

Mika Piironen

# Pohjatutkimus täydennysrakentamiskohteessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

28.08.2014

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Mika Piironen	
<b>Työn nimi:</b> Pohjatutkimus täydennysrakentamiskohteessa	
<b>Päivämäärä:</b> 28.08.2014	<b>Sivumäärä:</b> 45 s. + 9 liitettä
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakennustekniikka	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Tuotantotekniikka
<b>Työn ohjaaja:</b> Simo Hoikkala <b>Työn ohjaaja:</b> Matti Hämäläinen	
<p>Case-tyyppisessä tutkimuksessa tutkittiin pohjatutkimuksen vaikutusta rakentamiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää pohjatutkimuksen merkitystä rakennuskohteessa Helsingin keskustassa. Samalle tontille rakennettiin uusi rakennus ja olemassa oleva rakennus saneerattiin.</p> <p>Tutkimuksen alussa oli käytössä pohjatutkimuksen lähtötiedot ja IV-suunnitelmat. Tutkimukseen sisältyi pohjatutkimuksen raportit ja ilmastointipiirustukset sekä työselostukset.</p> <p>Toteutusvaiheessa haasteena oli, ovatko suunnitelmat riittävät. Saneerauskohteessa haasteena on aina olemassa oleva rakennus ja sen ympäristö.</p> <p>Toteutusvaiheessa todettiin pohjatutkimuksen laajuuden olevan riittämätön ja toimimaton IV-suunnitelmiin nähden. Pohjatutkimusta tehdessä puuttui kokonaan yhteistyö LVI-suunnittelijan kanssa ja päinvastoin.</p> <p>Riittämätön suunnitelmien yhtenäistäminen lisäsi kustannuksia. Kustannuksissa olisi säästetty, jos pohjatutkimus olisi ollut laajempi ja tarkempi, ja se olisi yhdistetty IV-suunnitteluun. Enemmän näytteenottoaikoja olisi tarvittu rakennuksen sisältä varsinkin niistä paikoista, joihin IV-kanavat oli suunniteltu sijoitettaviksi.</p> <p>Rakennuksilla oli eri rakennesuunnittelijat, joten rakennuksen seinän vierustojen louhintoja ei ollut suunniteltu. Kun jouduttiin louhimaan olemassa olevan rakennuksen perustusten vierestä, vaarana oli rakennuksen vahingoittuminen.</p> <p>Rakennuksen sisällä louhintaa ei ollut otettu huomioon siinä määrin kuin todellisuudessa olisi ollut tarpeen. Louhinnan vaarana oli, että vanha rakennus vahingoittuu.</p>	
<b>Avainsanat:</b> Pohjatutkimus, menetelmät, suunnitelmat, louhinta, laajuus	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Mika Piironen	
<b>Title:</b> Ground investigation as basis for earthworks	
<b>Date:</b> 28.08.2014	<b>Number of pages:</b> 45 pages, 9 appendices
<b>Department:</b> Civil Engineering	<b>Study Programme:</b> Production Engineering
<b>Instructor:</b> Simo Hoikkala	
<b>Supervisor:</b> Matti Hämäläinen	
<p>This case study focused on the importance of ground investigation in constructing. The objective of the study was to evaluate the importance of ground investigation in a construction site in the centre of Helsinki. A new building was constructed in the site, and an existing building was renovated.</p> <p>In the beginning of the investigation the initial data of the ground investigation and the ventilation plan were available for use. The investigation included the elaboration of ground investigation reports, air conditioning drawings and specifications.</p> <p>In the execution phase the challenge was to determine if the plans were sufficient. In a renovation project the existing building and its environment always present a challenge.</p> <p>In the execution phase it was discovered that the extent of the ground investigation was insufficient and unpractical in relation to the ventilation plans. When the ground investigation was carried out, cooperation with the heating, plumbing and ventilation designer was inexistent, and vice versa.</p> <p>The insufficient coherence of plans added up costs. Significant savings would have been attained, had the ground investigation been more extensive and accurate, and had it been made coherent with the ventilation planning. More sampling points would have been necessary inside the building, especially in places where the ventilation ducts were planned to be placed.</p> <p>Since the two buildings had separate structural engineers, ground breaking near the walls had not been planned. When the ground breaking was carried out next to the substructure of the existing building, risk of the building being damaged existed.</p> <p>Ground breaking inside the building had not been taken into account in the extent that would have been necessary. While carrying out the ground breaking, the risk of the old building being damaged existed.</p>	
<b>Keywords:</b> ground investigation, methods, plans, ground breaking, extent	

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>POHJARAKENTEIDEN MÄÄRÄYKSET</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MITÄ ON POHJATUTKIMUS?</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Pohjatutkimuksen tarve ja tavoitteet</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b>	<b>5</b>
3.2.1	<i>Maastokatselmus</i>	5
3.2.2	<i>Koekuoppa</i>	5
<b>3.3</b>	<b>KAIRAUSMENETELMÄT</b>	<b>6</b>
3.3.1	<i>Painokairaus</i>	7
3.3.2	<i>Porakonekairaukset</i>	9
3.3.3	<i>Lyöntikairaus</i>	9
3.3.4	<i>Heijarikairaus</i>	10
3.3.5	<i>Tärykairaus</i>	10
3.3.6	<i>Puristinkairaus</i>	10
3.3.7	<i>Putkikairaus</i>	11
3.3.8	<i>SPT-kairaus (STANDARD PENETRATION TEST)</i>	11
<b>4</b>	<b>POHJAVESITUTKIMUKSET</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Yleistä</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Pohjaveden pinnan korkeuden mittaaminen</b>	<b>13</b>
<b>4.3</b>	<b>Huokosvedenpaineen mittaus</b>	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>Vesimenekkimittaus</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>KOHTEEN ESITTELY</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>KOHTEEN POHJATUTKIMUS</b>	<b>16</b>
<b>6.1</b>	<b>Yleistä</b>	<b>16</b>
<b>6.2</b>	<b>Tutkimukset</b>	<b>17</b>
<b>6.3</b>	<b>Maaperä</b>	<b>17</b>
<b>6.4</b>	<b>Perustamisolosuhteet</b>	<b>18</b>
<b>6.5</b>	<b>Radon</b>	<b>19</b>
<b>6.6</b>	<b>Maaperän pilaantuneisuusselvitys</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>MAAPERÄN PILAANTUNEISUUSSELVITYS KAIVANNOSTA</b>	<b>21</b>

<b>8</b>	<b>RAKENNUKSEN KATSELMUS</b>	<b>22</b>
8.1	Yleistä katselmuksesta	22
<b>9</b>	<b>MAANRAKENNUSTÖIDEN ETENEMINEN</b>	<b>24</b>
9.1	Maanrakennustyöt	24
9.2	Louhintatyöt	27
<b>10</b>	<b>SUUNNITELMAT KELLARISSA</b>	<b>30</b>
<b>11</b>	<b>KELLARIN LOUHINNAN TOTEUTUS</b>	<b>33</b>
11.1	IV-konehuone (A-lohko)	33
11.2	Talon alapohjatila (B-lohko)	36
<b>12</b>	<b>LOPPUPOHDINNAT</b>	<b>41</b>
	<b>LÄHDELUETTELO</b>	<b>45</b>
	<b>LIITTEET</b>	
	Liite 1/1	Pohjatutkimus leikkaus A-A
	Liite 1/2	Pohjatutkimus leikkaus B-B
	Liite 1/3	Pohjatutkimus leikkaus C-C
	Liite 1/4	Pohjatutkimus leikkaus D-D
	Liite 1/5	Maanäytteiden tutkimustulokset
	Liite 1/6	Radonpitoisuuden tutkimustulokset
	Liite 1/7	Geologiset merkinnät
	Liite 1/8	Kenttäanalyysit
	Liite 1/9	Samase-ohjeavot

## 1 JOHDANTO

Tutkimus keskittyy saneeraus- ja uudiskohteeseen, jotka ovat samalla pienellä tontilla Helsingin keskustassa. Maanrakennustöitä tehtiin olemassa olevan rakennuksen sisällä ja rakennuksen sisäpihalla, johon rakennettiin uusi kerrostalo ja autohalli, jonka päällä oli pihakansi. Keskustelua kohteesta ja sen haasteellisuudesta käytiin SRV Rakennus Oy:n kanssa. Missä kaikilla voi esiintyä ongelmia hankkeen aikana ja mistä tarvitaan tietoa muita tulevia samanlaisia kohteita varten?

Tontti oli todella pieni, ja siihen rakennettiin uusi rakennus rajoja myöten. Vanhan rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen tuli muutoksia, joten siinä täytyi tehdä maanrakennustöitä. Uuden ja vanhan rakennuksen yhteen sovittaminen tuo aina haasteita niin suunnitelmiin kuin toteutukseen. Edellä olevista syistä päädyttiin tarkastelemaan kohdetta maanrakennustöiden osalta.

Olin myös itse kiinnostunut tutkimaan aihetta, koska aikaisemmin saneerauskohteessa ei ollut tullut vastaan maanrakennustöitä.

Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin ongelmakohdat ja ratkaisut niihin. Lopuksi tarkasteltiin hankkeen maanrakennustöiden kustannuksien lähtö- ja lopputilannetta. Päädyttiin case-tyyppiseen tutkimukseen maanrakennustöistä kohteessa. Itse toimin kohteessa työnjohtaja ja vastasin maanrakennustöistä kohteessa.

Maanrakennustyöt pohjautuvat pohjatutkimukseen ja sen tutkimustuloksiin. Pohjatutkimuksen onnistumisella on suuri vaikutus maanrakennustöiden toteutukseen ja kustannuksiin.

Kohteen maanrakennusurakka oli tehty pohjatutkimuksen pohjalta.

Tutkimuksessa oli tarkoitus käyttää kohteen kaikkia suunnitelmia ja pohjatutkimukseen liittyvää kirjallisuutta sekä Internetiä. Työ rajattiin pohjatutkimuksen lähtötietoihin ja maanrakennuksen lopulliseen toteutukseen.

Työssä käydään tarkasti läpi pohjatutkimus sekä tapa, jolla pohjatutkimustulokset oli saatu tontilla. Maanrakennustöiden toteutuksen kulku kuvataan vaihe vaiheelta. Ongelmatilanteisiin selvitetään ratkaisut sekä kustannukset.

## 2 POHJARAKENTEIDEN MÄÄRÄYKSET

Rakennuspaikan pohjasuhteet on selvitettävä ennakoita jokaisen rakennushankkeen yhteydessä. Yleensä, ja erittäin vaativissa (AA) pohjarakennuskohteissa aina, tämä selvitys tehdään rakennushankkeen yhteydessä rakennuspaikalla tehtävällä pohjatutkimuksella. Pohjatutkimuksella on selvitettävä rakennuskohteen ja sen vaikutusalueen pinnanmuodot, maapohjan kerrosrakenne, kalliopinnan sijainti, maakerrosten ja kallion ominaisuudet sekä pohjavesisuhteet siten, että pohjarakenteiden suunnittelemiseen ja niiden teknisesti tarkoituksenmukaiseen ja turvalliseen rakentamiseen saadaan riittävät tiedot. Lisäksi pohjatutkimukseen on sisällytettävä myös rakennuspaikalla ja sen läheisyydessä sijaitsevien rakennusten ja rakenteiden perustusten sekä maanalaisten rakenteiden sijainnin, laadun ja kunnon selvittäminen tarvittavassa laajuudessa.

Rakennushankkeen vastaava pohjarakennesuunnittelija huolehtii pohjatutkimusten ohjelmoinnista, johon sisältyy käytettävien tutkimusmenetelmien valinta sekä tutkimuspisteiden määrän ja sijainnin suunnittelu. Pohjarakennesuunnittelijan on seurattava pohjatutkimuksen edistymistä ja sen tuloksia sekä tarvittaessa täydennettävä tutkimusohjelmaa.

Pohjatutkimustulokset esitetään pohjatutkimusasiakirjoissa, joihin kuuluvat tutkimuspiirustukset ja selostus pohjasuhteista sekä selostuksen liitteiksi sisällytettävä muu aineisto. Näihin on sisällytettävä myös tiedot pohjavesisuhteista, rakennuspaikalla ja tarvittavassa laajuudessa myös sen ympäristössä olevista rakennuksista ja rakenteista sekä muut tarpeelliset selvitykset ja liitteet.

Pohjatutkimustulokset on esitettävä yleisesti käytössä olevalla tavalla riittävän tarkasti siten, että tutkimusten luotettavuus ja riittävyys sekä tehdyt pohjasuhteiden yleistyksen ovat yksikäsitteisesti arvioitavissa ja ymmärrettävissä. Tutkimuspiirustuksista on selkeästi käytävä ilmi rakennuspaikan pohjasuhteet sekä muut pohjarakentamiseen vaikuttavat maasto- ja ympäristötekijät.

Rakennuspaikan maaperän pilaantumattomuus on selvittävä. Maasta rakennukseen siirtyvien haitallisten aineiden pitoisuudet eivät saa ylittää rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan määritettyjä arvoja. Rakentamisessa on varauduttava rakentamisen aikana esiin tulevien terveydelle tai ympäristölle vaarallisten aineiden aiheuttamiin toimenpiteisiin.

Rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa.

Ennen rakentamista on selvittävä, että rakentaminen ei aiheuta haitallisia muutoksia ympäristön luonnonolosuhteissa, maa- ja kalliopohjassa, pohjavedessä eikä rakennusalueen tai ympäristön rakennuksissa ja rakenteissa. Jos haitallisia muutoksia on odotettavissa, niiden vaikutukset on selvittävä ja ennen rakennustöitä on tehtävä riittävän laajat ja yksityiskohtaiset katselut. Haitallisten vaikutusten ennakoimiseksi on laadittava tarkkailuohjelma ja rakennettava tarvittaessa tarkkailumittausjärjestelmä.

[B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma.]



### 3 MITÄ ON POHJATUTKIMUS?

#### 3.1 Pohjatutkimuksen tarve ja tavoitteet

Pohjatutkimuksilla tarkoitetaan maa- ja kallioperän tutkimuksia, joilla pyritään selvittämään maa- ja kallioperän rakennetta ja ominaisuuksia.

Pohjatutkimusten tarvetta syntyy monissa tilanteissa. Niinpä maankäytön suunnittelun ja siinä erityisesti asema- ja rakennuskaavoituksen tulisi perustua kaavoitusalueen pohjatutkimuksiin. Maanrakennustoiminnassa sekä kiiviainesta käyttävässä rakennusteollisuudessa tarvitaan runsaasti maa- ja kalliomateriaaleja, joiden saatavuus ja kelpoisuus on selvitettävissä tällaisten materiaalinottoaikojen pohjatutkimuksilla.

Enimmin pohjatutkimuksia kuitenkin tarvitaan erilaisten rakennushankkeiden geoteknistä suunnittelua varten. Pohjatutkimusten laajuus määräytyy rakennuspohjan laadun, kuormitusten sekä tehtävien rakenteiden mukaan. Yleensä pohjatutkimusten perusteella on voitava:

- todeta rakennuspaikan yleinen soveltuvuus tarkoitukseensa,
- suunnitella rakennukselle tai rakenteelle riittävän varma ja samalla taloudellinen perustus,
- valita oikeat työtavat niin, että pohjarakennustyöt voidaan suorittaa taloudellisesti ja turvallisesti sekä ympäristölle vahinkoa tuottamatta,
- ennakoida pohjarakennustöissä mahdollisesti odotettavissa olevia vaikeuksia.

Näiden vaatimuksien ja ratkaisujen edellytyksenä on, että pohjatutkimuksilla selvitetään rakennuspaikan:

- maaperän kerrosjärjestys, kerrospaksuudet sekä kerrosten ominaisuudet,
- kallionpinnan asema sekä tarvittaessa kallion rakenne,
- pohjavesisuhteet.

[B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma.]

