

Markku Kinnunen

OHJEISTUS POHJATUTKIMUSTEN HANKINNASTA LEHTO TILAT OY:N RAKENNUSKOHTEISIIN

OHJEISTUS POHJATUTKIMUSTEN HANKINNASTA LEHTO TILAT OY:N RAKENNUSKOHTEISIIN

Markku Kinnunen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Markku Kinnunen
Opinnäytetyön nimi: Ohjeistus pohjatutkimusten hankinnasta Lehto tilat Oy:n rakennuskohteisiin
Työn ohjaaja: Vesa Kallio
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 46 + 2 liitettä

Pohjatutkimukset ovat tärkeässä osassa rakennushankkeiden kulussa. Maaperän perustamisolosuhteet vaikuttavat suuresti hankkeiden kustannuksiin ja riskeihin, joten pohjatutkimukset tulee tehdä tarkasti ja luotettavasti. Lisäksi tutkimusaineiston sisältö ja -esitystapa on määriteltävä tarkasti.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ohjeistus pohjatutkimusten hankinnasta Lehto Tilat Oy:n rakennuskohteisiin. Tarkoituksena oli yhtenäistää pohjatutkimusten hankintaprosessi, jotta hankinnat tehtäisiin jatkossa aina tarkasti määritellyn sisällön mukaisesti. Ohjeistuksen tavoitteena oli saada parannettua hankintaprosessin ja pohjatutkimusten laatutasoa. Laatutason kehittyessä myös hankkeiden kustannus- ja riskienhallinta paranevat merkittävästi.

Työssä perehdyttiin pohjatutkimusten tarkoituksiin ja -tavoitteisiin. Lisäksi selvitettiin yleisimmät käytössä olevat pohjatutkimusmenetelmät ja niiden suoritukseen liittyvä kalusto. Pohjatutkimusten tuottaman aineiston sisällöstä ja esitystavasta laadittiin ohjeistus Lehto Tilat Oy:lle. Lisäksi valmisteltiin Lehto Tilat Oy:n sisäiseen käyttöön tuleva hankinnan prosessikuvaus, jossa on esitetty eri tehtävien sisältö ja vastuunjako.

Opinnäytetyönä tehty ohjeistus selkeyttää Lehto Tilat Oy:n hankintaprosessin kulkua ja eri osapuolien vastuualueita. Ohjeistus on tärkeää etenkin perehdytettäessä uusia työntekijöitä, jotta yrityksen toimitavat ja hankintoja koskevat vaatimukset ovat kaikkien tiedossa.

Asiasanat: hankinta, pohjarakennussuunnittelija, pohjatutkimus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Markku Kinnunen
Title of thesis: Acquisition of Soil Investigations
Supervisor: Vesa Kallio
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019
Pages: 46 + 2 appendices

The subject of the thesis was to prepare guidelines for the acquisition of soil investigations for Lehto Tilat construction projects. Soil investigations are an important part of building projects. The establishment conditions of the soil have a great influence on the costs and risks of projects. The accuracy and reliability of the data generated by the research must be sufficient. In addition, the content and presentation of the research data must be precisely defined.

The aim of the work was to harmonize the acquisition process of the soil investigations ordered by Lehto Tilat, so that the acquisitions would always be made in accordance with well-defined content. The aim of the guidance was to obtain an improved quality of the procurement process and bottom-up testing. As the quality level develops, project cost and risk management is also significantly improved.

The thesis explored the aims and purpose of the soil investigations. In addition, the most common bottom soil investigations methods used and the equipment related to their performance were identified. Guidance of what information and in which format is needed was also prepared of the material produced by the soil investigations. In addition, Lehto Tilat procurement process description of the internal use was prepared in the thesis, where the content and responsibilities of the different tasks are presented.

The thesis instructions clarify the flow of the procurement process and the areas of responsibility of the different parts. The instructions are important especially when new workers are initiated so that the company's acts and demands of acquisition are known to all the employees.

Keywords: acquisition, foundation engineering, soil investigation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 RAKENNUSHANKKEIDEN POHJATUTKIMUKSET	9
2.1 Pohjatutkimusten tarkoitus	9
2.2 Pohjatutkimusten tavoitteet	10
2.2.1 Projektin aikataulun suunnittelu	13
2.2.2 Pohjatutkimusohjelman laadinta	13
2.2.3 Pohjatutkimuksen tuotos	14
3 POHJATUTKIMUSMENETELMÄT	15
3.1 Yleisimmät käytössä olevat pohjatutkimusmenetelmät	15
3.1.1 Maastokatselmus	17
3.1.2 Painokairaus	17
3.1.3 Puristin-heijarikairaus	18
3.1.4 Porakonekairaus	18
3.1.5 Siipikairaus	19
3.1.6 CPTU-kairaus	20
3.1.7 Näytteenotto	20
3.1.8 Koekuopat	21
3.1.9 Pohjavedenpinnan määrittäminen	22
3.2 Pohjatutkimuksiin käytettävä kalusto	22
3.2.1 Kevyt kairausvaunu	23
3.2.2 Keskiraskas kairausvaunu	23
3.2.3 Raskas kairausvaunu	24
3.3 Tietomallintamista tukevat pohjatutkimusmenetelmät	25
3.3.1 Maatutkaluotaus	26
3.3.2 Sähköinen maanvastusluotaus	28
4 POHJATUTKIMUSAINEISTON SISÄLTÖ JA -ESITYSTAPA	30
4.1 Yleispiirteinen pohjatutkimus	30
4.2 Yksityiskohtainen pohjatutkimus	31

4.3 Täydentävät pohjatutkimukset	33
4.4 Pohjarakennussuunnitelman sisältö	33
4.5 Tietomallipohjaisen suunnitelman esitystapa	37
5 POHJATUTKIMUSTEN HANKINTA	38
5.1 Pohjarakennesuunnittelijan ja pohjatutkijan pätevyys	39
5.2 Pohjatutkimusohjelman sisältö	39
5.3 Hankinnan sisältö ja -rajaus	40
5.3.1 Tilaajan tehtävät	40
5.3.2 Pohjarakennesuunnittelijan tehtävät	40
5.4 Erikseen tilattavat tehtävät	41
6 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	44
LIITTEET	
Liite 1 Pohjatutkimusmerkinnät	
Liite 2 Pohjarakennesuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset	

1 JOHDANTO

Pohjatutkimukset ovat keskeinen osa rakennushankkeiden kulkua. Niiden perusteella saadaan tieto rakentamispaidan pohjaolosuhteista, joiden mukaan määräytyvät kulloisenkin hankkeen perustamistavat. Pohja- ja perustamisolosuhteet määrittävät pitkälti hankkeen tulevia kustannuksia ja riskejä, joten tarvittava tutkimustieto on hyvä olla käytettävissä jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Pohjatutkimuksista saadun tiedon perusteella on pystyttävä valitsemaan riittävän varmat ja kustannustehokkaimmat ratkaisut rakennusten ja rakenteiden perustamiseksi.

Pohjatutkimusten ja geosuunnittelun hankintaan liittyy monia huomionarvoisia asioita, kuten suunnittelijoiden pätevyuden varmistaminen. Kuhunkin hankkeeseen on pystyttävä hankkimaan riittävät ja oikean tarkkuustason tiedot pohjaolosuhteiden varmistamiseksi. Lisäksi pohjatutkimusten ja geosuunnittelun tuottaman aineiston sisältö ja esitystapa on määriteltävä tarkasti. Tehtävissä sopimuksissa pitää kiinnittää huomiota tehtävien rajaukseen ja ne on syytä tehdä aina kirjallisina.

Lehto Tilat Oy kuuluu Lehto Group konserniin, joka työllistää yhteensä noin 1 500 henkilöä ja vuoden 2018 liikevaihto oli 721,5 miljoonaa euroa. Lehto Tilat Oy rakentaa muun muassa tuotantotiloja, kauppakeskuksia, liikerakennuksia ja logistiikkakeskuksia. Rakennusten pinta-alat vaihtelevat 1 000 m²:stä 70 000 m²:iin ja suurimmat piha-alueet ovat 10 ha:n luokkaa. Hankkeista suurin osa tehdään KVR-rakentamisena, joten myös suunnittelutyö kuuluu pääsääntöisesti urakkaan.

Pohjatutkimusten ja geosuunnittelun hankinnat tehdään nykyisellään eri sisältöisinä riippuen työn tilaajasta. Lehto Tilat Oy:n johdossa nähtiin tarpeelliseksi yhtenäistää käytännöt, jotta hankinnat tehtäisiin jatkossa aina tarkasti määrätyn sisällön mukaisesti. Yrityksellä on tarkoitus panostaa maanrakennuksen tietomallintamiseen entistä voimakkaammin, joten pohjatutkimusten perusteella saatavien lähtötietojen tarkkuus pitää olla riittävällä tasolla.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään pohjatutkimusten tarkoitusta ja -tavoitteita sekä käydään läpi yleisimmät Suomessa käytössä olevat pohjatutkimusmenetelmät. Opinnäytetyön päätavoitteena on yhtenäistää Lehto Tilat Oy:n käytännöt pohjatutkimusten ja geosuunnittelun hankinnoissa. Laadittavien ohjeiden avulla pyritään parantamaan hankintaprosessin ja pohjatutkimusten laatua, minkä myötä myös hankkeiden kustannus- ja riskienhallinta paranevat. Yrityksen sisäiseen käyttöön tulevassa ohjeistuksessa kuvataan hankintaprosessin kulku ja määritellään tarvittavien tehtävien sisältö ja -vastuualueet.

2 RAKENNUSHANKKEIDEN POHJATUTKIMUKSET

Rakennusprojektien yhteydessä nimityksellä pohjatutkimus tarkoitetaan yleisimmin kokonaisuutta, johon sisältyvät rakennusalueen kartoitus, vaaitus ja varsinaiset pohjatutkimukset (Jääskeläinen 2011, 236). Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista määrittelee maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) pykälien 117 a ja 117 c perusteella rakennushankkeeseen ryhtyvän pohja- ja maarakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät velvollisuudet. Asetusta sovelletaan rakennusten pysyvien ja työnaikaisten pohjarakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä pohjarakenteiden korjaus- ja muutostyöhön. (RT YM1 – 21614. 2014, 1.)

2.1 Pohjatutkimusten tarkoitus

Pohja- ja maaperätutkimusten tarkoituksena on tuottaa riittävät tiedot rakennushankkeiden suunnittelua varten. Geoteknisten tutkimusten perusteella pyritään selvittämään maa- ja kallioperän rakennetta ja ominaisuuksia sekä pohjavettä koskevat tiedot. Tutkimuksista saatavien lähtötietojen perusteella maa- ja pohjarakenteet on pystyttävä suunnittelemaan siten, että niillä säilyy riittävä lujuus ja vakaus murtumista vastaan koko suunnitellun käyttöajan ajan. (RT YM1 – 21614 2014, 2.)

Hyvän suunnittelun edellytyksenä ovat kunnolliset lähtötiedot. Suunnittelun perusteena olevien lähtötietojen tarkkuus ja monipuolisuus korostuvat etenkin vaihtoehtoisia ratkaisuja suunniteltaessa. Mikäli lähtöaineistoa on liian vähän, se on laadullisesti heikkoa, sisältää virheellistä tietoa tai siinä on ristiriitaisuuksia, niin tulkinnot perustuvat osin arvioon. Tämän takia pohjatutkimusten pitää olla riittävän monipuoliset ja luotettavat, jotta suunnitteluvaiheessa tehtyjä ratkaisuja voidaan analysoida ja vertailla. Pohjatutkimukset ovat myös tärkeä lähtökohta hankkeiden määrälaskentaan sekä kustannusten ja riskien arviointiin. (Pohjatutkimusten hankinnan kehittäminen. 2012, 15 – 16.)

2.2 Pohjatutkimusten tavoitteet

Pohjatutkimusten tavoitteena on selvittää rakennuspaikan maaperäolosuhteet siten, että suunnitteilla olevan rakennuksen tai muun rakenteen perustaminen ja tarvittavat pohjarakennustyöt voidaan suunnitella luotettavasti sekä toteuttaa turvallisesti (Jääskeläinen 2011, 240). Rakenteiden suunnittelu ja -toteutus on tehtävä niin, että aiheutetaan rakennuspaikan olosuhteet huomioiden mahdollisimman vähän haittaa lähialueen luontoympäristölle, lähialueella oleskelevien ihmisten terveydelle ja viihtyvyydelle sekä rakennuksille ja rakenteille. Pohjatutkimuksia tehdään hankkeiden eri vaiheissa, jotka on listattu geoteknisen suunnittelun tehtäväluettelossa GEO 12 (RT 10-11127). Tavoitteet laaditaan sen mukaan, mikä vaihe kulloinkin on kyseessä. (Kuva 1.)

HANKKEEN TEHTÄVÄKOKONAISUUDET

Tarveselvityksessä perustellaan tilahankinnan tarpeellisuus tai olemassa olevan tilan muutostarve, kuvataan alustavasti tarvittavat tilat ja niille asetettavat vaatimukset, tutkitaan vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet sekä arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus.

> Hankepäätös

Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Valmisteluun kuuluu tarvittavien selvitysten teettäminen ja toteutusmuodon alustava määrittäminen.

> Investointipäätös

Suunnittelun valmistelussa organisoidaan suunnittelu, pidetään mahdolliset suunnittelukilpailut, käydään tarvittavat neuvottelut, valitaan suunnittelijat ja tehdään suunnittelusopimukset.

> Suunnittelupäätös (Suunnittelun käynnistäminen)

Ehdotussuunnittelussa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi.

> Valittu ehdotussuunnitelma

Yleissuunnittelussa ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma kohdistuu sekä rakennuksen kiinteään perusosaan että muuntuvien tila-alueiden suunnitteluun. Yleissuunnitelma voi sisältää erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuihin.

