiseen viittaa vaurioitumista.



Kuva 33.
Pakkasrapautuminen arviolta irrottanut betonin pinnoitetta. Kohdassa ei havaittu vasaroinnilla merkittävään betonin pakkasrapautumiseen viittaavaa pehmentymää.

Betonin vetolujuus

Kellotornin betonin kuntoa tutkittiin vetolujuuskokeilla yhteensä kolmella näytteellä. Alla olevassa taulukossa on esitetty laboratoriokokeiden tulokset.

Taulukko 9
Betonin vetolujuus kellotornin betonirakenteissa.

Rakenne ja näyte		**Lujuus [MPa]**	**Murto-kohta [mm]**	**Murtotapa**
Kellotorni	VK 35	2,5	103/110 UP	Murto pääosin rakeita myötäillen.
	VK 37	3,4	77–82 UP	Murto pääosin rakeita myötäillen.
	VK 38	1,9	33–50 UP	Murto pääosin rakeita myötäillen.
	Keskiarvo	**2,6**		
UP = ulkopinta				

Vetolujuuskokeiden tulosten perusteella rakenteessa ei havaittu merkkejä betonin pakkasrapautumisesta. Tuloksissa ei ole havaittavissa merkittävää alenemaa vuoden 2017 tuloksiin verrattuna. Vetolujuudet ovat hyviä ja täyttävät korjausalustalle asetetut yleiset vaatimukset (>1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen).

Ohuthietutkimukset

Kellotornin betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella yhdellä näytteellä (VK 36). Tutkimuksen perusteella kellotornin betonista voidaan todeta seuraavaa:

- Betonin tiivistyminen on keskinkertainen/hyvä
- Suojahuokosia on vähähän ja betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna
- Näytteessä havaittiin yksittäinen pintaosaan rajoittuva halkeama, joka ei kuitenkaan viittaa pakkasrapautumiseen
- Näytteessä ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä
- Halkeamassa ja huokosissa havaittiin vähäisiä määriä kosteusrasitukseen viittaavia kiteytymiä

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kellotornin betonien ohuthietutkimusten tuloksista.

Taulukossa on arvioitu näytteiden laatua asteikolla normaali, puutteita ja merkittäviä puutteita. Kuntoa on kuvattu asteikolla normaali, heikentynyt ja merkittävästi heikentynyt. Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla rapautumaton, viitteitä ja rapautunut.

Taulukko 10
Ohuthietutkimuksen tulokset kellotornin betonirakenteissa.

Näyte	Rakenneosa / ohuthiepinta	Laatu	Kunto	Huokoistus	Rapautuneisuus
VK 36	Kellotorni / ulkopinta 0–45 mm	Merkittäviä puutteita	Normaali	ei	Rapautumaton

Arvio kellotornin betonirakenteiden pakkasvaurioista

Kellotornissa havaittiin aistinvaraisesti arviolta betoninpintaosien pakkasrapautumisen vaurioittamia pinnoitteita. Vauriot kuitenkin rajoittuvat arviolta vain betonin ulkopintoihin, eivätkä viittaa merkittävään syvemmälle edenneeseen betonin pakkasrapautumiseen. Ohuthietutkimuksen perusteella betoni ei ole kuitenkaan pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Betonissa on vain vähän suojahuokosia. Lähitulevaisuudessa on mahdollista, että kosteusrasitetuimmille kohdille syntyy lisää yksittäisiä vaurioita.

2.2.5 Saumat ja muodonmuutokset

Kellotornin betonirakenteet on toteutettu ilman erillisiä liikuntasaumoja. Rakenteissa ei havaittu merkittäviä muodonmuutoksia, joilla olisi vaikutusta rakenteiden kestävyyteen.

Työsaumoissa havaittiin halkeamia. Halkeamien kautta sadevesi voi päästä syvemmälle rakenteeseen ja altistaa työsaumassa olevat raudoitteet korroosiolle.

2.2.6 Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintamateriaalit

Kello-osan laattarakenteet ja huippu on pellitetty RST levyillä yläpinnoistaan. Pellityksissä ei ole kallistuksia ja peltien saumoissa ja liittymissä on epätiiviyttä. Peltien kautta sadevesi valuu pystypinnoille. Kellotornin pinnoilla on kosteuden aiheuttamia valumajälkiä. Betonipinnoilla on runsaasti orgaanista kasvustoa, joka viittaa jatkuvaan kosteusrasitukseen. Pellitysten päällä kasvaa paikoin sammalta.

Kellotornin betonirakenteet on pinnoitettu maalilla. Ohuthietutkimuksessa arvioitiin, että maali on sementtimaalia ja maalin tartunnan alustaan on arvioitu olevan pääosin tiivis. Ulkopinnoista arvioituna maali on huonokuntoinen. Maalissa havaittiin säärasituksen aiheuttamaa kulumaa sekä verkkohalkeilua.

Kellojen tukirakenteet ovat sinkittyä terästä. Rakenteissa havaittiin pintaosien ruostevaurioita.



Kuva 34.
Pellitysten saumauksissa epätiiviyttä.



Kuva 35.
Pellitysten saumauksissa epätiiviyttä.



Kuva 36.
Pinnoitteen verkkohalkeilua tornin yläosan seinärakenteessa.



Kuva 37.
Tornin pinnoite kulunut merkittävästi.



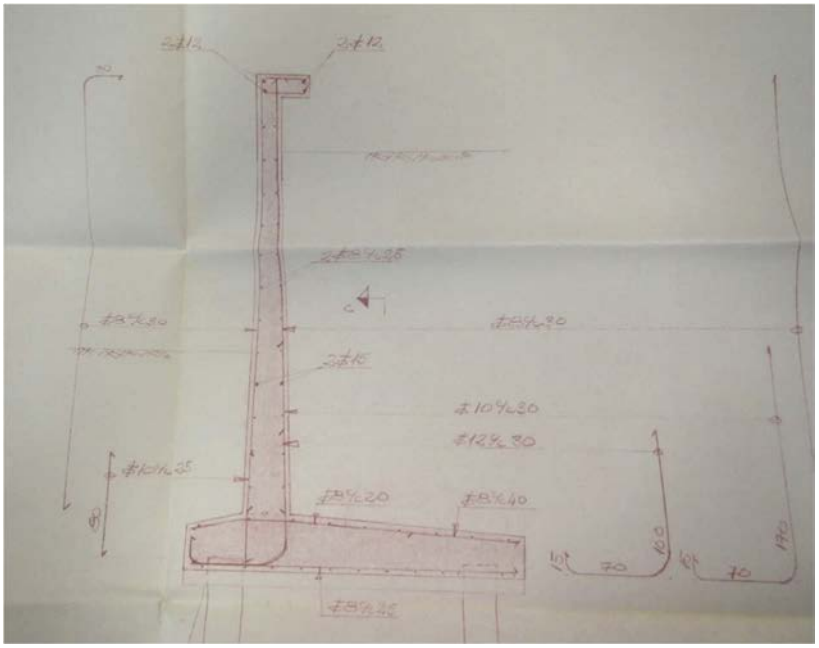
Kuva 38.
Kellon tukirakenteissa ja kiinnityspulteissa pintaosien ruostevaurioita.

2.3 Muurirakenteet

2.3.1 Rakenteet suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella

Muurirakenteista oli käytettävissä arkkitehtipiirustuksia ja yksittäisiä raudoitekuvia. Suunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella rakenteista voidaan todeta seuraavaa:

- Kohteessa on suunnitelmien mukaan käytetty L- ja I-tyyppisiä tukimuureja
- Perustuksena on paaluperustus



Kuva 39.
L-mallisen tukimuurin raudoitesuunnitelma.

2.3.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu

Rakenteista ja betoninäytteistä tehtyjen silmämääräisten havaintojen sekä ohuthietutkimusten perusteella muurien betonin laadusta voidaan todeta seuraavaa:

- Muureissa havaittiin useita halkeamia.
- Betoni on suhteellisen hyvin tiivistynyttä.
- Kiviaines on ehjää ja laadullisesti hyvää. Sideaineen tartunnat ovat pääosin tiiviit



Kuva 40.
Muureista otetut betoninäytteet.

2.3.3 Raudoituksen korroosio

Kohteella tehdyt havainnot

Muurirakenteissa havaittiin useita teräskorroosioon viittaavia halkeamia sekä näkyviä teräskorroosiovaurioita. Vaurioita oli havaittavissa erityisesti muurien yläosissa sekä länsisivun muurien aukkojen vieressä.



Kuva 41.
Länsisivun muurin aukkojen viereisiä teräskorroosiovaurioita.



Kuva 42.
Länsisivun muurin aukkojen viereisiä teräskorroosiovaurioita.



Kuva 43.
Teräskorroosioon viittaava halkeama muurin pystypinnalla.



Kuva 44.
Teräskorroosiovaurio muurin yläosassa.



Kuva 45.
Teräskorroosiovaurio muurin yläosassa



Kuva 46.
Teräskorroosiovaurio muurin yläosassa

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen muurien betonin karbonatisoitumissyvyyksistä. Sisäpinnalla tarkoitetaan tässä yhteydessä muurin rakennuksen puoleista pintaa.

Taulukko 11
Betonin karbonatisoitumissyvyys muurien betonirakenteissa.

Rakenne / Näytemäärä		**Karbonatisoitumissyvyys [mm]**	
		Keskimäärin (keskiarvo / vaihtelu)	**Maksimi (keskiarvo / vaihtelu)**
tukimuuri / 4 kpl	ulkopinta	11 / 5...18	25 / 17...36
	sisäpinta	15 / 4...21	26 / 11...37

Karbonatisoituminen on edennyt muurien molemmilla puolilla lähes yhtä paljon. Syvyydessä ei ole havaittavissa merkittävää eroa edelliseen tutkimukseen verrattuna. Karbonatisoituminen on edennyt arviolta tavanomaisella nopeudella.

Raudoitteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen muurien raudoitteiden suojabetonipaksuuksista.

Taulukko 12
Raudoitteiden suojabetonietäisyydet muurien betonirakenteissa.

Rakenne		**Raudoituksen betonipeite**	
		Pääosin yli / osuus	**osuus alle 15 mm**
Tukimuuri	verkko	20 mm / 79 %	9 %

Osa raudoitteista on lähellä betonin ulkopintaa ja suojabetonin paksuus alittaa niissä rakennusaikaiset määräykset. Yleisesti suojabetonin paksuus on kuitenkin kohtalaisen hyvä.

Betonin kloridipitoisuus

Vuoden 2017 tehdyssä betonirakenteiden kuntotutkimuksessa muurien betonin kloridipitoisuutta tutkittiin yhteensä yhdellä näytteellä. Tutkitussa näytteessä ei havaittu betonirakenteiden säilyvyydelle haitallista määrää klorideja (kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,05…0,07 % betonin painosta).

Taulukko 13
Betonin kloridipitoisuudet muurin näytteessä

Rakenneosa	Näyte	Kloridipitoisuus [paino-%]
Tukimuuri	VK CL 21	<0,010

Arvio muurien betonirakenteiden korroosiotilasta

Karbonatisoituminen on edennyt muureissa tavanomaista nopeutta ja se on saavuttanut noin 10 % raudoitteista. Muureissa oli silmämääräisesti havaittavissa useita teräskorroosiovaurioita. Vaurioita oli havaittavissa erityisesti muurien yläosissa ja aukkojen reunaterästen kohdilla, joissa teräkset ovat havaintojen mukaan lähempänä betonin ulkopintaa kuin muilla pinnoilla. Lähitulevaisuudessa (10 vuotta) on odotettavissa, että muureihin syntyy lisää näkyviä teräskorroosiovaurioita.

2.3.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kohteella tehdyt havainnot

Muureissa oli havaittavissa muutamia näkyviä pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita. Näkyviä vaurioita oli erityisesti muurien alaosissa. Näillä alueilla havaittiin vasaroinnilla pakkasrapautumiseen viittaavaa lujuuden alenemaa.

Paikoin muurien yläosissa havaittiin verkkomaista kuviota, joka ei kuitenkaan viittaa aikaisemman tutkimuksen näytteiden tai nyt tehtyjen vasarointien perusteella merkittävään pakkasrapautumiseen.



Kuva 47.
Muurien alaosissa havaittiin muutamia vasaroinnilla pakkasrapautumiseen viittaavaa pehmentymää.



Kuva 48.
Pakkasrapautunut alue. Kohdassa myös ruostunut raudoite.

Betonin vetolujuus

Muurien betonin kuntoa tutkittiin vetolujuuskokeilla yhteensä kolmella näytteellä. Alla olevassa taulukossa on esitetty laboratoriokokeiden tulokset.

Taulukko 14
Betonin vetolujuus muurin betonirakenteissa.

Rakenne ja näyte		**Lujuus [MPa]**	**Murto-kohta [mm]**	**Murtotapa**
Tukimuuri	VK 25	1,5	12–18 UP	Murto 8 mm teräksestä ja rakeita myötäillen.
	VK 26	2,0	115–125 UP	Pääosin rakeita katkaisten.
	VK 27	2,8	12–26 UP	Pääosin rakeita myötäillen.
	Keskiarvo	**2,1**		
UP = ulkopinta				

Tutkittujen näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat hyviä eivätkä viittaa merkittävään pakkasrapautumiseen. Näytteen VK 25 murto on tapahtunut raudoitteen kohdalta, joka tavanomaisesti alentaa saavutettavaa vetolujuutta.

Vetolujuuskokeiden tulokset täyttävät kuitenkin korjausalustalle asetetut yleiset vaatimukset (>1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen).

Ohuthietutkimukset

Muurien betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella yhdellä näytteellä (VK 28). Tutkimuksen perusteella muurin betonista voidaan todeta seuraavaa:

- Betonin tiivistyminen on keskinkertainen. Tutkitun näytteen ulkopinnassa 0…12 mm syvyyteen tiivistyminen on huonoa.
- Suojahuokosia on vähähän ja betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna.
- Näytteessä ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä.

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto muurin ohuthietutkimusten tuloksista. Taulukossa on arvioitu näytteiden laatua asteikolla normaali, puutteita ja merkittäviä puutteita. Kuntoa on kuvattu asteikolla normaali, heikentynyt ja merkittävästi heikentynyt. Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla rapautumaton, viitteitä ja rapautunut.

Taulukko 15
Ohuthietutkimuksen tulokset muurin betonirakenteissa.

Näyte	Rakenneosa / ohuthiepinta	Laatu	Kunto	Huokoistus	Rapautuneisuus
VK 28	tukimuuri / ulkopinta 0–45 mm	Puutteita	Normaali	ei	Rapautumaton

Arvio muurien betonirakenteiden pakkasvaurioista

Muureissa havaittiin silmämääräisesti ja vasaroimalla yksittäisiä pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita muurien alaosissa. Ohuthietutkimuksen perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Ohuthietutkimuksessa ja vetokokeissa ei kuitenkaan havaittu merkittävää pakkasrapautumiseen viittaavaa vaurioitumisesta. Lähitulevaisuudessa (noin 10 vuotta) on kuitenkin mahdollista, että kosteusrasitetuimmille

kohdille syntyy yksittäisiä vaurioita ja jo olemassa olevat vauriot etenevät kiihtyvällä nopeudella.

2.3.5 Saumat ja muodonmuutokset

Muureissa on liikuntasaumoja, jotka on saumattu elastisella saumamassalla. Saumaukset ovat halkeilleet ja niissä on epätiiviyttä, saumaukset irtoilevat reunoiltaan. Saumausten tekninen käyttöikä on päättynyt. Idänpuoleisessa muurissa havaittiin tapahtuneen liikettä ja kallistumista. Muuri on kallistunut yläreunastaan ulospäin. Arkkitehtisuunnitelmien perusteella kyseisessä kohdassa muurin tyyppi vaihtuu L-muurista I-muuriksi (L-muuri kallistunut). Silmämääräisesti arvioituna kallistuminen ei ole merkittävästi muuttunut edelliseen tutkimukseen verrattuna, vähäiset muutokset ovat kuitenkin mahdollisia (ei ole tehty seurantamittauksia).



Kuva 49.
Muurin ja ulkoseinän välinen liikuntasauma haljennut.



Kuva 50.
Muurin liikuntasaumasta pudonnut pois saumamassa.



Kuva 51.
Muurin liikuntasauma haljennut.



Kuva 52.
Idänpuoleisen muurin kallistumaa. Kuva vuodelta 2017

2.3.6 Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintamateriaalit

Muurit on pellitetty yläreunoistaan. Yläreunan pellityksen kallistus on vähäinen ja peltien saumaukset on toteutettu limisaumalla. Saumoissa on epätiiviyttä. Yksittäinen pellitys puuttuu takapihan muurin päältä. Muurien pinnoilla on havaittavissa valumajälkiä ja orgaanista kasvustoa. Muurien liikuntasaumojen elastiset saumaukset ovat epätiiviitä ja halkeilevat. Maaperästä nousee kosteutta muurin maanpäällisiin osiin.

Muurien ulkopinnat on maalattu valkoiseksi. Maalipinnat ovat huonokuntoisia. Maali on kulunutta ja hilseilee. Osa pinnoista on kulunut betonipinnalle. Ohuthietutkimuksessa yksittäisessä näytteessä on havaittu kolme kerrosta pinnoitteita. Kaksi ulointa kerrosta ovat arviolta sementtimaaleja. Pohjimmaisen pinnoitteen sideainetta ei ole määritetty ohuthietutkimuksessa.



Kuva 53.
Muurin pinnoitteissa kulumaa ja muurissa valumajälkiä.



Kuva 54.
Pinnoite kulunut osin betonipinnalle.



Kuva 55.
Muureista on poistettu runsaasti graffiteja. Poiston yhteydessä maalipinnoite on irronnut betonipinnalle.



Kuva 56.
Muurin yläpinta on pellitetty. Muurin pinnalla on pitkäaikaiseen kosteusrasitukseen viittaavaa orgaanista kasvustoa. Osa kosteudesta nousee arviolta maaperästä.



Kuva 57.
Muurin yläpinnan pellitys irronnut.



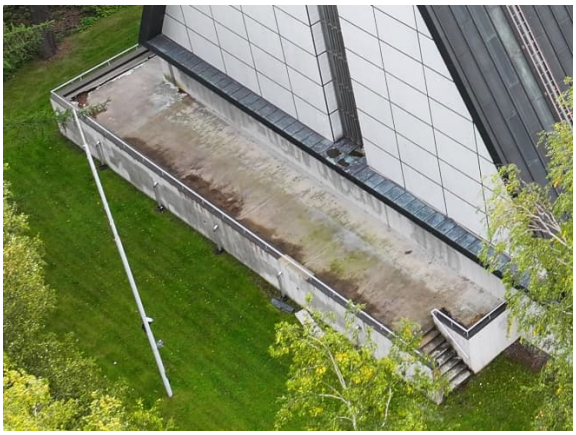
Kuva 58.
Muureissa havaittiin valumajälkiä ja pitkäaikaiseen kosteusrasitukseen viittaavaa orgaanista kasvustoa.