## 3.2 Tutkimusmenetelmät

### 3.2.1 Maastokatselmus

Ennen varsinaisia pohjatutkimuksia on yleensä aiheellista suorittaa silmäväraisiin havaintoihin perustuva maastotarkastelu, jonka perusteella sitten ratkaistaan myöhemmin tehtävien varsinaisten pohjatutkimusten laatu ja laajuus. Maastokatselmuksessa kiinnitetään huomiota tutkittavan alueen pinnanmuodostukseen, kasvipeitteeseen, kallio paljastumiin, pintakivisyvyyteen ym. Näiden havaintojen sekä mahdollisesti käytettävissä olevien geologisten karttojen tai ilmakuvakarttojen avulla pyritään tekemään päätelmiä alueen maaperämuodostumista ja niiden rakenteesta. Maastokatselmuksessa voidaan myös kaivaa koekuoppia kasvukerroksen alla olevan maan laadun toteamiseksi. Hienorakeisten maalajien alueella maastokatselmusta voidaan myös täydentää tunnusteluin, joita suoritetaan ohuella, 1–2 metrin syvyyteen ulottuvalla terästangolla. [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.2.2 Koekuoppa

Koekuopan kaivu on luotettavin tapa lähellä maanpintaa olevien maakerrosten tutkimisessa. Koekuopan kaivun aikana sekä kaivun jälkeen voidaan tehdä monipuolisia havaintoja kuopan kaivussyvyyttä vastaavista maakerroksista. Koekuoppa on eräänlainen koekaivanto, jonka kaivu antaa viitteitä mahdollisia tulevia pohjarakentamisen kaivutöitä varten. Koekuopasta tehdään havaintoja mm.:

- erilaisista maakerroksista ja niiden maalajeista,
- maan kivisyydestä ja lohkareisuudesta,
- maan kaivuominaisuuksista,
- kuopan seinämien pysyvyydestä,
- pohjaveden korkeustasosta,
- kalliopinnasta ja sen kaltevuudesta.

Koekuopasta voidaan myös ottaa näytteitä tarkempia tutkimuksia varten. Koekuoppa voidaan kaivaa tukemattomana edullisissa olosuhteissa pohja-

veden pinnan yläpuolella 2–3 metrin syvyiseksi. Tuettuna koekuoppa voidaan ulottaa syvemmällekin.

Koekuopan kaivu on erityisen huomionarvoinen pohjatutkimusmenetelmä kivisessä ja kairauksilla vaikeasti läpäistävissä pintakerroksissa. Tällaisissa olosuhteissa pohjatutkimuksia voidaan usein jatkaa koekuopan pohjalta tehtävillä tutkimuksilla.

[Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3 KAIRAUSMENETELMÄT

Kun pohjatutkimuksia suoritetaan kairauksin, maaperään tungetaan kairatangon tai putken avulla kairan kärkikappaletta. Kairauksissa pyritään yleensä ensisijaisesti havaitsemaan kairan kärkikappaleeseen kohdistuvaa kairausvastusta, jonka vaihtelusta voidaan tehdä päätelmiä kairauksella läpäistävien maakerrosten laadusta, tiiviyydestä, lujuudesta ja kantavuudesta. Kairausmenetelmät eroavat toisistaan erityisesti kairojen rakenteen ja kairan maahan tunkemismenetelmien osalta.

Kairausmenetelmät ovat joko staattisia, dynaamisia tai näiden yhdistelmiä. Staattisissa menetelmissä kairaa tungetaan maahan painojen tai hydraulisen puristimen kuormittamana. Dynaamisissa menetelmissä kairan maahan tunkeminen tapahtuu iskemällä tai täryttämällä.

Suomessa yleisimmin käytettävät kairausmenetelmät eivät ole kansainvälisesti käytettyjä, koska ne on tarkoitettu nimenomaan meidän kivisiin ja moreenivaltaisiin maaperiimme soveltuviksi. Kansainvälisesti tunnetuin kairausmenetelmä on SPT-koe (*Standard Penetration Test*).

[Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.1 Painokairaus

Painokairaus on pehmeiden maalajien tutkimus, Suomessa eniten käytetty menetelmä.

Painokairauskalusto koostuu seuraavista osista ja välineistä (kuva 1.):



Kuva 1. Painokairausvälineitä

- kärkikappale:  $\varnothing$  25 mm, pituus 200 mm
- kairatangot:  $\varnothing$  22 tai 25 mm, pituus 1000 mm, ruuvitappiliitoksin
- painosarja: 10 kg + 10 kg + 25 kg + 25 kg + 25 kg
- painoteline
- painojen nostolaite
- vääntövarsi
- kairanosturi
- näytteenottokärki
- apuvälineitä: avaimia, pihtejä, lyöntipää, nuija ym.

Alkukairaus kuivakuorikerroksen, täytemaan, routakerroksen läpi käytetään pienintä kuormitusta, jolla kaira painuu nopeudella 20–50 mm/s, jos kaira ei painu täydellä 1 kN kuormalla, aloitetaan kiertäminen ja mitataan ns. puolikierrosten lukumäärä 0,2 m tunkeuman aikana, jos ei painu kiertämällä (tarvitaan yli 100 m puolikierrosta / 0,2 m), lyödään kairaa, tarkoituksena on ohittaa mahdolliset kivet tai ohuet tiiviit kerrokset, lyönnin ajaksi painot poistetaan. Kairauspöytäkirjaan merkitään kärjen syvyys ja painuma, kuormitus

ja puolikierrokset sekä arvioidut maalajit ja niiden rajat. Kairauksen päättymisen syy tulosten perusteella piirretään kairausdiagrammi. Diagrammiin merkitään maanpinta ja pystymittakaava on yleensä 1:100, kairauslinjan oikealle puolelle piirretään kairan painumaan (0,2 m) käytetty puolikierrosten lukumäärä siten, että 1 cm vastaa 20 puolikierrosta. Diagrammi piirretään enintään 100 pk / 0,2 m, jonka jälkeen merkitään I-kirjaimella, jos kairaa on lyöty vasemmalle puolelle piirretään pelkästään painoilla syntynyt painuma.

Maalajien kerrosrajoja ja maalajeja voidaan arvioida kairauksen äänihavaintojen ja kairausvastuksen muutosten perusteella (käsikaira) (kairausreiästä nousevan maan ulkonäön perusteella) maalajitiedot varmistetaan ottamalla näytteitä kairausvastuksen muutosten perusteella havaituista kerroksista. Kairausvastuksen ja maalajitiedon perusteella voidaan arvioida karkearakeisen maan:

- suhteellista tiiveyttä,
- kuivatilavuuspainoa,
- kitkakulmaa,
- kokoonpuristuvuusmoduulia,
- jännitysekspONENTTIA.

Tässä arvioinnissa eli tulosten tulkinnassa tarvitaan kairausdiagrammin ja maalajitiedon lisäksi erilaisia vertailukäyrästöjä, taulukoita tai laskentaa.



*Kuva 2. Painokairauskone*

Nykyisin käytetään yleisesti koneellisia painokairauslaitteistoja (kuva 2). Koneellinen painokairaus tapahtuu samalla tavalla kuin käsin tehtävä painokairaus. Kairaa kierretään koneellisesti. Kairan kuormitus mitataan kairan kiertämislaitteen dynanometrillä tai irrallisilla painoilla. Koneelliset painokairalaitteistot voidaan jakaa kannettaviin moottoripainokairoihin ja vaunualustaisiin monitoimikairoihin. Moottoripainokairassa voimayksikkö voi olla kairan pyöritysmekanismiin kiinteästi liitetty tai on erillinen. Moottorikäyttöisen painokairan tärinä ja nopeutunut kiertäminen voivat aiheuttaa kairaustuloksiin eroja, jos koneellisesti ja käsin suoritettujen painokairauksen tuloksia vertaa toisiinsa.

Painokairaus soveltuu parhaiten hienorakenteisiin maalajeihin. Savessa painokairaustulokset ovat osittain epäluotettavia eikä liejunkerroksia voi erottaa savesta painokairaustulosten perusteella. Savessa kuivakuorikerroksen aiheuttama vastus synnyttää huomattavia tulosvääristymiä. Hiekka- ja sora- maalajeissa painokairaus antaa kohtalaisen selvän kuvan mainittujen kerrosten tiivyydestä ja äänihavainnot ovat tällöin apuna maalajimäärityksessä. Moreenimaaperässä painokairaus ei useinkaan ole mahdollista muuta kuin huomattavalta osin kairan lyömistä apuna käyttäen.

[Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.2 *Porakonekairaukset*

Porakonekairausta käytetään kalliopinnan määrittämiseen erityisesti silloin, kun kallion päällä on muilla kairausmenetelmillä vaikeasti läpäistäviä maakerroksia. Näytteenottokairaukseen putkien asennukseen pohjavesihavainnot varten kalliopintaa määritettäessä poraus ulotetaan 3–5 m syvälle kallioon, jolla varmistetaan, ettei kyseessä ole suuri lohkar. [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.3 *Lyöntikairaus*

Lyöntikairauksessa käytetään yleensä painokairauskalustolla ilman painoja. Pehmeässä maassa painetaan maahan mies voimin (pehmeä maakerrokset) tai kovemmassa maassa lyödään nuijalla. Kairauksessa tehdään ääni-

ja tuntohavaintoja. Lyöntikairauksella saadaan alustavia likimääräisiä tietoja maapohjan kerrosvaihteluista. Lyöntikairauksella voidaan kuitenkin todeta nopeasti pehmeiden ja erityisesti eloperäisten maakerrosten paksuudet ja näiden kerrosten alla olevan kiinteän pohjakerroksen yläpinnan sijainti. [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.4 Heijarikairaus

Dynaaminen kairausmenetelmä, pudotetaan 10–65 kg painoja 0,6 metrin korkeudesta. Kairausvastuksen yksikkönä on lyöntien lukumäärä / 0,2 metriä.

Käytetään karkearakeisissa kerrostumissa, myös moreenimaissa. Kivisessä moreenimaassa tunkeutuminen on heikko. Kairausvastuksen perusteella voidaan arvioida maakerrosten rajat ja kerrosten rakenteellinen tiiveys. Heijarikairauksella voidaan selvittää melko luotettavasti pehmeiden kerrosten alla olevan kiinteän pohjakerroksen sijainti ja tiiveys tukipaalun tunkeutumissyvyyttä arvioitaessa. [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.5 Tärykairaus

Painokairaustangot + paksumpi kärkikappale painetaan kevyellä polttomotorisella porakoneella täryttäen. Kairauksella saadaan selville alustavia kerrosrajoja painumisnopeuden suurien muutosten perusteella. Tärykairauksella voidaan varmistaa nopeasti, ettei ole kalliota tietyn tason yläpuolella (nopea, voidaan tehdä paljon mittauksia esim. tieleikkaukset, johtolinjat). [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.6 Puristinkairaus

Puristinkairaus on staattinen kairausmenetelmä, jossa poikkileikkaukseltaan 10 cm<sup>2</sup> (Ø 35,7 mm) ja kärjestään kartiomaista kärkikappaletta puristetaan maahan tankojen avulla tasaisella nopeudella. Kansainvälinen menetelmä CPT-kairaus (Cone Penetration Test) puristinkairauksessa mitataan sähköisesti kartiomaisen kärkikappaleen tunkeutumisvastusta ja vaippahylsyn han-

kausvastusta maahan nähden. Kairaa painetaan maahan staattisella kuormituksella vakionopeudella noin 20 mm/s 10 – 300 kN voimalla. Vastavoimana on yleensä nykyään vaunualustainen monitoimikaira. Kairan kärkeen voi sijoittaa mm. huokospaineanturin (CPTU-kairaus) ja lämpötila-anturin. Puristinkairaus voidaan käyttää sekä koheesio, että kitkamaissa (ei sovellu kiviinseen moreenimaahan), puristinkairauksella voidaan arvioida maalajia, sen tiiveyttä, konsistenssia ja hienorakeisen maan ylikonsolidoitumista, maan lujuus- ja muodonmuutosparametrejä ja vedenläpäisevyyssominaisuuksia, kitka- ja koheesiopaalujen kantavuutta ja tunkeutumissyvyyttä. Savimaassa puristinkairan kärkivastus kuvastaa saven suljettua leikkauslujuutta. [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.7 Putkikairaus

Yhteisnimi menetelmille, joissa maahan painetaan tai juntataan alapäästään avointa putkea. Maa putkesta poistetaan joko paineilman tai veden avulla.

Putkikairausta käytetään yleensä muiden menetelmien apumenetelmänä:

- syvällä, tiiviiden kivisten tai lohkarakeisten kerrosten alla olevan kallion pinnan selvittämiseen,
- maanäytteiden (häiriintymätön) ottoon putkikairan läpi tai putken sisällä olevalla näytteenottimilla,
- kivisten kerrosten läpäisemiseen ja kairauksen jatkamiseen muilla menetelmillä,
- kairausvastushavainnot lyödessä,
- kallion luotettavaan selvittämiseen. [Geotekniikka OTA 464.]

### 3.3.8 SPT-kairaus (STANDARD PENETRATION TEST)

Kansainvälisesti yleisimmin käytetty menetelmä on SPT- kairaus. SPT- kairaus ei sovellu kiviin ja moreenivaltaisiin maaperiimme. Näytteenotto tapahtuu paksuseinäisellä putkinäytteenottimella, joka on ulkohalkaisijaltaan 51 mm ja sisähalkaisijaltaan 35 mm. Tätä putkea lyödään 63,5 kg painolla, 0,76 m korkeudesta maahan kolme kertaa 150 mm matka – kahden viimeisen jakson lyöntimäärien summaa kutsutaan spt-kairausvastukseksi. Se on toisin sanoen iskujen määrä 0,3 metriä kohden. Mittaus tehdään 1-2 metrin,



yleensä 1,5 metrin välein. Mittauksesta saadaan häiriintynyt näyte tutkittavaksi. Soraisissa maissa näytteenottimen päähän voidaan asettaa umpikärkikappale. SPT-kairauksesta saadaan tulokset mittausvälein. Lisäksi näytteenotto varmentaa saatua tietoa.

[Geotekniikka OTA 464.][Geotekniikan perusteet 2011]

## 4 POHJAVESITUTKIMUKSET

### 4.1 Yleistä

Pohjarakentamiseen hyvin oleellisesti vaikuttava tekijä on pohjavesi. Niinpä pohjatutkimuksissa tehdäänkin melkein aina pohjaveteen liittyviä havaintoja ja mittauksia. Pohjavedestä tutkittavia seikkoja ovat mm:

- pohjaveden pinnan syvyys
- pohjavesipinnan vaihtelut
- huokosvedenpaine
- pohjaveden laatu
- pohjaveden virtausmäärät.

Pohjaveden pinnan korkeudesta tehdään havaintoja miltei kaikissa pohjatutkimuksissa.

### 4.2 Pohjaveden pinnan korkeuden mittaaminen

Asennetaan maahan pohjavesiputki, jossa on siiviläputkiosuus. Putkesta mitataan veden pinnan etäisyys maanpinnasta (mittanauhan päässä anturi, joka hälyttää kun anturi koskettaa vettä).

Pohjatutkimusten yhteydessä pohjaveden pintaa voidaan havainnoida tilapäisistä kohteista kuten kairaus- ja näytteenottorei'istä, kaivoista, maastosta sekä ns. pohjavesilampien pinnasta. Näin saadaan tietoa pohjavesipinnan syvyydestä, pinnan vaihtelusta, pohjaveden virtaussuunnista ja -määristä sekä näytteiden avulla myös pohjaveden laadusta.

### **4.3 Huokosvedenpaineen mittaus**

Maan leikkauslujuus on riippuvainen huokosvedenpaineesta. Erityisesti maarakenteissa kuten penkereet, maapadot, luiskien vakavuus tarvitaan huokosvedenpaineen mittausta. Mittauslaitteessa on huokoskiviosa, jonka kautta huokosvesi pääsee suojaputken sisällä olevaan mittausputkeen. Paine mitataan painemittarilla tai vedenpinnan korkeushavaintona.

### **4.4 Vesimenekkimittaus**

Vesimenekkimittaus tarkoittaa kallioon tehtyyn reikään tunnetulla paineella tietyssä ajassa menevän vesimäärän mittausta. Mittauksella selvitetään kallion raon tai kallion osan vedenjohtavuutta, jolloin saadaan koareiän ympäristön vesimenekkiprofiili, jota käytetään kallion vuotovesimäärien, rikkonaisuuden ja tiivistämistarpeen arvioimiseen.

## 5 KOHTEEN ESITTELY

Rakennuskohteena oli vanha koulurakennus, jonka oli suunnitellut arkkitehti Armas Rankka vuonna 1938.

