

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tutkintotyö

Lauri Parkkinen

JULKISIVUJEN JA PARVEKKEIDEN KUNTOTUTKIMUS

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Lehtori Pekka Väisälä
Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy

TAMPEREEN AMMATIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Lauri Parkkinen

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Huhtikuu 2007

Hakusanat

Betonijulkisivujen kuntotutkimus

Liitteenä

Lehtori Pekka Väisälä

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy

Kuntotutkimus, julkisivukuntotutkimus.

TIIVISTELMÄ

Tutkintotyön aiheena on betonisten julkisivujen ja parvekerakenteiden kuntotutkimus. Kohde on vuonna 1977 valmistunut VVO:n omistama kiinteistö Jyväskylän maalaiskunnassa Tikkakoskella. Talo on kolmiportainen kolmi-kerroksinen asuinkerrostalo. Asuinhuoneistoja 27 kpl, joissa kaikissa on omat parvekkeet. Talon julkisivut ovat asuinkerroksissa pesubetonipintaisia ja pohjakerroksessa maalipintaisia sandwich-elementtejä. Kuntotutkimuksen tarkoitus oli selvittää seinä- ja parvekerakenteissa esiintyvät vauriot, niiden laajuus ja arvioida vaurioiden eteneminen.

Kenttätutkimukset suoritettiin 18.4.2006. Nostokorista käsin suoritettiin rakenteiden silmämääräinen tarkastelu ja vasarointi sekä otettiin tarvittavat näytteet betonista, saumamassasta sekä mineraalivillasta. Tutkimustuloksien ja havaintojen perusteella on laadittu kirjallinen kuntotutkimusraportti, joka on tutkintotyön liitteenä. Raportissa on esitetty myös käytettävissä olevat eri korjausvaihtoehdot sekä annettu oma korjausehdotus.

Pesubetonisten ulkokuorien vetokokeiden tulokset olivat ristiriidassa silmämääräisten havaintojen ja ohuthietutkimuksen kanssa. Vetokokeiden perusteella voisi olettaa pesubetonikulkuorissa olevan pakkasrapaamaa mutta ohuthietutkimuksessa ei rapaamaan viittaavaa halkeilua esiintynyt. Ennen korjaustöihin ryhtymistä, tulee pesubetonista ulkokuorista ottaa 3 - 5 lisänäytettä, joista tehdään vetokokeet sekä ohuthietutkimukset. Parvekerakenteiden tuloksissa ei ollut ristiriitaisuuksia eri tutkimusmenetelmien kesken.

TAMPERE POLYTECHNIC

Department of Construction Technology

Lauri Parkkinen

Final Thesis

Supervising Teacher

Commissioner

April 2007

Key words

Study of concrete fasade.

Encl.

Senior Lector Pekka Väisälä.

Lauri Mehto Consulting Engineers.

study of concrete, study of façade.

ABSTRACT

The aim of this engineering study was to analyse the condition of the concrete facade and balcony structures. The object was built on 1977, owned by VVO and located in Tikkakoski. The object of the study was a three-level apartment building. All 27 apartments have their own balconies.

The facades are exposed aggregate concrete sandwich panels on the living levels and painted sandwich panels on the ground floor. The aim of the study was to find the damages in the wall and balcony structures and to evaluate their extent and progression.

The field research was done in April 2006. Samples of concrete, sealing compound and mineral wool were taken mainly by using lift platform. Visual inspection and hammering were also done at the same time.

The research report was done according to the research results and observations. Available repair options and the student's suggestion for repairs are included in the report. There was a conflict between the results of the exposed-aggregate concrete tensile strength test and the visual inspection observations as well as the thin section analysis. The tensile strength test gave an impression that there should be frost weathering damages on the exposed aggregate concrete panels but the thin section analysis didn't indicate any cracks due to frost weathering. Before starting the repair work, 3-5 extra samples should be taken from the exposed-aggregate panels for additional tensile strength tests and thin section analysis. There weren't any conflicts between the results of the balcony structures study.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO	4
1 TUTKINTOTYÖN TAVOITTEET JA RAJAUKSET	5
2 TUTKIMUSSUUNNITELMA.....	6
2.1 KOHTEEN YLEISTIEDOT	6
2.2 TUTKITTAVAT ELEMENTTI- JA RAKENNETYYPIIT SEKÄ VAURIOT	7
2.3 KÄYTETTÄVÄT TUTKIMUSMENETELMÄT JA OTANNAN LAAJUUS.....	8
2.3.1 Raudoitteiden korroosion tutkiminen	8
2.3.2 Betonin rapautumisen tutkiminen.....	10
2.3.3 Kannatusten, kiinnitysten ja sidontojen tutkiminen	12
2.3.4 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus ja puutteet.....	12
2.3.5 Pintakäsittelyn tutkiminen sekä aiemmat korjaukset	12
2.3.6 Halkeilun ja muodonmuutosten tutkiminen	13
2.3.7 Terveydelle vaarallisten aineiden tai materiaalien tutkiminen	13
3 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS JA EPÄVARMUUSTEKIJÄT	13
3.1 YLEISTÄ	13
3.2 VVO/ SILTAKATU 11 EPÄVARMUUSTEKIJÄT.....	15
4 LOPPULAUSELMA.....	16
LÄHDELUETTELO	17
LIITTEET	
1. Kuntotutkimusraportti liitteineen.	

1 TUTKINTOTYÖN TAVOITTEET JA RAJAUKSET

Tutkintotyön tavoitteena on selvittää betonijulkisivujen ja parvekerakenteiden vauriot ja niiden laajuus sekä arvioida vaurioiden eteneminen tulevaisuudessa riittävän tarkasti, jotta saatujen tuloksien pohjalta voidaan valita oikea korjausmenetelmä ja ajankohta sekä antaa riittävät tiedot suunnittelun lähtötiedoiksi. Tutkimuksesta saatujen tietojen perusteella on tutkimusraportissa esitetty kohteeseen soveltuvat eri korjausvaihtoehdot.

Tutkintotyöni tein Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy:lle. Työn aikana sain tutustua eri betonin tutkimusmenetelmiin Ins.tsto Lauri Mehto Oy:n laboratoriossa sekä ohuthienäytteen valmistukseen ja analysointiin Betonialan ohuthiekeskus FCM Oy:ssä. Kenttätutkimukset suoritettiin 18.4.2006, tutkimukset tehtiin pääosin nostokorista. Tutkittavat vauriotavat ja tutkimusmenetelmä on esitelty tarkemmin kohdassa tutkimussuunnitelma.

Kenttätutkimuksissa tutkittiin silmämääräisesti ja vasaroiden julkisivuelementtien ja parvekerakenteiden kuntoa sekä otettiin näytteet seuraavasti:

- yhteensä 16 näytelieriötä laboratorio- sekä ohuthietutkimuksiin.
 - o pohjakerroksen elementeistä 3 kpl, yksi talon päädyistä
 - o asuinkerroksen pesubetonielementeistä 7 kpl, 3 kpl päädyistä
 - o parvekepieliseistä 3 kpl
 - o parvekelaatoista 3kpl
- kolme näytettä saumamassasta PCB:n ja lyijyn määrittystä varten
- kolme betonijauhenäytettä kloridin määrittystä varten
- kolme näytettä mineraalivillasta mikrobikasvuston tutkimista varten.

Näytteen ottokohdat on merkitty tutkimusraportin liitteenä oleviin piirustuksiin.

Ohuthietutkimuksiin lähetettiin yhteensä viisi näytettä eri elementtityypistä sekä parvekelaatosta ja pieliseinästä. Teräksien suojabetonipaksuudet mitattiin verkkoteräkselle ja rakenneteräkselle erikseen jokaisesta rakenneosasta.

Sokkelit, päädyn kuorielementit, puurunkoiset parvekkeen taustaseinät tutkittiin vain silmämääräisesti ja vasaroiden. Vesikatto oli tutkimushetkellä luminen, joten sen kuntoa ei voinut kovin tarkasti silmämääräisesti tutkia. Kattorakenteista tehtiin aistinvaraisia havaintoja katolla olevista luukuista.

Rakenteita ei avattu mistään kohtaa ja näytteitä otettiin vain tietyistä kohdin rakennusta. Näytteiden määrä, kolme näytettä elementtityyppiä kohden oli määritellyt tilaaja. Näytteen ottokohdat pyrittiin silmämääräisesti valitsemaan paikoista, jotka edustaisivat mahdollisimman kattavasti koko rakennusosan kuntoa, mutta varmuudella ne edustavat vain näytteenottokohtaa. Korjaustöitä suunniteltaessa tai suoritettaessa voi esille tulla asioita, joita ei tässä tutkimuksessa ole havaittu.

Tehdyt havainnot ja päätelmät perustuvat edellä mainittuihin näytteiden tutkimuksiin, kohteessa tehtyihin mittauksiin ja silmämääräisiin havaintoihin.

2 TUTKIMUSSUUNNITELMA

2.1 Kohteen yleistiedot

Tämän kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää VVO / Siltakatu 11 rakennuksen betonirakenteiden kunto ja tulevat korjaustarpeet. Kohde on rakennettu vuonna 1977. Rakennus on kolmiportainen kolmikerroksinen asuinkerrostalo. Asuntoja on kaikkiaan 27, jokaiseen huoneistoon kuuluu parveke. Maapinnan alapuolisia tiloja ei ole, maantasokerroksessa sijaitsevat talon yhteiset tilat kuten saunat, pesula varasto yms. tilat.

Julkisivut ovat pääosin pesubetonipintaisia sandwich-elementtejä. Rakennuksen pitkillä sivuilla on aukolliset ruutuelementit, parvekeseinät ovat puuelementtirakenteiset, ja ne on verhoiltu teräs-poimulevyin. Päädyissä on umpielementit, ja päädyn räystääselementit ovat pesubetonipintaisia kuorielementtejä. Pohjakerroksessa on sileät maalatut sandwich-elementit. Katto on loiva harjakatto, päällysteenä on kumibitumikate.

2.2 Tutkittavat elementti- ja rakennetyypit sekä vauriot

Tarkastelu kohdistettiin kaikkiin elementti- ja rakennetyyppeihin erikseen. Tyypit jaetaan ryhmiin Betoniyhdistyksen suosituksen mukaisesti (1, s. 84).

Elementtityypit:

- pesubetoni, sandwich-elementit;
 - o päädyn umpielementit
 - o pitkän sivun ruutuelementit
 - o muottipinta, maalattu
- pesubetoni, kuorielementit
 - o päädyn räystääselementit
- parveke-elementit, hierretty pinta
 - o pieliseinäelementit
 - o parvekelaatta
 - o kaide-elementti (metallirakenteinen)
- puuelementit
 - o parvekeseinät (teräspoimulevy verhous)
- paikalla valetut rakenteet
 - o sokkeli
- raudoitetyypit
 - o verkkoraudoitteet
 - o pieliteräkset
 - o ylä- ja alapinnan teräkset
 - o kiinnitysteräkset.

Tutkittavat rakennetyyppien vauriot ovat:

- **betonin pakkasrapautuminen ja pakkasen kestävyys.** Rapauman aste ja laajuus jokaisessa elementtityypissä. Ohuthietutkimuksella varmistetaan betonin pakkasenkestävyys.
- **betoniterästen ruostuminen.** Näytelieriöistä määritetään karbonatisoitumis syvyys, mitataan terästen suojabetonipaksuus. Arvioidaan vaurion laajuus.

- **rakenteiden kosteustekninen toimivuus.** Huomiota kiinnitettävä parvekkeen veden poistoon, räystäärakenteisiin, ikkuna ja oviliitoksiin ja niiden saumoihin sekä elementtisaumoihin.
- **rakenteissa olevat vaarallisen aineet.** Saumamassojen PCB- ja lyijypitoisuudet, mikrobikasvustot elementin villatilassa.
- **rakenneosien kantavuus ja kiinnitysten kunto.** Elementtien ja laattojen muodonmuutokset, taipumat ja halkeamat.
- **vesikatto ja luukut.** Yläpohjan tuuletus, laho- ja mikrobivauriot puurakenteissa.
- **rakennuksen aiemmat korjaukset.** Korjausten kunto.

2.3 Käytettävät tutkimusmenetelmät ja otannan laajuus

2.3.1 Raudoitteiden korroosion tutkiminen

Betonin karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaamisella selvitetään miten syväälle betoni on neutraloitunut, eli menettänyt raudoitteita korroosiolta suojaavan ominaisuutensa. Tutkimuksessa käytetään pääosin seuraavia menetelmiä ja otantaa:

- Tutkimus tehdään pH-indikaattorilla, jolla erotetaan karbonisoitunut (ph noin 8) ja karbonisoitumaton betoni (ph 13 - 14).
- Mittaukset suoritetaan poralierion pinnalta paikanpäällä tai tarvittaessa laboratoriossa halkaistusta poralieriöstä
- Aluksi mittauskohdat pyritään valitsemaan keskimääräisistä saderasituskohdista.
- Otanta: vähintään 3 rinnakkaista mittausta jokaisesta betonielementityypistä. Otantaa tarvittaessa laajennetaan tutkimusta tehtäessä jos näyttää ettei luotettavaa kuvaa karbonatisoitumissyvyydestä saada.

Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaus

Raudoitteiden peitepaksuuksia mittaamalla määritellään, kuinka suuri osuus raudoitteista on riskialttiilla karbonatisoituneella alueella tai mahdollisesti betoniin tunkeutuneiden kloridien vuoksi riskialttiilla alueella. Tutkimuksessa käytetään pääosin seuraavia menetelmiä ja otantaa:

- Mittaukset suoritetaan kaikista eri elementtityypeistä. Mikäli jonkun elementtityypin kohdalla selvästi peitepaksuudet jäävät alle vaaditun voidaan mittausmäärää vähentää.
- Mittaukset suoritetaan ainetta rikkomatta peitepaksuusmittarilla. Mittarin toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Laitteella havaitaan normaalit magneettiset raudoitteet. Esim. ruostumattomia teräksiä, alumiinia tai harjakuparisiteitä sillä ei havaita.
- Raudoitteiden halkaisijat selvitetään suunnitteluasiakirjoista.
- Tarvittaessa voidaan pahoin vaurioituneelta kohdalta piikata teräkset esiin tutkimusta varten.
- Otanta: mittausarvoja otetaan 100 - 200 kpl elementtityypeittäin.

Betonin kloridipitoisuuden määrittäminen

Raudoitteiden korroosion kannalta kriittisenä kloridipitoisuutena pidetään noin 0,03 – 0,07 paino-% happoliukoista kloridipitoisuutta betonin painosta. Todelliseen kynnyksarvoon vaikuttavat betonin ominaisuudet kuten, tiiveys, alkalisuus sekä sementtimäärästä. Tutkimuksessa käytetään pääosin seuraavia menetelmiä ja otantaa:

- Kloridipitoisuus mitataan jauhenäytteestä. Betoniin porataan halkaisijaltaan n.15 mm ja syvyydeltään n. 40 mm reikä ja kerätään syntynyt jauhe talteen. Näytteet analysoidaan laboratorioissa ns. titrausmenetelmällä.
- Kohde ei sijaitse riskialueella esim. meren rannalla joten ei ole aiheetta olettaa kloridien tunkeutuvat betoniin. Jauheen talteenottoa ei tarvitse tehdä eri syvyyksiltä.
- Otanta: yksi näyte elementtityypeittäin.

2.3.2 Betonin rapautumisen tutkiminen

Silmämääräinen tutkiminen ja vasarointi (nostolavalta)

Rapautuminen ei välttämättä näy päällepäin varsikaan, jos silmäily tehdään maasta käsin. Julkisivu saattaa näyttää pääosin hyväkuntoiselta, mutta joukossa saattaa olla pahoin vaurioituneita elementtejä. On tärkeää, että nämä elementit löydetään ja saadaan kartoitettua mahdollisimman tarkasti.

Tutkimuksessa käytetään pääosin seuraavia menetelmiä ja otantaa:

- Vasarointi suoritetaan n. 1 kg painoisella moskalla, nostokorista käsin. Rapautuneet kohdat paljastuvat matalamman koputusäänen tai vaimeamman kimpoamisen perusteella
- Silmämääräisesti kiinnitetään erityisesti huomiota elementtien kaa-reutumiseen, halkeiluun, kalkkihärmevaluihin, elementtisaumojen kokoonpuristumiseen jne.
- Otanta: kaikki julkisivut ja parveke-elementit.

Betonin pakkasen kestävyys kosteusrasituksessa määritellään ohuthienäyt-teestä, myös pakkasrapautuminen varmistetaan ohuthietutkimuksella. Lieri-öistä suoritetaan myös vetokokeet betonin lujuuden määrittelemiseksi.

Betonin ohuthietutkimus

Betonin rapautuminen johtuu betoniin syntyvistä säröistä ja halkeamista. Säröt ja halkeamat voidaan varmimmin todeta ja analysoida ohuthiestä. Ohuthie on läpikuultavan ohueksi hiottu näyteleike, jonka paksuus on 0,025 mm ja jota tutkitaan mikroskoopin avulla. Ohuthietutkimuksessa selvitetään mm:

- Betonin pakkasen kestävyys: huokosten koko, määrä ja jakautumi-nen
- Syntyneet säröt ja halkeamat niiden suuntautuneisuus, tällä selvite-tään halkeilun todennäköinen syy ja rapautumisen aste
- Huokosten täytteisyys, haitalliset reaktiot ettringiitti, alkalirunkoaine
- Varmistetaan karbonatisoitumissyvyys

- Otanta; julkisivuelementit etelä- ja pohjoissivulta sekä yhdestä päädyistä yhteensä 3 näytettä. Parvekerakenteista yksi näyte / rakenneosa.

Vetokokeet

Vetolujuusmittauksilla tutkitaan betonin rapautumista ja rapautumisen laajuutta. Tutkimus suoritetaan seuraavasti:

- Betonista porataan halkaisijaltaan 50 mm näyteliieriöitä jotka koe vedetään laboratoriossa.
- Tulokset tulkitaan by 42 s.104 taulukko 6.1 ohjeen mukaisesti
- Otanta; vetokokeet vedetään samoista lieriöstä mistä karbonatisoituminen mitataan. Koekappaleita vähintään 3 jokaisesta elementtityypistä yhteensä 18 - 20 kpl. Määrää lisätään tarvittaessa vasaroinnin tulosten perusteella.

Betonin suojarahokossuhteen määrittäminen.

Suojarahokossuhde kuvaa kapilaarisesti täyttymättömien huokosten osuutta betonissa. Betonissa olevan vesi jäätyessään laajenee n. 9 % tilavuudestaan. Mikäli laajenemisesta aiheutuva paine ei pääse purkautumaan tyhjiin suojarahokosiin, aiheuttaa se betoniin mm. pinnansuuntaista halkeilua.

Suojarahokostussuhde määritetään soveltaen standardia SFS 4475 käyttäen standardin mukaisen ylipaineen sijasta alipainetta. Suojarahokossuhteen määrittäminen on betonin pakkasenkestävyyden suhteen suuntaa antava menetelmä. Tutkimuksen avulla saadaan selville suojarahokosten kokonaismäärä, mutta ei niiden keskinäistä asemaa ja muotoa, joilla on myös merkitystä arvioitaessa betonin pakkasenkestävyyttä. Ohuthienäytteestä pystytään tutkimaan huokosten muotoa ja jakautumista, joten tämä tutkimuksella pystytään vahvistamaan käsitystä betonin pakkasen kestävydestä.

Otanta: yksi näyte kappale otetaan jokaisesta eri elementtityypistä.

2.3.3 Kannatusten, kiinnitysten ja sidontojen tutkiminen

Rakenteiden kiinnitysten, kannatusten ja sidontojen kunnan selvittäminen on oleellinen osa tutkimuksessa, etenkin parvekerakenteiden sekä sandwich-elementin ulkokuoren kiinnitysten selvittäminen. Asiakirjoista selvitetään käytetyt yksityiskohtien rakenteelliset ratkaisut etukäteen. Tutkimuksessa selvitetään niiden kunta sekä yhdenmukaisuus toteutuksen välillä. Kiinnikkeiden vaurioitumista selvitetään porarei'istä ja tarvittaessa rakennetta avaamalla sekä selvitetään diagonaaliensaiden tyyppi ja mahdollinen korroosioaste.

2.3.4 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus ja puutteet

Kosteusteknisiä vikoja tutkitaan vain silmämääräisesti arvioiden ja suunniteluasiakirjoihin tutustumalla.

Huomiota kiinnitetään erityisesti seuraaviin seikkoihin:

- räystäsrakenteiden kuntoon
- kattokourut, syöksyrännit, veden poisto talon reunustoilta
- parvekkeiden vedenpoisto
- seinävalumat
- seinärakenteiden yksityiskohdat.

2.3.5 Pintakäsittelyn tutkiminen sekä aiemmat korjaukset

Pintakäsittelyn tutkiminen kentällä tapahtuu pääasiassa silmämääräisesti arvioiden mm:

- Kartoittamalla maalipinnan halkeilua ja hilseilyä kartoittaen.
- Tarkastelemalla pintojen tartuntaa esim. puukolla varovasti raaputuksen
- Vasaroimalla vauriokohdista mahdollisen pakkasrapautumisen varalta
- Arvioimalla mahdollisen kosteusrasituksen olemassa oloa ja aiheuttajaa.

2.3.6 Halkeilun ja muodonmuutosten tutkiminen

Halkeilua arvioidaan silmämääräisesti, huomiota kiinnitetään:

- Julkisivun hammastuksiin
- Elementtien käyrityksiin
- Parvekelaattojen vinoumaan.

2.3.7 Terveydelle vaarallisten aineiden tai materiaalien tutkiminen

Laboratoriossa selvitetään:

- Elementtisaumamassa PCB ja lyijypitoisuudet
- Seinäeristeestä otetaan kaksi - kolme näytettä, joista selvitetään mikrobit. Laboratoriossa tutkiminen suoritetaan ns. suoralla viljelysmenetelmällä.

Lisäksi havaintoja tehdään seuraavista seikoista:

- Lämmöneristeen paksuus ja kunto näytteriästä
- Julkisivun ja parvekerakenteiden aiheuttaman rajoitukset ja vaatimukset korjaustapaa valittaessa
- Vesikaton pinnoitteet, läpiviennit sekä alusrakenteinen silmämääräinen arviointi.

Kuntotutkimuksesta laaditaan kirjallinen raportti ja tutkimustulokset ovat raportin liitteenä.

3 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS JA EPÄVARMUUSTEKIJÄT

3.1 Yleistä

Olemassa olevan rakenteen kunnon selvittämiseksi tehdään mittauksia, otetaan näytteet tarkempia tutkimuksia varten sekä tehdään silmämääräisiä havaintoja. Näihin kaikkiin tuloksiin liittyy aina epävarmuutta. Epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa mm.

- Liian pienet näytemäärät
- Tutkimusmenetelmien erilainen luetettavuus
- Tutkimusmenetelmien ristiriitaiset tulokset
- Havaintojen ja tulosten suuri hajonta
- Väärät johtopäätökset havainnoista
- Virheelliset lähtötiedot.

Havaintojen ja mittaustulosten analysointi on yksi kuntotutkimuksen vaativimmista ja keskeisimmistä vaiheista. Jos tuloksia on tulkittu väärin tai puutteellisesti, heijastuu se myös korjaustavan valintaan, jota varten kuntotutkimus tehdään. Tuloksia tarkasteltaessa tulee vertailla samasta vauriotyypistä eri tutkimusmenetelmillä saatuja tuloksia rinnakkain: antavatko ne samansuuntaisen tuloksen vaurion olemassaolosta ja laajuudesta vai ovatko ne ristiriidassa keskenään? Mikäli tulokset ovat ristiriitaisia tulee pyrkiä selvittämään ristiriitaisuuden syy. Jos syytä ei saada selville tai se jää epävarmaksi, on tuloksia pyrittävä arvioimaan painottaen tutkimusmenetelmien luotettavuutta ja laajuutta, sekä arvioitava sitä, onko yleensä mahdollista tehdä johtopäätöksiä käytettävissä olevien tulosten pohjalta. Mikäli johtopäätösten tekoon liittyy epävarmuutta, tulee se tuoda selvästi esille tutkimusraportissa. Tarvittaessa tehdään jatko- tai lisätutkimuksia sekä raportoidaan johtopäätökset riittävällä turvallisuusmarginaalilla.

Otannan suuruus sekä käytettävät mittaustavat on valittava eri rakenneosiin erikseen, rakennuksen koon, ominaisuuksien, silmämääräisesti havaittujen vaurio-tilanteen mukaan. Betonin pakkasrapauma tai raudotteiden korroosio ovat yleensä pesubetonipintaisten sandwich-elementtien merkittävimmit vauriotyypit. Nämä vauriotyypit ovat määrääviä arvioitaessa eri korjausmenetelmiä sekä korjausajankohtaa. On tärkeää, että edellä mainittujen vauriotyyppien tutkiminen tehdään riittävän suurella näytemäärällä ja että tutkimukset suoritetaan useammalla eri tutkimusmenetelmällä.