2.4 Pihakansirakenteet

Kirkon pohjois- ja itäsivuilla on seinien vieressä betoninen pihakansirakenne. Rakenne tutkittiin yläpinnoilta silmämääräisesti sekä kanteen liittyvissä muureissa olevien tuuletusaukkojen kautta. Pihakansista ei otettu tässä tutkimuksessa betoninäytteitä.



Kuva 59.
Yleiskuvaa itäsivun pihakansirakenteesta.



Kuva 60.
Yleiskuvaa pohjoissivun pihakansirakenteesta.

Kannen yläpinnalla on ollut vedeneristetyyppinen pinnoite, joka on kulunut/irtoillut suurelta osalta betonipinnalle. Kannen vedenpoisto on toteutettu kallistamalla laatta kohti muurirakenteita. Muurirakenteen vieressä on kansilaatan betoniin muotoiltu vedenpoistokouru, josta vesi ohjautuu vedenpoistoputkia pitkin muurin toisella puolella oleviin rännikaivoihin.

Laatan alapuolella on laatan kanssa yhtenäisesti paikallavaletut palkkirakenteet, jotka tukeutuvat päistään muureihin/pilarirakenteisiin. Laatat on lisäksi valettu yhteen seinä-/muurirakenteisiin.

Kannen alapuolella, laattojen liittymissä palkkeihin ja seiniin, havaittiin runsaasti vesivuodoista aiheutuneita valumajälkiä. Palkkirakenteiden alapinnoilla havaittiin paikoin ”tippukivi”muodostumia, joiden perusteella vuodot ovat olleet pitkäaikaisia. Vuodot ovat kuljettaneet betonin ainesosia ja tuoneet sitä rakenteen ulkopinnalle muodostaen tippukiviä.

Laatan alapinnoilla havaittiin yksittäisiä teräskorroosiovaurioita. Kohdissa teräkset ovat lähellä laatan alapintaa / betonin ulkopintaa. Palkkirakenteissa havaittiin runsaasti näkyviä teräskorroosiovaurioita. Palkkien hakateräkset ovat näkyvien vaurioiden perusteella jääneet suurelta osin liian lähelle betonin ulkopintaa.



Kuva 61.
Laatan yläpinnalla on ollut vedeneristetyyppinen pinnoite, joka on kulunut/irtoillut lähes kauttaaltaan betonipinnalle.



Kuva 62.
Laatta on kallistettu kohti muuria. Laatassa on vedenpoistokouru muurin vieressä.



Kuva 63.
Pihakannen viereisessä muurissa olevista kannen alapuolen tuuletusaukoista puuttuu suojaritilöitä.



Kuva 64.
Kannen alapuolisia rakenteita valokuvattiin tuuletusaukkojen kautta.



Kuva 65.
Palkin teräskorroosiovaurioita ja valumajälkiä. Teräkset ovat lähellä betonin ulkopintaa.



Kuva 66.
Palkin teräskorroosiovaurioita ja valumajälkiä.



Kuva 67.
Palkkien kohdilla maaperässä havaittiin kosteusjälkiä.



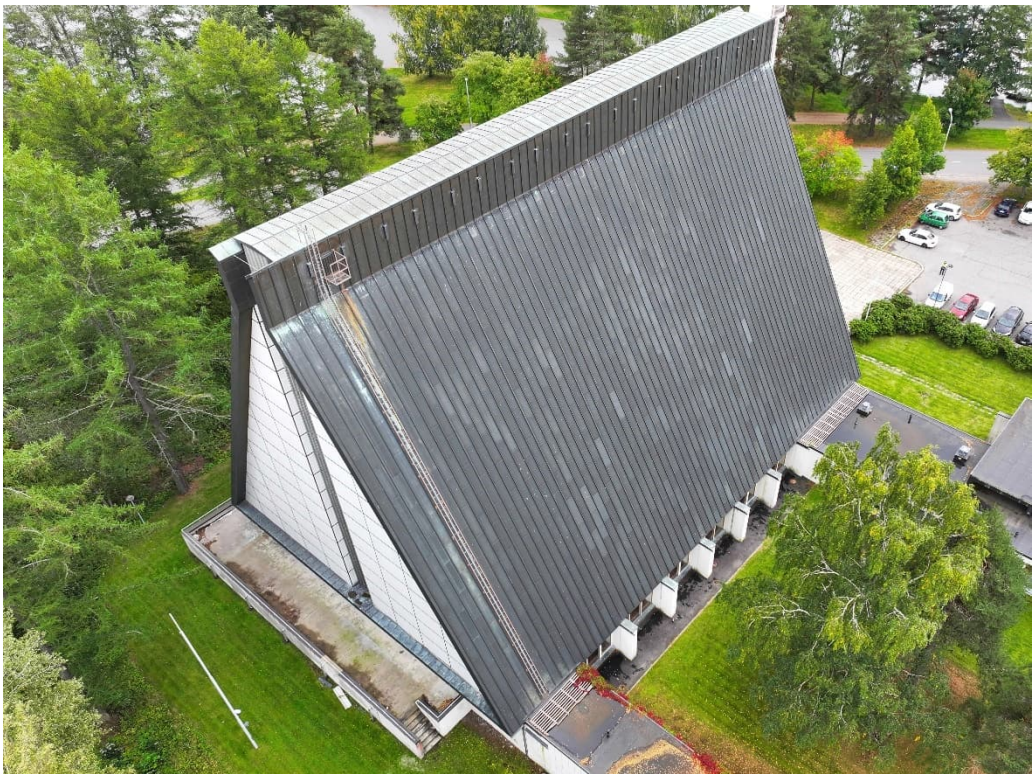
Kuva 68.
Osasan palkkien alapinnoilla havaittiin tippukivimuodostumia.



Kuva 69.
Laatan alapinnalla teräskorroosiovauriota ja seinällä vaaleita rakennusaikaisia betonivalumia/purseita.

2.5 Kuparikatto

Kohteen vesikattorakenteet tarkastettiin kuntotutkimuksessa ulkopuolelta silmämääräisesti ja rakenneavauksin. Kohteen kuparikatto tarkastettiin nostokoneella länsijulkisivun räystään lähettyviltä sekä muualta kopterikuvauksella. Lisäksi kuparikattoon tehtiin kaksi rakenneavausta räystään alapintojen laudoitusten kautta.



Kuva 70.
Yleiskuva kuparikatosta.

2.5.1 Rakenne tehtyjen havaintojen perusteella

Kohteen vesikattorakenteina on kirkkosalin osalla jyrkkä kuparipeltinen harjakatto. Lisäksi kirkkosalin päätykolmioissa on 1. kerroksen katon korkeudella lipparakenteet, joiden katemateriaalina on kuparipellit.

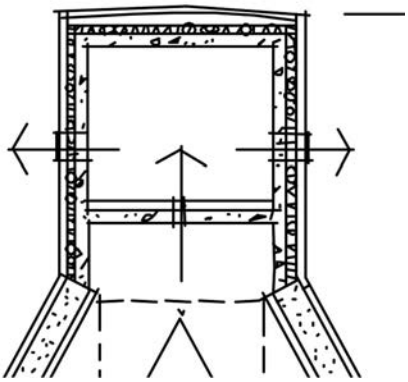
Tutkimuksessa oli käytettävissä vesikattorakenteiden alkuperäisiä piirustuksia ja suunnitelmia. Suunnitelmien ja kohteella tehtyjen havaintojen perusteella vesikattorakenteista voidaan todeta seuraavaa:

- Kuparikaton rakenne on ylhäältä alaspäin seuraava:
  - kuparikate rimasaumoilla
  - raakaponttilauta
  - 50x100mm koolaus
  - laastikerros
  - 300 mm kevytbetoni (siporex -lankut)
  - sisäverhous
- Harjakaton vedenohjaus on toteutettu ilman räystäskouruja

- Harjakatteeseen liittyvien pilastereiden pellitykset on varustettu vesikouruilla



Kuva 71.
Harjalla sijaitsee korotusosa, jonka sisässä on suunnitelmien mukaan tuuletuskanava (kirkkosalin painovoimainen tuuletus)



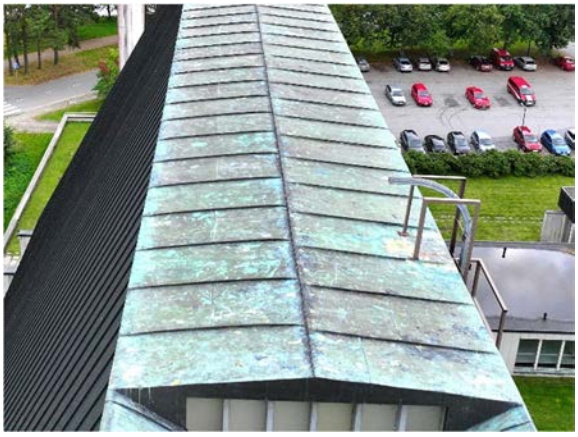
Kuva 72.
Ote ARK-leikkauksesta harjan kohdalta.

2.5.2 Vesikatteen yleiskunto

Harjakaton kuparipellitys on alkuperäinen, eikä sille ole tehty saatujen tietojen mukaan merkittäviä korjauksia. Kuparin pinta on oksidoitunut tummaksi. Katetta suojaavassa oksidikerroksessa on havaittavissa silmämääräisesti arvioituna kulumista ja oksidikerroksen uusiutumista. Eniten kulumaa on korotetun osan liitoksessa, itälappeella ja länsilappeen tikkaiden kohdalla. Tikkaiden kohdalla vesikatolle on kertynyt veden valumakohdille ruostejäämiä tikasrakenteista.



Kuva 73.
Kuparin pinta on oksidoitunut tummaksi.



Kuva 74.
Harjalla oksidikerros on vihertävämpi.



Kuva 75.
Lappeen yläreunaan kohdistuu suurempaa säärasitusta ja oksidikerros on kulunut liitoksessa kirkkaaksi kuparipinnaksi.



Kuva 76.
Yläpohjaluukun ja tikkaiden kohdalle on kertynyt ruostevalumia.

2.5.3 Liittymät ja saumat

Kuparikatteen pitkittäiset saumat on toteutettu noin 45x45 mm kokoisilla rimasaumoilla. Vaakasaumat ovat hakasaumoja. Harjalla ja päätyräystäillä vesikatteessa on hakasaumoilla tehtyjä pystysaumoja. Alaräystäillä ei ole vesikouruja. Alaräystäillä vesikate limittyy seinäpilastereiden päällä olevien pellitysten päälle. Pilastereiden pellitysten kallistukset ovat puutteellisia. Sadevesi pääsee roiskumaan julkisivupinnoille kuparikatolta valuvien suurien vesimäärien seurauksena. Julkisivupinnoilla havaittiin runsaasti kuparin aiheuttamia värjäytymiä ja kosteusjälkiä.

Kuparikatteessa ei havaittu katteen saumoissa epätiiviyskohtia. Kuparikatteen liittymissä muihin rakenteisiin havaittiin yksittäisiä epätiiviyskohtia.



Kuva 77.
Pituussaumat on toteutettu rimasaumoilla.



Kuva 78.
Vaakasaumat on toteutettu hakasaumoilla.



Kuva 79.
Sadevesi valuu kuparikatoilta pilastereiden seinäpinnoille.



Kuva 80.
Kuparikaton ja bitumikaton liittymään on tehty puinen suojaritilä suojaamaan bitumikatetta.



Kuva 81.
Sadeveden lammikoitumista lipan kuparikatolla.



Kuva 82.
Kuparikaton ja bitumikaton liitoksessa on pellityksen elastinen saumamassa, joka on haljennut.



Kuva 83.
Pilasterin pellityksen kouru irronnut.



Kuva 84.
Pääsisäänkäynnin lipan vedenpoisto-kouru irronnut ja vaurioitunut.

2.5.4 Tuuletus

Harjakaton tuuletus on toteutettu alaräystäiltä ja harjalta. Alaräystäiden alapinnan lautaverhous on tehty harvalaudoituksena ja ilma pääsee lautojen välistä vesikaton tuuletusrakoon. Harjalla on tuuletusritilät. Suunnitelmien mukaan tuuletusrakoa on noin 50 mm.



Kuva 85.
Räystään alapinnoilla on harvalaudoitus, johon tehtiin kaksi rakenneavausta.



Kuva 86.
Kuva räystäältä kohti harjaa. Kuparipellin alla on umpilaudoitus ja tuuletusrako.



Kuva 87.
Yläpohjan lämmöneristeenä on kevytbetonilankut. Laastikerroksesta ei saatu varmuutta.



Kuva 88.
Kuva räystäslautojen päältä räystään suuntaisesti. Kuvassa oikealla katepellin alapuolinen umpilaudoitus.

2.5.5 Läpiviennit, kattoluukut ja turvavarusteet

Harjakaton pystyosuudella sijaitsee luukku, josta pääsee yläpohjatilaan. Tikkaat on varustettu turvavaljaiden kiinnityskiskolla. Tässä tutkimuksessa ei käyty harjakaton yläpohjatilassa. Aikaisemmassa tutkimuksessa on todettu yläpohjatilaan vievien lapetikkaiden rakenteissa ruostevaurioita, joita ei ole arviolta korjattu tutkimusten välissä.

Harjan korotetun osan pystypinnoilla on kirkkosalin painovoimaisen ilmanvaihdon poistoreittejä.



Kuva 89.
Yläpohjaan vievät tikkaat on varustettu turvavaljaiden kiinnityskiskolla. Rakenteissa on ruostevaurioita.



Kuva 90.
Korotetun osan pystypinnoilla on kirkkosalin painovoimaisen ilmanvaihdon poistoreittejä.

2.6 Bitumikatteet

Sakastin ja rippikouluosan katto on sisäänpäin viemäröity loiva bitumikermikatto. Bitumikattojen havainnot ja tutkimustulokset on esitetty kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raportissa (A-Insinöörit).

Tiivistelmänä bitumikatteista voidaan todeta, että bitumikatteet on uusittu käyttäjältä saatujen tietojen mukaan 1990-luvun alkupuolella. Katteet ovat teknisen käyttöikänsä lopussa ja katteet tulisi uusia. Huovan alusrakenteena on umpilaudoitus ja matala tuulettuva yläpohjatila.

Julkisivujen osalta bitumikattojen reunapeltien ulkonemat ovat lyhyet ja reunanostot ovat matalia. Reunapellitysten detaljeja on näiltä osin suositeltavaa parantaa bitumikatteiden uusimisen yhteydessä.



Kuva 91.
Yleiskuvaa bitumikatoista.

2.7 Ikkunarakenteet

Kirkkosalin päädyissä sijaitsee lähes koko rakennuksen korkuiset metallirunkoiset ikkunat. Alttaripäädyn ikkunassa on sisäpuolella ikkunan korkuinen taidelasitus. Ikkunat tarkastettiin rakennuksen ulkopuolelta nostokorista sekä kopterikuvauksella. Ikkunoissa on runsaasti haljenneita ja irtonaisia laseja. Lasien ja karmien kittauksissa on halkeilua ja epätiiviyttä. Ulkopuolen peitelistojen ruuvikannat ovat havaituilta osin ruosteissa.



Kuva 92.
Haljenneita laseja.



Kuva 93.
Kiinnikkeissä ruostetta.



Kuva 94.
Elastisissa kittauksissa halkeilua.



Kuva 95.
Elastisissa kittauksissa halkeilua.

Maantasokerroksen ikkunat ovat pääosin puurunkoisia. Osa ikkunoista on toteutettu yhdellä lämpölasilla (kirkkosali) ja osa ikkunoista on kaksilasisia. Puurunkoisten ikkunoiden lisäksi maantasokerroksessa on lasitiilisiä ikkunoita. Ikkunoiden ulkopuitteissa on runsaasti puuosien halkeilua, maalipintojen kulumaa ja alkavia lahovaurioita. Ikkunoiden vesipeltien kaadot ovat loivia ja ulosheittopituudet lyhyitä. Pellitykset ovat

paikoin irti kiinnityksistään ja kittauksissa on epätiiviyttä. Lasitiili-ikkunoissa on yksittäisiä haljenneita lasitiiliä ja tiilten saumauksissa on viitteitä vesivuotojäljistä.

Sisäpinnoilla ikkuna- ja ulkoseinärakenteiden liittymissä esiintyy monin paikoin ilmavuotojen aiheuttamia tummentumia.



Kuva 96.
Ulkopinnan listoitukset vaurioituneet korjauskelvottomiksi kirkkosalin ikkunassa.



Kuva 97.
Kirkkosalin ikkunan karmissa lahovaurioitumista.



Kuva 98.
Ikkunoiden ulkopintojen puuosat ovat yleisesti huonokuntoisia.



Kuva 99.
Ikkunan ulkopinnan listat irtoilevat.



Kuva 100.
Sisäpihalla olevien ikkunoiden välisissä pelleissä havaittiin naulausten ulosvetäytymistä.



Kuva 101.
Pellityksen reunoilla ei ole tiivistystä ja taustalla ei ole tuuletusrakoja. Taustan puuosissa havaittiin kosteusjälkiä.



Kuva 102.
Lasitiili-ikkunoiden saumat ovat huonokuntoisia.

2.8 Kirkkosalin pilarien halkeamat

Kirkkosalin sisäpuolella on havaittu lehterin kohdalla olevissa pilareissa halkeilua pilarien alareunoissa. Halkeamat ovat pilareissa symmetrisiä ja suorareunaisia, jonka perusteella ne ovat arviolta rakennusaikaisten työsaumojen kohdilla. Yhdestä pilarista tehtiin halkeaman kohdalla rakenneskannaus Hilti PS 1000 X-Scan -betoniskannerilla. Rakenneskannauksen perusteella halkeaman läpi kulkee yhtenäisiä työsaumaraudoitteita. Halkeamat on arviolta korjattavissa. Korjaussuunnittelun yhteydessä on suositeltavaa poistaa halkeaman ympäriltä laastikerroksia korjaustavan/-syvyyden

määrittämistä varten. Korjauksessa voidaan joutua lisäraudoittamaan liitosta ja/tai muuttamaan halkeama ulkopinnalta elastiseksi saumaksi.



Kuva 103.
Suorareunainen halkeama pilarin alareunassa.



Kuva 104.
Suorareunainen halkeama pilarin alareunassa.