Koulurakennukseen tehtiin opetustilojen kunnostamista ja huoneiden uudelleen jakoa. Välipohjia siirrettiin osittain. Uusia WC-tiloja sijoitettiin rakennukseen. Hissi ja portaat uusittiin ja sijoitettiin eri paikkaan. IV-konehuone rakennettiin kellaritiloihin ja LVIS-tilamuutoksia tehtiin kerroksiin.

Tontin piha-alueelle rakennettiin kuusikerroksinen asuinkerrostalo, johon tuli 62 asuntoa keskikooltaan 25 m<sup>2</sup>. IV-konehuone tuli rakennuksen katolle. Sisäpihalle tuli pihakansi ja alle parkkihalli.

Kohteen nimi oli Kiinteistö Oy Arkadiankatu 28. Sijainti Arkadiankatu 28, 00100 Helsinki (etu-Töölö).

Rakennuttajana toimi: Helsingin kauppakorkeakoulun ylioppilaskunta KY.

Rakennuttaminen ja projektinjohto: Sato-Rakennuttajat Oy

Arkkitehtisuunnittelu Evata Finland: pääsuunnittelija Vesa Pekka Erikilä ja arkkitehti Esko Kaasinen.

Rakennesuunnittelu: koulurakennus Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy

Rakennesuunnittelu: uudisrakennus Insinööritoimisto Kai Kakko Oy

LVI-suunnittelu: Insinööritoimisto Asplan Oy

Sähkösuunnittelu: Sähkösuunnittelu Elbox Oy

Pohjatutkimus: Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy

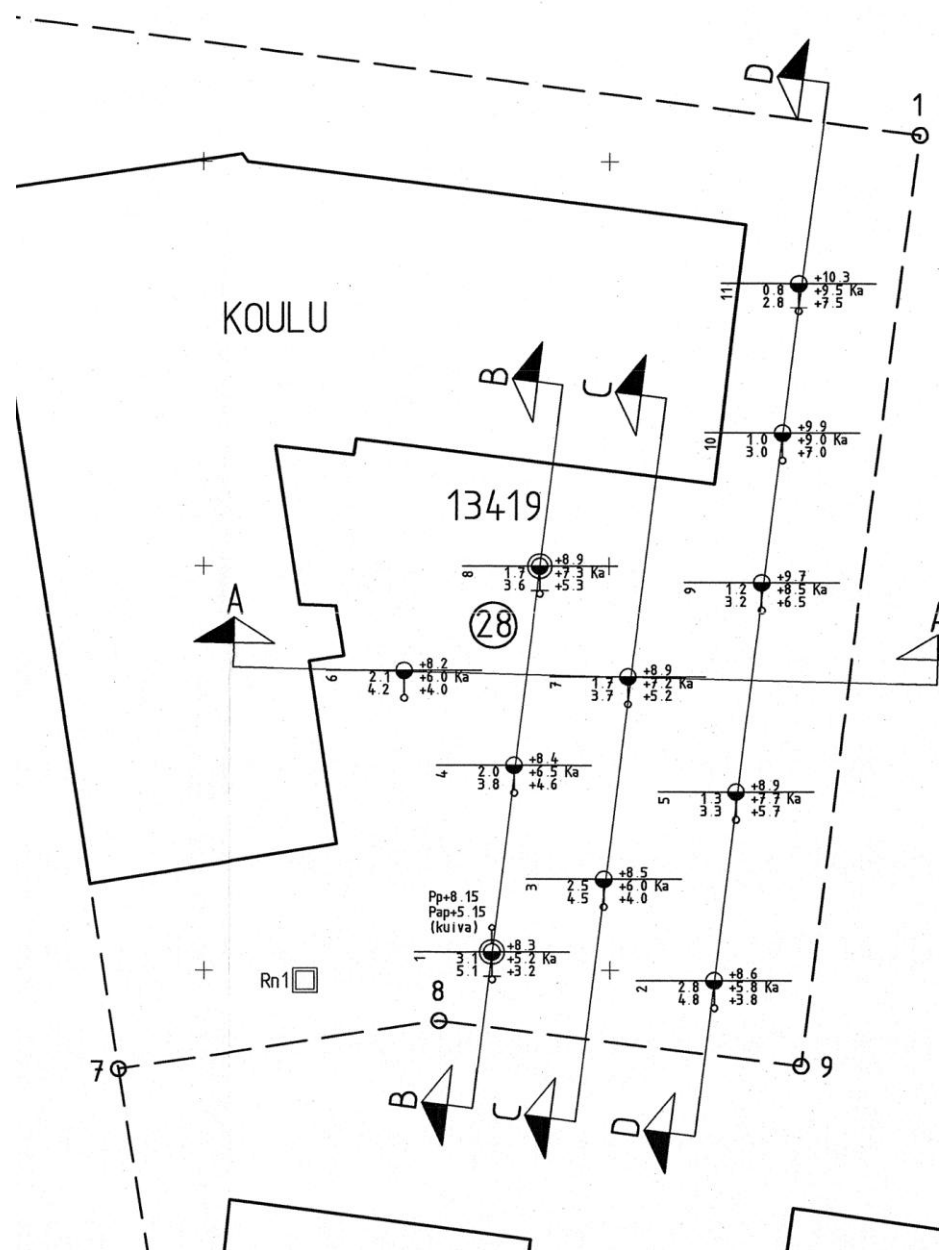
Vanhan rakennuksen kerrosala oli 3 377 ja laajennusosan 2 370. Rakennusoikeuden kerrosala oli 5 900. Hankkeen kokonaispinta-ala oli 3 250 m<sup>2</sup>, kokonaistilavuus 9 121 m<sup>3</sup> ja muutosalue 4 048 m<sup>2</sup>.

## 6 KOHTEEN POHJATUTKIMUS

### 6.1 Yleistä

Tilaaajan toimeksiannosta Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy oli suorittanut helmikuussa 2005 pohjatutkimuksen tontilla. Pohjatutkimuksen tarkoituksena oli ollut selvittää pihan maaperäolosuhteet. Pohjatutkimusta täydennettiin kahdella paino- ja porakonekairauksella toukokuussa 2007.

Tutkimuspisteiden sijainti ilmenee seuraavasta tutkimuskartasta (kuva 3).



Kuva 3. Pohjatutkimuskartta

## 6.2 Tutkimukset

Maaperäolosuhteiden selvittämiseksi oli yhdessätoista tilaajan määrittämässä pisteessä tehty painokairaus sekä porakonekairaus kallioon. Yhteen pisteeseen oli asennettu pohjaveden havaintoputki ja yhdessä pisteestä oli otettu kolme maanäytettä, joista laboratoriossa oli tutkittu rakeisuus ja vesipitoisuus. Lisäksi oli kahdesta pisteestä otettu maanäytteitä mahdollisen pilaantuneisuuden selvittämiseksi. Yhdessä pisteestä oli mitattu maaperän huokosilman radonpitoisuus.

Kairautulokset on esitetty leikkauspiirustuksessa (Liite 1, Liite 2, Liite 3 ja Liite 4) ja maanäytteiden geoteknisten tutkimusten tulokset lomakkeessa (Liite 5). Radontutkimuksen tulokset ovat lomakkeessa (Liite 6). Piirustuksissa käytettyjen geoteknisten merkintöjen selitykset ovat liitteissä 7 ja 8.

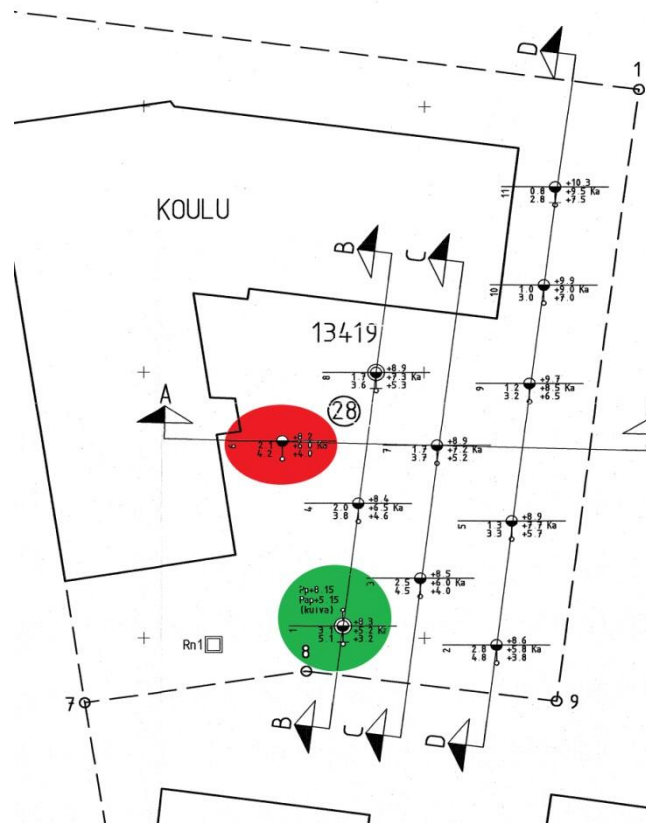
Tutkimuspisteiden mittauksen ja vaaituksen suoritti Geomap Oy tilaajan toimesta.

## 6.3 Maaperä

Tutkimusalue sijaitsi sisäpihan alueella, jossa maanpinnan korkeus vaihteli kairauspisteissä tasovälillä +10,3 – +8,3. Maanpinta vietti pääasiassa lounaaseen. Maaperä koostui asfaltin ja pihan päällysrakenteen alapuolella pääosin moreenikerrostumasta, joka noin 0,5–1,5 metrin paksuisen löyhän tai keskitiiviin pintaosan alapuolella oli rakenteeltaan tiivistä. **Pisteessä 6** oli kairaushavaintojen perusteella arvioitu esiintyvän ohut savilinssi. Kallionpinta oli tutkimuspisteissä tavattu 0,8–3,1 metrin syvyydellä maanpinnalta.

Maaperä oli routivaa ja märissä olosuhteissa käsiteltäessä helposti häiriintyvää. Pohjavettä ei 22.2.2005 esiintynyt kallionpintaan asti ulotetussa havaintoputkessa **pisteessä 1**, joten pohjavedenpinta sijaitsi kalliopinnan alapuolella.

Ohessa pisteet 1 ja 6 kartalla (kuva 4).



Kuva 4. Pohjatutkimuskartta

#### 6.4 Perustamisolosuhteet

Alueelle tulevat rakenteet voitiin tulevasta korkeusasemasta riippuen perustaa joko maanvaraisena tiiviin moreenikerrostuman varaan tai tämän päälle huolellisesti tiivistetyn mursketäytteen varaan käyttäen geoteknisenä kantavuutena arvoa  $0,4 \text{ MN/m}^2$  tai vaihtoehtoisesti kalliolle.

Ehjän kallion geoteknisenä kantavuutena voitiin käyttää arvoa  $4,0 \text{ MN/m}^2$ . Perustukset voitiin myös rakentaa kallion päälle huolellisesti tiivistetyn murskepatjan varaan käyttäen geoteknisenä kantavuutena arvoa  $0,4 \text{ MN/m}^2$ .

## 6.5 Radon

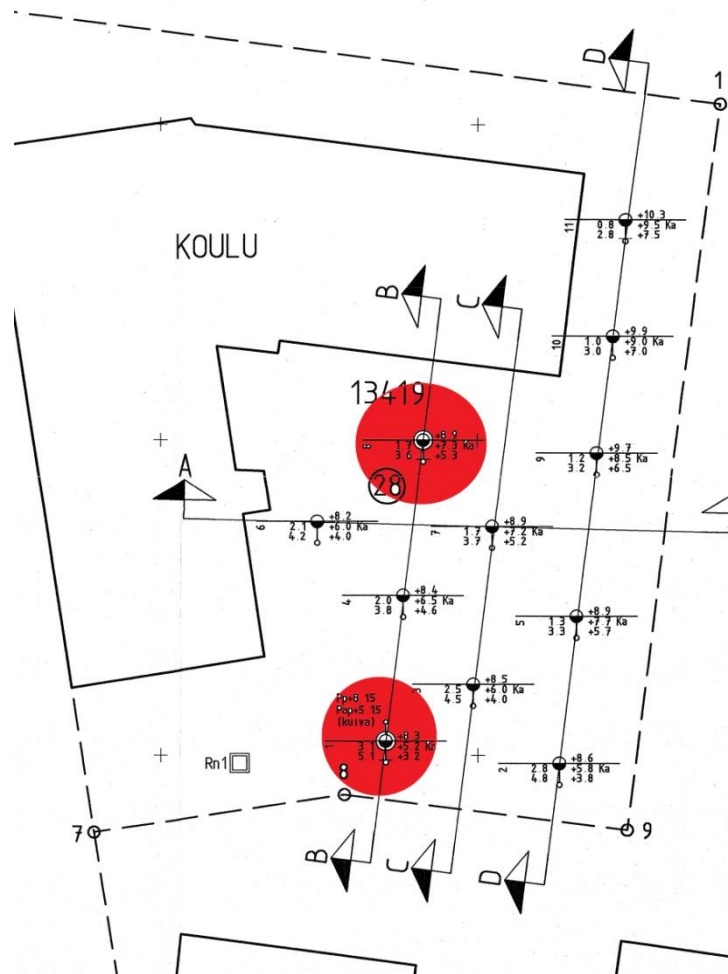
Maaperän huokosilman radonpitoisuus oli määritetty yhdessä pisteessä. Pisteeseen asennettiin maastotöiden yhteydessä alapäästään avoin radonputki, josta 11.3.2005 otettiin huokosilmanäyte. Ilmanäytteen radonpitoisuus määritettiin Pylon AB-5 emanometrillä. Syvyystekijöillä korjattu radonpitoisuus oli ollut 2 660 Bq/m<sup>3</sup>. Tämän mukaan maaperä kuului alhaiseen radonluokkaan radonaktiivisuudeltaan  $Rn_a < 1$ . Tämä edellytti normaalia, huolellista rakentamista. (Liite 6)

## 6.6 Maaperän pilaantuneisuusselvitys

Tutkimusalueelta otettiin maaperänäytteitä kahdesta tutkimuspisteestä (kuva 5). Edustavia ympäristönäytteitä otettiin monitoimikairalla vajaan kahden metrin syvyydestä maanpinnasta. Monitoimikoneen näytteenottimena käytettiin kierrekairaa ja sulkijalla varustettua putkiotinta. Tällä menetelmällä saatiin maaperästä jatkuva näytesarja. Näytteenottojen yhteydessä eriteltiin silmämääräisesti maaperätiedot sekä mahdollisten täyttöjen laatu.

Tutkimuspiste 8:n alueella oli rakennekerrosten seassa tiilenpaloja noin 0,1–0,8 metrin syvyydellä maanpinnasta. Metallipitoisuudet määritettiin röntgenfluoresenssianalysointilaitteilla pisteistä 1 (0,0–0,8 metriä) ja 8 (0,1–0,8 metriä). Pisteissä 1 (0,0–0,8 metriä) ja 8 (0,1–0,8 metriä) analysoitiin HNU-hiilivetykenttätitestillä öljyhiilivetyjen pitoisuus.





Kuva 5. Pohjatutkimuskartta

Kaikki metalli- ja hiilivety määritykset tehtiin laboratoriossa.

Alustavassa pilaantuneisuusselvityksessä analysoitujen maanäytteiden metallien ja öljyhiilivetyjen pitoisuudet eivät ylittäneet tutkittujen haitta-aineiden osalta ko. yhdisteelle annettua SAMASE-ohjearvoa (SAastuneiden MAiden SELvitys) (Liite 9).

## 7 MAAPERÄN PILAANTUNEISUUSSELVITYS KAIVANNOSTA

Maankaivutöiden yhteydessä havaittiin tontin sisäpihalla runsaasti tiilenpaloja sisältävää maa-ainesta. Vanhan rakennuksen puoleiselta rakennuksen osalta otettiin kaksi maanäytettä kokoomanäytteinä perustusten viereisestä kaivannosta. Näytteistä analysoitiin laboratoriossa InnovX XRF -kenttätesteillä raskasmetallipitoisuudet ja PetroFLAG-kenttätesteillä öljyhiilivetyypitoisuudet. PetroFLAG-menetelmä kuuluu turbidimetriin kenttätesteihin. PetroFLAG-menetelmä perustuu määritettävän aineen ja testireagenssin välisessä reaktiossa syntyneen reaktiotuotteen aiheuttamaan samentuman mittaamiseen.

Maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytetään valtioneuvoston asetuksen 214/2007 arvoja, jolloin maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava, jos yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää kynnsarvon. Maaperää pidetään yleensä pilaantuneena alueella 1=lievä haju, joka käytetään teollisuus-, varasto- tai liikennealueena tai muuna vastavana alueena, jos yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää ylemmän ohjearvon. Muualla kuin kohdassa 1=lievä haju tarkoitetulla alueella maaperää pidetään pilaantuneena, jos yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää alemman ohjearvon.

Tässä pilaantuneisuusselvityksessä analysoitujen maanäytteiden metallien ja öljyhiilivetyjen pitoisuudet eivät ylittäneet tutkittujen haitta-aineiden osalta ko. yhdisteille annettuja kynns- tai ohjearvoja. (Liite 10).

[Pohjatutkimusraportti.]

## 8 RAKENNUKSEN KATSELMUS

### 8.1 Yleistä katselmuksista

Maassamme on tärinätekniisten töiden yhteydessä suoritettaviin rakenteiden ennako- ja jälkitarkastuksiin erikoistuneita konsulttitoimistoja. Näiden tarkastusten suoritus ja mahdollisten räjäytystöistä aiheutuneiden vaurioiden tarkastelu ja arviointi vaatii sekä rakenneteknisen että vankan tärinätekniikan tuntemuksen ja ennen kaikkea laajan käytännön kokemuksen.

Kiinteistökatselemukset suoritetaan maassamme piirtämismenetelmällä, joka on useimmissa vaativissa työkohteissa suurten rakennuttajien urakka-asiakirjoissa vaatima tarkastusmenetelmä. Tätä menetelmää voidaan tarvittaessa täydentää valokuvoin tai videoimalla, mutta pienten halkeamien havaitsemiseen niistä ei ole apua. Piirtämismenetelmä on havainnollisuutensa ja selvyytensä vuoksi parempi ja esimerkiksi Ruotsissa ainoa vakuutusyhtiöiden hyväksymä katselmuksista. Katselmusten tarkoituksena on kirjata ylös oleelliset halkeamat, jotka silmin ovat havaittavissa kohtuulliselta etäisyydeltä (käytännössä 1,5 metriä).

Tarkastuksissa ei ole tarkoituksenmukaista kirjata pieniä vikoja ja ominaisuuksia mm. rakennusmateriaaleissa tai niiden normaalista kutistumisesta, kuivumisesta ja elämisestä johtuvia muutoksia, koska ne ovat tyypiltään täysin poikkeavia tärinöiden aiheuttamista vaurioista sekä selkeistä rakennemuutoksista.

Pidetyistä katselmuksista riippumatta saattaa syntyä erimielisyyksiä esitettyjen vauriovalitusten arvioinnissa.

Kaikkia mahdollisia puutteita ei pystytä eikä ole tarve kirjata katselmuksisiin. Yleisimmin erimielisyyttä syntyy puu- ja levy materiaalien kutistumisilmiöistä. Tähän vaikuttavat mm. olosuhdemuutokset eri katselmusten välillä, valaistus, lämpötila ja kosteus, ts. erottuvatko viat erinäköisinä erilaisissa olosuhteissa tarkasteltuina.

Katselmuksipöytäkirjoihin ei pyritä kirjaamaan kaikkia mahdollisia puutteita ja huomautuksia, vaan niissä keskitytään ainoastaan seikkoihin, joilla on merkitystä tehtävän työn vaikutusten arvioinnissa, ts. niihin ei pyritä kirjaamaan

kaikkia normaaleja materiaaliominaisuuksia, eikä mahdollisesti jossain muussa yhteydessä vioiksi, puutteiksi vai vaurioiksi luettavia seikkoja.

Vaurioselvittelyssä on huomioitava kaikki esitetyn vian/vahingon/ilmiön aiheuttajina olevat tekijät kuten normaalit materiaaliominaisuudet, lämpötila- ja kosteusmuutosten aiheuttamat liikkeet, poikkeamat katselmusolosuhteissa alku- ja loppukatselmusten välillä sekä mahdollisesta katselmusrajausten ja -tarkkuuden muuttamisesta aiheutuvat luonnolliset lisäkirjaukset.

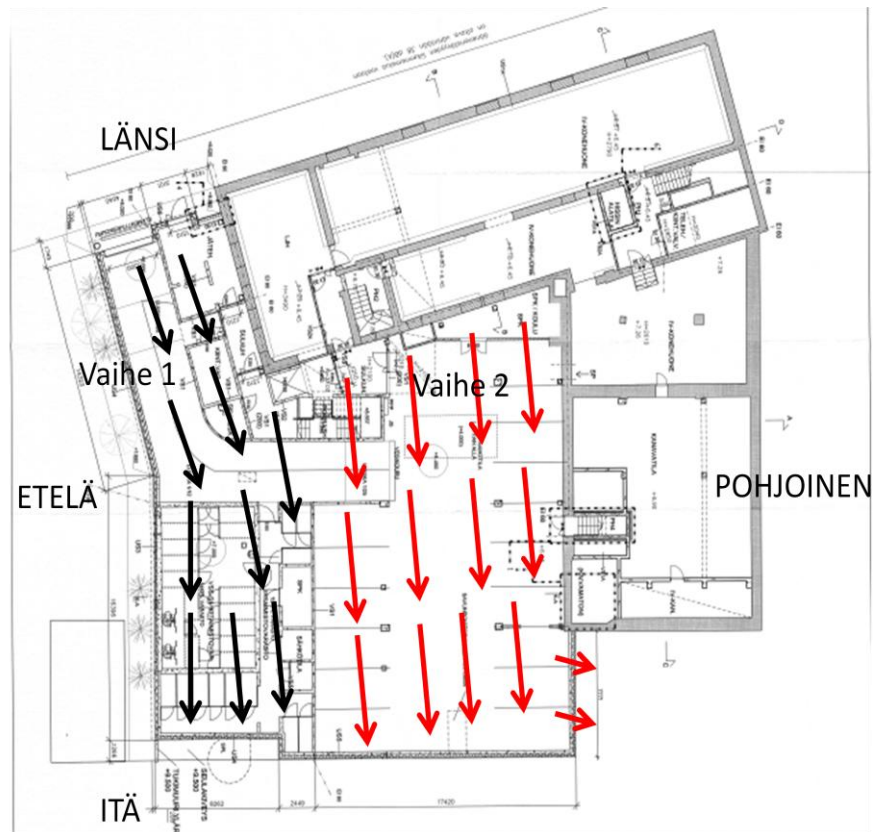
Alkukatselmuksissa vältetään epäoleellisten vikojen kirjaamista, koska muussa tapauksessa saattaa käydä niin, että liiallinen pikkutarkkuus saa aikaan syytöksen aiheettomasta, ennakoivasta ja väärästä vauriomerkinästä. Samaa voidaan esittää myös kirjauksista, joiden ei katsota kuuluvan tarkastuksen piiriin (materiaalien normaalit ominaisuudet, kutistumisilmiöt, niin vähäiset viat, ettei niitä kaikkia kuitenkaan voi havaita ym.). Puolueeton katselmusmies ei voi kirjata vaurioiksi asioita vain sillä perusteella, että jossain tapauksessa joku on aiemmin saattanut tai voi asiantuntemattomuuttaan vastaisuudessa luulla ko. vikaa esim. tärinävaurioksi.

[Rakennustieto.fi.]

## 9 MAANRAKENNUSTÖIDEN ETENEMINEN

### 9.1 Maanrakennustyöt

Maanrakennustöiden kaivuun eteneminen on havainnollistettuna oheisessa piirustuksessa (kuva 6). Mustilla nuolilla merkitty kohta kaivettiin ensin (vaihe 1), jonka jälkeen kaivettiin punaisilla nuolilla merkitty alue (vaihe 2).



Kuva 6. Maankaivusuunnitelma

Ensimmäisenä koko tontilta poistettiin kaikki asfaltti. Asfaltin poiston jälkeen maa-aines kaivettiin pois kerroksittain vaiheen 1 alueelta. Kaikki maa-ainekset eroteltiin toisistaan.

Maan kaivaminen oli järkevää aloittaa uuden talon kohdalta, jotta päästäisiin rakentamaan kerrostalon pohjia mahdollisimman pian. Punaisilla nuolilla merkitylle alueelle tuli parkkihalli. Alueen keskelle suunniteltiin nosturin paikka.

Kaivaminen aloitettiin länsipuolelta suuntautuen pohjoiseen. Kaivettava alue oli neliön muotoinen. Länsipuolella tonttia oli vilkkaasti liikennöity katu, joten maa-aineiden poiskuljetusta ei haluttu toteuttaa tämän kadun kautta. Tontille

oli kulku myös pohjoisen puolelta kadulta, joka ei ollut yhtä paljon liikennöity kuin lännenpuoleinen katu. Pohjoinen katu oli yksisuuntainen. Edellä mainittujen syiden vuoksi päätettiin kaivaa lännestä pohjoiseen.

Kuva pohjoisesta päin työmaalta, kun maa-aines oli kaivettu kallion pintaan asti melkein koko alueelta (kuva 7-8).



*Kuva 7. Kuva idästä päin työmaalta, kun maa-aines oli kaivettu.*



*Kuva 8. Kuvasta nähdään, että perustus oli kallion päällä.*

Seuraavassa kuva etelästä päin työmaalta, kun maa-aines oli kaivettu ja kallio näkyvissä (kuva 9).



*Kuva 9. Kallio nousee itään päin viistosti.*

Maankaivun yhteydessä löytyi tiilenpaloja vanhan talon läheisyydestä, jossa oli otettu näyte pohjatutkimuksessa pisteestä 8 (kuva 10). Tiilenpaloja löytyi kaksinkertainen määrä kuin pohjatutkimuksessa oli arvioitu, mistä aiheutui maanrakennuksen ensimmäinen lisätyö. Tutkimuspisteistä 10 ja 11 löytyi lisää rakennusjätettä. Maaperätutkimuksessa oli todettu asfaltin ja pihan päällysteiden alapuolisen rakenteen olevan pääosin moreenia. Koekaivannoissa oli todettu maaperän sisältävän rakennusjätettä. Tilaajan kanssa sovittiin, että tilaaja maksaa 60 prosenttia (29 459,08 € alv 0 %) jätteiden poiston kustannuksista, joten meille jäi maksettavaksi 40 prosenttia (20 000,00 € alv 0%). Tiilten palat eivät onneksi hidastaneet maanrakennustöitä, ja ne olivat samalla alueella eivätkä pitkin tonttia. Todettiin, että rakennusjätteiden määrä olisi voitu ennustaa paremmin muutamalla lisänäytteellä.



*Kuva 10. Kuva tiilenpaloista, joita löydettiin pohjatutkimuspisteen 8 kohdalta.*

## 9.2 Louhintatyöt

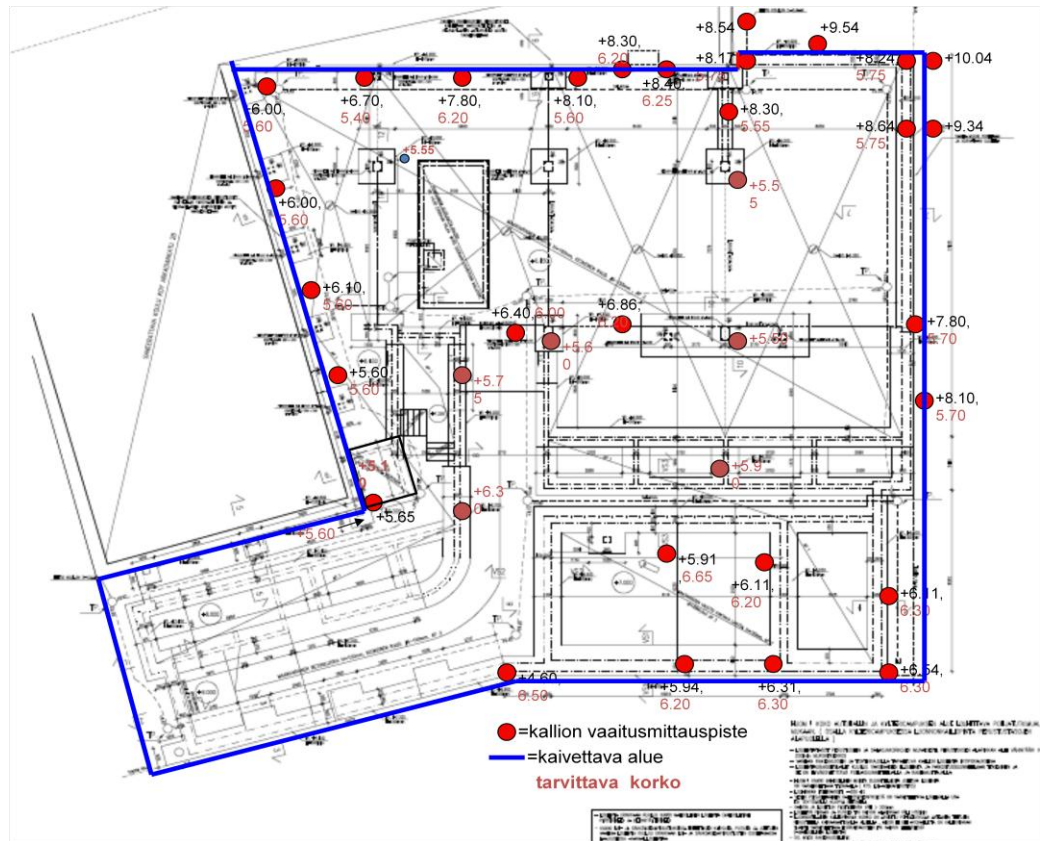
Ennen louhintatöiden aloitusta tehtiin vaaituskartta olemassa olevan kallion pinnasta. Mittaustuloksia verrattiin tarvittaviin korkoihin, ja näin saatiin selville, kuinka paljon kalliota oli louhittava. Louhintoihin varattiin aikaa 20 työpäivää. Louhinnan määräksi arvioitiin vaaituskartan perusteella 1 500 m<sup>3</sup> ja pengerkorkeus vaihteli metristä kolmeen metriin. Louhintakalustona käytettiin hydraulista poravaunua, painekompressoria, paineilmakäyttöisiä porakoneita ja kaivinkonetta, jossa oli lisälaitteina iskuvasara ja nostopuomi.

Ohessa on vaaituskartta kallion pinnasta ja tarvittavasta korkeudesta perustuksille (kuva 11). Louhinta tehtiin samassa järjestyksessä kuin maaineksen kaivaminen (katso sivu 26).

**Punainen piste** tarkoittaa mittapistettä, jonka vieressä on mustalla kallion korko.

**Purppuranpunaisella** on merkitty tarvittu korko.





Kuva 11. Vaaituskartta kallion korosta

Vaaituskartasta käy ilmi, että kalliota oli louhittava olemassa olevan rakennuksen läheisyydestä. Talon eteläpään ulkokulmassa näkyy musta neliö, johon tuli hissimonttu, joka oli louhittava todella syväälle.

Ongelmana oli, miten vanhan rakennuksen perustusten vierestä voitiin louhia vahingoittamatta rakennusta. Asiaa kysyttiin rakennesuunnittelijalta, joka ilmoitti, että suunnitelmaa ei ole. Suunnittelun raja oli vanhan rakennuksen seinässä ja tiedossa ei ollut, että rakennuksen vierestä piti louhia.

Suunnitelmia odotellessa saatiin pihan muut louhinnat tehtyä. Suunnitelmien puutteet eivät olleet vaikuttaneet aikatauluun vielä tässä vaiheessa.