Pakkasrapauman havaitsemiseksi on syytä tehdä myös mikrorakennetutkimukset, ohuthieutkimuksella voidaan havaita jo alkava pakkasrapauma, jota ei silmämääräisesti tai vasaroimalla voida vielä havaita. Ohuthienäytteestä

voidaan lisäksi havaita mm. betonin huokosrakenne ja pakkasenkestävyys, huokostäytteet kuten ettringiitti, betonin karbonatisoituinen, runkoaineksen laatu, runkoaineksen ja sideaineen tartunta jne.

Nyt saamani kokemuksen perusteella, pidän ohuthietutkimusta lähes välttämättömänä tämänikäisten betonisten rakenneosien tutkimuksessa, tutkimuksella saadaan runsaasti lisätietoa betonin kunnosta sekä vertailtavaa tietoa muiden tutkimusmenetelmien antamille tuloksille.

Kuitenkin on muistettava, että kuntotutkimus suoritetaan otantatutkimuksena, johon sisältyy riskejä. Otetut näytteet ja havainnot edustavat varmuudella vain tutkittavaa näytettä, ei koko rakennetta kokonaisuudessaan, tämä tulee huomioida korjaustapaa valittaessa. Mitä vähemmällä tai kevyemmällä korjauksella halutaan päästä, sitä tarkempi ja kattavampi tulee kuntotutkimuksen olla.

3.2 VVO / Siltakatu 11 epävarmuustekijät

Asuinkerrosten pesubetonielementtien kohdalla olivat tutkimustulokset risti-riitaiset. Pesubetonielementtien vetolujuudet olivat heikot välillä 0,4 - 1,0 MPa. Vetolujuuksien perusteella voisi olettaa betonissa jonkinasteista pakkasrapaamaa. Ohuthietutkimuksessa ei pakkasrapaamaan viittaa halkeilua esiintynyt. Näytteissä havaittiin ainoastaan mikrohalkeilua joka viittaa paremmin betonin kuivumiskutistumisesta johtuvaksi. Myöskään vasaroimalla ei havaittu laaja-alaisia pehmeitä kohtia kuin elementtien nurkissa. Edellä mainittu vahvistaa sen, että eri vauriotyyppejä on pyrittävä tutkimaan riittävän laajasti, näytemäärät riittävät sekä useammalla eri tutkimusmenetelmällä.

Näytemäärä oli tilaajan toimesta määritelty kolmeen / rakenneosaa, mikä osoittautui liian pieneksi määräksi pesubetonielementtien kohdalla. Suositelimme lisänäytteiden ottamista vähintään 3 - 5 kappaletta asuinkerroksen pesubetonielementtien ulkokuorista. Näytteistä tulee suorittaa vetokokeet sekä ohuthietutkimukset. Näillä toimenpiteillä saadaan lisävarmuutta pakkasrapauman olemassaolosta.

Muiden rakenneosien eri tutkimusmenetelmillä saadut tulokset ja silmämääräiset havainnot olivat yhteneväiset eikä ristiriitaisuuksia havaittu, joten niistä tehdyt johtopäätökset kuvaavat luotettavammin rakennusosan kunnon.

Suoritettun kuntotutkimuksen perusteella voidaan varsin luotettavasti arvioida betonisten parvekerakenteiden ja julkisivujen tämän hetkistä kuntoa ja arvioida tulevat korjaustarpeet ajankohtineen. Pesubetonisten julkisivujen osalta tulee vielä tehdä lisätutkimuksia arviomme tueksi.

4 LOPPULAUSELMA

Lopputyöni aihe oli erittäin mielenkiintoinen. Työni aikana sain paljon lisätietoa betonisten julkisivuvaurioiden tutkimusmenetelmistä ja betonissa esiintyvistä eri vauriotyypeistä ja niiden etenemisestä eri rakenteissa. Sain tutustua laboratorioissa tehtäviin tutkimuksiin sekä ohuthienäytteen valmistukseen ja analysointiin. Julkisivuvaurioiden tunnistaminen silmämääräisesti vaatii myös alan erikoisosaamista, jotta vauriot havaittuaan, tietää mihin toimenpiteisiin tulee ryhtyä ja millä aikataululla. Tekemäni kuntotutkimus Siltakatu 11:sta vastaa sisällöltään ja raportoinniltaan Betoniyhdistyksen by 42 mukaisia kuntotutkimukselle asetettuja vaatimuksia. Työni onnistui hyvin, josta kiitokset asiantunteville työn valvojille lehtori Pekka Väisälälle sekä Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy:n Ari Leppäniemelle sekä Tampereen toimiston henkilökunnalle.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet.

- 1 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002.
Suomen Betoniyhdistys.
- 2 Rakennusten korjaustekniikka ja talous
1004. Rakennustieto.
- 3 Talojen korjausrakentaminen, johdatus pe-
rusteisiin 2005. Turun ammattikorkeakou-
lun oppimateriaalia.
- 4 Betonitekniikan oppikirja by 201 1999.
Suomen Betoniyhdistys.
- 5 Kerrostalot 1880 - 2000 2006. Rakennus-
tieto.

Painamattomat lähteet

- 1 Väisälä, Pekka, Kerrostalot. Kurssimate-
riaali.



VVO Siltakatu 11
Jyväskylän mlk

Julkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus

15.12.2006

ABRAHAM WETTERIN TIE 4 00880 HELSINKI PUH. (09) 343 6080

RÄTIÄLÄNKATU 9 20810 TURKU PUH. (02) 244 0440

MIKKOLANTIE 9 33470 YLÖJÄRVI PUH. (03) 348 2050

SISÄLLYSLUETTELO

1.	YHTEENVETO	1
2.	YLEISTÄ	5
2.1	Kohde	5
2.2	Tilaaaja	5
2.3	Tutkimusryhmä	5
2.4	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	5
3.	KÄYTÖSSÄOLLEET PIIRUSTUKSET	5
4.	KUNTOTUTKIMUSMENETELMÄT	6
4.1	Rakenteiden silmämääräinen tarkastelu ja vasarointi	6
4.2	Näytteiden otto ja mittaukset	6
4.3	Laboratoriotutkimukset	6
5.	JULKISIVUJEN KUNTO	7
5.1	Havainnot ja mittaustulokset	7
5.2	Johtopäätökset julkisivujen kunnosta	13
6.	PARVEKKEIDEN KUNTO	15
6.1	Havainnot ja mittaustulokset	15
6.2	Johtopäätökset parvekkeiden kunnosta	20
7.	MUUT RAKENTEET	22
8.	KOHTEEN TURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	22
9.	LISÄTUTKIMUSTARVE	22
10.	KORJAUSVAIHTOEHDOT	23
10.1	Julkisivut	23
10.2	Parvekkeet	24
10.3	Korjausehdotukset	25

Liitteet:

1. Näytteenottokohdat ja havainnot julkisivuista
2. Betoninäytteiden silmämääräisen tarkastelun havainnot, huokoisuusarvot ja vetolujuudet sekä betonijauhenäytteiden kloridipitoisuusmäärittysten tulokset
3. Betoninäytteiden ohuthietutkimusten tulokset
4. Lämmöneristenäytteiden mikrobiutkimusten tulokset
5. Saumamassanäytteiden PCB- ja lyijypitoisuuksien tulokset
6. Peitepaksuusjakaumat
7. Valokuvia vauriokohdista
8. Osakopioita rakenne- ja elementtipiirustuksista

1. YHTEENVETO

Julkisivut

Talon julkisivut ovat asuinkerroksissa pesubetonipintaisia ja pohjakerroksessa maalattupintaisia sandwich-elementtejä. Pohjoissivulla ikkunoiden välissä on sileät, maalattupintaiset alueet. Päätyjen ylimmät elementit ovat kuorielementtejä. Pohjakerroksen elementit ulottuvat osin maanpinnan alapuolelle. Parvekkeiden taustaseinät ovat puuelementtiseiniä, joiden ulko-verhouksena on teräspoimulevyt.

Julkisivuelementit

Peitepaksuusmittausten perusteella ulkokuorien terästen suoja-betonipaksuudet ovat pääosin riittäviä. Ulkokuorissa betonin karbonatisoitumisnopeus on ollut normaali. Keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut noin 4 % ruutuelementtien pieliteräksistä pesubetoniosalla sekä noin 12 % ikkunoiden välissä olevalla sileällä osalla. Pohjakerroksen elementtien verkkoteräksistä pitkällä sivulla 14 % ja päädyssä 24 % on karbonatisoituneella alueella. Kloridipitoisuusnäytteen perusteella kloridit eivät kiihdytä terästen korroosiota. Pohjakerroksen elementeissä esiintyy jonkin verran esiin ruostuneita teräksiä ja terästen korroosiosta johtuvia halkeamia. Lähi vuosina julkisivuissa ei ole odotettavissa merkittävää korroosiovaurioiden määrän lisääntymistä.

Suojahuokossuhteen määrittelysten perusteella ulkokuorien betonin suojahuokostus on puutteellinen. Yhden ohuthienäytteen pesubetonissa todettiin ilmahuokosia, jotka muistuttavat erittäin puutteellista lisähuokostusta. Muissa ohuthienäyteissä ei havaittu lisähuokostusta. Ulkokuorien betonia ei voida luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.

Julkisivuja vasaroitaessa yksittäisten ulkokuorien nurkissa/reunoilla todettiin rapautumaan viittaavia pehmeitä kohtia. Pesubetonipintaisten ulkokuorinäytteiden vetolujuudet olivat pääosin heikkoja/välittäviä. Ohuthietutkimuksessa havaittiin pesubetonikerroksessa mikrohalkeamia, halkeamat viittaavat enemmän kuivumiskutistumisesta aiheutuneeksi kuin pakkasrapautumisen aiheuttamiksi.

Pohjakerroksen sw-elementistä otetussa ohuthienäytteessä on pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Muiden pohjakerroksen ulkokuorista otettujen näytteiden vetolujuudet ovat hyviä.

Lähivuosina julkisivuissa ja etenkin pohjakerroksessa on odotettavissa lähinnä paikallista pakkasrapautumaa kosteusrasiteuimmilla alueilla. Huonokuntoisten kittisaumojen kautta seinärakenteisiin pääsee vettä, mikä lisää rapautumisriskiä.

Talon itäpäädyssä pohjakerroksen ulkokuoren ja pesubetonielementin välillä oli merkittävää hammastusta. Rakennuksen perustukset ovat painuneet A ja B portaiden välistä. Tämä näkyy ulkokuorien hammastuksena, ikkunan päällä halkeamana sekä pohjakerroksen elementin ulkokuori on poikkeuksellisen käyrä. Kellarikäytävän seinät ovat vastaavalta kohdalta haljenneet. Tarkemmin painumisen syitä tai vaurioita ei tutkittu.

Pohjakerroksen elementeissä on ohut orgaaninen maali, joka on monin paikoin kulunut/irtoillut alustastaan. Pinnoitevauriot johtuvat pääosin mekaanisesta rasituksesta ja/tai alustan kosteudesta. Maasta betoniin imeytyvä kosteus ja syöksytorvista roiskuva vesi lisäävät pohjakerroksen elementtien kosteusrasitusta. Pohjoissivulla, ikkunoiden välisillä alueilla maalipinnoite on pääosin kiinni alustassaan. Betonipinnoissa esiintyy paljon avonaisia valuhuokosia.

Lämmöneristekerroksen keskimääräinen paksuus näytteenottokohdissa oli päätyelementeissä 116 mm ja ruutuelementeissä 115 mm. Lämmöneristepaksuudet vastaavat suunnitelmissa esitettyjä eristepaksuuksia. Sandwich-elementeistä otettiin kolme mineraalivillanäytettä. Tutkittujen näytteiden mikrobimäärät olivat normaalit.

Kittisaumoissa esiintyy monin paikoin halkeilua, repeytymistä ja/tai reikiä. Saumojen tuuletusputket ovat pääosin liian syvällä/löysässä. Saumat eivät ole vesitiiviitä. Elementtien välisistä saumoista otettiin kolme saumaussmassanäytettä. Kaikkien näytteiden lyijypitoisuus ylitti suositellun raja-arvon. Saumaussmassajäte on ongelmajätettä.

Parvekkeet

Talon takasivulla on rakennuksen rungosta ulkonevat, kantavin pieliseinin tuetut betonielementtiparvekkeet. Parvekelaatat tukeutuvat alapuolisen pieliseinin yläpään muodostettuun hyllyyn. Parvekekaiteet ovat teräsrakenteiset, etulevy on profiilipelti. Kaiteet on kiinnitetty pulttaamalla parvekelaattaan sekä yläpäästään pieliseinin.

Parvekkeiden vedenpoisto tapahtuu hallitsemattomasti parvekelaattojen etureunan yli valuen. Parveketorneihin on tehty jälkeinpäin ulospäin kallistetut katot. Parvekekattojen vedenpoisto tapahtuu vesikourujen ja syöksytorvien avulla.

Pieliseinät

Betonin keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut normaalia nopeampi. Peitepaksuusmittausten perusteella keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut noin 52 % pieliseinin etureunojen teräksistä. Pieliseinien etureunoissa havaittiin useassa kohdassa esiin ruostuneita teräksiä ja yleisesti teräs-

ten korroosiosta johtuvia halkeamia. Lähi vuosina on odotettavissa, että korroosiovauriot lisääntyvät entisestään pieliseinien etureunoissa.

Suojahuokossuhteen määritysten perusteella pieliseinien betonin suojahuokostus on pääosin puutteellinen. Pieliseinien betonia ei voida pitää pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.

Pieliseinissä havaittiin vasaroimalla joitakin rapautumaan viittaavia pehmeitä kohtia sekä runsaasti pieliraudoitteiden ruostumisesta johtuvaa betonin halkeilua pieliseinän etureunassa. Betoninäytteiden vetolujuudet olivat hieman normaalia heikompia. Pieliseinistä ohuthietutkimuksessa olleessa näytteessä ei havaittu pakkasrapautumaa.

Lähivuosina pieliseinissä on odotettavissa pakkasrapautumaa lisääntymistä kosteusrasitetuimmilla alueilla.

Pieliseinien sisä- ja ulkopinnoissa esiintyy yleisesti mekaanisesta rasituksesta ja alustan kosteudesta johtuvaa maalipinnoitteen irtoilua/ hilseilyä.

Parvekelaatat

Betonin pinnoissa keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut laattojen alapinnoissa hieman normaalia nopeampi ja yläpinnoissa normaalia hitaampi. Peitepaksuusmittausten perusteella keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut 17 % alapinnan teräksistä. Laatan yläpinnan teräksiä karbonatisoitumisvyöhyke ei ole saavuttanut. Parvekelaatoissa havaittiin joitakin korroosiovaurioita. Lähi vuosina parvekelaatoissa on odotettavissa korroosiovaurioita lähinnä laatan ala- ja otsapinnoilla laatan ja pieliseinän liittymäkohdissa.

Suojahuokossuhteen määritysten perusteella betonin suojahuokostus on puutteellinen. Ohuthienäytteessä ei havaittu lisähuokostusta, joten parvekelaattojen betonia voida nykyvaatimusten perusteella luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.

Parvekelaatoissa havaittiin vasaroimalla joitakin pehmeitä kohtia laatan etureunassa, vauriot liittyvät raudoituksen korroosioon. Betoninäytteiden vetolujuudet olivat hieman normaalia heikompia. Vetolujuuksien perusteella betonissa ei todennäköisesti ole merkittävää pakkasrapautumaa. Ohuthienäytteessä ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua. Lähivuosina parvekelaatoissa ei ole odotettavissa merkittävää pakkasrapautuman lisääntymistä. Paikallinen pakkasrapautuminen/pintarapautuma on kuitenkin mahdollista laattojen etuosissa. Parvekelattioiden maalipinnoitteet eivät suojaa betonia kastumiselta.

Parvekelattioissa on ohut maalipinnoite. Parvekelattioiden maalipinnoitteet ovat monin paikoin irtoilleet/kuluneet. Parvekelattojen alapinnoissa esiintyy monin paikoin alustan kosteudesta johtuvaa maalipinnoitteen hilseilyä/irtoilua.

Parvekekaiteet

Kaiteissa maalatuissa teräsrungoissa esiintyi ruostetta ja profiilipellin maali on haalistunut, merkittäviä ruostekohtia ei havaittu. Kaide on kiinnitetty pultein yhteensä 4 kpl/kaide parvekelaattaan sekä yläosasta pieliseinään. Kiinnityksissä ei havaittu merkittäviä vaurioita tarkastelluilla parvekkeilla. Betonin rapautumisen edetessä voi kaiteen kiinnityksen lujuus heiketä.

KORJAUSEHDOTUKSET

Ehdotamme, että pesubetonipintaisiin ulkokuoriin tehdään tässä vaiheessa vain kevyitä korjauksia (paikallisia laastipaikkauksia sekä kittisaumojen ja päätyjen räystäspelttien uusiminen). Ikkunoiden välisille sileille alueille suosittelemme vanhan maalin poistoa, pintojen ylitasoitusta ja suojapinnoitusta.

Pohjakerroksen seiniin ja parvekkeisiin suosittelemme perusteellista kunnostusta noin 2-3 vuoden kuluessa.

2. YLEISTÄ

2.1 Kohde

Kuntotutkimuksen kohteena on vuonna 1977 valmistunut, 1+3-kerroksinen, kolmeportainen asuinkerrostalo, joka sijaitsee Jyväskylän mlk:ssa Tikkakoskella osoitteessa Siltakatu 11.

Talossa on 27 asuinhuoneistoa. Kaikissa huoneistoissa on parveke. Parvekkeita ei ole lasitettu. Maanpinnan alapuolisia tiloja ei ole.

2.2 Tilaaja

VVO-yhtymä Oyj	puh. 020 508 4713
Projektipääll. Tapani Asikainen	gsm 040 523 6018
Maljalahdenkatu 25	fax 020 508 4701
70100 Kuopio	

2.3 Tutkimusryhmä

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy	puh. (02) 244 0440
Länsi-Suomen aluetoimisto	fax (02) 244 9072
Dipl.ins. Ari Leppäniemi	
Ins. opisk. Lauri Parkkinen	
Rätiälänkatu 9	
20810 Turku	

2.4 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Kuntotutkimuksen tavoitteena oli selvittää kohteen julkisivu- ja parvekerakenteiden kunto sekä määritellä niiden korjaustarve:

3. KÄYTÖSSÄOLLEET PIIRUSTUKSET

Kuntotutkimuksessa oli käytössä isännöitsijän arkistosta löytyneet lupapiirustukset (rakennuslupa N:o 297, myönnetty 4.11.1976). Lisäksi käytössä oli joitain Jyväskylän mlk:n rakennusvalvonnan arkistosta löytyneitä rakenne- ja julkisivuelementtipiirustuksia. Parvekkeista ei löytynyt elementtipiirustuksia.

4. KUNTOTUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Rakenteiden silmämääräinen tarkastelu ja vasarointi

Kenttätutkimusten yhteydessä julkisivu- ja parvekerakenteita tarkasteltiin silmämääräisesti. Lisäksi betonirakenteita vasaroitiin mahdollisen rapautuman kartoittamiseksi. Ikku- noiden kuntoa ei tarkemmin tutkittu koska oli tiedossa, että ikkunat uusitaan kesällä 2006.

Kenttätutkimukset tehtiin 18.4.2006 ja tutkimukset suoritettiin pääosin nostokorista.

4.2 Näytteiden otto ja mittaukset

Kohteen julkisivu- ja parvekerakenteista porattiin $\varnothing 50$ mm:n timanttilieriöporalla yhteensä 16 betoninäytettä. Lisäksi otettiin kolme betonijauhenäytettä ja kolme mineraalivillanäytettä tarkempia laboratoriotutkimuksia varten. Saumamassasta otettiin kolme näytettä.

Porauksen jälkeen näytelieriöt mitattiin ja numeroitiin sekä tehtiin yleishavainnot näytteistä. (Liite 1)

Eri rakenneosista mitattiin pistokokein terästen suoja- betonipaksuuksia Profometer 5 -peitepaksuusmittarilla. (Liite 6)

4.3 Laboratoriotutkimukset

Betoninäytteiden tarkempi silmämääräinen tarkastelu, karbonatisoitumissyvyyksien, huokoisuusarvojen ja vetolujuuksien sekä betonijauhenäytteiden kloridipitoisuuksien määrittäminen tehtiin Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy:n laboratoriossa. (Liite 2)

Betoninäytteiden ohuthietutkimukset tehtiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n betonilaboratoriossa. (Liite 3)

Mineraalivillanäytteiden mikrobikasvun selvitys tehtiin Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:n laboratoriossa. (Liite 4)

Saumamassanäytteet tutkittiin Envitop Oy:n laboratoriossa. (Liite 5)

5. JULKISIVUJEN KUNTO

5.1 Havainnot ja mittaustulokset

5.1.1 Yleistä

Talon julkisivut ovat asuinkerroksissa pesubetonipintaisia ja pohjakerroksessa maalattupintaisia sandwich-elementtejä. Pohjoisovilla ikkunoiden välissä on sileät, maalattupintaiset alueet. Päätyjen ylimmät elementit ovat kuori-elementtejä. Pohjakerroksen elementit ulottuvat osin maanpinnan alapuolelle. Osin rakennuksessa on erilliset sokkelielementit. Parvekkeiden taustaseinät ovat puuelementtiseiniä, joiden ulkoverhouksena on teräsvoimulevyt.

Elementtipiirustusten perusteella sandwich-elementtien rakenne on seuraava:

- ulkokuori 60 mm
- lämmöneriste 120 mm, mineraalivilla PV-75L
- sisäkuori 70 mm, kevyet ruutuelementit
 150 mm, päätyelementit

Ulkokuorien raudoituksesta tai kiinnitysansaista ei löytenyt arkistotietoa.

Tutkimuksissa havaittiin ulkokuorien raudoituksena olevan Ø4 mm verkkoteräs. Betonin suunnittelulujuus on elementtipiirustuksen mukaan BK 250/300 (eli K25-2 / K30-2).

5.1.2 Silmämääräisiä havaintoja julkisivuista

- o yksittäisten ulkokuorien nurkissa havaittiin rapautumaan viittaavia pehmeitä kohtia.
- o pohjakerroksen elementeissä näkyy jonkin verran esiin ruostuneita verkkoteräksiä sekä halkeamia.
- o pohjakerroksen elementtien maalipinnoite on monin paikoin kulunut/irtoillut
- o julkisivujen kittisaumoissa esiintyy halkeilua, repeytymistä/reikiä
- o vesikourut etenkin parvekepuolella vuotavat yli useasta kohtaa ja ovat tarkastushetkellä täynnä roskaa.
- o itäpäädyn yhdessä kohdassa pohjakerroksen elementin ja seinäelementin välinen hammastus poikkeuksellisen suuri.
- o A- ja B- portaiden välissä sokkelielementti on käyristynyt.
- o rakennuksen perustuksissa on painumaero A- ja B- portaiden välissä. Painuma on aiheuttanut julkisivuelementteihin hammastusta, vinoumaa sekä halkeilua. Tarkemmin painumisen aiheuttamia vauriota ei tutkittu.
- o yksittäisissä ikkunapielissä pieliteräshalkeamia.

5.1.3 Silmämääräisiä havaintoja betoninäytteistä

- o julkisivuista porattiin yhteensä kymmenen näytelieriötä. Näytteiden keskimääräinen pituus oli
 - päätyelementit 56 mm (vaihteluväli 45-64 mm)
 - ruutuelementit 62 mm (vaihteluväli 56-66)
 - pohjakerroksen elementit 56 mm (vaihteluväli 46-62).

- o pesubetonipintaiset ulkokuoret muodostuvat kahdesta osakerroksesta (pesubetonista ja taustabetonista). Pesubetonikerroksen paksuus vaihteli noin 18-48 mm:iin. Keskimääräinen pesusyvyys oli noin 5 mm.

- o betonin runkoainerakeiden keskimääräinen maksimiraekoko oli
 - pesubetonissa: 14 mm (vaihteluväli 11-15 mm)
 - taustabetonissa: 7 mm (vaihteluväli 6-9 mm)
 - pohjakerroksen elem: 10 mm (vaihteluväli 8-15 mm)

- o betonin tiivistyneisyys oli pesubetonipintaisten ulkokuorien pesubetonissa hyvä/erittäin hyvä ja taustabetonissa pääosin keskinkertainen. Pohjakerroksen ulkokuorissa betonin tiivistyneisyys oli keskinkertainen.

- o kuuteen näytelieriöön osui verkkoteräs/-teräksiä. Verkkoterästen keskimääräinen suojabetonipaksuus oli
 - päätyelementeissä 27 mm (vaihteluväli 25-29 mm)
 - ruutuelementeissä 26 mm (vaihteluväli 21-30 mm)
 - pohjakerroksen elementeissä 27 mm (vaihteluväli 23-30 mm).
 Suojabetonipaksuuksissa on huomioitu ulkopinnan pesusyvyys. Pohjakerroksen teräkset osittain ruosteiset.