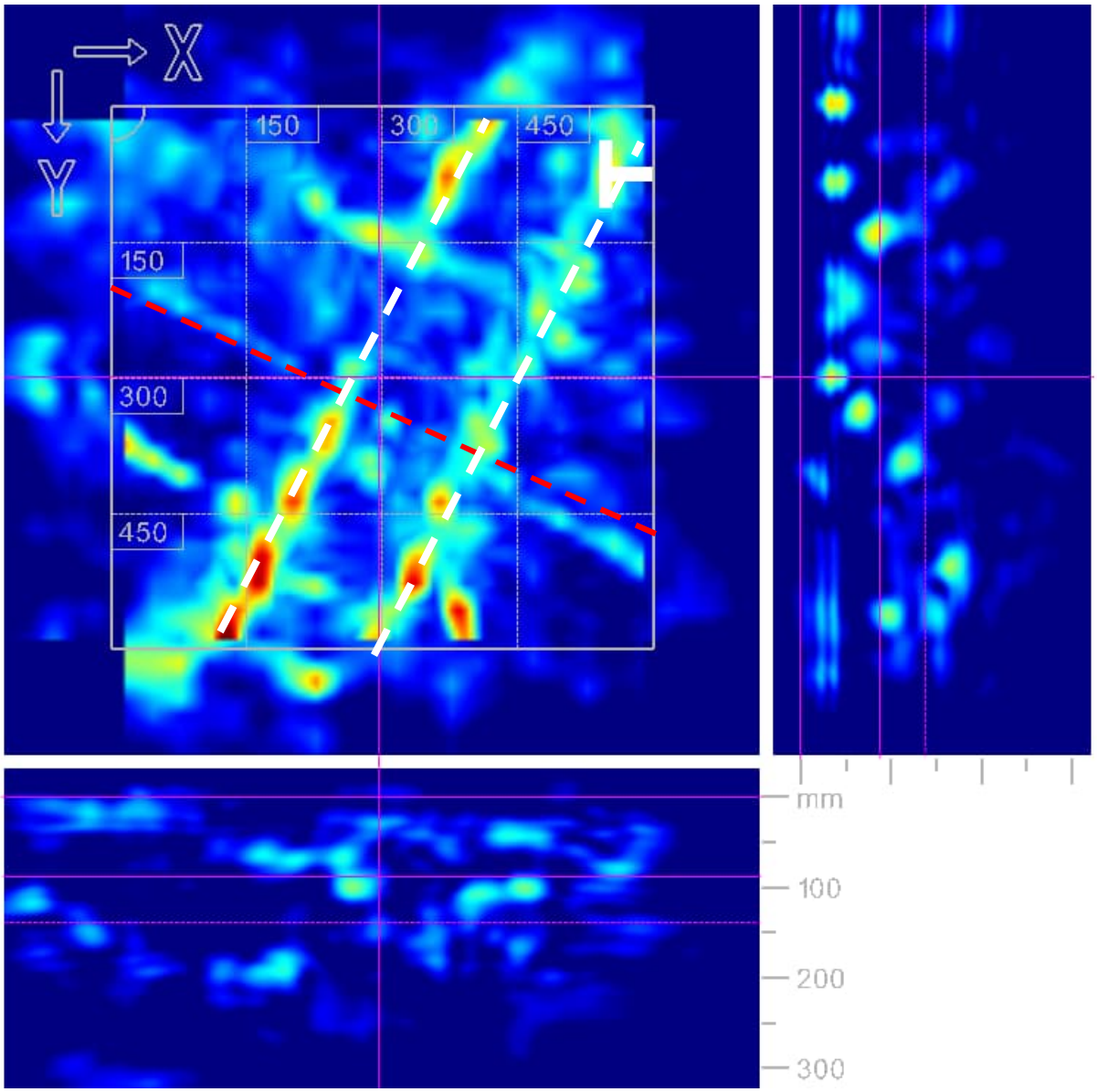
Kuva 105.
Halkeama pilarin alareunassa. Halkeaman kohdalta on pudonnut rappausta/laastia.



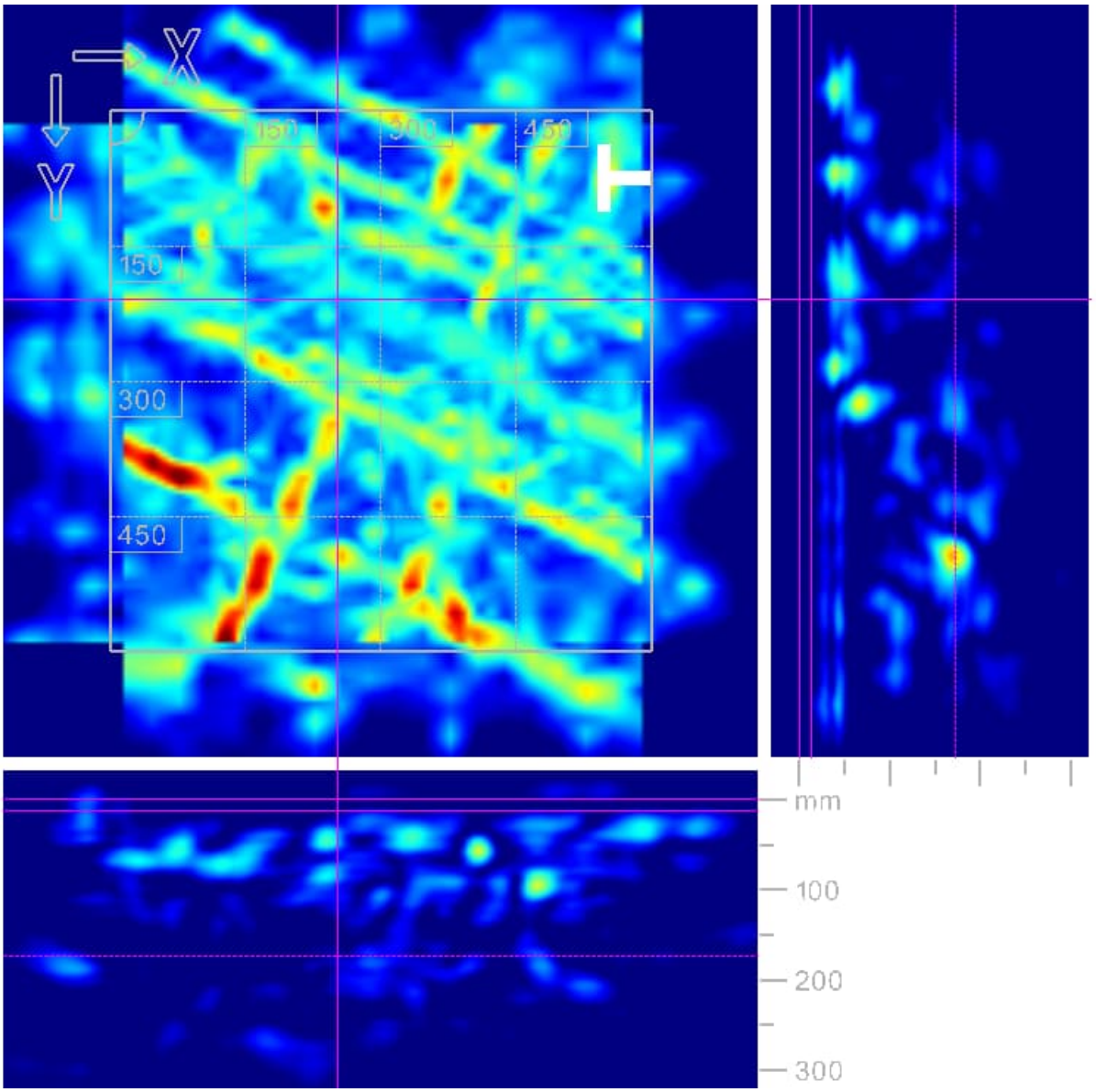
Kuva 106.
Pilarin rappaus/laastikerrokset ovat pullistuneet halkeilun seurauksena.



Kuva 107.
Pilariin tehtiin rakenneskannaus betoniskannerilla. Halkeaman sijainti merkattu kuvaan punaisella katkoviivalla. Skannauksessa havaitut halkeaman läpi kulkevat raudoitteet merkattu mustilla katkoviivoilla. Skannatun alueen koko 60 * 60 cm.



Kuva 108.
Tuloste rakenneskannauksesta. Halkeaman sijainti merkattu kuvaan punaisella katkoviivalla. Arvio pilarin suuntaisista halkeaman läpikulkevista raudoitteista osoitettu kuvassa valkoisilla katkoviivoilla.



Kuva 109.
Tuloste rakenneskannauksesta pinnasta noin 170 mm syvyyteen. Kuvassa näkyvissä edellisen kuvan terästen lisäksi pilarin hakateräksiä.

3 Turvallisuuteen vaikuttavat tekijät

Klinkkeripintaisilla julkisivupinnoilla betonin vaurioituminen on irrottanut klinkkerilaattoja alustastaan. Suurelta osin irronneet laatat ovat elementtien liikuntasaumojen massojen vieressä olevia mustia klinkkerilaattoja. Irronneet laatat roikkuvat elementtien saumamassojen varassa, jolloin maantasoon tilanne ei näy yhtä kriittisenä. Saumamassaa ei voi kuitenkaan pitää luotettavana kiinnityksenä. Pudotessaan laatat aiheuttavat turvallisuusriskin. Päätykolmioiden alla on erilliset lipparakenteet, mutta laatat voivat pudota / kimmota lipparakenteen ulkopuolelle.

Kellotornin laattaosien alapinnoissa on laajoja teräskorroosiovaurioita, jotka aiheuttavat betonin lohkeilua ja irtoamista. Mahdolliset putoavat betonikappaleet aiheuttavat turvallisuusriskin.

Vauriotilannetta tulee tarkkailla säännöllisesti ja irtoavat betonikappaleet tulee poistaa hallitusti.

Kohteen muurien liikuntasaumojen saumamassoissa on havaittu haitta-ainetutkimuksessa raja-arvot ylittävä määrä PCB:tä. Saumojen mahdollinen purku tulee suorittaa työterveysviranomaisen / paikallisen ympäristökeskuksen antamien ohjeiden mukaisesti. Purkujäte on käsiteltävä ja hävitettävä ongelmajätteenä. Kohteen haitta-aineita on käsitelty tarkemmin erillisessä Asbesti- ja haitta-aineraportissa (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 31.8.2017).

4 Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

4.1 Julkisivubetonit

Julkisivujen klinkkeripintaisten kuorielementtien betoni on vaurioitunutta erityisesti elementtien reuna-alueilla. Klinkkerilaatat irtoilevat ja betonissa on tapahtunut pakkarapautumista sekä teräskorroosion aiheuttamaa betonin lohkeilua. Elementtien saumauksissa on epätiiviyttä.

Klinkkerilaattaisten elementtien betonin karbonatisoituminen on edennyt merkittävästi edellisestä kuntotutkimuksesta ja pääosa raudoitteista sijaitsee karbonatisoituneessa betonissa, jolloin teräskorroosio on mahdollista kosteusrasituksen yhteydessä.

Tutkimusten perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna ja kohteella havaittiin pakkasrapautumavaurioita erityisesti ikkunapielien ulkokulmissa.

Useat mustat klinkkerilaatat ovat irronneet taustabetonistaan. Irronneet klinkkerilaatat roikkuvat elementtien saumamassan varassa. Klinkkerilaatat ja teräskorroosion lohkaisemat betonikappaleet aiheuttavat pudotessaan merkittävää turvallisuusriskiä.

Alustasta irronneet klinkkerilaatat, epätiiviit saumaukset ja betonin pakkasrapautumisesta sekä teräskorroosiosta aiheutuneet halkeamat mahdollistavat kosteusrasituksen pääsemisen syvemmälle betoniin. Vauriot kiihdyttävät betonin vaurioitumista jatkossa.

Maantasokerroksen betonipintaisten julkisivujen maalipinnat ovat kuluneet suurilta alueilta ja osa pinnoista on kulunut betonipinnalle. Betonin karbonatisoituminen on edennyt pitkälle ja se on saavuttanut noin 45 % raudoitteista. Laskennallisesti arvioituna karbonatisoituminen saavuttaa 10 vuoden kuluessa noin 55 % raudoitteista. Toistaiseksi pinnoilla havaittiin kuitenkin vain yksittäisiä näkyviä teräskorroosiovaurioita. Betoni ei ole tutkimusten perusteella pakkasenkestävää kosteusrasitettuna ja vetolujuuskokeissa havaittiin lujuuden alenemaa. Lujuudet olivat kuitenkin vielä kohtalaisen hyviä ja täyttävät asetetut yleiset vaatimukset (>1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen). Ulkoseinien elastiset liikuntasaumat ovat halkeilleet lähes kauttaaltaan ja halkeamien kautta voi päästä kosteutta rakenteisiin.

Klinkkeripintaisten elementtien vaurioituminen on edennyt jo pitkälle ja niiden korjaaminen ei ole arviolta enää kustannusteknisesti kannattavaa. Mikäli elementit kunnostettaisiin, jäisi korjauksen käyttöikä arviolta lyhyeksi (noin 10…15 vuotta) ja korjauksessa tulisi varautua merkittäviin valukorjauksiin sekä yksittäisten elementtien uusimiseen.

Maantasokerroksen betonin vaurioituminen on edennyt vähäisemmin ja kyseiset julkisivut ovat vielä korjattavissa.

Julkisivuihin liittyen esitetään klinkkerilaattaisten julkisivujen kuorielementtien uusimista ja maantasokerroksen julkisivujen perusteellista pinnoitus- ja paikkaiskorjausta. Korjauksen yhteydessä voidaan lisälämmöneristää kirkkosalin päätykolmiot.

Korjaustapasuositus

”Kuorielementtien uusiminen / uusi levyverhous ja päätykolmioiden lisälämmöneristys sekä maantasokerroksen perusteellinen pinnoitus- ja paikkauskorjaus”

- Kuorielementit puretaan päätykolmioista
- Päätykolmiot lisälämmöneristetään
- Asennetaan uudet kuorielementit tai esim. levyverhoilu
- Maantasokerros betonipinnat hiekkapuhalletaan ja nykyiset vauriokohdat korjataan laastipaikkausmenetelmin
- Maantasokerroksen betonipinnat ylitasoitetaan ja pinnoitetaan
- Julkisivusaumat uusitaan

Korjaus tulisi suorittaa noin 2-4 vuoden kuluttua. Päätykolmioiden uusitun julkisivupinnan tekninen käyttöikä on materiaalista riippuen noin 30-50 vuotta. Maantasokerroksen betonijulkisivuille korjauksella saadaan lisää käyttöikää noin 20-25 vuotta. Lisäksi päätykolmioiden lisälämmöneristyksellä on mahdollista parantaa kiinteistön energiatehokkuutta.

Ennen korjauksia tulee klinkkerilaattaisten elementtien kuntoa seurata säännöllisesti ja irrottaa putoamassa olevat klinkkerilaatat ja betonikappaleet sekä tarvittaessa väliaikaisesti lisäkiinnittää elementit, joiden kiinnitykset ovat heikentyneet (tarkentuu kun irronneet klinkkerilaatat ja betonikappaleet poistetaan)

4.2 Kellotorni

Kellotornin huipulla sijaitsevan kello-osan laattarakenteissa havaittiin laajalti teräskorroosiovaurioita, jotka ovat irrottaneet laatan alapinnoista betonikappaleita. Kellotornin pystyosien raudoitteet sijaitsevat tutkimuksen perusteella syvällä betonin ulkopinnasta ja betonin karbonatisoituminen ei ole saavuttanut merkittävästi raudoitteita. Pystyosilla ei myöskään havaittu merkittäviä teräskorroosiovaurioita. Kellotornin betonit eivät ole tutkimuksen perusteella pakkasenkestäviä kosteusrasitettuina. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin vain pintaosiin rajoittuvaa paikallista pakkasrapautumista.

Kellotornin maalipinnat ovat huonokuntoisia. Maaleissa havaittiin paikoin verkkohalkeilua ja osassa kohdin pinnat ovat kuluneet lähes betonipinnalle. Maalipinnoilla ja

pellityksissä kasvaa punalevää ja sammalta. Tornin suojapellitysten saumaukset halkeilevat ja saumoissa on epätiiviyttä. Kellotornille suositellaan perusteellista pinnoitus- ja paikkaiskorjausta.

Korjaustapasuositus: ”Kellotornin perusteellinen pinnoitus- ja paikkauskorjaus”

- Betonipinnat suihkupuhdistetaan
- Teräskorroosiovauriot paikkakorjataan
- Laattaosien suojabetonin paksuutta kasvatetaan ylitasoituksin tai ruiskubetonoimalla
- Kellotornin betonipinnat ylitasoitetaan ja pinnoitetaan
- Pellitykset uusitaan tai tiivistetään
- Kellojen tukirakenteet uusitaan tai korjataan

Korjaus tulisi suorittaa noin 2-4 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää kellotornille lisää käyttöikää noin 20-25 vuotta.

Ennen korjauksia tulee kellotornin kuntoa seurata säännöllisesti erityisesti laattojen alapintojen osalta ja irrottaa putoamassa olevat betonikappaleet.

4.3 Muurirakenteet

Muurien betonirakenteissa on halkeilua ja useita näkyviä teräskorroosiovaurioita. Idänpuoleisessa muurissa on tapahtunut kallistumista ja muurien välinen sauma on haljennut. Muurien yläpinnan pellitysten kallistus on loiva ja pelleissä on epätiiviyttä. Pinnoilla on näkyvissä kosteuden aiheuttamia jälkiä, maalipinnan kulumista ja orgaanista kasvustoa. Muurien elastiset liikuntasaumat ovat teknisen käyttöikänsä päässä ja suuri osa saumauksista on haljennut. Muurien betonit eivät ole pakkasenkestäviä kosteusrasitettuina ja erityisesti muurien alaosissa havaittiin paikallisia pakkasrapautumavaurioita. Muureille suositellaan perusteellista pinnoitus- ja paikkaiskorjausta.

Korjaustapasuositus: ”Muurien perusteellinen pinnoitus ja paikkauskorjaus sekä pellitysten uusiminen”

- Betonipinnat suihkupuhdistetaan
- Betonipinnat paikkakorjataan, ylitasoitetaan ja pinnoitetaan

- Saumaukset uusitaan
- Pellitykset uusitaan nykyistä kaltevampina

Korjaus tulisi suorittaa 2-4 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 20–25 vuotta.

4.4 Pihakansirakenteet

Pihakansirakenteiden kuntoa tutkittiin aistinvaraisesti. Pihakannen yläpinnan vedeneriste on kulunut/irtoillut lähes kauttaaltaan betonipinnalle. Kannen alapinnoilla havaittiin pitkäaikaisia, arviolta useita vuosia kestäneitä vesivuotoja. Kannen alapinnoilla on vuotojälkiä sekä betonin sideaineista muodostuneita tippukivimuodostumia. Kannen alla havaittiin lisäksi runsaasti teräskorroosiovaurioita erityisesti palkkirakenteissa. Kyseisissä kohdissa raudoitteet ovat jääneet lähelle betonin ulkopintaa.

Korjaustapasuositus: ”Pihakansirakenteiden vedeneristeen uusiminen ja betonin paikkakorjaukset”

- Pihakannen yläpinnat jyrsitään/suihkupuhdistetaan
- Pinta ylitasoitetaan ja asennetaan uusi vedeneristys
- Alapuolen betoni- ja teräskorroosiovauriot paikkakorjataan
- Palkkien suojabetonin paksuutta kasvatetaan kohdissa, joissa raudoitteet ovat lähellä betonin ulkopintaa

Korjaus tulisi suorittaa 1-3 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 20 vuotta. Korjaussuunnittelun yhteydessä on suositeltavaa tehdä pihakansirakenteille vetolujuuskokeet, joilla varmistetaan korjaustavan soveltuvuus ja yläpintojen poistettavan betonin syvyys.