> Hyväksytty yleissuunnitelma ja pääpiirustukset

Rakennuslupatehtävissä selvitetään hankkeen edellyttämät lupamenettelyt, varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus ja pääpiirustusten hyväksyttävyyttä sekä laaditaan lupahakemus tarvittavine asiakirjoina.

> Rakennuslupa

Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu.

> Hyväksytty toteutussuunnitelmat

Rakentamisen valmistelussa organisoidaan rakentaminen, kilpailutetaan rakentamistehtävät, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään urakka- ja hankintasopimukset.

> Rakentamispäätös

Rakentamisessa varmistetaan sopimuksen mukainen toteutus, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Rakennuksen valmistuminen todetaan vastaanotossa.

> Vastaanottopäätös

Käyttöönnotossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus.

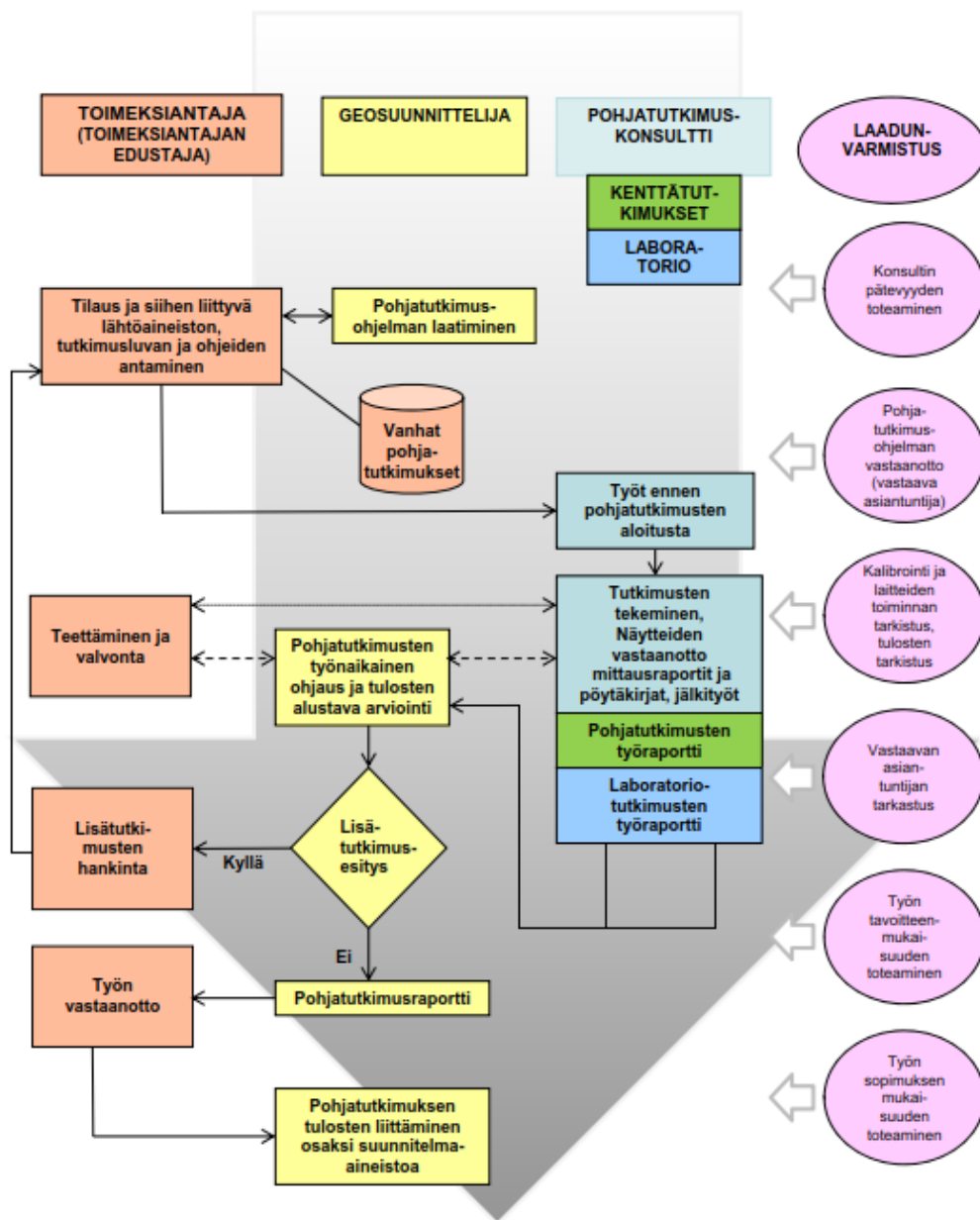
> Rakennuksen käyttöön ottaminen

Takuuajana seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuuaikana säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet.

KUVA 1. Hankkeen tehtäväkokonaisuudet (RT 10-1112. 2017, 1)

Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tuottamisessa keskeiset osapuolet ovat toimeksiantaja, pohjatutkimuskonsultti sekä geosuunnittelija. Toimeksiantaja, joka voi olla tilaaja tai muu toimeksiantajan valtuuttama edustaja, vastaa toimeksianton määrittelystä, hankkimisesta ja hyväksymisestä. Pohjatutkimuskonsultti toimii tutkimusten tekijänä, jonka vastaava asiantuntija vastaa tutkimusten tekemisestä sekä tuottamiensa tulosten laadusta toimeksiantonsa mukaisesti. Geosuunnittelija laatii pohjatutkimusohjelman ja vastaa sen tavoitteiden saavuttamisen arvioinnista ja raportoinnista toimeksiantajalle. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 9.)

Kuvassa 2 on esitetty tutkimusten tekeminen ja hankkeen osapuolten vastuut prosessikaaviona. Lisäksi kaaviossa on esitetty tärkeimmät laadunhallintaan liittyvät tehtävät.



KUVA 2. Pohjatutkimuksen prosessikaavio (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 10)

2.2.1 Projektin aikataulun suunnittelu

Projektin aikataulua suunniteltaessa tulee ottaa tärkeänä asiana huomioon pohjatutkimusten vaatima aika. Pohjatutkimusten tuottamat lähtötiedot ovat yksi keskeisimmistä aineistoista hankkeen suunnittelussa, joten niiden tulisi olla käytettävissä mahdollisimman kattavina jo projektin alussa tai viimeistään alkuvaiheessa. Yleensä aikataulu on kriittinen etenkin hankkeissa, joissa laaditaan alustavat suunnitelmat osaksi urakkatarjousta. (Pohjatutkimusten hankinnan kehittäminen. 2012, 32.)

2.2.2 Pohjatutkimusohjelman laadinta

Pohjatutkimukset ovat osa geoteknistä suunnittelua. Pohjatutkimuksen suunnittelee yleensä rakennushankkeen geotekninen suunnittelija tarvittaessa yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa. Geotekninen suunnittelija vastaa pohjatutkimusten ohjelmoinnista, johon sisältyvät käytettävien tutkimusmenetelmien valinta sekä tutkimuspisteiden määrän ja sijainnin suunnittelu. (RT RakMK-21753. 2018, 4.) Pohjatutkimusten laajuus määräytyy tapauskohtaisesti riippuen siitä, miten haastava kyseinen rakennushanke ja -paikka on ja millaisia rakenteille tulevat kuormitukset ovat. Pohjatutkimusten ohjelmoinnin tulee perustua riittävään asiantuntemukseen ja siinä on huomioitava myös rakenteiden ylläpidon suunnittelun tarpeet. Ohjelmoinnissa tulee huomioida myös olemassa olevien päällysrakenteiden ja niiden käyttäytymisen (esim. painuvat rakenteet) tutkiminen. (Pohjatutkimusten hankinnan kehittäminen. 2012, 32.)

2.2.3 Pohjatutkimuksen tuotos

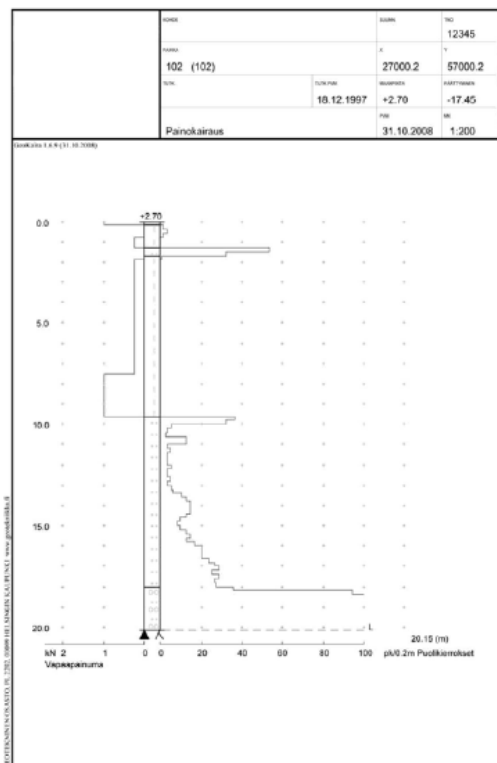
Pohjatutkimusten perusteella laaditaan pohjatutkimusraportti, johon on liitetty tiedot tutkimusten tuloksista sekä tulosten arvioinnista. Pohjatutkimusten työraportissa esitetään kenttä- ja laboratoriotutkimusten sekä mittauksien tulosten lisäksi raportti työn suorittamisesta. Pohjatutkimusraportti voi olla myös osa geoteknistä suunnitteluraporttia. Tutkimusten ja mittausten tulokset luovutetaan sähköisessä muodossa. Tutkimusaineiston siirtoon ja arkistointiin käytetään Suomen geoteknillisen yhdistyksen julkaisemaa Infra-pohjatutkimusformaattia (INFRA-pohjatutkimusformaatti. 2018). Kuvassa 3 on esimerkki Infra-pohjatutkimusformaatin mukaisista painokairauksen tiedoista.

Esimerkki painokairauksesta

TY 12345 -
 TT PA - 0 - -
 XY 27000.2 57000.2 +2.70 18121997 102

0.20	100	0	Hm
0.40	100	2	Sa
0.60	100	4	
0.80	100	2	
1.30	25	0	
1.50	100	54	Hk
1.70	100	33	Hk
1.90	100	1	Sa
7.50	25	0	
9.60	100	0	
9.80	100	37	Hk
10.00	100	33	
10.20	100	0	
10.40	100	4	
10.60	100	3	
10.80	100	13	
11.00	100	13	
11.20	100	4	
11.40	100	5	
11.60	100	4	
11.80	100	4	
12.00	100	4	
12.20	100	0	
12.40	100	4	
12.60	100	4	
12.80	100	5	
13.00	100	4	
13.20	100	0	
13.40	100	7	
13.60	100	11	
13.80	100	13	
14.00	100	15	
14.20	100	15	
14.40	100	15	
14.60	100	13	
14.80	100	10	
15.00	100	9	
15.20	100	10	
15.40	100	13	
15.60	100	15	
15.80	100	13	
16.00	100	17	
16.20	100	21	
16.40	100	21	
16.60	100	21	
16.80	100	24	
17.00	100	27	
17.20	100	29	
17.40	100	26	
17.60	100	29	
17.80	100	27	
18.00	100	28	
18.20	100	36	srHk
18.40	100	95	
18.60	100	110	
18.80	100	131	
18.90	100	110	
20.15	100	-5	

-1 KL



KUVA 3. Painokairaus (INFRA-pohjatutkimusformaatti v2.5, liite 2)

3 POHJATUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Yleisimmät käytössä olevat pohjatutkimusmenetelmät

Yleisimmät Suomessa käytettävät pohjatutkimusmenetelmät ovat valikoituneet ja kehittyneet ainutlaatuisen maaperämme vuoksi. Pohjatutkimusmenetelmillä tutkitaan enimmäkseen maaperän geoteknisiä ominaisuuksia, mutta porakone- ja kallionäytekairauksella tutkitaan kallioperää. Taulukossa 1 on esitetty kairausmenetelmien soveltuvuus erilaisiin käyttötarkoituksiin.

TAULUKKO 1. Kairausmenetelmien soveltuvuus (Saari 2017, 10)

	Kairausmenetelmä	Painokairaus	Heijarikairaus	Puristinkairaus	Puristin-heijarikairaus	Siipikairaus	Tärykairaus	Porakonekairaus
Selvitettävä seikka								
Kallion pinnan sijainti		O	O		O		O	X
Tiiviin pohjakerroksen sijainti		X	X	O	X		X	O
Tiiveydeltään erilaisten maakerrosten rajat		X	O	X	X			
Maakerrosten lujuus likimäärin		O	O	X	X			
Maakerrosten lujuus tarkasti						X		
Maakerrosten tiiveys likimäärin		X	X	X	X			
Maalajiryhmä		X	O	X	X		O	
Lyöntipaalupituuden arviointi		O	X	O	X		O	O
Kairausmenetelmien pääasiallinen käyttötarkoitus								X
Kairausmenetelmien toissijainen käyttötarkoitus tai selvitetävän seikan selvitystarkkuus heikko								O

Yleisimmin käytössä oleva menetelmä geoteknisiin kairauksiin on painokairaus. Viime vuosina yleistynyt puristin-heijarikairaus on syrjäyttämässä perinteisen painokairauksen aseman yleisimpänä kairausmenetelmänä. Puristin-heijarikairauksen etuna verrattuna painokairaukseen on tiheämmästä havainnoinnista johtuva tarkempi maalajirajaus ja heijarikairausvaiheen avulla saatu arvio paalupituuksista. (Mäkinen 2017, 12.)

