

Vantaan kaupunki
Kaivokselan koulu
Kaivosvoudintie 10
01610 Vantaa

Betonisten julkisivu- ja piharakenteiden kuntotutkimus



Raportti 24.09.2014

TIIVISTELMÄ

Kaivoksen koulun betonisten julkisivu- ja piharakenteiden kuntotutkimus suoritettiin 14.5.2014 ja 11.6.2014 Aaro Kohonen Oy:n toimesta. Rakenteet tutkittiin maasta käsin ja itäpuolen julkisivulla myös nostokoriauton avulla. Näytteitä otettiin ikkunan ylityspalkkeista, sokkeleista, pohjoispäädyn tukimuureista ja portaasta sekä eteläpäädyn portaista ja porraskaiteesta.

Rakenteita tutkittiin visuaalisella havainnoinnilla, poranäytteillä, peitepaksuus mittauksilla ja rakenteiden pintoja vasaroimalla. Silmämääräisesti voitiin huomata rakenteissa halkeilua ja murtumia sekä paikoittaisia kalkkihärmiä. Visuaalisen havainnoinnin yhteydessä todettiin myös tiilipintojen peseytyneisyyttä ja tiilimuurauksen saumojen halkeilua.

Laboratoriotutkimusten mukaan betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee paljon näytteiden välillä. Osassa näytteistä karbonatisoitumissyvyys oli edennyt pidemmälle rakenteessa kuin mihin näyte oli otettu. Kaikissa näytteissä todettiin lisähuokostuksen puuttuvan betonista, jonka takia betonia ei voida luokitella nykyvaatimusten mukaan pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Huokostiloissa, ikkunanylityspalkkien näytteitä lukuun ottamatta, ilmeni täyteisyyttä, mikä viittaa rakenteiden korkeaan kosteusrasitukseen. Lisäksi yhdessä sokkelinäytteessä oli nähtävissä selkeitä viitteitä pitkälle edenneestä pakkasrapautumisesta. Betonirakenteista määritetyt vetolujuusarvot olivat pääosin hyviä, joten rakenteet ovat vielä korjauskelpoisia.

Tutkituista rakenteista kriittisimmässä tilassa on ikkunan ylityspalkit ja eteläpäädyn sisäpihan portaat. Myös muissa tutkituissa rakenteissa on korjattavaa. Sisäpihan portaiden kohdalla ainoa korjausvaihtoehto on portaiden uusiminen. Muiden rakenteiden kohdalla voidaan harkita joko piikkaus- paikkauskorjausta tai koko rakenteen uusimista.

SISÄLLYSLUETTELO:

TIIVISTELMÄ

1. TILAAJA JA KONSULTTI, YHTEYSTIEDOT	4
2. TEHTÄVÄ.....	4
3. KOHDE.....	4
4. BETONIN JA BETONIRAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN YMPÄRISTÖOLOSUHTEIDEN VAIKUTUKSESTA	5
4.1 Yleistä.....	5
4.2 Betonin karbonatisoituminen ja raudotteiden korrosio	5
4.3 Betonin vetolujuus	6
4.4 Betonin pakkasrapautuminen	6
4.5 Halkeilu ja muodonmuutokset.....	6
4.6 Muut mahdolliset vauriomekanismit	7
5. KENTTÄTUTKIMUKSET	8
5.1 Yleistä.....	8
5.2 Visuaalinen tarkastus.....	8
5.3 Betoniterästen peitepaksuus.....	9
5.4 Näytteet	10
6. LABORATORIOTUTKIMUKSET	11
6.1 Yleistä.....	11
6.2 Betonin karbonatisoituminen.....	11
6.3 Betonin vetolujuus	14
6.4 Betonin ohutietutkimus	14
7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	17
8. KORJAUSHANKE JA KORJAUSTAPAVAIHTOEHDOT	19
8.1 Yleistä korjaushankkeen läpiviennistä	19
8.2 Korjausvaihtoehdot.....	20
8.2.1 Vaihtoehto 1: Rakenteiden piikkaus-paikkauskorjaus ja pinnoitus	20
8.2.2 Vaihtoehto 2: Betonirakenteiden uusiminen	21
VIITTEET.....	22
LIITTEET	22

1. TILAAJA JA KONSULTTI, YHTEYSTIEDOT

Tilaaaja: **Vantaan Tilakeskus, Hankepalvelut, Hankevalmistelu**
Hankevalmistelu
Ulla Lignell e-mail: ulla.lignell@vantaa.fi
puh. +358 (0)50 304 1141

Rakennusten kunnossapito
Jouni Räsänen e-mail: jouni.rasanen@vantaa.fi
puh. +358 (0)40 836 7993

Konsultti: **Aaro Kohonen Oy**
Elina Paukku e-mail: elina.paukku@sweco.fi
Koronakatu 2 puh. 0207 393 000 tai 0400 – 58 77 97
02210 Espoo fax. 0207 393 002

2. TEHTÄVÄ

Tehtävänä oli suorittaa Kaivoksen koulun ulkopuolisten betonirakenteiden kuntotutkimus. Kenttätutkimuksen suoritti 14.5.2014 DI Elina Paukku Aaro Kohonen Oy:stä apunaan RI (AMK) Christoffer Enberg ja ins.oppilas (AMK) Virve Puumala Aaro Kohonen Oy:stä. Tutkimuksia jatkettiin 11.6.2014 Enbergin ja Puumalan toimesta.

Tutkimuksen tarkoituksena oli saada tietoa betonirakenteiden nykyisestä kunnosta sekä arvioida rakenteiden korjaustarvetta ja korjaustoimenpiteitä.

3. KOHDE

Tutkittavana kohteena olivat Kaivoksen koulun ulkopuoliset betonirakenteet. Rakennuksen julkisivut ovat pääosin kahitiiltä ja betonipintoja on ikkunan ylityspalkeissa ja sokkeleissa. Tutkittaviin rakenteisiin kuului myös rakennuksen teräsbetoniset ulkoportaat ja porraskaiteet. Itäsiipeen johtavia portaita lukuun ottamatta portaat ovat maata vasten rakennettuja ja ne on laatoitettu n. 50 mm paksuilla betonilaatoilla. Porraskaiteet ovat pohjoispäädystä 145 mm ja eteläpäädyn portailla n. 165 mm paksuja ja niiden päällä kulkee lisäksi teräskaide. Rakennus sijaitsee rinteessä metsäisessä maastossa. Puusto pohjois-, etelä- ja länsijulkisivuilla lähellä rakennusta ja suojaa sitä kovilta tuulilta ja vaakasateilta. Länsipuolella maanpinna yläpuolella on yksi kerros ja itäpuolella kolme kerrosta. Rakennus on valmistunut 60-luvulla.

4. BETONIN JA BETONIRAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN YMPÄRISTÖOLOSUHTEIDEN VAIKUTUKSESTA

4.1 Yleistä

Betonirakenteiden ikääntyessä tapahtuva vaurioituminen johtuu useista eri tekijöistä, jotka saavat aikaan materiaalien ominaisuuksien heikkenemistä eli turmeltumista. Turmeltuminen voi olla haitallisen nopeaa, mikäli käytetyt materiaalit tai työnsuoritus ovat olleet heikkolaatuisia tai rakenneratkaisut virheellisiä tai huonosti toimivia. Eri turmeltumisilmiöt voivat tapahtua samanaikaisesti, jolloin vaurioituminen saattaa tapahtua niiden kaikkien yhteisvaikutuksesta. Turmeltumisilmiöt ovat alkuvaiheessaan yleensä hitaasti eteneviä, mutta niiden etenemisnopeus tavallisesti kiihtyy vaurioiden edetessä.

Todennäköisimmät, tämän tutkimuksen kohteena ollutta rakennetta koskevat betonisten rakenteiden turmeltumisilmiöt on lyhyesti esitetty seuraavassa.

4.2 Betonin karbonatisoituminen ja raudotteiden korrosio

Betonin karbonatisoitueessa ilman sisältämä hiilidioksidi (CO_2) reagoi betonin sisältämän kalsiumhydroksidin (CaOH) kanssa, jolloin syntyy kalsiumkarbonaattia (CaCO_3). Tällöin betonin pH-arvo, joka normaalisti on erittäin korkea, laskee ja betoni neutraloituu. Neutraloituminen alkaa betonin pinnasta ja etenee rintamana hidastuvalla nopeudella syvemmälle rakenteeseen. Korkeassa betonin huokosveden alkalipitoisuudessa (normaalioloissa) teräs on ns. passivaatiossa korroosion suhteen /1/.

Karbonatisoituminen itsessään ei vaurioita betonia, mutta se johtaa terästen korroosioon. Karbonatisoitumisrintaman saavuttaessa terässyvyuden ja pH:n laskiessa rikkoutuu teräksiä suojaava oksidikalvo, jolloin hapen ja veden (kosteuden) läsnäollessa käynnistyy aktiivinen korrosio /2/.

Karbonatisoitumisen etenemisnopeus riippuu paitsi karbonatisoituvan aineen määräästä sekä ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuudesta, myös betonipinnan diffuusiovakutuksesta. Vaikka karbonatisoitumisreaktiotuotteet aluksi tiivistävät betonipintaa, vaikuttavat betonin huokosrakenne ja kosteuspitoisuus siihen, miten nopeasti hiilidioksidi betoniin tunkeutuu. Halkeamat lisäävät hiilidioksidin tunkeutumista paikallisesti. Karbonatisoitumisen eteneminen hidastuu merkittävästi vasta, kun betoni on jatkuvasti märkää. Myös korrosio käytännössä pysähtyy betonin ollessa täysin märkää ($\text{RH} > 98\%$). Korroosion nopeus karbonatisoituneessa betonissa riippuu betonin kosteuspitoisuudesta ja se etenee varmimmin noin 75 - 98 % suhteellisessa kosteudessa. Haitallisinta korroosion etenemisen kannalta on betonin vuoroittainen kuivuminen ja kastuminen. Korroosion vaikutuksesta raudotteiden vetokestävyys ja tartunta betoniin heikkenevät /2/, /3/.

Kaikki vapaat betonipinnat (myös sisätiloissa) karbonatisoituvat aikaa myöten, mutta reaktio itsessään hidastuu jatkuvasti huokosverkoston täytyessä. Toisaalta hyvin kuivissa olosuhteissa (RH alle 30 %) karbonatisoituminen pysähtyy, sillä reaktio vaatii tapahtuakseen vesiliuoksen. Karbonatisoitumista ei yleensä voi silmin havaita ehjästä

betonipinnasta, mutta pitkälle edennyt korroosio ilmenee useimmiten betonin halkeiluna ja joskus jopa selvänä ruosteisena värjäytymisenä.

Koska raudoituksen korroosiotuotteiden tilavuus on lähtöaineita suurempi, aiheutuu tästä betonin halkeilua ja jopa lohkeilua korroosion jo edettyä pitkälle. Karbonatisoitumisesta aiheutunut korroosio näkyy selkeästi raudoitusten suuntaisena halkeiluna.

Nyt tutkimuksessa kohteessa betonin karbonatisoitumista ja siitä johtuvaa teräskorroosiota voi siis käytännössä tapahtua kaikissa rakenneosissa.

4.3 Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuus on merkittävästi alhaisempi kuin puristuslujuus. Heikentynyt vetolujuus kertoo mm. betonin rapautuneisuudesta ja sen perusteella voidaan arvioida betonin laatua ja korjattavuutta yleisesti. Rapautuneisuutta ei voida kuitenkaan päätellä pelkästään vetolujuudesta vaan tuloksia on hyvä verrata ohuthietutkimuksiin /1/.

4.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kaikki kohteessa tutkitut betonirakenteet ovat alttiina ulkoilman lämpötilan vaihteluille, kosteustilalle sekä suoralle sateelle. Betoni on erittäin huokoinen materiaali, jonka huokosverkostoon voi olosuhteista riippuen olla sitoutuneena vaihtelevia määriä vettä. Huokosverkostossa oleva vesi laajenee jäätyessään, mikä aiheuttaa huokosverkostoon ylipaineen. Mikäli huokosverkoston vedellätytymisaste on korkea, ei ylipaineen ole mahdollista purkautua ilmatäytteisiin huokosiin, vaan se rikkoo betonin sisäisen rakenteen ja aiheuttaa siten betonin rapautumista. Rapautuminen voi pitkälle edetessään johtaa betonin täydelliseen lujuskatoon. Erilaisten suolojen läsnäolo betonissa voimistaa pakkasen vaikutusta, jolloin betonirakenteessa tapahtuu ns. "kuorimista" (engl. scaling) ja rakenteen halkeilu lisääntyy voimakkaasti. Pakkasrasituksen vaikuttavat paitsi betonin huokos rakenne, myös rakenteen kosteustekninen toimivuus / kosteusrasitustaso sekä ulkoiset olosuhteet. Rakenteen sijainnista riippuen rakenne voi vuoden kierron aikana jäätyä ja sulaa useita kertoja /1/, /2/.

Ohjeet pakkaselle alttiiden betonirakenteiden lisähuokostuksesta annettiin vuonna 1976. Sen mukaan pakkasrasitukselle alttiissa rakenneosissa täytyy betonin huokosjaon täyttää tietyt vähimmäisvaatimukset, jotta betoni voitaisiin katsoa pakkasenkestäväksi kosteusrasituksen alaisena. Tätä ennen ei betonin pakkasenkestävyyteen kiinnitetty mitään erityisempää huomiota.

4.5 Halkeilu ja muodonmuutokset

Betoni on hauras materiaali, johon helposti syntyy halkeamia. Vanhemmissa rakennuksissa rakenteiden halkeilu voi johtua joko rakenteiden kuivumiskutistumisesta, lämpöliikkeistä, pitkälle edenneestä teräskorroosiosta, virumasta tai kuormituksesta. Kolmea ensin mainittua halkeilutyyppiä voidaan kutsua myös ei-rakenteelliseksi halkeiluksi. Halkeamia voidaan pitää vaurioina, mikäli ne ovat esteettisesti epähyväksyttäviä, rakenne ei ole niiden johdosta vedenpitävä, ne vaikuttavat rakenteen kestävyteen ja säilyvyyteen tai ovat rakenteellisesti merkittäviä /5/.

Halkeilu lisää veden imeytymistä betoniin, mikä kasvattaa pakkasrasituksen vaikutusta. Halkeamat myös lisäävät paikallisesti hiilidioksidin tai muiden yhdisteiden tunkeutumista betoniin, jolloin näiden aiheuttamien vaurioiden kehittymisnopeus kasvaa. Rakenteelliset halkeamat pienentävät rakenteen kuormankantokykyä. Halkeama voi olla ns. aktiivinen tai passiivinen riippuen sen liikkeistä ja etenemisestä. Pieniksi halkeamiksi katsotaan alle 1 mm leveät halkeamat, suuriksi 1 – 6 mm leveät. Yli 6 mm leveitä halkeamia kutsutaan jo murtumiksi /4/.

4.6 Muut mahdolliset vauriomekanismit

Huokosten täytteisyys. Tietyissä olosuhteissa betonin huokosrakenteisiin voi muodostua kiteisiä aineita, jotka täyttävät huokostilaa. Alkuvaiheessa tästä ei yleensä ole haittaa rakenteelle. Ongelmaksi kiteytyminen muodostuu silloin, kun se etenee niin pitkälle, että betonin huokokset alkavat täyttyä, jolloin mm. betonin pakkasenkestävyys olosuhteista riippuen saattaa heiketä esim. kiteytyvän aineen aiheuttamien sisäisten jännitysten vaikutuksesta. Eräs tällainen kiteytyvä aine on ettringiitti, jota saattaa muodostua betoniin mm. liiallisen lämpökäsittelyn (elementtirakenteet tai talvibetonointiolosuhteet) seurauksena. Huokosten täytteisyys myös lisää kosteuden kulkeutumista betonissa /5/, /6/.

Kalkin liukeneminen ja betonin rapautuminen. Jopa aivan puhdas vesi voi turmella betonin tunkeutuessaan sen läpi. Veden syövyttävyyttä lisää sen mahdollisesti sisältämä ns. kalkkiaggressiivinen hiilidioksidi. Betonin kalkkipitoisuus vähenee veden liuottaessa ja kuljettaessa betonista kalsiumhydroksidia. Kun kalkkipitoisuus on vähentynyt riittävästi, häiriintyy sementin kovettumistuotteiden kemiallinen tasapaino, jolloin ne alkavat hajota ja betoni alkaa hitaasti rapautua. Vaurioitumistavasta johtuen virtaava vesiympäristö on seisovaa haitallisempi. Mikäli liukenemista tapahtuu myös rakenteen sisäosista (esim. betoni on harvaa korkean vesi-sementti -suhteen, runko-aineen epäedullisen rakeisuuden tai huonon työnlaadun vuoksi), voi tästä olla vahinkoa rakenteen kestävyydelle ja säilyvyydelle. Kalsiumhydroksidin liukeneminen näkyy betonipinnoilla ensin vähäisenä valkoisena värjäytymisenä ja myöhemmin selkeinä kalkkisuotaumina (suolapölynä tai jopa ”tippukivinä”). Kalsiumhydroksidia liukenee jopa 0 °C:n lämpötilassa. /2/, /5/, /6/.

Alkalikiviainesreaktiot. Alkalikiviainesreaktio on betonin sisällä tapahtuva paisumisreaktio, joka rapauttaa betonia. Tällaiset reaktiot ovat mahdollisia, jos samassa rakenteessa sementti sisältää runsaasti alkaleja (Na, K), betonin kiviaineksessa on heikosti alkalisuutta kestäviä mineraaleja ja betonin kosteuspitoisuus on riittävän korkea. AKR:ssa halkeilu syntyy syvällä rakenteessa aiheuttaen halkeiluverkoston koko betonirakenteeseen. Alkalikiviainesreaktiosta kärsivälle betonirakenteelle tyypillisiä piirteitä on kosteudesta johtuva laikukkuus, epäsäännöllinen verkkohalkeilu, paisuminen, ja betonin halkeamista ulos tunkeutuva geelimäinen reaktiotuote. AKR muistuttaa ulkoisesti pakkasrapautumaa, joten sen varmistaminen vaatii ohuthieanalyysin. Ohuissa rakenteissa liikkuva kosteus kuitenkin poistaa reaktiotuotetta betonista, jolloin AKR:n erottaminen muusta rapautumisesta vaikeutuu. /1/.

5. KENTTÄTUTKIMUKSET

5.1 Yleistä

Kenttätutkimukset suoritettiin 14.05.2014 ja 11.06.2014. Kenttätutkimus piti sisällään seuraavia toimenpiteitä:

- visuaalisen tarkastuksen, vaurioiden yleisen kartoituksen (halkeamat, säröily, rapautuminen, teräskorroosio) ja valokuvaamisen
- tutkimuksen kohdentamisen kriittisille alueille
- poranäytteiden irrottamisen rakenteesta timanttiporalaitteistolla
- betoniterästen peitepaksuuksien mittausta
- porauskohtien paikkauksen polymeerimodifioidulla pakkasenkestävällä korjausbetonilla kuivasullontamenetelmää käyttäen

Tutkimuksissa keskityttiin lähinnä betonirakenteiden kunnon, korjattavuuden ja teräskorroosion laajuuden selvittämiseen. Kaikki poranäytteet numeroitiin välittömästi porauksen jälkeen ja suljettiin tiiviisti muovipussiin. Tutkimus suoritettiin noudattaen ohjetta BY 42 – Betonijulkisivun kuntotutkimus, 2013 /1/.

Tutkimus- ja mittausalueet sekä näytteenotkohdat on esitetty liitteessä 1. Näyteluettelo on esitetty liitteessä 2 ja betoniterästen peitepaksuusmittauksen tulokset on esitetty liitteessä 3. Näytepiirroksot, betonin karbonatisoitumismääritysten tulokset, vetolujuustestausten tulokset ja ohuthieanalyysin tulokset on esitetty liitteessä 4. Liitteessä 5 on esitetty valokuvia tutkimuskohteesta.

5.2 Visuaalinen tarkastus

Visuaalisista havainnoista tehdyt yksittäiset johtopäätökset tai niiden tarkennukset on esitetty kursivilla tekstillä.

Pohjoispään sisäpihalla **sokkelissa** on selvästi rapautunut alue. Betonin pinta on irronnut ja halkeamat kulkevat pysty- ja vaakasuunnassa. *Halkeilualueelta porattaessa näyte hajosi kokonaan, joten näyte K10 otettiin hieman vähemmän halkeilleelta alueelta.* Sokkeleissa on havaittavissa länsijulkisivulla paljon pystysuuntaisia 0,15...0,30 mm levyisiä halkeamia, jotka alkavat sokkelin yläpinnasta ja jatkuvat maanpinnan alapuolelle. Tällaisia halkeamia löytyi myös pohjoispäädyn sisäpihan sokkeleista, itä-julkisivun etelän puoleiselta reunalta ja eteläpäädyn sisäpihan sokkeleista. Eteläpään sisäpihan perällä olevan sisäänkäynnin **betonitasanteen** etureunassa on myös näkyvissä verkkomaista halkeilua ja kalkkihärmää. Etureunassa on myös näkyvissä raudoitusten korroosiota. Sokkelin ja tasanteen liitoskohdassa on suuri halkeama, joka jatkuu tiilisaumassa. Sisäpihalla on myös sokkelin ja tiiliseinän liittymiskohdan alapuolella paikoin vaakasuuntaisia pitkiä halkeamia. Sokkelipintojen vasarointia tehtiin julkisivuilla länteen, etelään ja eteläpäädyn sisäpihalla. Vasaroinnissa ei löytynyt ”kopoa” eli rakenteiden pinnan irtonaisuutta.