4.5 Vesikatot

Harjakaton kuparikatteissa on havaittavissa kulumaa ja oksidikerrosten uusiutumista. Katteen saumaukset ovat ehjät ja tiiviit. Liittyvien rakenteiden saumauksissa on paikoin epätiiviyttä. Bitumikermikatteilla on havaittavissa sadeveden lammikoitumista ja orgaanista kasvustoa sekä likaa. Katteen kallistukset ovat paikoin loivia.

Bitumikermikatteet lähestyvät teknisen käyttöikänsä päätettä. Kuparipeltikatteelle suositellaan muihin rakenteisiin liittyvien pellitysten korjauksia. Bitumikermikatteelle suositellaan kermin uusimista.

Korjaustapasuositus: ”Bitumikatteiden uusiminen ja kuparikatteen huoltokorjaus”

- Asennetaan uusi bitumikermikate vanhan päälle
- Bitumikermikatteen läpiviennit ja pellitykset uusitaan
- Kuparikate huoltokorjataan

Korjaus tulisi suorittaa 1-3 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 25-30 vuotta.

4.6 Ikkunat

Kirkkosalin korkeat ikkunat ovat ulkopinnoilta tarkasteltuina huonokuntoisia. Lasien tiivisteet ovat kuluneet ja lasit ovat osin irti karmeistaan. Osa ikkunalaseista on haljennut. Maantasokerroksen puukarmisten ikkunoiden puitteet ovat halkeilleet ja maalipinnat hilseilevät. Karmirakenteissa on alkavia lahovaurioita.

Kirkkosalin korkeille ikkunoille suositellaan peruskorjausta. Korjaussuunnittelun yhteydessä suositellaan lisätutkimuksia, joissa tarkastetaan, voidaanko ikkunoiden karmirakenteita säilyttää ja voidaanko korjaustyöt tehdä purkamatta sisäpuolella olevaa korkeaa taidelasitusta (tarkastus lasitusliikkeen kautta). Myös taidelasien kannatus ikkunakarmeihin tulee tarkastaa korjaussuunnittelun yhteydessä. Lisäksi on suositeltavaa tarkastella, onko korkeiden ikkunoiden ulkopintoihin mahdollista asentaa lisälaseja/lämpölaseja, jotka parantaisivat ikkunoiden energiatehokkuutta.

Korjaustapasuositus: ”Maantasokerroksen ikkunoiden uusiminen ja korkeiden ikkunoiden peruskorjaus”

- Maantasokerroksen ikkunat uusitaan
- Ikkunapellitykset uusitaan
- Korkeat ikkunat peruskorjataan ulkopuolelta

Oletuksena, että korkeiden ikkunoiden runkorakenne voidaan säilyttää eikä taidelasitusta tarvitse purkaa työn ajaksi.

Korjaus tulisi suorittaa 1-3 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 20-30 vuotta.

5 Korjaustoimenpiteiden kustannusarvio

Rakenteille tehtäville korjauksille esitetään alustavat kustannukset, jotka on laskettu kertaluokkahintoina budjetointia varten, eikä niitä voi sellaisenaan käyttää esim. urakkatarjousten arvioimiseen. Hinnat sisältävät alv:n 24 %, mutta eivät sisällä rakennuttajan kuluja.

Korjaus	**Kustannus-arvio**	**Käyttöikä-arvio**
Kuorielementtien uusiminen / uusi levyverhous ja päätykolmioiden lisälämmöneristys sekä maantasokerroksen perusteellinen pinnoitus- ja paikkauskorjaus. * kustannuksiin ja käyttöikään vaikuttaa oleellisesti valittu julkisivun verhoilumateriaali.	450 000 – 600 000* €	päätykolmiot 30-50* ja maantasokerros 20-25 vuotta
Kellotornin perusteellinen pinnoitus- ja paikkauskorjaus	85 000 €	20-25 vuotta
Muurien perusteellinen pinnoitus ja paikkauskorjaus sekä pellitysten uusiminen	140 000 €	20-25 vuotta
Pihakansirakenteiden vedeneristeen uusiminen ja betonin paikkakorjaukset	100 000 €	20 vuotta
Bitumikatteiden uusiminen ja kuparikatteen huoltokorjaus	90 000 €	20-30 vuotta
Maantasokerroksen ikkunoiden uusiminen ja korkeiden ikkunoiden peruskorjaus	180 000 – 210 000 €	20-30 vuotta

6 Suositeltavat jatkotoimenpiteet

Suositeltavat jatkotoimenpiteet:

- Klinkkeripintaisten elementtien ja kellotornin alapintojen putoamassa olevien betonikappaleiden poistaminen.
- Kallistuneen tukimuurin painumaseuranta.
- Hankesuunnitelman sekä kustannusarvion päivittäminen ja hankesuunnitelman päätösten mukaan mahdollisen korjaussuunnittelun käynnistäminen.

Tampereella 30.10.2023

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

RI (AMK) Johanna Nummela

RI (AMK) Sami Hirvonen

3223108.2 Valkeakosken kirkko, Ulkobetonirakenteiden kuntotutkimus

Rakenteiden vaurioituminen

1 Ulkobetonirakenteet

1.1 Yleistä

Ulkobetonirakenteiden ikääntyessä niissä tapahtuu vaurioitumista, joka johtuu pääasiassa säärasituksesta. Säärasitus aiheuttaa erilaisia rinnakkaisia turmeltumisilmiöitä ja rakenteen vaurioituminen on yleensä seurausta useamman tekijän yhteisvaikutuksesta.

Normaalisti rakenteiden vaurioituminen on alkuvaiheessa hidasta, mutta vaurioiden edetessä turmeltumisnopeus yleensä kiihtyy.

Ulkobetonirakenteiden vaurioituminen aiheutuu pääasiallisesti seuraavista kolmesta syystä tai niiden yhdistelmästä:

- betonin karbonatisoitumisen mahdollistama teräskorroosio
- betonin pakkasrapautuminen
- betonin sisältämien kloridien aktivoima teräskorroosio ja betonin rapautuminen.

1.2 Betonin karbonatisoituminen ja raudoitteiden korroosio

Betonin sisällä olevat raudoitteet ovat suojassa teräskorroosiolta betonin korkean alkalisuuden (pH > 12) johdosta. Teräskorroosio ei voi käynnistyä korkeassa alkalisuuspitoisuudessa ja tällöin sanotaan, että raudoitteet ovat passivoituneet korroosion suhteen.

Ulkobetonirakenteiden korkea alkalisuus laskee vähitellen ajan kuluessa rakenteen pinnalta alkaen ilman hiilidioksidin reagoidessa betonin ainesosien kanssa. Ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Karbonatisoituminen etenee rintamana hidastuvalla nopeudella syvemmälle rakenteeseen.

Karbonatisoitumisessa betonin alkalisuus laskee tasolle pH < 9. Karbonatisoitumisrintaman edettyä raudoitteiden tasolle aktivoituu raudoitteiden korroosio. Raudoitteiden

korroosion jatkuttua riittävän kauan voi muodostuneen ruosteen aiheuttama paine halkaista ohuen betonipeitteen. Tässä vaiheessa karbonatisoitumisen aktivoiman teräskorroosion näkyvät vauriot ovat havaittavissa rakenteen ulkopinnalta.

1.3 Betonin pakkasrapautuminen

Betoni on huokoinen materiaali, jonka huokosverkostossa on olosuhteista riippuen erilainen määrä vettä ja kosteutta.

Huokosverkostossa olevan veden jäätyessä se laajenee ja aiheuttaa verkostoon ylipaineen. Siinä tapauksessa, että huokosverkoston vedellä täyttymisaste on korkea ja ylipaineella ei ole purkautumismahdollisuutta ilmatäytteisiin huokosiin, ylipaine voi murtaa betonin sisäisen rakenteen ja aiheuttaa betonin rapautumista.

Pakkasrapautuminen kehittyy vähitellen, yleensä kiihtyvällä nopeudella rakenteen pinnalta alkaen. Pitkälle edetessään pakkasrapautuminen aiheuttaa betonin täydellisen lujuuskadon.

Betonin pakkasenkestävyys voidaan varmistaa lisähuokoistamalla betoni valmistusvaiheessa siten, että betoniin muodostuu suojahuokosia, joihin jäätyvän veden aiheuttama ylipaine voi purkautua betonin huokosverkostossa.

Suojahuokostiloihin syntyvät ettringiittikiteytymät ovat haitallisia betonin pakkasenkestävyyden suhteen, koska ne pienentävät huokostilavuutta jolloin pakkasrasituksessa veden laajeneminen huokosissa estyy. Ettringiitti voi viitata myös ns. ettringiittireaktioon. Ettringiittireaktion eräs ominaispiirre on reaktiotuotteiden voimakas tilavuuden kasvu, joka jo itsessään aiheuttaa rakenteeseen sisäistä painetta ja siten saattaa vaurioittaa betonia.

1.4 Kloridien aiheuttamat vauriot

Mikäli betonin kloridipitoisuus on liian korkea, kloridit "murtavat" raudoitteiden passiivisuuden ilman betonin karbonatisoitumista ja tällöin raudoitteiden korroosio aktivoituu.

Kloridien läsnä ollessa teräskorroosio etenee normaalisti varsin nopeasti. Lisäksi betonissa olevat kloridit sitovat kosteutta betoniin ja aiheuttavat näin myös betonin rapautumista.

1.5 Saumausten vauriot

Betonielementtijulkisivujen saumojen tehtävänä on mahdollistaa elementtien ulkokuorien lämpöliikkeet. Saumoissa käytettävien saumausmassojen ja/tai saumanauhojen on mahdollistettava ko. lämpöliikkeet ja estettävä sadeveden pääsy rakenteen sisään. Samalla saumojen kautta on hoidettava erilaisin järjestelyin rakennuksen sisältä ulospäin kulkeutuvan kosteuden pois tuulettaminen.

Elementtijulkisivujen elastisten saumausten vaurioituminen voidaan havaita saumausmassan kovettumisena ja elastisuuden häviämisenä. Saumausmassan menetettyä elastisuutensa ja kovetuttua aiheuttavat elementin liikkeet siihen halkeamia ja samalla saumausmassa saattaa irrota elementin tartuntapinnoilta.

Elastisten saumausten rasitusta lisää elementin pituuteen nähden liian kapeat sauman leveydet ja ei-elastiset pinnoitteet. Lisäksi ongelmia aiheuttavat väärät saumausmateriaalit ja virheet saumaustyössä.

Elementtijulkisivujen saumausten toimivuudella on oleellisen merkittävä vaikutus koko julkisivun säilyvyyteen. Vuotavat saumat lisäävät julkisivun kosteusrasitusta ja lisäävät näin esim. pakkasrapautumisriskiä sekä kiihdyttävät maalipinnan vaurioitumista.

1.6 Maalauksen ja pintatarvikkeiden vauriot

Betonin pinnoitteiden turmeltuminen aiheutuu pääasiassa erilaisista säärasituksista kuten sateesta, lämpötilan vaihteluista ja UV-säteilystä. Lisäksi betonin alkalisuus saattaa aiheuttaa maalin sideaineen vanhenemista, mikä johtaa maalikalvon halkeiluun ja irtoamiseen.

Epäorgaanisten pinnoitteiden vaurioituminen tapahtuu joko kulumisena tai pinnoitteiden tartunnan heikkenemisenä.

Erilaisten pintatarvikkeiden tartuntaongelmia esiintyy varsinkin sellaisissa elementeissä, joissa betonin pakkasrapautuminen on jo alkanut.

1.7 Muut vauriot

Muita betonirakenteissa esiintyviä vaurioita voivat olla mm. betonin halkeilu, kiinnitysten, sandwich-elementin ansaiden, erilaisten pellitysten ja liittymien vauriot sekä toimivuuspuutteet.

Erilaisten liitosdetaljien (räystäät, ikkunaliitokset) avulla pyritään estämään ulkopuolisen kosteuden pääsy rakenteeseen. Liitosdetaljien avulla on usein myös järjestetty tuuletus rakenteeseen päässeen kosteuden poistamiseksi. Liitospellitysten avulla myös ohjataan vesi kulkemaan siten, että se likaa mahdollisimman vähän julkisivua.

2 Laboratoriotutkimukset

Ohuthietutkimuksella (mikrorakennetutkimus) tarkoitetaan geologian asiantuntijan yleensä polarisaatiomikroskoopin avulla tekemiä havaintoja betonin mikrorakenteesta. Mikrorakennetutkimus suoritetaan betoninäytteestä valmistetusta, noin 25…30 μm paksusta preparaatista. Ohuthietutkimuksen avulla saadaan varsin tarkkaa tietoa betonin pakkasenkestävyydestä ja jo syntyneiden pakkasvaurioiden asteesta.

Betoninäytteiden standardin SFS 5445 mukaisilla vetolujuustutkimuksilla arvioidaan betonirakenteen pakkasrapautuman astetta ja rinnakkaisen näytteenoton avulla saadaan (näytemääristä riippuen) tietoa pakkasvaurioiden laajuudesta.

Vetolujuustulosten tulkinta BY 42 ”Betonijulkisivun kuntotutkimus” -ohjeen mukaan:

- näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa, jos vetolujuusarvo on luokkaa 0 MPa
- näytteessä on jonkinasteista rapautumaa, jos vetolujuusarvo on luokkaa 0,5…1,0 MPa
- näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa, mikäli betonin vetolujuus on yli 1,5 MPa

Betonin kloridipitoisuus määritetään rakenteesta otetusta porajauhenäytteestä standardin SFS-EN 14629 mukaisesti. Kloridien aktivoiman teräskorroosion suhteen kriittinen kloridipitoisuus on tavanomaisilla raudoitteilla betonin laadusta riippuen 0,05…0,07 % betonin painosta.

Betonin karbonatisoitumissyvyys määritetään fenoliftaleiini-indikaattorilla betonin pinnalta. Indikaattoriliuos suihkutetaan pestyn näytteen pinnalle ja pinnan kuivuttua karbonatisoitumissyvyys voidaan mitata indikaattorin värjäämän ja reagoimattoman betonin rajapinnasta. Betonin karbonatisoitumisnopeutta kuvataan ns. karbonatisoitumiskertoimella [mm / √vuosi], jonka tavanomainen arvo on yleensä välillä 1,5…3,0.

Pienemmillä arvoilla karbonatisoitumisen eteneminen on tavanomaista hitaampaa ja suuremmilla arvoilla nopeampaa.

Betonirakenteen raudoitteiden suojabetonipaksuudet mitataan kenttätutkimusten yhteydessä peitesyvyysmittarilla.

Julkisivupinnoitteen tyyppiä arvioidaan pinnoitteiden sideaineen kanssa reagoivien kemikaalien avulla.

Julkisivusaumauksissa käytetyissä elementtisaumamassoissa on aiempina vuosikymmeninä saatettu käyttää PCB- ja / tai lyijy-yhdisteitä. Nämä yhdisteet luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi ja ympäristö- ja työsuojeluviranomaisten ohjeiden mukaisesti kiinteistön omistaja on ennen korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä velvollinen selvittämään saumamassojen mahdollinen PCB- ja lyijypitoisuuden seuraavasti:

- 1958 – 1979 välisenä aikana valmistuneista (saumatuista) rakennuksista määritettävä sekä PCB- että lyijypitoisuus.
- 1980-1989 välisenä aikana valmistuneista (saumatuista) rakennuksista määritettävä mahdollinen lyijypitoisuus.

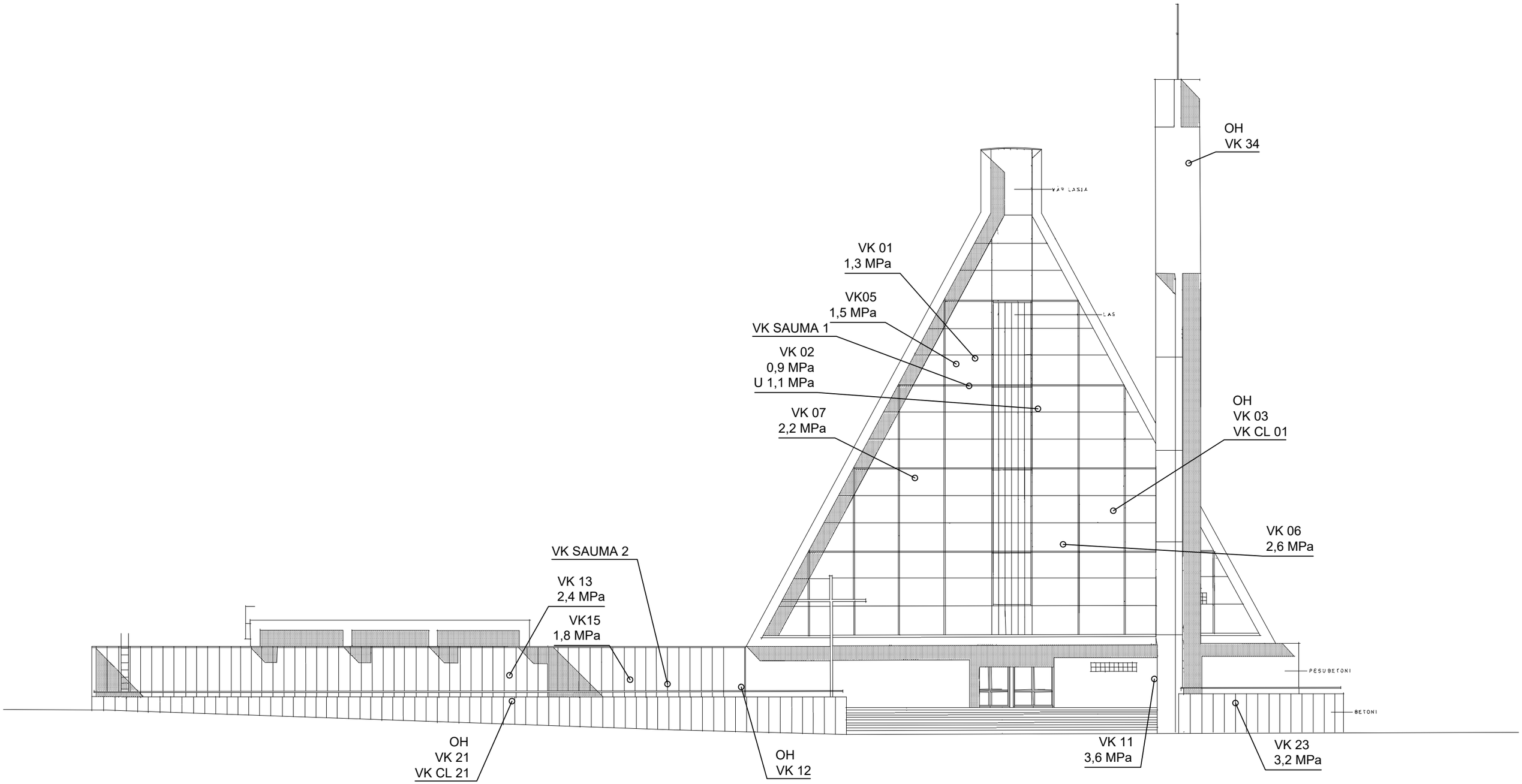
Mikäli saumamassoissa todetaan PCB:tä tai lyijyä, on niiden poistossa ja käsittelyssä noudatettava ongelmajätemääräyksiä.

