



Ohjeistus pohjatutkimusten hankintaan Enersense Internati- onal Oyj:n kohteisiin

Santeri Moilanen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

MOILANEN, SANTERI:

Ohjeistus pohjatutkimusten hankinnasta Enersense International Oyj:n kohteisiin

Opinnäytetyö 73 sivua, joista liitteitä 22 sivua
Huhtikuu 2021

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus selventää ja yhtenäistää pohjatutkimuksien tuloksia ja esitystapoja, luoden näin kattavan yleiskuvan eri työvaiheista sekä niiden sisällöstä yrityksen henkilöstölle. Pohjatutkimuksien esitystavat ovat olleet yrityskohtaisia ja tavat ovat eronneet toisistaan paljonkin. Pohjatutkimukset ovat merkittävä osa rakennushankkeen suunnittelukustannuksia. Pohjatutkimuksien laatuun yleissuunnitteluvaiheessa on vasta lähiaikoina alettu kiinnittämään huomiota. Työn tilaajana toimi Enersense International Oyj:n Power liiketoiminta yksikkö.

Työ toteutettiin käsittelemällä erilaisia pohjatutkimustapoja, niin että lukija saa viitteellisen kuvan jokaisesta menetelmästä. Laadunhallinta ja pohjatutkimuksien prosessien vaiheet selvitettiin. Erilaiset lähteet osoittivat, että yritykset pitävät sulfaattimaiden ja pehmeissä maissa tehtävää näytteiden ottoa aikaisempaa tärkeämpänä ja tähän on alettu kiinnittämään huomiota.

Työn tuloksena saatu ohjeistus selkeyttää Enersense International Oyj:n hankintaprosessin kulkua ja vastuun jakoa. Ohjeistuksessa on lueteltuna vaadittavat toimet, jotka mahdollistavat lisätyönteon ja ohjeet tähän. Työn tuloksena saatu ohjeistus on salassa pidettävä tiedosto, joka on poistettu julkisesta työstä.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme of Construction Engineering
Option in Structural Engineering

MOILANEN, SANTERI:

Instructions for Making the Ground Survey for the Sites of Enersense International PLC.

Bachelor's thesis 73 pages, appendices 22 pages
April 2021

The purpose of this thesis was to clarify and unify the results and presentations of the soil soundings, thus creating a comprehensive overview of the different work stages and their content for the company's personnel. The presentation of the basic studies has been company-specific, and the methods have differed a lot. Ground surveys are a significant part of the design costs of a construction project. The quality of soundings in the general planning phase has only recently begun to draw attention. The work was commissioned by Enersense International PLC Power business unit.

The work was carried out by dealing with different soil soundings methods so that the reader gets a reference picture of each method. The steps of quality management and bottom-up research processes were investigated. Various sources indicated that companies consider sampling in sulphate and soft countries to be more important than before and that attention is being paid to this.

The instructions obtained as a result of the work clarify the course of the procurement process of Enersense International PLC and the division of responsibilities. The guidelines list the required actions to enable additional work and instructions for. The instructions resulting from the work are a confidential file that has been removed from the public work.

Key words: ground survey, instructing, electrical network

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Power liiketoimintayksikkö	7
1.2	Pohjatutkimusten kohteet.....	7
1.3	Työn tarkoitus ja tavoite	10
2	POHJATUTKIMUKSET.....	11
2.1	Pohjatutkimuksien tavoite	11
2.2	Pohjatutkimuksien tuottaminen	12
3	MAALAJIT.....	15
3.1	Maalajiryhmitykset.....	15
3.2	Maalajien lisänimitykset	16
3.3	Happamat sulfaattimaat	16
4	POHJATUTKIMUSMENETELMÄT	19
4.1	Yleistä pohjatutkimuksista.....	19
4.1.1	Maastokatselmus.....	20
4.1.2	Painokairaus (PA).....	21
4.1.3	Siipikairaus (SI)	23
4.1.4	Heijarikairaus (HE)	25
4.1.5	Puristinkairaus (Cu).....	25
4.1.6	Puristin-heijarikairaus (HP).....	27
4.1.7	Porakonekairaus (PO).....	28
4.1.8	Tärykairaus.....	30
4.1.9	Näytteenotto	31
4.1.10	Koekuoppa (KO)	35
4.1.11	Pohjavedenpinnan tason määrittäminen.....	36
4.2	Pohjatutkimuksissa käytettävä kalusto.....	38
4.2.1	Kevyt kairausvaunu	38
4.2.2	Keskiraskas kairausvaunu	39
4.2.3	Raskas kairausvaunu	40
5	LAADUNVARMISTUS	41
5.1	Laadunhallinta.....	41
5.2	Noudatettavat standardit ja ohjeet.....	42
5.3	Henkilöiden pätevyys ja yrityksen velvoitteet	42
6	HUOMIOON OTETTAVAT ASIAT JA NIIDEN VAIKUTUS	44
7	YLEISET VAATIMUKSET POHJATUTKIMUKSILLE	45
7.1	Vaatimukset voimajohdoille.....	46
7.2	Vaatimukset sähköasemille.....	47