Osa **tiilipinnoista** on ”peseytynyttä” sateen vaikutuksesta. Lounaiskulmauksessa alimpien tiilien alareunat ovat rikkoutuneet. Tiilisaumat ovat myös erittäin peseytyneet

ja niissä esiintyy halkeamia. Tiilien ja sauman väliin on paikoin ilmestynyt suuria, tiilen muotoa seuraavia rakoja. Pohjoispuolen sisäpihalla näkyy, että tiiliä on vaihdettu ja lohkeamia paikattu. Tiilien ja sauman väliset raot ovat selvästi irti.

Ikkunan ylityspalkeissa on näkyvissä halkeamia ja betonin irtoamista. Itäjulkisivun ikkunoiden ylityspalkin alareunassa oli paikoin myös pääteräkset näkyvissä. Yhdessä kohdassa hakarautoitusta oli ruostunut täysin ja rautoitusta katkesi irtoavan betonipalan mukana. Otsapinnoissa on näkyvissä sateen aiheuttamaa peseytymistä, mikä on paljastanut lähimpänä pintaa olevat hakarautoitukset.

Maata vasten rakennetuissa betoniportaissa on näkyvissä kalkkihärmää ja kalkkisuotaumaa, mikä viittaa kosteuden liikkumiseen betonissa. Kalkkihärmää on varsinkin askelmien pystypinnoissa. Eteläpäädyn portaissa askelmien pystypinna ovat paikoin murtuneet ja niistä kasvaa kasvillisuus läpi. Pystypinnoilla ja betonilaattojen saumoissa kasvaa myös paljon sammalta.

Portaiden betonikaiteissa ja rakennuksen tukimuureissa on myös näkyvissä kalkkihärmää ja kalkkisuotaumaa. Eteläpäädyn portaan kaiteessa kalkkihärmää esiintyy metsän puolella maanrajassa paksuinakin kerroksina. Pohjoispäädyssä olevissa tukimuurirakenteissa on havaittavissa paljon pinnan halkeilua ja tukimuurissa on yhdessä kulmassa koko tukimuurin korkuinen halkeama. *Tukimuurin pinnan rosoisuus voi johtua huonosta betonin tiivistämisestä rakennusvaiheessa.* Eteläpäädyn sisäpihan tukimuurissa on paikoin viitteitä raudoitteiden korroosiosta ja rakennuksen ulkokulman kohdalla on pystyhalkeama. Eteläpäädyn portaan kaiteen betoniosissa on portaikoin puolella kaiteen pystyraudoitus selvästi näkyvissä. Betoni on irronnut raudoitteiden päältä korroosion vaikutuksesta. Myös yläreunan levennyksessä on selvästi näkyvissä raudoituksen korroosiota ja paikoin lähes kaikki levennyksen haat ovat näkyvissä. Lisäksi levennyksessä on sisäpihan puolella pitkiä vaakahalkeamia. Betoni kaiteesta on myös irronnut paloja ja siitä on selvästi irtoamassa lisää. Myös betonikaiteen päällä oleva teräskaide on ruostunut. Pohjoispäädyn portaiden betonikaiteessa on portaiden puolella näkyvissä useita vaakasuuntaisia noin 60..100 mm pitkiä halkeamia. Portaiden ja tukimuurien vasaroinnissa ei löytynyt ”kopo” alueita.

Etelänpuoleisella sisäpihalla ”itäsiipeen” johtavien **betoniportaiden alapinnassa** on suuria kalkkivalumia. Portaiden askelmapuolella on myös kalkkihärmää ja askelmien päällä kasvaa paljon sammalta.

Tutkitusta rakennuksesta ja rakenteista on esitetty kuvia liitteessä 5.

5.3 Betoniterästen peitepaksuus

Terästen peitepaksuus mitattiin Proceq Profometer 5 –peitepaksuusmittarilla. Mittaustuloksia saatiin 117 kpl. Mittauksissa ilmeni, että rakenteissa on normaalitasoon verrattuna vähän raudoitusta. Mittaustulosten lukumäärän vähäisyydestä johtuen tuloksiin tulee suhtautua varauksella. Mittaustulokset on esitetty liitteessä 3. Mittaustuloksista saatiin seuraavia tuloksia:

Ikkunan ylityspalkit:

Mittausalueita 2 kpl ja mittaustuloksia 17 kpl. Suurin teräsjakauma 41,2 % syvyydellä 15-19 mm. Pienin teräsjakauma 5,9 % syvyydellä 10-14 mm.

Sokkelit:

Mittausalueita 4 kpl ja mittaustuloksia 43 kpl. Suurin teräsjakauma 34,9 % syvyydellä 20-24 mm. Pienin teräsjakauma 2,3 % syvyydellä >50 mm.

Porraskaiteet:

Mittausalueita 2 kpl ja mittaustuloksia 24 kpl. Suurin teräsjakauma 29,2 % syvyydellä 10-24 mm. Pienimmät teräsjakaumat 4,2 % 5-9 mm ja 15-19 mm syvyydellä.

Tukimuurit:

Mittausalueita 2 kpl ja mittaustuloksia 33 kpl. Suurimmat teräsjakaumat 18,2 % syvyydellä 15-19 mm ja 35-39 mm. Pienin teräsjakauma 3,0 % syvyydellä 40-44 mm.

→ Vuonna -65 peitepaksuusvaatimus oli 20 mm. Ainoastaan sokkeleissa suurin teräsjakauma täyttää rakennusajan peitepaksuusvaatimuksen. Ikkunan ylityspalkeissa raudoituksesta 47 % alittaa peitepaksuusvaatimuksen. Nykykäsitysten mukaan, rasi-
tusluokat huomioiden, em. peitepaksuudet ovat riittämättömän raja-arvoalueilla. Nykyiset vaatimukset ovat sokkeleille 30-35 mm, portaille ja porraskaiteille 35 mm ja ulkoseinä-
rakenteille (tässä tapauksessa ikkunan ylityspalkit) 35 mm. /7/.

5.4 Näytteet

Laboratoriotutkimuksia varten rakenteista porattiin näytteitä betonin ohuthietutkimusta (14 kpl) ja vetolujuustestausta (15 kpl) varten Ø 45 mm:n, Ø 59 mm:n ja Ø 63 mm:n timanttiterillä. Lisäksi rakennuksen eteläpuoleisen sisäpihan portaista otettiin mielenkiinnosta ja mahdollisen alkalikiviainesreaktion vuoksi tutkittavaksi näyte AKR.

Poranäytteet numeroitiin juoksevasti niiden porausjärjestyksen mukaan. Näytteet K1 – K14 on irrotettu 14.5.2014 ja näytteet K15 - K29 on irrotettu 11.6.2014. Poranäytteistä on esitetty visuaalisia havaintoja kohdassa 6.1. Näytteiden irrotuskohdat on esitetty liitteessä 1. Näyteluettelo suoritettuihin tutkimuksiin on esitetty liitteessä 2.

6. LABORATORIOTUTKIMUKSET

6.1 Yleistä

Laboratoriotutkimusten tuloksista tehty mahdolliset johtopäätökset on esitetty kursivilla tekstillä.

Ennen porausnäytteiden halkaisua suoritettiin näytteiden visuaalinen tarkastus. Visuaalisessa tarkastuksessa taltioitiin porausnäytteiden mitat, halkeamat, mahdolliset harvavalukohdat, näytteessä olevat teräkset ym. Kaikista poranäytteistä määritettiin myös betonin karbonatisoitumissyvyys lieriön kyljistä fenoliftaleiiniliuoksella. Näyteluettelo suoritettuine tutkimuksineen on esitetty liitteessä 2.

Porausnäytteiden visuaalisessa tarkastuksessa todettiin seuraavaa:

- ikkunan ylityspakkinäytteiden (7 kpl) halkaisija on 45 tai 59 mm ja pituus vaihtelee välillä 35...70 mm
- betonin kiviaineksen maksimiraekoko vaihtelee välillä #12...30 mm
- sokkelinäytteiden (9 kpl) halkaisija on 59 tai 63 mm ja pituus vaihtelee välillä 35...105 mm
- betonin kiviaineksen maksimiraekoko vaihtelee välillä #12...32 mm
- Molemmat tukimuurinäytteet ovat halkaisijaltaan 63 mm, niiden pituus on noin 150 mm ja kiviaineksen maksimiraekoko on #34 mm
- Porrassuoninäytteiden (4 kpl) halkaisija on 63 mm, näytteiden pituus vaihtelee välillä 100...165 mm ja kiviaineksen maksimiraekoko vaihtelee välillä #7...30 mm
- Porraskaiteiden näytteiden (4 kpl) halkaisija on 63 mm, näytteiden pituus vaihtelee välillä 40...165 mm (kaiteen paksuus on 165 mm) ja kiviaineksen maksimiraekoko vaihtelee välillä #22...27 mm.
- Näytteet K1, K13 ja K22 osuivat teräkseen. Kaikissa teräs oli väriltään puhdas.
- Näytteessä K10 oli silminnähtävissä paljon halkeamia ja se on täysin rapautunut
- Näytteessä K11 (ikkunan ylityspalkki) oli pinnassa n. 15 mm oikaisuvalu.
- Näytteessä K2 ja K13 (sokkeli) sisäpinnassa oli bitumikerros.
- Näytteet K17, K19, K21 ja K24 katkesivat porattaessa.

Näytteissä ei ollut havaittavissa mitään muuta tavanomaisesta poikkeavaa. Betonilieriöiden näytepiirroksia on esitetty liitteessä 4. Valokuvia poranäytteistä on esitetty liitteessä 5.

6.2 Betonin karbonatisoituminen

Kaikki 29 poranäytettä tutkittiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:ssä (tutkimusselostus Nro 070914, 12.08.2014). Karbonatisoitumismääritykset tehtiin kaikkien poranäytteiden kyljestä poralieriön molemmista päistä fenoliftaleiini-liuoksen avulla soveltaen standardia SS 137242-1988 /8/. Lisäksi betonin karbonatisoituminen tutkittiin

ohuthieistä (14 kpl). Ohuthietutkimus antaa tarkimman tuloksen betonin karbonatisoitumisesta, mutta vain valmistuskohdasta ja 25 mm:n levyiseltä alueelta (ohuthielekkeen koko on max. 75 mm x 25 mm).

Ikkunan ylityspalkkien betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee näytteiden ulkopinnassa 3 mm:stä aina poranäytteen läpi (> 40 mm). Keskiarvosyvyys on 18 mm. Ohuthietutkimuksessa todettu betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee 2...40 mm välillä.

Sokkelirakenteissa betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee näytteiden (12 kpl) ulkopinnassa 0...66 mm välillä, keskiarvosyvyys 32,5 mm. Poikkeuksena on näyte K2, jossa karbonatisoitumissyvyys on 105 mm. Ohuthietutkimuksessa todettu betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee välillä 1...53 mm näytteiden ulkopinnassa. Sokkelin läpäisevistä näytteistä (2 kpl) selvisi, että karbonatisoitumissyvyys etenee myös lämmöneristeen puolelta betonirakenteeseen. Molemmissa näytteissä karbonatisoitumissyvyiden keskiarvo ylitti pinnasta mitatut raudoitesyvyudet.

Pohjoispäädyn **tukimuurirakenteissa** betonin karbonatisoitumissyvyys näytteiden (2 kpl) ulkopinnassa on noin 27 mm. Ohuthietutkimuksessa todettu betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee välillä 14...19 mm näytteiden ulkopinnassa.

Porrarakenteissa betonin karbonatisoitumissyvyys on määritelty vain yhdestä näytteestä, K20. Näytteen yläpintana on noin 45mm paksu betonilaatta. Näytteen pohjabetonin karbonatisoitumissyvyys ulkopinnassa 20...32 mm välillä. Ohuthietutkimuksessa todettu pohjabetonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee välillä 9...13 mm näytteen ulkopinnassa. Pintalaatan karbonatisoitumissyvyys on ohuthietutkimuksen mukaan vain 0...0,5 mm.

Porraskaiteiden betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee näytteiden (4 kpl) pinnassa 2...55 mm välillä, keskiarvosyvyys 18,5 mm. Kaiderakenteissa karbonatisoitumista tapahtuu molemmista pinnoista. Ohuthietutkimuksessa todettu betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelee välillä 9...17 mm näytteiden ulkopinnassa, eli portaiden puoleisessa pinnassa.

Karbonatisoitumisnopeutta voidaan kuvata ns. karbonatisoitumiskertoimella [mm/\sqrt{a}], joka saadaan lasketuksi ns. neliöjuurimallin avulla kaavasta $x = k\sqrt{t}$, missä x on karbonatisoitumissyvyys [mm], k on karbonatisoitumiskerroin [mm/\sqrt{a}] ja t on aika [a]. Neliöjuurimallin mukaan koulurakennuksen (ikä 49 vuotta) ikkunan ylityspalkkien ja porraskaiteiden karbonatisoitumiskertoimeksi saadaan $k = 2,57 \approx 2,6 \text{ mm}/\sqrt{a}$. Vastaavasti sokkelirakenteiden karbonatisoitumiskerroin $k = 4,642 \approx 4,6 \text{ mm}/\sqrt{a}$ ja tukimuri- ja porrarakenteiden karbonatisoitumiskerroin $k = 3,714 \approx 3,7 \text{ mm}/\sqrt{a}$. Mitä pienempi kertoimen arvo on, sitä hitaampaa on betonin karbonatisoituminen. Tyypillisesti karbonatisoitumiskertoimen arvot ovat välillä $k = 1,5...3,5 \text{ mm}/\sqrt{a}$, betonin laadusta riippuen /1/.

Betonin karbonatisoitumista koskevat kaikki tulokset (sekä porauslieriöiden kyljestä mitatut arvot että ohuthietutkimuksessa mitatut arvot) on esitetty taulukossa 1 ja liitteessä 4.

Taulukko 1. BETONIN karbonatisoitumissyvyydet (mm) rakenneosittain näytteiden ulko-/alapinnoista sekä fenoliftaleiiniliuosta käyttäen (minimi, keskiarvo, maksimi) että ohuthieanalyysissä. up = näytteen ulkopinta, ksp = näytteen katkaistu sisäpinta

NÄYTTEEN TUNNUS	Rakenneosa	karb.syvyydet (mm), ulko-/alapinta			karb.syvyydet (mm), sisä-/yläpinta			Ohuthie (mm)
		min.,	ka.,	max.	min.,	ka.,	max.	
K1	ikk.ylit.palkki	34	läpi	läpi		katk.		läpi, eli >40
K2	sokkeli		105	läpi		katk.		
K3	sokkeli	0	9	13		katk.		6 - 11 up
K4	sokkeli	9	16	23		katk.		
K5	sokkeli		*			katk.		1 - 10 up
K6	ikk.ylit.palkki	3	10	21		katk.		2 - 32 up
K7	ikk.ylit.palkki	8	12	läpi		katk.		8 - 21 up
K8	ikk.ylit.palkki	10	17	läpi		katk.		13 - 18 up
K9	ikk.ylit.palkki	4	17	25		katk.		7 - 21 up
K10	sokkeli		läpi			katk.		läpi, eli >53
K11	ikk.ylit.palkki	7**	9**	15**		katk.		4 - 8 up, 9 - 13 ksp
K12	ikk.ylit.palkki	21	23	25		katk.		
K13	sokkeli	39	46	66	21	25	30	
K14	sokkeli	32	39	48		katk.		
K15	tukimuuri		*			katk.		14 - 19 up
K16	tukimuuri	22	27	36	6	11	15	
K17	porrasnousu		katk.		1	1	2	
K18	porraskaide	7	12	15	2	4	6	
K19	porrasnousu		katk.		1	4	7	
K20	porrasnousu	20	25	32	0	0	0	0 - 0,5 up laatta, 9 - 13 ksp
K21	porrasnousu		katk.		1	1	2	
K22	porraskaide	39	45	51	32	41	55	
K23	porraskaide		*			katk.		9 - 17 up
K24	porraskaide	4	5	6	2	4	6	
K25	sokkeli	9	14	17		katk.		
K26	sokkeli	18	läpi	läpi		katk.		25 - 57 up
K27	sokkeli	17	22	23	24	28	35	
K28	sokkeli	19	24	32		katk.		
K29	sokkeli	10	25	34		katk.		21 - 33 up

(katk. = näyteliiriö katkaistu /katkennut)

* Ei selkeästi määritettävää tulosta liuoksella

** Mitattu pohjabetonin pinnasta, oikaisuvalu n. 15 mm

→ *Betonipintojen karbonatisoitumissyvyydet vaihtelevat paljon. Keskimääräiset karbonatisoitumissyvyydet ikkunanylityspalkkien ja porraskaiteiden kohdalla tavanomaisia. HUOM! Ehjässä betonissa. Halkeamien kautta karbonatisoitumisrintama etenee nopeammin ja syvemmälle rakenteeseen. Sokkelien ja tukimuurien karbonatisoitumissyvyydet ovat tavanomaista korkeammat. Porrasnousun yläpinnasta saadut pienet karbonatisoitumissyvyydet voivat johtua portaan korkeasta kosteuspitoisuudesta. Mittaustulosten mukaan karbonatisoitumisrintama on ainakin sokkeleissa saavuttanut lähes 80 % teräksistä. Silmämääräisesti näitä teräksiä ei näy kuin muutama, toisin kuin ikkunan ylityspalkkeissa, joissa teräksiä on näkyvissä joka puolella (ks. kohta 5.3, Betoniterästen peitepaksuus.*

6.3 Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuusmääritykset tehtiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:ssä (tutkimuslaskutus Nro 070914, 12.08.2014). Vetolujuuden testaus suoritettiin standardia SFS 5445 /9/ soveltaen (ilman tiheyden määrittystä) yhteensä 15 koekappaleelle.

Betonien (K2, K4, K12, K13, K14, K16, K17, K18, K19, K21, K22, K24, K25, K27, K28) vetolujuudet vaihtelivat välillä 0,2...4,4 MN/m² keskiarvon ollessa 1,9 MN/m². Vetomurto tapahtui heikoimmassa tuloksessa (näyte K21) runkoainetta rikkomatta noin 115 mm:n syvyydellä näytteen ulkopinnasta. Myös toiseksi heikoimmassa tuloksessa (K22) vetomurto tapahtui runkoainetta rikkomatta noin 25 mm:n syvyydellä pinnasta. Muiden näytteiden vetolujuudet olivat yli 1 MN/m².

Viitteen /1/ mukaan vetolujuuden ollessa luokkaa 0 on näytteessä pitkälle edennyttä rapautumaa ja vetolujuuden ollessa luokkaa 0,5 - 1,0 MN/m² on näytteessä jonkinasteista rapautumaa. Kun vetolujuus on luokkaa 1,5 MN/m² tai yli, näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa.

Vetolujuustestauksessa kappaleen murtotavasta voidaan myös päätellä betonin kuntoa. Jos murto tapahtuu kivirakenteiden pintoja pitkin, rapautumisen todennäköisyys on suuri. Rapautumattoman näytteen murtopinta rikkoo suuriakin runkoaineita ja se on suhteellisen suora. 15:sta koekappaleesta vain neljässä murtopinta oli kivirakeita rikkova.

→ Tulosten ja niiden teoreettisen arviointikäytännön mukaan vain kahden näytteen (K21 ja K22) vetolujuusarvoissa on ns. viitteitä rapautumasta. Näytteen K22 vetomurto on tapahtunut melko syvällä ulkopinnasta, mutta runkoainerakeita rikkomatta, joten kyseessä saattaa olla pakkasrapautuman aiheuttama materiaalin heikentyminen. Näyte K21 on porrasmuodosta. Vierestä otetussa K20:n ohuthiennäytteessä oli runsasta huokostilojen täytteisyyttä ja mikrohalkeamia, mikä viittaavat alkavaan pakkasrapautumaan. Muissa näytteissä ei vetolujuuksien perusteella ole todennäköisesti rapautumaa.

Betonin vetolujuustulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 4.

6.4 Betonin ohuthietutkimus

Betonin ohuthietutkimus (eli mikrorakennetutkimus) suoritettiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n laboratorioissa Vantaalla yhteensä 14 näytteelle. Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on Mittatekniikan keskuksen myöntämä FINAS-akkreditointi ohuthietutkimuksille (akkreditoitu testauslaboratorio T208, SFS-EN ISO/IEC 17025).

Näytteistä valmistettiin liimausten ja esi-impregnoitien jälkeen 14 kpl noin 75 mm x 25 mm x 0,025 mm:n kokoista ohuthienäytettä (näytteen pituudesta riippuen), jotka tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimus tehtiin soveltaen standardia ASTM C 856-11 /10/.

Tutkimusraportti kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 4. Tutkimuksessa (Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n tutkimusselostus nro Nro 709014, 12.08.2014) havaittiin mm. seuraavaa:

Ikkunan ylityspalkit (näytteet K1, K6, K7, K8, K9, K11):

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan epätasaisesti. Näyte K1 oli karbonisoitunut koko näytteen kattamalla alueella eli > 40 mm:n syvyydellä. K11 pinnassa on noin 15 mm paksu oikaisuvalu. Oikaisuvalussa karbonisoitumissyvyys on 4-8mm ja pohjabetonissa 9-13 mm. Muissa näytteissä karbonisoitumissyvyys vaihtelee 2-32 mm välillä.
- Yhdenkään näytteen betonia ei voida pitää nykyäsitäyksen mukaan pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.
- Näytteessä K11 huokostiloissa on 0,02-0,05 mm paksuja ettringiittitäytteitä
- Muissa näytteissä ei todettu huokostilan täyteisyyttä.
- Näytteiden betonin vesi-sementtisuhteet todettiin tavanomaisiksi.
- Sementin hydrataatioaste oli pääsääntöisesti tavanomainen. Hydrataatioaste todettiin näytteessä K1 korkeaksi ja näytteessä K6 taas tavanomaista alhaisemmaksi.
- Runkoaines on tavanomaista luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa sideainerunkoainekontaktit todettiin ehjäksi tai pääosin ehjäksi.
- Näytteissä K1, K6 ja K7 pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti, näytteissä K8, K9 ja K11 gneissi, graniitti ja amfiboliitti.
- Näytteessä K6 todettiin kuormitusperäinen tai mahdollisesti lähistöllä esiintyvistä teräskorroosiosta johtuva halkeama. Näytteessä K8 todettiin erittäin ka-pea (<0,01 mm) kuivumiskutistumismikrohalkeama.
- Näytteen K11 oikaisuvalun ja pohjabetonin saumassa esiintyi useita sauman suuntaisia pitkänomaisia ilmataskuja.