Elementtisaumoista otettujen näytteiden muodon arvioinnissa käytetään ohjearvoina seuraavia mittoja:

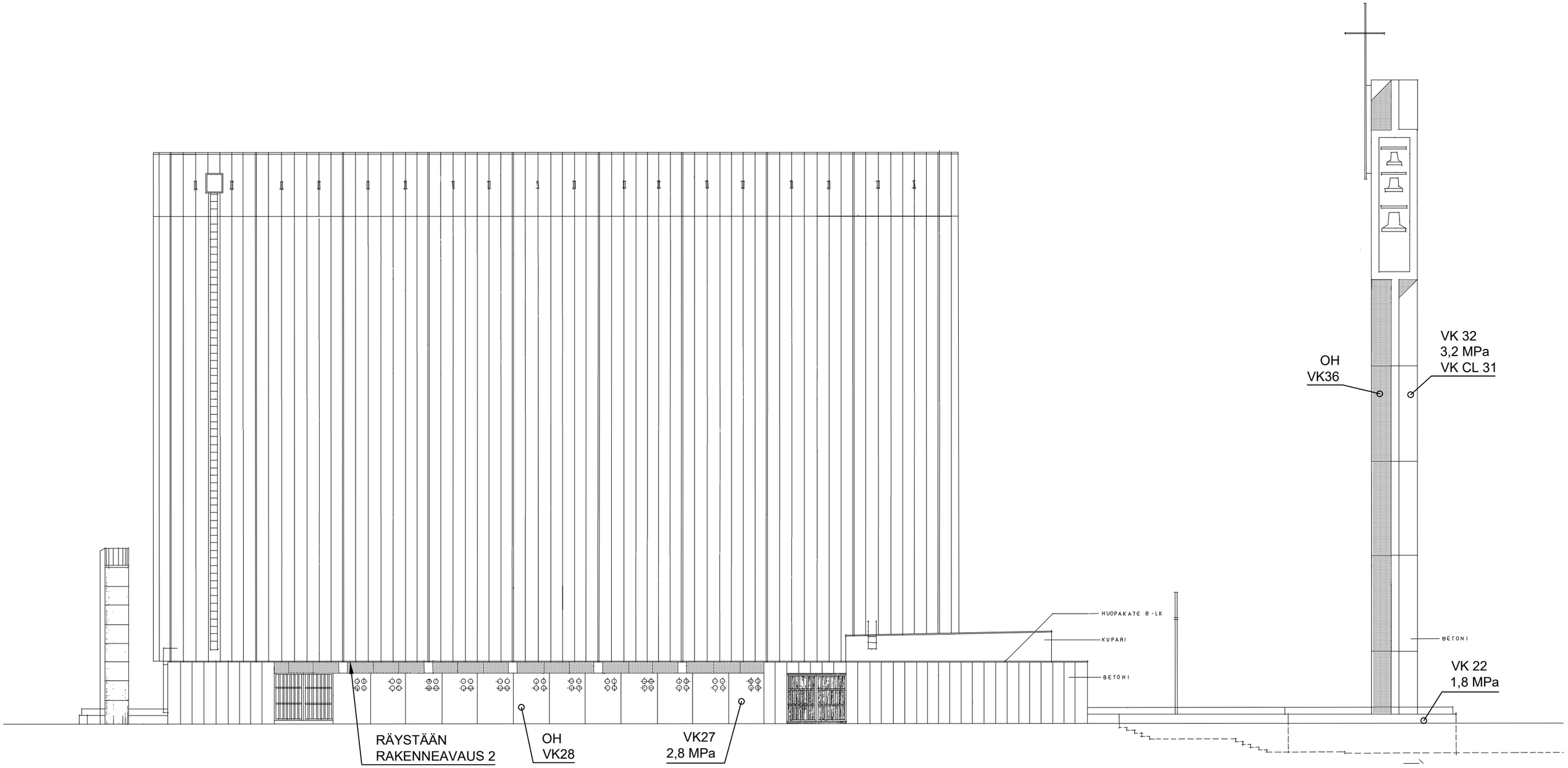
SAUMAN LEVEYS [mm]	SAUMAN KESKIOSAN PAKSUUS [mm]
10 - 12	4 - 7
13 - 20	5 - 8
21 - 30	6 - 9
> 30	10 - 12

Näytteen tunnus	Rakenneosa	Ilmansuunta	Silmämääräinen tarkastelu		Raudoitteet			Karbonatisoituminen						Eriste-paksuus (mm)	Veto-lujuus	Ohuthie	HUOM!
						peitepaksuus, min.		ulko-/alapinta			sisä-/yläpinta						
			pituus (mm)	tiivistys (1-5)	halk. (mm)	ulko-/ala-pinta (mm)	sisä-/ylä-pinta (mm)	kesk. (mm)	maks. (mm)	karb.-kerroin	kesk. (mm)	maks. (mm)	karb.-kerroin				
VK 05	klinkkeripintainen julkisivu	Etelä	84	2	10,3	40	22	7	14	0,95	18	25	2,45	0	x		Suurempi tiivistyshuokonen n. 7x7 mm.
VK 06	klinkkeripintainen julkisivu	Etelä	85,3	2				11	14	1,5	37	41	5,04	0	x		Huokoista betonia.Yksittäisiä suurempia tiivistyshuokosia max. 7x4 mm.
VK 07	klinkkeripintainen julkisivu	Etelä	87,9	3	3	51	34	8	10	1,09	56	58	7,62	0	x		Yksittäisiä suurempia tiivistyshuokosia max. 12x8mm.
VK 08	klinkkeripintainen julkisivu	Pohjoinen	84,7	1	3	43	39	13	16	1,77	46	50	6,26	0		x	Yksittäinen suurempi tiivistyshuokonen max.10x5mm.
Keskiarvot:			85					10	14	1,33	39	44	5,34	0	3	1	
VK 15	betonipintainen julkisivu	Etelä	105,1	3	10,8,3	36	49	19	28	2,59	5	10	0,68	0	x		Yksittäisiä suurempia tiivistyshuokosia max. 10x7mm.
VK 16	betonipintainen julkisivu	Etelä	139,6	4	8	21	110	33	43	4,49	3	6	0,41	0	x		Teräksessä ruostetta.
VK 17	betonipintainen julkisivu	Pohjoinen	106,4	4	8,8	53	31	21	25	2,86	4	11	0,54	0		x	
VK 18	betonipintainen julkisivu	Pohjoinen	133,3	3				40	43	5,44	0	0	0	0	x		Näyte katkaistu.
Keskiarvot:			121					28	35	3,84	3	7	0,41	0	3	1	
VK 25	tukimuuri	Pohjoinen	144,3	4	8	12	124	8	17	1,09	19	32	2,59	0	x		
VK 26	tukimuuri	Pohjoinen	181	4	8	8	165	18	36	2,45	21	37	2,86	0	x		Teräksessä ruostetta.
VK 27	tukimuuri	Länsi	205,4	5				5	20	0,68	4	11	0,54	0	x		
VK 28	tukimuuri	Länsi	209,1	5				14	28	1,91	15	25	2,04	0		x	
Keskiarvot:			185					11	25	1,53	15	26	2,01	0	3	1	
VK 35	kellotorni	Pohjoinen	112,9	3				7	11	0,95	7	11	0,95	0	x		Näyte katkaistu. Suurempia tiivistyshuokosia max. 14x7 mm.
VK 36	kellotorni	Etelä	73,7	3	8	62	4	10	17	1,36	0	0	0	0		x	
VK 37	kellotorni	Itä	99,7	3				0	0	0	0	0	0	0	x		
VK 38	kellotorni	Länsi	97,5	3				15	30	2,04	0	0	0	0	x		
Keskiarvot:			96					8	15	1,09	2	3	0,24	0	3	1	

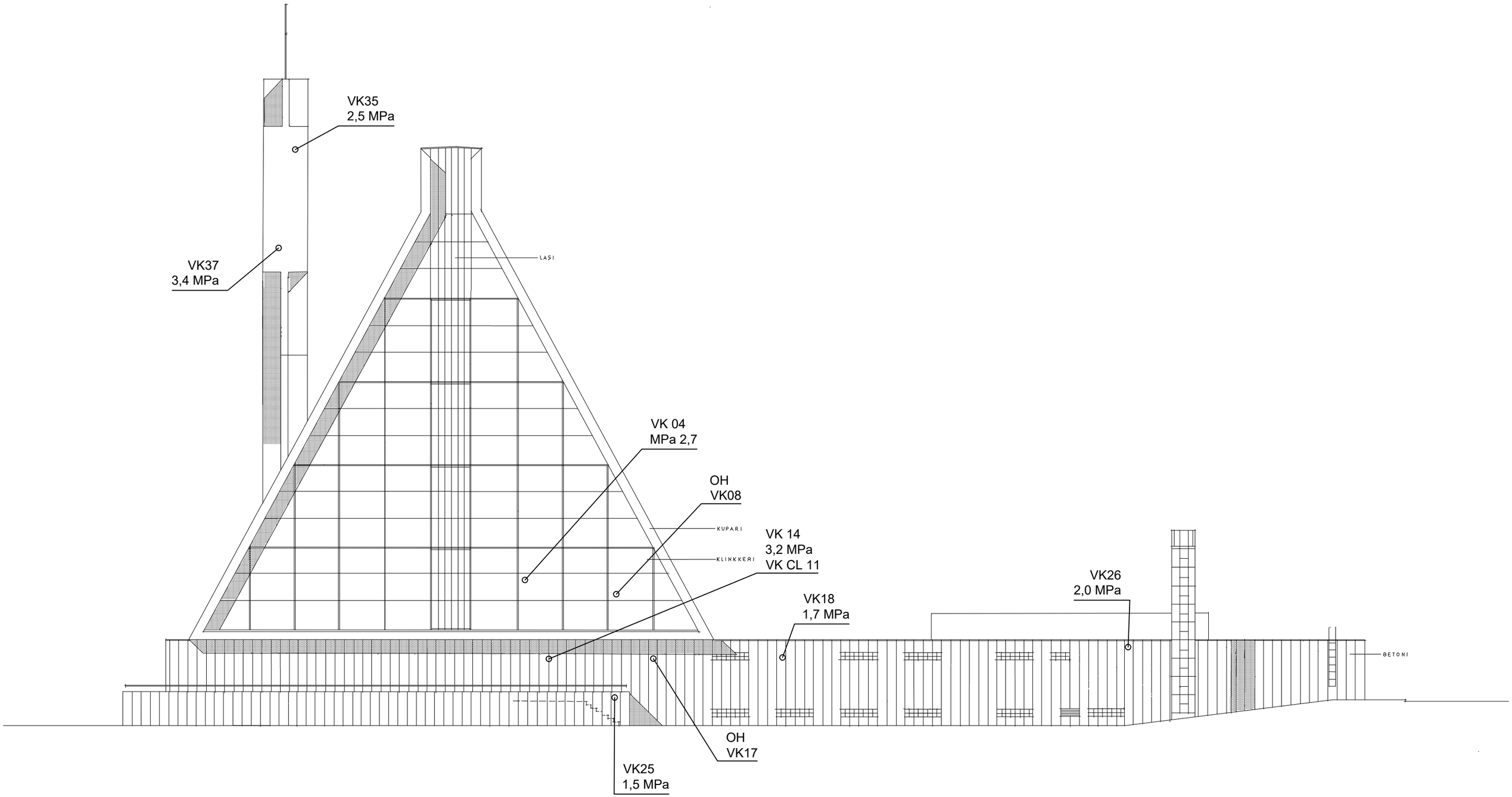
A-INSINÖÖRIT	31 12978.1 Valkeakosken kirkko, ulkorakenteiden kuntotutkimus PAIKANNUSKUVAT, JULKISIVU ETELÄÄN	LIITE 3 (1/4)



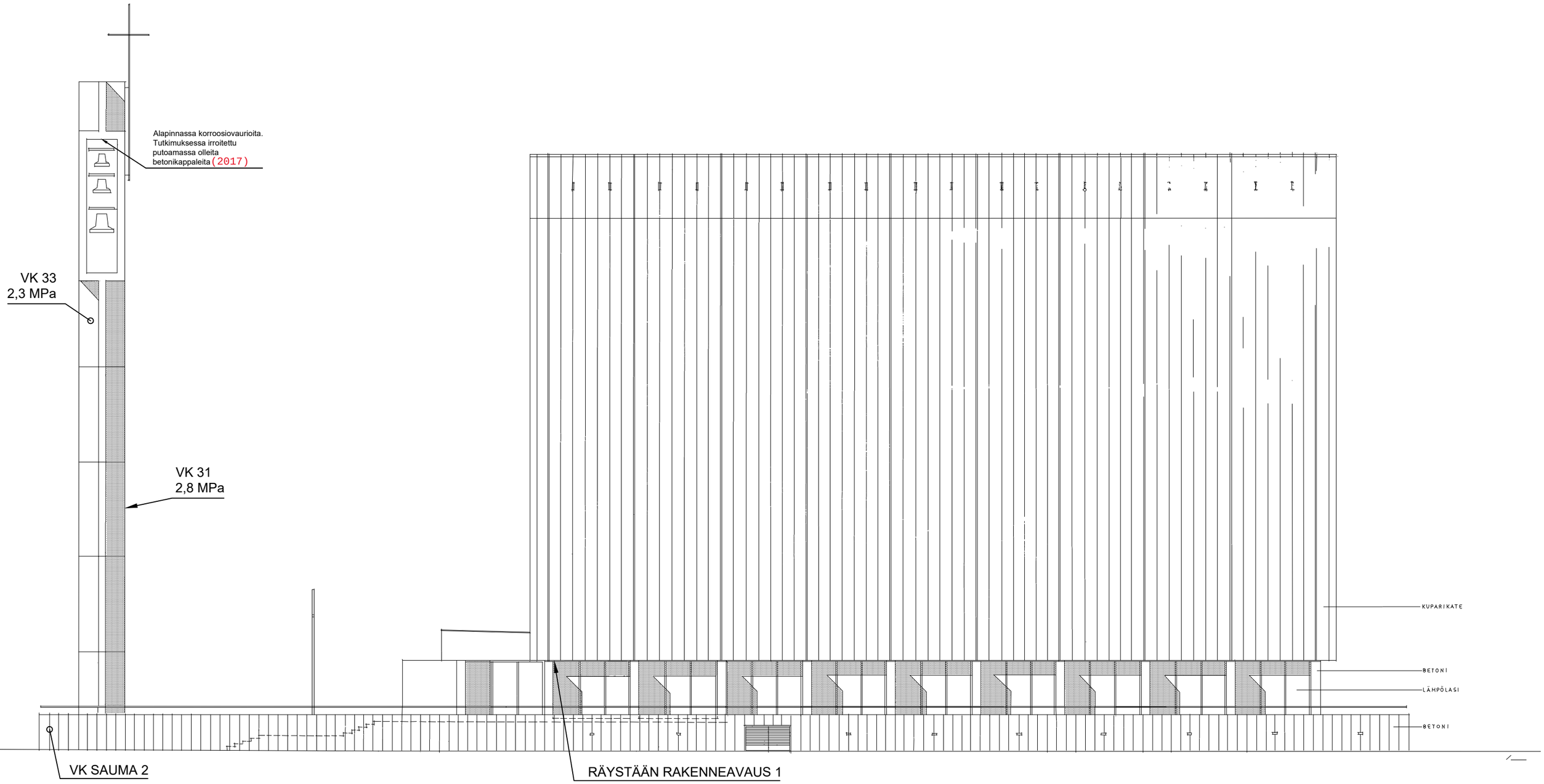
A-INSINÖÖRIT	31 12978.1 Valkeakosken kirkko, ulkorakenteiden kuntotutkimus PAIKANNUSKUVAT, JULKISIVU LÄNTEEN	LIITE 3 (2/4)



A-INSINÖÖRIT	31 12978.1 Valkeakosken kirkko, ulkorakenteiden kuntotutkimus PAIKANNUSKUVAT, JULKISIVU POHJOISEEN	LIITE 3 (3/4)

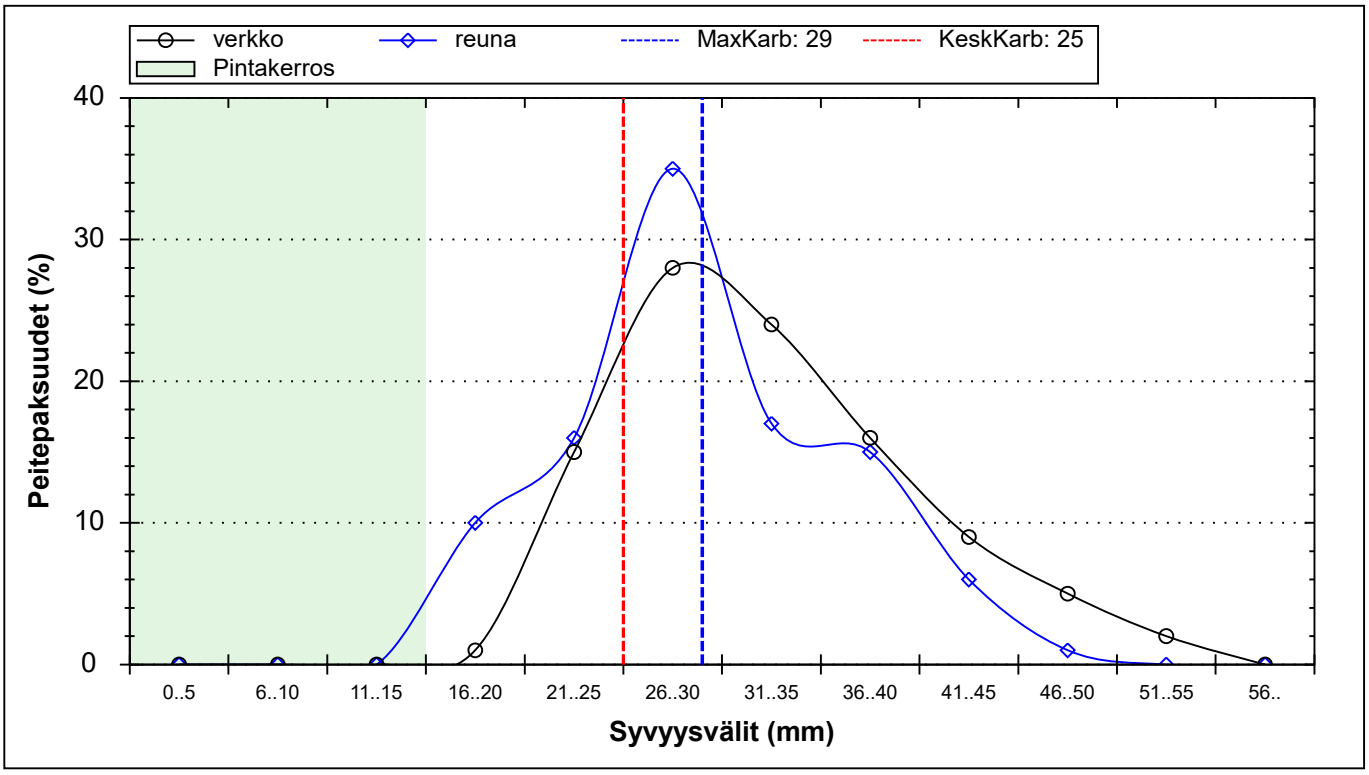


A-INSINÖÖRIT	31 12978.1 Valkeakosken kirkko, ulkorakenteiden kuntotutkimus PAIKANNUSKUVAT, JULKISIVU ITÄÄN	LIITE 3 (4/4)