8 POHDINTA	49
LÄHTEET	50
LIITTEET	52
Liite 1. Pohjatutkimusmerkinnät SGY-201	52
Liite 2. Esimerkki painokairauksesta	57
Liite 3. Kairauspiirros (Ei julkaista)	58
Liite 4. Ohjeistus yritykselle (Ei julkaista)	59

LYHENTEET JA TERMIT

Homogeeninen	Tasalaatuinen aine tai koostumus
N	Newton on voiman yksikkö, jossa 1 N vastaa noin 10 kilogrammaa
Pa	Paine, jonka yhden Newtonin voima aiheuttaa neliömetrin pinta-alalle
k	Mittayksikön etuliite, joka vastaa 1 000
V	Voltti on SI-järjestelmän jännitteen yksikkö
SGY	Suomen geoteknillinen yhdistys

1 JOHDANTO

1.1 Power liiketoimintayksikkö

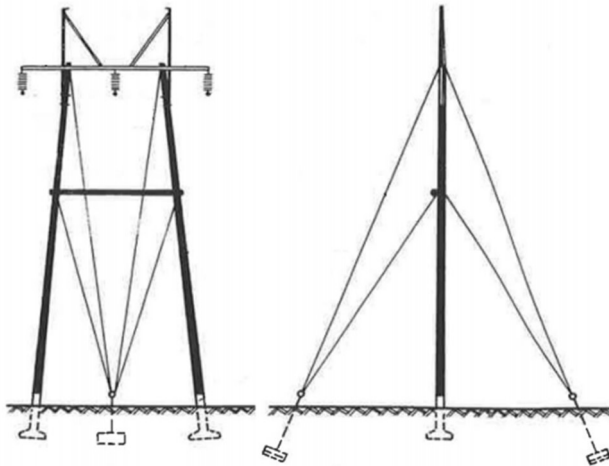
Power liiketoimintayksikkö on osa kotimaista Enersense International Oyj:tä. Yhtiön keskeisimmät toimialueet ovat pohjoismaisten ja kansainvälisten teollisuus-, energia-, tietoliikenne ja rakennusala. Työntekijöitä Enersensellä on 2400 henkilöä 40 eri maassa. Powerin voimajohtohankkeet vaihtelevat lyhyistä 110 kV:n johdoista pidempiin 400 kV:n johtoihin. Sähköasemien koot vaihtelevat suuresti aina pienistä 80 m² kytkinlaitoksista isompiin yli tuhansien neliöiden sähköasemiin.

Pohjatutkimuksilla on merkittävä rooli rakennushankkeen onnistumisessa. Niiden perusteella saadaan tieto vallitsevista pohjaolosuhteista rakennuspaikalla. Jokaiseen hankkeeseen on pystyttävä hankkimaan riittävät ja oikean tarkkuustason tiedot olosuhteiden varmistamiseksi. Pohjatutkimusten tuottamasta aineistosta ja esitystavasta on aina sovittava kirjallisesti ja riittävän tarkasti. On myös hyvä tietää, minkä tyyppistä tietoa geosuunnittelija tarvitsee työssään.

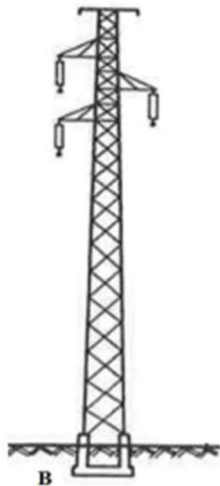
Yleissuunnitteluvaiheessa arvioidaan alustava perustamistapa sekä siihen liittyvät kustannukset, kuten muun muassa massanvaihto, louhinta- ja paalutustyöt. Pohjatutkimuksista suunnittelija saa arvion töiden laajuudesta rakennushankkeessa. Tämän takia kannattaa pohjatutkimuksien laatuun ja tarkkuuteen käyttää alussa resursseja riittävästi, jotta myöhemmin säästytään ylimääräisiltä aikataulu- ja hankekustannuksilta.