- o kolmeen näytelieriöön osui ulkokuoren kiinnitysansaansaan ulkopaarre. Ulkopaarteet olivat seostamatonta $\varnothing 6$ mm:n terästä. Pesubetonipintaissa ulkokuorissa paarreterästen suojabetonipaksuudet olivat ulkopinnasta lukien 33 mm ja 25 mm (pesusyvyys huomioitu) ja pohjakerroksen ulkokuorissa 36 mm. Paarreteräkset olivat ruosteettomia lukuun ottamatta pohjakerroksen terästä, joka oli ruosteinen.

5.1.4 Betonin karbonatisoituminen

Julkisivuelementtien ulkopinnoissa betonin karbonatisoitumiskertoimen on todettu yleensä asettuvan välille 1,5-3,5 mm/ \sqrt{a} , mikä vastaa 29 vuotta vanhoissa rakenteissa 8-19 mm:n karbonatisoitumissyvyyttä. Ulkokuorien sisäpinnoissa (tuulettumattoman eristetilän puolella) karbonatisoituminen on yleensä selvästi hitaampaa.

Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys oli näytelieriöiden ulkopinnoissa

- päätyelementit pesub. 12 mm (karb. kerroin 2,2 mm/ \sqrt{a})
- ruutuelementit, pesub. 14 mm (karb. kerroin 2,6 mm/ \sqrt{a})
- pohjakerroksen elem. 17 mm (karb. kerroin 3,2 mm/ \sqrt{a})

ja sisäpinnoissa

- päätyelementit pesub.: 5 mm (karb. kerroin 0,9 mm/ \sqrt{a})
- ruutuelementit pesub.: 7 mm (karb. kerroin 1,9 mm/ \sqrt{a})
- pohjakerroksen elem.: 13 mm (karb. kerroin 2,4 mm/ \sqrt{a})

Betonin keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut pesubetonipinnoilla normaali. Karbonatisoituminen on edennyt yhdessä näytteessä pohjakerroksen pitkänsivun ulkokuoren sisäpuolella nopeammin kuin ulkopuolella. Tämä näyte oli rakennuksen pohjoispuolelta.

Pohjakerroksen päädyistä oli vain yksi näyte rakennuksen itäpäädyistä.

5.1.5 Terästen suojabetonipaksuudet

Peitepaksuusmittausten perusteella ulkokuorien verkko-terästen keskimääräinen suojabetonipaksuus on

- päätyelementit 29 mm
- ruutuelementit, pesubetonipinnat 27 mm
- ruutuelementit, maalatut pinnat 25 mm
- pohjakerroksen elementit 23 mm.

Pieliterästen keskimääräinen suojabetonipaksuus on

- päätyelementit 30 mm
- ruutuelementit 28 mm.

Em. suojabetonipaksuuksissa on huomioitu pesubetonipintojen keskimäärin 5 mm:n pesusyvyys. Tarkemmat peitepaksuusjakaumat on esitetty liitteessä 6 (peitejakaumissa ei ole huomioitu pesusyvyyttä).

5.1.6 Betonin huokoisuusarvot

Kapillaarisuus

Kapillaari-imeytyspitoisuus kuvaa betonin kapillaarihuokoisuutta ja siten myös betonin tiiveyttä. Normaalin huokosrakenteen omaavan ja tiiviin betonin kapillaari-imeytyspitoisuuden maksimiarvona pidetään arvoa 6,0 p-%.

Betoninäytteiden keskimääräinen kapillaari-imeytyspitoisuus oli

- päätyelementit: 6,4 p-% (vaihteluväli 6,2-6,5 p-%)
- ruutuelementit: 6,5 p-% (vaihteluväli 6,5-7,0 p-%)
- pohjakerroksen elem.: 6,2 p-% (vaihteluväli 5,7-6,6 p-%)

Betonin on pääosin hieman normaalia kapillaarisempaa.

Suojahuokossuhde

Kohteen rakentamisajankohtana julkisivubetonille ei asetettu pakkasenkestävyysvaatimusta. Vuonna 1976 ilmestyneissä Betonin säilyvyysohjeissa (By 9) on suositeltu, että ko. rakenteissa betonin suojahuokossuhde olisi vähintään 0,15. Julkisivubetonin pakkasenkestävyysvaatimus esitettiin ensimmäisen kerran normeissa vasta vuonna 1980.

Betoninäytteistä mitattu keskimääräinen betonin suojahuokossuhde oli

- päätyelementit: 0,05 (vaihteluväli 0,00-0,10)
- ruutuelementit: 0,04 (vaihteluväli 0,00-0,11)
- pohjakerroksen elem.: 0,13 (vaihteluväli 0,12-0,14)

Suojahuokossuhteen määrittysten perusteella ulkokuorinäytteiden betonin suojahuokostus on puutteellinen.

5.1.7 Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuuden perusteella voidaan arvioida betonin rapautumistilannetta. Vetolujuuden ollessa luokkaa < 0,5 MPa näytteessä on todennäköisesti rapautumaa. Vetolujuuden ollessa luokkaa 0,5 - 1,0 MPa näytteessä on jonkinasteista rapautumaa. Vetolujuuden ollessa luokkaa \geq 1,5 MPa näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa.

Betoninäytteiden keskimääräinen vetolujuus oli

- päätyelementit: 0,8 MPa (vaihteluväli 0,6-0,9 MPa)
- ruutuelementit: 0,6 MPa (vaihteluväli 0,4-1,0 MPa)
- pohjak. elem.: 1,8 MPa (vaihteluväli 1,8-1,9 MPa)

Pesubetonipintaisten ulkokuorinäytteiden vetolujuudet olivat heikkoja/erittäin heikkoja, näytteet murtuivat pääosin runkoainerakeiden rajapintoja pitkin pesubetonikerroksesta.

Pohjakerroksen elementeistä otettujen näytteiden vetolujuudet olivat hyviä, näytteet murtuivat teräksen kohdalta.

5.1.8 Betonin kloridipitoisuus

Kloridipitoisuuden kynnyksarvona raudoitteiden korroosion kannalta on yleensä pidetty 0,03-0,07 p-%:n kloridipitoisuutta betonin painosta.

Sandwich-elementin ulkokuoresta otetussa kloridipitoisuusnäytteessä CL3 ei ollut klorideja (< 0,00 p-%). Tämän näytteen perusteella kloridit eivät kiihdytä terästen korroosiota.

5.1.9 Ohuthietutkimukset

Ohuthietutkimusten tulokset ovat pääpiirteittäin seuraavat:

Sw-päätyelementtinäyte SI 16 (Näytteen pituus 59-63 mm)

Pesubetoni (paksuus vaihtelee 18-31 mm:iin):

- o betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 10-19 mm:n syvyyteen.
- o betonissa esiintyy vain kaksi pientä (<0,5mm) tiivistyshuokosta. Näytteessä ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten perusteella luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- o huokostilat ovat täytteettömiä
- o pesubetonikerroksessa esiintyy 2 kpl ulkopinnasta lähteviä, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm), 6 mm ja 2 mm pitkiä kuivumiskutistumismikrohalkeamia. Syvenmällä betonissa ei ole halkeamia.
- o pesubetonin ja taustabetonin välinen kontakti on ehjä.

Taustabetoni:

- o taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 0,5-3 mm
- o betonissa esiintyy harvaksen pieniä tiivistyshuokosia. Näytteessä ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten perusteella luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- o huokostilat ovat pääasiassa täytteettömiä.
- o taustabetonissa ei havaittu halkeamia.

Sw-ruutuelementtinäyte SI 12

Pesubetoni (paksuus vaihtelee 24-33 mm:iin):

- o betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta epätasaisesti 9-20 mm:n syvyyteen.
- o betonissa esiintyy harvaksen pieniä pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen varsin puutteellista lisähuokostusta
- o huokostilat ovat täytteettömiä

- o vesisementtisuhde ja hydratoitumisaste tavanomainen.
- o Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä lukuunottamatta vähäisiä vedenerottumiskohtia
- o pesubetonikerroksessa esiintyy mikrohalkeamia, jotka ovat todennäköisesti kuivumiskutistumiseen liittyviä

Taustabetoni:

- o taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 0-5 mm
- o betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia, ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- o huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä
- o Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- o taustabetonissa ei esiinny halkeilua

Sw-elementtinäyte SI 32

Pohjakerros (hiertopinta, näyteen pituus 45-47 ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren).

- o betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 11-15 mm:n syvyyteen, sisäpinnassa 0-2 mm.
- o ulkopinnassa jäänteitä huokoisesta hyvin ohuesta (0,05-0,15) maalikerroksesta. Maalissa on havaittavissa vähän lyhyitä kuitumaisia aineosia, jotka voivat olla asbestia.
- o betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia, näytteessä ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- o huokostilojen seinämissä on paikoin yksittäisiä ohuita täytekiteytymiä.
- o näytteessä on pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua syvyysvälillä 20-41 mm.

5.1.10 Kiinnikkeet

Kolmeen näytteenottokohtaan osui ulkokuoren kiinnitysansas. Ansaiden ulkopaarteet ovat seostamatonta $\varnothing 6$ mm:n terästä. Pesubetonikulkuorien ulkopaarteissa ei havaittu ruostetta ja niiden tartunta betoniin oli hyvä. Pohjakerroksesta otetun näytteen SI 33 ulkopaarre teräs oli ruostainen.

5.1.11 Elementtisaumat

Julkisivuelementtien väliset saumat ovat yksivaihetiivistettyjä, elastisia kittisaumoja. Saumoissa on umpisoluihin pohjanauha. Elementtisaumojen risteyksissä on tuuletusputket.

Kittisaumoissa esiintyy monin paikoin halkeilua, repeytymistä ja/tai reikiä. Saumojen tuuletusputket ovat pääosin liian syvällä/löysässä tai puuttuvat kokonaan. Saumat eivät ole vesitiiviitä.

Saumoista otettiin kolme saumamassanäytettä. Kaikkien näytteiden lyijypitoisuus ylitti suositellun raja-arvon, joten saumaussmassa on ongelmajätettä.

5.1.12 Lämmöneristeet

Lämmöneristekerroksen keskimääräinen paksuus näytteenotokohdissa oli

- päätyelementit: 116 mm (vaihteluväli 115-117 mm)
- ruutuelementit: 115 mm (vaihteluväli 108-125 mm)
- pohjak. elementit: 127 mm (vaihteluväli 125-130 mm).

Lämmöneristepaksuudet vastaavat suunnitelmissa esitettyjä eristepaksuuksia.

Sandwich-elementeistä otettiin kolme mineraalivillanäytettä. Tutkittujen näytteiden mikrobimäärät olivat normaalit.

5.2 Johtopäätökset julkisivujen kunnosta

5.2.1 Raudoitteiden korroosio

Yhtenä rakenteen teknistä kuntoa kuvaavana muuttujana pidetään karbonatisoituneella alueella olevien terästen määrää. Terästen peitepaksuusjakauman ja keskimääräisen karbonatisoitumissyvyyden avulla voidaan arvioida betoniterästen korroosiotilannetta ja korroosion kehittymistä tulevina vuosina.

Terästen korroosio käynnistyy, kun karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut teräksen ja betonin kosteus on riittävän korkea. Näkyviä korroosiovaurioita, kuten korroosiohalkeilua tai suojabetonin lohkeilua alkaa esiintyä vasta vuosien kuluttua riippuen mm. terästen halkaisijasta, suojabetonin paksuudesta ja betonin kosteustilasta.

Peitepaksuusmittausten perusteella pesubetonipintaisten ulkokuorien terästen suojabetonipaksuudet ovat pääosin riittäviä. Pohjakerroksen maalatuissa elementeissä suojabetonipaksuudet ovat hieman pienemmät kuin pesubetonielementeissä. Ulkokuorien betonin karbonatisoitumisnopeus on ollut normaali. Keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut noin 4 % ruutuelementtien pieliteräksistä pesubetoniosalla ja ikkunoiden välisellä sileällä osalla noin 12 %. Pohjakerroksen ulkokuorien verkkoteräksistä keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut pitkällä sivulla noin 14 % ja päädyssä 24 %.

Kloridipitoisuusnäytteen perusteella kloridit eivät kiihdytä terästen korroosiota.

Pohjakerroksen elementeissä esiintyy jonkin verran esiinruostuneita teräksiä ja terästen korroosiosta johtuvia halkeamia. Lähi vuosina julkisivuissa ei ole odotettavissa merkittävää korroosiovaurioiden määrän lisääntymistä.

5.2.2 Betonin rapautuminen

Suojahuokossuhteen määritysten perusteella ulkokuorien betonin suojahuokostus on puutteellinen. Yhden ohuthienäytteen pesubetonissa todettiin ilmahuokosia, jotka muistuttavat erittäin puutteellista lisähuokostusta. Muissa ohuthienäyteissä ei havaittu lisähuokostusta. Ulkokuorien betonia ei voida luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.

Julkisivuja vasaroitaessa yksittäisten pesubetonipintaisten ulkokuorien nurkissa/reunoilla todettiin rapautumaan viittaavia pehmeitä kohtia.

Pesubetonipintaisten ulkokuorinäytteiden vetolujuudet olivat pääosin heikkoja/erittäin heikkoja. Pesubetonielementtien vetolujuudet olivat välillä 0,4 - 0,9 MPa. Ohuthietutkimuksessa havaitut halkeamat tulkittiin lähinnä kuivumiskutistumisesta aiheutuneiksi. Pakkasrapaumaan viittaavia halkeamia ei havaittu.

Heikot vetolujuudet viittaava pakkasrapautumaan. Vetokokeiden tulokset ovat ristiriidassa silmämääräisten havaintojen sekä ohuthietutkimuksen kanssa. Esitämme, että pesubetonipintaisten julkisivuista otetaan 3-5 lisänäytettä joille tehdään vetokokeet.

Pohjakerroksen ulkokuorista otettujen betoninäytteiden vetolujuudet olivat hyviä, ollen välillä 1,8-1,9 MPa. Ohuthienäytteessä esiintyi pakkasrapautumisesta johtuvaa halkeilua syvyysvälillä 20-41 mm. Näyte on otettu rakennuksen itäpäädyistä, kohdasta jossa todettiin ulkokuoren hantasta.

Lähivuosina julkisivuissa on odotettavissa lähinnä paikallista pakkasrapautumaa kosteusrasitetuimmilla alueilla. Huonokuntoisten kittisaumojen kautta seinärakenteisiin pääsee vettä. Hieman normaalia kapilaarisempi ja mikrohalkeillut betoni imee itseensä helposti kosteutta, mikä lisää rapautumisriskiä tulevaisuudessa.

5.2.3 Halkeilu ja muodonmuutokset

Pohjakerroksen ulkokuorissa esiintyy joitain terästen korroosiosta johtuvia halkeamia ja lohkeamia. Yksittäisissä pohjakerroksen elementeissä ja ruutuelementtien sileillä alueilla havaittiin betonin kuivumiskutistumiseen viittaavia halkeamia.

A- ja B-portaiden välillä perustukset ovat painuneet, tällä kohtaa havaittiin ulkokuorien hammastusta sekä halkeama. Itäpuolen päädyssä oli yhden pohjakerroksen elementin yläreunassa hammastusta.

5.2.4 Elementtien kiinnitys

Kenttätutkimuksissa julkisivuissa ei havaittu ulkokuorien kiinnitysansaiden pettämisen viittaavia merkkejä tai riskejä. Näytteenottokohtiin osuneet ulkokuorien kiinnitysansaiden ulkopaarteet olivat pesubetonipintaissa ulkokuorissa ruosteettomia ja niiden tartunta betoniin oli hyvä. Pohjakerroksen yhteen näytteeseen osunut parreteräs oli ruosteinen.

5.2.5 Pinnoitevauriot

Pohjakerroksen elementeissä on ohut orgaaninen maali, joka on kulunut/irtoillut alustastaan. Pinnoitevauriot johtuvat pääosin mekaanisesta rasituksesta ja/tai alustan kosteudesta. Maasta betoniin imeytyvä kosteus ja syöksytorvista roiskuva vesi lisäävät pohjakerroksen elementtien kosteusrasitusta.

Pohjoissivulla, ikkunoiden välisillä alueilla maalipinnoite on pääosin kiinni alustassaan. Betonipinnoissa esiintyy paljon avonaisia valuhuokosia.

6. PARVEKKEIDEN KUNTO

6.1. Havainnot ja mittaustulokset

6.1.1 Yleistä

Talon eteläpuolella on rakennuksen rungosta ulkonevat, kantavin pieliseinin tuetut betonielementtiparvekkeet.

Parvekelaatat tukeutuvat alapuolisen pieliseinin yläpään muodostettuun hyllyyn. Kaiteet ovat teräsrakenteiset, kaidelevynä on käytetty maalattua teräsprofiilipeltiä. Kaiderakennelma on kiinnitetty molemmilta reunoilta pulttaamalla, yläreunasta pieliseiniin ja alareunasta parveke-laattaan.

Parvekkeiden vedenpoisto tapahtuu hallitsemattomasti parvekelataan etureunan yli valuen.

Parveketorneihin on tehty jälkeinpäin ulospäin kallistetut katot. Parvekekattojen vedenpoisto tapahtuu vesikourujen ja syöksytorvien avulla.

6.1.2 Silmämääräisiä havaintoja parvekerakenteista

Pieliseinät

- o pieliseinien etureunoissa havaittiin yleisesti esiin ruostuneita teräksiä ja terästen korroosiosta johtuvia halkeamia
- o pieliseinien väliset vaakasaumat ovat kovia laastisaumoja. Saumausten tartuntapinnoissa havaittiin paikoin halkeamia.
- o pieliseinien sisä- ja ulkopinnoista esiintyy monin paikoin maalipinnoitteen hilseilyä/kulumista
- o pieliseinien ulkopinnoissa on paljon avonaisia valuhuokosia
- o vaneriset asennuslaput ovat osin näkyvissä

Parvekelaatat

- o parvekelattioiden maalipinnoite on monin paikoin irtoillut/kulunut etenkin laattojen etuosista
- o pintarapaumaa paikoin parvekelattojen yläpinnassa.
- o laattojen alapinnoissa esiintyy monin paikoin maalipinnoitteen hilseilyä/irtoilua
- o parvekelattioiden kallistus etureunaa kohti on noin 1:50-1:100. Laatat ovat osin vinossa, rakennuksen perustusten painuminen näkyy parvekelattojen vinoumana.
- o vedenpoisto tapahtuu laatan etureunan yli valuen
- o parvekelaatat ovat yleisesti taipuneet

Parvekkaiteet

- o kaidellevyjen ja runkorakenteiden maali on paikoin kulunut/irtoillut sekä paikoin runkorakenne on ruosteinen

6.1.3 Silmämääräisiä havaintoja betoninäytteistä

Pieliseinät

- o pieliseinistä porattiin kolme näytelieriötä. Pieliseinän läpi porattujen näytteiden pituudet olivat 147 ja 150 mm. Porattaessa katkaistun näytteen pituus oli 80 mm.
- o betonin runkoainerakeiden maksimiraekoko oli 15-20 mm
- o betonin tiivistyneisyys oli pääosin keskinkertainen.

Parvekelaatat

- o parvekelaatoista porattiin myös kolme näytelieriötä. Näytteiden pituudet olivat 134-139 mm.
- o betonin runkoainerakeiden maksimiraekoko oli 14-17 mm
- o betonin tiivistyneisyys oli keskinkertainen
- o näytelieriöön (SI 21) osui $\varnothing 5$ mm:n teräs. Teräksen suo-
jabetonipaksuus oli laatan alapinnasta lukien 23 mm.
Näytteen yläpinnasta alapintaa kulkee halkeama tämän te-
räksen kautta.
- o näytelieriöön SI 22 osui $\varnothing 8$ mm:n teräs, jonka suo-
jabetonipaksuus oli laatan alapinnasta lukien 39 mm.
- o teräkset olivat ruosteettomia.

6.1.4 Betonin karbonatisoituminen

Pieliseinät

Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys oli näytelieriöiden

- ulkopinnoissa: 18 mm (karb. kerroin $3,3 \text{ mm}/\sqrt{a}$)
- sisäpinnassa: 24 mm (karb. kerroin $4,5 \text{ mm}/\sqrt{a}$).

Betonin keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut normaalia nopeampi.

Parvekelaatat

Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys oli näytelieriöiden

- yläpinnoissa: 2 mm (karb. kerroin $0,4 \text{ mm}/\sqrt{a}$)
- alapinnoissa: 22 mm (karb. kerroin $4,1 \text{ mm}/\sqrt{a}$)

Betonin keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut normaalia nopeampi.

6.1.5 Terästen suojabetonipaksuudet

Pieliseinät

Peitepaksuusmittausten perusteella terästen keskimääräinen suojabetonipaksuus on pieliseinien etureunoissa noin 19 mm.

Näytelieriöön osuneen teräksen suojabetonipaksuus oli pieliseinän ulkopinnasta 33 mm.

Parvekelaatat

Peitepaksuusmittausten perusteella terästen keskimääräinen suojabetonipaksuus on parvekelaattojen

- yläpinnoissa 39 mm
- alapinnoissa 31 mm

Näytelieriöihin osuneiden teräksien suojabetonipaksuus oli laatan alapinnasta lukien 23 mm ja 39 mm.

6.1.6 Betonin huokoisuusarvot

Pieliseinät

Kapillaarisuus

Betoninäytteistä mitattu keskimääräinen kapillaari-imeytyspitoisuus oli 6,7 p-% (vaihteluväli 6,2-7,0 p-%). Betoni on normaalia kapillaarisempaa.

Suojahuokossuhde

Betoninäytteistä mitattu suojahuokossuhde oli keskimäärin 0,07 (vaihteluväli 0,03-0,10). Suojahuokossuhteen määrittysten perusteella betonin suojahuokostus on puutteellinen.

Parvekelaatat

Kapillaarisuus

Betoninäytteistä mitattu kapillaari-imeytyspitoisuus oli keskimäärin 5,9 p-% (vaihteluväli 5,8-6,0 p-%). Betonin kapillaarisuus on normaali.

Suojahuokossuhde

Betoninäytteistä mitattu suojahuokossuhde oli keskimäärin 0,03 (vaihteluväli 0,03-0,05). Suojahuokossuhteen määrittysten perusteella betonin suojahuokostus on puutteellinen.

6.1.7 Betonin vetolujuus

Pieliseinät

Näytelieriöiden keskimääräinen vetolujuus oli 1,3 MPa (vaihteluväli 0,5-2,2 MPa). Näytteiden vetolujuudet vaihtelivat erittäin heikosta hyvään. Kaksi lieriötä murtui runkoainerakeiden rajapintoja pitkin ja yksi halkaisijaltaan 12 mm teräksen kohdalta (0,5 Mpa).

Parvekelaatat

Näytelieriöiden keskimääräinen vetolujuus oli 1,4 MPa (vaihteluväli 1,4-1,5 MPa). Näytteiden vetolujuudet olivat normaalit. Kaksi lieriötä murtui pääosin runkoainerakeiden rajapintoja pitkin ja yksi halkaisijaltaan 8 mm teräksen kohdalta (1,4 MPa).

6.1.8 Betonin kloridipitoisuus

Pieliseinästä ja parvekelaatasta otetuissa kloridipitoisuusnäytteissä CL 2 ja CL 3 ei ollut klorideja (< 0,00 p-%). Näiden näytteiden perusteella kloridit eivät kiihdytä terästen korroosiota.

6.1.9 Ohuthietutkimukset

Ohuthietutkimusten tulokset ovat pääpiirteittäin seuraavat:

Parvekepieliseinänäyte SI 3, ulkopinta

- o betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta vain 1-4 mm:n syvyyteen.
- o ulkopinnassa esiintyy rosoisuutta 1-1,5 mm:n syvyyteen.
- o näytteessä esiintyy pieniä (0,02 - 0,8 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden hieinan puutteellista lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy harvaksen kookkaampia (1-3 mm) tiivistyshuokosia.
- o huokostilojen seinämissä on paikoin ohuita ettringiittitäyttekiteytymiä.
- o näytteessä on yksi, pintaa kohtisuora kuivumiskutistumamikrohalkeama. Näytteessä ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

Parvekelaattanäyte SI 21, alapinta

- o alapinnassa on huokoinen, hyvin ohut maalipinnoite. Maalissa havaittavissa lyhyitä kuitumaisia aineosia, jotka saattavat olla asbestikuituja.
- o betoni on karbonatisoitunut alapinnasta 17-30 mm:n syvyyteen, lisäksi karbonatisoitumista esiintyy 0,1-0,2 mm leveinä vyöhykkeinä halkeamien seinämissä näytteen yläpinnan puoleiseen päähän saakka ohuthienäytteessä.
- o näytteessä ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten perusteella luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa
- o huokostilat pääosin täytteettömiä.
- o näytteessä on 25 mm peitesyvyydellä alapinnasta lukien halkaisijaltaan 5 mm teräs, teräksen ympärillä betonissa karbonatisoitumista ja teräksen korroosio on käynnistynyt.
- o näytteessä havaittiin halkeama joka on syntynyt todennäköisesti plastisessa vaiheessa, osin teräksen korroosion seurauksena tai on mahdollisesti kuormitusperäinen.
- o ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

6.1.10 Elementtien kiinnitys

Parvekkeiden kiinnityksiä rakennuksen runkoon ei tutkittu.