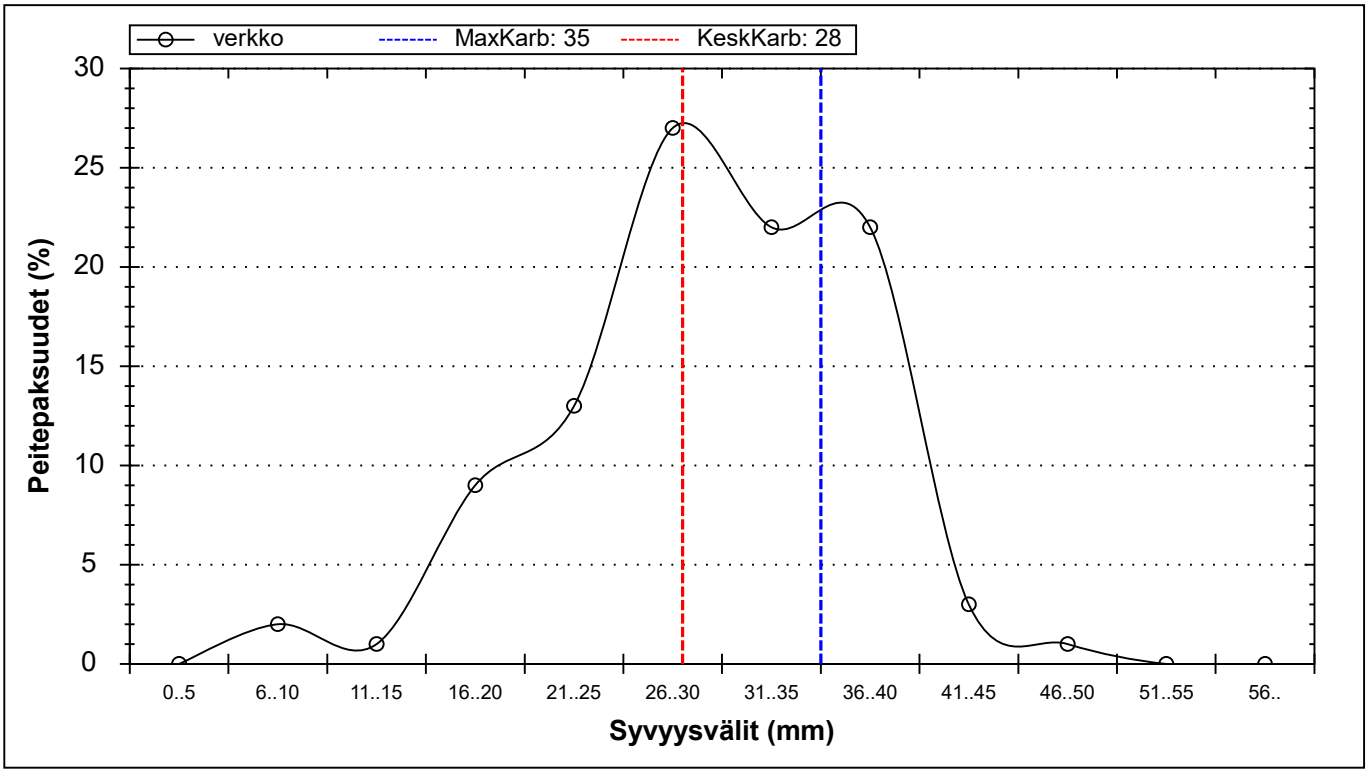


klinkkeripintainen julkisivu	verkko											
Syvyysalue (mm)	**0..5**	**6..10**	**11..15**	**16..20**	**21..25**	**26..30**	**31..35**	**36..40**	**41..45**	**46..50**	**51..55**	**56..**
Raudoitteita (kpl)	**3**	**35**	**60**	**55**	**37**	**21**	**11**	**4**	**0**	**0**	**0**	**0**
Peitepaksuudet	1 %	15 %	28 %	24 %	16 %	9 %	5 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	1 %	12 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	1 %	13 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %

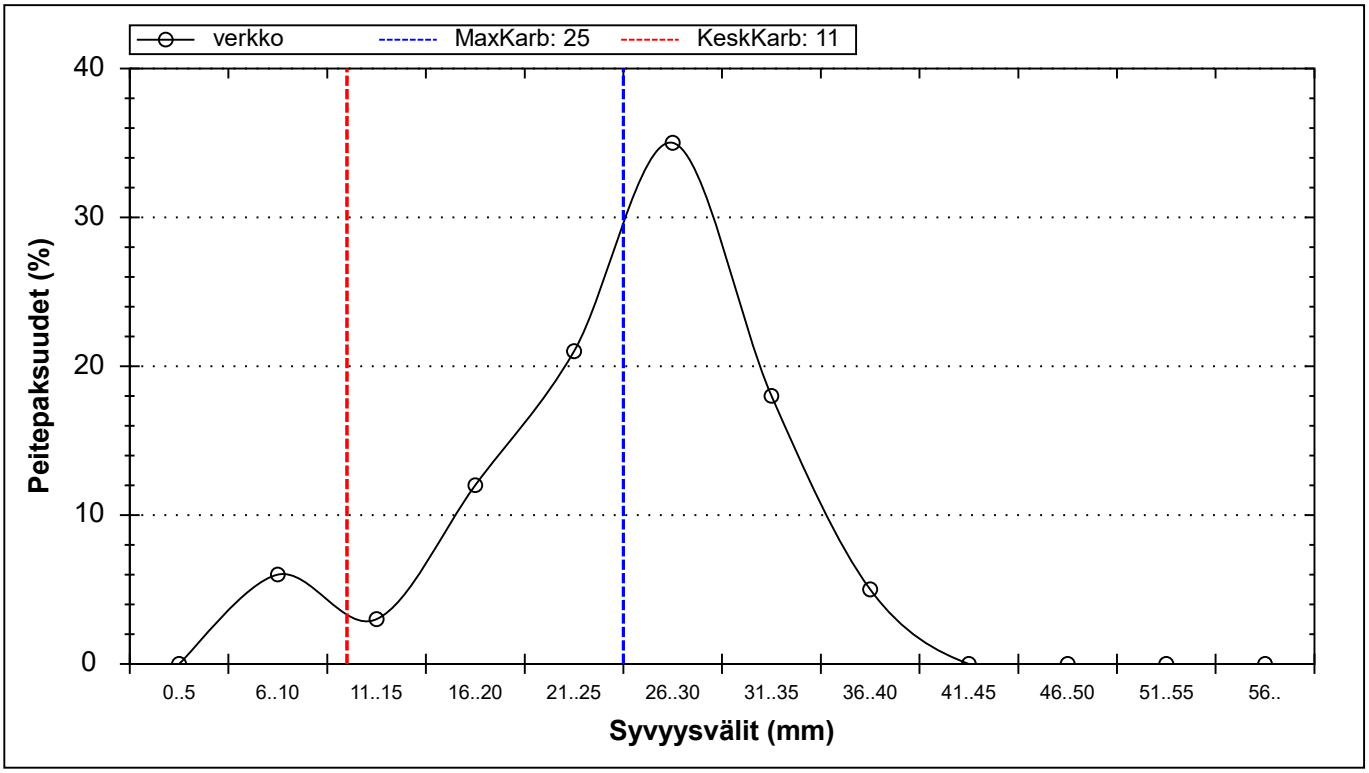
klinkkeripintainen julkisivu	reuna											
Syvyysalue (mm)	**0..5**	**6..10**	**11..15**	**16..20**	**21..25**	**26..30**	**31..35**	**36..40**	**41..45**	**46..50**	**51..55**	**56..**
Raudoitteita (kpl)	**21**	**34**	**71**	**36**	**32**	**12**	**2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
Peitepaksuudet	10 %	16 %	35 %	17 %	15 %	6 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	10 %	12 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	10 %	22 %	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %



betonipintainen julkisivu	verkko											
Syvyysalue (mm)	**0..5**	**6..10**	**11..15**	**16..20**	**21..25**	**26..30**	**31..35**	**36..40**	**41..45**	**46..50**	**51..55**	**56..**
Raudoitteita (kpl)	**0**	**4**	**2**	**20**	**29**	**64**	**50**	**53**	**7**	**2**	**0**	**0**
Peitepaksuudet	0 %	2 %	1 %	9 %	13 %	27 %	22 %	22 %	3 %	1 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	0 %	0 %	0 %	25 %	25 %	0 %	25 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	2 %	1 %	8 %	8 %	14 %	8 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	2 %	3 %	10 %	18 %	32 %	40 %	43 %	43 %	43 %	43 %	43 %

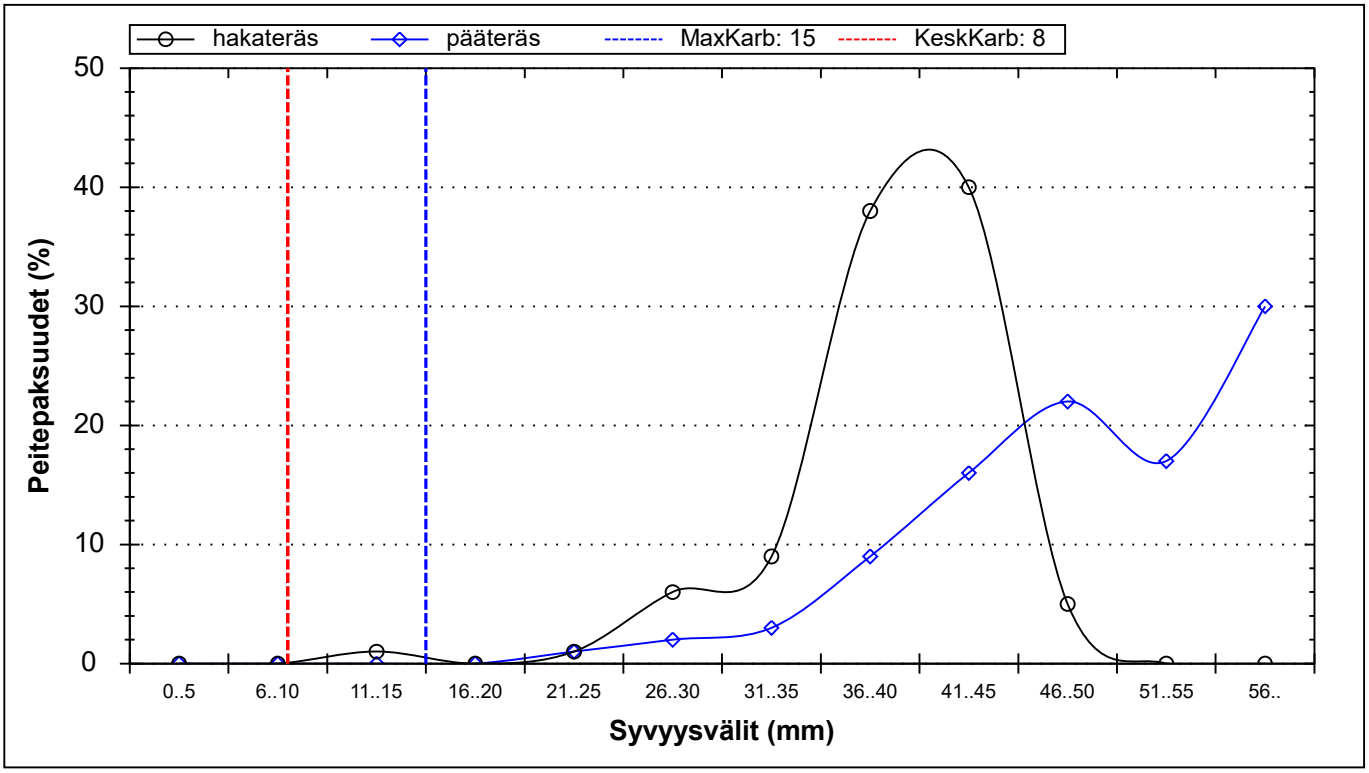


tukimuuri	verkko											
Syvyysalue (mm)	**0..5**	**6..10**	**11..15**	**16..20**	**21..25**	**26..30**	**31..35**	**36..40**	**41..45**	**46..50**	**51..55**	**56..**
Raudoitteita (kpl)	**0**	**8**	**4**	**15**	**27**	**45**	**23**	**6**	**0**	**0**	**0**	**0**
Peitepaksuudet	0 %	6 %	3 %	12 %	21 %	35 %	18 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	25 %	25 %	25 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	4 %	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	4 %	5 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %



kellotorni	hakateräs											
Syvyysalue (mm)	0..5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	0	0	1	0	2	11	17	69	73	10	0	0
Peitepaksuudet	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %	6 %	9 %	38 %	40 %	5 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	25 %	50 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

kellotorni	pääteräs											
Syvyysalue (mm)	0..5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	0	0	0	0	1	2	3	8	15	20	16	27
Peitepaksuudet	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	9 %	16 %	22 %	17 %	30 %
Karbonatisoituminen	25 %	50 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %



Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences

Rakennuslaboratorio mittauspalvelu

Betoninäytteiden vetolujuudet

2.10.2023
3223108.2
Raportti 3.10.2023

Betoninäytteiden vetolujuudet 2.10.2023

Tilaaja

A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Johanna Nummela
Puutarhakatu 10

33210 Tampere

Kohde

3223108.2

Tutkimus

Tilaajan toimittamista näytteistä tehtiin betonin vetolujuustestit.

Vetolujuudet

Tilaajan toimittamista betonilieriö näytteistä määritettiin betonin vetolujuus standardin SFS-EN 5445 Betoni. Vetolujuus mukaisesti.

Mittausten tekijä

TAMK rakennuslaboratorion mittauspalvelu

Jarno Oravasaari puh. 050 3306 914

Kuntokatu 3

33520 Tampere

Vetolujuudet

Koekappaleiden halkaisija oli n. 50 mm. Tulokset on laskettu olettaen lieriöiden halkaisijoiksi 50 mm.

Taulukko 1. Vetolujuudet 2.10.2023.

Näytteen tunnus	Rakenneosa	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta min./max. [mm]	Murtotapa
VK 05	klinkkeripintainen julkisivu	1,5	23 UP	Pääosin liimauksesta, pieniä rakeita (alle 4x15 mm) myötäillen,10mm koloa pitkin.
VK 06	klinkkeripintainen julkisivu	2,4	31/43 UP	Pääosin huokoista betonia pitkin,1kpl 7mm rakeen katkaisten,1kpl 10mm raetta myötäillen.
VK 07	klinkkeripintainen julkisivu	2,2	80/84 UP	Pääosin max.15mm rakeita myötäillen,1kpl max. 5 mm rakeen katkaisten.
VK 15	betonipintainen julkisivu	1,8	50/60 UP	Pääosin lämpölankaa? pitkin ja max.15mm rakeita myötäillen.
VK 16	betonipintainen julkisivu	1,8	66/75 UP	Pääosin max.25mm raetta myötäillen,max.5mm huokosia pitkin.
VK 18	betonipintainen julkisivu	1,7	45/56 UP	Pääosin max.15mm rakeita myötäillen.
(* VK 25	tukimuuri	1,5	12/18 UP	Pääosin 8mm terästä pitkin ja max.12mm rakeita myötäillen.
VK 26	tukimuuri	2,0	115/125 UP	Pääosin max.25mm rakeita katkaisten, max.21mm rakeita myötäillen.
VK 27	tukimuuri	2,8	12/26 UP	Pääosin max.20mm rakeita myötäillen.
VK 35	kellotorni	2,5	103/110 UP	Pääosin max.22mm rakeita myötäillen,25% liimaus.
VK 37	kellotorni	3,4	77/82 UP	Pääosin max.9mm rakeita myötäillen, 10% liimaus.
VK 38	kellotorni	1,9	33/50 UP	Pääosin 3 kpl max. 33 mm rakeita myötäillen.

UP = ulkopinnasta

(* Katkennut näyte liimattu ennen vetokoetta.

Tampereella, 3. lokakuuta 2023



Jarno Oravasaari
Laboratorioinsinööri
Rakennuslaboratorio

Liitteet Mittauspöytäkirjat
Valokuvat näytteiden murtopinnoista


VK 05


VK 06


VK 07


VK 15


VK 16


VK 18


VK 25


VK 26


VK 27


VK 35


VK 37


VK 38

Materiaalin valomikroskooppinen tutkimus		
Kohde 3223108.2 Valkeakosken kirkko	*Näytteenottaja ja päivämäärä* -	*Laboratorion tilausnumero* 1878
Tilaaja A-Insinöörit Suunnittelu Oy, johanna.nummela@ains.fi	*Saapumispäivämäärä* 27.9.2023 *Raportointipäivämäärä* 10.10.2023	*Tutkija* Anne Huhta, 040 566 4227 anne.huhta@mitta.fi

Tutkimus pohjautuu soveltuvin osin standardiin ASTMC856/C856M-20. Analyysi on akkreditoitu menetelmä. Pyydettäessä annamme lisätietoja analyysistä. Raportti koostuu havainnoista sekä tutkijan niiden pohjalta tekemästä tulkinnasta. Yleistarkastelu on suoritettu käsittelemättömistä näytteistä, mikroskooppitutkimusta varten näytteet on preparoitu Mitta Oy:n Oulun betoni- ja haitta-ainelaboratoriossa. Tulkinta perustuu standardiin ja sen lähteisiin, vertaisarvioiduissa julkaisuissa kuvattuihin tutkimuksiin sekä tutkijan omaan kokemukseen. Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty. Näytteenotosta vastaa tilaaja.

Sisällysluettelo

YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU 3
VK 08 5
VK 17 8
VK 28 11
VK 36 14

Taulukko 1. Yhteenveto. Taulukko on yksinkertaistettu yhteenveto tutkimuksen tuloksista, ja perustuu havaintoihin sekä tutkijan niistä tekemään tulkintaan. Karbonatisoituminen on ohuthieestä tarkistettu keskimääräinen syvyys. Tiivistyminen on ilmoitettu asteikolla 5 = erittäin hyvä, 4 = hyvä, 3 = keskinkertainen, 2 = huono, 1 = erittäin huono (Huopainen 1997 mukaan). Huokostus arvioidaan silmämääräisesti pyöreiden/pallomaisten, Ø 0,02-0,8 mm huokosten määrästä (huokosjako > 0,30 = Ei, huokosjako < 0,30 = On), eikä se ota kantaa siihen, onko betonissa käytetty huokostinta. Materiaalin tai materiaaliyhdistelmän laatua arvioidaan asteikolla normaali, puutteita, merkittäviä puutteita. Kuntoa arvioidaan asteikolla normaali, heikentynyt, merkittävästi heikentynyt. Rapautumista arvioidaan asteikolla rapautumaton, viitteitä, rapautunut. Up = ulkopinta, sp = sisäpinta.