Pohjatäyttöjen tekeminen ehdittiin aloittaa ennen kuin saatiin tieto, että vanhan rakennuksen perustukset piti lujituspultata 0,5 metrin välein louhittavalta alueelta. Lujituspulttaus tapahtui siten, että perustuksen ja perustuksen alla olevaan kallioon porattiin vinosti 38 mm reikä, johon asennettiin 25 mm terästanko, joka juotettiin juotosbetonilla porattuun reikään. Tämän jälkeen pystyttiin louhimaan seinän vierusta ja näin varmistettiin, ettei perustus vaurioitu louhinnasta. Porauksiin ja juotoksiin meni viikko, joten tällä välin jatket-

tiin pohjatäyttöjä, ettei aikaa mennyt hukkaan. Lujituspulttauksesta ei aiheutunut lisäkuluja, koska tontilla ei tarvinnut käyttää niin paljon teräspontteja kuin alustavissa suunnitelmissa oli arvioitu. Maaurakoitsija teki lujitepulttauksen vaihtokauppana käyttämättä jääneistä teräsponteista.

Louhinnat myöhästyivät viikolla, koska vanhan rakennuksen perustukset piti lujitepultata sisäpihalla. Seinän vierustan louhinnan jälkeen huomattiin, että rakennuksen seinän vieressä näkyviin jäävä kallio olisi syytä ruiskubetonoida kallion halkeilun estämiseksi. Tilaaja oli samaa mieltä, joten lisätyölasku ruiskubetonoinnista tehtiin seuraavasti:

- Ruiskutettava alue 30 m<sup>2</sup>, sisältäen verkot ja langat sekä ruiskubetonoinnin 7 551 € (alv 0 %).

Kun kerrostalon kohdan eli vaiheen 1 alueen täytöt oli tehty, siirryttiin tekemään pohjatäyttöjä vaiheen 2 alueelle. Samalla tehtiin rakennuksen pohjatyöt autohallin keskelle tulevalle torninosturille.

Kun maatäytöt oli saatu valmiiksi sisäpihalla, siirryttiin vanhan rakennuksen kellariin, josta piti poistaa olemassa oleva betonilattia ja maa-ainekset.

## 10 SUUNNITELMAT KELLARISSA

Sisäpuolen pohjatutkimuksessa oli tehty kaksi reikää kellarin lattiaoihin kummassakin lohkossa (kuva 12). Kuva 1 A-lohkossa ja kuva 2 B-lohkossa. B-lohkon päätyseinän alueen suunnitelmissa oli noin 58 m<sup>3</sup> louhintaa, koska ylhäältä alaspäin tulevat isot iv-kanavat oli saatava mahtumaan kanavatilassa kellarisiin.

Seuraavaan kuvaan on merkitty koekuoppien sijainti rakennuksen kellaritiloissa.



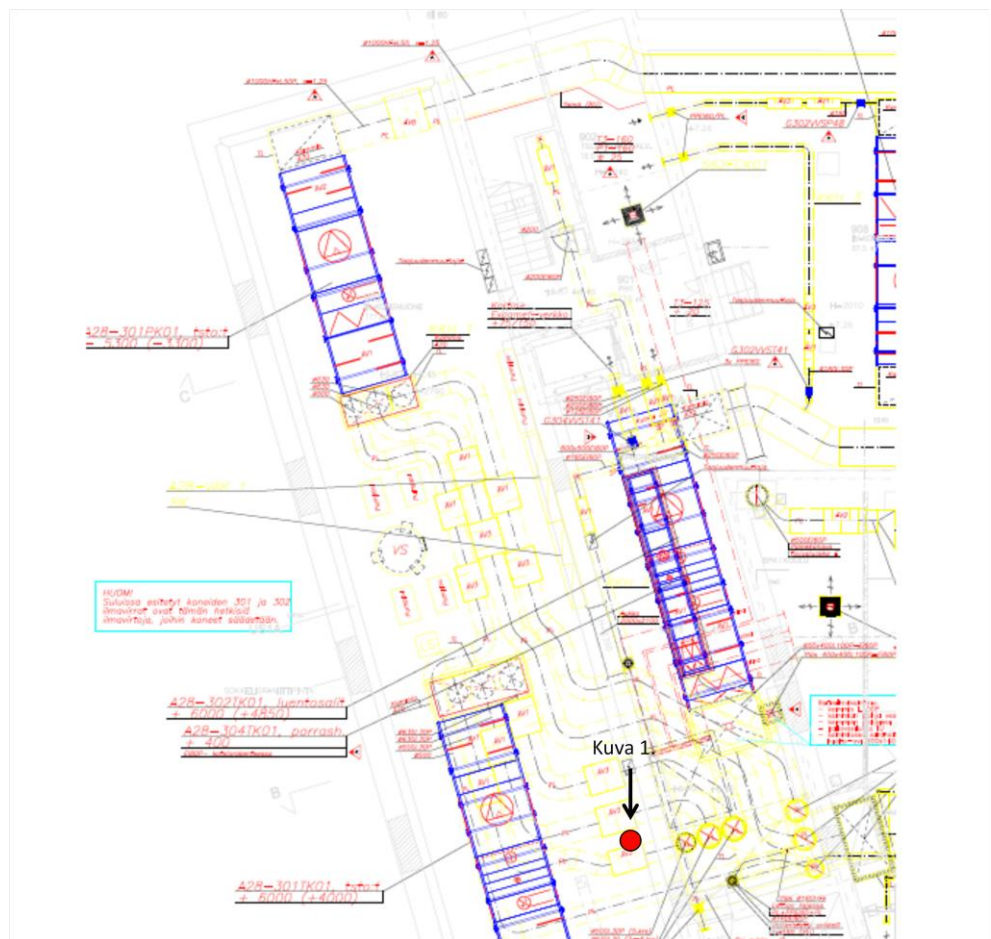
Kuva 12. Koekuoppien sijainti kellarissa (kuva 1 ja kuva 2)

A-lohkon alueelle oli suunniteltu IV-konehuone ja koneiden korkeus oli määriteltä. Lattia oli suunniteltu kokonaan purettavaksi ja uudelleen tehtäväksi. Uuden lattian pintaa laskettiin IV-koneiden vaatiman tilan verran. Seuraavassa kuvassa näkyy kuoppa, josta selvisi, että rakennuksen alla oli

vain hiekkaa (kuva 13). Koekuopasta mittattaessa oli tilassa riittävä korkeus uudelle lattialle ja IV-koneille (kuva 14).



Kuva 13. Tutkimusaukko A-kellarin lattiassa.

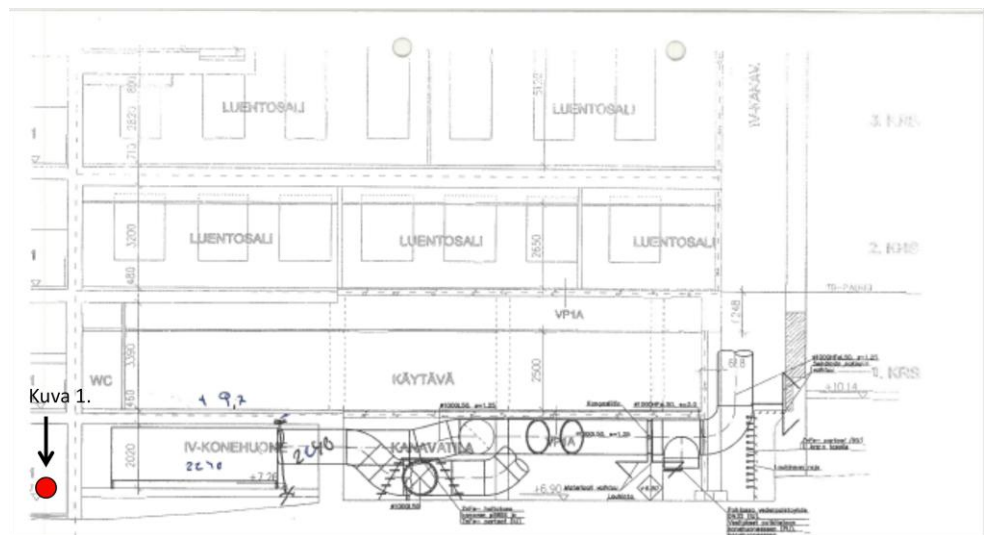


Kuva 14. IV-suunnitelma A-kellarista

Kuva 2 oli otettu toisesta siivestä taloa (B-lohko), jossa havaittiin louhetta (kuva 15), mutta tilassa riitti korkeus tekniikalle (kuva 16). Tällä alueella ei ilmennyt mitään ongelmia.



Kuva 15. Koekuoppa



Kuva 16. IV-suunnitelma B-lohkosta.

Kuten kuvasta näkyy, oikealta ylhäältä tulevat isot IV-kanavat, jotka kääntyvät alapohjatilaan. IV-kanavien kääntökohdassa oli suunnitelmien mukaan louhintaa noin 58 m<sup>3</sup>. Kanavat jatkuvat A-lohkon IV-koneille. Isojen luentosalien vuoksi ilmanvaihdon tulee olla riittävä, mistä johtuu kanavien iso koko.

## 11 KELLARIN LOUHINNAN TOTEUTUS

### 11.1 IV-konehuone (A-lohko)

Kellarista oli piikattava betonilattiat, poistettava kaikki maa-aines lattian pinnan saamiseksi alemmaksi, minkä jälkeen tuli tehdä sepelitäyttö ja uusi betonilattia.

Ongelmaksi tuli reitin suunnittelu purkujätteen ja maa-aineksen poistolle, koska kellariin ei päässyt ulkoa käsin ollenkaan. Ainut reitti oli porrashuone, ja tätä kautta aikaa meni liian kauan, olihan kellariin saatava myös täyttösepeli.

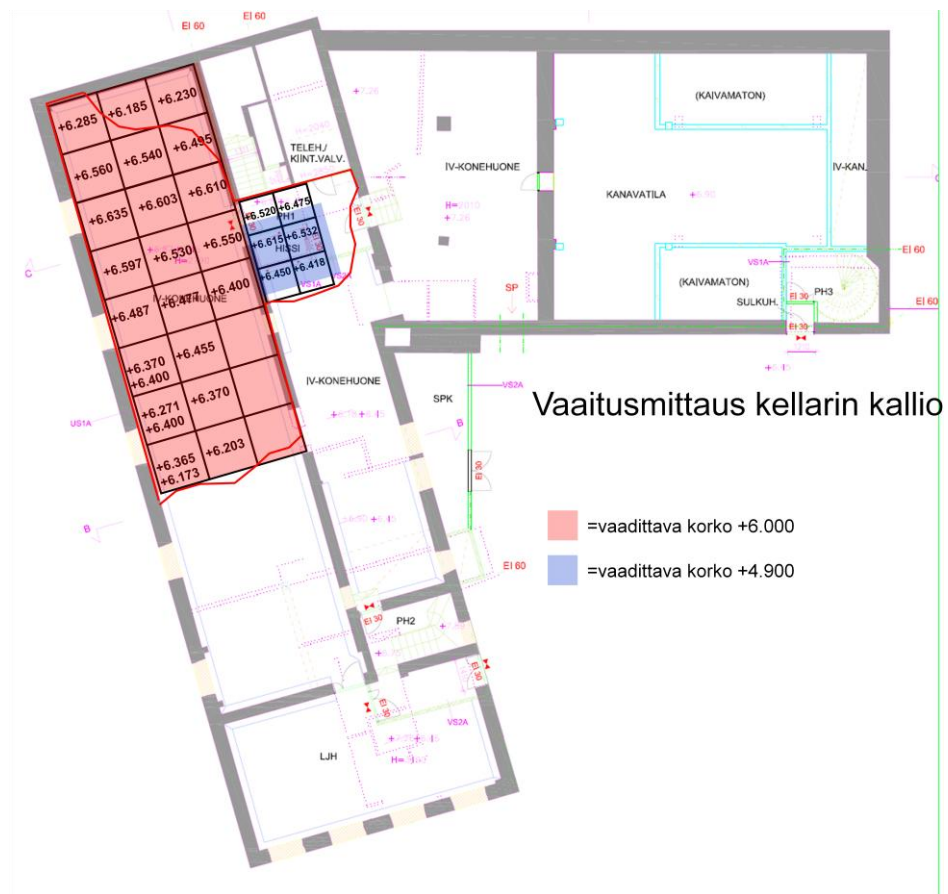
Ikkunasta ulos menevää kuljetinhihnaa voitaisiin käyttää, mutta betonijätteet joutuisi lapiomaan käsin hihnalle, mihin meni liikaa aikaa.

Asiaa tutkittiin ja todettiin, että ulkoseinään on tehtävä aukko. Aukon tekeminen on helpointa paikkaan, jossa on jo jonkinlainen aukko. Sisäpihalle päin oli aukkoja, mutta siellä oli edessä torninosturi. Kadun puolelle oli ikkuna-aukkoja, mutta kadun olisi joutunut kaivamaan auki. Talon eteläpäädyssä sen sijaan oli ikkunoita, jonne aukko olisi paras tehdä ikkunan kohdalle. Ainut ongelma oli, että uusi kerrostalo tuli kiinni vanhaan rakennukseen valitun aukon kohdalla.

Niinpä kerrostalon elementtiasennussuunnitelmaa muutettiin niin, että vanhan talon kohdalle ei asennettaisi elementtejä vielä tässä vaiheessa. Perustukset kyllä tehtiin, jotka sitten haudattiin sepelillä vaurioitumisen estämiseksi, koska perustusten päältä ajettiin Bobcat-kuormaajalla. Ikkunan kohdalle tehtiin aukko, josta Bobcat-kuormaaja ja pienin mahdollinen kaivinkone mahtuivat ajamaan.

Kun kaikki maa-aines oli saatu ulos kellarista, tein samanlaisen kallion vaaituskartan kuin piha-alueelta (kuva 17). Betonipiikkaukset ja betonijätteen poisto kuuluivat purku-urakoitsijalle, joka oli tehnyt oman sopimuksensa mukaiset työt ennen maarakennusurakoitsijaa.

Vaaituskartasta kävi ilmi, että IV-koneet eivät mahtuneet korkeuden puolesta tilaan ilman louhintaa. Louhintaa taas ei ollut otettu huomioon suunnitelmisissa, koska kallioista ei tiedetty. Rajatulle punaiselle alueelle tulivat IV-koneet, jotka tarvitsivat koroksi +6 000, joten louhittavaa oli 0,2–0,7 metriin.

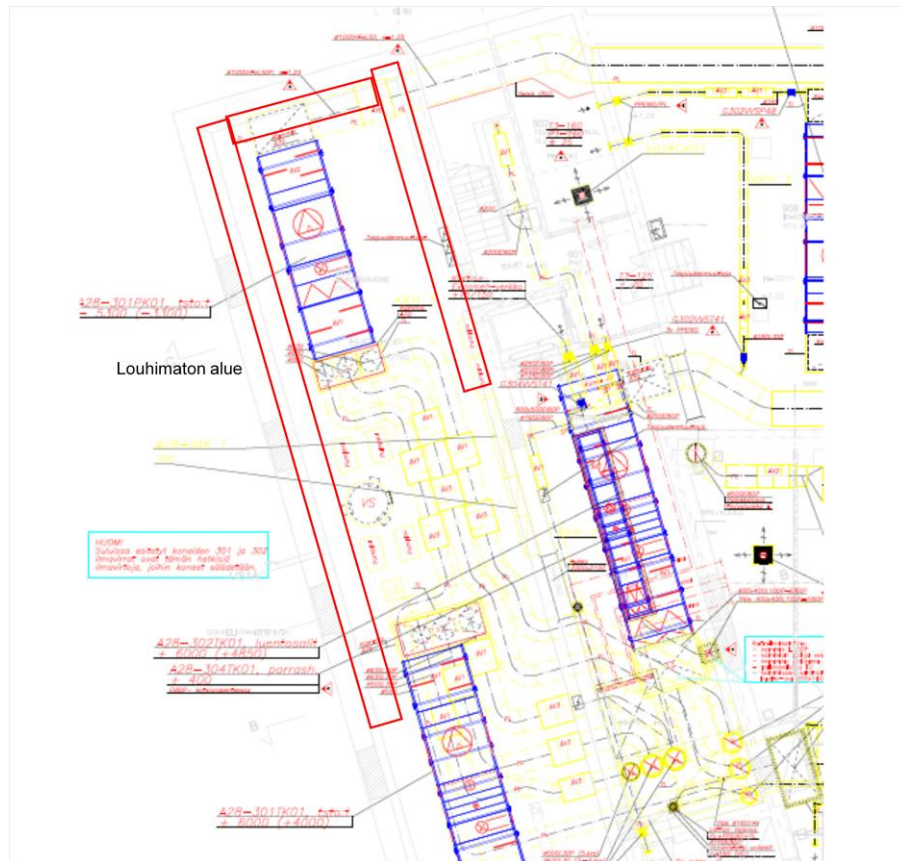


Kuva 17. Kallion vaaituskartta, IV-konehuone

Tässä vaiheessa tuli pelko siitä, että elementtiasennus talon päädyssä myöhästyi liikaa. Tätä varten ei ollut suunnitelmia.