6.2 Johtopäätökset parvekkeiden kunnosta

6.2.1 Raudoitteiden korroosio

Pieliseinät

Betonin keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut normaalia nopeampi. Peitepaksuusmittausten perusteella keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut noin 52 % pieliseinien etureunojen teräksistä.

Pieliseinien etureunoissa oli useassa kohdassa esiin ruostuneita teräksiä ja yleisesti terästen korroosiosta johtuvia halkeamia. Lähi vuosina on odotettavissa, että korroosiovauriot lisääntyvät entisestään pieliseinien etureunoissa.

Parvekelaatat

Betonin keskimääräinen karbonatisoitumisnopeus on ollut normaalia nopeampi. Peitepaksuusmittausten perusteella keskimääräinen karbonatisoitumisvyöhyke ei ole saavuttanut parvekelaattojen yläpinnan teräksiä. Laatan alapinnoissa karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut n. 17 % teräksistä.

Parvekelaattojen etureunoissa havaittiin joitain esiin ruostuneita teräksiä. Lähi vuosina parvekelaatoissa on odotettavissa jonkin verran korroosiovaurioiden lisääntymistä.

Parvekekaiheet

Kaideosat oli joistakin paikoin ruostuneet sekä maalipinnoite oli irronnut ja kulunut, merkittäviä ruostekohtia ei havaittu. Kiinnityksissä ei havaittu merkittäviä vaurioita tarkastelluilla parvekkeilla.

6.2.2 Betonin pakkasrapautuminen

Pieliseinät

Suojahuokossuhteen määrittelysten perusteella pieliseinien betonin suojahuokostus on puutteellinen. Pieliseinien betonia ei voida pitää pakkasenkestävänä kosteusrasituksessa.

Ohuthienäytteessä havaittiin pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat hieman puutteellista lisähuokostusta.

Pieliseinissä ei vasaroimalla havaittu rapautumaan viittavia pehmeitä kohtia lukuun ottamatta pieliseinien etureunoja parvekelaatan kohdalta. Betoninäytteiden vetolujuudet vaihtelivat erittäin heikosta hyvään. Vetolujuuksien ja ohuthie-

näytteen perusteella betonissa ei todennäköisesti ole merkittävää pakkasrapautumaa. Lähivuosina pieliseinien paikallinen pakkasrapautuminen on mahdollista kosteusrasitettuimilla alueilla, etenkin parvekelaattojen kohdalla.

Parvekelaatat

Suojahuokossuhteen määritysten perusteella betonin suoja- huokostus on puutteellinen. Ohuthienäytteessä ei havaittu lisähuokostusta, joten parvekelaattojen betonia ei voida nykyvaatimusten perusteella luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa

Parvekelaatoissa ei vasaroimalla todettu rapautumaan viit- taavia pehmeitä kohtia. Laattojen yläpinnalla havaittiin joissain kohdin pintarapaumaa sekä otsapinnan teräskorroosi- oon liittyvää rapaumaa. Betoninäytteiden vetolujuudet olivat normaalit. Vetolujuuksien ja ohuthienäytteen perusteella be- tonissa ei todennäköisesti ole merkittävää pakkasrapautumaa. Lähivuosina parvekelaatoissa ei ole odotettavissa merkittä- vää pakkasrapautumaa. Paikallinen pakkasrapautuminen/pinta- rapautuma on kuitenkin mahdollista laattojen yläpinnalla ja laatan etuosissa. Parvekelattioiden maalipinnoitteet eivät suojaa betonia kastumiselta.

6.2.4 Halkeilu ja muodonmuutokset

Parvekelaatat olivat hieman pituussuuntaan kallistuneet koh- dalta jossa perustuksissa oli painumaeroa. Kyseisessä kohdas- sa myös alimpien pieliseinien ja seinäelementtien välisessä saumaleveydessä oli vaihtelua.

Parvekelaatat olivat yleisesti jonkin verran taipuneet.

Pieliseinien etureunoissa oli yleisesti pieliterästen ruostu- misesta johtuvaa halkeilua ja lohkeilua myös parvekelaatoissa oli joitakin etureunan ruostuneita teräksiä näkyvillä.

6.2.4 Pinnoitevauriot

Pieliseinät

Pieliseinien sisä- ja ulkopinnoissa esiintyy alustan kosteu- desta johtuvaa maalipinnoitteen irtoilua/ hilseilyä. Vesi pää- see imeytymään rakenteisiin pieliseinien vaakasaumojen sekä pieliseinien ja seinäelementtien välisten kittisaumojen kaut- ta. Parvekelaatoilta poistuva vesi kastelee myös pieliseinien etuosat.

Parvekelaatat

Parvekelattioissa on ohut maalipinnoite. Parvekelattioiden maalipinnoitteet ovat monin paikoin irtoilleet/kuluneet.

Parvekelaattojen alapinnoissa esiintyy monin paikoin alustan kosteudesta johtuvaa maalipinnoitteen hilseilyä/irtoilua. Vesi pääsee imeytymään rakenteisiin pieliseinien halkeilleiden vaakasaumojen kautta. Parvekelattioiden pinnoitteet eivät suojaa betonia kastumiselta. Ilmeisesti myös parvekekattojen vedeneristys on ollut puutteellinen ennen kattojen korjausta.

Parvekekaiteet

Kaiderunkojen ja kaidelevyn maali on kulunut/irtoillut.

7. MUUT RAKENTEET

Vesikatto

Talossa on loiva harjakatto, jonka vesikate on uusittu lähi-aikoina. Vanhan peltikatteen päälle on asennettu 30 mm paksu mineraalivilla ja sirotepintainen kumibitumikermikate. Ilmeisesti samassa yhteydessä myös parvekkeisiin on tehty uudet katot (kattolapetta on jatkettu parvekekatoille). Kate on hyväkuntoinen.

Ikkunat

Ikkunoiden kuntoa ei tutkittu tarkemmin, koska tutkimusta tehdessä oli tiedossa, että ikkunat uusitaan kesällä 2006.

8. KOHTEEN TURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Julkisivu- ja parvekerakenteissa ei havaittu vaurioita, jotka aiheuttaisivat välitöntä vaaraa henkilöturvallisuudelle.

9. LISÄTUTKIMUSTARVE

Pohjakerroksen seinien vedeneristeiden ja salaojien kunto on selvitettävä.

Maalipinnoitteiden asbestipitoisuus on tutkittava ennen korjauksiin ryhtymistä.

Pesubetonipintaista julkisivuista otetaan 3-5 lisänäytettä joille tehdään vetokokeet/ohuthietutkimus.

Perustusten painumasyyt on selvitettävä tarkemmin.

10. KORJAUSVAIHTOEHDOT

10.1 Julkisivut

1. Kevyt kunnostus

Pesubetonipintaisten julkisivuelementtien käyttöikää voidaan vielä jatkaa kevyillä ulkokuorien kosteusrasitusta alentavilla korjauksilla. Kevyisiin korjauksiin kuuluu mm. paikallisten rapautumien korjaus laastipaikkauksin sekä kittisaumojen ja päädyn räystäspellitysten uusiminen.

Julkisivujen maalatuille osille suosittelemme perusteellisempaa kunnostusta. Ikkunoiden välisten alueiden maalipinnoitteet hiotaan pois, pinnat ylitasoitetaan ja maalataan suojapinnoitteella.

2. Perusteellinen kunnostus

Julkisivuihin voidaan tehdä perusteellinen kunnostus. Pesubetonipintojen vetolujuuksia on kuitenkin kartoitettava laajemmin ennen korjauksiin ryhtymistä.

Perusteelliseen kunnostukseen kuuluu mm. seuraavat työt:

- sileät betonipinnat märkähiekkapuhalletaan
- rapautuneet kohdat korjataan säänkestävällä korjauslaastilla
- ruostuneet teräkset piikataan esiin ja tehdään tarvittavat laastipaikkaukset
- pinnat ylitasoitetaan ja maalataan
- elastiset kittisaumat uusitaan

Korjausten kustannus on noin 100 euroa/m² ja käyttöikä noin 15 vuotta.

3. Peittävä korjaus

Peittävässä korjauksessa vanhat ulkokuoret voidaan jättää varmistuspultattuina uuden ulkoverhouksen alle. Korjauksessa sisäkuorien tiiveys on varmistettava ja korjauksen liitosdetaljit toteutettava erityisen tarkasti.

Julkisivuelementtien pintaan lisätään lämmöneristekerros ja pintamateriaaliksi valitaan rakennuksen ja alueen arkkitehtuuriin sopiva uusi ulkokuori, esimerkiksi rappaus tai levyverhous.

4. Julkisivujen uusiminen

Tässä korjaustavassa tehtävät työt:

- vanhat ulkokuoret ja eristeet puretaan
- asennetaan uudet lämmöneristeet
- asennetaan uusi pintaverhous esim. rappaus tai verhouslevyjä käyttäen.

Julkisivun uusimisen kustannukset ovat 200-250 euroa/m² menetelmästä ja materiaalista riippuen. Korjauksen käyttöikä on noin 25-50 vuotta valittavasta materiaalista riippuen.

10.2 Parvekkeet

1. Kevyt kunnostus

Pinnoite-, rapautumis- ja korroosiovaurioista johtuen parvekkeiden kevyt maalaus-kunnostus ei ole enää mahdollinen.

2. Perusteellinen kunnostus

Parvekkeisiin voidaan tehdä perusteellinen kunnostus. Terästen korroosiota ja betonin pakkasrapautumaa voidaan vähentää elastisella pinnoitteella, jolla rakenteet saadaan pysymään kuivina.

Perusteelliseen kunnostukseen kuuluu mm. seuraavat työt:

Pieliseinät:

- vanhojen maalipinnoitteiden poisto esim. märkähiekkapuhalluksella
- terästen paljastaminen ja laastipaikkaukset
- rapautuneen betonin poistaminen ja laastipaikkaukset/betonivalut
- laastipinnoite
- elastinen suojapinnoite
- pieliseinien ulkopintaan elastiset kittisaumat

Parvekelaatat:

- vanhojen maalipinnoitteiden poisto esim. märkähiekkapuhalluksella
- ruostuneiden terästen paljastaminen ja laastipaikkaukset / betonivalut
- rapautuneen betonin poisto ja laastipaikkaukset
- parvekelattioihin kunnollinen vedeneristys (esim. polyuretaanielastomeeri tai vast.)
- parvekelaattojen alapintaan laastipinnoite ja maali
- parvekkeille tulee tehdä hallittu vedenpoisto esim. ulosheittoputket sekä etureunaan korotusvalu

Parvekekaiteet:

- kaiteiden irrotus
- metalliosien puhdistus, ruostesuojaus ja uudelleen maalaus.
- teräspoimulevyjen maalaus
- vaihtoehtoisesti uusi parvekekaide järjestelmä.

Parvekkeiden perusteellinen kunnostus edellä mainittuun tasoon maksaa noin 4 500-5 000 euroa/parveke. Korjausten jälkeen parvekkeiden käyttöikä on noin 15 vuotta.

3. Parvekkeiden purku ja uusien rakentaminen

Alkuperäisten parvekkeiden purkaminen ja niiden tilalle uusien betonielementtiparvekkeiden rakentaminen maksaa noin 8 000 - 10 000 euroa/parveke. Uusien parvekkeiden käyttöikä on yli 50 vuotta.

10.3 Korjausehdotukset

Ehdotamme, että pesubetonipintaisiin ulkokuoriin tehdään tässä vaiheessa vain kevyitä korjauksia (paikallisia laastipaikkauksia sekä kittisaumojen ja päätyjen räystäspelttien uusiminen). Ikkunoiden välisille sileille alueille suosittelemme vanhan maalin poistoa, pintojen ylitasoitus- ja suojapinnoitusta.

Pohjakerroksen seiniin ja parvekkeisiin suosittelemme perusteellista kunnostusta noin 1-2 vuoden kuluessa.


Turussa, joulukuun 15. päivänä 2006

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy

Raportin laatinut:

Hyväksynyt:


Lauri Parkkinen
ins.opisk.

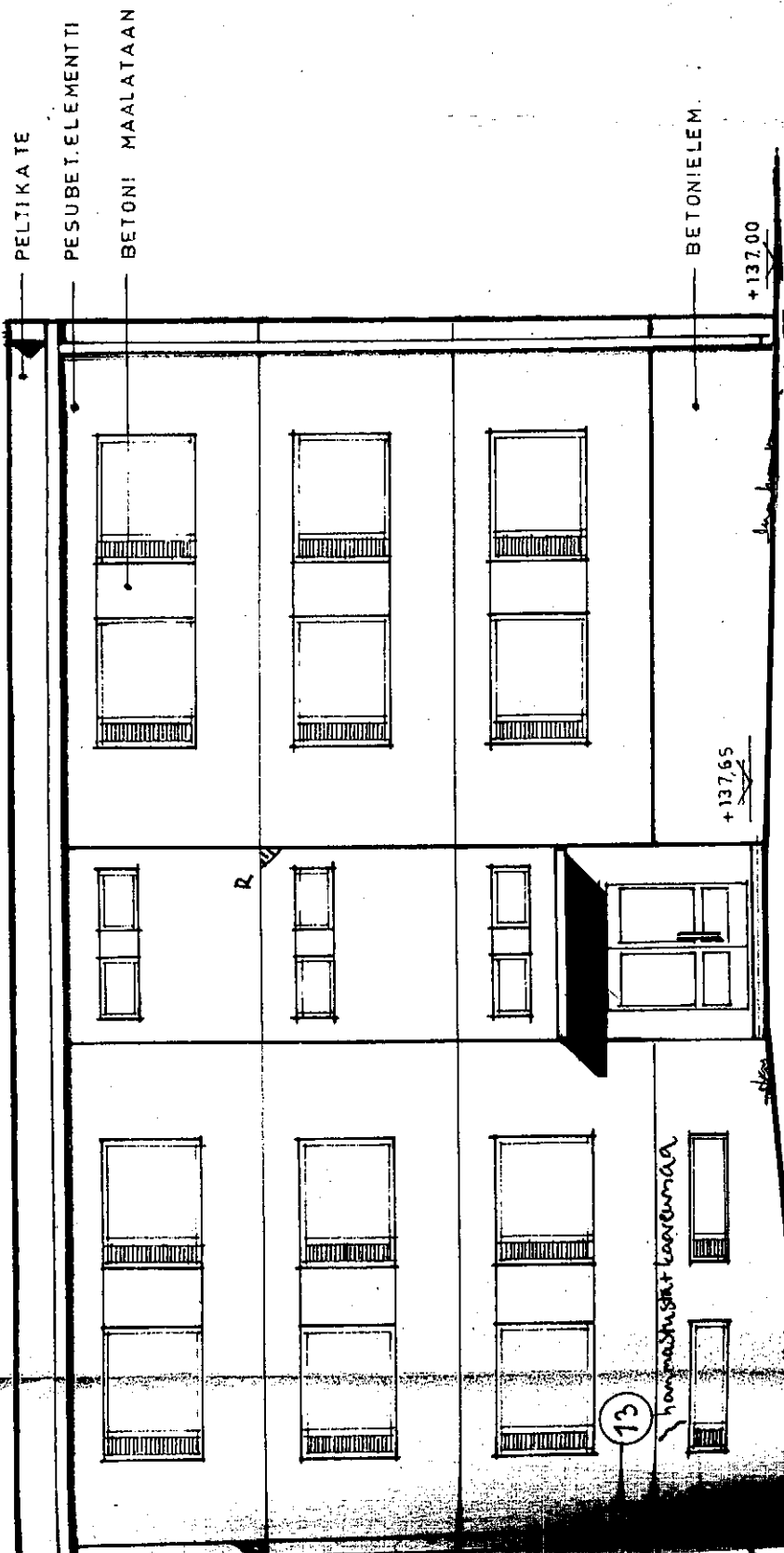

Ari Leppäniemi
dipl.ins.

LIITE 1

Näytteenottokohdat ja havainnot julkisivuista

Rakennuslupa N:o 297
 myönnetty *H. H.*
Sundberg

Kennusl.

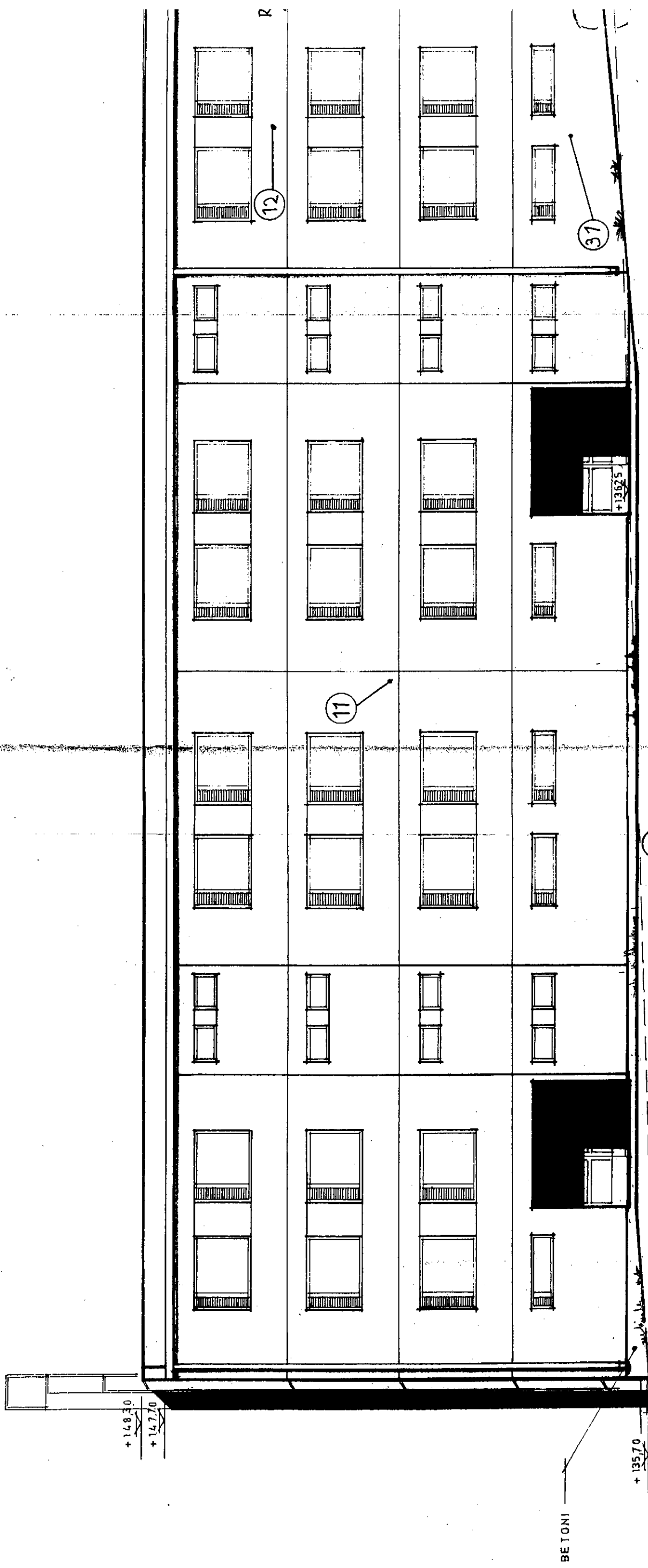


LUONNOLLINEN MAANPINTA

13
 hankkimuslaskelmaa
 siltavissa palomäärä
 (13) SW-tuotelementti
 villanäyte 1
 eriste 125 mm

R /// = Rapautumaa

Kaup. osa/Kylä	Korttel	Tontti	Viranomaisten arkistomerkitöjä
TIKKAMANNILA	3 G	2	
Rakennustoimenpide			Purustuslaji
JUDDI SRAKENNUS			PAAPURUSTUS
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Purustuksen sisältö
KIINT. OY TIKANTUPA IV			JULKISIVU POHJOISEE
JYVÄSKYLÄN MLK			
PUOLIMATKA YHTYMÄ OY			
SUUNNITTELUSSASTO FORSSA 916-12540			
		Piiränyt	Suunnitteluala
		ik	Työn no
		Päiväys	ARK
		1976-04-08	5



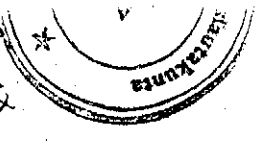
12) Sw-ruutulementti
näyte lahetetty
ohyhtietukimul-
siin
eriste 108 mm

31) Pohjakerroksen
sw-lementti
eriste 125 mm

11) Sw-ruutulementti
eriste 110 mm

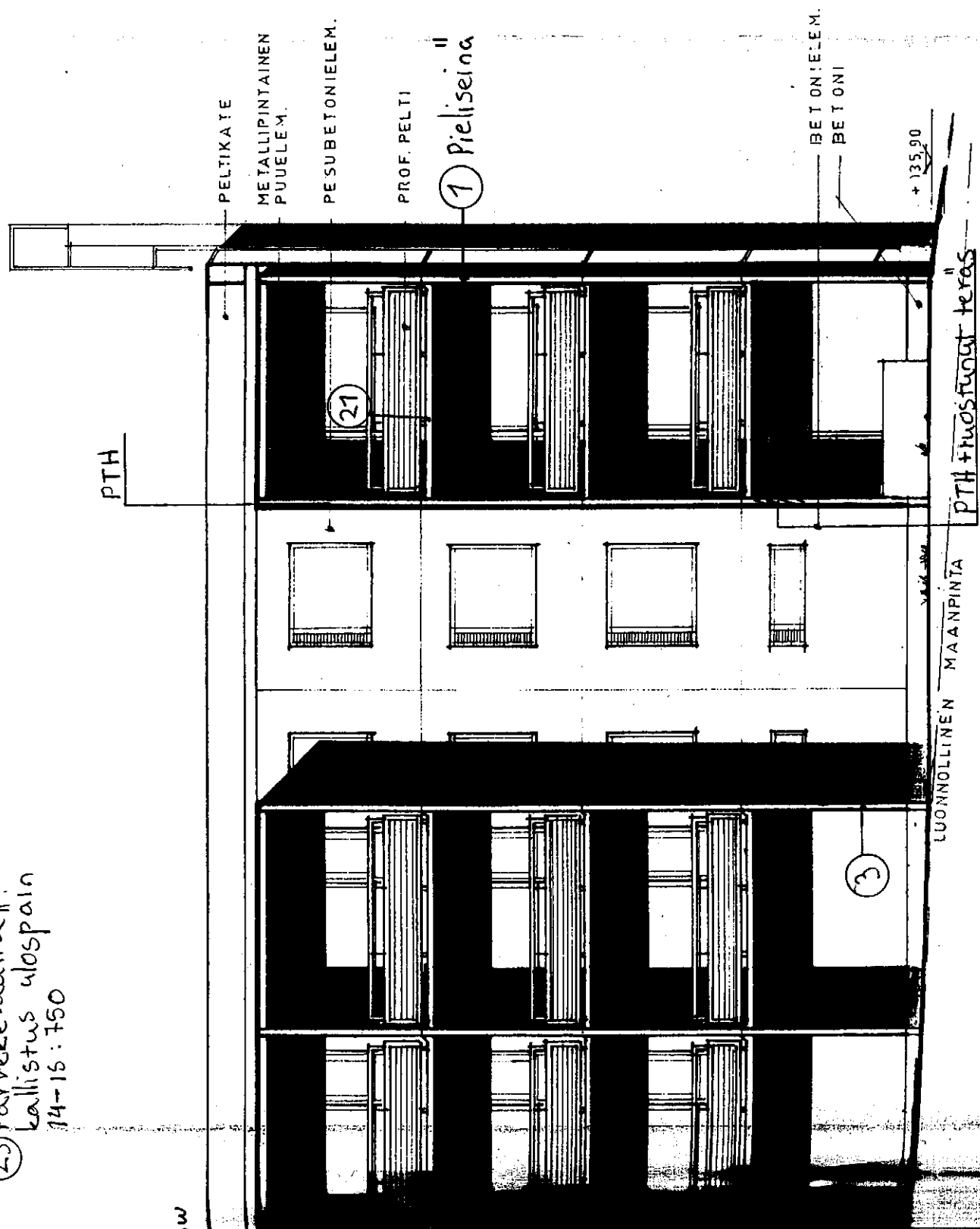
J U L K I S I V U P O H J O I S E E N

BETONI



21) Parvekelaahtaa kallistus 1:100 etureunaa kohti näyteen alaosa lähetetty ohuthietutkimuksiin