→ *Betoni ei ole pakkasenkestävää.*

Sokkelirakenteet (näytteet K3, K5, K10, K26, K29):

- Rakennuksen pohjoispäädystä otetuissa näytteissä karbonisoitumissyvyys vaihtelee 1-11 mm välillä ja eteläpäädystä otetuissa vaihtelu on 21–33 mm välillä.
- Pohjoispäädystä poikkeuksena on K10 jossa karbonisoitumissyvyys ulottuu näytteen läpi >53 mm:n syvyyteen. Näytteessä ilmeni paljon vaihtelevan suuntaisia halkeamia.
- Yhdenkään näytteen betonia ei voida nykyäsitäyksen mukaan pitää pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.
- Näytteessä K26 oli paikoin pitkänomaisia huokostiloja, jotka ovat seurausta vedenerottumisesta tuoreessa betonissa.
- Näytteiden huokostilat olivat täytteettömiä lukuun ottamatta näytteitä K10 ja K29. Näytteen K29 huokostilojen seinämissä esiintyi vasta yksittäisiä täytekteiteymiä. Näytteessä K10 oli enimmillään 0,15mm paksuja täytteitä (lähinnä ettringiittiä).

- Betonin vesi-sementtisuhde todettiin joko tavanomaiseksi tai tavanomaista alhaisemmaksi. Sementin hydrataatioaste todettiin joko tavanomaiseksi tai korkeaksi.
- Runkoaines on tavanomaista luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa sideainerunkoainekontaktit todettiin pääosin ehjiksi.
- Näytteessä K10 sideaine-runkoainekontaktit olivat halkeilun vuoksi paljolti avoimia. Näytteessä K26 ilmeni myös kontakteissa avoimuutta johtuen edellä mainitusta vedenerottumisesta.
- Pääkiviaineslajit ovat gneissi ja graniitti.
- Näytteissä K3, K5 ja K26 todettiin kuivumiskutistumamikrohalkeilua.
- Näytteessä K29 todettiin kuormitusperäinen tai mahdollisesti lähistöllä esiintyvistä teräskorroosiosta johtuva halkeama.
- Näyte K10 todettiin kauttaaltaan pitkälle edenneen pakkasrapautumahalkeilun rikkomaksi. Pakkashalkeamia esiintyi ohuthienäytteen alueella runsaat 40 kpl

→ *Betoni ei ole pakkasenkestävää ja rakenteiden kosteusrasitustaso on korkea. Sokkelit altistuvat roiskevedelle.*

Tukimuurirakenteet (näyte K15)

- Näytteen karbonatisoitumissyvyys on ulkopinnasta 14–19 mm.
- Näytteen betonia ei voida nykyäsitöksen mukaan pitää pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä esiintyi paikoin täytteisyyttä (pääosin ettringiittiä).
- Betoni vesi-sementtisuhde oli tavanomaista korkeampi ja hydrataatioaste tavanomaista tasoa.
- Runkoaines on tavanomaista luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa sideainerunkoainekontaktit todettiin ehjiksi. Pääkiviaineslajit ovat gneissi ja graniitti.
- Näytteessä ei esiintynyt halkeilua.

→ *Betoni ei ole pakkasenkestävää ja rakenteiden kosteusrasitustaso on korkea. Korkea vesi-sementtisuhde tekee betonin huokosrakenteesta avoimen, mikä kasvattaa läpäisyä, eli kosteuden (tai hiilidioksidin) diffuusiota rakenteisiin.*

Porrasnousurakenteet (näyte K20 ja AKR)

- Porrasnousussa on pohjabetonin päällä noin 45 mm paksu betonilaatta.
- Näytteen pohjabetonin karbonatisoitumissyvyys on ulkopinnasta 9-13 mm.
- Näytteen betonia ei voida nykyäsitöksen mukaan pitää pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täytteisyys on runsasta. Ettringiitti- ja portlandiittitäytteet ovat enimmillään 0,25 mm paksuja.
- Betoni vesi-sementtisuhde ja hydrataatioaste ovat tavanomaista tasoa.
- Runkoaines on tavanomaista luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa sideainerunkoainekontaktit todettiin pääosin ehjiksi. Pääkiviaineslajit ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti.
- Ohuthieessä olevassa kerroksessa on pinna tason suuntaisia mikrohalkeamia, jotka johtuvat todennäköisimmin (alkavasta) pakkasrapautumasta.

- Lisäksi mielenkiinnosta tutkittu itäsiiven porras (näyte AKR) paljasti portaassa olevan huokostiloissa jopa 0,25 mm paksuja ettringiitin kaltaisia täytteitä ja pitkälle edennyttä pakkasrapautumaa.

→ *Betoni ei ole pakkasenkestävää ja rakenteiden kosteusrasitustaso on selvästi korkea (huokostiloissa täytteisyyttä). Näytteessä oli myös todettavissa alkavaa pakkasrapautumaa.*

Porraskaidarakenteet (näyte K23)

- Näytteen pohjabetonin karbonatisoitumissyvyys on ulkopinnasta 9-17 mm.
- Näytteen betonia ei voida nykyasituksen mukaan pitää pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä on yksittäisiä täytekiteytymiä
- Betoni vesi-sementtisuhde ja hydrataatioaste ovat tavanomaista tasoa.
- Runkoaines on tavanomaista luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa sideainerunkoainekontaktit todettiin pääosin ehjiksi. Pääkiviainelajit ovat gneissi ja graniitti.
- Näytteessä esiintyi yksi kuivumiskutistumamikrohalkeama.

→ *Betoni ei ole pakkasenkestävää ja rakenteiden kosteusrasitustaso on korkea.*

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän yhteenvedon lukeminen ei korvaa huolellista perehtymistä koko tutkimusraportin sisältöön.

Kaivoksen koulun ulkopuolisten betonirakenteiden kuntotutkimus suoritettiin 14.05.2014 ja 11.06.2014. Silmämääräisen tarkastuksen, betonipeitepaksuusmittausten ja vauriokartoituksen lisäksi rakenteita tutkittiin rakenteista irrotettujen poralierönäytteiden (29 kpl) laboratoriotutkimusten avulla. Poralieriöistä määritettiin ja tutkittiin betonin karbonatisoituminen ja mikrorakenne. Lisäksi testattiin betonin vetolujuutta.

Silmämääräisesti havaittuna sokkeleissa on nähtävissä pystysuuntaisia 0,15 – 0,25 mm leveitä halkeamia, jotka alkavat sokkelin yläreunasta ja jatkuvat maanpinnan alapuolelle. Pohjoispäädyn sisäpihalla sokkelissa oli selkeä alue, josta betonin pinta oli peseytynyt pois ja sokkelissa oli myös vaakasuuntaisia halkeamia. Nämä merkit viittaavat selvään pakkasrapautumaan. Näyte K10 otettiin tältä alueelta.

Ikkunan ylityspalkeissa on myös halkeamia ja paikoin on myös havaittavissa raudoitteiden korroosiota. Itäjulkisivulla 1.kerroksen ikkunan ylityspalkkien alapinnasta oli lähtenyt betonia suurelta osin ja palkkien pääteräkset olivat selkeästi näkyvissä.

Portaissa, porraskaiteissa ja tukimuureissa on nähtävissä rakenteissa kulkevan kosteuden aiheuttamia kalkkihärmiä. Rakenteiden pystypinoissa on näkyvissä paljon halkeamia ja betoni on irronnut raudoitteiden päältä korroosion vaikutuksesta. Eteläpäädyn porraskaiteesta on lohjennut ja siitä on lohkeamassa isoja betonipaloja. Myös eteläpäädyn portaat ovat pahasti murtuneet ja murtumakohdissa oli paljon kasvillisuutta. Kasvillisuus sitoo itseensä kosteutta ja pitää sateen jälkeen rakenteen pitkään kosteana. Etelänpuoleisella sisäpihalla ”itäsiipeen” vievät betoniportaat kosteusvaurioituneet ja portaiden alapuolella on näkyvissä betonin sisältämän kalkin liukenemistä. Portaiden betoni on todennäköisesti täysin korjauskelvotonta, joten portaat on uusittava. Tiilipinnoissa oli havaittavissa pintojen ja saumojen peseytymistä ja alimpien tiilien alapinnat oli rikkoutuneet. Tiilien saumoissa on halkeamia ja osa tiilistä on halki.

Laboratoriotutkimusten mukaan keskimääräiset karbonatisoitumissyvytykset eri rakenteilla oli seuraavat: sokkeleilla 32,5 mm, ikkunan ylityspalkeilla 18 mm, porraskaiteilla 18,5 mm ja tukimuurirakenteilla 27 mm. Tutkimuksista saatu betonin karbonatisoitumissyvyys on ikkunan ylityspalkeissa ja porraskaiteissa tavanomaista tasoa ja sokkeleissa ja tukimuurirakenteissa tavanomaista korkeampi. Monin paikoin karbonatisoitumisrintama ylittää jo keskimääräisenteräsyyvyyden.

Ohuthietutkimuksessa todettiin kaikissa näytteissä betonin lisähuokostuksen puuttuminen, jonka takia betonia ei voida nykykäsityksen mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Rakenteiden kosteusrasitustaso on korkea ja rakenteissa esiintyy alkavaa pakkasrapautumaa.

Vetolujuustulokset olivat pääsääntöisesti hyviä ja niiden arvot vaihtelivat 0,2 – 4,4 MPa:n välillä. Viidestätoista näytteestä 13 oli lujuudeltaan niin hyviä, että niissä ei ole todennäköisesti merkittävää rapautumaa.

Piirros tutkimusalueesta ja näytteidenotto kohdista on esitetty liitteessä 1. Näyteluettelo ja peitepaksuusmittausten tulokset on esitetty liitteissä 2 ja 3. Näytepiirroksot sekä kaikkien laboratoriotutkimusten tulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteissä 4. Liitteessä 5 on esitetty valokuvia tutkituista / katselmoiduista rakenteista.

Tutkituissa rakenteissa on visuaalisesti havaittavissa raudoitteiden korroosioaurioita. Korroosioaurioita on varsinkin ikkunan ylityspalkeissa ja portaiden kaiderakenteessa. Eteläpäädyn maanvastaiset portaat ovat pahasti murtuneet portaiden yläpäästä. Rakenteet altistuvat ulkoilman kosteudelle ja sateelle. Betonin huokostiloissa esiintyy täyteisyyttä, mikä kertoo rakenteiden korkeasta kosteusrasitustasosta ja siten myös kasvaneesta rapautumisriskistä. Rapautumisriskiä lisää vielä todettu lisähuokostuksen puute, jonka takia betoni ei ole kosteusrasitettuna pakkasenkestävää.

Näkyvät korroosioauriot painottuvat lähinnä koulurakennuksen ikkunan ylityspalkeihin ja eteläpäädyn porraskaiteeseen. Näissä rakenteissa korroosio on paljastanut tasaisesti hakaraidoituksen ja ikkunan ylityspalkeissa on näkyvissä itäjulkisivulla myös alapinnan pääteräkset. Rakenteiden vetolujuudet ovat kuitenkin hyviä, joten ne ovat vielä korjattavissa.

Eteläpäädyn portaista selvisi tutkimuksissa alkavaa pakkasrapautumaa ja askelmien pystypinoista näkyi veden poistamaa kalkkia. Porras on luultavasti suoraan maata vasten rakennettu, joten kosteus nousee myös maasta ylöspäin. Pintalaatat olivat hyvässä kunnossa ja ainoastaan kiinnittyminen pohjabetoniin oli heikentynyt. Itäsiipeen johtavat betoniportaista pystyi pelkällä visuaalisella tutkimuksella toteamaan suuria vaurioita ja betonin rapautumista. Portaisiin tehty tutkimus paljasti huokostilojen täyteisyyden ja pitkälle edenneen pakkasrapautuman. Tämä porras on korjauskelvoton ja se tulee purkaa.

Ikkunan ylityspalkeissa karbonatisoitumisrintama on monin paikoin jo näkyvästi saavuttanut terässyvyyden, joten nämä rakenteet tulee korjata. Sokkelirakenteissa on vai paikoin näkyviä korroosiovaurioita. Tasaisin välein esiintyvät pystyhalkeamat kuitenkin vaativat toimenpiteitä, sillä betonin karbonisoituminen etenee syvemmälle betoniin näiden halkeamien kautta. Portaiden kaidarakenteet altistuvat ympäristön kosteudelle ja hiilidioksidille rakenteen molemmilla pinnoilla, joten karbonatisoitumisrintama etenee myös rakenteen molemmilta pinnoilta.

Porrasrakenteissa on viitteitä alkaneesta rapautumasta, mutta rakenteet ovat maanvaraisia, eivätkä siten ”romahda” rapautumisen edetessä. Porras ei kuitenkaan enää kestä maaperän routimisen aiheuttamaa maan nousemista ja laskemista ja portaan rakenteet ovatkin jo alkaneet paikoin murtua.

Halkeilu ja kalkkihärmä viittaavat korkeaan kosteusrasitukseen rakenteessa. Betonin lujuus saattaa jopa olla laskenut, sillä veden liuottaessa kalkkia betonista betoni alkaa hitaasti rapautua.

*Itäsiipeen johtava betoniporras tulee uusia korjaustöiden yhteydessä. **Siihen asti portaan käyttö olisi hyvä kieltää.***

8. KORJAUSHANKE JA KORJAUSTAPAVAIHTOEHDOT

8.1 Yleistä korjaushankkeen läpiviennistä

Rakenteiden korjaustoimenpiteitä valittaessa on otettava huomioon vanhan rakenteen ominaisuudet ja tekninen kunto, korjatulta rakenteelta vaadittavat tekniset ominaisuudet sekä taloudelliset näkökohdat.

Tekninen kunto rajaa pois sellaiset vaihtoehdot, joilla ei saavuteta teknisesti hyväksyttävää, riittävän pitkäikäistä tai kustannuksiltaan järkevää lopputulosta. Jäljelle jäävistä, teknisesti kelpoisista vaihtoehdoista valitaan se (tai ne), joka täyttää asetetut vaatimukset ja joka pitkällä tarkastelujaksolla on edullisin. Edelleen vaihtoehdon on oltava sellainen, että siitä aiheutuvat rahoituskustannukset ovat hyväksyttävällä tasolla.

Kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää rakenteessa olevien vaurioiden olemassaoloa, laajuutta, vaikutuksia sekä etenemistä ja näiden perusteella päätellä soveliaat korjausvaihtoehdot. Pelkästään kuntotutkimuksen perusteella ei korjauksia voida toteuttaa, vaan itse kuntotutkimusta tulee aina seurata huolellinen korjaussuunnittelu. Lopulliset korjaustoimenpiteet toteutetaan aina betonirakenteiden korjauksiin erikoistuneen rakennesuunnittelijan tekemien suunnitelmien pohjalta. Ulkonäköä muuttavissa korjauksissa vaaditaan aina myös pätevää arkkitehtisuunnittelua.

Kuntotutkimuksen perusteella korjauksen kokonaiskustannuksia ei voida esittää, vaan korjaushankkeen budjetointi ja tarkempi määrälaskenta ovat osa hankesuunnittelua. Lopullisiin kustannuksiin vaikuttavat monet eri tekijät, mm. valittu korjausmenetelmä ja sen perusteellisuus (valittu varmuustaso), liittyvät korjaukset sekä suhdanvaihtelut.

8.2 Korjausvaihtoehdot

Rakenteiden kantavuuden ja käyttöturvallisuuden säilyttämiseksi korjaustavan päämääräisesti määrittävin tekijä on terästen näkyvät korroosiovauriot. Betonin karbonatisoitumissyvyys on ylittänyt monin paikoin teräsyvyuden ja eteläpään portaissa ja pohjoispuolen sisäpihan sokkelissa on pakkasrapautumaa. Lisäksi tutkitut rakenteet eivät ole pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa.

Betonirakenteiden korjaustarpeen lisäksi on hyvä huomioida tiilipintojen ja saumojen heikentynyt kunto ja mahdollinen eristetilan tuuletuksen puuttuminen. Mikäli julkisivurakenteita ryhdytään korjaamaan ikkunapalkkien ja sokkeleiden osalta, olisi hyvä myös varmistaa tiilijulkisivun ja julkisivun takana olevan eristetilan kunto.

Korjausvaihtoehdot voidaan valita rakennetyyppikohtaisesti. Rakenteet voidaan joko päättää korjata tai ne voidaan käyttää käyttöikänsä loppuun, jonka jälkeen niihin kohdistuu huomattavasti suuremmat korjaustoimenpiteet. **Eteläpäädyn itäsiipeen sisäpihanpuolella vievät portaat ovat jo nyt niin huonossa kunnossa, että ne pitää purkaa ja rakentaa tilalle uudet portaat.** Muut ulkoportaat ovat maata vasten rakennettuja eikä niistä aiheudu romahtamisvaaraa. Portaista otetuista näytteistä selvisi, että pintalaatat ovat hyvässä kunnossa. Näitä laattoja voidaan mahdollisesti käyttää uudelleen, jos portaat päätetään uusia.

8.2.1 Vaihtoehto 1: Rakenteiden piikkaus-paikkauskorjaus ja pinnoitus

Tässä vaihtoehdossa ikkunan ylityspalkit, sokkelit, tukimuurit ja porraskaiteet korjataan ns. kaistoittain rakennesuunnittelijan antamien erityisohjeiden pohjalta. Ikkunan ylityspalkkien kohdalla korjaustyöt tulisi aloittaa mahdollisimman pian. Sokkelien kohdalla piikkaus-paikkaus korjaus tulisi aloittaa viimeistään 5 - 8 vuoden kuluessa. Muiden rakenteiden osalta korjaustöiden aloitus voi sijoittua pidemmälle eli viimeistään noin 10 vuoden päähän.

Rakenteiden betonipinnat piikataan joko vesipiikkauksella tai mekaanisesti niin, että kaikki rapautunut aines irtoaa. Piikkaus ulotetaan vähintään 15 – 20 mm korroosio- vaurioituneiden terästen taakse. Mikäli betonipinta on ehjä, rapautumaton ja halkei-

lematon, ei piikkausta tarvitse suorittaa pinnan karhennusta syvemmälle. Kaikki korroosioaurioituneet teräkset uusitaan ja muut paljastuneet teräkset puhdistetaan piikkauksella. Kaikki teräkset korroosiosuojataan ennen laastitäyttöä. Uudet pinnat ruiskutetaan tai ylitasoitetaan ko. kohteeseen soveltuvalla, rasitusluokkavaatimukset täyttävällä korjauslaastilla. Rakenteiden mittasuhteet saattavat muuttua, jos nykyvaatimuksen mukaiset peitepaksuudet aiotaan toteuttaa. Nämä mittasuhteiden muuttumiset saattavat vaikuttaa rakennuksen arkkitehtoniseen ilmeeseen. Pakkaskestävyyden parantamiseksi betonipinnat tulisi pinnoittaa. Pinnoituksella estetään rakenteen kosteusrasitustason kasvaminen. Oikein valituilla materiaaleilla ja huolellisesti toteutetulla työn suorituksella voidaan korjauksella saada käyttöikä ainakin noin 25 - 35 vuotta.

Korjausvaihtoehdon edut (+) ja haitat (-):

- + varma korjaustapa
- + vanhan rakenteen käyttöikä hyödynnetään
- + käyttöikä saadaan ainakin noin 25 – 35 vuotta
- + työtekniisesti selkeä ja "helppo" toteuttaa
- + rakennus voi olla käytössä korjaustyön aikana
- rakenteiden mittasuhteet saattavat vähäisesti muuttua
- työmäärän tarkka laskenta/arviointi etukäteen voi olla vaikeaa
- kustannusten hintahaitari saattaa olla laaja riippuen lopullisesta työmäärästä
- jotta suunniteltu käyttöikä voi toteutua, tulee rakenteen normaalit huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet (pintojen ja tasojen pesu-, puhdistus-, tms.) suorittaa ajallaan. Pinnoite tulee tarvittaessa paikata.

8.2.2 Vaihtoehto 2: Betonirakenteiden uusiminen

Tässä vaihtoehdossa betonirakenteet uusitaan kokonaan valukorjauksin eli betonirakenteet rakennetaan uudestaan nykyvaatimusten mukaisiksi. Tässä vaihtoehdossa rakenteet käytetään käyttöikänsä loppuun. HUOM. Ikkunan ylityspalkit ovat jo käyttökänsä lopussa ja niiden korjaustyöt tulisi aloittaa mahdollisimman pian. Sokkelit ovat hieman paremmassa kunnossa ja niillä voi parhaimmillaan olla jopa 15 vuotta käyttöikää jäljellä. Muiden rakenteiden kohdalla (porraskaiteet, portaat, tukimuurit) käyttöikä voi olla yli 15 vuotta ja korjaukset on viimeistään aloitettava, kun niistä aiheutuu vaaraa rakennuksen käyttäjille. Oikein valituilla materiaaleilla ja huolellisesti suoritettulla työn toteutuksella uusivalle korjaustavalle voidaan saada käyttöikä ainakin 40 – 50 vuotta.