Näyte	Rakenne	Syvyys	Teräkset (syvyys/pinta/Ø) [mm]	Karbonati-soituminen [ka]	Teräs-korroosio	Tiivisty-minen	Huokos-tus	Laatu	Kunto	Rapautuminen
VK 08	Klinkkeri-pintainen julkisivu	0–45 mm up	27 up 3	Läpi	Karbonatisoituminen saavuttanut teräs-syvyyden sisäpinnassa	2	Ei	Puutteita	Heikentynyt	Rapautumaton
VK 17	Betoni-pintainen julkisivu	0–45 mm up	29 ja 42 sp 8	22,5 mm	-	3	Ei	Puutteita	Normaali	0–1 mm: rapautunut 1–45 mm: rapautumaton
VK 28	Tukimuuri	0–45 mm up	-	14 mm	-	3	Ei	Puutteita	Normaali	Rapautumaton
VK 36	Kellotorni	0–45 mm up	61 up 8	11 mm	-	3–4	Ei	Merkittäviä puutteita	Normaali	Rapautumaton

YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU

Yleistä

Lieriönäytteet ovat julkisivuista, kellotornista ja tukimuurista. Julkisivut ovat laatta- ja betonipintaisia, tukimuurin ja kellotornin näytteet ovat maali/laastipintaisia. Näytteiden koostumus on samankaltainen. Näytteiden laadussa on paikoin lähinnä kuivumiseen liittyvästä halkeilusta, paikoin runsaasta ja epäsäännöllisestä huokoisuudesta, epätasaisesta mikrotekstuurista sekä kookkaista ja pyöristyneistä kiviaineskappaleita johtuvia puutteita. Puutteet ovat voimakkaan halkeilun vuoksi merkittäviä *kellotornin näytteessä*. Näytteet ovat pääosin normaalikuntoisia ja rapautumattomia, mutta *betonipintaisessa julkisivunäytteessä* havaittiin vähäistä pintarapautumista. *Laattapintaisen julkisivunäytteen* kunto on heikentynyt karbonatisoitumisen saavutettua terässyvyyden sisäpinnassa.

Kiviaines

Kiviaines on arviolta granitoidivaltaista soraa ja soramursketta, jossa on harvalukuisempia amfiboliitti- ja liuskekappaleita. Kiviaines on laadultaan pääosin normaalia sekä ehjää ja rapautumatonta. *Tukimuurin ja kellotornin näytteessä* karkean fraktion kiviaines on paikoin hyvin kookasta ja pyöristynyttä, *kellotornin näytteessä* lisäksi pitkulaista. Kiviainestartunnat ovat pääosin tiiviit, mutta *betonipintaisessa julkisivunäytteessä ja tukimuurin näytteessä* ulkopinnan tuntumassa tartunnat ovat monin paikoin auki runsaan huokoisuuden vuoksi. *Laattapintaisessa julkisivunäytteessä sekä kellotornin näytteessä* tartunnat ovat pääosin tiiviit, mutta niissä havaittiin alle 0,08 mm leveitä halkeamia.

Sideaines

Koostumukseltaan sideaines on karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifilleriä. Mikrotekstuuri on pääosin epätasainen, mikä on arviolta veden erottumisen aiheuttamaa. Karbonatisoituminen on erittäin syvälle ja syvälle rakenteeseen edennyttä *julkisivunäytteissä* sekä kohtalaisen syvälle edennyttä *tukimuurin ja kellotornin näytteissä*. Lieriönäytetarkastelun perusteella *laattapintaisessa julkisivunäytteessä* karbonatisoituminen on saavuttanut terässyvyyden sisäpinnan puolelta. Teräskorroosiota ei havaittu, mutta sen riski on olemassa.

Huokoset

Betoni on keskimäärin keskinkertaisesti tiivistynyttä. Suojahuokosten määrä on puutteellinen, eikä betoni huokosrakenteensa perusteella arviolta ole pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. *Betonipintaisessa julkisivunäytteessä ja tukimuurin näytteessä* ulkopinnan läheisyydessä on sideainesköyhiä alueita, joissa on runsaasti pieniä ja muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia. Alueet voivat olla esimerkiksi veden kulkukanavia.

Sekundäärisiä, kosteusrasitukseen viittaavia kiteytymiä ei havaittu.

Vauriot ja virheet

Laattapintaisessa julkisivunäytteessä on alle 0,08 mm leveää ja piirteiltään plastista eli kovettumattomaan betoniin syntynyttä halkeilua, joka avautuu betonin ulkopintaan. Halkeilu ulottuu maksimissaan 12 mm syvyyteen.

Kellotornin näytteessä on tutkimusalueen lävistävä, maksimissaan 0,04 mm leveä ja piirteiltään hauras eli kovettuneeseen betoniin syntynyt halkeama, joka on heikentänyt betonin säilyvyyttä karbonatisoitumisen etenemistä edistämällä. Halkeama myötäilee pinnan vastaisesti asettuneen, noin 25 mm pitkän ja pyöristyneen liuskekappaleen tartuntaa. On mahdollista, että kiviaineskappaleen muoto ja sijainti on edesauttanut halkeaman etenemistä rakenteessa.

Betonipintaisessa julkisivunäytteessä havaittiin vähäistä, aivan ulkopinnan tuntumaan sijoittuvaa sideaineen liukenemista, joka on arviolta kosteuden aiheuttamaa.

Pinnoitteet ja pinnat

Laattapintaisen julkisivunäytteen ulkopinnalla on lieriönäytetarkastelun perusteella 11–15 mm paksu laatta, joka ohuthietarkastelun perusteella vaikuttaa tiileltä. Laatassa on poltetusta saviaineksesta koostuvalle tiilelle tyypillistä tekstuurihalkeilua ja sahajauhohuokosia. Laatan tartunta betoniin on paikoin avoin epäjatkuvan tartuntahalkeaman vuoksi.

Muissa näytteissä on ulkopinnalla kaksikerroksinen sementtimaali/laastipinnoite, jossa on kulmikkaita karbonaattirakeita. Rakeiden suurin havaittu raekoko on 0,2 mm. *Betonipintaisessa julkisivunäytteessä ja tukimuurin näytteessä* sementtimaali/laastipinnoitteen alla on jäänteitä koostumukseltaan arviolta orgaanisesta maalikerroksesta. Sementtimaalin/laastin tartunta on paikoin avoin, orgaanisen maalin jäänteiden tartunta betoniin on pääosin tiivis.

MAKROANALYYSI

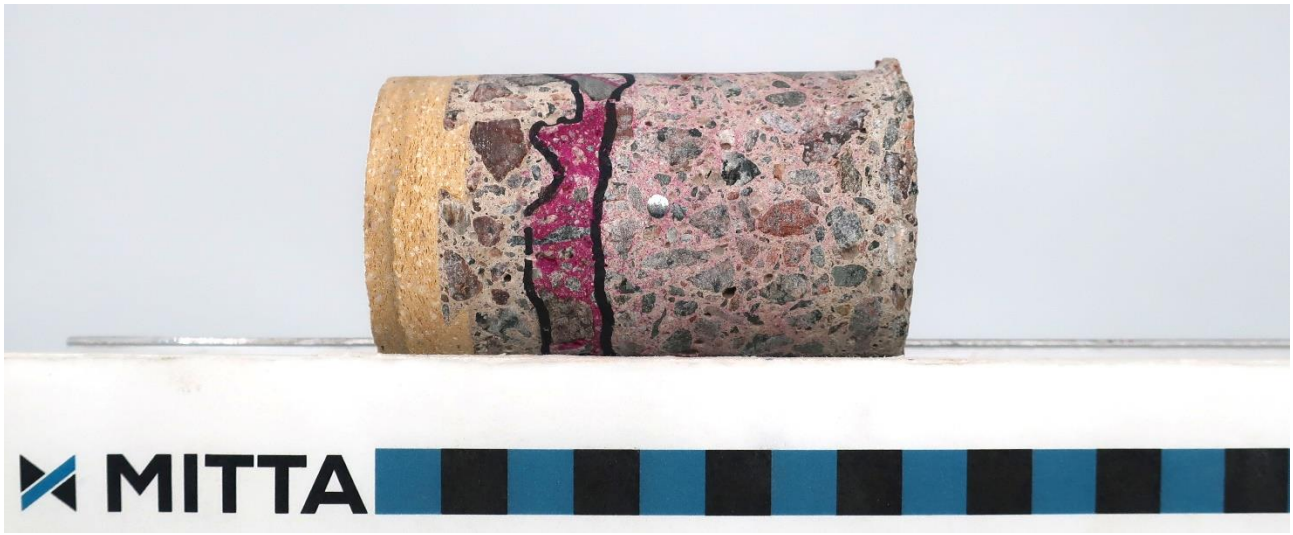
Näyte	VK 08	**Tilausnumero**	1878
Selite	Klinkkeripintainen julkisivu	**Koko**	Ø 50 mm, pituus 84 mm

Karbonatisoitumissyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

Ulkopinta	*Sisäpinta*	*Laastit, pintavalut, tms.*
13–läpi/14 mm	43–läpi/45 mm*	-

Havainnot

Kiviaines	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidikappaleita, Ø < 8 mm.
Sideaines	Vaalean rusehtavan harmaata, sileän tuntuista.
Tiivistyminen ja huokoset	Huono, huokoset Ø < 6 mm.
Raudoitus	27 mm ulkopinnasta Ø 3 mm.
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinnalla on vaalea ja kiiltäväpintainen keraaminen laatta. Sisäpinnalla on sementtiliimaa.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	Keraaminen laatta 11–15 mm ja betoni 73–69 mm. Kerrosten tartunnat ovat kiinni.
Puutteet ja vauriot	-
Muita huomioita	*Karbonatisoituminen on saavuttanut terässyvyyden sisäpinnassa. Näyte on porattu läpi rakenteen. Tilaaja on käsitellyt näytteen fenoliftaleiiniliuoksella.



Kuva 1. Näyte VK 08. Ulkopinta vasemmalla.

1878

MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	VK 08	**Tutkimuskohta**	n. 0–45 mm betonin ulkopinnasta
Ohuthie	AVK1	**Koko**	28 x 45 mm

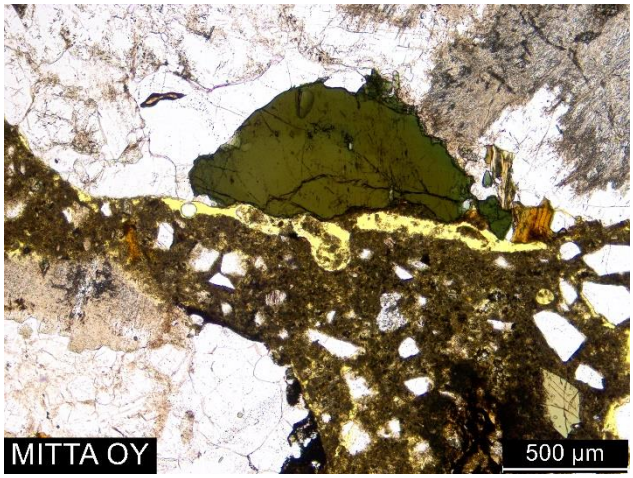
Kiviaines, karkea	Hieman pyöristyneitä, harvalukuisia granitoidi- ja amfiboliittikappaleita.
Kiviaines, hieno	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja amfiboliittikappaleita sekä mineraalirakeita.
Kiviaines-tartunnat	Pääosin tiiviit, paikoin tartunnoissa on huokosia ja < 0,08 mm leveitä halkeamia.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifilleriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri vaikuttaa tasaiselta ja mikrohuokoisuus normaalilta. Karbonatisoituminen osin peittää sideaineen alkuperäisiä piirteitä, ja *osa havainnoista on tehty sen vuoksi pieneltä alueelta, mikä tulee ottaa huomioon tulosten mittausepävarmuutta arvioitaessa.*
Karbonatisoituminen	Pääosin läpi ohuthieen, 13–20 mm syvyydellä ulkopinnasta on karbonatisoitumattomia laikkuja.
$Ca(OH)_2$	Hieno-keskirakeisia kiteytymiä, jotka ovat tasaisesti jakautuneita sideaineessa.
Halkeilu, pinta	Kohtalaista, kiviainesta myötäilevää ja < 0,08 mm leveää halkeilua, joka ulottuu maksimissaan 12 mm syvyyteen betonin ulkopinnasta. Halkeamien reunat ovat epäsymmetriset.
Halkeilu, sisäosa	-
Huokoset	Suojahuokosia on melko vähän. Suurempia (Ø < 2,4 mm), muodoltaan pääosin epäsäännöllisiä ja melko pyöristyneitä huokosia on melko runsaasti.
Sekundääriset kiteytymät	-
ASR	-
Muita huomioita	Ulkopinnalla on ohuthieessä < 5 mm paksut poltettua tiiltä muistuttava laatta, joiden sideaines on tumman ruskeata (PPL), arviolta poltettua saviainesta. Laatassa on runsaasti kulmikkaita kvartsi- ja maasälpärakeita sekä kappaleita, jossa on hienorakeista mineraaliainesta, Ø < 1,1 mm. Laatassa havaittiin sahajauhohuokosia muistuttavia huokosia. laatassa on lisäksi tiheää, pinnan suuntaista tekstuurihalkeilua. Tartunta betoniin on paikoin avoin epäjatkuvan tartuntahalkeaman vuoksi.

Valokuvat seuraavalla sivulla.

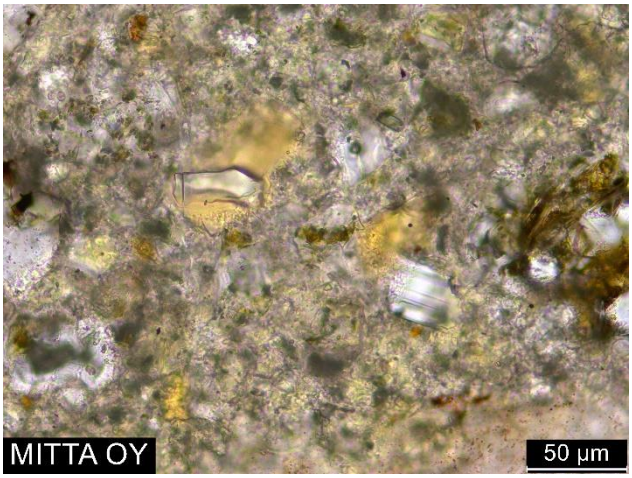
1878

MIKROANALYYSI – kuvat

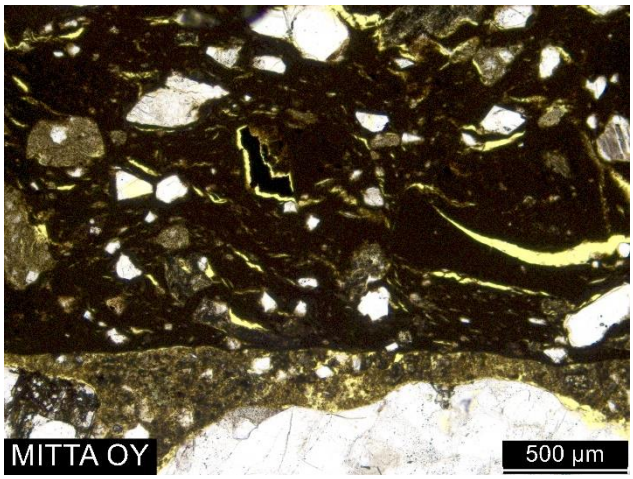
Näyte VK 08
Ohuthie AVK1



Kuva 2. Halkeama kiviainestartunnassa. PPL



Kuva 3. Portlandsementtiklinkkeriä, masuunikuonaa ja kalkki-kivifilleriä sideaineessa. PPL



Kuva 4. Ulkopinnan tiiltä muistuttava laatta. PPL

PPL = plane polarized light

MAKROANALYYSI

Näyte	VK 17	**Tilausnumero**	1878
Selite	Betonipintainen julkisivu	**Koko**	Ø 50 mm, pituus 105 mm

Karbonatisoitumissyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

Ulkopinta	*Sisäpinta*	*Laastit, pintavalut, tms.*
10–24/23 mm	3–9/6 mm	-

Havainnot

Kiviaines	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidikappaleita, Ø < 14 mm.
Sideaines	Vaalean rusehtavan harmaata, sileän tuntuista.
Tiivistyminen ja huokoset	Keskinkertainen, huokoset Ø < 4 mm.
Raudoitus	29 mm ja 42 mm sisäpinnasta Ø 8 mm.
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinta on melko tasainen betoni, jonka pinnalla arviolta on muottilaudoituksen jälkiä. Sisäpinnalla on sementtiliimaa.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	-
Puutteet ja vauriot	-
Muita huomioita	Näyte on porattu läpi rakenteen. Tilaaja on käsitellyt näytteen fenoliftaleiiniliuoksella.



Kuva 5. Näyte VK 17. Ulkopinta vasemmalla.

MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	VK 17	**Tutkimuskohta**	0–45 mm ulkopinnasta
Ohuthie	AVK2	**Koko**	28 x 45 mm

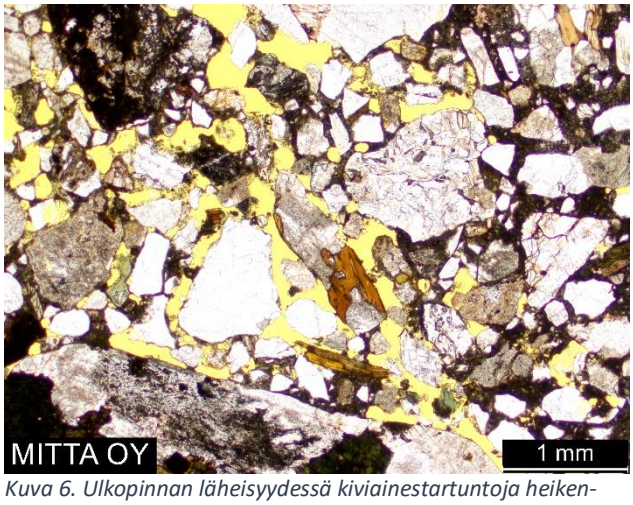
Kiviaines, karkea	Yksittäiset, hieman pyöristyneet granitoidikappaleet.
Kiviaines, hieno	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi-, amfiboliitti-, liuske- ja myloniittikappaleita sekä mineraalirakeita.
Kiviaines-tartunnat	0–10 mm ulkopinnasta on alueita, joissa betoni on sideainesköyhää ja tartunnat ovat monin paikoin avoimet. 10–45 mm ulkopinnasta tartunnat ovat pääosin tiiviit, vain yksittäisissä tartunnoissa on huokosia.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifilleriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on epätasainen, paikoin havaittiin mikrohuokoisempia alueita. Sideaines on paikoin muuttunut isotrooppiseksi < 0,6 mm syvyyteen ulkopinnasta. Vastaava vesi-sementtisuhde on arviolta 0,45–0,50. (*Vertailu CEMI-referenssiin. Arvio ei kuulu akkreditoinnin piiriin*.)
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 22,5 mm, maksimissaan 24 mm syvyydelle ulkopinnasta.
$Ca(OH)_2$	Hieno-keskirakeisia kiteytymiä, jotka ovat runsaampia mikrohuokoisemmilla alueilla.
Halkeilu, pinta	-
Halkeilu, sisäosa	-
Huokoset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia (Ø < 1,7 mm), muodoltaan pääosin epäsäännöllisiä ja melko pyöristyneitä huokosia on kohtalaisesti. Lisäksi 0–10 mm syvyydellä ulkopinnasta havaittiin runsaasti pieniä, muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia.
Sekundääriset kiteytymät	-
ASR	-
Muita huomioita	Ulkopinnalla on ohuthieessä < 0,8 mm paksu, paikoin kolmikerroksinen maalipinnoite. Ulompi kerros on paikoin kaksikerroksinen, arviolta sementtimaali, jossa on Ø < 0,1 mm kokoisia karbonaattirakeita. Sisempi kerros on tiivis, musta ja läpinäkymätön (PPL). Sementtimaalin tartunta on paikoin avoin, sisemmän kerroksen tartunta betoniin on pääosin tiivis.