1.2 Pohjatutkimusten kohteet

Tässä työssä keskitytään kantaverkon 110 kV:n, 200 kV:n ja 400 kV:n voimajohtojen sekä erikokoisten sähköasemien pohjatutkimuksiin liittyvän aineiston hankintaan. Voimajohtopylvään perustamistapa riippuu kyseessä olevasta pylvästyypistä, joita on kahdenlaisia, harustettuja ja vapaasti seisovia. Harustettu pylväs perustetaan elementtien varaan (kuva 1) ja vapaasti seisova paikallavallettuna (kuva 2).



KUVA 1. 110 kV harustettu puupylväs (Elovaara & Laiho, 2007)



KUVA 2. Vapaasti seisova 110 kV pylväs (Elovaara & Laiho, 2007)

Harustetun pylvään perustus koostuu pylväsjalkojen alle tulevista pilariperustus-elementeistä (kuva 3). Tämän lisäksi haruksille tulee omat elementit pylvästyy-pistä riippuen. Y-harustetulle pylväälle tulee kaksi pilariharuselementtiä (kuva 4), kun taas X-harustetulle tulee edellä mainittujen lisäksi vielä kaksi pilariharuselementtiä. Suunniteltujen elementtien kohdista otetaan pohjatutkimukset sekä näiden lisäksi vielä juuripaalun maanpinnan taso.

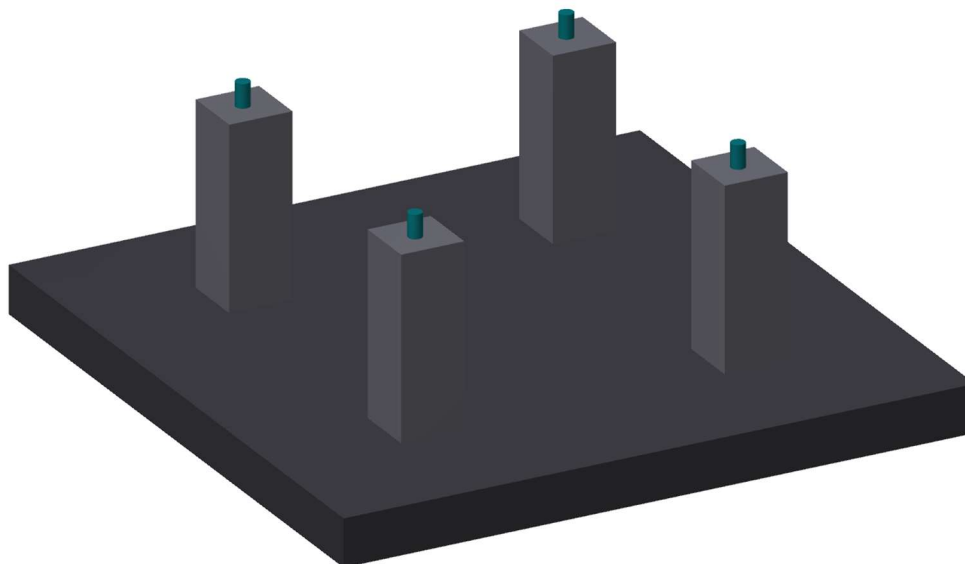


KUVA 3. Pilariperustuselementti (Rudus, 2015)



KUVA 4. Pilariharuselementti (Rudus, 2015)

Vapaasti seisovan pylvään perustukset tehdään paikallavaluna. Perustus koostuu tyypillisesti anturasta ja neljästä pilarista (kuva 5). Anturan sivujen mitta voi olla esimerkiksi 9 metriä kertaa 9 metriä. Pilarit sijoittuvat anturan päälle keskeisesti toisiinsa nähden ja niiden etäisyys anturan reunaan on alle pilarien keskeisen etäisyyden. Vapaasti seisovien pylväiden pohjatutkimuksia otetaan huomattavasti enemmän kuin harustettujen. Syy tähän on iso perustus sekä tyypillisesti perustuksille tuleva isompi kuorma kuin harustetulla pylväällä.



KUVA 5. Vapaasti seisovan pylvään perustus (Moilanen, 2021)

1.3 Työn tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoitus on yhtenäistää pohjatutkimuksien ja geosuunnittelun tarkoituksia sekä tehtäviä ja näin ollen luoda kattavan ja ajantasaisen hankintatavan yhtiölle. Työssä pohditaan myös eri tutkimustapoja ja niiden variaatioita sekä sitä, voidaanko jo ennalta arvioida, minkä kokoisella kalustolla lähdetään pohjatutkimuksia tekemään.