Menetelmiä pehmeikköjen ja saven tarkempien ominaisuuksien määrittämisessä ovat siipikairaus ja CPTU-kairaus. Siipikairauksella saadaan selvitettyä saven häiriintymätön ja häiritty leikkauslujuus sekä niiden osamääränä sensitiivisyys, eli häiriintymisherkkyys. CPTU-kairaus on puristinkairausmenetelmä, jossa elektromagneettisen värähtelyn avulla saadaan tunkeutumisvastuksen lisäksi mitattua huokosveden painetta. Lisäksi maaperän ominaisuuksia voidaan määrittää erilaisten näytteenottojen perusteella. Erilaisilla näytteenottimilla voidaan ottaa häiriintymättömiä ja häiriintyneitä näytteitä. (Mäkinen 2017, 12-13.) Maaperän ominaisuuksia tutkitaan näiden lisäksi myös koekuoppien avulla.

3.1.1 Maastokatselmus

Ennen varsinaisia pohjatutkimuksia tehdään yleensä visuaalisiin havaintoihin perustuva maastotarkastelu, jonka perusteella arvioidaan tarvittavien pohjatutkimusten laatu ja laajuus. Katselmuksessa kiinnitetään huomiota tutkittavan alueen pinnanmuodostukseen, kasvipeitteeseen, kalliopaljastumiin, maapinnan kivisyyteen ja muihin vastaaviin asioihin. (Rantamäki – Jääskeläinen – Tammirinne 1999, 257.)

Tutkimusalueelta saatavien havaintojen sekä mahdollisesti käytössä olevien geologisten karttojen tai muiden lähtöaineistojen avulla pyritään tekemään päätelmiä alueen maanperämuodostelmista ja niiden rakenteesta. Maastokatselmuksessa voidaan myös kaivaa pieniä koekuoppia kasvukerroksen alla olevan maan laadun toteamiseksi. (Rantamäki – Jääskeläinen – Tammirinne 1999, 257.)

3.1.2 Painokairaus

Painokairaus on staattinen kairausmenetelmä, jossa kaira tungetaan maahan kuormittamalla sitä eri suuruisilla painoilla sekä kiertämällä. Painokairausta käytetään kerrosrajojen ja maakerrosten rakenteen likimääräiseen määrittämiseen kairausvastuksen, kairan käyttäytymisen ja muiden kairauksen aikaisten havaintojen perusteella. Kairausvastus saadaan kairan tunkeutumiseen tarvittavasta voimasta ja enimmäiskuormalla (1 kN) kierrettäessä tietylle painumalle tarvittavien puolikierrosten määrästä. (Kairausopas I. 1980, 1-6.)

Kairausvastuksen perusteella voidaan arvioida maakerrosten rajat ja kitkamaakerrosten suhteellinen tiiviys. Maakerrosten ominaisuudet selvitetään yleensä näytteenotolla ja muilla tutkimusmenetelmillä, kuten siipikairauksella. (Kairausopas I. 1980, 1-6.)

3.1.3 Puristin-heijarikairaus

Puristin-heijarikairauksessa on liitetty kahden laadukkaan kairan ominaisuudet yhteen. Puristinkaira soveltuu hienojakoisille ja kivettömille maille, kun taas heijarikairan ominaisuudet soveltuvat parhaiten tutkittaessa keskitiiviitä ja tiiviitä maakerroksia. Puristin-heijarikairaus toimii hyvin koko maaperäasteikolla, koska samalla kairauksella saadaan tarkat tiedot sekä löyhistä että tiiviistä maakerroksista. (Jääskeläinen 2011, 267.)

Puristusosuudelta saadaan tietoa kärjen tunkeutumisesta ja vääntömomentista 40 mm välein, joten maalajimääritelmät pystytään tekemään hyvin tarkasti. Heijarikairausvaihe aloitetaan, kun kairan kärki ei enää tunkeudu puristuksen voimasta. Heijarikairalla saadaan arvio paalun tunkeutumisesta, mutta muutoin se on karkea menetelmä maaperän ominaisuuksien arviointiin. (Mäkinen 2017, 18.)

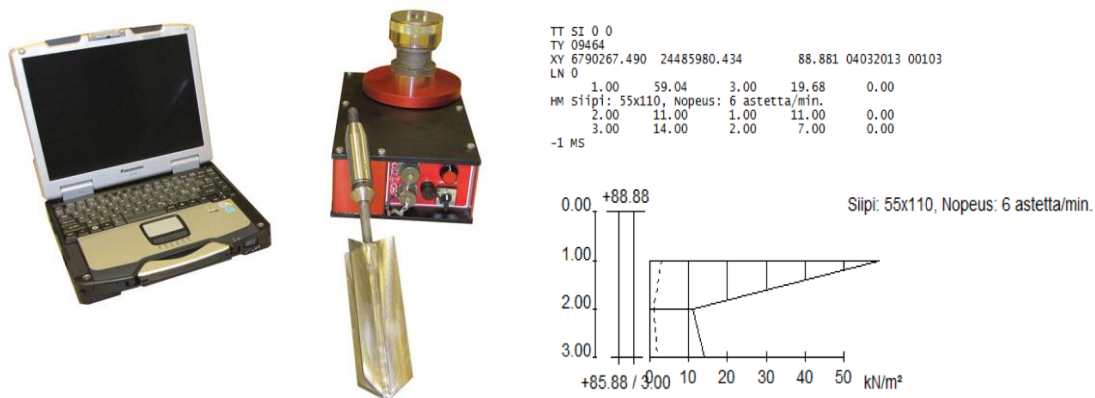
3.1.4 Porakonekairaus

Porakonekairausta käytetään, kun kalliopinnan sijainti pitää saada varmistettua. Muilla kairoilla asiaan jää aina pieni epävarmuus. Porakonekairaa tarvitaan usein myös lohkareisessa maassa, missä muilla kairoilla ei välttämättä päästä kairausvyönteeseen asti lohkareiden pysäyttäessä kairausyritykset. Kallio varmistetaan jatkamalla porausta kolme metriä kallioon ja samalla mitataan poraukseen kuluvaa aikaa sekä kirjataan ylös muut huomiot, kuten ruhjeet ja poraussoijan väri. Kallionpinta saadaan selvitettyä porakonekairauksella erittäin hyvin ja kustannustehokkaasti. (Mäkinen 2017, 22.)

3.1.5 Siipikairaus

Siipikairausta käytetään ensisijaisesti hienorakeisten maalajien, kuten saven ja hienon siltin leikkauslujuuden määrittämiseen. Siipikairauksessa neljästä toisiaan vastaan kohtisuoraan olevasta levystä muodostettu siipi painetaan häiriintymättömään maahan ja siipeä kierretään maan pinnalta vakionopeudella. Siiven kärkien kautta muodostuvan sylinterin muotoisen leikkauspinnan syntymiseen tarvittava momentti mitataan kairatankojen yläpäästä tai heti siipien yläpuolelta. Leikkauslujuuden arvo lasketaan siiven kiertämiseen tarvittavan momentin ja siiven levyjen pinta-alan perusteella. (Kairausopas II. 1999, 1.)

Saatu leikkauslujuus edustaa suljettua leikkauslujuutta, eli maan tilavuuden ja vesipitoisuuden oletetaan kokeen aikana pysyvän muuttumattomina. Mittaus päätetään usein siihen, että siipeä pyöritetään 20 kierrosta ja mitataan sitten momentin arvo, jolloin saadaan laskettua häirityn maan leikkauslujuus. (Kairausopas II. 1999, 1.) Kuvassa 4 on esitetty sähköinen siipikairauskalusto ja pohjatutkimusformaatin mukainen kairautuloste.



KUVA 4. Sähköinen siipikairauslaitteisto ja kairautuloste (Mäkinen 2017, 21)

3.1.6 CPTU–kairaus

CPTU-kairaus on puristinkairausmenetelmä, jossa mitataan kärjen vastusta maahan nähden eli kärkivastusta ja maan välistä tankokitkaa eli vaippavastusta. Lisäksi menetelmällä mitataan huokosvedenpainetta, josta nimessä oleva U on peräisin. Mitattavat muuttujat rekisteröidään sähköisesti hyvin tiheästi (n. 0,01 – 0,02 m välein), jolloin saavutetaan lähes jatkuva mittauskäyrä. Kairausmenetelmä soveltuu hyvin vedenjohtavuudeltaan erilaisten, pehmeiden maakerrosten tutkimiseen. (Kairausopas VI. 2001, 9.)

3.1.7 Näytteenotto

Maalajien geoteknisten ominaisuuksien tutkiminen maanäytteistä on kairausten lisäksi peruslähtökohta suunniteltaessa pohjarakenteita ja perustamistöitä. Monet kairausten tulokset edellyttävät, että maalaji on tunnistettu erikseen. Maanäytteille tehtävien laboratoriokokeiden avulla saadaan oleellista lisätietoa maaperästä ja sen ominaisuuksista. (Jääskeläinen 2011, 274.)

Näytteet jaetaan häiriintymättömiin ja häiriintyneisiin näytteisiin. Häiriintymättömien näytteiden perusteella saadaan selvitettyä maan lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet. Häiriintyneistä näytteistä selvitetään maan kosteus, rakeisuus, routivuus, tarvittaessa humuspitoisuus ja muut suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot. (Jääskeläinen 2011, 274.) Valtaosa näytteistä on häiriintyneitä näytteitä. Häiriintymättömiä näytteitä voidaan ottaa vain savesta ja savipitoisista maista. (Kallio 2017.)

Maanäytteiden ottamiseksi on useita eri menetelmiä. Koekuopista satavien näytteiden lisäksi näytteitä saadaan otettua erilaisten kairausten ja näytteenottoputkien avulla. (Kallio 2017.) Taulukossa 2 on esitetty näytteenottimien soveltuvuus erilaisten maanäytteiden ottoon.

TAULUKKO 2. Näytteenottimien soveltuvuus (Kairausopas III, 15)

Näytteenottotapa tai -otin	Häiriintymätön näyte							Häiriintynyt näyte						
	Maalajiryhmä							Maalajiryhmä						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Koekuoppa (Kk)	o	o	•	o	o		o	•	•	•	•	•	•	•
Kierreotin (Kr)								o	•	•	•	o		o
Lapio-otin (Lp)								o	o	o	o	•	o	o
Kannuotin (Kn)								•						
Pienoismäntäotin (Pm)									•	•	•	o		
Heijarikairan näytteenotin (He)											•	•	o	o
Heijarikairan sydännäyteotin (Hs)											•	•	•	•
Avoin putkiotin (Pa)	o		•	o						•	o	o		o
Vesi- tai iimahuuhtelu												o	o	
Mäntäottimet (Mä)		•		o				o						

Maalajiryhmät	Merkinnät
I eloperäiset maalajit	• = saadaan yleensä hyviä näytteitä
II savi	o = voidaan saada tyydyttäviä näytteitä
III kuivakuorisavi	= ei saada yleensä käyttökelpoisia näytteitä tai otinta ei normaalisti käytetä
IV siitti	
V hiekka	
VI sora	
VII moreeni	

3.1.8 Koekuopat

Koekuoppia tehdään tarvittavien maanäytteiden ottamisen lisäksi myös vanhojen rakenteiden ja maaperän kaivuolosuhteiden selvittämiseksi. Koekuopat hahmottavat selkeästi maaperän pintakerrosten rakenteen. (Jääskeläinen 2011, 259-260.)

Kalliopinnan varmistaminen lähellä maanpintaa on usein helpointa ja nopeinta tehdä koekuoppien avulla. Koekuoppien paikat tulee suunnitella siten, että ne eivät vaikeuta alueen tulevaa rakentamista ja käyttöä. (Jääskeläinen 2011, 259-260.)

3.1.9 Pohjavedenpinnan määrittäminen

Pohjavedenpinnan määrittäminen on tarpeellinen jokaisessa rakennuskohdassa. Se voi määrätä hyvin pitkälle perustamistaparatkaisut ja työtavat. Geoteknisissä laskelmissa pohjavesipinnan sijainnilla on aina suuri merkitys. (Jääskeläinen 2011, 280.)

Ympäristöä arvioimalla sekä kairaus- ja näytteenottotuloksia tarkastelemalla hankitaan varmuus siitä, esiintyykö paikalla orsivesikerroksia vai ollaanko tekemisissä varsinaisen pohjaveden kanssa. (Jääskeläinen 2011, 280.)

Pohjaveden pintaa ja sen vaihteluita mitataan havaintoputkesta, joka pyritään ulottamaan vettä johtavaan kerrokseen saakka. Metallista tai muovista valmistetun putken alapäässä on rei'itetty osa, josta vesi pääsee putkeen. Mittaaminen tapahtuu putken yläpäästä esimerkiksi sähköisin mittalaittein. Laajemmissa tutkimuskohteissa asennetaan kolme tai useampia havaintoputkia, jolloin saadaan selvitettyä myös pohjaveden virtaussuunta. (Jääskeläinen 2011, 280.)

3.2 Pohjatutkimuksiin käytettävä kalusto

Suomessa tehtäviin pohjatutkimuksiin soveltuvaa pohjatutkimuskalustoa valmistavat esimerkiksi suomalainen Geomachine Oy ja ruotsalainen Ingenjörfirman Geotech. Kairauskoneet luokitellaan kevyisiin, keskiraskaisiin ja raskaisiin kairausvaunuihin. (Mäkinen 2017, 27.)

Kaluston kehityksessä on tapahtunut merkittävää edistymistä etenkin automaattisen tallennusjärjestelmän ja menetelmien monipuolisuuden suhteen. Nykyään kaikki kairauskoneet on varustettu automaattisella tiedonkeruujärjestelmällä ja kairausparametrien keräämiseen tarvittavilla elektronisilla tai hydraulisilla antureilla. (Mäkinen 2017, 27.)