Valokuvat seuraavalla sivulla.

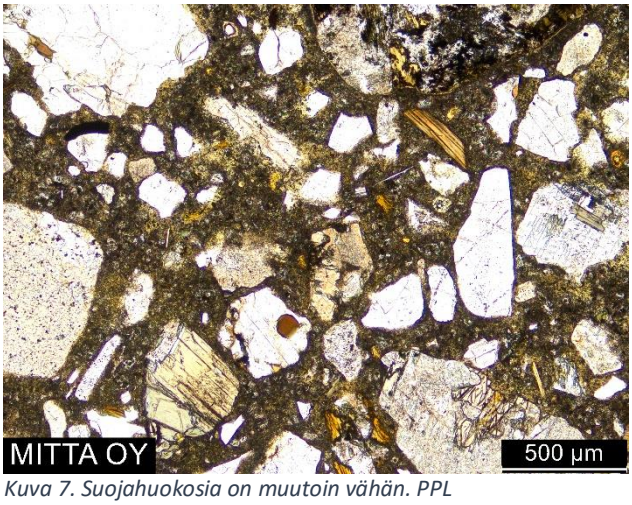
1878

MIKROANALYYSI - kuvat

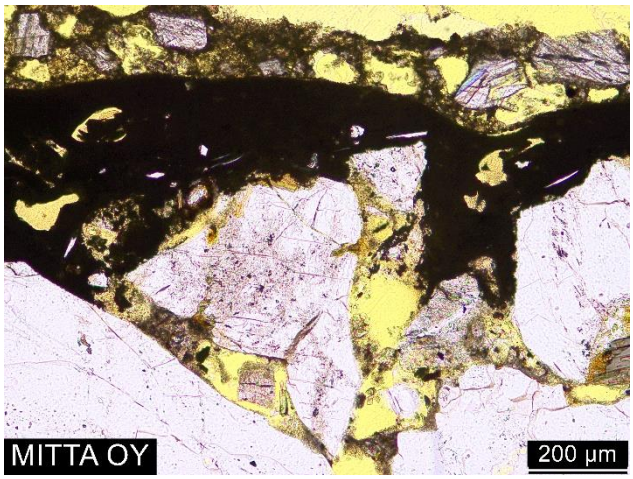
Näyte VK 17
Ohuthie AVK2



Kuva 6. Ulkopinnan läheisyydessä kiviainestartuntoja heikentää runsas huokoisuus. PPL



Kuva 7. Suojahuokosia on muutoin vähän. PPL



Kuva 8. Ulkopinnan maalipinnoitetta. PPL

PPL = plane polarized light

MAKROANALYYSI

Näyte	VK 28	**Tilausnumero**	1878
Selite	Tukimuuri	**Koko**	Ø 50 mm, pituus 210 mm

Karbonatisoitumissyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

Ulkopinta	*Sisäpinta*	*Laastit, pintavalut, tms.*
14–23/18 mm	8–20/13 mm	-

Havainnot

Kiviaines	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja kvartsiittikappaleita, Ø < 25 mm.
Sideaines	Vaalean rusehtavan harmaata, sileän tuntuista.
Tiivistyminen ja huokoset	Keskinkertainen, huokoset Ø < 4 mm.
Raudoitus	-
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinta on melko tasainen betonipinta. Sisäpinnalla on vaalean harmaa, laastimainen pinnoite.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	Betoni n. 209 mm ja sisäpinnan pinnoite 1–3 mm. Tartunta on kiinni.
Puutteet ja vauriot	-
Muita huomioita	Näyte on porattu läpi rakenteen. Tilaaja on käsitellyt näytteen fenoliftaleiiniliuoksella.



Kuva 9. Näyte VK 28. Ulkopinta vasemmalla.

MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	VK 28	**Tutkimuskohta**	0–45 mm ulkopinnasta
Ohuthie	AVK3	**Koko**	28 x 45 mm

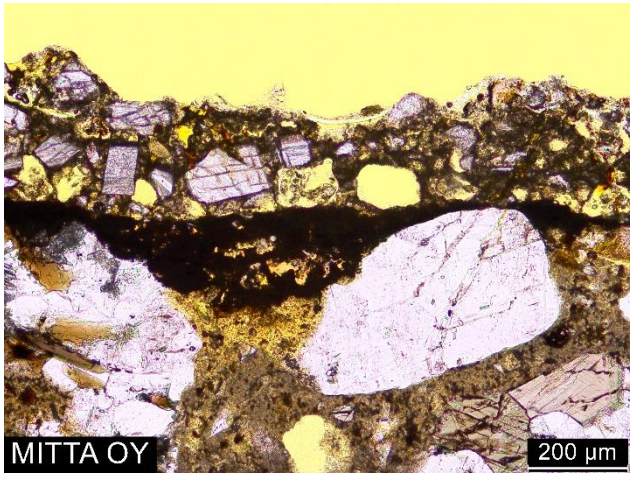
Kiviaines, karkea	Yksittäiset, pyöristyneet granitoidi- ja kalkkikivikappaleet.
Kiviaines, hieno	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja amfiboliittikappaleita sekä mineraalirakeita.
Kiviaines-tartunnat	0–12 mm ulkopinnasta on alueita, joissa betoni on sideainesköyhää ja tartunnat ovat monin paikoin avoimet. 12–45 mm ulkopinnasta tartunnat ovat pääosin tiiviit, vain yksittäisissä tartunnoissa on huokosia.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifilleriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on epätasainen, paikoin havaittiin mikrohuokoisempia alueita. Vastaava vesi-sementtisuhde on arviolta 0,50. (*Vertailu CEMI-referenssiin. Arvio ei kuulu akkreditoinnin piiriin*.)
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 14 mm, maksimissaan 20 mm syvyydelle ulkopinnasta. Kookas kiviaineskappale rajaa pääosin karbonatisoitumisvyöhykettä.
$Ca(OH)_2$	Hieno-keskirakeisia kiteytymiä, jotka ovat runsaampia mikrohuokoisemmilla alueilla.
Halkeilu, pinta	-
Halkeilu, sisäosa	-
Huokoset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia (Ø < 1,5 mm), muodoltaan pääosin epäsäännöllisiä ja melko pyöristyneitä huokosia on kohtalaisesti. Lisäksi 0–12 mm syvyydellä ulkopinnasta havaittiin runsaasti pieniä, muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia.
Sekundääriset kiteytymät	-
ASR	-
Muita huomioita	Ulkopinnalla on ohuthieessä < 0,6 mm paksu, paikoin kolmikerroksinen, epäjatkuva maalipinnoite. Ulompi kerros on arviolta sementtimaali, jossa on Ø < 0,1 mm kokoisia karbonaattirakeita. Sisempi kerros on epäjatkuva, tiivis, musta ja läpinäkymätön (PPL). Sementtimaalin tartunta on paikoin avoin, sisemmän kerroksen tartunta betoniin on pääosin tiivis. Betonin pinnalla on paikoin punalevää ja Ø < 0,2 mm kokoisia kasvisolukkokappaleiden jäänteitä. *Kaksi kookasta kiviaineskappaletta täyttää noin ½ ohuthieen pinta-alasta, mikä tulee ottaa huomioon tulosten mittausepävarmuutta arvioitaessa.*

Valokuvat seuraavalla sivulla.

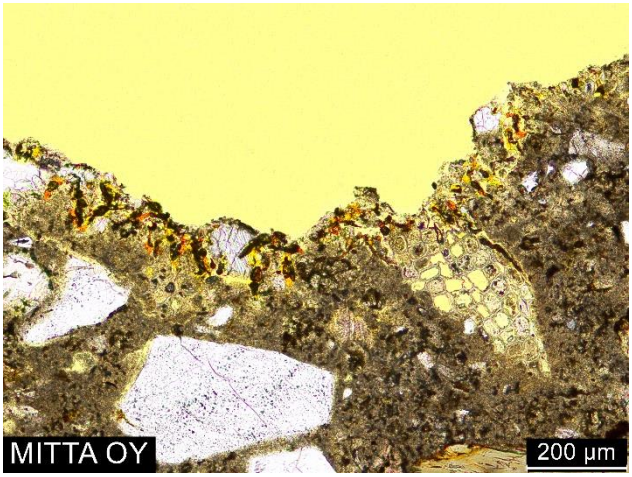
1878

MIKROANALYYSI - kuvat

Näyte	VK 28
Ohuthie	AVK3



Kuva 10. Ulkopinnan maalipinnoitetta. PPL



Kuva 11. Paikoin ulkopinnalla on punalevää. PPL

PPL = plane polarized light

MAKROANALYYSI

Näyte	VK 36	**Tilausnumero**	1878
Selite	Kellotorni	**Koko**	Ø 50 mm, pituus 81 mm

Karbonatisoitumissyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

Ulkopinta	*Sisäpinta*	*Laastit, pintavalut, tms.*
6–21/12 mm	-	-

Havainnot

Kiviaines	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja kvartsiittikappaleita, Ø < 32 mm.
Sideaines	Vaalean rusehtavan harmaata, sileän tuntuista.
Tiivistyminen ja huokoset	Keskinkertainen–hyvä, huokoset Ø < 4 mm.
Raudoitus	61 mm ulkopinnasta (so. katkaistu/katkennut sisäpinta) Ø 8 mm.
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinta on melko tasainen betoni, jonka pinnalla on valkoinen, laastipinnoite. Sisäpinta on katkaistu/katkennut teräsyvyydeltä kiviainesta pääosin myötäillen.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	Ulkopinnan laasti 1–3 mm ja betoni. Tartunta on kiinni.
Puutteet ja vauriot	-
Muita huomioita	Tilaaja on käsitellyt näytteen fenoliftaleiiniliuoksella.



Kuva 12. Näyte VK 36. Ulkopinta vasemmalla.

MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	VK 36	**Tutkimuskohta**	0–45 mm ulkopinnasta
Ohuthie	AVK4	**Koko**	28 x 45 mm

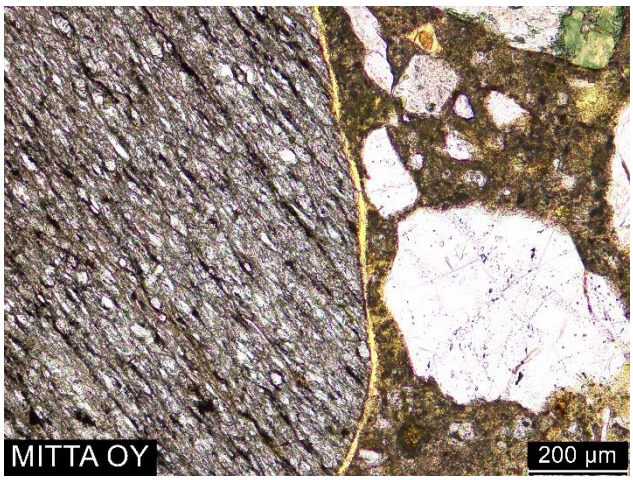
Kiviaines, karkea	Yksittäiset, hieman pyöristyneet granitoidikappaleet sekä pinnan vastaisesti asettunut pitkulainen ja pyöristynyt liuskekappale.
Kiviaines, hieno	Pääosin hieman pyöristyneitä, paikoin kulmikkaita granitoidi- ja amfiboliittikappaleita sekä mineraalirakeita.
Kiviaines-tartunnat	Pääosin tiiviit, paikoin tartunnoissa on < 0,03 mm leveitä halkeamia.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifilleriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on epätasainen, paikoin havaittiin mikrohuokoisempia alueita. Vastaava vesi-sementtisuhde on arviolta 0,50. (*Vertailu CEMI-referenssiin. Arvio ei kuulu akkreditoinnin piiriin*.)
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 11 mm, maksimissaan pistemäisesti halkeaman reunoilla 23,5 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on edennyt maksimissaan n. 4 mm etäisyydelle halkeaman reunoilta.
$Ca(OH)_2$	Hieno-karkearakeisia kiteytymiä, jotka ovat runsaampia mikrohuokoisemmilla alueilla.
Halkeilu, pinta	Yksittäinen, kiviainesta pääosin myötäilevä ja < 0,04 mm leveä halkeama, joka ulottuu maksimissaan läpi tutkimusalueen. Halkeama myötäilee pinnan vastaisen ja pitkulaisen liuskekappaletta ja sen reunat ovat symmetriset.
Halkeilu, sisäosa	-
Huokoset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia (Ø < 4,4 mm), muodoltaan pääosin epäsäännöllisiä ja melko pyöristyneitä huokosia on melko vähän.
Sekundääriset kiteytymät	Paikoin halkeamassa ja huokosissa on hyvin vähäisiä ettringiittikiteytymiä.
ASR	-
Muita huomioita	Ulkopinnalla on ohuthieessä < 0,5 mm paksu, kaksikerroksinen, arviolta sementtimaalipinnoite. Maalikerroksissa on Ø < 0,2 mm kokoisia karbonaattirakeita. Kerrosten tartunta toisiinsa ja betoniin on pääosin tiivis.

Valokuvat seuraavalla sivulla.

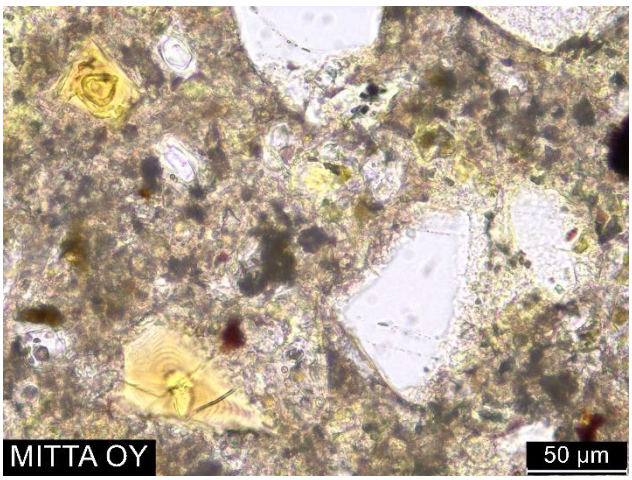
1878

MIKROANALYYSI - kuvat

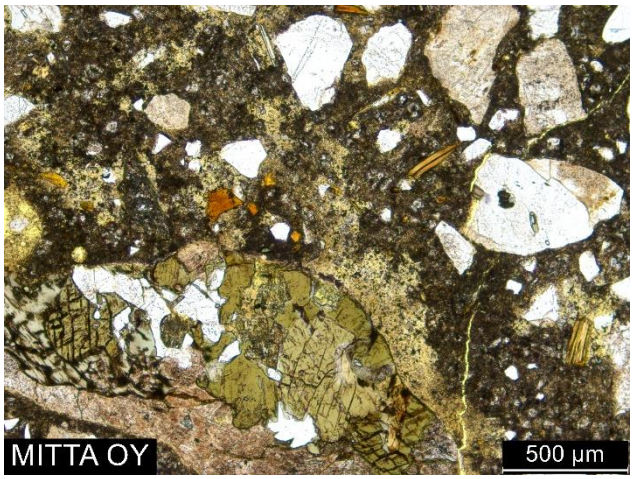
Näyte VK 36
Ohuthie AVK4



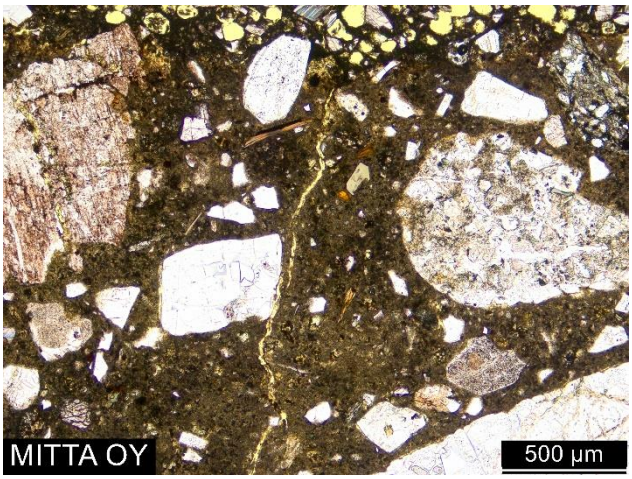
Kuva 13. Kiviainestartunnassa on halkeama. PPL



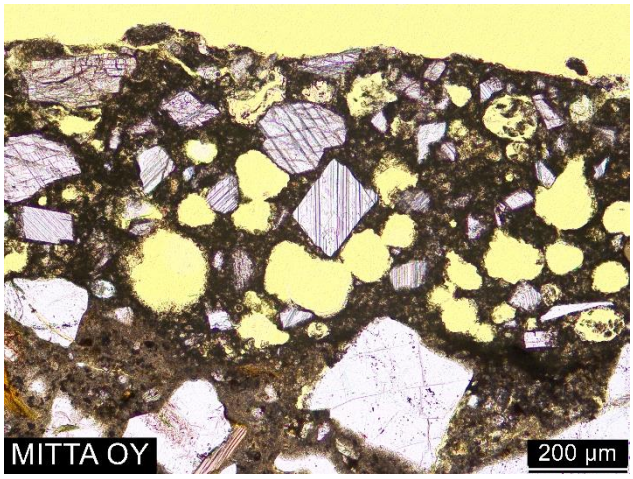
Kuva 14. Portlandsementtiklinkkeriä, masuunikuonaa ja kalkkikivifilleriä sideaineessa. PPL



Kuva 15. Mikrotekstuuri on epätasainen. PPL



Kuva 16. Betonin ulkopintaan avautuva halkeama. PPL



Kuva 17. Ulkopinnan sementtimaali/laastikerros. PPL

PPL = plane polarized light