23) Parvekelaahtaa kallistus ulospäin 14-15:750



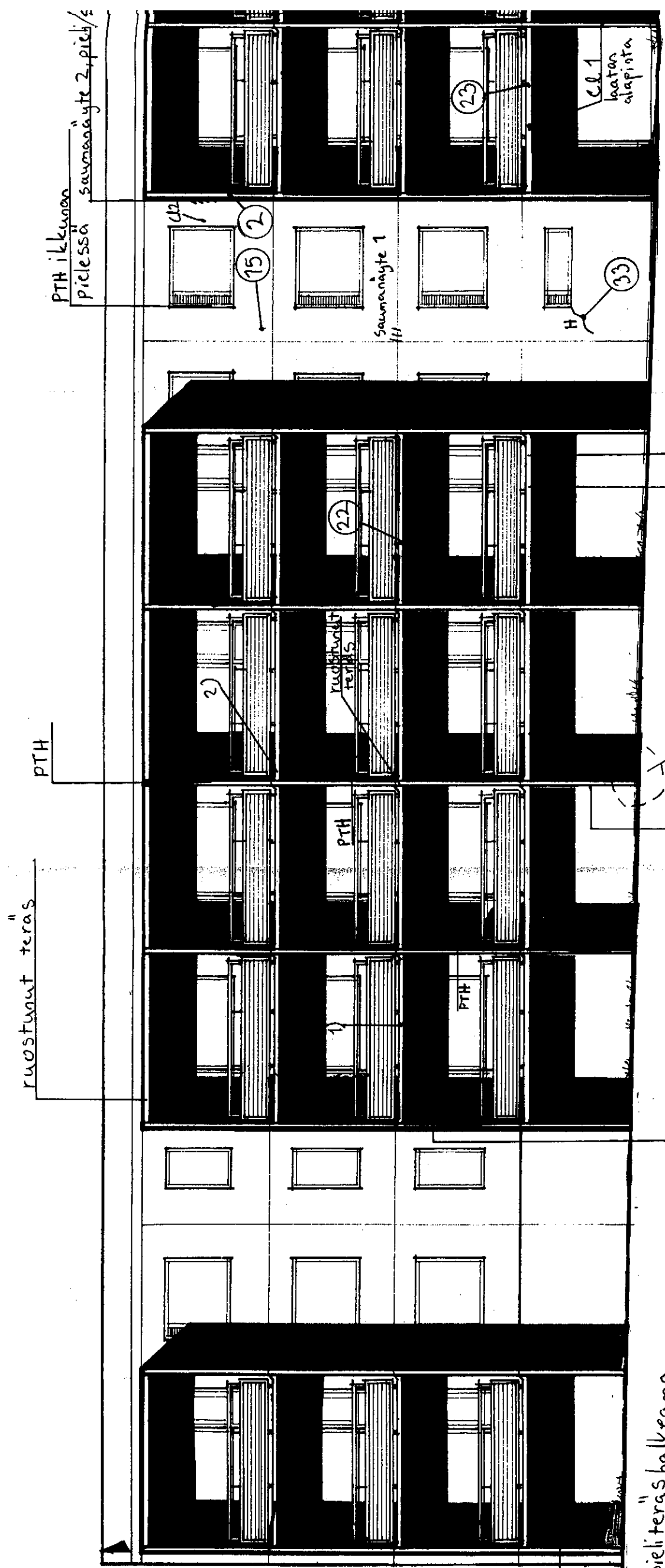
3) Pieliseina näyteen ulko-osa lähetetty ohuthie tutkimuksiin

Kaup. osa/Kylä TIKKAMANNILA	Kortteli 3 a	Tontti. 2	Viranomaisten arkistomerkinlöjä
Rakennustoimenneide JUUDI SRAKENNUS			Piirustuslaji PÄÄPIIRUSTUS
Rakennuskohteen nimi ja osoite KIINT. OY TIKANTUPA IV JYVÄSKYLÄN MLK			Piirustuksen sisältö JULKISIVU ETELÄÄN
PUOLIMATKA YHTYMÄ OY SUUNNITTELUOSASTO FORSSA 916-12540 <i>Antti Järvelä</i>	Piirtänyt i.k.	Työn n:o	Piir. n:o
	Päiväys 1970-04-08	ARK	6

2) Pieliseina

15) Sw-ruutuelementti villanäyte 2 eriste 118 mm

22) Parveke laatta II. kallistus ulospäin 15-16:750



+148,30
+147,70

BETONIELEM.

+136,80

PTH = pielteräshalkeama
H = halkeama

J U L K I S I V U
E T E L Ä N

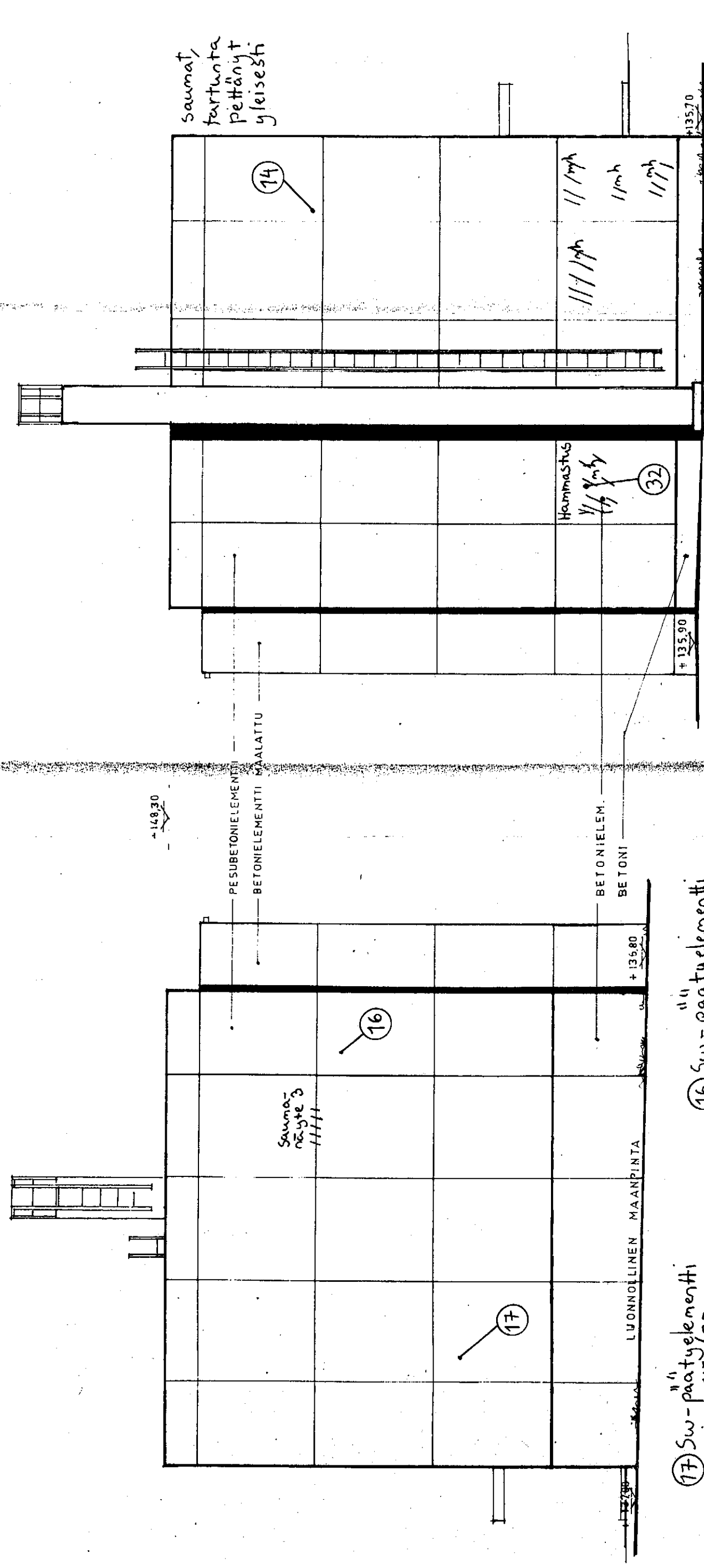
1) Pari teräksen pöytä näkyvissä laatan otsapinnassa

havaittavissa painumaa

Pieliseinan ja seinän välinen sauma kiree ulospäin
2) Laatan etnurkassa teräksiset pinnassa

laattasa kallistus ulospäin 16-20:750 pinta rapautunut laatan yläpinnassa

33) Pohjakerrok eriste 130-



saumat,
tartunta
peittänyt
yleisesti

14

Hammaslusu
1/2 ym

32

PESUBETONIELEMENTTI
BETONIELEMENTTI MAALATTU

BETONIELEM.
BETONI

Sauna-
näyte 3
////

16

17

LUONNOLLINEN MAANPINTA

17) Sw-paatyelementti
eriste 117/85 m m
ulkopuolelle

PÄÄTY LÄNTEEN

16) Sw-paatyelementti
villanäyte 3
kloridinäyte CL3
eriste 117 m m
näyte lähetetty ohut-
tutkimuksiin

LUONNOLLINEN MAANPINTA

/// mh = maali hilseilee

32) Pohjakerroksen sw-elementti
näyte lähetetty ohut-
tutkimuksiin
PÄÄTY TAA N

14) Sw-paatyelementti
eriste 115 mm

+135.70

+135.90

+135.80

+148.30

LIITE 2

Betoninäytteiden silmämääräisen tarkastelun havainnot,
huokoisuusarvot ja vetolujuudet sekä betonijauhenäytteiden
kloridipitoisuusmääritysten tulokset

Kuntotutkimusnäytteiden
laboratoriotutkimukset

VVO / Siltakatu 11

23.5.2006

1. YLEISTÄ**1.1. Tilaaaja**

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy
Rätiälänkatu 9
20810 TURKU

1.2. Kohde

VVO / Siltakatu 11, Jyväskylän mlk

2. SUORITETUT TUTKIMUKSET**2.1. Näytteiden silmämääräinen tarkastelu**

Silmämääräisessä tarkastelussa selvitettiin näytelieriöiden porauspinnoista betonin ja näytteessä mahdollisesti olevien terästen yleisiä ominaisuuksia ja kuntoa.

Tarkasteltavia asioita olivat:

- näytteen pituus (rakenteen paksuus, eri rakennekerrosten paksuudet)
- maksimiraekoko porauspinnasta mitattuna
- betonin tiivistyneisyys (asteikko 1..5, 1 = erittäin heikko, 2 = heikko, 3 = keskinkertainen, 4 = hyvä, 5 = erittäin hyvä)
- terästen halkaisijat ja etäisyydet ulko- ja sisäpinnoista (ylä- ja alapinnoista)
- näkyvien halkeamien olemassaolo, sijainti ja suuntautuneisuus
- muut mahdolliset rakenteen kuntoon vaikuttavat havainnot ja poikkeamat.

2.2. Betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen

Silmämääräisen tarkastelun yhteydessä määritettiin betonin karbonatisoitumissyvyys näytelieriön pinnasta fenoliftaleiini-indikaattoriliuoksen avulla.

Tutkittavista pinnoista määritettiin sekä keskimääräinen että maksimikarbonatisoitumissyvyys. Kohteen iän (t) ja karbonatisoitumissyvyyden (x) avulla saadaan määritettyä karbonatisoitumiskerroin (k), $x=k\sqrt{t}$. Karbonatisoitumiskertoimen avulla karbonatisoitumisen etenemistä voidaan verrata muihin vastaaviin rakenteisiin.

2.3. Näytteiden huokoisuusarvojen määrittäminen

Näytelieriöiden suojahuokossuhde määritettiin tyhjäkylälästysmenetelmällä käyttäen näytteiden kapillaari- ja tyhjöpotusaikoina 72 h. Suojahuokossuhteen määrittäminen on betonin pakkasenkestävyyden suhteen suuntaa antava menetelmä. Sen avulla saadaan selville suojahuokosten osuus mutta ei niiden keskinäistä asemaa ja muotoa, millä on myös merkitystä arvioitaessa betonin pakkasenkestävyyttä.

Kapillaari-imeytyspitoisuus saatiin selville suojahuokossuhteen määrittämisen yhteydessä. Kapillaari-imeytyspitoisuus kuvaa näytteen kapillaarihuokoisuutta ja siten betonin tiiveyttä.

2.4. Näytelieriöiden vetolujuuden määrittäminen

Näytteiden vetolujuudet määritettiin standardia SFS 5445 soveltaen. Vetokokeissa käytettävien näytteiden mitat eivät runkoaineskoon ja näytteiden halkaisijan suhteen välttämättä aina täytä standardin mukaisia arvoja.

Betonin pakkasrapautuminen aiheuttaa betoniin pinnan suuntaista halkeilua, mikä puolestaan aiheuttaa betonin vetolujuuden heikkenemistä. Vetolujuuden määrittämisellä pyritäänkin ensisijaisesti selvittämään betonissa mahdollisesti esiintyvän pakkasrapautumisen olemassaoloa, laajuutta ja edenneisyyttä.

Näytelieriöissä betonin vetolujuutta voi pakkasrapautumisen lisäksi heikentää myös näytteen kohdalle osuvat suurehko runkoainesarakeet sekä teräkset. Tämä tulee huomioida tulkittaessa saatuja tuloksia. Betonin pakkasrapautumista arvioidaan yhdessä saadun vetolujuuden, murtokohdan ja murtotavan perusteella.

2.5. Betonin kloridipitoisuuden määrittäminen

Kloridipitoisuuden määrittäminen suoritettiin rakenteista poratuista betonijauhenäytteistä Sherwood Scientific 926 kloridianalyysatorilla.

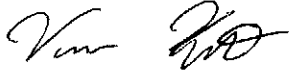
Betonin kloridipitoisuuden määrittämisellä selvitetään betonissa mahdollisesti olevien terästen korroosiota edesauttavien suolojen määrää. Terästen korroosion kannalta haitallisena kloridipitoisuuden alarajana on pidetty 0,03-0,07 p-%.

3. TULOKSET

Tulokset on esitetty erillisissä liitteissä.

Ylöjärvellä 23.5.2006

INSINÖÖRITOIMISTO LAURI MEHTO OY



Vesa Kytö, tekn.yo

Insinööri-toimisto LAURI MEHTO Oy Mikkolantie 9 33470 Ylöjärvi		Kohde VVO / Siltakatu 11, ulkoseinät		Valm.vuosi 1977	Pvm. / tutkija 27.4.2006 Vesa Kytö
-----------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------	--	--------------------	------------------------------------------

Näyte	Rakennustyyppi	Näytteen pituus [mm]		Raekoko maksimi [mm]		Tiivistyneisyys [1...6]		Raidoitteet		Karbonatisoituminen				Huomi			
		koko pituus	pesu- tausta- betoni	pesu- tausta- betoni	pesu- tausta- betoni	pesu- tausta- betoni	tausta- betoni	ulko- alap.	sisä- yläp.	ulko-/alapinta	sisä-/yläpinta		karb.kerr. [mm/a ²]				
SI 11	sw-ruutulementti	66	48	18	13	6	5	3	-	-	10	23	1,86	8	14	1,49	3)
SI 12	sw-ruutulementti	56	29	27	11	7	4	3	4;8	21;33	17	27	3,16	2	35	0,37	1) 2) 3) 4)
SI 13	sw-ruutulementti	60	18	42	13	7	4	3	-	-	16	19	2,97	6	10	1,11	
SI 16	sw-ruutulementti	66	26	40	15	6	4	3	4	30	10	21	1,86	10	14	1,86	1) 3)
SI 14	sw-päätylelementti	64	42	22	13	6	4	3	-	-	13	35	2,41	8	13	1,49	3)
SI 16	sw-päätylelementti	60	22	38	15	9	4	3	4	29	13	19	2,41	0	0	0,00	1)
SI 17	sw-päätylelementti	45	24	21	15	8	4	3	6	25	10	21	1,86	2	5	0,37	1) 2) 3)
SI 31	sw-elementti, p-kerros	62	-	-	-	8	-	3	4;4	30;40	10	14	1,86	19	29	3,53	6) 7)
SI 32	sw-elementti, p-kerros	46	-	-	-	15	-	3	-	-	14	18	2,60	2	4	0,37	5)
SI 33	sw-elementti, p-kerros	59	-	-	-	8	-	3	4;8	23;36	25	läpi	4,64	18	läpi	3,34	6) 8)

*) näyte katkaistu porattaessa

Pesubetonipintaisten sandwichnäytteiden ulkopinnan pesusyvyyden 4-5 mm, keskimäärin 5 mm.

Tausta- ja pesubetonikerrosten väliä ei ole selvästi havaittavaa rajapintaa (vain runkoainesraakeet ovat erilliset).

Pesubetonipintaisten näytteiden tausta- ja pesubetonikerrosten rajapinta silmämääräisesti OK, ellei kyseisen näytteen kohdalla muuta mainita.

- 1) teräs / teräket ruosteettomia
- 2) 6 mm:n teräs on saostamaton ansaspaarre.
- 3) Ulkopinnassa karbonatisoituminen on edennyt kapeina viiruinä keskimääräisen karbonatisoitumisrintaman takana. Viirut kulkevat runkoainesraakeiden rajapintojen kautta, mikä saattaa olla merkki pakkausrasituksen aiheuttamasta halkeilusta.
- 4) Sisäpinnassa on "karbonatisoitumispiikki" 35 mm:n syvyyteen ja joka kulkee 6 mm:n ja 4 mm:n terästen kautta.
- 5) Ulkopinnassa on yksi maalikerros, joka on hilseilyt lähes kokonaan pois.
- 6) Ulkopinnassa on erittäin ohut, harmaa maalipinnoite, jonka tartunta on silmämääräisesti hyvä. Maali ei peitä huokosia.
- 7) 19 mm:n etäisyydellä sisäpinnasta oleva teräs on osittain karbonatisoituneella alueella ja osittain ruosteessa.
- 8) Näytteen ulkopinnasta sisäpintaan, terästen kautta, kulkee pintoja vastaan kohtisuora halkeama. Halkeaman kohdalla näyte on läpikarbonatisoitunut ja teräset ovat ruosteessa.

Insinööri toimisto LAURI MEHTO Oy Mikkolantie 9 33470 Ylöjärvi		Kohde VVO / Siltakatu 11, parvekkeet		Valm.vuosi 1977	Pvm. / tutkija 27.4.2006 Vesa Kytö						
Näyte	Rakennetyyppi	Näytteen pituus [mm]	Rakenteen paksuus [mm]	Tiivisteisyys [1...6]	Raudotteet		Karbonatisoituminen				Huomi
					halkaisija [mm]	peitepaksuus [mm]	ulko-/alapinta		sisä-/yläpinta		
			ulko-/alap. [mm]	sisä-/yläp. [mm]	keskim. [mm]	maks. [mm]	karb.kerr. [mm/a]	keskim. [mm]	maks. [mm]	karb.kerr. [mm/a]	
SI 1	parvekepieliseinä	80*	33	-	23	31	4,27	-	-	-	(1) 6)
SI 2	parvekepieliseinä	150	-	-	27	32	5,01	30	36	5,57	7)
SI 3	parvekepieliseinä	147	-	-	3	5	0,56	18	21	3,34	(2) 3)
SI 21	parvekeilaatta	136	23	106	16	47	2,97	1	4	0,19	(1) 4) 5)
SI 22	parvekeilaatta	139	39	92	24	35	4,46	3	10	0,56	(1) 4) 8) 9)
SI 23	parvekeilaatta	134	-	-	25	28	4,64	1	4	0,19	(10) 11)

*) näyte katkaistu poratessa

1) teräs / teräkseltä ruosteettomia

2) Ulkopinnassa mahdollisesti pintarapautumaa, betonia on murentunut pois vähintään 0-2 mm. Ulkopinnassa samentolieväkasvustoa.

3) Sisäpinnassa on erittäin ohut, harmaa maaliinnoite, jonka tartunta on silmämääräisesti hyvä. Maali ei peitä huokosia. Näyte on katkennut n. 5 mm:n etäisyydeltä sisäpinnasta, runkoainesrakenne rajapintoja pitkin.

4) Yläpinnassa on parvekelattiamaali, joka on hilseillyt lähes kokonaan pois.

5) Näytteen yläpinnasta alapintaan kulkee halkeama (tai valuseauma), 5 mm:n teräksen kautta.

6) Ulkopinnassa on erittäin ohut, harmaa maaliinnoite, jonka tartunta on silmämääräisesti hyvä. Maali ei peitä huokosia

7) Sekä ulko- että sisäpinnassa on erittäin ohut, harmaa maaliinnoite, jonka tartunta on silmämääräisesti hyvä. Maali ei peitä huokosia

8) Alapinnassa on ohut maaliinnoite, jonka tartunta on silmämääräisesti hyvä.

9) 47 mm:n etäisyydellä alapinnasta on halkaisijaltaan \approx 4 mm:n teräksen ruosteeton painauma jälki.

10) Yläpinnassa on parvekelattiamaali, joka on jonkin verran hilseillyt.

11) Alapinnassa on ohut maaliinnoite, jonka tartunta on heikko.

Insinööritoimisto LAURI MEHTO Oy
Mikkolantie 9
33470 Ylöjärvi

SUOJAHUOKOSSUHTEEN MÄÄRITYS

Kohde: VVO / Siltakatu 11

Jyväskylän mik

Kokeen aloituspäivämäärä:

5.5.2008

Kokeen suorittaja:

Vesa Kytö

Näyte	Rakenne	kapillaari- imeytys- pitoisuus (p-%)	suoja- huokos- suhde
SI 11	sw-ruutuelementti	6,0	0,00
SI 13	sw-ruutuelementti	7,0	0,11
SI 15	sw-ruutuelementti	6,5	0,02
SI 14	sw-päätylelementti	6,5	0,10
SI 17	sw-päätylelementti	6,2	0,00
SI 31	sw-elementti, pohjakerros	6,6	0,12
SI 33	sw-elementti, pohjakerros	5,7	0,14
SI 1	parvekepieliseinä	6,2	0,03
SI 2	parvekepieliseinä	6,9	0,10
SI 3	parvekepieliseinä	7,0	0,08
SI 21	parvekelaatta	6,0	0,04
SI 22	parvekelaatta	5,8	0,03
SI 23	parvekelaatta	5,8	0,05

Insinööritoimisto LAURI MEHTO Oy
Mikkolantie 9
33470 Ylöjärvi

VETOLUJUUDEN MÄÄRITYS

Kohde: VVO / Siitakatu 11
Jyväskylän mlk

Kokeen suorituspäivämäärä: 23.5.2006

Kokeen suorittaja: Vesa Kytö

Vetolaite: EASY-M
vetonapit d 50 mm, 100 N/s

Näytteen tunnus	Rakennetyyppi	Vetolujuus (MPa)	Murtokohta (mm)	Pääasiallinen murtotapa
SI 11, 1.veto	sw-ruutuelementti	0,4	25 sp	Runkoainesrakeita rikkoen, pesubetonikerroksesta *)
SI 11, 2.veto		0,6	30 up	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin, pesubetonikerroksesta
SI 13	sw-ruutuelementti	1,0	0-5 up	Runkoainesrakeita rikkoen, pesubetonikerroksesta
SI 15	sw-ruutuelementti	0,5	20 sp	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin
SI 14, 1.veto	sw-päätylelementti	0,6	20 sp	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin, pesubetonikerroksesta *)
SI 14, 2.veto		0,6	25 sp	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin, pesubetonikerroksesta
SI 17, 1.veto	sw-päätylelementti	0,9	15 sp	Halkaisijaltaan 6 mm:n teräksen kohdalta
SI 17, 2.veto		0,9	10 sp	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin
SI 31	sw-elementti, pohjakerros	1,9	30 sp	Halkaisijaltaan 4 mm:n teräksen kohdalta
SI 33	sw-elementti, pohjakerros	1,8	5-30 sp	Halkaisijaltaan 6 mm:n teräksen kohdalta
SI 1, 1.veto	parvekepieliseinä	0,5	40 up	Halkaisijaltaan 12 mm:n teräksen kohdalta
SI 1, 2.veto		0,5	30 up	Halkaisijaltaan 12 mm:n teräksen kohdalta
SI 2	parvekepieliseinä	1,3	45 sp	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin
SI 3	parvekepieliseinä	2,2	0-5 sp-5	Runkoainesrakeita rikkoen
SI 21	parvekelaatta	1,4	15 yp	Murtopinnasta n. 15% peittävän runkoainesrakeen rajapintaa pitkin
SI 22	parvekelaatta	1,4	35 ap	Halkaisijaltaan 8 mm:n harjateräksen kohdalta
SI 23	parvekelaatta	1,5	30 yp	Runkoainesrakeiden rajapintoja pitkin

up = ulkopinnasta

sp = sisäpinnasta

yp = yläpinnasta

ap = alapinnasta

sp-5 = 5 mm syvyydeltä katkenneesta sisäpinnasta

*) Ei varsinaista häiriötekijää 1. vedossa, runkoainesraakeet maks 5% murtopinnasta

Insinööritoimisto LAURI MEHTO Oy
Mikkolantie 9
33470 Ylöjärvi

BETONIN KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS

Kohde: VVO / Siltakatu 11
Jyväskylän mlk

Kokeen suorituspäivämäärä: 23.5.2008

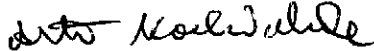
Kokeen suorittaja: Vesa Kytö

Näyte	Rakenne	jauhettua näytettä (mg)	vesimäärä (l)	analysaattorin antama lukema (mg/l)	Cl p-% betonista (p-%)
SI CL 1	parvekelaatta	4450	0,05	0	0,00
SI CL 2	parvekepieliseinä	4670	0,05	0	0,00
SI CL 3	sw-ulkokuori	4860	0,05	0	0,00

LIITE 3

Betoninäytteiden ohuthietutkimusten tulokset

Tekninen vastuhenkilö:



Arto Koskiahde

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 051706, 16.05.2006Liite 3
1 (5)

Tilaaaja: Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy Rätiälänkatu 9 20810 TURKU	Tilaus: Ari Leppäniemi, Vesa Kytö Saap.pvm: 28.04.2006
Kohde: VVO Siltakatu 11, Jyväskylän mlk	
Tehtävä: Betoninäytteiden mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 5 kpl Digikuvaus, 1 kpl	

NÄYTTEET

Tilaaajan toimittamina ja merkitseminä 5 kpl halkaisijaltaan 50 mm:n porauslieriönäytteitä, jotka oli varustettu tunnuksin SI 12, SI 16, SI 32, SI 3 ja SI 21. Näytteet arvioitiin testaukseen soveltuviksi.