Kairauskaluston suuremman tehon ja monipuolisempien näytteenottimien avulla voidaan ottaa syvemmältäkin laadukkaita näytteitä. Perinteistä käsikairauskalustoa käytetään edelleen paikoissa, mihin konekalustolla ei ole pääsyä. (Mäkinen 2017, 27.)

3.2.1 Kevyt kairausvaunu

Kevyet kairausvaunut painavat alle 2 000 kg ja soveltuvat parhaiten paino- ja siipikairaukseen sekä C-luokan näytteenottoon (kuva 5). Koneilla voidaan myös tehdä pehmeikköalueilla tapahtuvia keveitä puristin-heijarikairauksia, mutta kevyen painon vuoksi kone on tällöin ankkuroitava. Koneet kulkevat maastossa ketterästi jättämättä suurempia jälkiä. (Mäkinen 2017, 27.)



KUVA 5. Kevyt kairausvaunu GM50GT (Maaperätutkimusvaunut)

3.2.2 Keskiraskas kairausvaunu

Keskiraskaiden kairausvaunujen painot ovat 2 500–5 000 kg, joten niiden soveltuvuus erilaisiin kairauksiin on hyvin monipuolinen (kuva 6). Tämän kokoluokan ominaisuudet tulevat parhaiten esiin tehtäessä paino-, puristin-heijari- ja siipikairauksia sekä erilaisissa näytteenotoissa. (Mäkinen 2017, 28.)

Koneen varustuksesta riippuen myös porakonekairaukset ja pohjavesiputkien asentaminen on mahdollista tehdä alle 20 m:n syvyydellä. Porakonekairausten huuhteluun käytetään koneessa olevaa vesipumppua tai erillistä vaunukompresoria. (Mäkinen 2017, 28.)



KUVA 6. Keskiraskas kairausvaunu GM75GT (Maaperätutkimusvaunut)

3.2.3 Raskas kairausvaunu

Raskaat kairausvaunut ovat yli 5 000 kg painavia ja ne on tarkoitettu syvälle ulottuvien porakonekairausten ja pohjavesiputkien sekä vaativimpien näytteenottojen tekemiseen (kuva 7). Raskailla vaunuilla onnistuu myös kevyempien kairausten tekeminen, mutta se ei ole aina taloudellisesti järkevää, mikäli kevyempääkin kalustoa on saatavilla. Lisäksi raskaat vaunut jättävät helpommin suurempia jälkiä maastoon. (Mäkinen 2017, 28.)

Raskaat kairausvaunut on varustettu yleensä riittävän suuritehoisella paineilmapressorilla, joten huuteluun ei tarvita erillistä vaunukompressoria. Koneet on varustettu vesipumpulla, joten huuhtelu onnistuu myös vedellä. (Mäkinen 2017, 28.)



KUVA 7. Raskas kairausvaunu BV605 (Borrigger)

3.3 Tietomallintamista tukevat pohjatutkimusmenetelmät

Rakentamissuunnitteluvaiheessa tehtävän toteutusmallin kaikkien taiteviivojen ja niistä muodostettavien pintojen tulee olla kauttaaltaan jatkuvia. Kairaus- ja näytteenottotuloksista tulkitut pohjaolosuhteet ovat pistemäistä tietoa ja kuvaavat maaperän ominaisuuksia ainoastaan kyseisessä kohdassa. Geosuunnitteluun tämä aiheuttaa haasteita, koska tutkimuspisteiden väliin jäävien alueiden maakerrosrajojen ominaisuudet ja niiden geometria joudutaan arvioimaan. (Brotherus 2014, 25.)

Geofysikaalisten tutkimusmenetelmien tarkoituksena on saada määritettyä maaperän kerrosrajat jatkuvana tietona, jolloin tietomallin tarkkuus paranee. Geofysikaalisten menetelmien etuna on tutkimusten nopeus ja kohtuulliset kustannukset, joten eniten niistä on hyötyä laajoissa tutkimuskohteissa. Heikkoutena voidaan pitää tulosten tulkinnan monikäsitteisyyttä, minkä vuoksi tulkinta vaatii avuksi yleensä myös perinteisiä tutkimusmenetelmiä. (Jääskeläinen 2011, 284 – 286.)

Yleisimmät Suomessa käytössä olevat geofysikaaliset tutkimusmenetelmät ovat maatutkaluotaus, sähköinen maanvastusluotaus, seisminen luotaus ja gravimetrisen mittaus (Brotherus 2014, 25). Luvuissa 3.3.1-3.3.2 käsitellään tarkemmin maatutkaluotausta ja sähköistä maanvastusluotausta sekä niiden soveltuvuutta maakerrosrajojen tulkintaan.

3.3.1 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotauksessa korkeataajuisia sähkömagneettisia aaltoja lähetetään tutka-antennista maaperään. Aallon osuessa rajapintaan, jossa väliaineen sähköiset ominaisuudet muuttuvat, heijastuu osa energiasta takaisin ja osa läpäisee rajapinnan. Heijastavia pintoja maaperässä ovat esimerkiksi pohjaveden pinta, kallionpinta ja savi. (Brotherus 2014, 26.)

Maatutkaluotauksesta saatava raakadata perustuu väliaineen dielektrisyysarvoon, mikä riippuu suuresti sen vesiarvosta. Luonnonmukaisten maakerrosrajojen lisäksi myös maaperään rakennetut rakenteet, kuten tien rakennekerrokset ja putkijohtolinjat aiheuttavat aallon heijastumista ja vaimenemista. (Brotherus 2014, 26.)

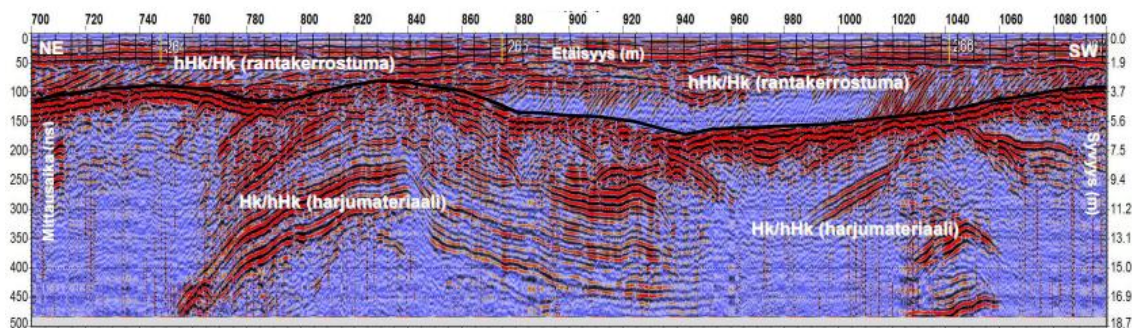
Maatutkalaitteistoon kuuluu lähetin-vastaanottoantennin lisäksi keskusyksikkö, kaapelit, paikannusjärjestelmä ja vetolaitteisto telineineen (kuva 8). Vetolaitteistona käytetään tutkimusmaastosta ja -ajankohdasta riippuen maastoautoa, mönkijää tai moottorikelkkaa. (Paalijärvi 2017, 3.)



KUVA 8. Geologian tutkimuskeskuksen maatutkalaitteisto (Paalijärvi 2017, 3)

Maatutkaluotauksen tuloksena saadaan yksittäisten pulssien heijasteaalloista muodostuva jatkuva profiili dielektrisyysarvoiltaan erilaisista maalajeista ja maassa olevista rakenteista. Saadusta profiilista hahmotettavat rakenteiden kerrosrajat voidaan erottaa materiaalien sähköisten rajapintojen avulla. (Saarenketo – Schullion 2000, 123.)

Maatutkaluotauksen tulkintaa avustamaan tarvitaan referenssiksi esimerkiksi kairausdataa, mikä helpottaa valitsemaan signaalin oikeat heijastuskohdat lopullista tulkintaa varten. (Saarenketo – Schullion 2000, 123.) Kuvassa 9 on esimerkki maatutkaluotauksen tulosteesta tulkintoineen.



KUVA 9. Maatutkaluotauksen tulosteprofiili (Paalijärvi 2017, 4)

Hiekan ja sitä karkeampien maalajien sähkönjohtavuus ja dielektrisyys ovat yleensä alhaisia ja maatutkauksen syvyysulottuvuus vastaavasti hyvä. Hienoaineksen tai suolapitoisuuden lisääntyminen kasvattaa sähkönjohtavuutta ja dielektrisyyttä, joten esimerkiksi savisessa maaperässä maatutkan syvyysulottuvuus heikkenee. Menetelmä on parhaimmillaan harjualueilla, jossa tietoa kallionpinnasta, pohjavedestä, irtainten maalajien laadusta ja maaperäkerrosten rakenteesta saadaan jopa yli 30 m:n syvyydeltä. (Paalijärvi 2017, 3.)

Maatutkaluotauksen tulos ei ole tarkkuudeltaan kairausten ja näytetutkimusten perusteella sadun tiedon veroista, mutta se kertoo jatkuvana esityksenä nykyisen tilanteen ja voi antaa ratkaisevan tiedon tarvittavista jatkotoimenpiteistä. (Jääskeläinen 2011, 285.)

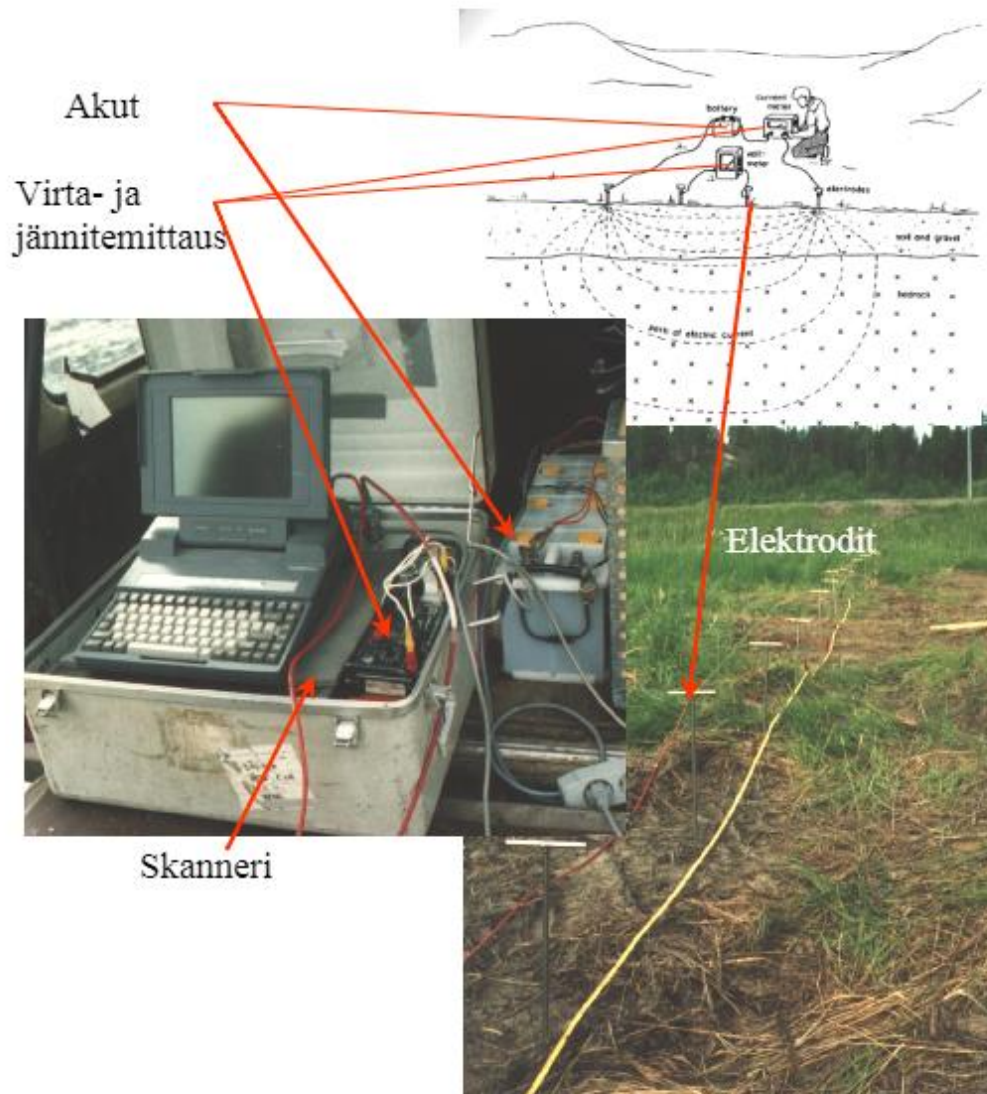
3.3.2 Sähköinen maanvastusluotaus

Myös sähköisellä maanvastusluotauksella voidaan kerätä jatkuvaa dataa maaperän sähköisestä rakenteesta. Mittaustuloksista lasketaan sähköisiin ominaisuuksiin perustuva rakennemalli, josta saadaan referenssidatan perusteella muodostettua malli maaperän geologisesta rakenteesta. (Brotherus 2014, 27.)

Maalajien sähköiset ja geologiset ominaisuudet eivät aina vastaa toisiaan, mikä aiheuttaa mallin tulkinnalle epävarmuustekijöitä. Sähköisen maanvastusluotauksen avulla saadaan parhaiten selville maakerrosten rajat, routaraja, pohjavedenpinta, kallioperän sijainti, kivilajien väliset rajat ja kohdat, joissa ehyt kallio vaihtuu ruhjoutuneeseen tai rapautuneeseen kallioon. (Brotherus 2014, 27.)