Ongelma oli sama kuin talon sisäpihalla louhittaessa: rakennuksen perustukset voivat vahingoittua louhinnan aikana. Rakennesuunnittelijalta pyydettiin suunnitelma kellarin louhintaan.

Suunnitelma saatiin nopeasti, ja sen mukaisesti rakennuksen reunoille jätettäisiin puolen metrin louhimaton alue ja perustukset lujituspultattaisiin louhitavalta alueelta (ks. punaiset laatikot seuraavassa kuvassa)(kuva 18).



Kuva 18. Louhimaton alue ja iv-koneiden sijoituspaikat

Louhinta ja louheen poisto kesti kymmenen työpäivää, mikä vaikutti aikatauluun huomattavasti.

Kun louhinta ja louheen poisto oli tehty, pystyttiin laskemaan lisätyö, joka oli seuraavanlainen;

- louhinta 100 m<sup>3</sup>,
- Bobcat ja pieni kaivinkone,
- mittaukset/tärinämittaukset,
- lujituspulttaus,
- räjäytykset/suojaukset,
- lisäaikavaade kaksi viikkoa.

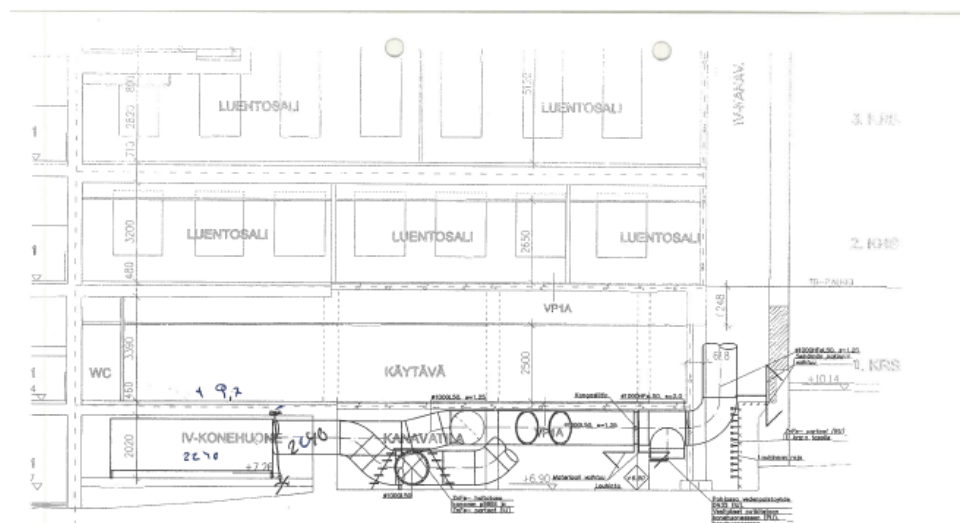
Kaikki yhteensä 47 863,87 € (alv 0 %).



## 11.2 Talon alapohjatila (B-lohko)

A-lohkosta siirryttiin talon toiseen osaan (B-lohko), josta oli tarkoitus poistaa kellarikerroksen betonilattia ja maa-aines sekä tehdä sepelitäyttö aivan kuten A-lohkoissa. Ero A-lohkoon oli, että B-lohkoissa poistetun kellarin lattian tilalle ei tullut uutta lattiaa vaan pelkästään sepeli. Tila jäi tekniikatilaksi, siihen sijoitettiin metrin halkaisijaltaan olevat rakennuksen IV-kanavat (kuva 19). Kanavat tulivat kulkemaan tilan läpi A-lohkon IV-konehuonetilaan (kuva 20). Suunnitelmissa oli tilan 58 m<sup>3</sup> louhinta, ja tila tulisi kaivaa alemmas +6,900 korkoon. Lisäksi ensimmäisestä kerroksesta tulisi kulkemaan portaat sisäpihan autohalliin. Autohallin lattian korko oli +6,45, jotenkin portaiden kohtaa tulisi tarkastella ja selvittää, tarvitaanko louhintaa.

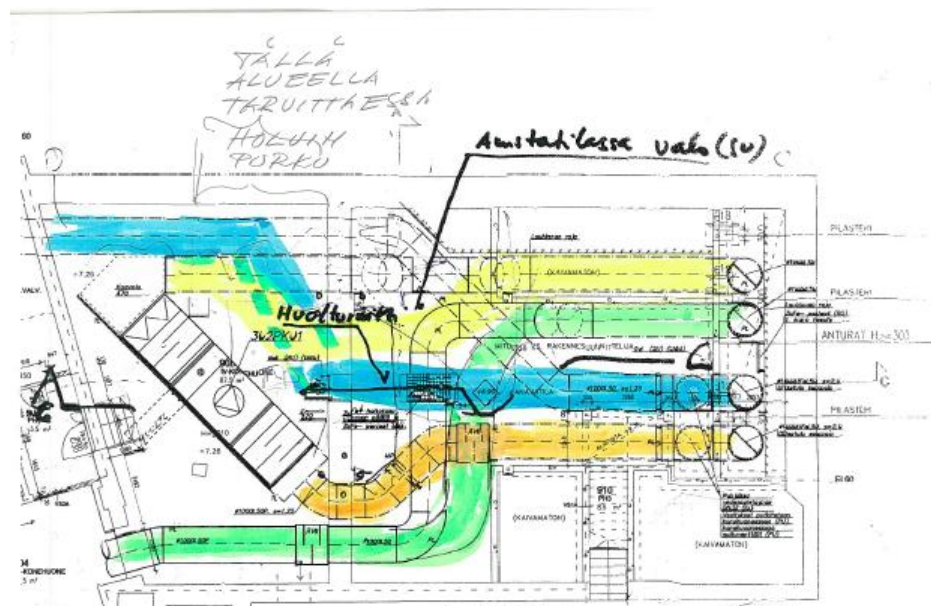
Kellarikerroksen holvin korkeus tulisi muuttumaan. Suunnitelmissa oli, että kaksi ylemmää holvia purettaisiin pois, koska muuten yhdestä kerroksesta olisi tullut liian matala johtuen kellarin lattian laskusta ja kellarin tilan korkeuden muutoksesta. Näin kaksi ensimmäistä kerrosta tulisi eri korkeuteen kuin aiemmin.



Kuva 19. IV-kanavat B-lohkoissa

Putkien täytyi mahtua rakennuksen alapohjaan, ja portaiden piti tulla tasoon +6,45 eli samaan tasoon autohallin lattian kanssa. Alkuperäinen suunnitelma louhinnan korosta oli +6,900. Suunnitelmista poiketen uusien suunnitelmien mukaisesti alapohjatila täytyi louhia +6,300 korkoon. Koron muutos aiheutti lisätyön, jonka kustannukset saatiin selville, kun työ oli saatettu loppuun.

Yläpuolelta oli poistettu kokonaan kahden kerroksen holvi, joka heikensi rakennuksen vahvuutta. Aluksi rakennesuunnittelija oli suunnitellut massiiviset teräsrakenteet tukemaan rakennusta louhinnan ajaksi. Lupa toteuttaa louhinta pienemmillä ja vähemmällä teräsrakenteilla kuitenkin saatiin, koska louhinta suoritettiin vain pientä panostusta käyttäen.



Kuva 20. B-lohkon IV-suunnitelma

Maa-aineksen ja louheen poisto oli hankalaa, koska rakennukseen ei voinut tehdä aukkoja, joiden kautta olisi voinut ajaa sisään kaivinkoneella tai pyöräkoneella. Koska aukon toteutus A-lohkoissa onnistui, B-lohkoissa päätettiin toimia samoin. Ikkuna-aukon kohdalle tehtiin ovi, eli seinä purettiin perustuksiin asti. Pitkän pohdinnan jälkeen päätettiin, että B-lohkoissa käytettäisiin samaa pientä kaivinkonetta kuin A-lohkoissa, koska kyseinen kaivinkone saataisiin mahtumaan tehdystä oviaukosta sisään.

Maa-aines ajettiin Bobcat-kuormaajalla ulos pienen kaivinkoneen avustamana. Tätä ennen purku-urakoitsija oli suorittanut piikkaukset ja vienyt betonijätteen ulos samaa reittiä. Betonilattioiden purku sisältyi purku-urakkaan.

Kun kaikki maa-aines oli saatu ulos, tein samanlaisen vaaituskartan kuin A-lohkosta (kuva 21). Kartasta ilmeni, että louhintaa olisi enemmän kuin suunnitelmassa (58 m<sup>3</sup>) ja jo koron muutos oli aiheuttanut lisätyön. Nyt lisälouhintaa oli 100 m<sup>2</sup> alueella kaiken kaikkiaan 234 m<sup>3</sup>, joka laskettiin tekemästäni vaaituskartasta. Lisätyö saatiin tehtyä louhintojen ja louheen poiston loputtua.



Kuva 21. Vaaituskartta, B-lohko.

Kun maa-aines oli saatu pois kallion pintaan asti, aloitettiin lujitepulttaukset kallioon ja perustuksiin. Tämän tarkoituksena oli varmistaa, että perustukset eivät hajoaisi räjäytyksissä eikä kallio lohkeaisi sieltä, mistä ei ollut tarkoitus louhia kalliota. Lujituspulttauksia rakennuksen sisällä ei ollut suunnitelmassa.

Kun pieni kaivinkone oli saatu sisälle, liukuhihna asennettiin johtamaan ovi-aukon vieressä olevasta ikkunasta ulos. Kaivinkone kauhoi louhetta liukuhihnalle, ja näin saatiin louhittu louhe ulos rakennuksesta.

Räjäytyksiä tehtiin aina sen jälkeen, kun irtolouhe oli poistettu kaivinkoneella seuraavan räjäytyksen kohdalta. Sisätiloissa pienetkin räjäytyksen tuntuivat

suurilta. Rakennus tärähti räjäytyksen voimasta. Rakennukseen asennetuista tärinämittareista tarkistettiin jokaisen räjäytyksen jälkeen tärinämittausarvot, jotka eivät olleet liian suuria eivätkä ylittäneet asetettuja raja-arvoja.

Louhinta kesti 16 työpäivää sisältäen louheen poiston tilasta.

Louhinnan lisätyöt koostuivat seuraavista:

- louhinta 234 m<sup>3</sup>,
- louhinnan poisto koneella,
- tärinämittaus, mittaukset,
- irtiporaukset, sisä- ja ulkopuoliset lujituspulttaukset,
- teräsrakenteet ja kiinnikkeet.

Kaikki yhteensä 185 045 € (alv 0 %).

Kun kaikki louhinnat oli vihdoinkin tehty melkein loppuun, tuli vastaan ongelma koskien autohalliin vieville portaille tehtävää aukkoa. Talon perustukset olivat kallion päällä, ja louhinta oli toteutettava kallion läpi autohalliin, eli kalliota oli poistettava perustusten alta. Tätä ei uskallettu tehdä räjäyttämällä. Rakennesuunnittelijalta pyydettiin suunnitelmaa. Suunnitelmaa ei kuitenkaan saatu, mikä johtui siitä, että uudisrakennuksessa ja saneerattavassa rakennuksessa oli eri rakennesuunnittelijat. Koska kyseinen aukko oli rakennusten välisellä rajalla, kumpikaan rakennesuunnittelija ei ollut suunnitellut eikä kumpikaan ollut halukas suunnittelemaan ko. aukon tekoa. Lopulta pohjatekniikan suunnittelija teki tarvittun suunnitelma. Sen mukaisesti aukon yläpuolelle molemmille puolille tulisi betonivalupalkit, ja sen jälkeen kallio timanttivaijerisahattaisiin pois. Valupalkille tehtäisiin tartunnat läpi perustusten. Näiden palkkien tarkoitus oli kannatella perustusta, kun alapuolelle tehdään aukko.



*Kuva 22. Timanttivaijerisaha*

Timanttivaijerisaha toimi niin, että ensin porataan kalliosta läpi kahdesta kohdasta (kuva 22). Näistä reistä laitetaan vaijeri, joka kiristetään koneella, ja kone alkaa pyörittää vaijeria (kuva 23). Timanttivaijeri hiertää ja alkaa leikata kalliota. Oviaukko sahattiin kahdeksaan palaa, koska muuten olisi ollut vaikea liikutella isoja kallion paloja.



*Kuva 23. Timanttisahavaijereita*

Oviaukon muutostöistä tuli seuraavanlainen:

- lisäpurku, pulttaukset.
- raudoitukset, muottityö, betonointi, muotinpurku.

Edelliset yhteensä 5 817 € (alv 0 %).

## 12 LOPPUPOHDINNAT

Tavoitteena oli tutkia rakennushankkeen maanrakennustöiden sujuvuutta ja toteutusta olemassa olevien suunnitelmien mukaan sekä vastaan tulevien ongelmien ratkaisuja ja niiden kustannuksia. SRV Rakennus Oy halusi teettää tutkimuksen tulevaisuuden varalle omien kohteidensa toteutusta varten.

Kohteen pohjatutkimus oli tehty normaaliin tapaan. Tutkimuspisteitä oli normaali määrä rakennettavan alueen kokoon nähden. Jälkeenpäin ajateltuna pohjatutkimuksen mittauspisteitä olisi ollut hyvä olla enemmän, varsinkin vanhan rakennuksen seinän läheisyydessä, jotta olisi saatu tarkempi kuva kallionpinnasta ja samalla parempi arvio vanhan rakennuksen sisällä olevasta kalliosta. Myös sisällä olisi tarvittu useampi tutkimuspiste, koska suurimmat lisäkustannukset aiheutuivat sisätiloista. Näin menetellen kustannukset olisi ollut helpompi määrittää, eikä olisi tarvinnut tehdä oletuksia ainoastaan kahden tutkimuspisteen perusteella. Saneerattava rakennus oli tyhjillään puolivuotta ennen saneerausta, joten kellarista olisi voinut tehdä useamman koekuopan tai porata lattian läpi ja ottaa näytteitä.

Ei ollut tarkkaa tietoa siitä, miten rakennukset louhinnat oli tehty rakennusta rakennettaessa. A-lohkoon olisi voitu suunnitella matalammat IV-koneet. Lopulliset IV-koneet oli kuitenkin jo suunniteltu ja tilattu. Suunnittelijat olisivat pystyneet tekemään tarkemmat suunnitelmat ja kustannukset olisivat olleet tarkemmin selvillä ennen töiden aloitusta.

Tavallaan olisi parempi aina varautua pahimpaan ja tutkia useammasta kohdasta. Jostain syystä tässä tapauksessa ei ollut otettu varman päälle. Syynä voi olla tilaajan ja konsultin kokemattomuus tai halu säästää kustannuksissa jo hankkeen alkuvaiheessa. Varsinkin vanhat rakennukset voivat tuoda yllätyksiä paljon.

Vanhassa ja uudisrakennuksessa oli eri rakennesuunnittelijat, joka toi ongelmia rajapinnoissa. Suunnittelijat eivät olleet ottaneet tarpeeksi tarkasti huomioon rajapintoja kuten oviaukon teko autohalliin vanhasta rakennuksesta. Jos näin olisi toimittu, louhinnat vanhan rakennuksen perustuksien molemmin puolin olisi pystytty suunnittelemaan paremmin ennakkoon.

Kaiken kaikkiaan lisätöitä oli suhteessa alkuperäisen maanrakennustöiden urakkahintaan nähden 85 prosenttia. Maanrakennustyöt tulivat siis maksa-

maan alkuperäiseen arvioon nähden melkein kaksinkertaisen määrän. Maanrakennuksen alkuperäinen urakkasumma oli 297 000 € ja lisätyöt yhteensä 306 276 €, joten kokonaissummaksi tuli huikea 603 276 €.