Työssä käsitellään erilaisia maalajeja ja niiden nimeämisperusteita. Pohjatutkimustavoista sekä niiden toimintatavat pyritään selostamaan työssä laajasti. Pohjatutkimuksissa käytetään monitoimikairoja eli kairauskalustoa, jotka luokitellaan kolmeen eri luokkaan ja niiden ominaisuuksia avataan. Pohjatutkimuksien tuottamisessa myös laadunhallinta on tärkeää sekä se, että tiedostetaan, minkälaista valvonnan olisi oltava ja kuka vastaa mistäkin. Tutkimuksissa on hyvä kiinnittää huomiota tiettyihin asioihin ja siihen, millaisia vaatimuksia pohjatutkimuksille asetetaan.

2 POHJATUTKIMUKSET

2.1 Pohjatutkimuksien tavoite

”Geotekniikka on yhdistelmä rakennustekniikkaa ja geologiaa. Geotekniikka on merkityksellistä rakennustekniikassa ja muun muassa ympäristönsuojelulaissa sillä on keskeinen sija” (Jääskeläinen, 2011, 2).

Pohjatutkimuksella tarkoitetaan rakennushankkeen yhteydessä useimmiten kokonaisuutta, johon sisältyy kaavaillun rakennusalueen kartoitus, vaaitus ja varsinaiset pohjatutkimukset. (Jääskeläinen, 2011, 236).

Pohjatutkimuksen tavoitteena on yleisesti aina tutkia rakennuspaikalla vallitsevat pohjaolosuhteet siten, että kaavaillun rakennelman perustaminen ja tarvittavat pohjarakennustyöt voidaan luotettavasti suunnitella ja toteuttaa turvallisesti. Jotta riittävä tieto saadaan, on selvitettävä rakennuspaikan maakerrosten rajat, tiiviin maakerroksen tai kallionpinnan taso, ja pohjavedenpinta. (Jääskeläinen, 2011, 240.)

Rakenteidensuunnittelu ja -toteutus on tehtävä hyvää rakennustapaa noudattaen. Huomioitavaa on myös se, ettei rakentamisesta koidu kohtuutonta haittaa lähialueen luontoympäristölle tai lähialueella oleskeleville ihmisille rakennuspaikan olosuhteet huomioiden. Pohjatutkimuksia tehdään hankkeiden eri vaiheissa, jotka on listattu geoteknisen suunnittelun tehtäväluettelossa GEO 18 (RT 103032). Tavoitteet laaditaan sen mukaan, mikä vaihe kulloinkin on kyseessä. Vaiheet on kuvattu oheisessa RT-kortissa (kuva 6).

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 projekti- 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 tilaratkaisuiksi.

> Hyväksytty yleissuunnitelma ja pääpiirustukset

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

> Rakennuslupa

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

> Hyväksytyt 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

Käyttöön otossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus.

> Rakennuksen käyttöön ottaminen

Takuuaikana seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuuaajan säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet.

KUVA 6. Hankkeen tehtäväkokonaisuudet (RT 103032. 2019, 1)