Maanvastusluotaus tapahtuu luomalla suljettu virtapiiri kahden maahan työnnetyn elektrodin avulla. Virtapiirin potentiaaliero mitataan kahdella eri elektrodilla. Syötetyn virran, mitatun potentiaalieron ja elektrodijärjestelmän geometrisen kertoimen avulla saadaan määritettyä näennäinen ominaisvastus. (Brotherus 2014, 27.)

Mittauksia voidaan suorittaa myös monielektrodi-mittauksena, jolloin maahan asennetaan joukko elektrodeja ja muodostetaan virtapiiri kaapelien avulla. Monielektrodimittauksessa maaperän sähkönjohtavuuden vaihtelua voidaan mitata syvyyden ja paikan funktiona. Mitattu data tallennetaan tietokoneelle ja eri elektrodivalinnoilla saatuja vastusarvoja käyttäen luodaan pituusprofiili maaperän sähköisistä ominaisuuksista. (Brotherus 2014, 28.) Kuvasta 10 ilmenee sähköisen maanvastuslaitteiston kokoonpano.



KUVA 10. Sähköisen maanvastuslaitteiston kokoonpano (Törnqvist – Laaksonen - Juvankoski 2001, 11)

Sähköisen monielektrodimittauksen hyvä puoli perinteisiin pohjatutkimusmenetelmiin verrattuna on tulosten kattavuus. Menetelmällä voidaan selvittää myös maatutkaluotauksessa läpäisemättömien, hyvin sähköä johtavien maalajien rakenne. Tekniikka on myös ympäristöystävällinen. Merkittävin heikkous on teknologian hitaus ja myös datan tulkinta malliksi vie paljon aikaa. (Brotherus 2014, 28.)

4 POHJATUTKIMUSAINEISTON SISÄLTÖ JA -ESITYSTAPA

Pohjatutkimustarpeen arviointi ja tarvittavien tutkimusten ohjelmointi kuuluvat geotekniseen suunniteluun. Yleensä pohjatutkimukset tehdään vaiheittain pohjarakennussuunnittelun edellyttämässä laajuudessa. Jokaisessa tutkimusvaiheessa käytetään hyväksi rakennusalueen edellisen vaiheen tutkimustuloksia ja muita käytettävissä olevia tietoja. Geotekniset suunnittelut ja tutkimukset tehdään Eurokoodi 7:n osien 1 (SFS-EN 1997-1 + A1 + AC, yleiset säännöt) ja 2 (SFS-EN 1997-2 + AC, pohjatutkimus ja koestus) mukaisesti huomioiden ympäristöministeriön säännökset (RT RakMK-21753) standardien kansallisista valinnoista.

4.1 Yleispiirteinen pohjatutkimus

Yleispiirteinen pohjatutkimus tehdään rakennussuunnittelun alkuvaiheessa ja sen perusteella voidaan laatia pohjarakennusluonnos. Yleispiirteisen pohjatutkimuksen teettäminen on tarpeen, kun haetaan edullisimpia rakennusten, putkilinjojen, piha-alueiden ja piharakenteiden sijainteja. Tutkimustietojen perusteella selvitetään erityisesti eri perustamistapavaihtoehdot, pohjarakennustöiden toteutusvaihtoehdot ja valitaan kuivatusjärjestelmä. Lisäksi pitää myös pystyä arvioimaan maalajien routivuus, piha-alueiden rakenneratkaisut, kaivantojen tukemistarve, kuivatusvesien poistomahdollisuudet ja rakentamisen vaikutukset ympäristöön. (RT 10-11127. 2017, 6.)

Lähtötietona käytetään alueella mahdollisesti aiemmin tehtyjä pohjatutkimuksia tai muutoin hankittuja tietoja. Mikäli aiemmat pohjatutkimukset on toteutettu asianmukaisesti, voidaan tutkimuslinjat valita suunniteltujen rakenteiden sijoittamipaikkojen ja suuntien mukaisesti. Tutkimuspisteiden välinen etäisyys on 10 – 30 m, riippuen pohjaolosuhteista sekä rakenteiden muodosta ja monimutkaisuudesta. Vaihtelevissa olosuhteissa tutkimusväliä tihennetään tarpeen mukaan. (Röpelinen 2011.)

Tutkimusmenetelmänä ovat yleensä paino-, heijari- ja siipikairaus sekä häiriintyneet ja häiriintymättömät maaperänäytteet. Tutkimusten perusteella selvitetään alueen maalajit ja kerrosrajat sekä kokoonpuristuvuus-, leikkaus- ja lujuusominaisuudet. Lisäksi selvitetään pohjavesipintojen tasot ja -vaihtelut. Sade- ja jätevesien sekä salaojien purkupaikat selvitetään tontin tarkemman vaaituksen ja karitoituksen yhteydessä. (RT 10-10619. 1996,2.)

Yleispiirteisen pohjatutkimuksen perusteella pystytään karkealla tasolla vertailemaan eri perustamistapavaihtoehtoja ja arvioimaan maa- ja pohjarakentamisen rakentamiskustannuksia.

4.2 Yksityiskohtainen pohjatutkimus

Yksityiskohtaisen pohjatutkimuksen tavoitteena on selvittää ne puuttuvat tiedot, jotka tarvitaan lopullisen pohjarakennussuunnitelman tekemiseksi. Toteuttamiskelpoisen pohjarakennussuunnitelman tekemistä varten tarvitaan yleensä niin kattava yksityiskohtainen pohjatutkimus, että sen perusteella voidaan suunnitella yksittäiset perustukset, mahdolliset perustamistavan muutoskohdat, liittyvät rakenteet, kaivantojen toteutustapa, rakennuspaikan kuivatus sekä routa- ja muut suojausrakenteet. (Röpelinen 2011.)

Tarvittavien tutkimusten sisältö on riippuvainen aiemmin tehdyistä tutkimuksista ja pohjatutkimuspisteet sijoitetaan aiempaa tarkemmin tulevien rakenteiden perustusten kohdille. Yleispiirteiseen pohjatutkimukseen verrattuna tutkimuspisteitä on tiheämmässä. (Röpelinen 2011.)

Rakenteiden perustaminen

Perustamisen tutkimustarve määritellään erikseen sen perusteella, onko kyseessä paaluperustus, maanvarainen antura- tai laattaperustus tai perustaminen kallionvaraisesti. Paaluperustuksille tarvitaan muun muassa heijarikairausta, jotta tukipaalujen tavoitetaso saadaan selville sekä puristinkairauksia kitka- ja kee-siopaalujen mitoitus varten. (Röpelinen 2011.)

Hienorakeisten maakerrosten varaan perustaminen edellyttää häiriintymättömien näytteiden ottoa, jotta kokoonpuristuvuuskokeet voidaan suorittaa. Kokeista saatujen tulosten perusteella arvioidaan rakenteiden tulevat painumat. (Röpelinen 2011.)

Kalliopinnan taso voidaan selvittää luotettavasti vain porakonekairauksilla tai koekuopasta. Kalliopinnan määrittäminen tehdään riittävällä tiheydellä etenkin pohjasuhteiden muutoskohdissa. Kallion rakennetta ja rikkonaisuutta tutkitaan tarvittaessa kalliönäytteillä ja vesimenekikokeella. (Röpelinen 2011.)

Putkijohtojen perustaminen

Putkilinjojen kohdilta tutkitaan maakerrosten rajat ja kalliopinnan sijainti. Kokoonpuristuvuusominaisuudet tutkitaan pehmeillä maakerrosalueilla. Tutkimusten perusteella arvioidaan putkijohtojen perustamistapa ja mahdolliset kevennysrakenteet sekä otetaan kantaa kaivantojen toteutustapaan. (Röpelinen 2011.)

Kaivantojen suunnittelu

Kaivantojen suunnittelua varten selvitetään maan leikkauslujuus siipikairauksilla ja laboratoriossa tehtävillä leikkaus- kartio- tai kolmiaksiaalikoikeilla. Erityisen tärkeää on selvittää pohjavedenpinnan tasot. Kaivantosuunnittelua varten tarkastellaan erityisesti kohteita, joissa on hydraulisen murtumisen vaara, kuten hieno ja karkearakeisten maalajimuodostumien reuna-alueet. Maaperän vedenläpäisevyys tutkitaan laboratoriokokeilla tai koepumppauksella. (Röpelinen 2011.)

Kuivatus ja routasuojaus

Kuivanapito- ja routasuojaussuunnittelua varten selvitetään maaperän vedenläpäisevyys, rakeisuuskäyrä ja kapillaarisuus laboratoriokokeilla. Lisäksi selvitetään rakennusalueen pohjavedenpinnan vaihtelut ja pintavesistöjen vedenpinnan korkeudet ja -vaihteluvälit sekä ojien ja purojen sijainti. (Röpelinen 2011.)

4.3 Täydentävät pohjatutkimukset

Mikäli pohjarakennussuunnittelua varten tarvitaan lisätietoja, pohjarakennussuunnittelija laatii täydentävän pohjatutkimusohjelman ja hyväksyttää sen tilaajalla. Lisätutkimukset ovat tarpeen yleensä, kun rakennuspaikka siirtyy tutkitun alueen ulkopuolelle, rakennuspaikalla esiintyy merkittävää pohjasuhdevaihtelua, rakennukseen tulee kahta tai useampaa perustamistapaa, maanalaisten rakenteiden paikka siirtyy tai tutkimukset eivät ulotu maanalaisten rakenteiden syvyyteen asti. (RT 10-10619. 1996, 4.)

4.4 Pohjarakennussuunnitelman sisältö

Pohjarakennussuunnittelija laatii pohjatutkimusten perusteella pohjatutkimus- ja perustamistapalausunnon, jonka on oltava sitä yksityiskohtaisempi, mitä vaativampi rakennuskohde on pohjasuhteiltaan (Röpelin 2011). Yleispiirteinen pohjatutkimus ja perustamistapalausunto jaotellaan pääpiirteittäin taulukon 3 mukaisesti.

TAULUKKO 3. Pohjatutkimus – ja perustamistapalausunnon sisältö

1	TOIMEKSIANTO	Tutkimuskohteen- ja toimeksiantajan tiedot, tutkimusten tavoitteet ja tutkimusten ohjelmoinnin perusteet.
2	TEHDYT TUTKIMUKSET	Esitetään kaikki tutkimuskohteessa suoritettut tutkimukset, mittaukset, tehdyt laboratoriokokeet sekä käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä.
3	MAASTO- JA YMPÄRISTÖOLOSUHTEET TUTKIMUSALUEELLA	Tiedot maakerrosten jaosta ja -teknisistä ominaisuuksista sekä kairausten päättymissyvyydestä.
3.1	Ympäristöolosuhteet	Selostus tutkimuskohteen sijainnista ja nykytilasta sekä aiemmasta käytöstä.
3.2	Putkijohdot, kaapelit ja ilmajohdot	Esitetään tiedot olevista putkijohtoista ja kaapeleista.
3.3	Yleiskuivanapito ja pohjavesi	Alueen kuivatus ennen rakentamista. Tieto pohjavedenpinnan sijainnista ja -vaihteluista.
3.5	Maaperän pilaantuneisuus	Otetaan kantaa maaperän pilaantuneisuuteen.
4	POHJARAKENNUSTAPA	Laskelmien kriteerit esim. sallitut painumat esitetään.
4.1	Tiedot suunnitelluista rakennuksista	Rakennusten sijainti, koko ja korkeusasema.
4.2	Rakennusten ja rakenteiden perustamistapa	Ratkaisut rakennusten- ja rakenteiden perustamiseksi sekä niihin liittyvät tarkennukset (esim. käytettävät paalutyypit ja sallitut pohjapaineet).
4.3	Routa- ja radonsuojaus ja salaojitus	Esitetään tarvittavat ratkaisut ja niihin liittyvät tarkennukset (siirtymäkiilat, roudaton perustamissyvyys yms.)
4.4	Piha- ja liikennealueet	Kantavuus- ja routivuusmitoitus sekä päällysrakennetyypit.
4.5	Kunnallistekniikka	Esitetään ratkaisut putkijohtojen yms. perustamiseksi.
4.6	Kuivatus	Kuvaus alueellisen kuivatuksen järjestämisestä.
5	POHJARAKENNUSTYÖN SUORITUSOHJEET	Yleispiitteiset ohjeet maanrakennustöiden suorittamiseen.
5.1	Maanrakennustyöt, yleistä	Selostus maanrakennustöissä huomioitavista asioista esim. täyttö- ja tiivistystyöt.
5.2	Kaivannot	Kaivantojen luiskaukset ja tuentatarpeet.
5.3	Tuennat ja vahvistukset	Esitys tarvittavista tuennoista ja pohjanvahvistuksista.
5.4	Paalutustyöt tai muu erikoistyö, yleistä	Yleisohjeet paalutuksen, louhinnan, stabiloinnin tai muun erikoistyön suorittamisesta.
6	JATKOTOIMET	Eri ratkaisujen (esim. lattiatason nostaminen) aiheuttamat jatkotoimenpiteet.

Pohjatutkimus ja perustamistapalausunnon liitteenä toimitetaan lisäksi pohjatutkimuskartta, jossa on esitetty tutkimuspisteiden paikat, pintavaaitus, tontin rajat ja rajapyykit. Lisäksi siitä tulee ilmetä tontin vieressä kulkevat kadut jalkakäytävien, tontilla olevat rakennukset, vesi- ja viemärijohdot, avo-ojat, kaivot. Kartassa esitetään myös mahdollinen rantaviiva, kaapelit, merkittävät puut ja istutukset sekä muut tarvittavat tiedot. Suunnitteilla olevat rakennukset ja rakennelmat asemoidaan kartalla oikeisiin kohtiin. (RT 10-10619. 1996, 2.) Kuvassa 11 on esimerkki kartoituksen perusteella laaditusta pohjatutkimuskartasta.