Korjausvaihtoehdon edut (+) ja haitat (-):

- + hyvin varma korjaustapa
- + uusi betoni on pakkaskestävää
- + käyttöikä korjaukselle ainakin 40 – 50 vuotta, mikäli työn toteutus ja materiaali-valinnat suoritetaan oikein.
- + rakennus voi olla käytössä korjaustyön aikana
- paljon kalliimpi vaihtoehto
- työläämpi vaihtoehto
- työn toteutus suunniteltava huolella, ettei aiheuta haittaa rakennuksen toiminnoille
- jotta suunniteltu käyttöikä voi toteutua, tulee rakenteen normaalit huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet (pintojen ja tasojen pesu-, puhdistus-, tms.) suorittaa ajallaan

Espoossa 24.09.2014

AARO KOHONEN OY

Asiantuntijapalvelut ja
korjaussuunnittelu

Raportin tarkastanut ja hyväksynyt:
Asiantuntijapalvelut



Virve Puumala
Ins. oppilas (AMK)



Elina Paukku
Tutkimusinsinööri, DI

VIITTEET

1. By42 – Betonijulkisivun kuntotutkimus. Suomen Betoniyhdistys, 2013. 161 s.
2. Richardson, M.G.: Fundamentals of durable reinforced concrete. MCT 11, Spon Press 2002. 260 s.
3. fib Bulletin 3: Structural Concrete – Textbook on behaviour, design and performance, vol. 3, 1990.
4. The Concrete Society: Non-Structural cracks in concrete. Concrete Society Technical Report no. 22, December 1982. 39 s.
5. Neville, A.M.: Properties of Concrete. 4th ed., Prentice Hall 1995. 844 s.
6. Lea, F.M.: Chemistry of Cement and Concrete. 4th ed., B-H 1998. 1057 s.
7. BY50 – Betoninormit 2012. Suomen Betoniyhdistys, 2011. 251 s.
8. Svensk Standard SS137242, 1988-01-01, Betongprovning – Hårdnad betong - Karbonatiseringsdjup, SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige, 3 s.
9. Standardi SFS 5445, 1988-03-21, Betoni. Vetolujuus. Suomen Standardisointiliitto SFS ry., 1 s.
10. ASTM International: ASTM C 856 – 02. Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete, 2002. 17 s.

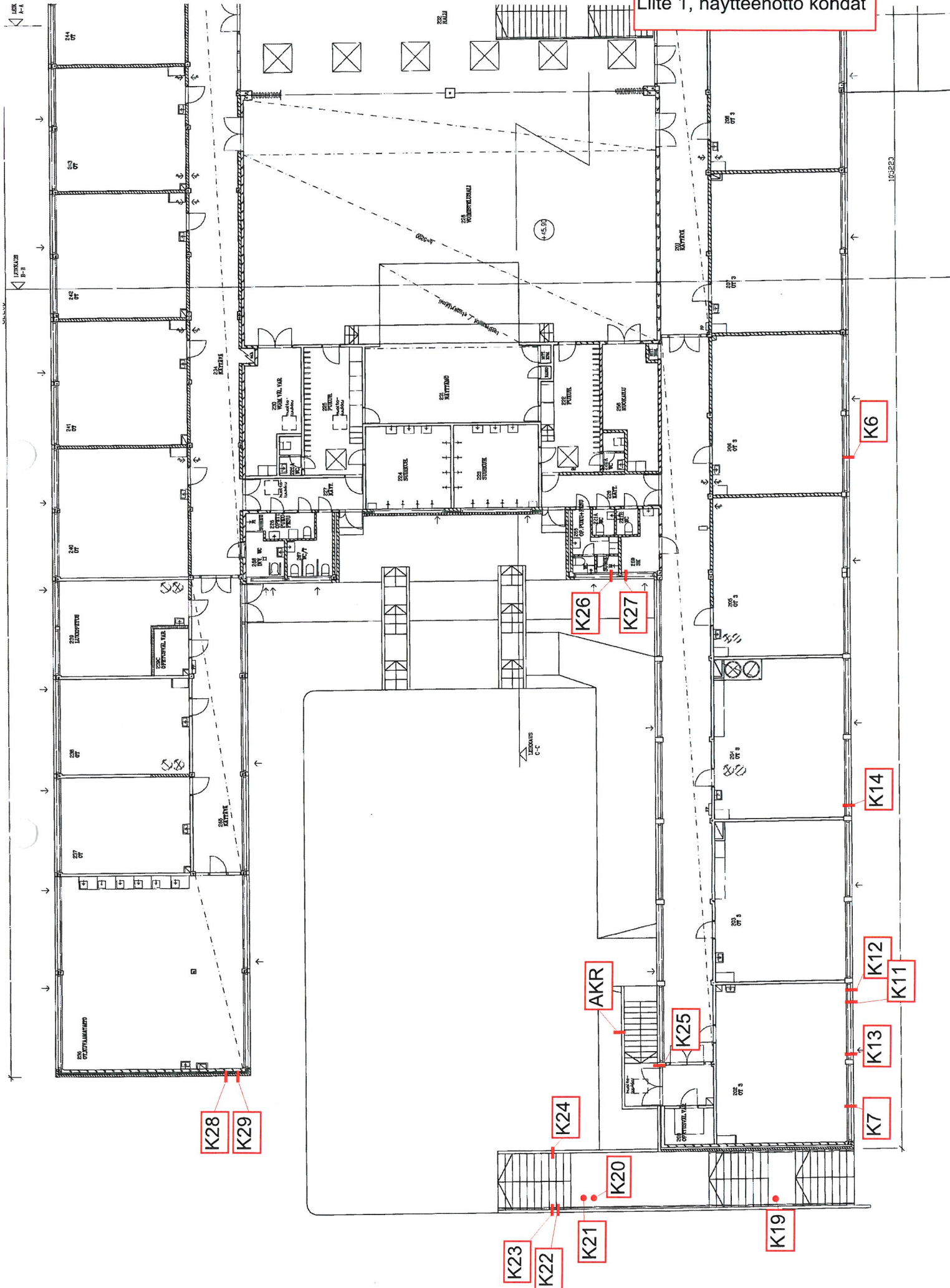
LIITTEET

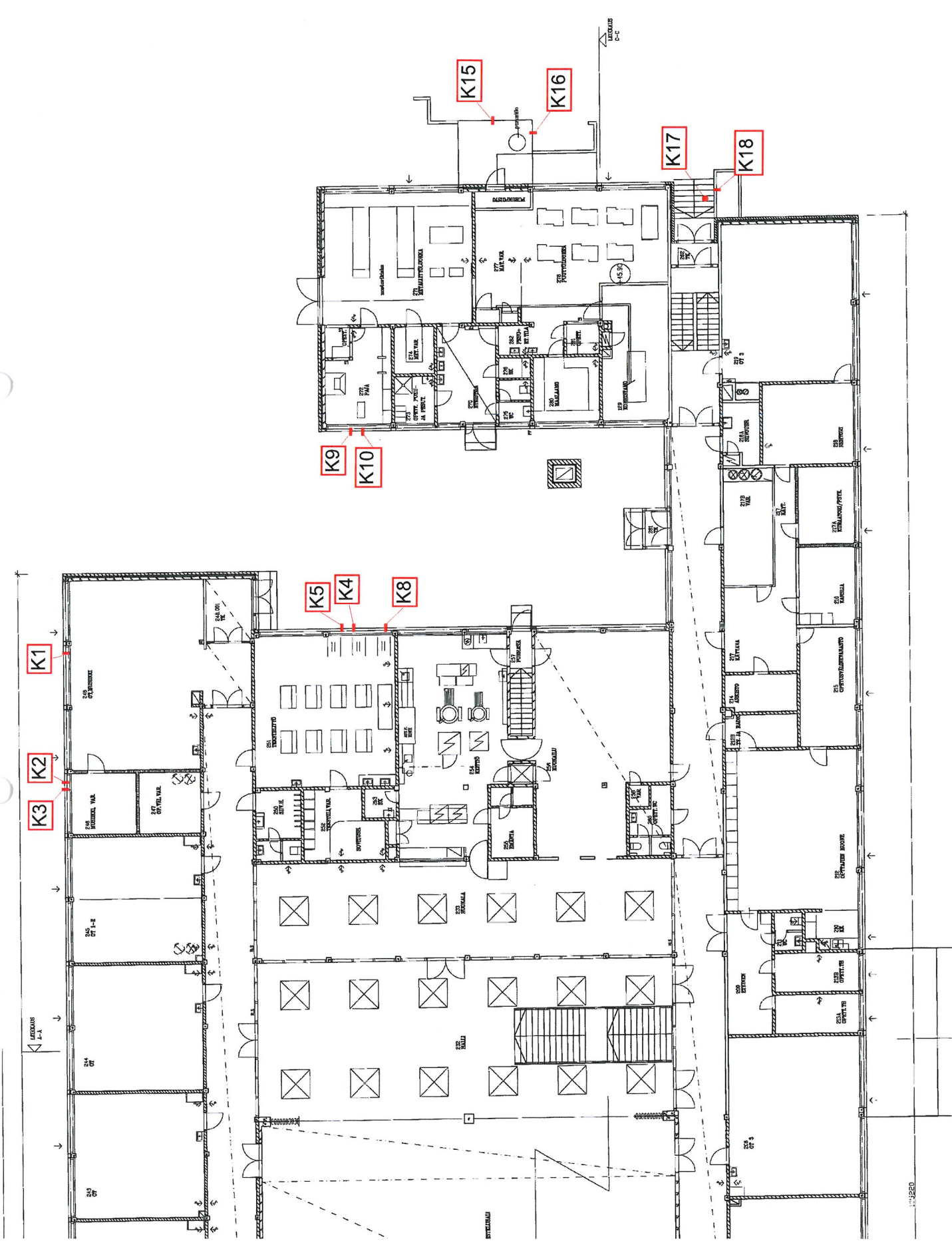
- Liite 1: Tutkimus- ja näytteenottokohdat rakenteissa (7 s.)
- Liite 2: Näyteluettelo (1 s.)
- Liite 3: Betoniterästen peitepaksuusmittaukset (2 s.)
- Liite 4: Näytepiirroksien, betonin karbonatisoitumisvyöhykkeen, vetolujuustulokset ja ohuthieanalyysin tulokset (10 s. + liitteet 19 s.)
- Liite 5: Valokuvia tutkimuskohteista (12 s.)

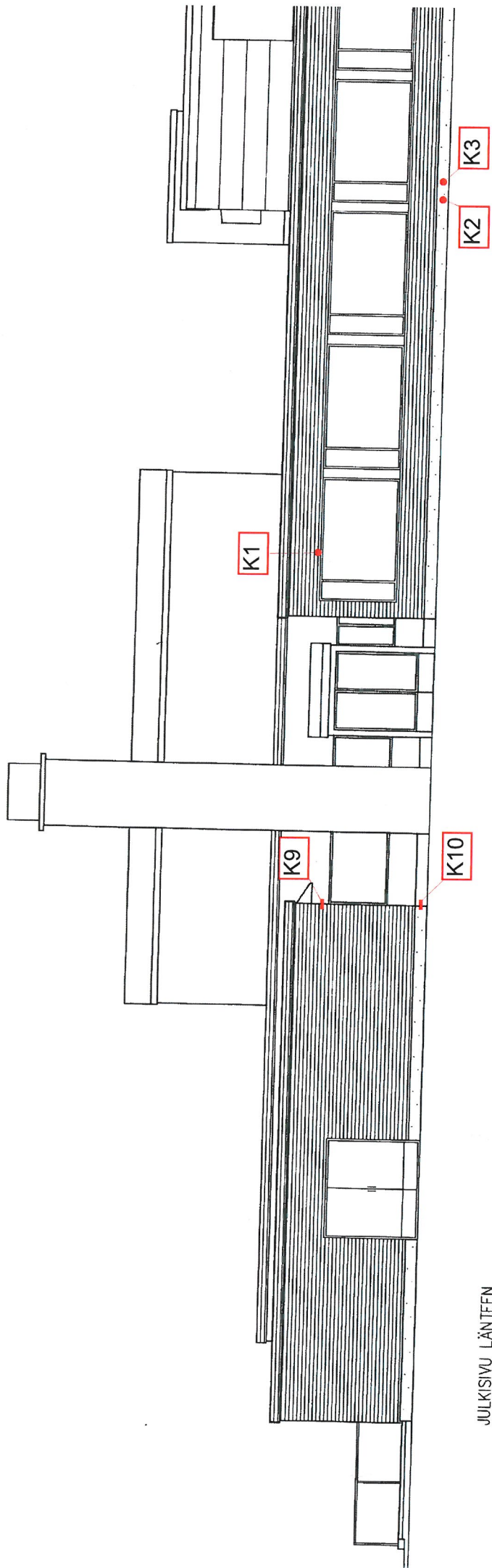
LIITE 1

Tutkimus- ja näytteenottokohdat rakenteissa

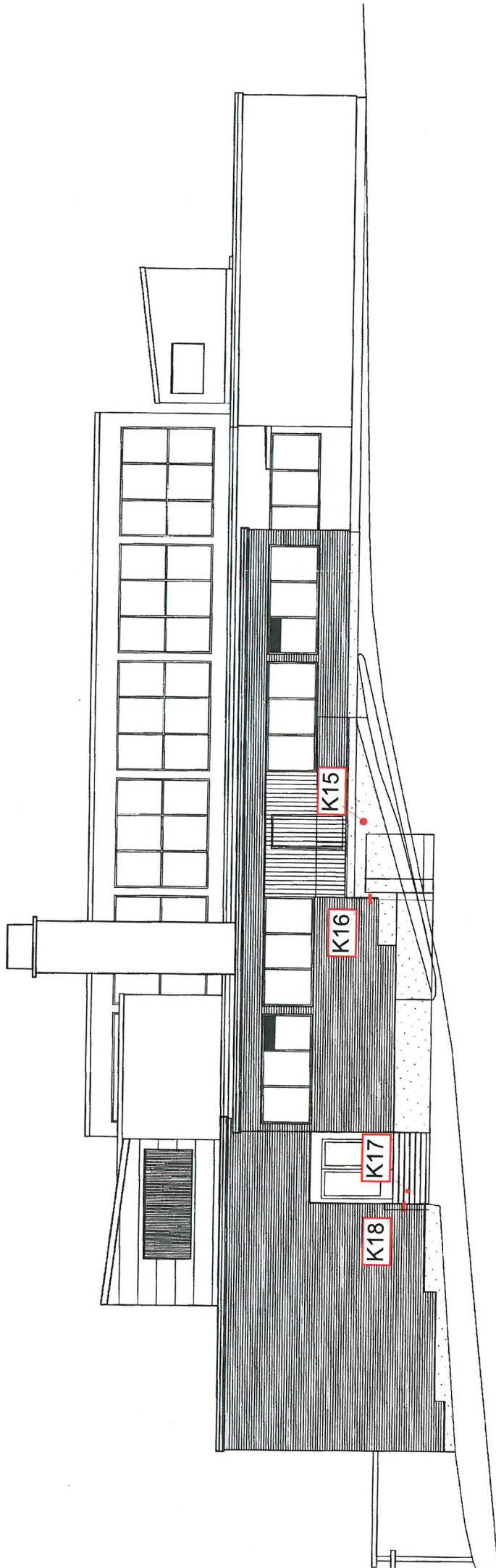
Liite 1, näytteenotto kohdat



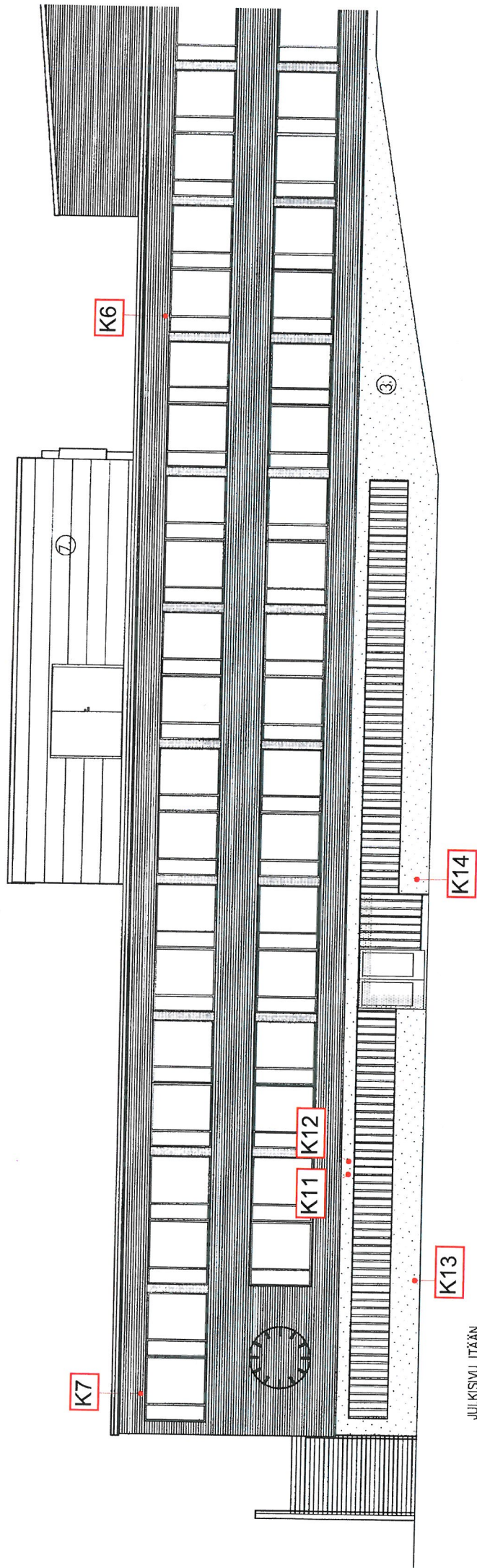




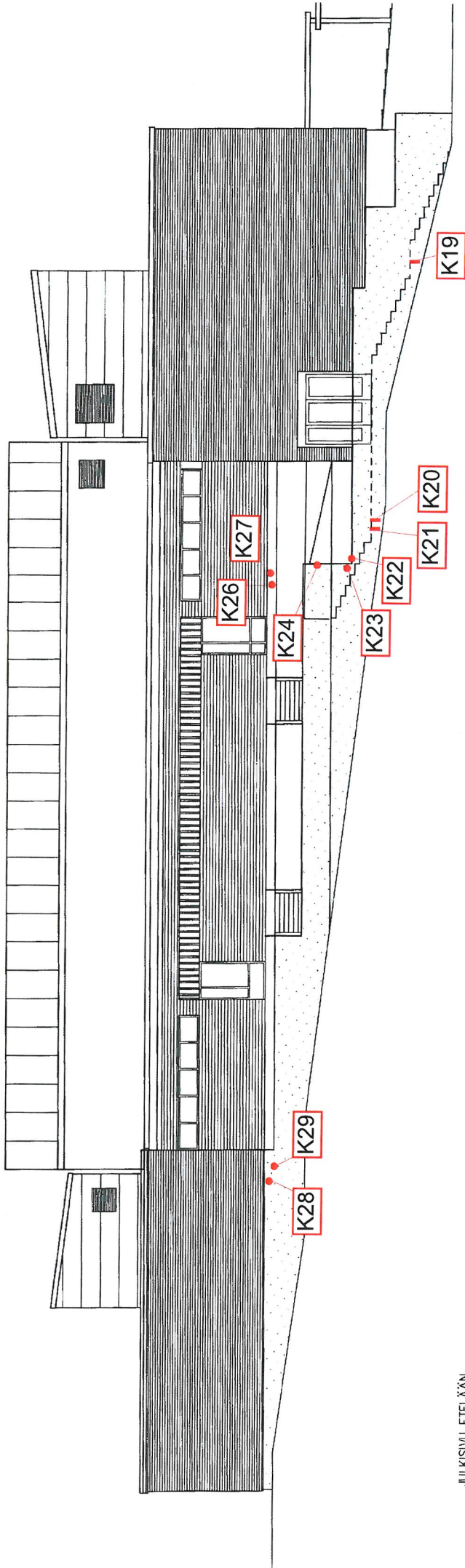
JULKISIVU LÄNTEEN



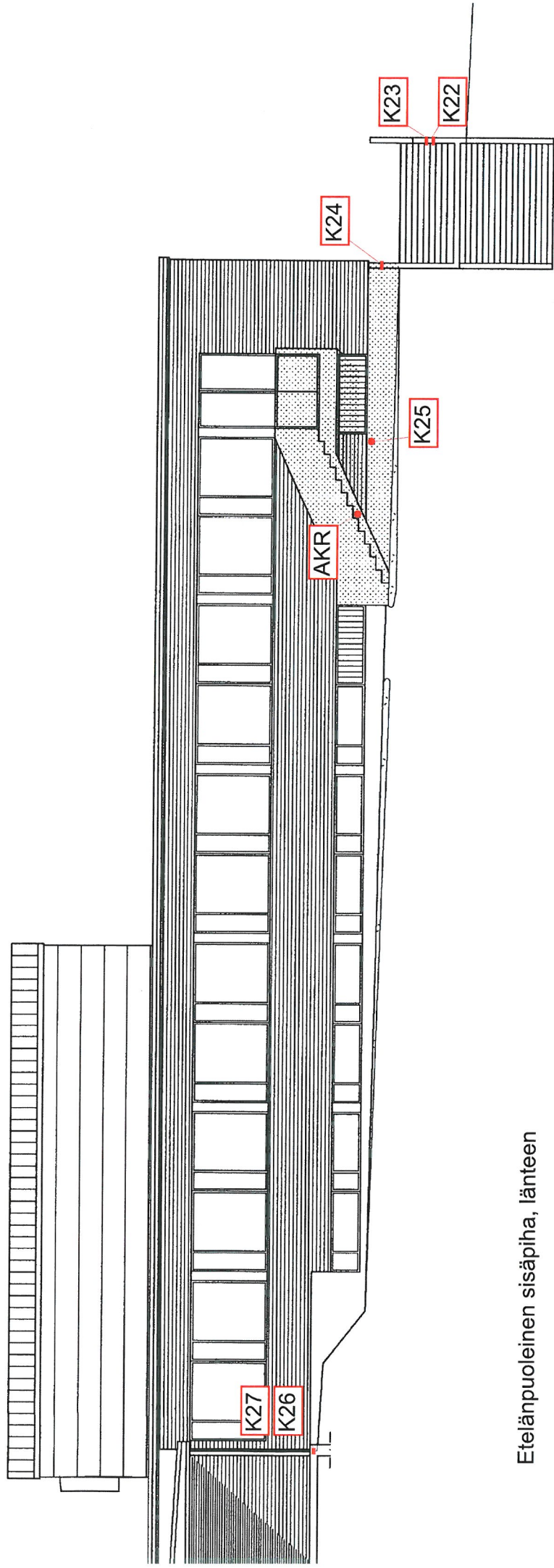
JULKISIVU POHJOISEEN



JULKISIVU ITÄÄN



JULKISIVU ETELÄÄN



Etelänpuoleinen sisäpiha, länteen

LIITE 2

Näyteluettelo

NÄYTELUETTELO

Kohde: Kaivoksen koulu, Vantaa

Tutkimus:

Betonirakenneseosien kuntotutkimus

Liite 2 / 16.6.2014

ka = karbonatisoitumisvyvyys; cl = kloridipitoisuus; SO = sulfaattipitoisuus; OH = ohutheanalyysi; v = vetokoe; p = puristuslujuustestaus
 PCB/Pb = PCB- ja lyijyanalyysi; asb. = asbestianalyysi; PAH = PAH-yhdisteiden määrittäminen; M = mikrobianalyysi; muu = muu laboratoriotestaus

TUNNUS	NAYTE	RAKENNEOSA	ILMANSUUNTA	SIJAINTI	TUTKIMUS
K1	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Länsi	Pohjoisnurkasta 2.ikkunan yläpuolelta	ka, OH
K2	Betoni	Sokkeli	Länsi	Pohjoisnurkasta 4.ikkunan alapuolelta	ka, veto
K3	Betoni	Sokkeli	Länsi	sama kuin edellä	ka, OH
K4	Betoni	Sokkeli	Pohjoinen	Keittiön ikkunoiden alta	ka, veto
K5	Betoni	Sokkeli	Pohjoinen	sama kuin edellä	ka, OH
K6	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Itä	Etelänurkasta 9.ikkuna, ylin krs	ka, OH
K7	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Itä	Etelänurkasta 1.ikkuna, ylin krs	ka, veto
K8	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Pohjoinen	Keittiön ikkunoiden yläpuolelta	ka, OH
K9	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Etelä	Puutyöluokan ikkunan yläpuolelta	ka, OH
K10	Betoni	Sokkeli	Etelä	Puutyöluokan ikkunan alapuolelta	ka, OH
K11	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Itä	Etelänurkasta 2.ikkunan yläpuolelta, 1. krs	ka, OH
K12	Betoni	Ikkunan ylityspalkki	Itä	Etelänurkasta 2.ikkunan yläpuolelta, 1. krs	ka, veto
K13	Betoni	Sokkeli	Itä	Etelänurkasta 2.ikkunan alapuolelta, 1. krs	ka, veto
K14	Betoni	Sokkeli	Itä	Kerhotilan sisäänkäynnin vierestä, 1. krs	ka, veto
K15	Betoni	Tukimuuri	Pohjoinen	Purunpoistotilan oven edustan tukimuurista	ka, OH
K16	Betoni	Tukimuuri	Itä	Purunpoistotilan oven edustan tukimuurista LÄPI	ka, veto
K17	Betoni	Porrasnousu	Pohjoinen	Opettajien oven porrasaskelmasta	ka, veto
K18	Betoni	Porraskaide	Pohjoinen	Opettajien oven vierisestä tukimuurista LÄPI	ka, veto
K19	Betoni	Porrasnousu	Länsi	Eteläportaiden porrasaskelmasta	ka, veto
K20	Betoni	Porrasnousu	Itä/Etelä	Eteläportaiden porrasaskelmasta	ka, veto
K21	Betoni	Porrasnousu	Itä/Etelä	Eteläportaiden porrasaskelmasta	ka, OH
K22	Betoni	Porraskaide	Etelä	Eteläportaiden porrasaskelmasta	ka, veto
K23	Betoni	Porraskaide	Etelä	Eteläportaiden eteläpuoleisesta kaidemuurista LÄPI	ka, veto
K24	Betoni	Porraskaide	Etelä	Eteläportaiden eteläpuoleisesta kaidemuurista	ka, OH
K25	Betoni	Sokkeli	Etelä	Eteläportaiden pohjoispuoleisesta kaidemuurista LÄPI	ka, veto
K26	Betoni	Sokkeli	Länsi	Purettavien portaiden alta	ka, veto
K27	Betoni	Sokkeli	Etelä	Sisäpihan koillisnurkasta	ka, OH
K28	Betoni	Sokkeli	Etelä	Sisäpihan koillisnurkasta	ka, veto
K29	Betoni	Sokkeli	Etelä	Läntisen luokkasiiven kaakkoisnurkasta	ka, veto
AKR	Betoni	Porrasnousu	Etelä/Länsi	Läntisen luokkasiiven kaakkoisnurkasta	ka, OH
				Purettaviksi jo etukäteen katsotut portaat	OH / AKR???

LIITE 3

Betoniterästen peitepaksuusmittaukset

KOHDE: Kaivoksen koulu, Vantaa

PVM: 24.9.2014

JULKISIVURAKENTEET:		Betoniterästen jakautuma eri peitepaksuusvyöyksissä (syvyys millimetreinä)											
		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	>50	kpl
Sokkeli	kpl	0	0	0	4	9	5	1	2	1	0	0	22
	%	0	0	0	18,2	40,9	22,7	4,5	9,1	4,5	0,0	0,0	0,0%
Sokkeli eteläpäätty	kpl	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
	%	0	0	33,3	33,3	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Sokkeli eteläpäädyän sisäpiha itäsiipi	kpl	0	0	2	4	4	2	2	0	0	0	0	15
	%	0	0	13,3	26,7	26,7	13,3	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7%
Sokkeli eteläpäädyän sisäpiha länsisiipi	kpl	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3
	%	0	0	0	0	33,3	0,0	0,0	0,0	66,7	0	0	0%
Sokkeli Yhteensä	kpl	0	0	3	9	15	7	3	2	3	0	0	43
	%	0	0	7,0	20,9	34,9	16,3	7,0	4,7	7,0	0,0	0,0	2,3%
Ikkunan ylityspalkki		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	>50	kpl
Ylityspalkki	kpl	0	0	0	2	2	4	1	0	0	0	0	9
Länteen	%	0	0	0	22,2	22,2	44,4	11,1	0,0	0,0	0	0	0%
Ylityspalkki	kpl	0	0	1	5	1	0	1	0	0	0	0	8
Sisäpiha, itäsiipi	%	0	0	12,5	62,5	12,5	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
Ylityspalkki	kpl	0	0	1	7	3	4	2	0	0	0	0	17
Yhteensä	%	0	0	5,9	41,2	17,6	23,5	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
julkisivuista mitaustuloksia yhteensä (kpl):												60	

KOHDE: Kaivoksen koulu, Vantaa

PVM: 24.9.2014

MUUT RAKENTEET:		Betoniterästen jakautuma eri peitepaksumittauksissa (syvyys millimetreinä)											
		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	>50	kpl
Porraskaiteet													
	kpl	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	4
	%	0	0	0	25,0	25,0	25,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
	kpl	0	1	7	0	3	5	3	1	0	0	0	20
	%	0	5	35	0	15,0	25,0	15,0	5,0	0,0	0	0	0%
	kpl	0	1	7	1	4	6	3	2	0	0	0	24
	%	0	4,2	29,2	4,2	16,7	25,0	12,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0%
Tukimuurit													
	kpl	0	0	0	1	2	1	1	3	1	2	2	13
	%	0	0	0	7,7	15,4	7,7	7,7	23,1	7,7	15,4	15,4	15,4%
	kpl	0	3	4	5	2	1	2	3	0	0	0	20
	%	0	15	20	25	10,0	5,0	10,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0%
	kpl	0	3	4	6	4	2	3	6	1	2	2	33
	%	0	9,1	12,1	18,2	12,1	6,1	9,1	18,2	3,0	6,1	6,1	6,1%
parvekkeista mittaustuloksia yhteensä (kpl):												57	

LIITE 4

Näytepiirrokset, betonin karbonatisoitumissyvyys, vetolujuustulokset ja ohuthieanalyysin tulokset

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

Tilaja: Aaro Kohonen Oy Koronakatu 2 02210 ESPOO	Tilaus/ pvm.: Elina Paukku/ - Näytteiden saap.pvm.: 14.05. ja 16.06.2014
Kohde: Kaivoksen koulu	
Tehtävä: Näytepiirroksen laadinta, 29 kpl; laadintapvm. 17.-18.07. ja 04.-05.08.2014 Karbonatisoitumissyvyys liuosmenetelmällä, 36 kpl; testaus 17.07. ja 04.08.2014 Mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 15 kpl; testaus 28.-30.07.2014 Vetolujuustestaus, 15 kpl; testaus 07.08.2014	

NÄYTTEET

Tilaaajan toimittamina ja merkitseminä 30 kpl betonisia porauslieriönäytteitä tunnuksin K1 – 29 sekä AKR. Näytelieriöt olivat halkaisijaltaan Ø 45 mm, 59 mm ja 63 mm. Näytteet arviointiin suunniteltuihin testauksiin soveltuviksi.

TUTKIMUKSET

Laboratoriossa kaikista näytelieriöistä (lukuunottamatta näytettä 'AKR') laadittiin ensin näytepiirroksat. Lisäksi porauslieriönäytteiden kyljestä tehtiin karbonatisoitumissyvyyden määritykset liuosmenetelmällä soveltaen standardia SS 13 72 42.

Viidestätoista näytteestä valmistettiin liimausten ja esi-impregnointien jälkeen noin 0,025 mm paksut ohuthienäytteet 75 mm (pituus) x 25 mm (leveys) kokoisille näytelaseille. Ohuthieet tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimuksissa noudatettiin standardia ASTM C 856-11 soveltuvin osin.


Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on FINAS-akkreditointi betonin ohuthietutkimuksille (akkreditoitu testauslaboratorio T208, SFS-EN ISO/IEC 17025).

Vetolujuuden määritykset 15 näytteestä tehtiin lieriöiden päiden tasauksen jälkeen muuten standardin SFS 5445 mukaan, mutta ilman tiheysmäärittäviä.

TULOKSET

Tutkimustulokset koskevat tähän toimeksiantoon sisältyneitä porauslieriö-, vetolujuustestaus- ja ohuthienäytteitä. Karbonatisoitumissyvyydet on esitetty *taulukossa 1*, vetolujuustulokset *taulukossa 2* ja mikrorakennetutkimusten tulokset näiden jälkeen. Näytepiirroksat ovat *liitteessä 1*.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

TAULUKKO 1. KARBONATISOITUMISSYVYYDET.

Näytteet: poralieriöt, halkaisija 45 mm, 59 mm ja 63 mm


TUNNUS/ RAKENNE	karbonatisoitumissyvyys ulkopinta/alapinta, mm			karbonatisoitumissyvyys, sisäpinta/yläpinta, mm		
	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi
K1 ikk.ylit.palkki	34	läpi	läpi		katk.	
K2 sokkeli		105	läpi		katk.	
K3 sokkeli	0	9	13		katk.	
K4 sokkeli	9	16	23		katk.	
K5 sokkeli		*			katk.	
K6 ikk.ylit.palkki	3	10	21		katk.	
K7 ikk.ylit.palkki	8	12	läpi		katk.	
K8 ikk.ylit.palkki	10	17	läpi		katk.	
K9 ikk.ylit.palkki	4	17	25		katk.	
K10 sokkeli		läpi			katk.	
K11 ikk.ylit.palkki	7**	9**	15**		katk.	
K12 ikk.ylit.palkki	21	23	25		katk.	
K13 sokkeli	39	46	66	21	25	30
K14 sokkeli	32	39	48		katk.	
K15 tukimuuri		*			katk.	
K16 tukimuuri	22	27	36	6	11	15
K17 porrasmousu		katk.		1	1	2
K18 porraskaide	7	12	15	2	4	6
K19 porrasmousu		katk.		1	4	7
K20 porrasmousu	20	25	32	0	0	0
K21 porrasmousu		katk.		1	1	2
K22 porraskaide	39	45	51	32	41	55
K23 porraskaide		*			katk.	
K24 porraskaide	4	5	6	2	4	6
K25 sokkeli	9	14	17		katk.	
K26 sokkeli	18	läpi	läpi		katk.	
K27 sokkeli	17	22	23	24	28	35
K28 sokkeli	19	24	32		katk.	
K29 sokkeli	10	25	34		katk.	
AKR porrasmousu	-	-	-	-	-	-

(katk. = näyteliieriö katkaistu/katkennut)

* Ei selkeästi määritettävää tulosta liuoksella

** Mitattu pohjabetonin pinnasta.

Tekninen vastuuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

TAULUKKO 2. VETOLUJUUSKOKEIDEN TULOKSET.

Näytteet: poralieriöt, halkaisija 59 mm ja 63 mm

Menetelmä: SFS 5445 (ilman tiheysmäärittystä)

Vetolaite: F15D EASY M2000

TUNNUS/ RAKENNE	VETO- NÄYT- TEEN PITUUS (mm)	VETO- LUJUUS MN/m ² (=MPa)	MURTKOHTA/ ETÄISYYS RAKENTEEN PINNASTA (mm)	MUR- TO- TAPA
K2 sokkeli	103	1,9	100% betoni, n.70 mm up:sta; kivi # 23 mm	2
K4 sokkeli	76	3,4	100% betoni, n.30 mm up:sta	3
K12 ikk.ylit.palkki	62	2,2	100% betoni, n.15 mm up:sta	4
K13 sokkeli	84	1,4	100% betoni, n.55 mm up:sta	2
K14 sokkeli	86	2,0	100% betoni, n.60 mm up:sta	1
K16 tukimuuri	153	2,5	100% betoni, n.105 mm up:sta	1
K17 porrasmousu	85	1,8	100% betoni, n.100 mm yp:sta	1
K18 porraskaide	143	1,2	100% betoni, n.45 mm p:sta; kivi # 28 mm	2
K19 porrasmousu	52*	1,5	100% betoni, n.120 mm yp:sta	2
K21 porrasmousu	41*	0,2	100% betoni, n.115 mm yp:sta	3
K22 porraskaide	153	0,3	100% betoni, n.25 mm p:sta	3
K24 porraskaide	123	1,6	100% betoni, n.20 mm "PIHAsta"	2
K25 sokkeli	69	4,4	100% betoni, n.75 mm up:sta	1
K27 sokkeli	89	3,1	100% betoni, n.65 mm up:sta	2
K28 sokkeli	88	1,4	100% betoni, n.50 mm up:sta	2

(p=pinta, up=ulkopinta, yp=yläpinta). * Vetotestauslieriön pituus pienempi kuin sen halkaisija.

Murtotapa:

1 = kokonaan tai lähes kokonaan kivirakeita rikkoen

2 = osittain kivirakeita rikkoen

3 = kokonaan tai lähes kokonaan kivirakeiden pintoja pitkin

4 = työsaumaa pitkin.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

OHUTHIETUTKIMUKSET

Näyte K1, ikkunan ylityspalkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 28-40 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi palkin.

- Betoni on karbonatisoitunutta koko ohuthienäytteen kattamalla alueella, eli enimmillään >40 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy hyvin harvakeen pyöreän muotoisia ilmahuokosia (\varnothing 0,1-3,0 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on rakenteen huomioon ottaen tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on korkea. Seosaineena on vähän masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Näytteessä ei esiinny halkeilua.

Näyte K3, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 53-56 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi sokkelin.

- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 6-11 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy harvakeen pyöreän muotoisia ilmahuokosia (\varnothing 0,1-2,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on keskimääräistä alhaisempi. Sementin hydrataatioaste on korkea.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Näytteessä on kaikkiaan 5 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm) ja lyhyitä (1-3 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeamia.

Näyte K5, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 74-75 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi sokkelin.

- Näytteen pinnassa on paikoin noin 1 mm:n paksuinen vyöhyke, joka näyttää ohuelta slammaukselta. Lisäksi pinnan tuntumassa on useita puunsälöjä jäänteinä muottilaudoituksesta.
- Betonin pinnassa on karbonatisoitumista 1-10 mm.
- Betonissa esiintyy vain muutamia pieniä ilmahuokosia (\varnothing 0,1-0,3 mm). Ei esiinny lisä-

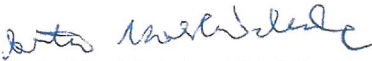
Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

huokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.

- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on keskimääräistä alhaisempi. Sementin hydrataatioaste on korkea.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Näytteessä on yksi ulkopinnan tuntumasta lähtevä, pintaa vastaan kohtisuora, hyvin kapea (0,01 mm) ja lyhyt (5 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeama.

Näyte K6, ikkunan ylityspalkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 25-37 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi palkin.

- Betoni on karbonisoitunut erittäin epätasaisesti 2-32 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain muutamia pieniä ilmahuokosia (\varnothing 0,1-0,9 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on rakenteen huomioon ottaen tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on keskimääräistä alhaisempi. Seosaineena on masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat pääosin ehjiä.
- Näytteessä on yksi ulkopinnasta lähtevä, pintaa vastaan kohtisuora, kapea (0,01-0,02 mm), 28 mm pitkä mikrohalkeama. Tämä kulkee katkonaisesti ja paikoin runkoainerakeita rikkoen, mikä viittaa sen kuormitusperäiseen tai lähistöllä mahdollisesti esiintyvistä teräskorroosiosta johtuvaan syntytapaan.

Näyte K7, ikkunan ylityspalkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 22-29 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi palkin.

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta epätasaisesti 8-21 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain muutamia ilmahuokosia (\varnothing 0,1-2,0 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on myös tavanomainen. Seosaineena on masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Näytteessä ei esiinny pakkasrapautumiseen eikä muihinkaan vaurioitumismekanismiin viittaavaa halkeilua.

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

Näyte K8, ikkunan ylityspalkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 44-48 mm (= ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi palkin.

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta 13-18 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain 4 kpl pieniä ilmahuokosia (\varnothing 0,2-0,4 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on myös tavanomainen. Seosaineena on masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Ulkopinnan tuntumassa on yksi pintaa vastaan kohtisuoran suuntainen, erittäin kapea ($<0,01$ mm) ja lyhyt (3 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeama.

Näyte K9, ikkunan ylityspalkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 50-54 mm (= ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi palkin.

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta 7-21 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy harvaksen pienehköjä ilmahuokosia (\varnothing 0,1-1,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on myös tavanomainen. Seosaineena on hieman masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Näytteessä ei esiinny halkeilua.

Näyte K10, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 45-53 mm (= ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi sokkelin.

- Näytteen pinnassa on huokoinen, 0,1-0,9 mm paksu laastimainen kerros, joka puuttuu parilta noin yhden millimetrin pituiselta osuudelta. Sideaineena on sementti ja graniittisen runkoaineen suurin raekoko on # 0,5 mm.
- Betoni on karbonisoitunut läpi ohuthienäytteen eli >53 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain kymmenkunta pienehköä ilmahuokosta (\varnothing 0,1-1,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostiloissa on enimmillään 0,15 mm paksuja ettringiitin kaltaisia täytteitä, jotka indikoivat

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

vat kosteuden kulkeutumista betonissa.

- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on korkea.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat halkeilun vuoksi paljolti avoimia.
- Betoni on kauttaaltaan pitkälle edenneen pakkasrapautumahalkeilun rikkomaa. Vaihtelevan suuntaisia, useimmiten sideaineen ja runkoainerakeiden välisiin kontakteihin sijoittuneita, 0,1-1,1 mm leveitä, monin paikoin >25 mm pitkiä pakkashalkeamia esiintyy ohuthienäytteen alueella runsaat 40 kpl.

Näyte K11, ikkunan ylityspalkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 68-69 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthieessä on 15-16 mm paksu oikaisuvalu pinnassa ja loput koostuu pohjabetonista. Ohuthienäyte ei ulotu läpi palkin.

Oikaisuvalu:

- Massa on karbonatisoitunut ulkopinnasta 4-8 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on suhteellisen yleisesti pieniä pyöreitä ilmahuokosia (\varnothing 0,05-0,80 mm), jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen puutteellista lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy harvaksen hieman kookkaampia tiivistyshuokosia (\varnothing 1-2 mm).
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on jäänyt alhaiseksi.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat graniitti ja gneissi. Massa on laastimaista, sillä suurin raekoko ohuthienäytteessä on vain # 1,5 mm. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Kerroksessa ei esiinny halkeilua.
- Pohjakontaktissa esiintyy useita kontaktin suuntaisia, pitkänomaisia, 0,1-1,0 mm leveitä, 1-5 mm pitkiä ilmataskuja.