Maanrakennustöiden edetessä tuli suunnitelmista poikkeavia lisätöitä seuraavasti:

#### Lisätyö 1.

Vanhan pihan täyttömateriaali käsiteltiin rakennusjätteenä. Maaperätutkimuksessa oli todettu asfaltin ja pihan päällysrakenteiden alapuolisen rakenteen olevan pääosin moreenia. Koekaivannoissa oli todettu maaperän sisältävän rakennusjätettä pisteessä 8. Vanhan rakennuksen päädyistä ei pohjatutkimuksen mukaisesti ollut rakennusjätetietoa maaperästä pohjatutkimuspisteistä 10 ja 11. Tutkimuspisteiden kohdalta löytyi kuitenkin rakennusjätettä. Kokonaishinta lisätyölle oli 60 000,00 €.

Ennakko arviossa olisi pitänyt ottaa huomioon suurempi määrä rakennusjätettä. Tilaajalla ei todennäköisesti ollut tietoa kuinka paljon rakennusjätteen poisto maksaa. Tutkimuspisteitä olisi varmasti otettu jälkeensä lisää. Toisaalta maaurakoitsijan kanssa olisi voitu tehdä urakka kokonaishinta eikä määrään pohjautuen. Tältä osin urakkasumma olisi ollut isompi, mutta lopulta halvempi kuin yksikköhinnan mukaan. Olisi voitu säästää arviolta 50 prosenttia eli 30 000 €.

#### Lisätyö 2.

Autohallissa louhitun kallion pinta tulisi pinnoittaa, ettei halkeile enempää. Kallio oli vanhan rakennuksen perustuksien alla, joten kallio oli tuettava. Päädyttiin verkotukseen ja ruiskubetonointiin, jonka hinnaksi tuli 7 551 €. Kallion halkeaminen selvisi vasta kun sisäpuolen louhinnat olisi saatu päätökseen. Tämä lisätyö olisi pystytty välttämään kokonaan jos olisi ollut yksi rakennesuunnittelija tai edes saman yrityksen suunnittelijat. Kumpikaan suunnittelija ei ollut ottanut huomioon mitä seinän toisella puolella oli tai mitä tehtiin.

### Lisätyö 3.

Kellarin kallion louhinta A-lohkossa. Urakkasopimuksen mukaisissa suunnitelmissa ei ollut edellytetty louhintaa IV-kellarin teknisissä tiloissa. Louheen poisto oli laskettu pienellä Bobcat-kuormaajalla sekä pienikaivurilla, eikä lujitepulttauksia ollut huomioitu. Koko lisätyön hinta oli 47 863,87 €.

IV-koneiden koon vuoksi louhinta jouduttiin tekemään. Lattian läpi olisi voinut tehdä useamman tarkastus aukon, eikä vain todeta yhdestä aukosta, että hiekkaa alapohja. Ainakin IV-koneiden kohdalle tarkastus onko kalliota. IV-koneet olivat aika isot kun kanavien koko oli halkaisijaltaan yhden metrin. IV-koneiden uusiminen olisi ollut kalliimpaa kuin louhinta. Osittain olisi voitu välttää lisätyö jos esimerkiksi olisi ollut IV-koneiden fyysiset mitat aikaisemmin tiedossa. Kustannuksia olisi voitu säästää 50 prosenttia (24 000 €) muuttamalla koe aukolla koneiden kohdalta, mutta ei koko lisätyötä.

### Lisätyö 4.

B-lohkon kellarin laskelman perustana olivat alustavat suunnitelmat. Louhintamäärät olivat muuttuneet alkuperäisestä 170 m<sup>3</sup> (alkuperäinen louhintamäärä oli 58 m<sup>3</sup>), koska louhintakorko oli muuttunut. Koko 100 m<sup>2</sup> alue oli louhittava korkoon +6,30, keskikorkeus kalliopinnalla oli +8,84. Alustavien kuvien mukaan laskettiin louhinnan koroksi +6,90. Matalampi louhintakorko vaikutti myös louheen poistamisen nopeuteen ja järjestelyihin louhoksessa. Lisätyön hinta 185 045 €.

B-lohkosta olisi ollut hyvä ottaa useampi näyte lattian läpi alapohjaan. Tosin olisi aika monta tutkimus reikää pitänyt tehdä, että olisi saatu tarkka kallion pinta. Lisäkustannuksia olisi ollut vaikea välttää. Suunnitelmia olisi ollut hyvä tarkistaa ennen saneerauksen alkua paikan päällä. Korko muutos oli todella iso ja varsinkin kun louhinta oli rakennuksen sisällä. Lujitepulttauksia tarvittiin lisää. Vaihtoehtona olisi ollut kahden alimman kerroskorkeuden madaltaminen, mutta sitten olisi ollut tekniikan kanssa ongelmia saada ne mahtumaan alakattojen sisään. Yläpuolelle tulevat tilat olivat luento tiloja, joten monta henkilöä matalaan tilaan ei olisi ollut toimiva. Koko lisätyö olisi voitu välttää tarkemmilla rakenne ja LVI-suunnitelmilla.



#### Lisätyö 5.

Vanhasta rakennuksesta autohalliin kulku, joka meni kallion läpi. 5 817 €. Koko lisätyö olisi voitu välttää jos rakennesuunnittelijat olisivat olleet enempi tietoisia rajapintojen toisella puolella olevista suunnitelmista.

Työmaan kuluessa kerättyjen tietojen pohjalta voidaan sanoa, että pohjatutkimus ei ollut aivan onnistunut tai tilaaja ei ollut tilannut tarkempaa tutkimusta. Maanrakennustöiden kustannukset melkein kaksinkertaistuivat. Varsinkin rakennuksen sisältä otettavien näytteiden määrää olisi pitänyt lisätä runsaasti. Ylimääräiset kustannukset aiheutuivat lähes kokonaan rakennuksen sisäpuolen louhinnoista. Lisätyöt ovat neljä prosenttia urakan kokonaishinnasta. Kaiken kaikkiaan urakkahinnasta lisätöitä oli 10 prosenttia eli aika paljon yksistään maanrakennuksesta.

Töiden eteneminen ja työnjohtaminen oli minulle hankalaa ja vei paljon aikaa kun suunnitelmat eivät pitäneet paikkansa. Suunnitelma muutokset vaikuttivat myös muuhun rakentamiseen ja aikataulujen hiomiseen. Minulla meni paljon aikaa selvittää suunnittelijoiden kanssa ongelmia. Työn edetessä tein useita mittauksia ja suunnitelma ehdotuksia suunnittelijoille. Onneksi yhteistyö suunnittelijoiden kanssa eteni suhteellisen nopeasti. Näin työt eivät viivästyneet merkittävästi.

Tämän tyyppiseen kohteeseen on syytä varata tarpeeksi rahaa yllätyksien varalle. Tulisi tehdä yksityiskohtaisemmat tutkimukset ja suunnitelmat maanrakennustöistä. Suunnittelunohjauksessa olisi syytä ottaa paremmin huomioon rajapinnat. Tässä tapauksessa varsinkin kun oli kaksi rakennesuunnittelijaa joille oli rajattu suunnittelun alueet vanha ja uusi. Yksi rakennesuunnittelija on aina paras vaihtoehto.

## LÄHDELUETTELO

B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Geotekniikka OTA 464, Rantamäki-Jääskeläinen-Tammirinne, 21. muuttumaton painos, 2008

Geotekniikan Perusteet, Jääskeläinen, 2011

Kohteen suunnitelmat LVI, Rak.suunnittelu, Arkkitehtisuunnittelu

Pohjatutkimus: Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy

RIL 132 Talonrakennuksen maarakenteet

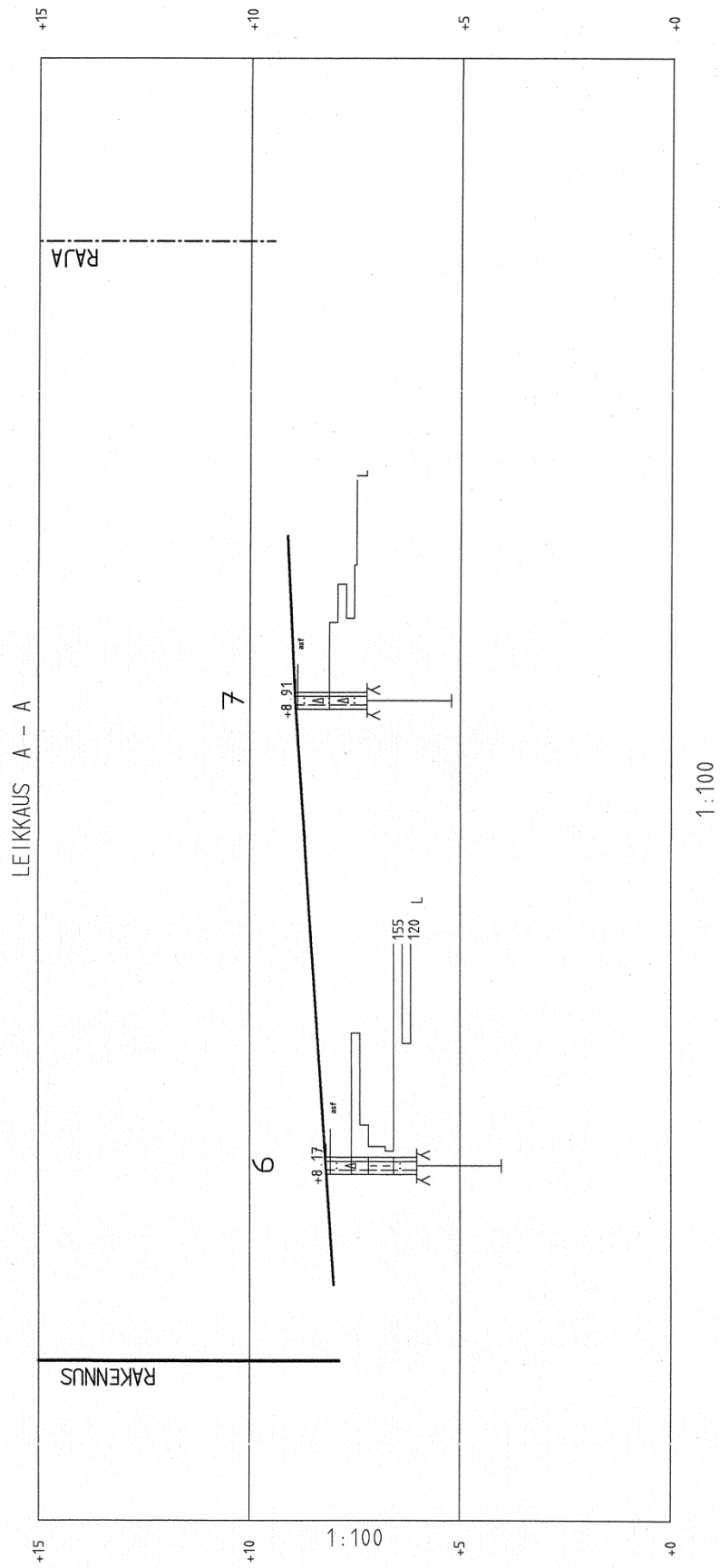
Räjätysalan normeja, Turvallisuusmääräykset 16:0 1998

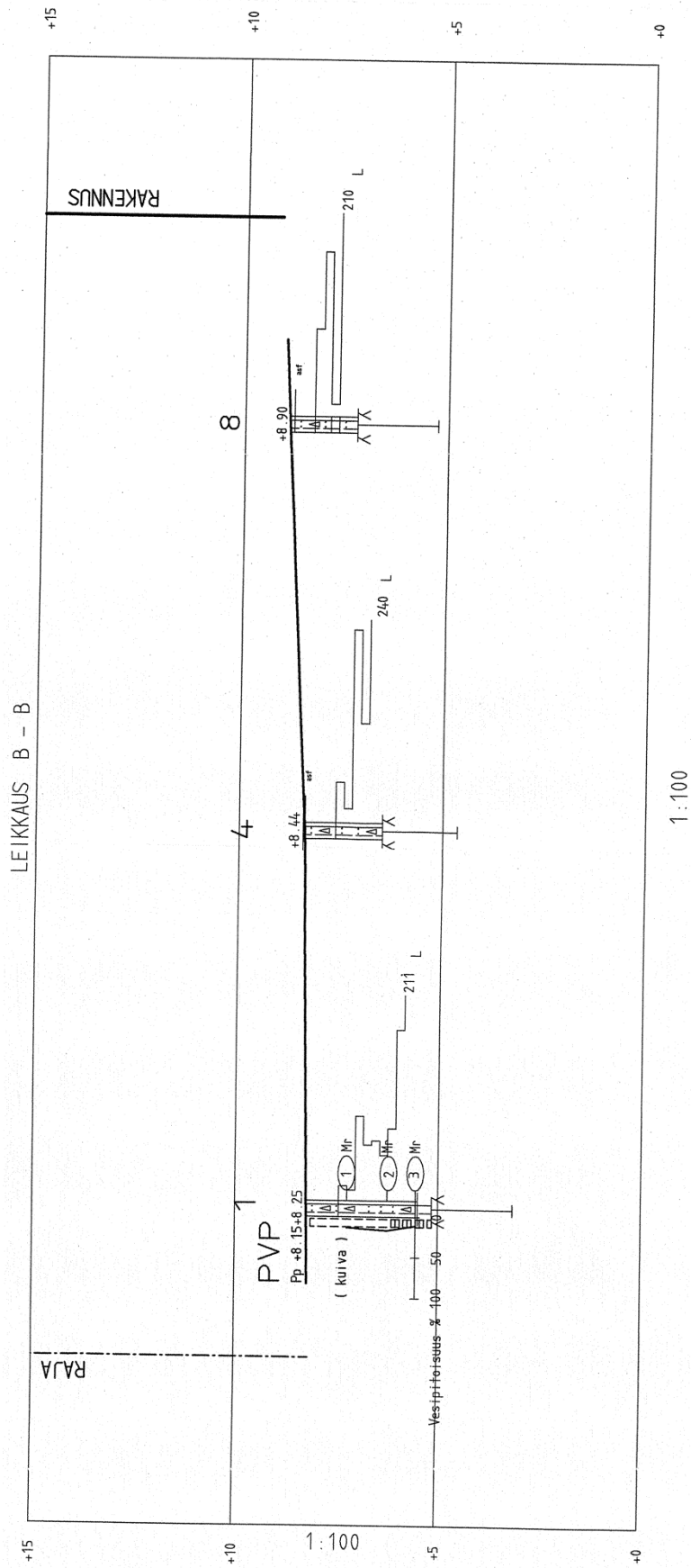
Räjätyskonsultit Oy, räjäytysraportit työmaalla, 12.2.2008 ja 12.5.2008

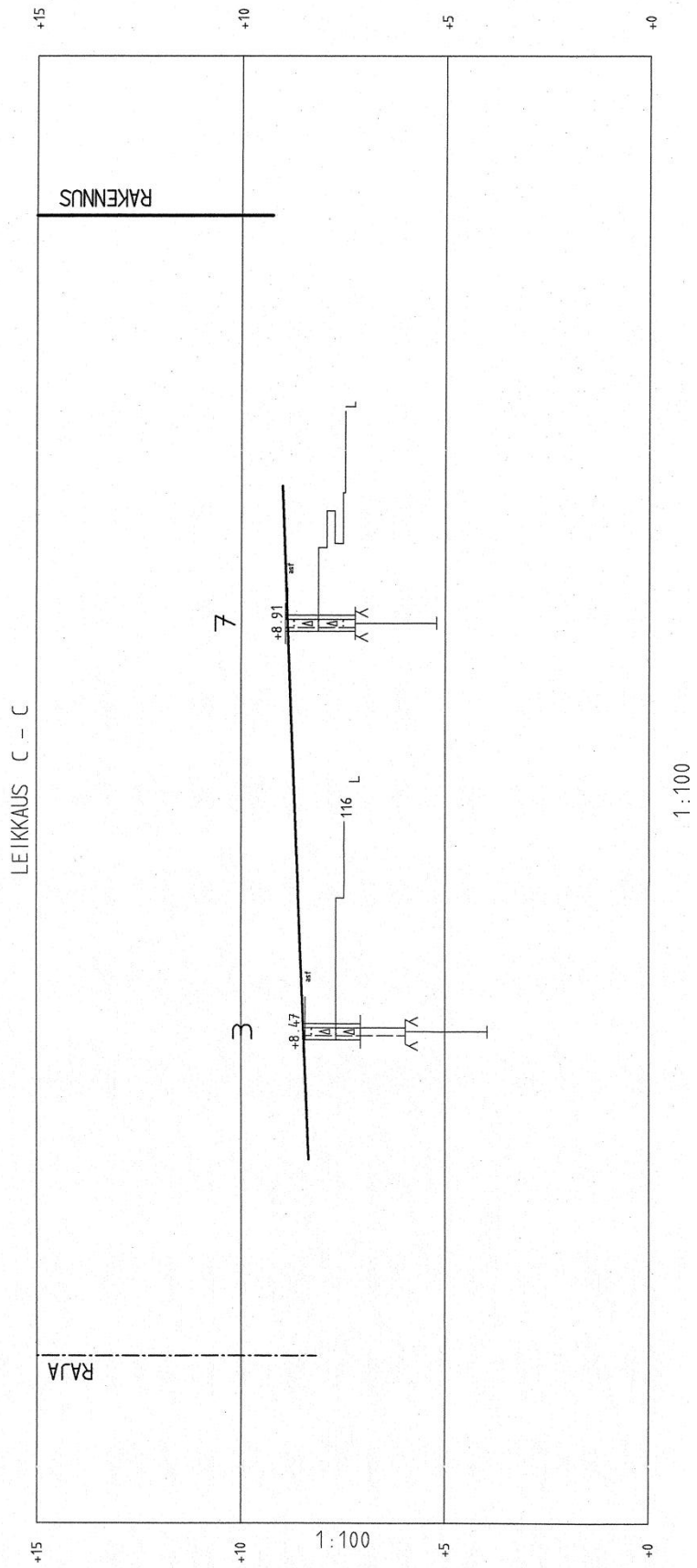
Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos, [www.vtt.fi](http://www.vtt.fi), luettu 10.11.2013