Lausunnon liitteenä toimitetaan myös pohjatutkimusleikkaukset sisältäen kairausdiagrammit ja käytetyt pohjatutkimusmerkinnät liitteen 1 (SGY 201/2005) mukaisesti. Maaperänäytteiden laboratoriokokeiden tulokset ja selvitys olemassa olevien rakenteiden perustamistavasta ja -tasoista toimitetaan tarvittaessa. (RT 10-10619. 1996, 2.)

4.5 Tietomallipohjaisen suunnitelman esitystapa

Tietomallinnuksen laajuus- ja tarkkuusvaatimukset määräytyvät mallin käyttötarkoituksen mukaisesti ja ne sovitaan tilauksen yhteydessä. Maaperän mallintamisen tarkkuus riippuu suuresti käytettävissä olevan pohjatutkimustiedon tarkkuudesta ja kattavuudesta. Tietomallintaminen tulee tehdä yleisten inframallivaatimusten (YIV2015) mukaisesti. Aineiston käsittelyn ja tiedonsiirron formaattina ovat LandXML ja IFC sekä tarvittaessa DVG-tiedosto.

5 POHJATUTKIMUSTEN HANKINTA

Opinnäytetyössä laadittiin Lehto Tilat Oy:n sisäiseen käyttöön tuleva pohjatutkimusten hankintaohjeistus. Ohjeistus on tiivistelmä luvuissa 2-4 läpikäydyistä asioista. Ohjeistuksessa kuvataan myös pohjatutkimusten hankintaprosessin kulku (kuva 12) ja määritetään eri työtehtäviin kuuluvat vastuualueet.

Pohjatutkimusten ja geosuunnittelun hankinta



(Tehtävien tarkempi sisältö ja vastuunjako esitetty sivuilla 4 – 5)

KUVA 12. Pohjatutkimusten hankintaprosessi

5.1 Pohjarakennesuunnittelijan ja pohjatutkijan pätevyys

Pohjarakennesuunnittelijan pätevyysvaatimukset määräytyvät kyseessä olevan tehtävän vaativuuden mukaan. Pohjarakennesuunnittelijan pätevyys perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä sitä täydentäviin Ympäristöministeriön asetuksiin ja ohjeisiin (YM2/601/2015. 2015, 7). Liitteessä 2 on esitetty pääkaupunkiseudun (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen) rakennusvalvontojen tulkinta pohjarakennesuunnittelijoille asetetuista vaatimuksista.

Pohjarakennesuunnittelijan pätevyys varmistetaan Fise Oy:n ylläpitämästä pätevyysrekisteristä (Pätevyysrekisteri 2019) tai pätevyys todetaan muulla tavoin. Geoteknisiä tutkimuksia ja -mittauksia tekevältä yritykseltä ja ilmoitetulta alihankkijoilta vaaditaan soveltuva RALA-pätevyys tai vaihtoehtoisesti pätevyys osoitetaan soveltuvien yritys- ja henkilöreferenssein. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 12.)

5.2 Pohjatutkimusohjelman sisältö

Tutkimuskohteelle laaditaan pohjatutkimusohjelma, josta tulee ilmetä pohjatutkimuksen tavoitteet ja tehtävät tutkimukset ohjeineen sekä niissä käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. Ohjelmassa otetaan huomioon myös aiemmat tutkimukset ja tiedossa olevat ympäristöriskit. Ohjeet tulosten raportoinnista tarvittavine yhteystietoineen ja tutkimusten aikataulu liitetään pohjatutkimusohjelmaan. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 18.)

Pohjatutkimukset pyritään ohjelmoimaan kunkin suunnitelmavaiheen edellyttämällä tarkkuudella niin yksityiskohtaiseksi ja kattavaksi, että kaikkien rakenteiden suunnittelu on mahdollista yhden pohjatutkimusohjelman mukaan hankituilla tuloksilla. Vanhojen pohjatutkimustulosten luotettavuuden arviointi kuuluu pohjarakennesuunnittelijan tehtäviin. Mikäli vanhat tutkimustulokset liitetään muuhun tutkimusaineistoon, on tunnistustiedot täydennettävä sellaisiksi, että tutkimuksen alkuperä on jäljitettävissä. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 19.)

5.3 Hankinnan sisältö ja -rajaus

Tarvittavat sopimukset tulee aina tehdä kirjallisina. Sopimukseen kirjataan toimeksiannon rajaukset ja maksuperuste. Sopimuksen teon yhteydessä tarkistetaan myös kaikki tilaajavastuulain mukaiset selvitykset ja todistukset.

5.3.1 Tilaajan tehtävät

Tilaaja määrittelee rakennuskohteen ja suunnittelutehtävän lähtötiedot hanketietokortin (RT-10-11283, HT 18) mukaisesti siten, että suunnittelutehtävän laajuus ja tavoitteet on selkeästi esitetty.

Pohjarakennesuunnittelun laajuuden ja suunnittelukokonaisuuden hallinnan rajausten määrittelyssä käytetään apuna geoteknisen suunnittelun tehtäväluetteloa. (RT 10-11127, GEO12). Luetteloa käytetään myös osana pohjarakennesuunnittelun laadunvarmistuksen määrittelyä.

5.3.2 Pohjarakennesuunnittelijan tehtävät

Pohjarakennesuunnittelu käsittää Eurokoodi 7:n mukaiset tehtävät seuraavin selvennyksin (TOPTEN – rakennusvalvonnat, ohjekortti 117a 01 D):

- Maarakenteiden lujuuteen ja vakavuuteen liittyvä suunnittelu sisältyy pohjarakennesuunnittelutehtävään (esim. perusmaan, luiskien, kaivantojen, täyttöjen ja maavallien lujuus ja vakavuus).
- Maanpainerakenteiden mitoittamiseen liittyvien maaparametrien määrittäminen sisältyy pohjarakennesuunnittelijan suunnittelutehtävään. Pysyvien maanpainerakenteiden rakenteellisen suunnittelun tekee yleensä rakennesuunnittelija. Työnaikaisten tukirakenteiden- ja kallioon tai maahan ankuroitavien pysyvien tukirakenteiden suunnittelu kuuluu pohjarakennesuunnittelijalle.
- Perustamiseen kuuluvien rakenteiden suunnittelu maapohjan tai paalun kantokyvyn, vakavuuden, painumien, värähtelyjen ja muiden muodonmuutosten suhteen sisältyy pohjarakennesuunnittelijan tehtävään. Rakenteiden rakenteellinen suunnittelu sisältyy kantavien rakenteiden suunnittelutehtävään.

- ”Rakennuspohjan kuivanapidon ja salaojituksen sekä routasuojaukseen ja radonin torjuntaan liittyvät suunnitelmat sisältyvät rakenne-, pohjara-
kenne-, tai lvi-suunnitelmiin. EC7 kohdan 5.4 tarkoittaman kuivatuksen
suunnittelusta vastaa pohjarakennesuunnittelija”. (TOPTEN – rakennus-
valvonnat, ohjekortti 117a 01 D.)

Pohjarakennesuunnitteluun sisältyvät tehtävät käydään läpi ja niiden sisältö kirjataan käytävissä neuvotteluissa ylös.

5.4 Erikseen tilattavat tehtävät

Erikseen tilattavina tehtävinä ovat tuotannon tarvitsemat työsuunnitelmat. Lisäksi olosuhteet aiheuttavat usein työnaikaisia muutoksia, joiden suunnittelu tulee sopia tarpeen mukaan. Myös tietomallintamiseen liittyvä suunnittelu sovitaan aina tapauskohtaisesti.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ohjeistus pohjatutkimusten teettämisestä ja -tilaamisesta Lehto Tilat Oy:n rakennuskohteisiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli yhtenäistää yrityksen käytännöt pohjatutkimusten hankintaprosessissa. Myös pohjatutkimusaineiston sisällön ja esittämistavan yhdenmukaistaminen oli asetettu yhdeksi keskeisimmistä tavoitteista.

Pohjatutkimukset ovat tärkeässä asemassa hankkeiden kulussa. Työssä perehdyttiin maankäyttö- ja rakennuslain pohjatutkimuksille asettamiin vaatimuksiin. Laki määrittelee vaatimukset esimerkiksi pohjatutkijan pätevyydelle. Lisäksi rakennuspaikan olosuhteet vaikuttavat suuresti hankkeiden kustannuksiin, joten pohjatutkimusten perusteella saatavien tietojen pitää olla käytössä jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Työssä perehdyttiin yleisimpiin Suomessa käytössä oleviin pohjatutkimusmenetelmiin. Maaperää tutkitaan erilaisten kairausten ja näytteenottojen avulla sekä monenlaisella erikoiskalustolla. Rakentamisen tietomallintaminen on lisääntymässä entisestään ja Lehto Tilat Oy:llä on tarkoitus panostaa tähän jatkossa entistä enemmän. Tietomallintaminen asettaa vaatimuksia myös pohjatutkimuksien perusteella saatavalle aineistolle, sillä mallin tarkkuus riippuu suuresti käytävissä olevien lähtötietojen tarkkuudesta. Työssä selvitettiin tähän liittyen myös tietomallintamista tukevien pohjatutkimusmenetelmien käyttöä.

Pohjatutkimuksista saatavan aineiston perusteella määritellään rakennusten ja rakenteiden perustamistavat. Tarvittavan aineiston sisältö ja esitystapa pitää olla tarkasti sovitun mukainen. Opinnäytetyössä tehtiin ohjeistus tutkimusaineiston sisällön ja aineiston esitystavasta. Ohjeistuksesta ilmenee esimerkiksi tiedonsiirtoformaatti digitaalisen aineiston käsittelyyn.

Pohjatutkimusten hankintaprosessiin liittyy monia huomionarvoisia asioita. Hankintojen sopimukset on tehtävä aina kirjallisina ja tilattavien tehtävien tulee olla aina selkeästi rajattuja. Myös käytettävä maksuperuste ja tilaajavastuulain edellyttämät asiat tulee selvittää ennen tilausta. Tässä työssä laadittiin ohjeet hankintaprosessiin liittyvistä asioista.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi tämän raportin lisäksi yrityksen sisäiseen käyttöön tuleva esitys. Esityksessä on tiivistetty tämän raportin tiedot ja lisäksi siinä on kuvattu pohjatutkimusten hankintaprosessin kulku ja siihen liittyvät tehtävät sekä vastualueet.

Ohjeistuksen perusteella toimittaessa Lehto Tilat Oy:n pohjatutkimushankinnat tulevat jatkossa tehtyä aina tarkasti määritellyn sisällön mukaisesti. Lisäksi prosessikuvauksessa on esitetty selkeästi, kenen vastuulle eri tehtävät on määritetty. Ohjeistuksen mukaan toimittaessa hankintaprosessin- ja pohjatutkimusten laatu paranee. Tämän myötä myös hankkeiden kustannus- ja riskienhallinta tulee parantumaan. Ohjeistus on myös tärkeä apuväline uusien työntekijöiden perehdytyksessä.

Opinnäytetyö syvensi pohjatutkimusten ja geosuunnittelun toteuttamiseen sekä hankintaan liittyvää tietämystäni. Työhön liittyvää tutkimusaineistoa oli hyvin saatavilla ja sitä kertyi runsaasti. Haasteena oli poimia aineistosta työhön liittyvä oleellinen tieto. Pohjatutkimusaineiston sisältö ja esitystapa tuli mielestäni hyvin kuvattua, mutta itse hankintaprosessia olisi voinut vielä hieman tarkemmin selvittää.

LÄHTEET

Borriggar. 2019. Ingenjörsfirman Geotech AB. Saatavissa: <http://www.geotech.se/index.php/produkter/borriggar>. Hakupäivä 26.2.2019.

Brotherus, Valtteri 2014. Inframallintamisen hyödyntäminen geoteknisessä suunnittelussa. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-10_geotekniset_tutkimukset_web.pdf. Hakupäivä: 24.9.2018.

INFRA–pohjatutkimusformaatti. 2018. Suomen Geoteknillinen yhdistys. Saatavissa: https://sgy.fi/wp-content/uploads/2018/11/infra_formaatti_v2-5_011118.pdf. Hakupäivä 20.03.2019.

Jääskeläinen, Raimo 2011. Geotekniikan perusteet. Jyväskylä: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Kairausopas I. 1980. Painokairaus, tärykairaus ja heijarikairaus. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry ja Rakentajain kustannus Oy.

Kairausopas II. 1999. Siipikairaus. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

Kairausopas III. 1984. Maanäytteiden ottaminen Geoteknillisiä tutkimuksia varten. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

Kairausopas VI. 2001. CPTU/puristinkairaus ja puristin-heijarikairaus. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

Kallio, Vesa 2017. T530204 Pohjarakennuksen perusteet 4 op. Opintojakson luennot keväällä 2017. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Maaperätutkimusvaunut 2019. Geomachine Oy. Saatavissa: <http://geomachine.fi/Maaperatutkimusvaunut>. Hakupäivä 26.2.2019.

Mäkinen, Tero 2015. Pohjatutkimukset vaativissa erityisolosuhteissa. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan koulutusohjelma.

Paalijärvi, Miikka 2010. Muhoksen Karho-Ojankankaan – Lantonkankaan alueen geologia ja pohjavesipotentiaali. Saatavissa: http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/43_2017.pdf. Hakupäivä 4.3.2019.

Pohjatutkimusten hankinnan kehittäminen. 2012. Liikennevirasto. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121339/lts_2012-33_978-952-255-184-9.pdf?sequence=1&isAllowed. Hakupäivä 12.4.2019.

Pätevyysrekisteri. 2019. Fise Oy. Saatavissa: <http://fise.fi/patevyysrekisteri/?link=>. Hakupäivä 20.3.2019.