Pohjabetoni:

- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 9-13 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,1-2,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostiloissa on yleisesti kehämäisiä, 0,02-0,05 mm paksuja ettringiittitäytteitä, jotka indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on myös tavanomainen. Seosaineena on vähän masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Betonissa ei esiinny halkeilua.

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaapuh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.comY-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

Näyte K15, tukimuuri, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72-73 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi rakenteen.

- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 14-19 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy harvaksen pyöreän muotoisia ilmahuokosia (\varnothing 0,1-5,0 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilojen seinämissä on paikoittain 0,01-0,05 mm paksuja ettringiittitäyteitä, jotka indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesi-sementtisuhteessa esiintyy pienipiirteistä vaihtelua ja monin paikoin suhde on keskimääräistä korkeampi. Sementin hydrataatioaste on tavanomaista tasoa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Näytteessä ei esiinny halkeilua.

Näyte K20, porrassous, yläpinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 73 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthieessä on keskimäärin 45 mm paksu pintavalulaatta ja loput koostuu pohjabetonista. Ohuthienäyte ei ulotu läpi rakenteen.

Pintavalu:

- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta vain 0-0,5 mm. Yhden mikrohalkeaman seinämissä on kapeita karbonatisoitumisvyöhykkeitä enimmillään 8 mm:n syvyyteen saakka.
- Betonissa on epätasaisesti jakaantuneena epämääräisen muotoisia huokostiloja (\varnothing 0,05-1,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Lisäksi monin paikoin esiintyy pitkänomaisia, 0,05-0,10 mm leveitä, 0,5-1,0 mm pitkiä huokostiloja, jotka ovat seurausta vedenerotumisesta tuoreessa betonissa.
- Huokostilojen seinämissä on apikoin yksittäisiä täytekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhte on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on alhainen.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat graniitti ja gneissi. Massa on laastimaista, sillä suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 2,2 mm. Sideaine-runkoainekontakteissa on paikoin avoimuutta em. vedenerottumiseen liittyen.
- Pintavalussa on yksi yläpinnasta lähtevä, pintaa vastaan kohtisuora, hyvin kapea (0,01-0,02 mm) ja lyhyt (6 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeama.
- Kontakti pohjabetonin kanssa on säilynyt ehjänä.

Pohjabetoni:

- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 9-13 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy suhteellisen yleisesti epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaapuh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.comY-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

6,0 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.

- Huokostilojen täytteisyys on runsasta, sillä ettringiitti- ja portlandiittitäytteet ovat enimmäkseen 0,25 mm paksuja. Täytteet indikoivat runsaan kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesi-sementtisuhde on tavanomaista tasoa. Sementin hydrataatioaste on myös tavanomainen. Seosaineena on vähän masuunikuonaa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat enimmäkseen ehjiä.
- Ohuthieessä olevassa kerroksessa on kaikkiaan 4 kpl pinnan tason suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm), 2-8 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka ovat todennäköisimmin (alkavasta) pakkasrapautumisesta johtuvia.

Näyte K23, porraskaide, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 34-40 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi kaiteen.

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta 9-17 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy hyvin harvaksen pyöreän muotoisia ilmahuokosia (\varnothing 0,1-1,0 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostilojen seinämissä on satunnaisesti yksittäisiä tätekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde ja sementin hydrataatioaste ovat tavanomaista tasoa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat pääosin ehjiä.
- Näytteessä esiintyy yksi pinnan tasoa vastaan kohtisuora, erittäin kapea (<0,01 mm) ja lyhyt (5 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeama.

Näyte K26, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 27-35 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi sokkelin.

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta 25-27 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on hyvin harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,1-2,8 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Lisäksi paikoin runkoainerakeiden reunamilla esiintyy pitkänomaisia, 0,05-0,25 mm leveitä, 0,5-2,5 mm pitkiä huokostiloja, jotka ovat seurausta vedenerottumisesta tuoreessa betonissa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesi-sementtisuhde ja sementin hydrataatioaste ovat tavanomaista tasoa.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit on paikoin avoimuutta em. vedenerottumiseen liittyen.
- Näytteessä esiintyy 2 kpl ulkopinnasta lähteviä, pintaa vastaan kohtisuoria, erittäin kapeita

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuuhenkilö:



Arto Koskiahde, FM / tj.

(<0,01 mm) ja lyhyitä (2-4 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeamia. Hieman syvemmällä on toiset 2 kpl samanlaisia kutistumamikrohalkeamia.

Näyte K29, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 56-59 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi sokkelin.

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta 21-33 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on hyvin harvaksen pieniä tiivistyshuokosia ($\varnothing < 1$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi määrittämissä olosuhteissa.
- Huokostilojen seinämissä on paikoin ohuita yksittäisiä täyte kiteytyymiä.
- Vesi-sementtisuhde ja sementin hydrataatioaste ovat tavanomaista tasoa.
- Runkoaine on särmittään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit enimmäkseen ehjiä.
- Näytteessä esiintyy yksi ulkopinnasta lähtevä, pintaa vastaan kohtisuora, erittäin kapea (<0,01 mm) ja lyhyt (4 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeama. Syvemmällä on 2 kpl pääpiirteissään pinnan tasoa vastaan kohtisuoran suuntaisia, 0,01-0,05 mm leveitä, 32 mm ja 21 mm pitkiä mikrohalkeamia. Nämä molemmat kulkevat paikoin runkoainerakeita rikkoen, mikä viittaa mikrohalkeamien kuormitusperäiseen tai lähistöllä mahdollisesti esiintyvistä teräskorroosiosta johtuvaan syntytapaan.

Näyte AKR, porrassous, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 69-74 mm (= ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäyte ei ulotu läpi rakenteen.

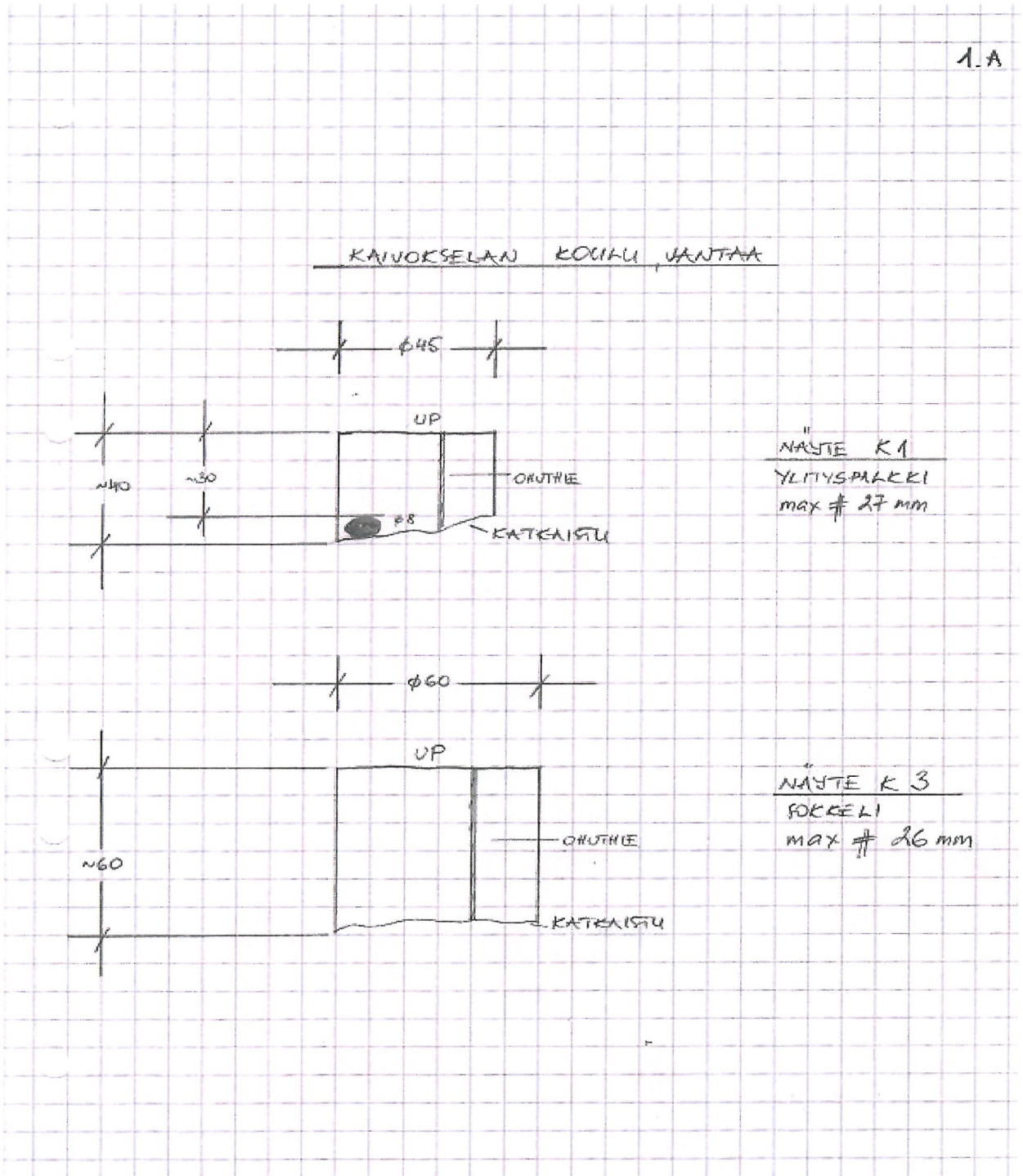
- Betonin pinnassa on karbonisoitumista 4-6 mm.
- Betonissa esiintyy harvaksen epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia ($\varnothing 0,1-4,5$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi määrittämissä olosuhteissa.
- Huokostiloissa on enimmillään jopa 0,25 mm paksuja ettringiitin kaltaisia täytteitä, jotka indikoivat runsaan kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesi-sementtisuhde ja sementin hydrataatioaste ovat tavanomaista tasoa.
- Runkoaine on särmittään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat halkeilun vuoksi paljolti avoimia.
- Betoni on pitkälle edenneen pakkasrapautumahalkeilun rikkomaa. Vaihtelevan suuntaisia, useimmiten sideaineen ja runkoainerakeiden välisiin kontakteihin sijoittuneita, paikoin täyteisiä, 0,05-0,60 mm leveitä, paikoin >25 mm pitkiä pakkashalkeamia esiintyy ohuthienäytteen alueella noin 30 kpl. Viitteitä sementin ja kiviaineksen välisistä alkalireaktioista ei havaittu.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (1/19 s.)

1.A



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

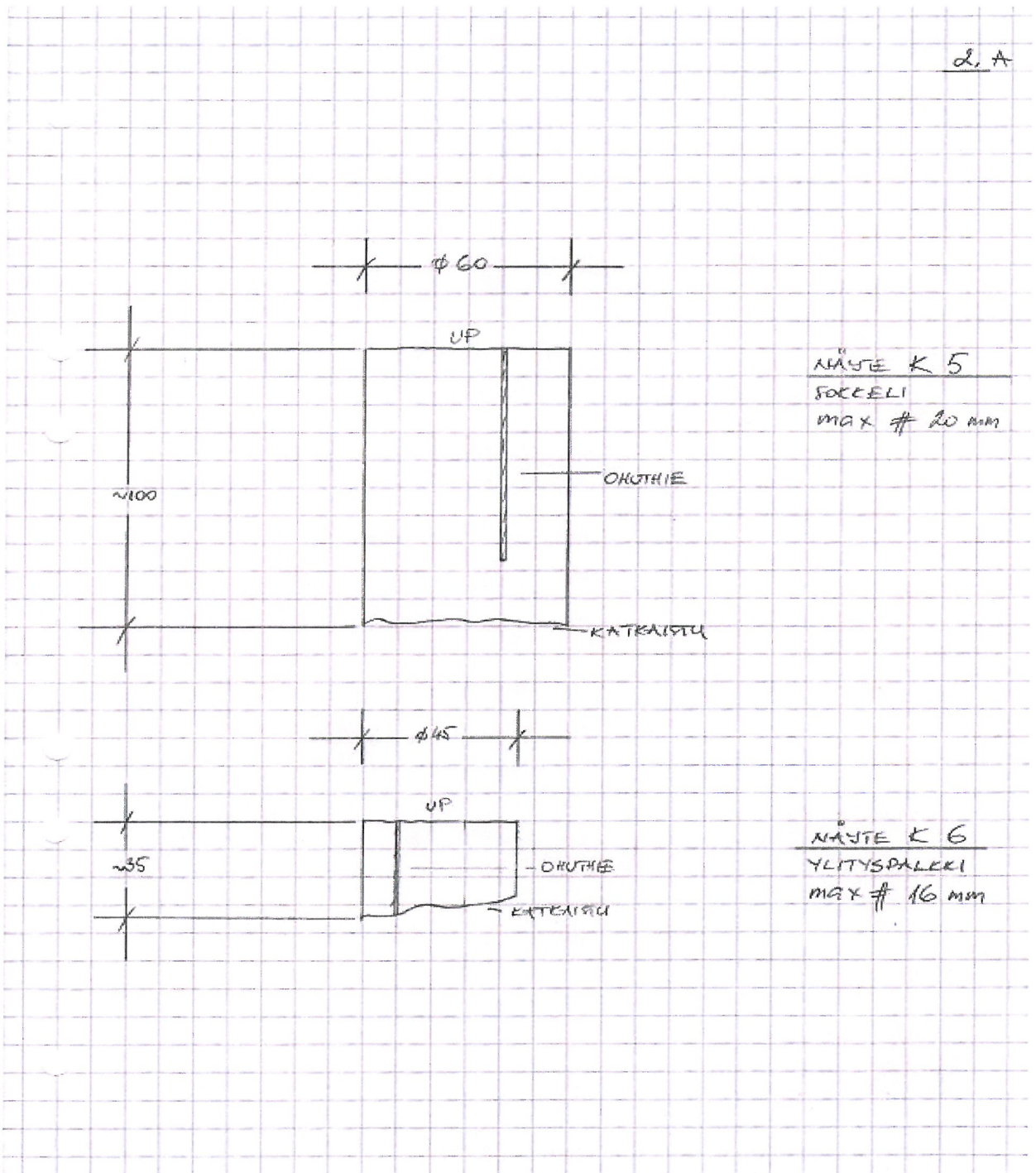
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (2/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

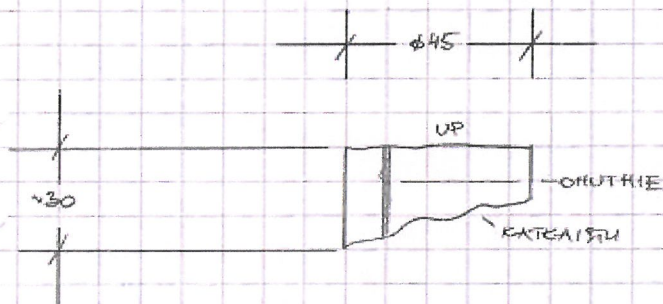
Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

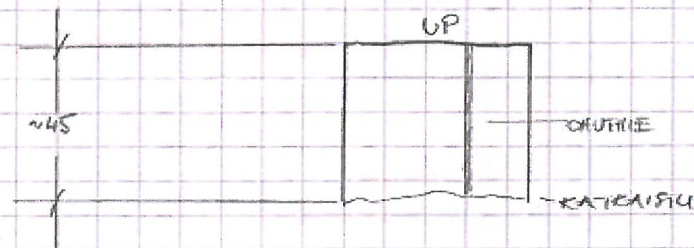
Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (3/19 s.)

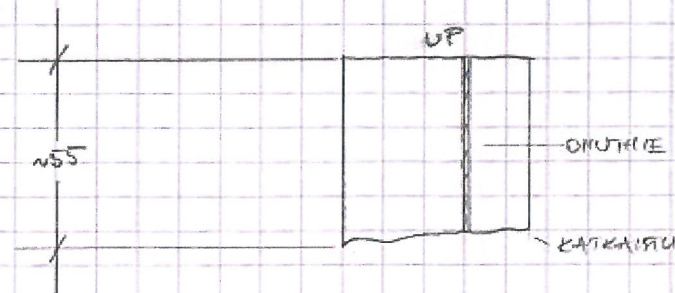
3.A



NÄYTE K 7
YLITYSPALLEKI
MAX # 13mm



NÄYTE K 8
YLITYSPALLEKI
MAX # 12mm



NÄYTE K 9
YLITYSPALLEKI
MAX # 26mm

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

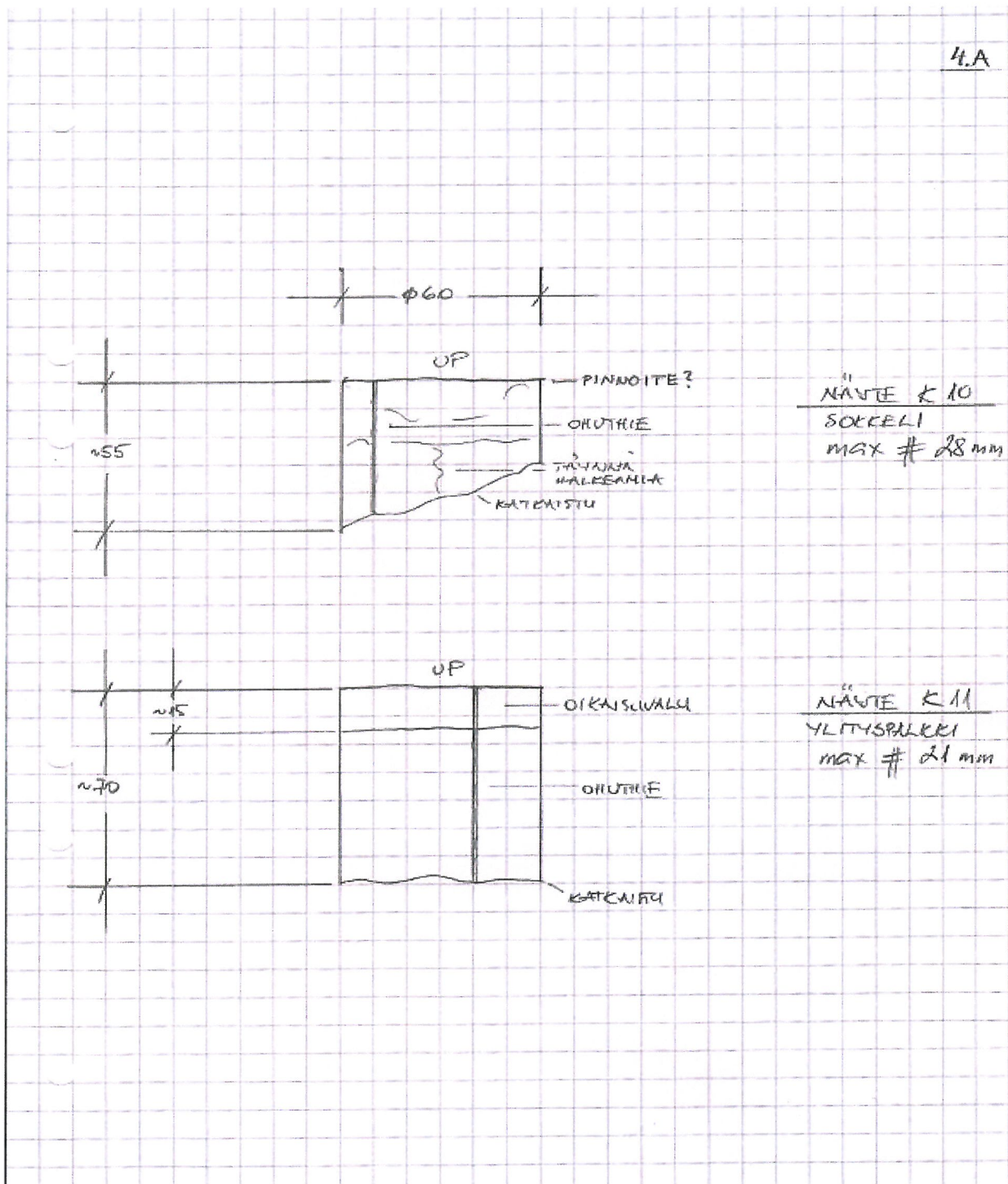
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (4/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

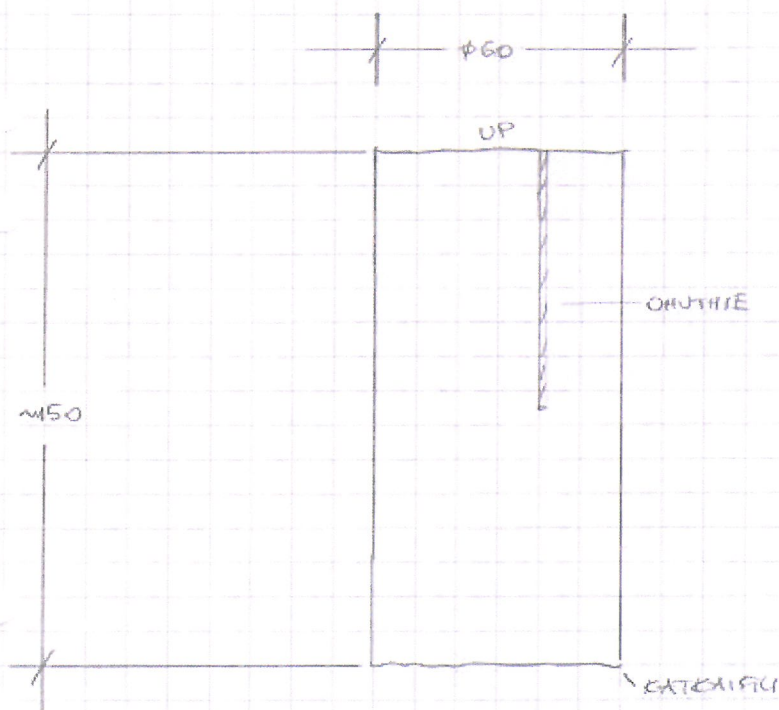
Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde

Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (5/19 s.)