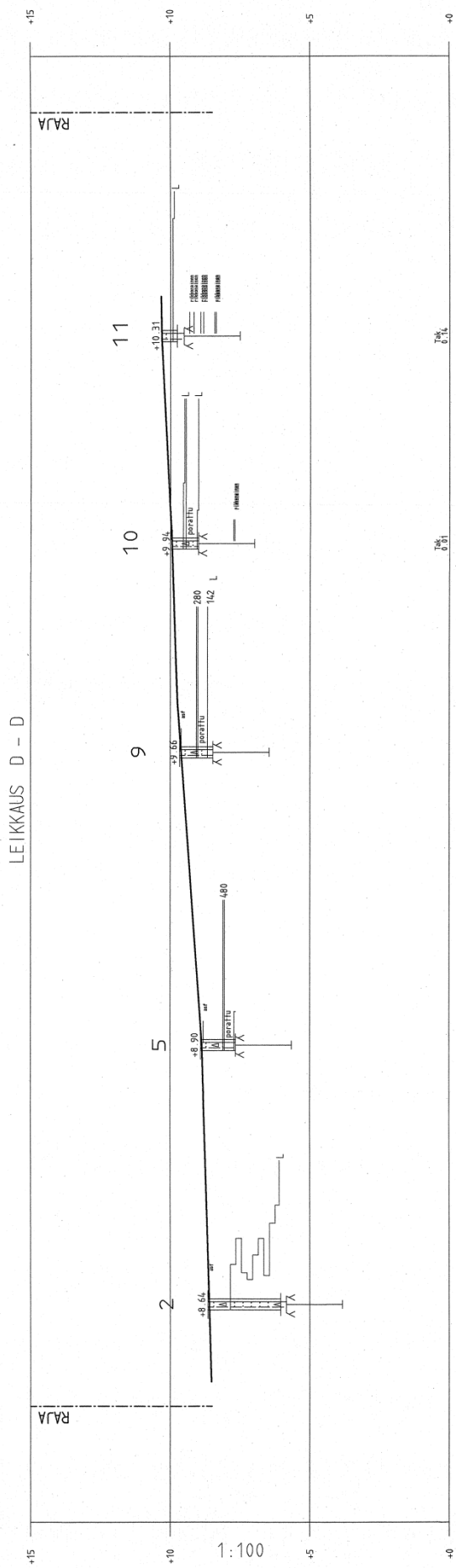
Ympäristöministeriö, [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi), luettu 30.11.2013

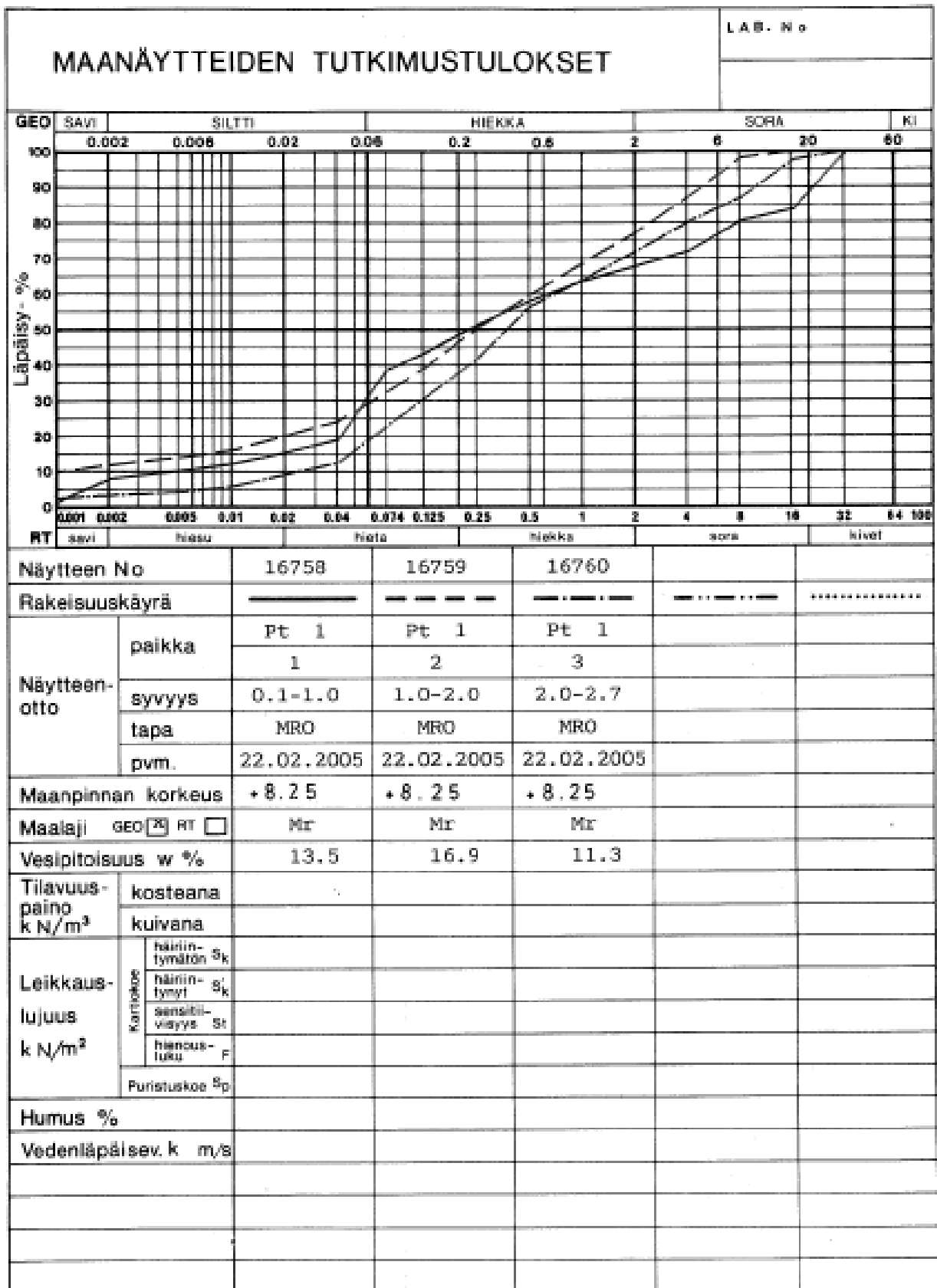
Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi), luettu 9.10.2013











## RADONPITOISUUKSIEN TUTKIMUSTULOKSET

Työnumero: 11239.07  
 Tilaaja: KOY ARKADINAKATU 28  
 Tutkimuskohde: ARKADINAKATU 28  
 Radonpitoisuus on selvitetty

- maaperän huokosilmasta  
 huoneilmasta  
 maanäytteestä  
 vesinäytteestä

Mittausväline: PYLON AB - 5 Emanometri									
Näyte- piste	Näyte- putken numero	Putken asennus- pvm.	Putken havainto- pvm.	Maalaji GEO	Vesi- pitoisuus (%)	Pohjaveden syvyys (m)	Putken syvyys (m)	RADON pitoisuus ( Bq / m <sup>3</sup> )	RADON aktiivisuus Rn <sub>a</sub>
Rn 1	545	22.2.2005	11.3.2005			> 1	1,0	2660	< 1

Huom.

Tutkinut: DS  
 Tarkastanut:  
 Hyväksynyt: CP  
 Päiväys: 11.03.2005

Piir.no 11239.07

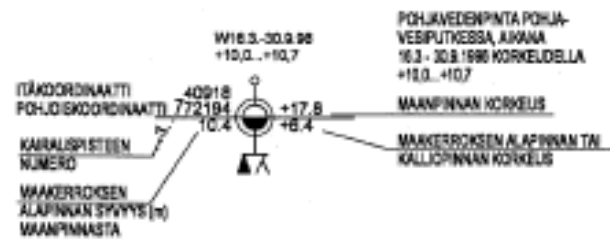


## KAIRAUKSET

-  TÄRKKÄRAUS  
PISTO- TAI LYÖNTIKAIRAUS  
PORANOMAKAIRAUS TÄNÄLLÄ
-  RINNAKKAUS
-  HILJÄKKAUS
-  PURISTINKKAUS
-  PURISTIN-HILJÄKKAUS
-  SIIPKKAUS
-  PUTKIKKAUS
-  KALLIONYTEKKAUS  
- kallaus vesikatossa  
- risti suunta (= ruden suunta)  
- risti pituus vesikatteen projektiona  
(\* ruden pituus)

Merkkien koko voidaan vaihtaa kartan mita-  
ksavien mukaan. Suositellut koot ovat:  
1:100 - 1:400 1:500 - 1:5000 1:4000 - 1:10000  
4 mm 2 mm 2 mm







## KOORDINAATTI- JA KORKEUSTASOTIEDOT



## NÄYTTEENOTTO

-  2 - 4 mm  
HÄIRINTYMÄTTÖMÄT MAANÄYTTEET
-  4 - 8 mm  
HÄIRINTYNEET MAANÄYTTEET

## KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN

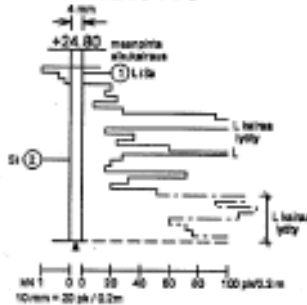
-  KAIRAUS LOPETETTU MAARÄSNÄYTYEEN
-  KAIRAUS PÄÄTTYNYT TIIVISEEN  
MAAKERROKSEEN
-  KAIRAUS PÄÄTTYNYT KIVEEN TAI  
LOHJAREESEEN
-  KAIRAUS PÄÄTTYNYT KIVEEN, LOHJAREESEEN TAI  
KALLIOON
-  KAIRAUS PÄÄTTYNYT KALLIOON  
VARMISTETTU KALLIOKAIRAUKSELLE
-  KAIRAUS PÄÄTTYNYT KALLIOON  
VARMISTETTU KOKKIJOPASTA

## MUUT TUTKIMUKSET

-  KOKKIJOPPA
-  4 - 8 mm  
2 - 4 mm  
GEOTEKNISET ERISTYSTUTKIMUKSET, ESIM.  
KOKKIJOPMITUS, PAINUMAMITTAUS,  
SIIRTÄMAMITTAUS, RAOINTUTKIMUS J.NE.
-  POHJAVEDENPINNAN HAVAINTOPUTKI
-  POHJAVEDENPINNAN HAVAINTOPUTKI  
PYSYVÄÄ TARIKKALLA VARTEN
-  ORSIVEDENPINNAN HAVAINTOPUTKI
-  HUOKOSVEDENPANNAN MITTAUS

POHJATUTKIMUSMERKINNÄT KARTOILLA

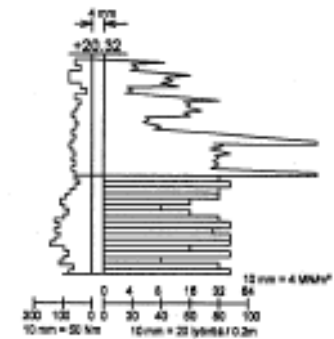
**PAINOKAIRAUS  
NÄYTEOTTO**



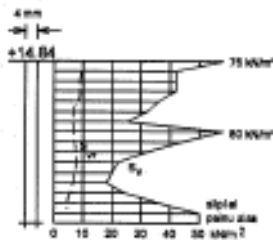
**HEIJARIKAIRAUS**



**PURISTINHEIJARIKAIRAUS**



**SIIPIKAIRAUS**



S<sub>v</sub> = häiriintymätön leikkausajuuks  
söpikaralle  
S<sub>vT</sub> = häirityn maan leikkausajuuks  
söpikaralle

**POHJAVESIPUTKI**



**PORAKONE-  
KAIRAUS**



**TÄRY- TAI  
PISTOKKAIRAUS**



**MAALAJIMERKINNÄT  
(Geotekninen maaluokitus)**

MAALAJIRYHMÄ	MAALAJI	VÄRIT	
ELOPERÄISET MAALAJIT (E)	HUMUSMAA	Hm	
	TURVE	Tu	harmaa
	UJEU	Uj	
HEDONKKEISET MAALAJIT (H)	SAVI	Sa	sininen
	SILTI	Si	violetti
KARKARAKEISET MAALAJIT (K)	HIEKKA	Hk	keltainen
	SORA	Sr	violetti
MOREENI MAALAJIT (M)	SILTINOREENI	SiM	ruskea
	HIEKKAMOREENI	HkM	
	SORAMOREENI	SrM	
	KIVÄ	Ki	KIVÄ
	LOHKAREITA	Lo	
	KIVILOHKARE	KiLo	
	TÄYTEIÄÄ	Tä	

**KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN**

- KAIRAUS LOPETETTU MÄÄRÄSYVYYTEEN
- KAIRAUS PÄÄTTYNYT TIIVISEEN MAAKERROSTUMAAN
- KAIRAUS PÄÄTTYNYT KIVEEN TAI LOHKAREESEEN
- KAIRAUS PÄÄTTYNYT KIVEEN, LOHKAREESEEN TAI KALLIOON
- KAIRAUS PÄÄTTYNYT KALLIOON, VARMISTETTU KALLIOKAUKUKSELLA

**MAALAJIRAJAT**

- MAAPINTA, VESIALUEILLA POHJAN PINTA
- VESITÖN VESIPINTA
- TUTKIMUSTULOSTEN PERUSTEELLA ARVOTU MAALAJIRAJA
- TUTKIMUSTULOSTEN PERUSTEELLA ARVOTU KALLIOPINTA
- TODETTU KALLIOPINTA

**POHJATUTKIMUSMERKINNÄT LEIKKAUKSISSA**

Kenttäanalyysit					Metallit, XRF-kenttäanalyysi (laboratorioanalyysi)					Mineraaliöljy	Laboratorioanalyysi			
Kynnysarvo					5	100	50	60	200	300	300			
Alempi ohjearvo					50	150	100	200	250	300				
Ylempi ohjearvo					100	200	150	750	400					
Näytep.	Maanpinta	Syvyys	Maalajii	Haju	As	Cu	Ni	Pb	Zn	Petro FLAG*	C <sub>4</sub> - C <sub>39</sub>	Cl - VOC	Kuiva-aine	pH
Muuta	N <sub>43</sub>	mp:sta			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	
Kuoppa		0,1-0,8 m	Tä		<4	46	<24	16	87	28				
Tiilenpaloja														
Kuopanreuna		0,1-0,8m	Tä		<4	63	<36	39	105	142				
Tiilenpaloja														

< pitoisuus alitti Innov-XT-440-sarjan analysaattorin määrittämissä rajat

\* vastekerroin = 6