Rakennesuunnittelun ja pohjarakennesuunnittelun yleisiä periaatteita. 2018. TOPTEN - rakennusvalvonnat, yhtenäiset käytännöt. Saatavissa: <https://www.pksrava.fi/doc/tulkintakortit/MRL-117a01D.pdf>. Hakupäivä 2.1.2019.

Rantamäki, Martti – Jääskeläinen, Raimo – Tammirinne, Markku 1999. Geotekniikka. Helsinki: Otatieto.

RT RakMK-21753. 2018. Pohjarakenteiden suunnittelu. Säännökset. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://rt.rakennustieto.fi/> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 4.1.2019.

RT YM1–21614. 2014. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. Säännökset. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://rt.rakennustieto.fi/> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 14.11.2018.

RT 10-10619. 1996. Asuinrakennushankkeen pohjatutkimus ja pohjarakennesuunnittelu. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://rt.rakennustieto.fi/> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 24.9.2018.

RT 10-11127. 2017. Geoteknisen suunnittelun tehtäväluettelo GEO12. Ohjeet. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://rt.rakennustieto.fi/> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 23.11.2018.

RT 10-11283. 2017. Hanketietokortti HT18. Rakennustietieto Oy. Saatavissa: <https://rt.rakennustieto.fi/> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 4.1.2019.

Röpelinen, Jyrki 2011. Pohjarakennuksen perusteet 4 op. Opintojakson luentomoniste. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Saarenketo, Timo – Scullion, Tom 2000. Road evaluation with ground penetrating radar. Journal of Applied Geophysics vol. 43, nro 2. S. 119-138. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092698519900052X> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 1.3.2019.

Saari, Matti 2017. Pohjatutkimusmenetelmät ja niiden potentiaali Suomessa. Kandinaattityö. Oulu: Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta.

Törnqvist, Jouko – Laaksonen, Rainer – Juvankoski, Markku 2001. Sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankkimisessa. Saatavissa: <https://docplayer.fi/16588781-Sahkoinen-vastusluotaus-tien-painumalaskennan-lahtotietojen-hankkimisessa.html>. Hakupäivä 5.3.2019.

YM2/601/2015. 2015. Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Suunnittelu_ja_valvonta. Hakupäivä 31.12.2018.

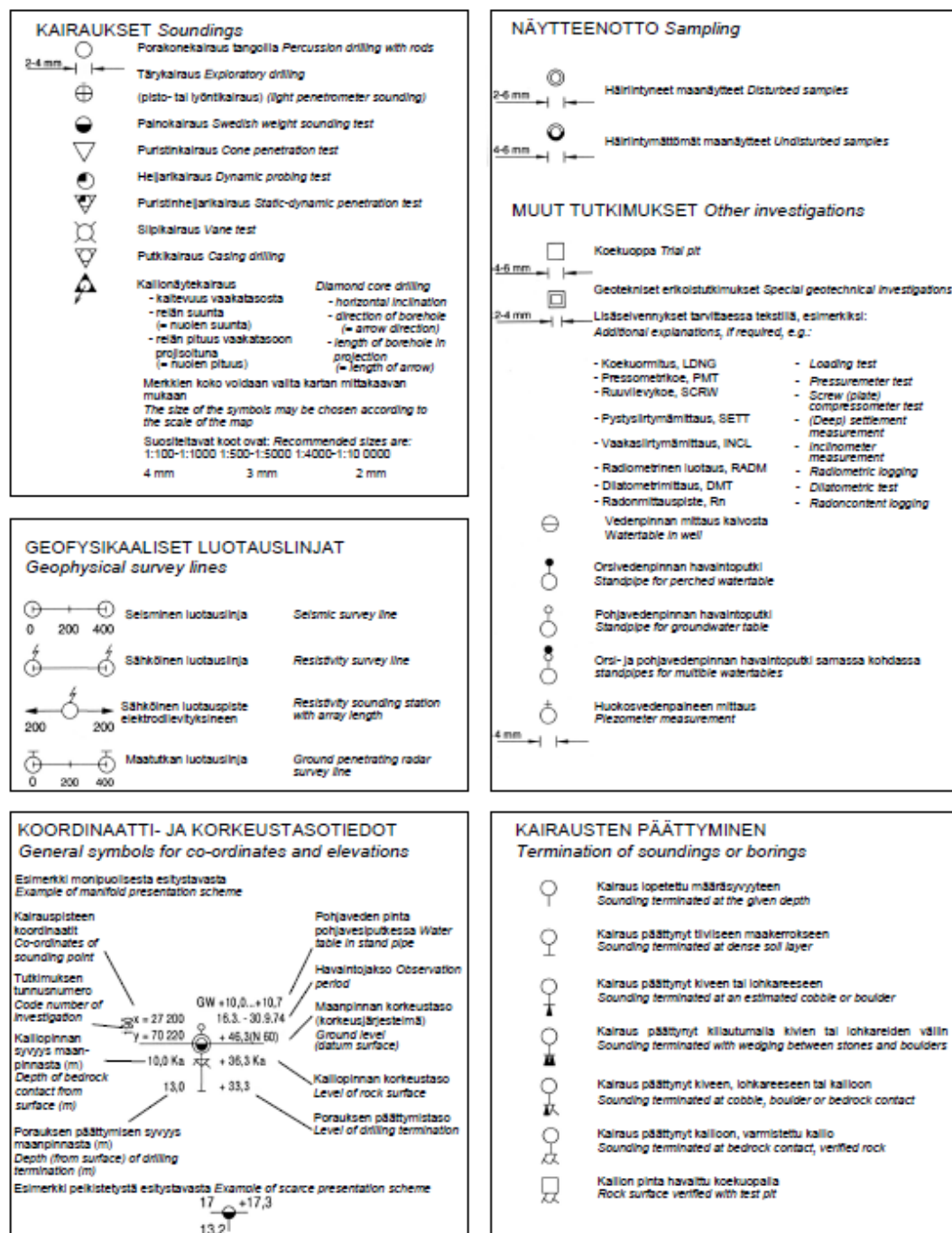
Pohjatutkimusmerkinnät

Symbols for ground (site) investigations

A POHJATUTKIMUSMERKINNÄT KARTOILLA Symbols for ground investigations on maps

SGY 201

Tammikuu 2005
Korvaa SGY 201/1993



POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

SGY 201 © Suomen Geotekninen Yhdistys r.y. 2005.

SGY 201

pohjatutkimusmerkinnät

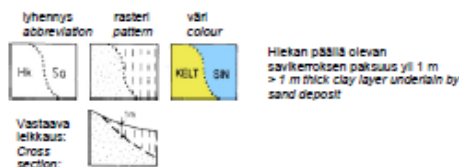
2

MAALAJIALUEET Soil types in terrain mapping

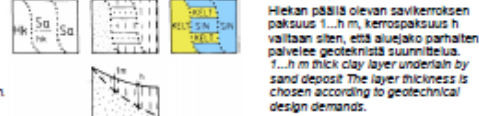
Maalajiryhmä Soil group	Maalaji Soil type
lyhenne abbreviation	lyhenne abbreviation
rasteri pattern	väri colour
E	Eloperäiset maajajit Organic soils
Tv	Turpe
Lj	Lieju
H	Hienorakeiset maajajit Fine grained soils (cohesive)
Sa	Savi
Si	Silti
K	Korkearakeiset maajajit Coarse grained soils (cohesionless)
Hk	Hiekka
Sr	Sora
M	Moreenimaajajit Moraines (Glacial till)
Mr	Moreeni
Tä	Täytemaa
Ka	Kallioinen alue
	Kalliopäästuma

MAALAJIALUEEN RAJA
Soil borderlines for terrain maps

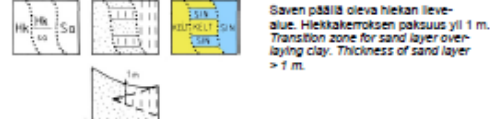
Kartalla On the map



Reuna-alue Terrain periphery



Lievealue Transition zone

KORKEUSKÄYRÄSTÖT
Symbols in (or) topographical map

— — — — — +14 — — — — —	Turpeen alapinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +15 — — — — —	Estimated subsurface elevation of peat layer
— — — — — +4 — — — — —	Liejun alapinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +5 — — — — —	Estimated subsurface elevation of mud deposit
— — — — — +24 — — — — —	Saven alapinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +25 — — — — —	Estimated subsurface elevation of clay deposit
— — — — — +34 — — — — —	Siltin alapinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +35 — — — — —	Estimated subsurface elevation of silt layer
— — — — — +29 — — — — —	Hiekan yläpinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +30 — — — — —	Estimated elevation of sand layer surface
— — — — — +39 — — — — —	Soran yläpinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +40 — — — — —	Estimated elevation of gravel surface
— — — — — +1 — — — — —	Moreenin yläpinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — +0 — — — — —	Estimated elevation of moraine surface
— — — — — +4 — — — — —	Kallioinnin arvioitu korkeustaso
— — — — — +5 — — — — —	Estimated elevation of bedrock surface
— — — — — +6 — — — — —	
— — — — — GW ₁ +4 — — — — —	Orsivedenpinnan arvioitu korkeustaso
— — — — — GW ₁ +5 — — — — —	Elevation of perched watertable
— — — — — GW ₁ +6 — — — — —	
— — — — — GW + 9 — — — — —	Pohjavedenpinnan arvioitu tasokäyrä
— — — — — GW +10 — — — — —	Poikittiviat osoittavat vedenpinnan laskusuuntaa
— — — — — GW +11 — — — — —	Elevation of groundwater table
	The dots show the declining slope direction

SYVYYSKÄYRÄSTÖT
Subsurface topographical map
The depth is measured from the surface

— — — — — 4 — — — — —	Turpeen alapinnan arvioitu syvyys
— — — — — 5 — — — — —	maapinnasta (m)
— — — — — 6 — — — — —	Estimated depth of peat subsurface (m)
— — — — — 9 — — — — —	Liejun alapinnan arvioitu syvyys
— — — — — 10 — — — — —	maapinnasta (m)
— — — — — 11 — — — — —	Estimated depth of mud subsurface (m)
— — — — — 4 — — — — —	Saven alapinnan arvioitu syvyys
— — — — — 5 — — — — —	maapinnasta (m)
— — — — — 6 — — — — —	Estimated depth of clay subsurface (m)
— — — — — 4 — — — — —	Siltin alapinnan arvioitu syvyys
— — — — — 5 — — — — —	maapinnasta (m)
— — — — — 6 — — — — —	Estimated depth of silt subsurface (m)
— — — — — 9 — — — — —	Kallioinnin arvioitu syvyys
— — — — — 10 — — — — —	maapinnasta (m)
— — — — — 11 — — — — —	Estimated depth of rock head (m)

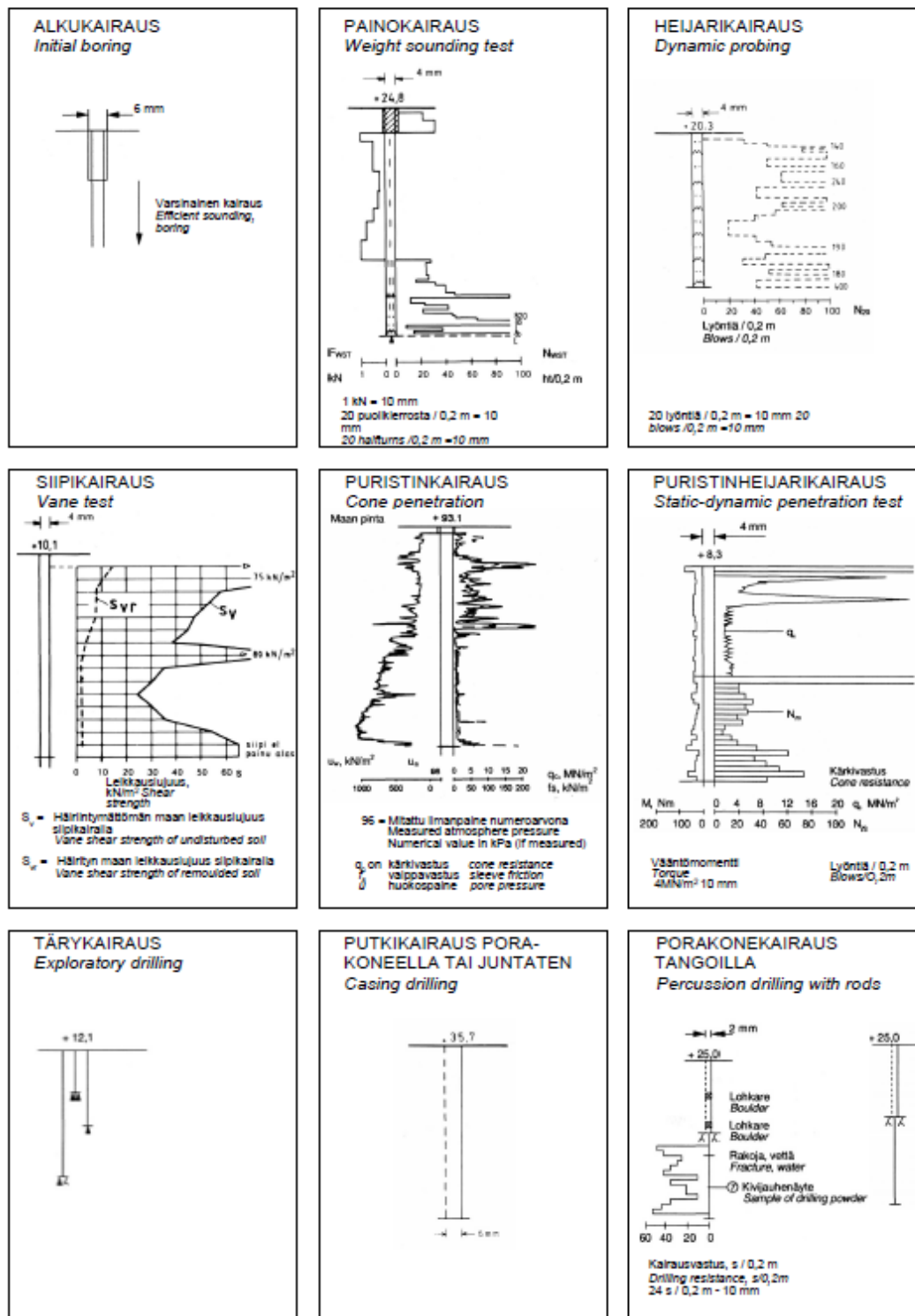
POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

SGY 201 © Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y. 2005.