Taustatiedoksi oli annettu kohteen valmistumisvuosi, v.1977.

TUTKIMUKSET

Näytteistä valmistettiin esi-impregnoitien jälkeen noin 75 mm (pituus) x 25 mm (leveys) x 0,025 mm (paksuus) kokoiset ohuthienäytteet, jotka tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimuksissa noudatettiin soveltaen standardia ASTM C 856-02. Yhdestä ohuthienäytteestä otettiin mikroskooppivalokuva (kuva 1).

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on Mittatekniikan keskuksen myöntämä FINAS-akkreditointi ohuthietutkimuksille (T208, SFS-EN ISO/IEC 17025).

TULOKSET

Tutkimustulokset koskevat tähän toimeksiantoon sisältyneitä ohuthienäytteitä.

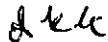
Näyte SI 12, sw-ruutuelementti

Näytteen pituus ohuthieessä on 57-64 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Hienäytteessä on 24-33 mm paksu pesubetonikerros ja loput on taustabetonia. Ohuthienäyte ulottuu läpi ulko-kuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan epätasaisesti 9-20 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy harvakseen pieniä ($\varnothing < 0,5$ mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muisuttavat pakkasenkestävyyden suhteen erittäin puutteellista lisähuokostusta. Karkearakeisten runkoainerakeiden ympärillä on lisäksi paikoin pitkänomaisia, enimmillään 0,25 mm leveitä ja enimmillään 1,5 mm pitkiä vedenerottumishuokosia.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydratoitumisaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Karkearakeinen runkoaine on särmikkäistä rakeista koostuvaa kalkkikivimurskettä, ja hie-

Tekninen vastuuhenkilö:



Arto Koskiahde

norakeisesta runkoaineesta pääosa on graniittista kiveä ja lisäksi mukana on vähän kalkkikiveä. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.

- Pesubetonikerroksessa esiintyy 2 kpl ulkopinnasta lähteviä, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm), 10 mm ja >4 mm pitkiä kuivumiskutistumamikrohalkeamia. Syvemmällä betonissa on 3 kpl vaihtelevan suuntaisia, hyvin kapeita (0,01 mm), 3-7 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka vaikuttavat enemmän kuivumiskutistumiseen kuin alkavaan pakkasrapautumiseen liittyviltä.
- Pesubetonin ja taustabetonin välinen kontakti on säilynyt ehjänä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 0-5 mm:n verran.
- Betonissa on harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-3 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy pienipiirteistä vaihtelua. Hydratoitumisaste vaikuttaa tavanomaiselta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Taustabetonissa ei ole halkeamia.

Näyte SI 16, sw-päätylelementti

Näytteen pituus ohuthieessä on 59-63 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Hienäytteessä on 18-31 mm paksu pesubetonikerros ja loput on taustabetonia. Ohuthienäyte ulottuu läpi ulko-kuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 10-19 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain 2 kpl pieniä (\varnothing <0,5 mm) tiivistyshuokosia. Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhte ja hydratoitumisaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Karkearakeinen runkoaine on särmikkäistä rakeista koostuvaa kalkkikivimurskettä, ja hienorakeisesta runkoaineesta pääosa on graniittista kiveä ja lisäksi mukana on vähän kalkkikiveä. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa esiintyy 2 kpl ulkopinnasta lähteviä, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm), 6 mm ja 2 mm pitkiä kuivumiskutistumamikrohalkeamia. Syvemmällä betonissa ei ole halkeamia.
- Pesubetonin ja taustabetonin välinen kontakti on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 0,5-3 mm:n verran.
- Betonissa on harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-3 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.

Tekninen vastuuhenkilö:



Arto Koskiahde

tuksessa.

- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy pienipiirteistä vaihtelua. Hydratoitumisaste vaikuttaa tavanomaiselta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Taustabetonikerroksessa ei havaittu halkeamia.

Näyte SI 32, sw-elementti

Näytteen pituus ohuthieessä on 45-47 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Näyte koostuu kokonaan harmaasta betonista ja ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

- Ulkopinnassa on 6 mm:n ja 2 mm:n pituisilla osuuksilla jäänteitä huokoisesta, hyvin ohuesta (0,05-0,15 mm) maalista koostuva pinnoite. Maalissa on havaittavissa vähän lyhyitä, kuitumaisia ainesosia. Maalissa esiintyy kuitenkin myös levymäisiä täytemineraaleja, joten hienäytteessä kuitumaisena näkyvät partikkelit voivat olla poikkileikkauksia niistä, eivätkä välttämättä koostu asbestista.
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 11-15 mm:n syvyyteen. Sisäpinnassa karbonatisoitumista on 0-2 mm:n verran.
- Betonissa on hyvin harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-2 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä on paikoin yksittäisiä, ohuita täytekiteytymiä.
- Vesisementtisuhte ja hydratoitumisaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti.
- Näytteessä on pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Syvyysvälillä 20-41 mm, eli 21 mm:n matkalla esiintyy 4-5 kpl pinnan tason suuntaisia, paikoin ettringiittiä sisältäviä, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm), 4- >20 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.

Näyte SI 3, parvekepliseinä, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72-73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa).

- Ulkopinnassa esiintyy rosoisuutta 1-1,5 mm:n syvyyteen.
- Betonin ulkopinnassa on karbonatisoitumista vain 1-4 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy suhteellisen yleisesti pieniä (\varnothing 0,02-0,80 mm), pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden hieman puutteellista lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy harvaksen kookkaampia tiivistyshuokosia (\varnothing 1-3 mm). Karkearakeisten runkoainerakeiden ympärillä on muutamain paikoin pitkänomaisia, halkeaman kaltaisia, hyvin kapeita, enimmillään 7 mm pitkiä vedenerottumishuokosia.
- Huokostilojen seinämissä on paikoin ohuita ettringiittitäytekiteytymiä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy pienipiirteistä vaihtelua. Uloimman 0,5-1 mm:n paksuisessa pintavyöhykkeessä sideaineen värisävy ja optiset ominaisuudet ovat muuttuneet niin, että ne viittaavat liukenemisilmiöihin betonin pinnassa. Hydratoitumisaste vaikuttaa tavanomaiselta.

Tekninen vastuuhenkilö:



Arto Koskiahde

- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontakteissa on muutamain paikoin avoimuutta em. vedenerottumiskohdissa.
- Näytteessä on em. halkeaman kaltaisten vedenerottumishuokostilojen ohella yksi pinnasta lähtevä, pintaa vastaan kohtisuora, hyvin kapea (0,01-0,02 mm), 5 mm pitkä kuivumiskutistumamikrohalkeama. Ei havaittu pakkasrapautumista.

Näyte SI 21, parvekelaatta, alapinta

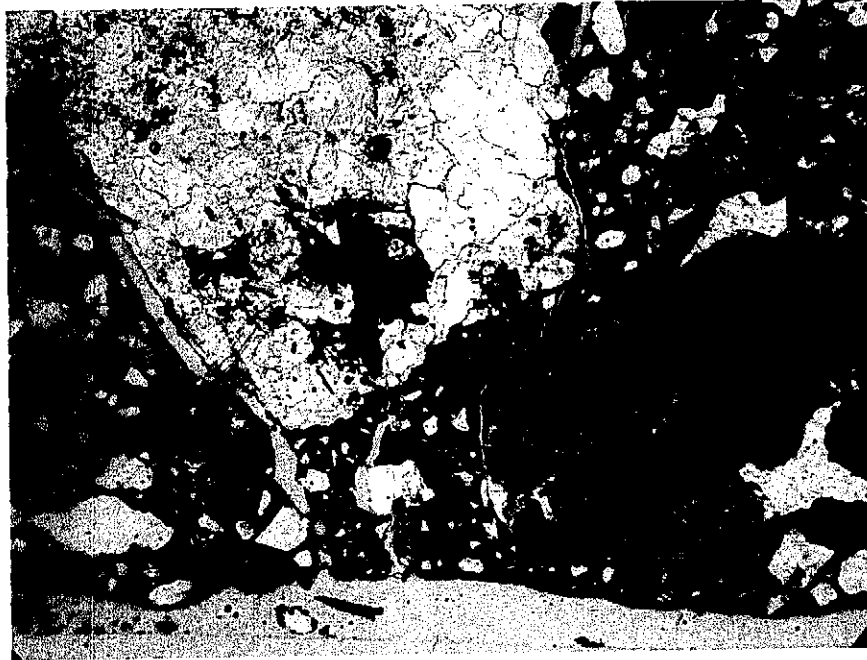
Näytteen pituus ohuthieessä on 73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa).

- Alapinnassa on huokoinen, hyvin ohut (0,05-0,15 mm) maalista koostuva pinnoite. Maalissa on havaittavissa vähän lyhyitä, kuitumaisia ainesosia. Maalissa esiintyy kuitenkin myös levymäisiä täytemineraaleja, joten hienäytteessä kuitumaisena näkyvät partikkelit voivat olla poikkileikkauksia niistä, eivätkä välttämättä koostu asbestista. Maalissa on kaksi katkoskohtaa betonissa olevien halkeamien kohdalla, mutta muuten pinnoitteen ja betonin välinen kontakti on säilynyt ehjänä.
- Betonin alapinnassa on karbonatisoitumista epätasaisesti 17-30 mm:n verran. Lisäksi karbonatisoitumista esiintyy 0,1-2,0 mm leveinä vyöhykkeinä halkeamien seinämissä yläpinnan puoleiseen päähän saakka ohuthienäytteessä.
- Betonissa on hyvin harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-1,5 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat pääosin täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydratoitumisaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti.
- Näytteessä on 25 mm:n peitesyvyydellä alapinnasta lukien \varnothing 5 mm:n teräs. Teräksen ympärillä betonissa on karbonatisoitumista ja teräksen korrosio on käynnistynyt. Lisäksi terästä lähes sivuaa kookas halkeama.
- Näytteessä on kookas laatan alapinnasta ohuthienäytteen yläpinnan puoleiseen päähän saakka ulottuva, pääpiirteissään pintaa vastaan kohtisuora, teräksen vierestä kulkeva, 0,1-1,0 mm leveä halkeama. Paikoin tämä halkeama jakaantuu 2-4:ksi rinnakkaiseksi halkeamaksi. Näyttää siltä, että päähalkeama olisi syntynyt betoniin jo plastisessa vaiheessa. Paikoin halkeaman rinnakkaishaarat kulkevat runkoainerakeita rikkoen, mikä viittaa siihen, että ne ovat syntyneet teräskorroosioon liittyviä tai mahdollisesti kuormitusperäisiä. Ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

Tekninen vastuhenkilö:

A. Koskiahde

Arto Koskiahde



Kuva 1. Mikroskooppivalokuva ohuthienäytteestä SI 21. Alun perin plastisen vaiheen halkeamaksi tulkittu halkeama. Tähän liittyy kuvasakin näkyvää runkoainerakeiden rikkoutumista, mikä puolestaan viittaa teräskorroosioon tai kuormitusperäisiin rasituksiin. Kuva-ala on noin 7 mm x 9 mm.

LIITE 4

Lämmöneristenäytteiden mikrobitutkimusten tulokset

Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy
 Ari Leppäniemi
 Abraham Wetterintie 4
 00930 Helsinki
 Faksi: (09) 343 60840

MIKROBIT RAKENNUSMATERIAALEISSA

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, ovatko laboratorioomme 18.4.2006 toimitettujen materiaalinäytteiden mikrobimäärät normaalista poikkeavat. Näytteet on otettu kohteessa VVO Siltakatu 11, Jyväskylän maalaiskunta.

Näytteistä tehtiin suoraviljelyt elatusalustoille, joista tutkittiin homesienien, bakteereiden ja sädesienien kasvu. Elatusalustat olivat mallasuuteagar homesienille ja tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar bakteereille ja sädesienille. Viljelyt on tehnyt ympäristötekniikan insinööri Miia Korhonen ja analyseistä on vastannut ympäristöhygieenikko Eija Puhakka.

Suoraviljelynäytteessä todettiin mikrobeja seuraavasti. Pitoisuudet on esitetty kasvustojen (pesäkkeiden) määrinä elatusalustoilla käyttäen suhteellista asteikkoa, jossa:

-	= pesäkkeiden määrä	= 0
+	= pesäkkeiden määrä	= 1 - 10
++	= pesäkkeiden määrä	= 11 - 50
+++	= pesäkkeiden määrä	= 51 - 200
++++	= pesäkkeiden määrä	= yli 200.

Homesienien kohdalla on esitetty, mistä homesienisuvuista näytteissä oli kysymys.

Näytteen numero	Näytteen kuvaus	Viljely-pvm	Homesienet	Bakteerit	Sädesienet
MR 1	Mineraalivilla	21.4.06	Yhteensä -	+	-
MR 2	Mineraalivilla	21.4.06	Yhteensä -	+	-
MR 3	Mineraalivilla	21.4.06	Yhteensä steriilit +	+	-

* = kosteusvaurioindikaattori

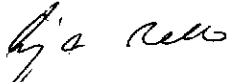
TULOSTEN TARKASTELU

Materiaaleissa on normaalistikin todettavissa mikrobi-itiöitä ja rihmastoja. Materiaalien pintojen mikrobimääriä pidetään poikkeavina silloin, kun mikrobiviljelyssä todettujen pesäkkeiden määrä on selvästi tavanomaista suurempi tai kun mikrobien koostumus on poikkeava. Homesienien ja bakteereiden kokonaismäärän kohdalla tämä tarkoittaa asteikkoa ++, +++ tai ++++ ja myös vähäisempää asteikkoa + silloin, kun kysymyksessä on ns. kosteusvaurioindikaattori (mm. *Acromonium* -homesieni) tai sädesieni.

Tutkittujen näytteiden mikrobimäärät olivat normaaleja.

Helsingissä 9. toukokuuta, 2006

SUOMEN SISÄILMASTON MITTAUSPALVELU OY



Eija Puhakka
FM, ympäristöhygieenikko

LIITE 5

Saumausmassanäytteiden PCB- ja lyijypitoisuuksien
tulokset



Environmental Solutions and Applications

Insinööritoimisto
LAURI MEHTO OY
Länsi-Suomen aluetoimisto
Ari Leppäniemi
Rätiälänkatu 9
90810 Turku

ANALYYSIRAPORTTI

Analysit:

Määritettävät yhdisteet:
Määrittämenetelmät:

PCB, Pb
PCB: Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)
Pb: NITON Xit

Määrittäskohde:
Viitteet:
Saapumispäivämäärä:
Näytelukumäärä:
Toimitusaika:

VVO Siltakatu 11, Jyväskylän mlk (Kohde valmistunut 1977)
Analyysipyyntö 21.4.2006
25.4.2006
3
Normaali

Tulokset

Yksikkö: mg/kg (tuorenäyte)
Määrittärajat: PCB: 50 mg/kg
Pb: 1500 mg/kg

No. Tunnus

1. Saumamassanäyte 1 (sw-elementtien sauma, parvekesivu)
2. Saumamassanäyte 2 (sw-ja pielielementtien välinen sauma)
3. Saumamassanäyte 3 (sw-elementtien sauma, pääty länteen)

Tulos:

PCB: < 50 mg/kg, Pb: 22 300 mg/kg
PCB: < 50 mg/kg, Pb: 23 500 mg/kg
PCB: < 50 mg/kg, Pb: 21 100 mg/kg

Oulussa 27.4.2006

Liisa Tero
Envitop Oy



LIITE 6

Peitepaksuusjakaumat

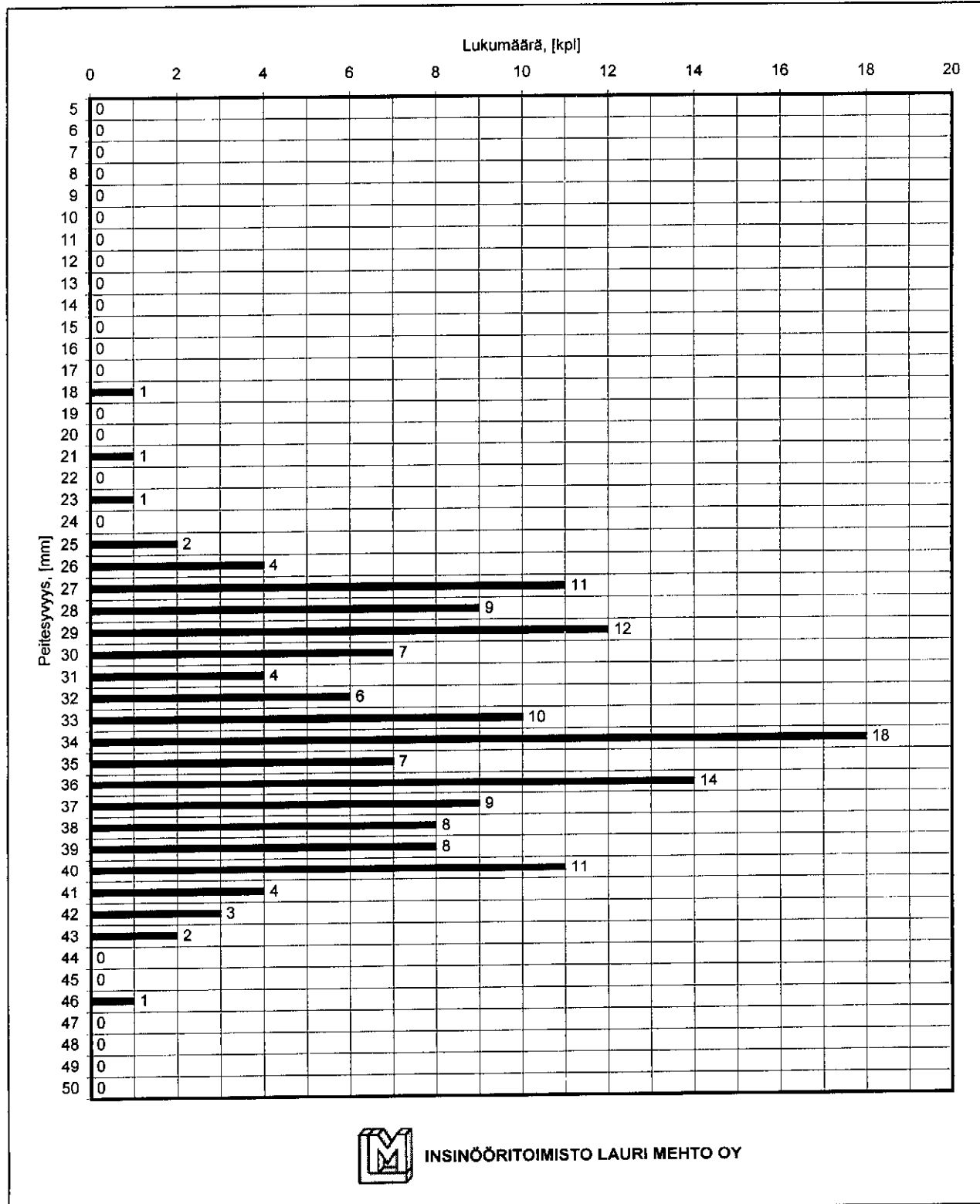
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
Rakenne: Päätty, pesubetoni, verkkoteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 34 [mm]
Maksimi: 46 [mm]
Mittauksia: 153 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 17 [mm] (12 mm + 5 mm)
Maksimi: 40 [mm] (35 mm + 5 mm)

Teräksiä karbonatisoituneen betonin alueella: 0 [%]



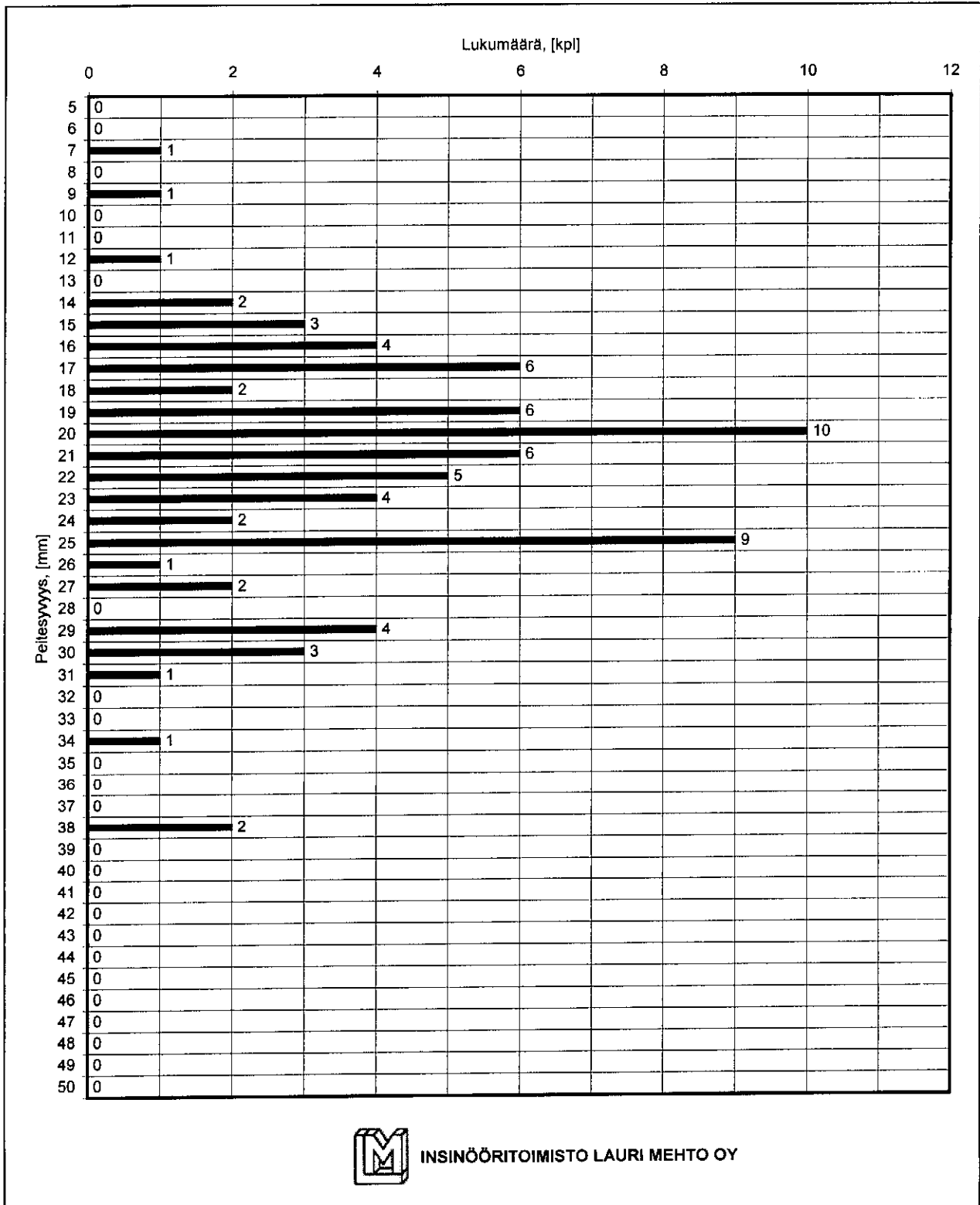
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
 Rakenne: Päätty, pohjakrs, verkkoteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 22 [mm]
 Maksimi: 38 [mm]
 Mittauksia: 76 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 17 [mm]
 Maksimi: 23 [mm]

Teräsiä karbonatsoituneen betonin alueella: 24 [%]