5.A



NÄITE K 15
TUTKIMUKSI
MAX # 34mm

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

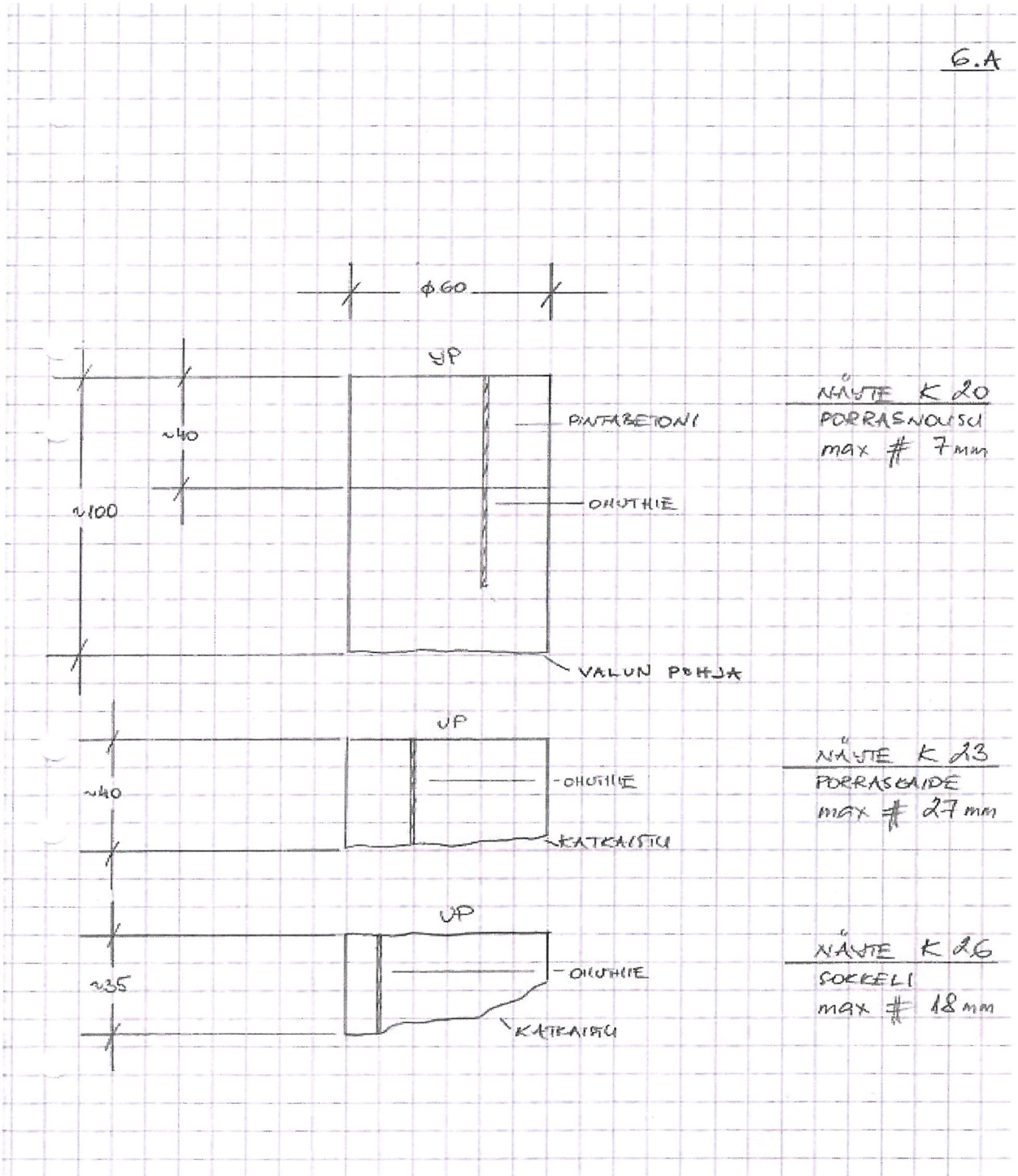
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (6/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

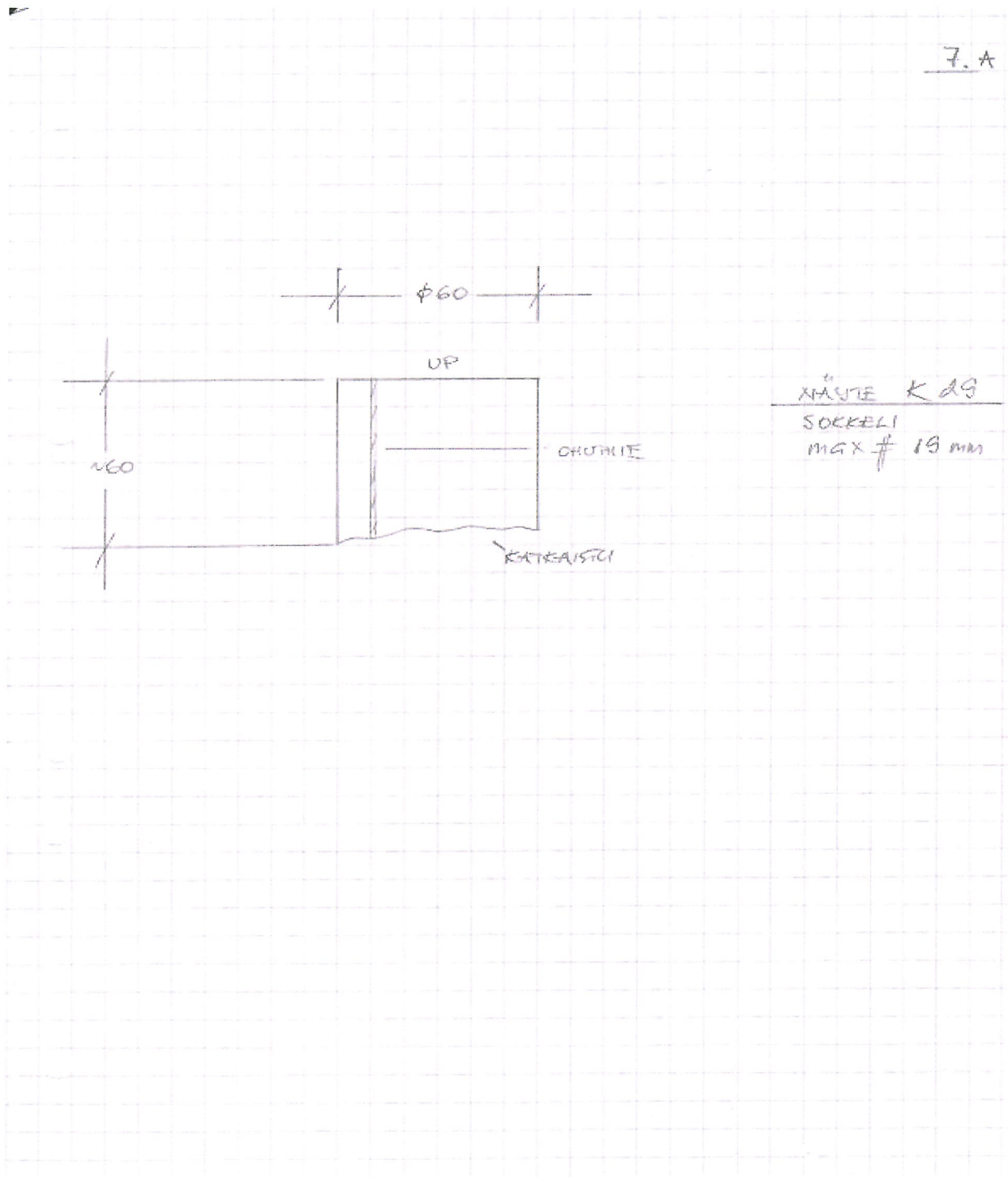
Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde

Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (7/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

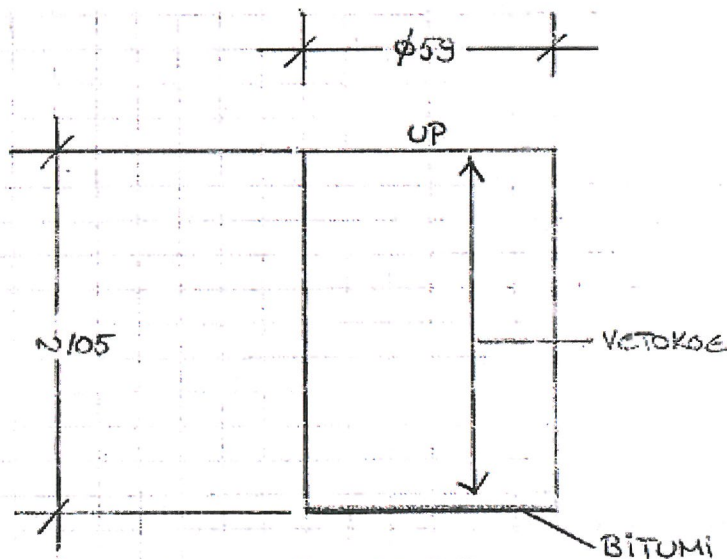
Arto Koskiahde

Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (8/19 s.)

1

Kaivoksen koulu, Vantaa



NÄYTE KÄ
sokkeli
max #32 mm

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

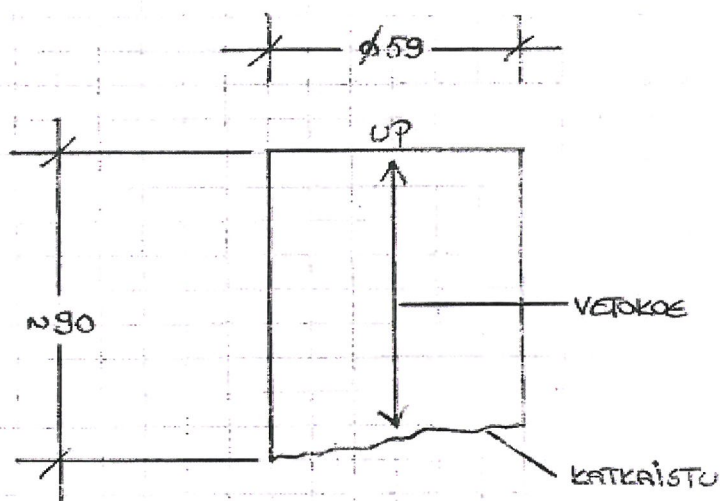
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

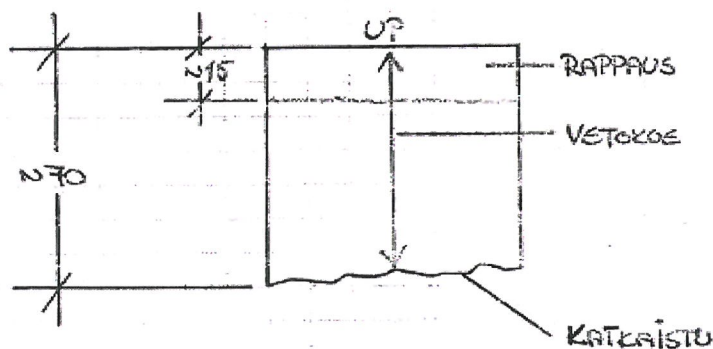
Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (9/19 s.)



NÄYTE K 4
Sokkeli
max # 28mm



NÄYTE K 12
palkki
max # 30mm

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

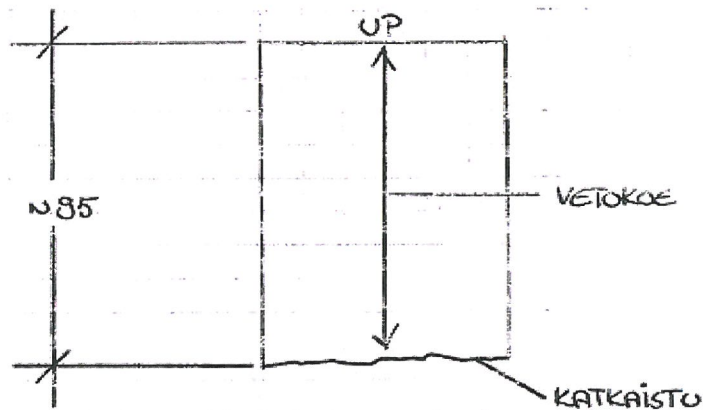
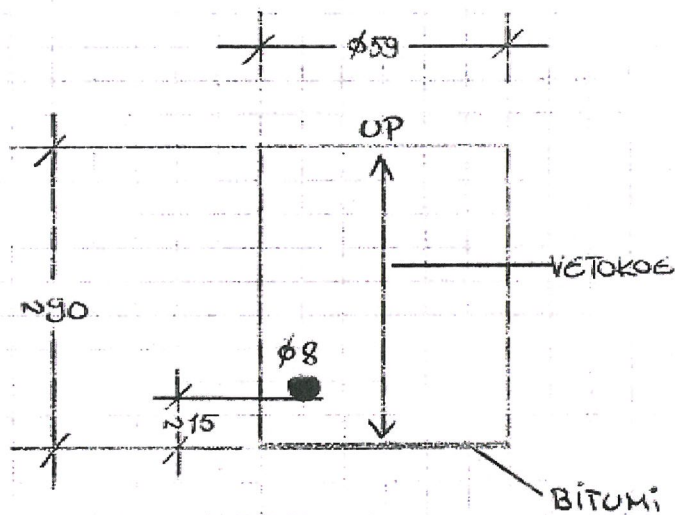
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (10/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

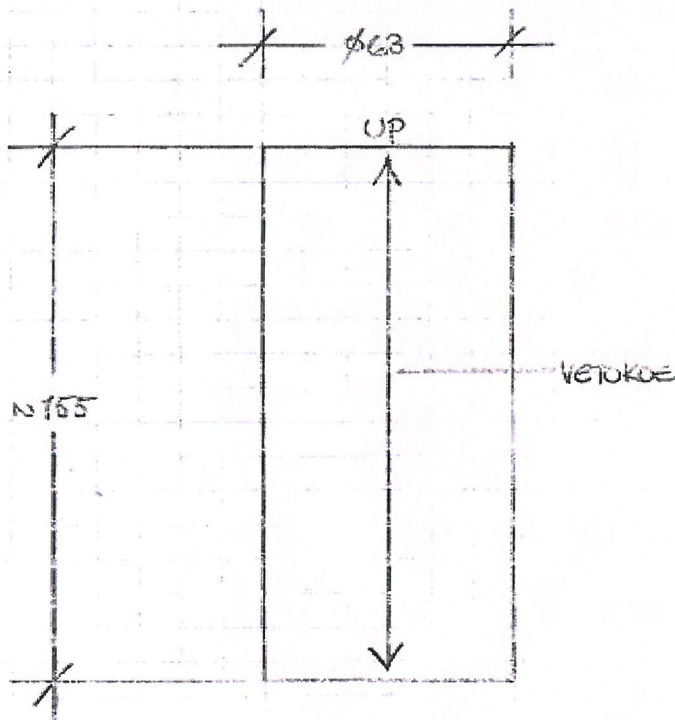
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (11/19 s.)



4

NÄYTE K16
mukari
max# 34mm

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

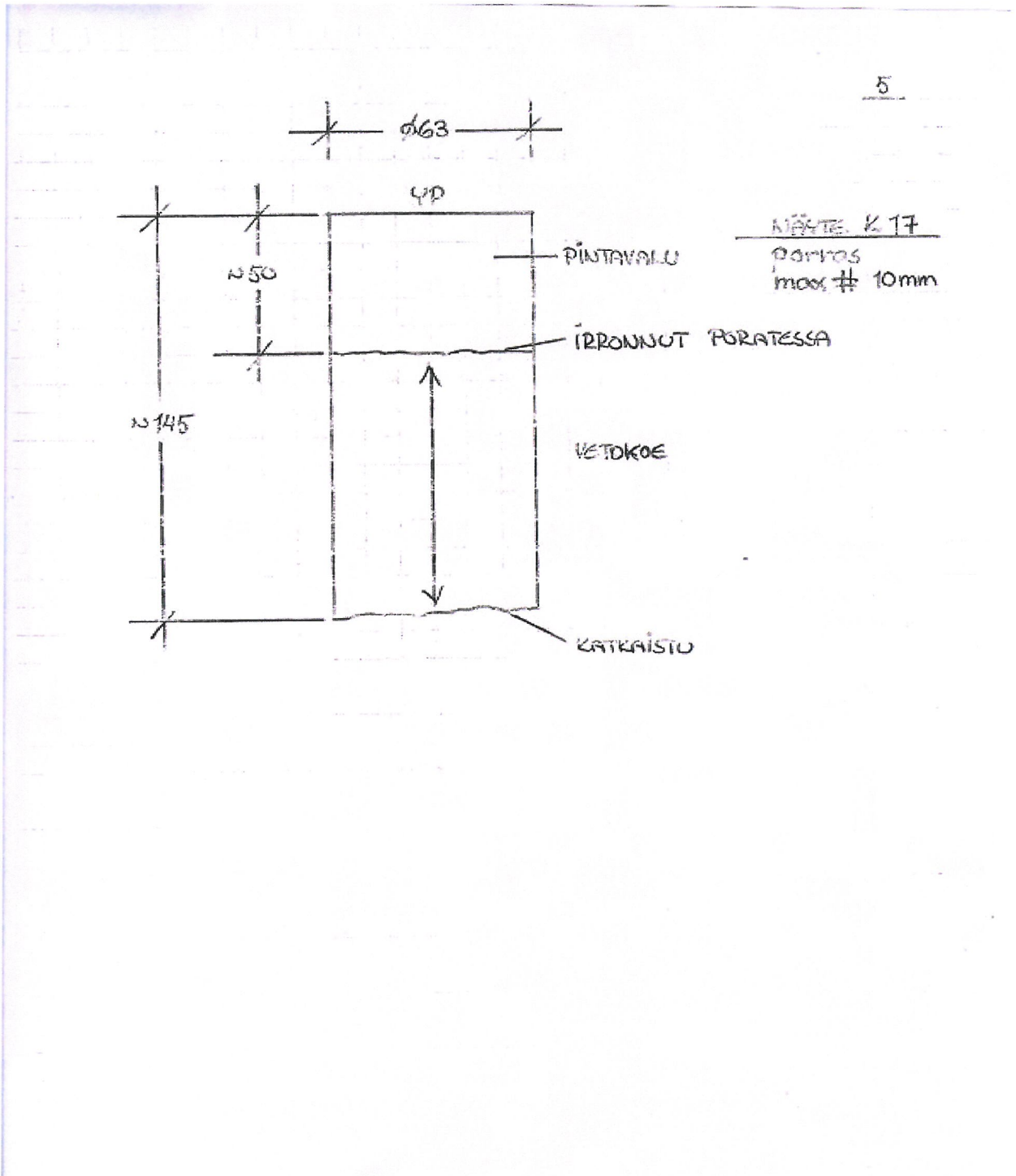
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (12/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

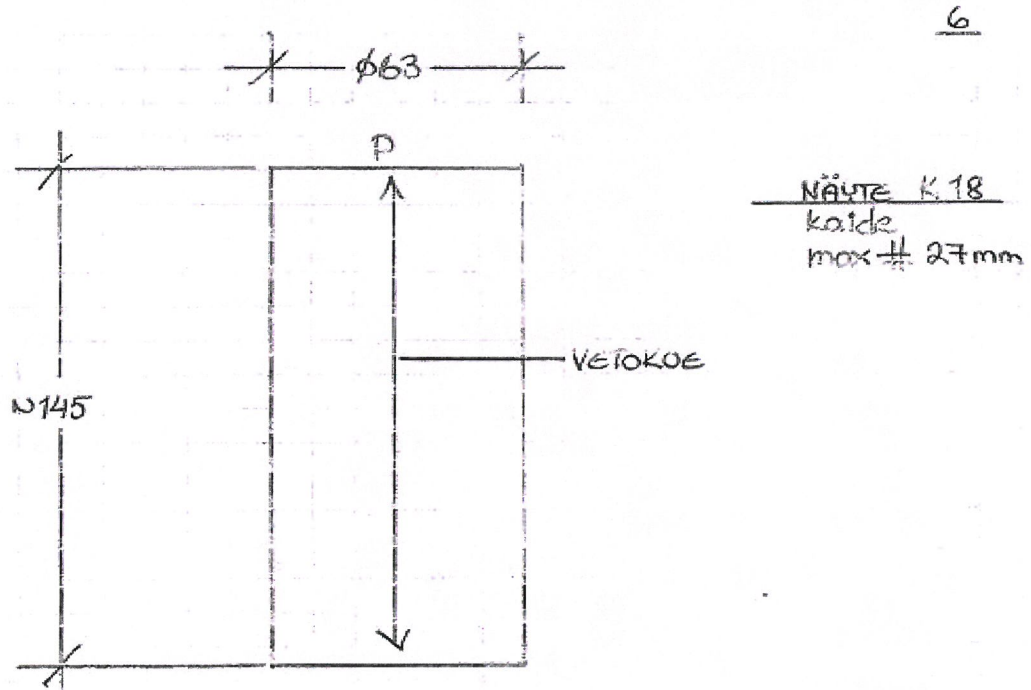
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (13/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