POHJATUTKIMUSMERKINNÄT LEIKKAUKSISSA

Symbols for ground investigations: in cross sections

Jokaisen kairauksen mittakaava on esitettävä vähintään kerran jokaisessa piirustuksessa.
The scale of each sounding diagram has to be given at least once on a drawing sheet



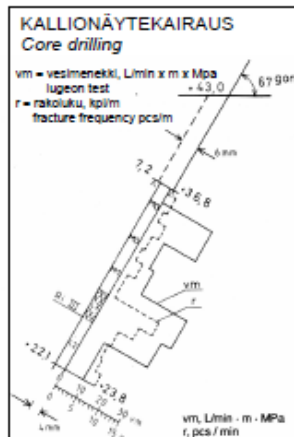
POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

SGY 201 © Suomen Geotekninen Yhdistys r.y. 2005.

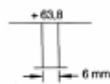
SGY 201

pohjatutkimusmerkinnät

4

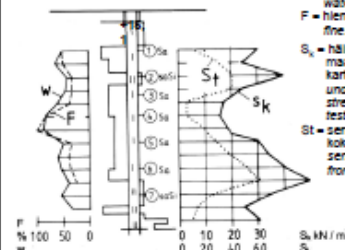


KOEKUOPPA
Trial pit



NÄYTTEENOTTO JA LABORATORIOTULOKSET
Soil sampling and laboratory test results

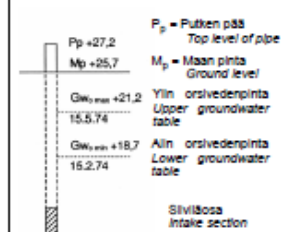
Esimerkki: Example:



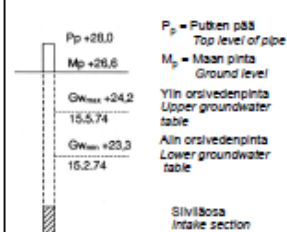
w = vesipitoisuus
water content
F = hienousluku
fineness number
 S_k = häiriintymättömän
maan leikkauslujuus
undisturbed shear
strength from fail cone
test
St = sensitiivisyys kartio-
kokeella
sensitivity determined
from fail cone test

 $S_k, kN/m^2$ S_s

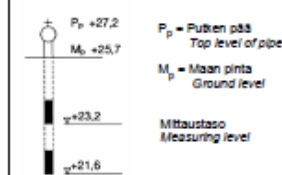
ORSIVESIPUTKI
Standpipe for perched watertable



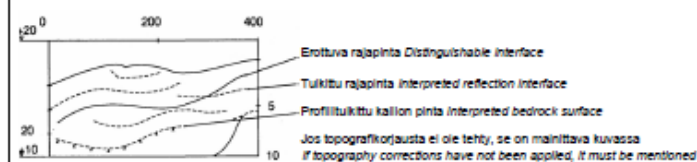
POHJAVESIPUTKI
Groundwater standpipe



HUOKOSVEDENPAINEN
MITTAUSKÄRKI
Piezometer for pore pressure readings



MAATUTKALUOTAUS
Ground penetrating radar survey



MAALAJIMERKINNÄT Symbols for soil types

(Geotekninen maaluokitus)
Merkinnöistä käytetään ensisijaisesti
oikealla puolella esitettyjä maalaimerkinnöitä.

(According to Finnish geotechnical soil classification)
It is suggested to use primarily the soil symbols
given on the right side of the table.

Maalajiryhmä Soil group	Maalaji Soil types	Hm	Värit Colours
	Humusmaa Organic soil		
	Turve Peat	Tv	harmaa grey RGB 192 192 192
	Lieju Mud, ooze	Lj	tumman harmaa dark grey RGB 146 146 174
	Savi Clay	Sa	sininen blue RGB 146 210 254
	Silti Silt	Si	violetti violet RGB 211 3 255
	Hiekka Sand	Hk	keltainen yellow RGB 240 234 82
	Sora Gravel	Sr	vihreä green RGB 113 219 113
	Siltimoräni Silty till	SiMr	ruskea brown RGB 216 173 48
	Hiekkamoräni Sandy till	HkMr	
	Soramoräni Gravelly till	SrMr	
	Kiviä Cobbles	Ki	
	Lohkareita Boulders	Lo	
	Kivi tai lohkarä Stone or boulder	(läpiorattu*) hole drilled through*)	

*) merkin korkeus osoittaa lohkaräen koon
*) the size of the symbol corresponds to the size of the boulder

MAALAJI RAJAT Boundaries for soil types

	Maanpinta, vesialueella pohjan pinta Ground surface, offshore bottom
	Vesipinta Water table
	Tutkimustulosten perusteella arvioitu maala raja Interpreted boundary of soil type
	Tutkimustulosten perusteella arvioitu kalliopinta Interpreted bedrock surface
	Todettu kalliopinta Verified bedrock surface

KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN Termination of soundings or borings

	Kairaus lopetettu määritellyn syvyyteen Sounding terminated at the given depth
	Kairaus päättynyt tiiviiseen maakerrokseen Sounding terminated at dense soil layer
	Kairaus päättynyt kiveen tai lohkaräeseen Sounding terminated at an estimated cobble or boulder
	Kairaus päättynyt kilautumalla kiven tai lohkaräiden välillä Sounding terminated with wedging between stones and boulders
	Kairaus päättynyt kiveen, lohkaräeseen tai kallioon Sounding terminated at cobble, boulder or bedrock contact
	Kairaus päättynyt kallioon, varmistettu kallo Sounding terminated at bedrock contact, verified rock

POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

Vastivuu- luokka	POHJARAKENNESUUNNITELIJAN KELPOISUUSVAATIMUKSET		POHJARAKENNESUUNNITELUTEHTÄVÄN VAATIVUUS ⁽³⁾⁽⁴⁾
	Koulutus ja kokemus ⁽¹⁾⁽²⁾	Opintopisteet	
Tavanomainen (T)	Teknikko (rakennusmestari)	Pohjarakenteiden suunnitteluun ja toimintaan sekä rakennetekniikkaan liittyviä opintoja vähintään 30 op, joihin kuuluu seuraavien (tai vastaavien) alojen opintosuorituksia:	Koko
	ja		<ul style="list-style-type: none"> • Omakotitalo, paritalo, rivitalo, jossa on • 1-2 kerrosta, Ei kellaria tai syviä kaivantoja ja
	3 v. avustamista tavanomaisissa suunnittelutehtävissä	<ul style="list-style-type: none"> • maamekaniikka, pohjarakennus ja maarakennus, 10 op • rakenteiden mekaniikka ja rakenteiden suunnittelu, 10 op 	Maaperä <ul style="list-style-type: none"> • Kallio-, moreeni- tai karkearakeisten maalajien alue ja Ympäristö ja rakennuspaikka <ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen ympäristöstä tai rakennuspaikasta ei aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia
Vaativa (V)	Rakennusinsinööri, insinööri (AMK)	Pohjarakenteiden suunnitteluun ja toimintaan sekä rakennetekniikkaan liittyviä opintoja vähintään 40 op, joihin kuuluu seuraavien (tai vastaavien) alojen opintosuorituksia:	Koko
	ja		<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksessa yli 2 kerrosta tai kellari tai
	4 v. tavanomaisia suunnittelutehtäviä + 2 v. avustamista vaativissa suunnittelu-tehtävissä tai 6 v. avustamista vaativissa suunnittelutehtävissä	<ul style="list-style-type: none"> • maamekaniikka, pohjarakennus ja maarakennus, 15 op • rakenteiden mekaniikka ja rakenteiden suunnittelu, 15 op 	Maaperä <ul style="list-style-type: none"> • Hienorakeisten maalajien alue, täytemaa, eloperäinen maaperä tai sortumavaara tai hankkeessa on jokin alla olevista Pohjarakenteet ja kuormat <ul style="list-style-type: none"> • Mastrojäykistys, maanvarainen perustus. • Kaivanto ulottuu pohjavedenpinnan alapuolelle. • Paalutus • Massanvaihto • Maanpaineelliset tai vedenpaineelliset rakenteet • Vesitiiviit rakenteet • Dynaamiset kuormat tai Ympäristö ja rakennuspaikka <ul style="list-style-type: none"> • Tiivis kaupunkirakenne tai • Voimakas värinärasitus. esim. junarata.
Poikkeuksellisen vaativa (PV)	Ylempi korkeakoulututkinto Diplomi-insinööri, insinööri (ylempi AMK) tai maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen 41/2014 siirtymäsäännöksen mukainen kelpoisuus	Pohjarakenteiden suunnitteluun ja toimintaan sekä rakennetekniikkaan liittyviä opintoja vähintään 45 op, joihin kuuluu seuraavien (tai vastaavien) alojen opintosuorituksia:	Koko
	ja		<ul style="list-style-type: none"> • Yli 12 krs (kellari- ja ullakkokerr. mukaan lukien) tai • Yli 2 kellarikerrosta tai
	6 v. vaativia suunnittelutehtäviä	<ul style="list-style-type: none"> • maamekaniikka, pohjarakennus ja maarakennus, 30 op • rakenteiden mekaniikka ja rakenteiden suunnittelu, 15 op 	Rakennuksessa suuri joukko ihmisiä <ul style="list-style-type: none"> • stadion, lento- tai satamaterminali tai muu erittäin suuri yleisötila tai Vaurio tuottaa vakava vahinkoa ympäristölle <ul style="list-style-type: none"> • Korkea masto tai torni tai • Säiliö, jonka sisältö ympäristölle haitallista tai Maaperä <ul style="list-style-type: none"> • Turve- tai liejumaa, paalutus tai • Poikkeuksellisista syistä aiheutuva sortumavaara tai hankkeessa on jokin alla olevista Pohjarakenteet ja kuormat <ul style="list-style-type: none"> • Pysyvä pohjavedenpinnan alentaminen • Kokeellinen tai muuten ainutkertainen rakenne • Vetoankkurointi kallioon • Poikkeuksellisen paljon pohjavedenpinnan tai naapurirakennuksen perustusten alapuolelle ulottuvia tiloja • Merkittävä osa suuresta rakennuksesta sijoittuu maan alle (esim. liikennetunnelit, maanalaiset pysäköintilaitokset jne.) • Erittäin suuret dynaamiset kuormat • Erittäin suuret ja poikkeukselliset kuormat tai Ympäristö ja rakennuspaikka <ul style="list-style-type: none"> • Erittäin tiivis kaupunkirakenne tai • Erittäin voimakas värinärasitus

www.pksrava.fi

Tunniste: 120 f 03 30.12.2015

Rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa ja lain nojalla säädettyssä valtioneuvoston asetuksessa. Suunnittelijoiden kelpoisuudesta on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa. Ympäristöministeriö on lisäksi antanut suunnittelutehtävien vaativuusluokkia ja suunnittelijoiden kelpoisuutta koskevat ohjeet. Tähän lomakkeeseen on koottu otteita säännöksistä ja ympäristöministeriön ohjeista sekä rakennusvalvonnan tekemistä tulkinnoista yhtenäisten käytäntöjen tukemiseksi. Taulukkoa soveltavan on tunnettava vaativuusluokitusta ja kelpoisuutta koskeva lainsäädäntö.

Musta teksti = säännökset (mrl tai asetus), sininen teksti = ympäristöministeriön ohje, vihreä teksti = rakennusvalvonnan tulkinta.

Säännökset ovat velvoittavia. Ympäristöministeriön ohjeet ja rakennusvalvonnan tulkinnat ovat yhtenäistä tulkintaa tukevia ohjeita, joista voidaan perustellusta syystä poiketa.

- (1) Vähimmäiskoulutusvaatimus.
- (2) yli 50 %:a kokemuksesta on hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen (poikkeuksellisen vaativissa suunnittelutehtävissä 100 %). Ennen tutkinnon suorittamista hankittuna kokemuksena voidaan ottaa huomioon kokemus, joka on hankittu sen jälkeen kun kyseessä olevan tehtävän vaadittavat opinnot on suoritettu.
- (3) Taulukossa on esitetty minimivaatavuusluokka. Rakennushankkeen muut ominaisuudet saattavat nostaa vaatavuusluokitusta.
- (4) Taulukossa on esitetty myös rakennuskohteen rakennusteknisiä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat pohjarakennesuunnittelutehtävän vaativuuteen. Osa esitetyistä ominaisuuksista sisältää sekä pohjarakennesuunnitteluun sisältyviä että rakennesuunnitteluun sisältyviä tehtäviä (esim. paalutus, maanpaineelliset rakenteet jne.)

Pohjarakenteiden ja maan käyttäytymisen yhteensovittaminen on pohjarakennesuunnittelijalle kuuluva suunnittelutehtävä:

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista: "Pohjarakenteiden suunnittelu on maan ja kallion käyttäytymisen yhteensovittamista pohjarakenteiden kanssa siten, että myös yläpuoliset rakenteet toimivat suunnitellulla tavalla ja että rakennus tai rakenne ei vaurioidu eikä tule käyttökelvottomaksi."