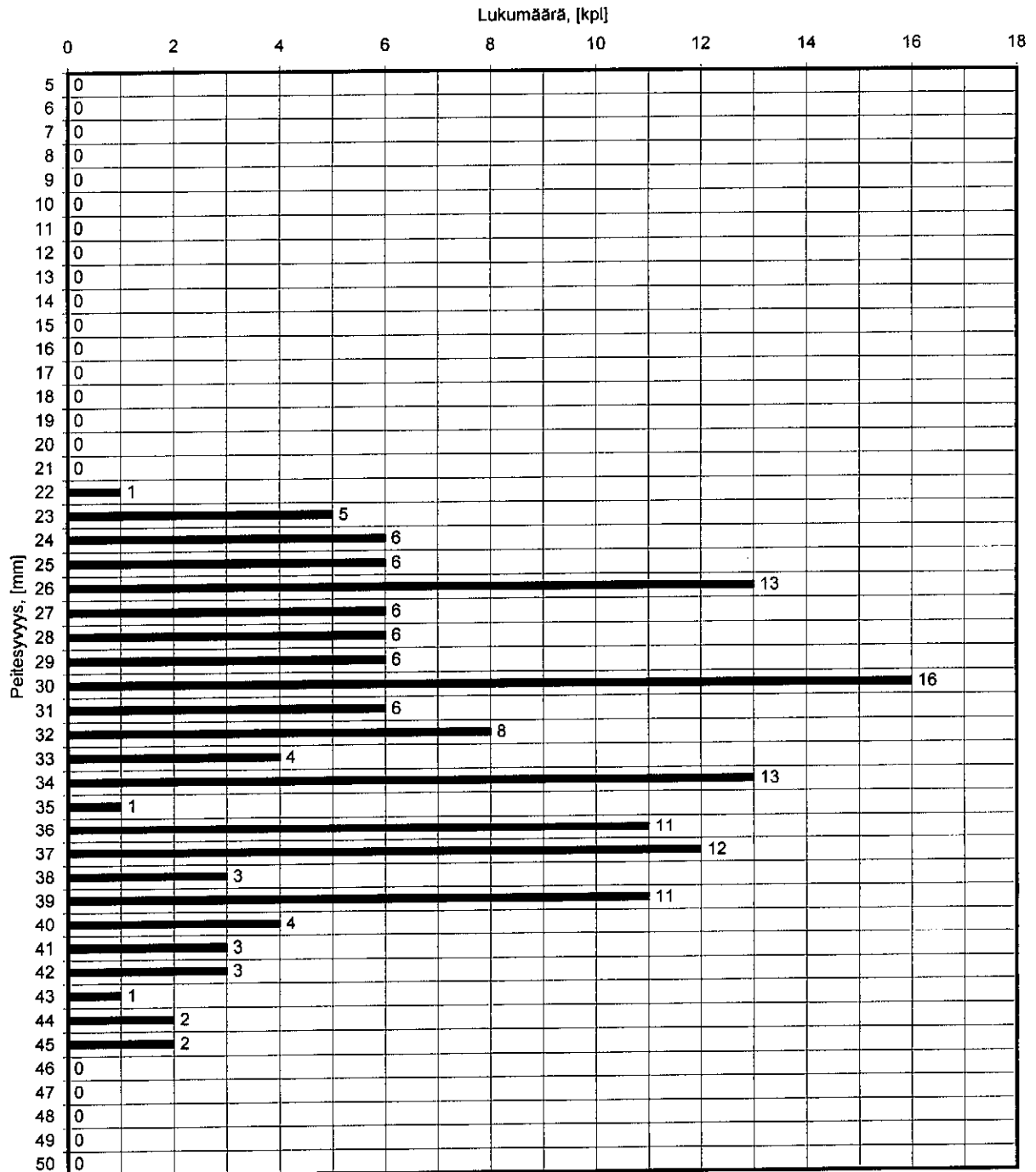
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
 Rakenne: Ruutu, pesubetoni, verkkoteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 32 [mm]
 Maksimi: 45 [mm]
 Mittauksia: 149 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 19 [mm] (14 mm + 5 mm)
 Maksimi: 32 [mm] (27 mm + 5 mm)

Teräksiä karbonatisoituneen betonin alueella: 0 [%]



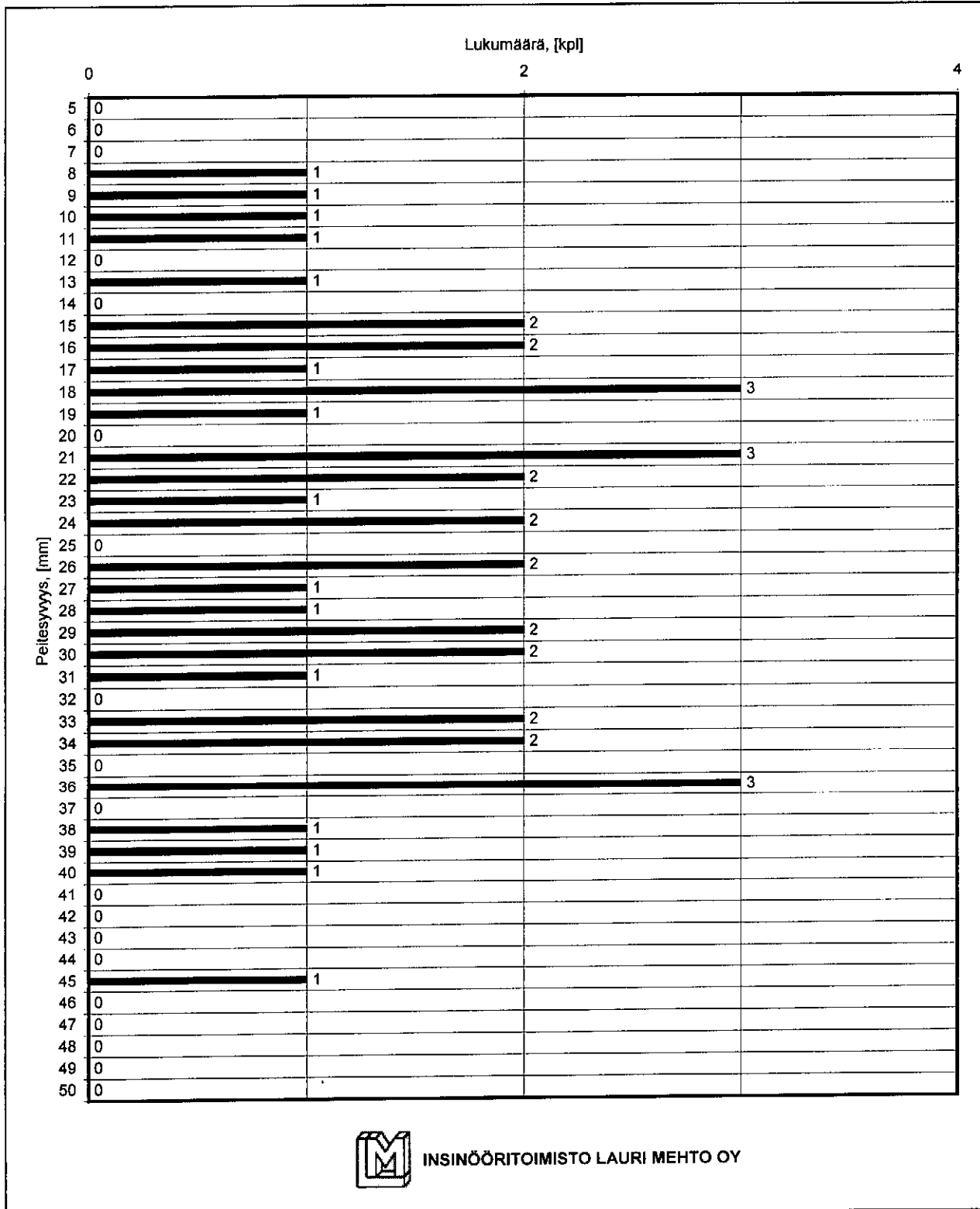
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
 Rakenne: Ruutu, sileä, verkkoteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 25 [mm]
 Maksimi: 45 [mm]
 Mittauksia: 42 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 14 [mm]
 Maksimi: 27 [mm]

Teräksiä karbonatisoituneen betonin alueella: 12 [%]



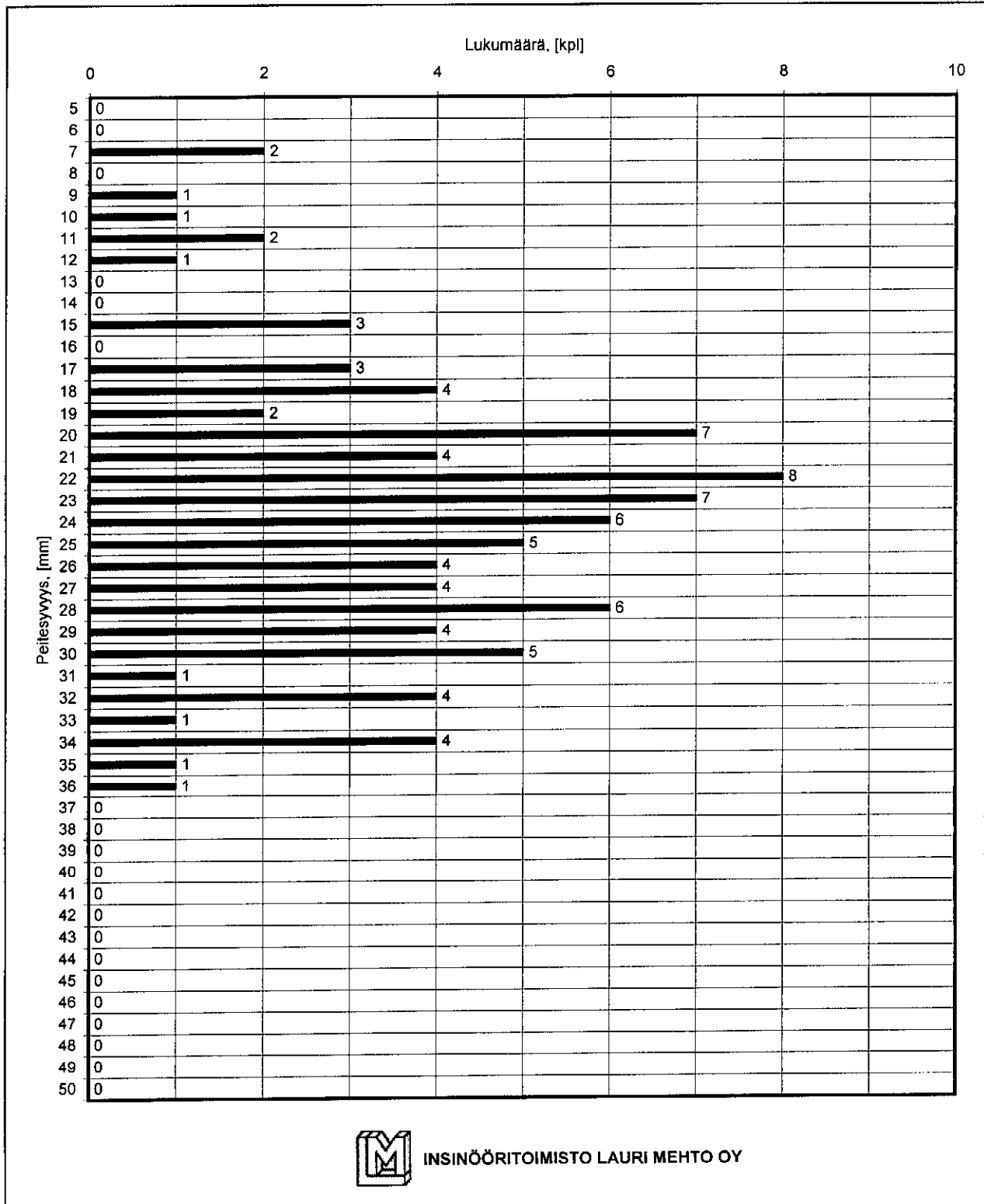
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
Rakenne: Pitkä sivu, pohjakrs, verkkoteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 24 [mm]
Maksimi: 36 [mm]
Mittauksia: 91 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 17 [mm]
Maksimi: läpi [mm]

Teräsiä karbonatisoituneen betonin alueella: 14 [%]



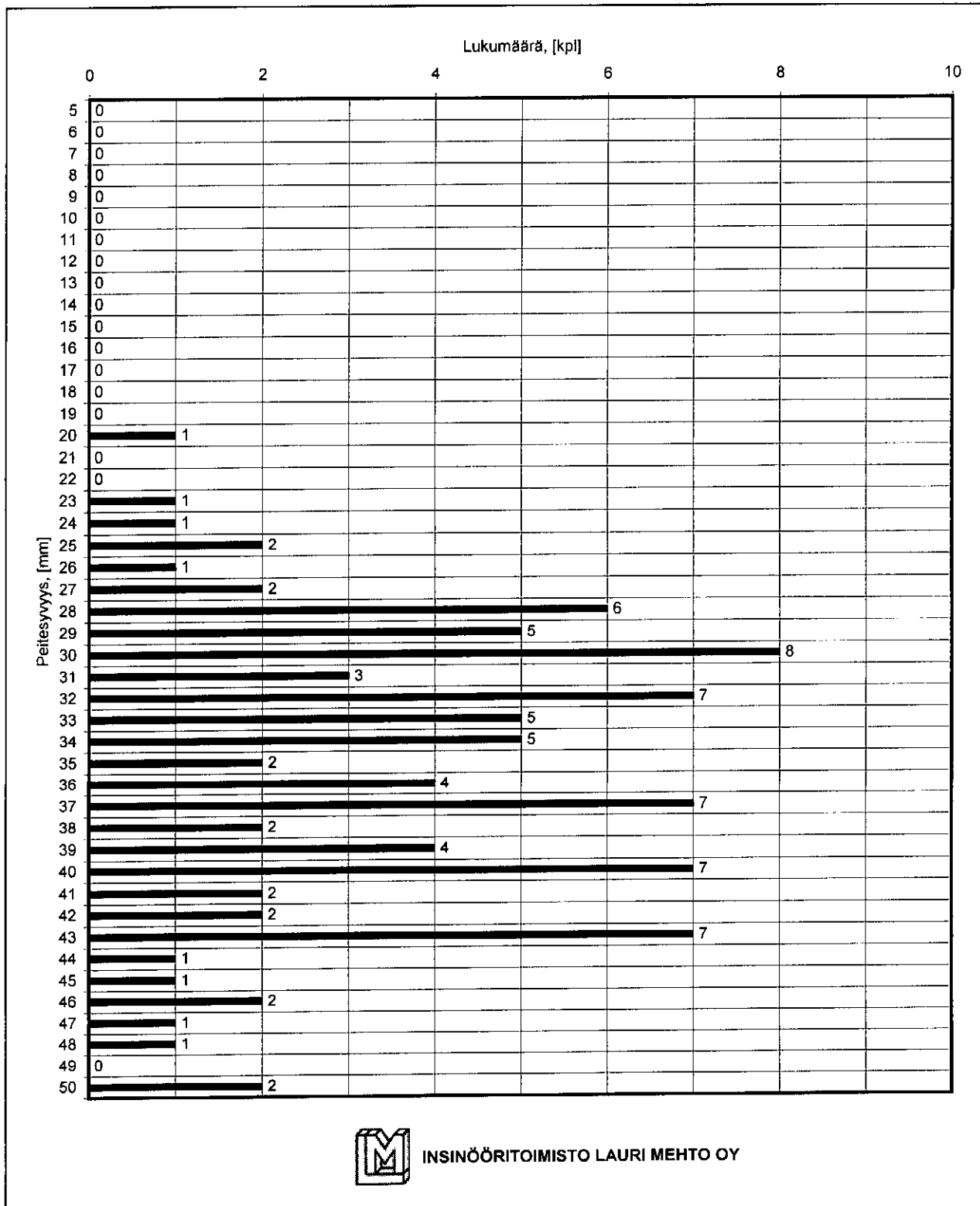
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
Rakenne: Pääty, pesubetoni, pieliteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 35 [mm]
Maksimi: 51 [mm]
Mittauksia: 92 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 17 [mm] (12 mm + 5 mm)
Maksimi: 40 [mm] (35 mm + 5 mm)

Teräksiä karbonatisoituneen betonin alueella: 0 [%]



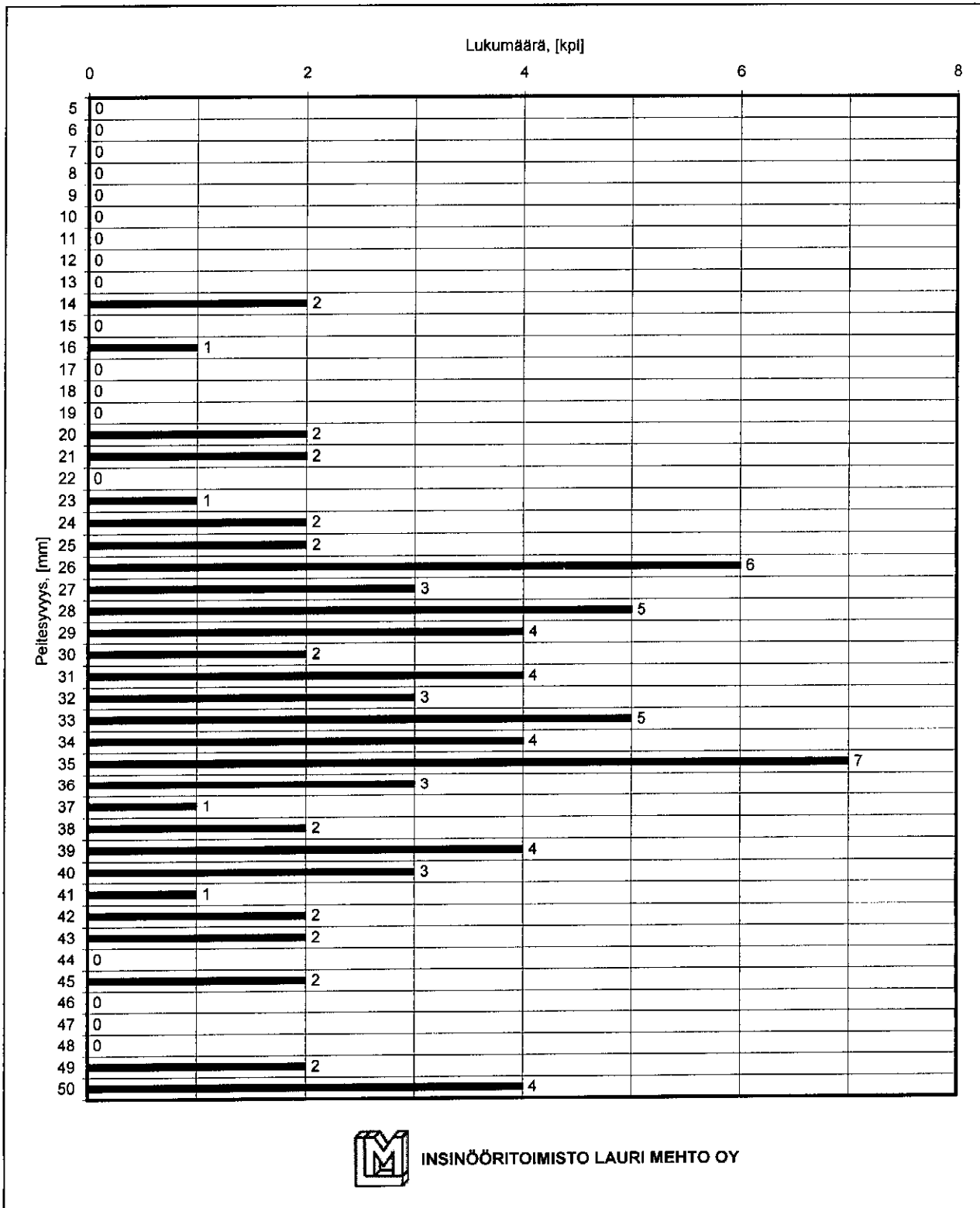
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
 Rakenne: Ruutu, pesubetoni, pieliteräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 33 [mm]
 Maksimi: 59 [mm]
 Mittauksia: 81 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 19 [mm] (14 mm + 5 mm)
 Maksimi: 32 [mm] (27 mm + 5 mm)

Teräksiä karbonatisoituneen betonin alueella: 4 [%]



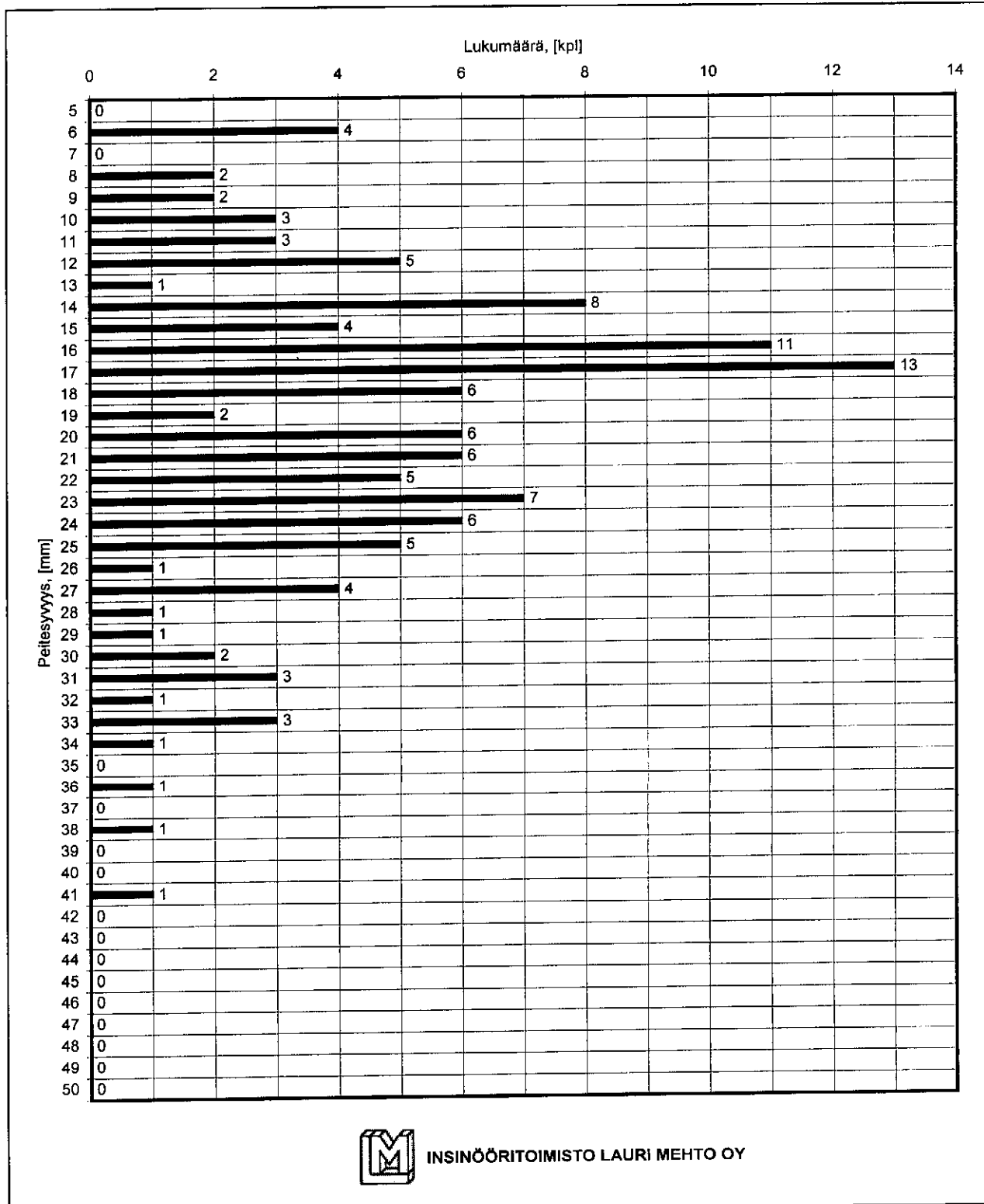
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
Rakenne: Pieliseinän etureunan teräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 19 [mm]
Maksimi: 41 [mm]
Mittauksia: 119 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 18 [mm]
Maksimi: 32 [mm]

Teräsiä karbonatsoituneen betonin alueella: 52 [%]