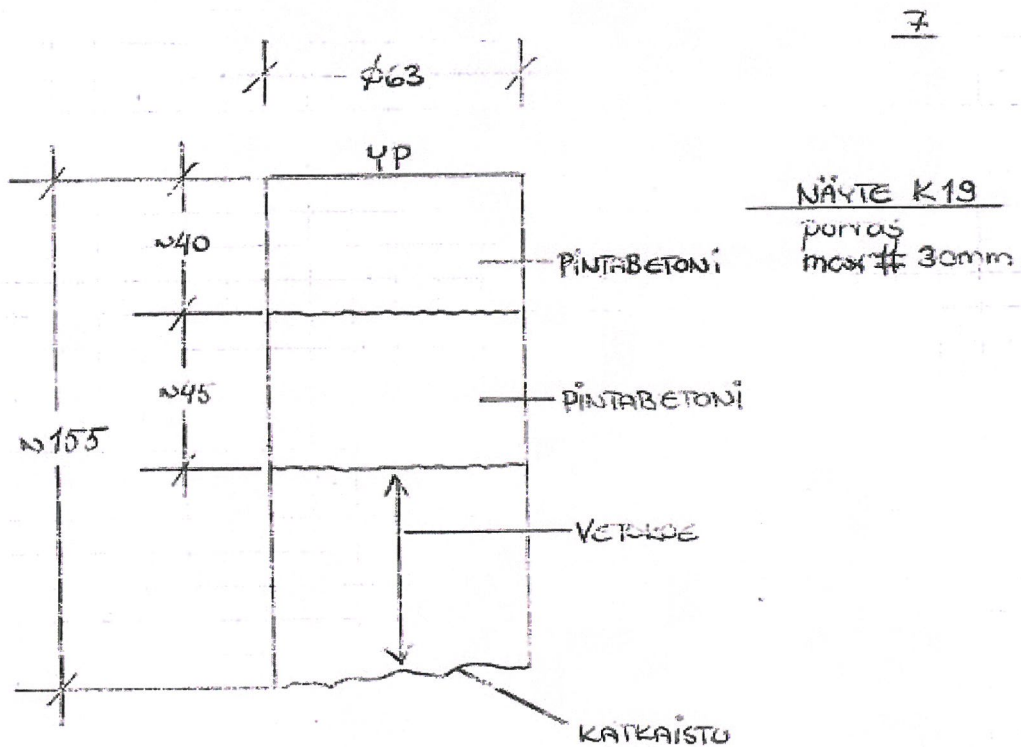
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (14/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

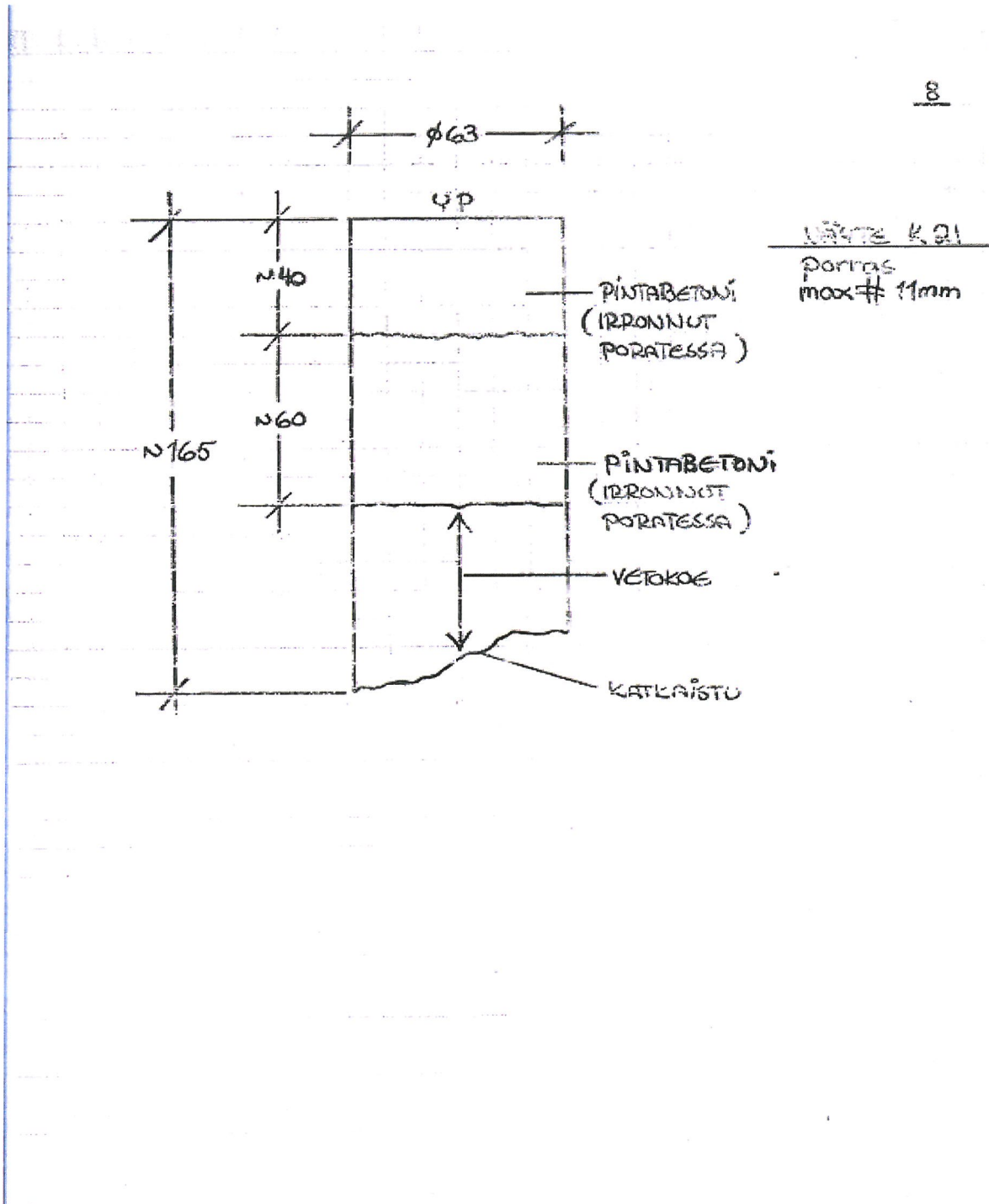
Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde

Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (15/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

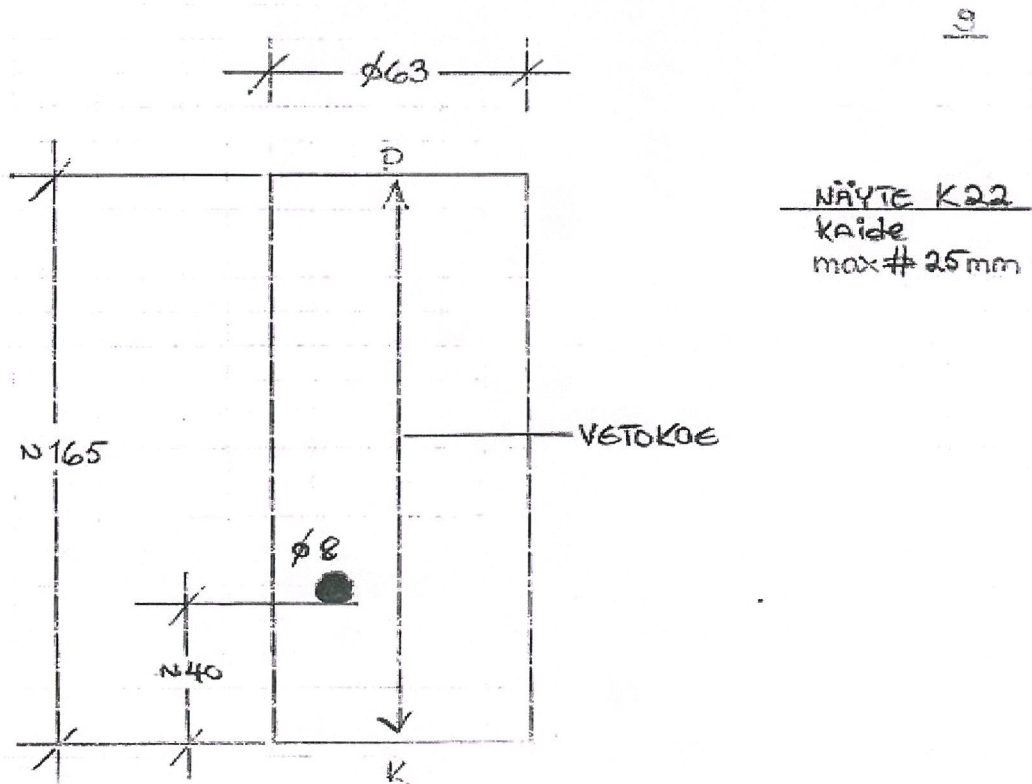
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (16/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

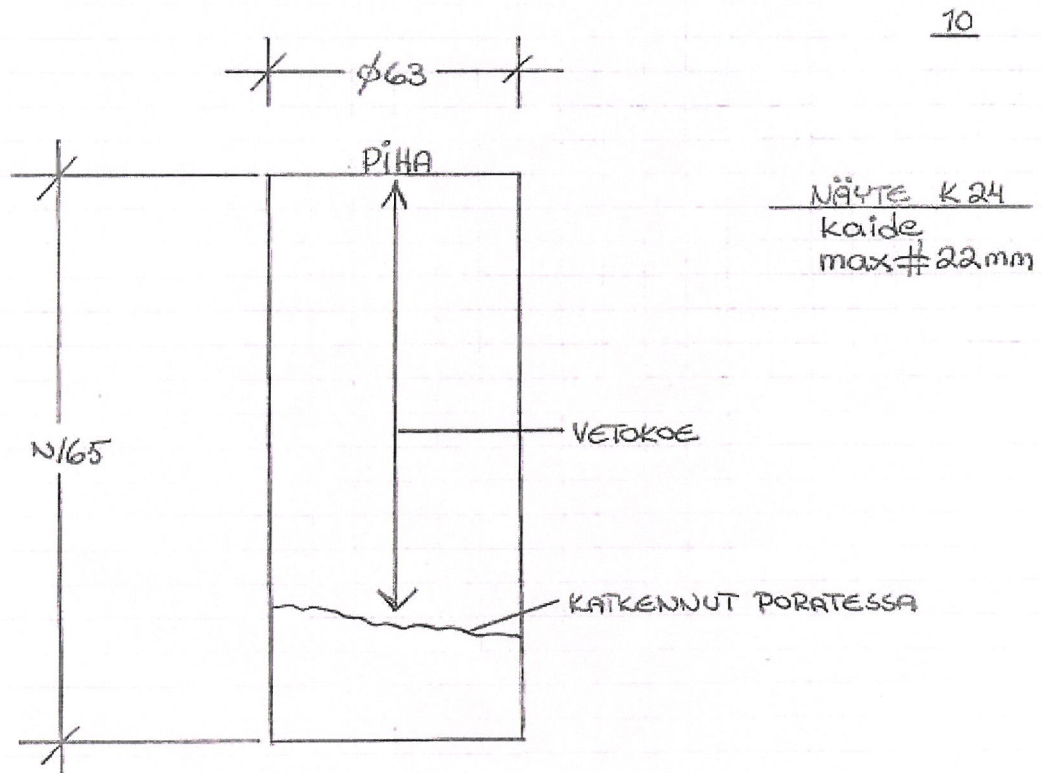
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (17/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

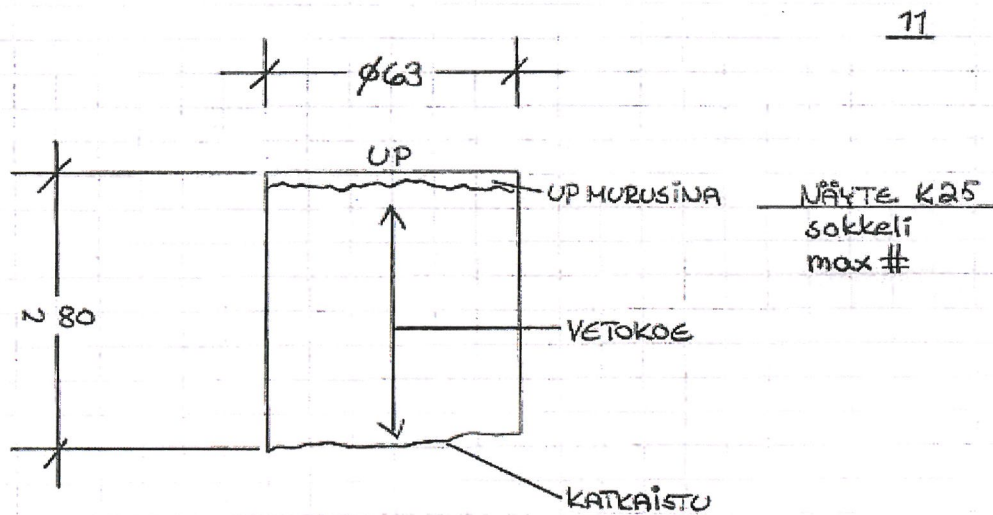
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (18/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

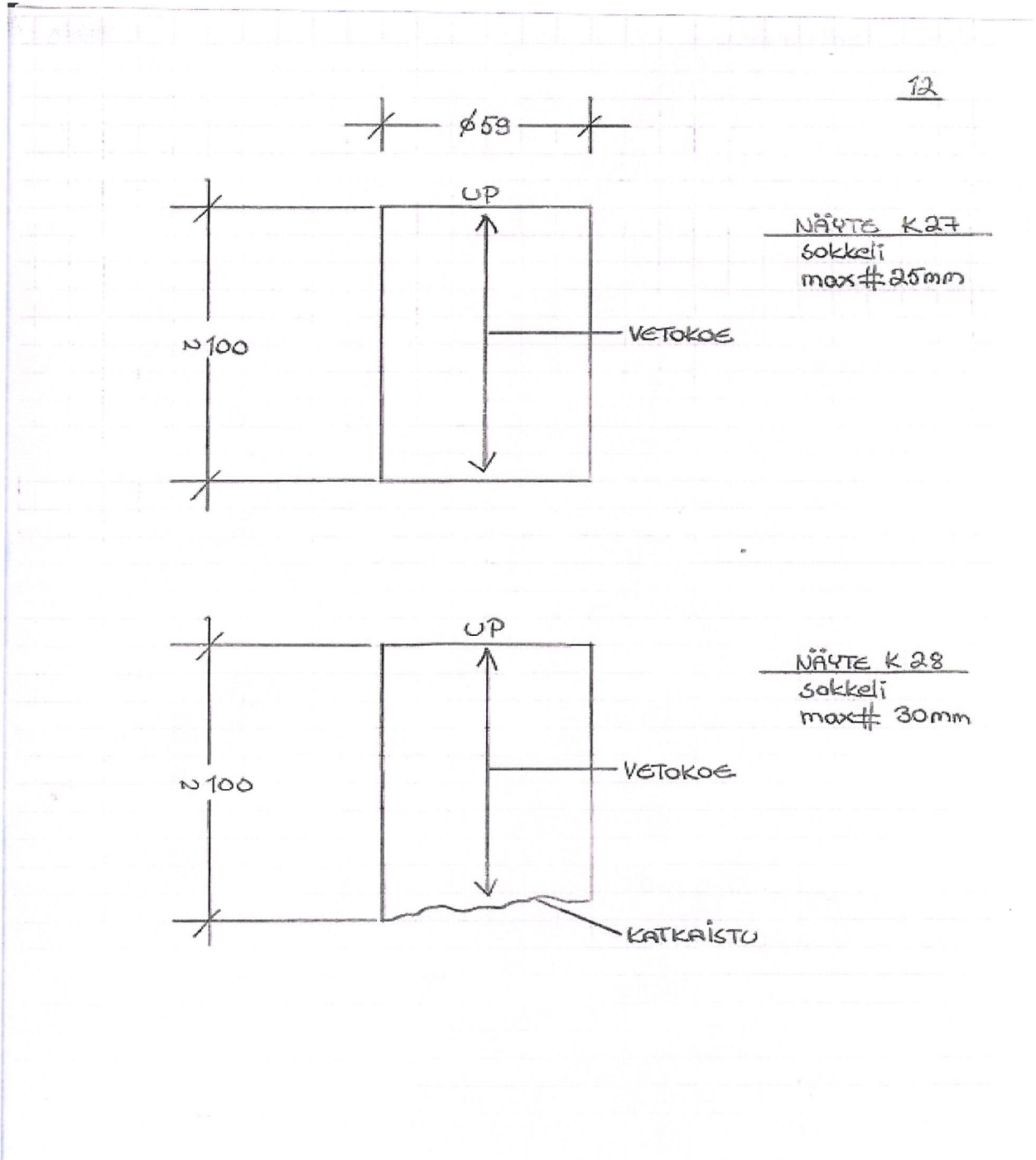
puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

Tekninen vastuuhenkilö:

Arto Koskiahde
Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1 (19/19 s.)



Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy
Nuijatie 25 B
01650 Vantaa

puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923
fax (09) 290 50071
arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2
Kotipaikka Helsinki
ALV rek.

LIITE 5

Valokuvia tutkimuskohteesta



Kuva 1. Sokkelissa pystysuuntainen halkeama.



Kuva 2. Sokkelissa vaakasuuntaista ja verkkomaista halkeilua, pakkasrapautumaa. Tiilien saumauksessa halkeamia.



Kuva 3. Sokkelin yläreunassa kulkeva vaakasuuntainen halkeama. Eteläpään sisäpiha, länsisiipi.



Kuva 4. Ikkunan ylityspalkin alapinnasta ja sivulta on irronnut terästen betonipeite. Terästen pinta ruosteessa.



Kuva 5. Ikkunan ylityspalkeissa on selvästi näkyvissä alkanut terästen korroosio.



Kuva 6. Eteläpäädyn portaiden pystypinnat ovat pahasti murtuneet ja murtumakohtissa kasvaa kasvillisuutta.



Kuva 7. Pohjoispäädyn porras. Pystypinnoissa on näkyvissä kalkkisuotaumaa



Kuva 8. Porrasnäyte K21. Pintalaatta irtosi kiinnityslaastin kohdalta porattaessa.



Kuva 9. Porraskaiteessa näkyvissä terästen korroosio. Betonisen kaiteen päällä lisäksi metallikaide, joka on myös ruostunut.



Kuva 10. Porraskaiteen levennyksestä murtuma. Rakenteen raudoitus pitää palan paikoillaan.



Kuva 11. Sokkelin ja portaan reunuksen liittymiskohta. Sokkelissa näkyvissä halkeama ja portaan reunuksessa kalkkisuotaamaa.



Kuva 12. Eteläpäädyn porraskaide metsän puolelta. Maanrajassa näkyvissä kalkkisuotaamaa.



Kuva 13. Eteläpäädyn sisäpihan tukimuri. Rakennuksen ulkoseinän ja tukimuurin rajassa kulkee halkeama.



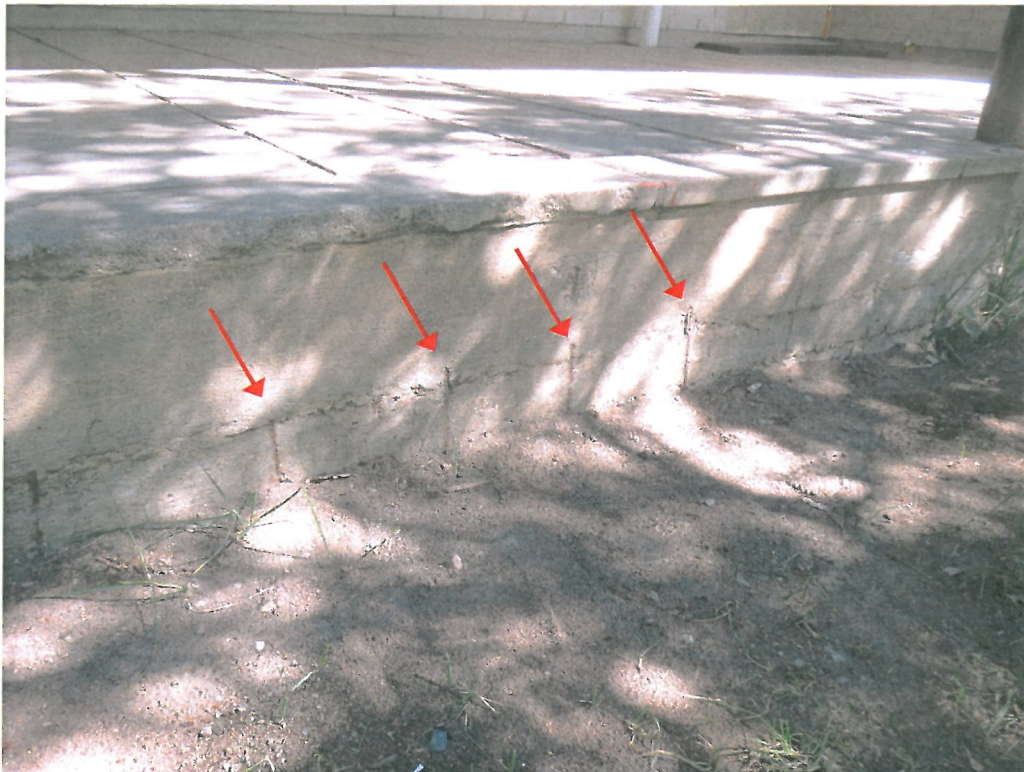
Kuva 14. Pohjoispäädyn tukimuurirakenteiden pinta on rosainen ja siinä on halkeamia.



Kuva 15. Pohjoispäädyn tukimuurirakenteen kulmassa suuri halkeama ja kalkkisuotaamaa.



Kuva 16. Tiilien alareunat kuluneet.



Kuva 17. Eteläpään sisäpihan katoksen betonilaatan etureunassa näkyvissä alkanut terästenkorrosio.



Kuva 18. Itäsiipeen johtavien betoniportaiden alapinnassa on näkyvissä kalkisuotaumaa.