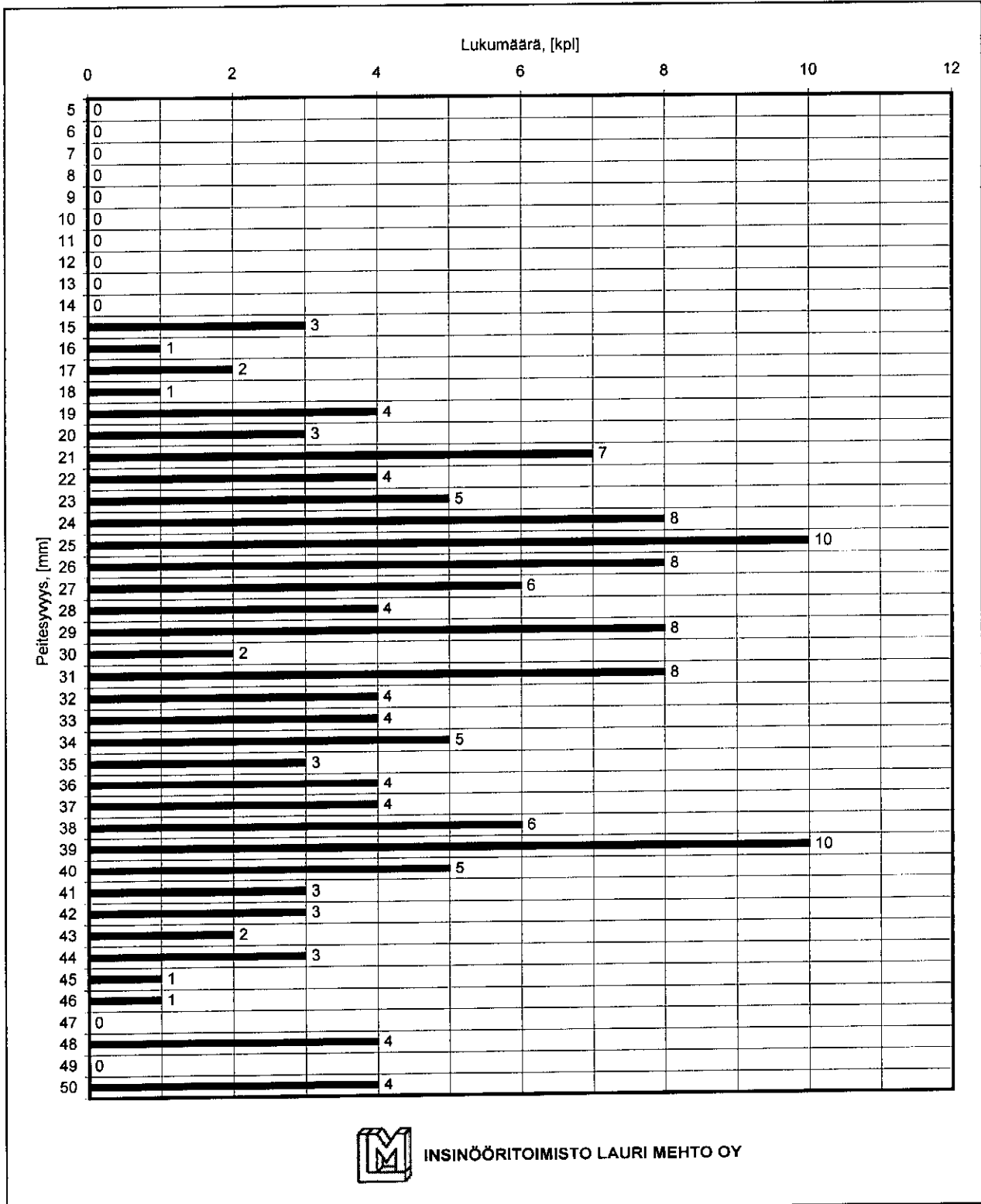
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
Rakenne: Parvekelaatan alapinnan teräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 31 [mm]
Maksimi: 51 [mm]
Mittauksia: 150 [kpl]

Betonin karb.syvyys: Keskimääräinen: 22 [mm]
Maksimi: 47 [mm]

Teräksiä karbonatisoituneen betonin alueella: 17 [%]



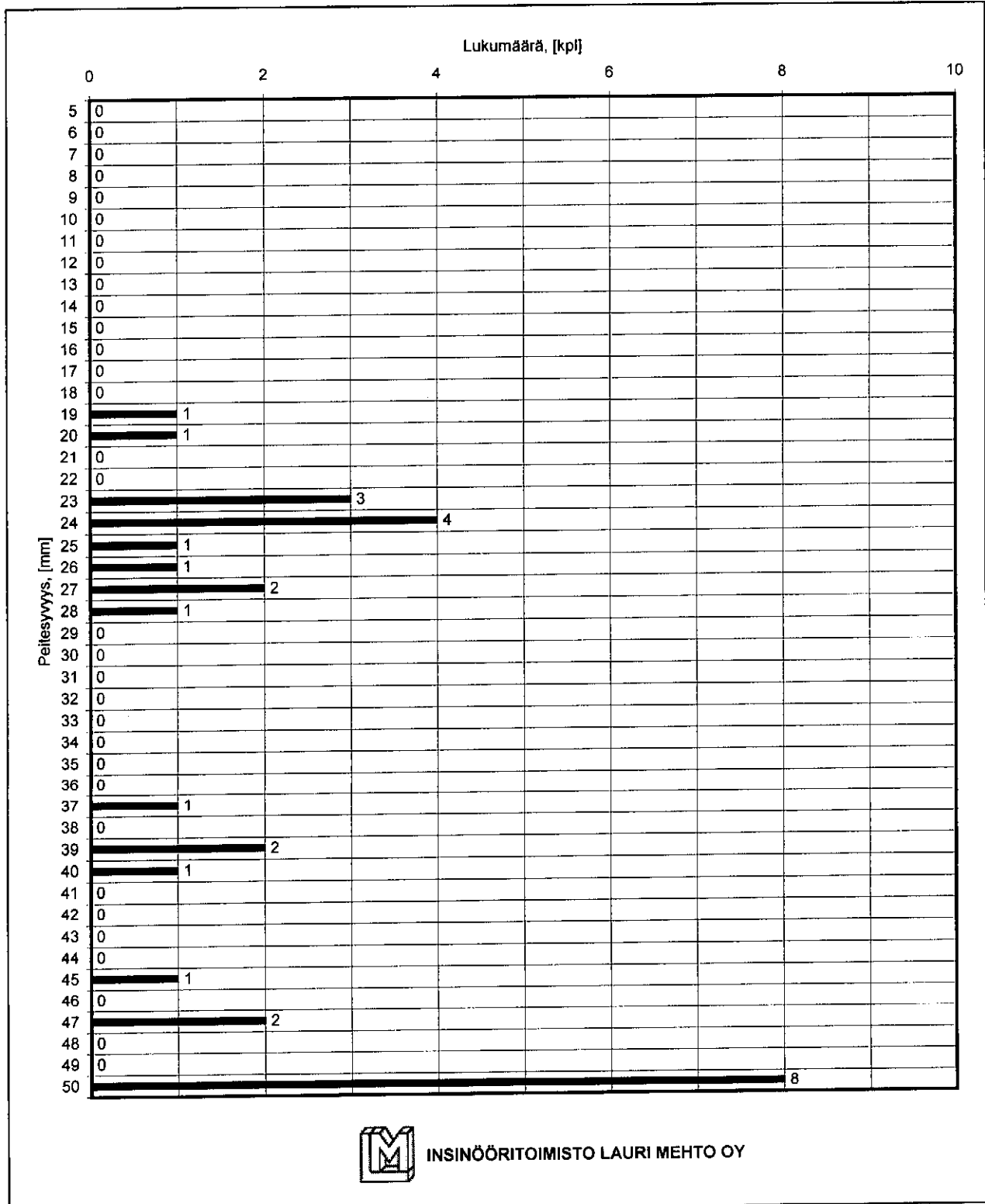
PEITEPAKSUUSJAKAUMA

Kohde: VVO, Siltakatu 11
 Rakenne: Parvekelaatan yläpinnan teräs

Terästen peitesyvyys: Keskiarvo: 39 [mm]
 Maksimi: 66 [mm]
 Mittauksia: 29 [kpl]

Betonin karb.syvyyys: Keskimääräinen: 2 [mm]
 Maksimi: 10 [mm]

Teräsiä karbonatsoituneen betonin alueella: ##### [%]



LIITE 7

Valokuvia vauriokohdista



Kuva 1. Elementtien hammastusta A- ja B-rapun välissä kohdal-
ta, jossa havaittiin perustusten painumaa.



Kuva 2. Elementtien hammastusta edellä mainitusta kohdasta.



Kuva 3. Halkeama ikkunan yläpuolella em. kohdassa.



Kuva 4. Pohjakerroksen elementin käyristymää em. kohdassa.



Kuva 5. Ikkuna-aukon pielessä on teräksen korroosiosta johtuva halkeama.



Kuva 6. Elementtisauma on halkeillut/repeytynyt ja tuuletusputki on irronnut.



Kuva 7. Talon itäpäädyssä esiintyy pohjakerroksen elementin ja pesubetonielementin välillä hammastusta.



Kuva 8. Lähikuva edellisestä, pohjakerroksen elementin ulko-kuori on ulompana.



Kuva 9. Yleiskuva parvekkeista, kuvasta näkyy parvekelaattojen pituussuuntaista taipumaa.



Kuva 10. Pieliseinän etureunassa esiintyy korroosion aiheuttamaa betonin lohkeilua.



Kuva 11. Parvekelaatan etuosassa korroosion aiheuttamaa lohkeilua.



Kuva 12. Halkeilua peiliseinän etupinnassa.



Kuva 13. Parvekelaatan otsapinnassa on ruostunut teräksen pää.



Kuva 14. Pieliseinän ja parvekelaatan liitoskohta.



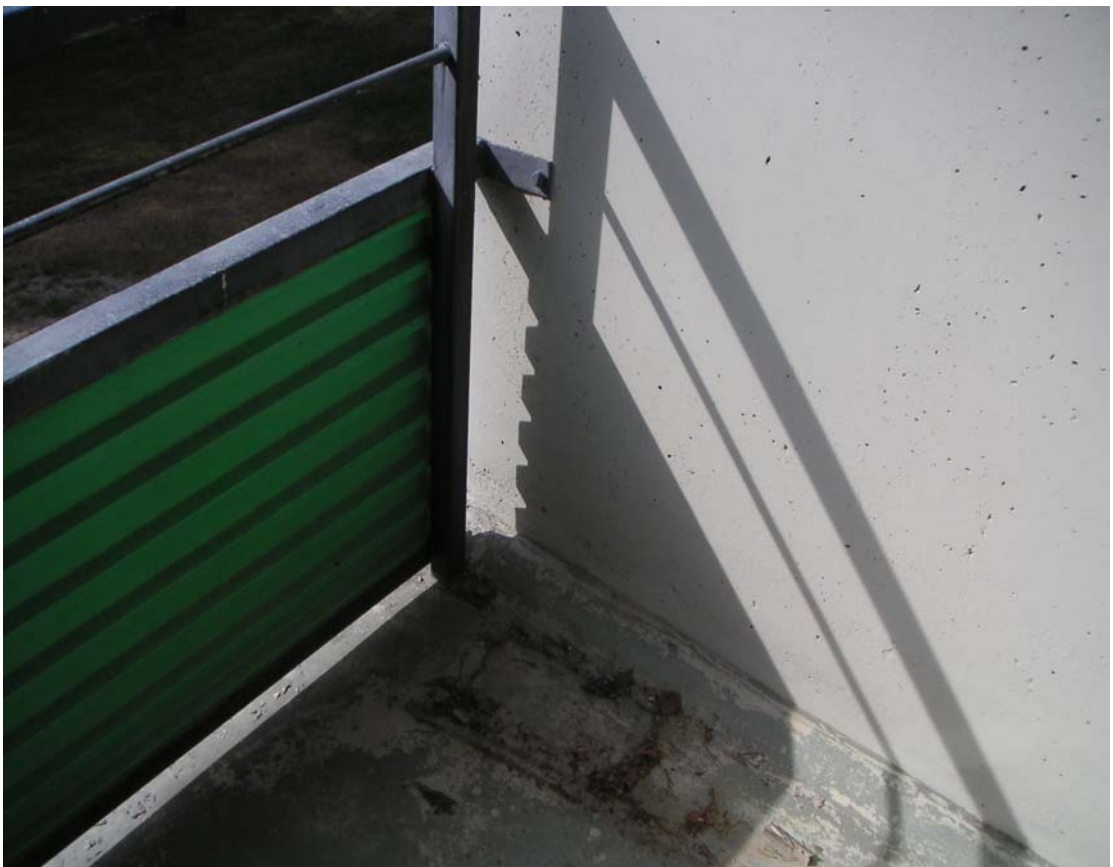
Kuva 15. Parvekelaatan vanerinen asennuslappu on näkyvissä.



Kuva 16. Parvekelaatan ja pieliseinän liitoskohta.



Kuva 17. Parvekelattian maalipinnoite on irtoillut.



Kuva 18. Parvekekaiteen kiinnitys.



Kuva 19. Maalipinnoite on hilseillyt parvekekatosta.



Kuva 20. Päädyssä räystäspellin limitys on puutteellinen.



Kuva 21. Yleiskuva vesikatosta.



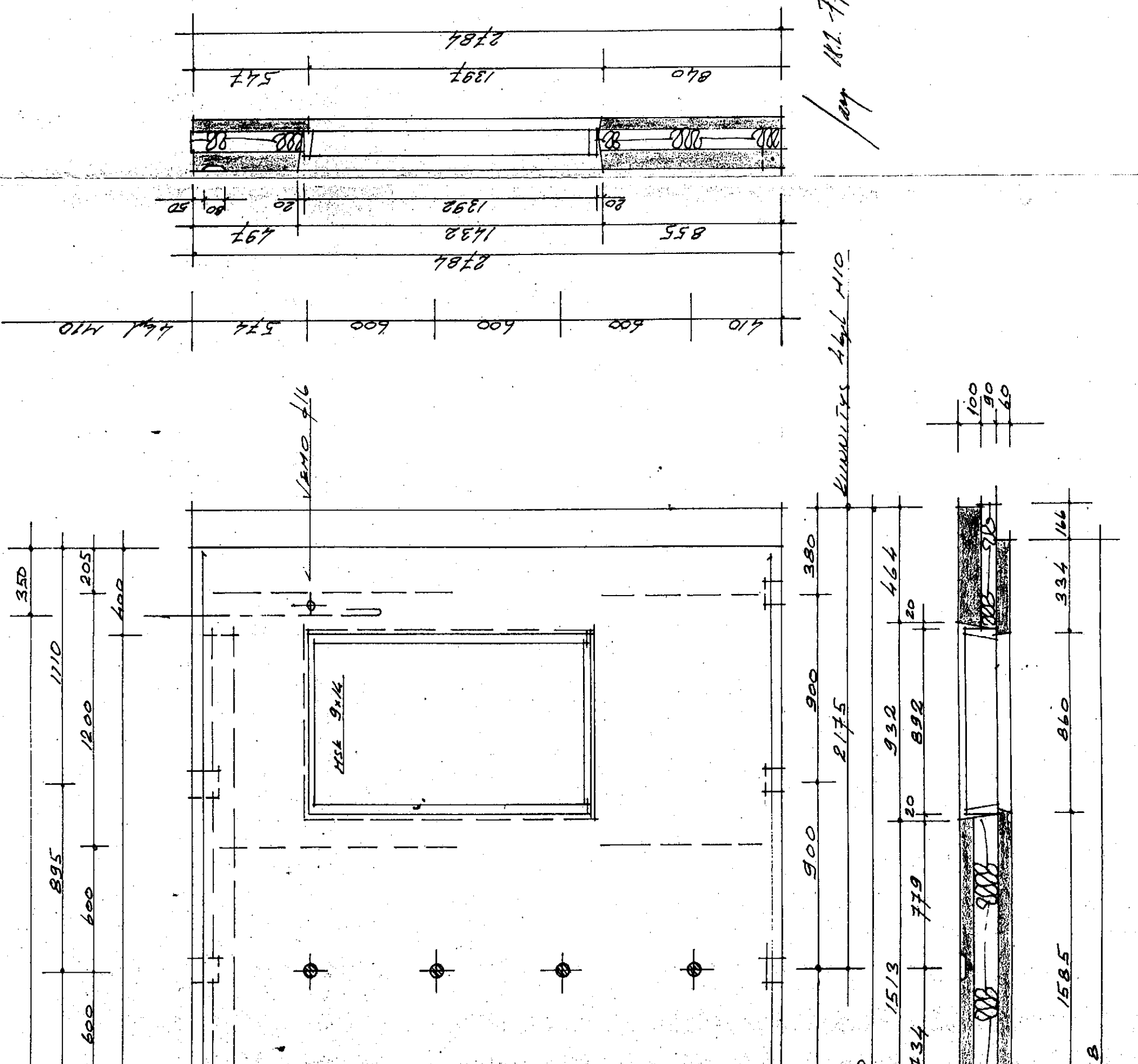
Kuva 22. Parvekkeen katto

LIITE 8

Osakopioita rakenne- ja elementtipiirustuksista

PINTA-ALA: 12,8 M²
 PAINO: 3100 KG

R 5441.2



TERÄSTYS ym.					Selvitykset	Kg
Litt.	Laatu	Ø	Kpl	Pituus		

HUOMAUTUKSIA:

KOhteet:
 As. Oy TAMMIPERÄ 3.
 Kivi Oy. TIKANTUPA 4

BETONI:
 B20 / B25

RAKENTEET:
 Pvm.
 Nimi:

MUUTOS	PVM.	NIMI

RAISIO 921-782 011
 FORSSA 918-12 540

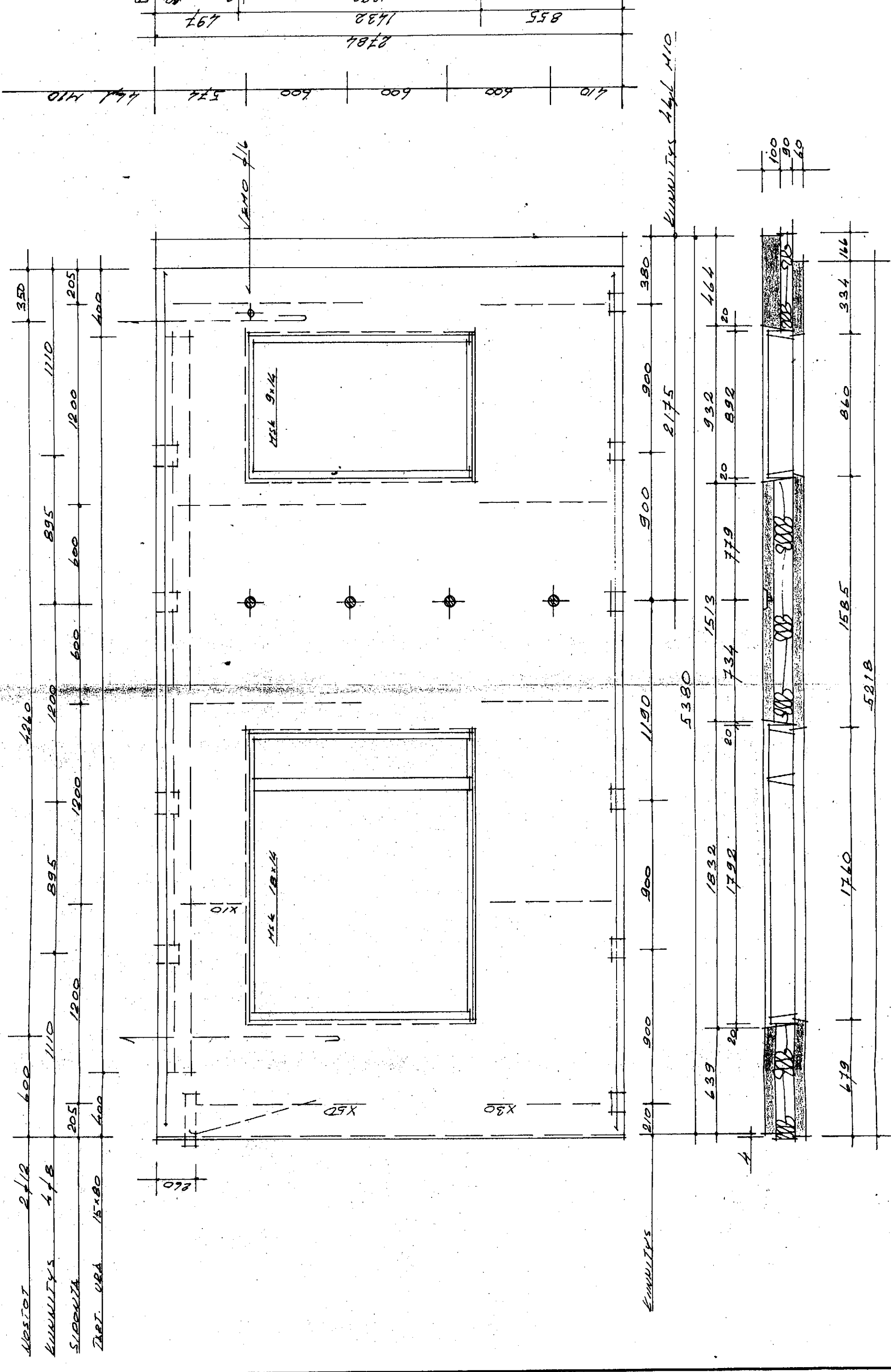
SUUNNITTELUOSASTO
 RAKENNUSOIMISTO

A. POLIMATKA OY
 TURKU - FORSSA - HELSINKI - JYVÄSKYLÄ - PORI

RAKENNEPIIRUSTUS UUDISRAKENNUS
 KUNTA KAUPUNTA KORTTELITONTTI

SUUNN.	PIIRT.	TARK.

PAIVAYS	SUHDE	No	MUUTOS



KOUKUN KOH-
DALLA LAU-
TA

50 x 100

15-20

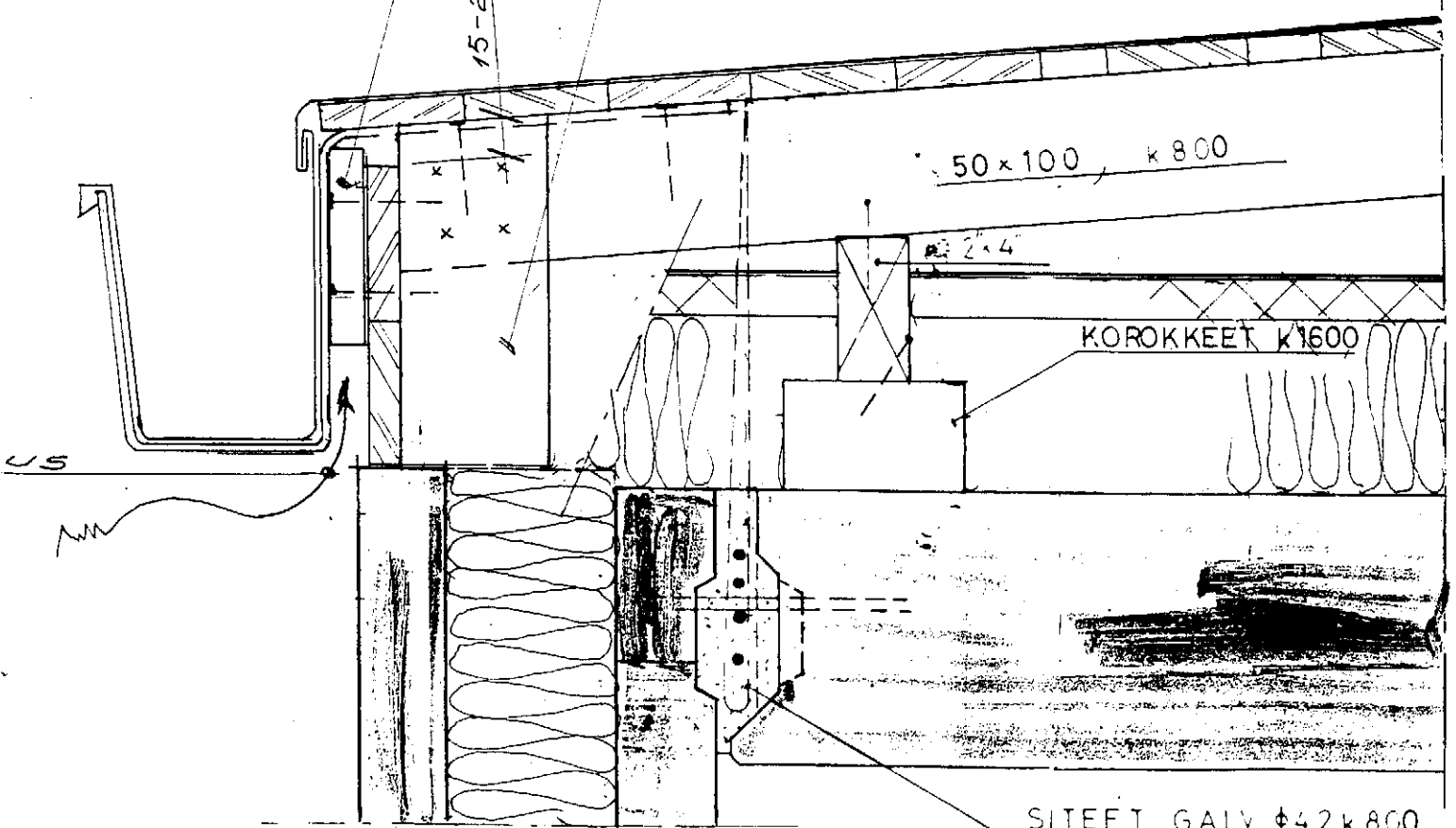
50 x 100 k 800

2 x 4

KOROKKEET k 1600

SITEET GALV Ø4.2 k 800

NORMAALI RAYSTÄS A 4



PÄÄTYSEINÄ

C4

Liite 8 4/4