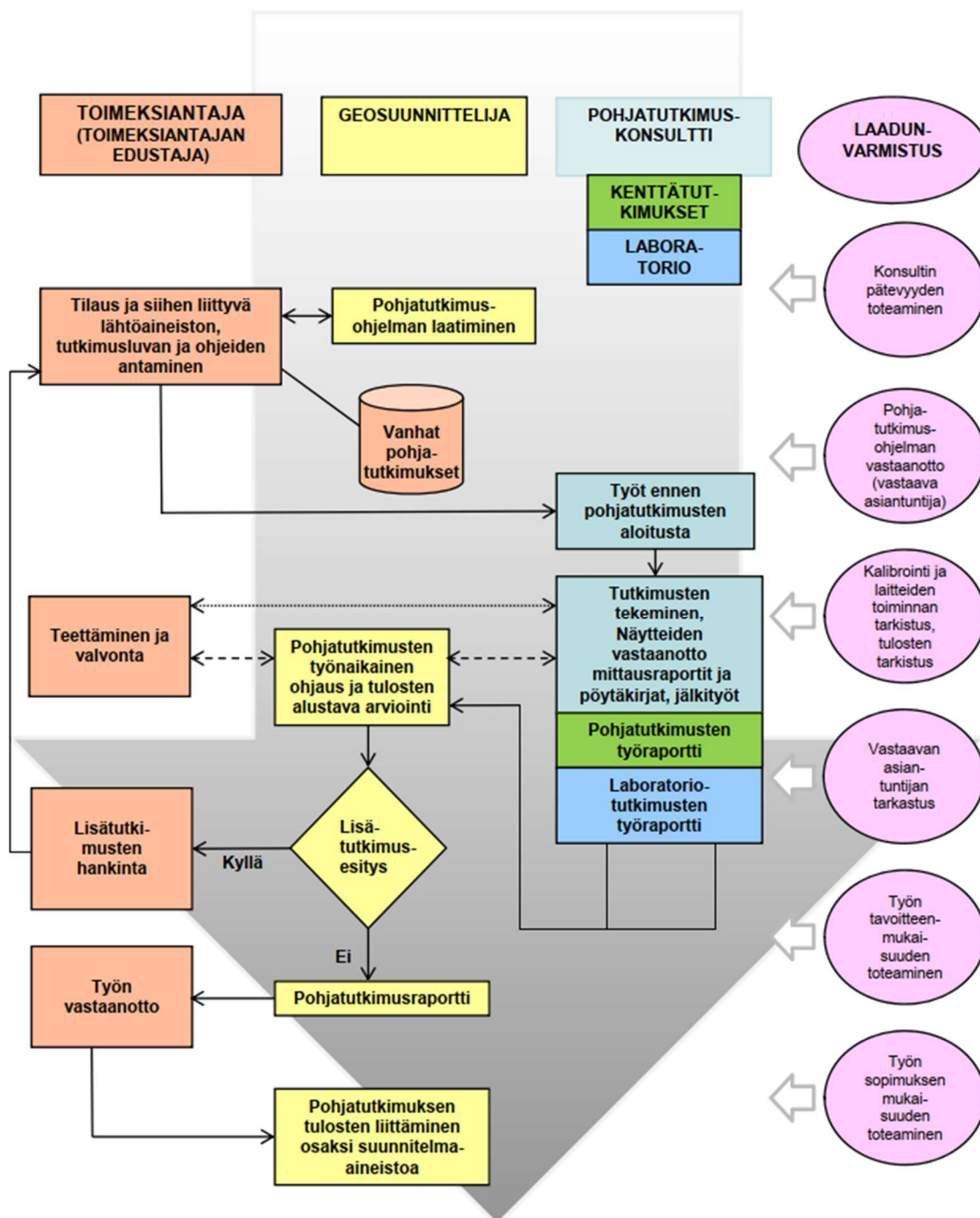
2.2 Pohjatutkimuksien tuottaminen

Geotekninen tieto on aina koottava, tallennettava ja esitettävä huolellisesti. Tällaisen tiedon tulee sisältää tarpeelliset tiedot rakennuspaikan geologiasta, muodoista, pohjavedestä, seismisyydestä ja historiasta. (SFS-EN 1997-1+A1+AC, 2014, 38).

Geoteknisten tutkimusten tulee tuottaa riittävän laajasti tietoa tutkittavan alueen pohjavesi- ja pohjaolosuhteista. Rakennuspaikasta ja sen lähiympäristöstä tarvitaan sellaisia olennaisia maapohjan ominaisuuksia, jotka ovat oikeellisesti kuvattuja ja tulkittuja. Näiden tietojen perusteella voidaan luotettavasti arvioida tarvittavat maan mitoitusparametrit. (SFS-EN 1997-1+A1+AC, 2014, 38).

Pohjatutkimuksien kaikkineen tulkintoineen tulee tuottaa pohjarakennesuunnittelijalle luotettava maaperämalli. Maaperämallissa on kuvattu maanpinta muotoineen, pohjavedenpinta sekä maakerrosten lujuus ja muut ominaisuudet. Lisäksi ilmaistaan kallionpinta tai tiiviin kovan pohjan taso tarpeellisin tiedoin. (Jääskeläinen, 2011, 241).

Pohjatutkimusten laadunhallinnan vaiheet on esitetty pelkistetyksi kuviossa 1. Periaatteena on, että kukin toimija noudattaa yhteisesti sovittuja sopimusehtoja ja laatua, mukaan lukien dokumentointi ja raportointi ennen etenemistä prosessin seuraavaan vaiheeseen. Tärkeää on myös, että kunkin toimijan tehtäväluettelot sisältävät riittävän tarkat ja kattavat oman vastualueensa suoritukset.



KUVIO 1. Pohjatutkimusten prosessikaavio (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 10).

Tutkituista geoteknisistä tuloksista tulee koota pohjatutkimusraportti. Tämä raportti sisältyy geotekniseen suunnitteluraporttiin. Geoteknisiä tietoja esitettäessä tulee mukaan ottaa kaikki kenttä- ja laboratoriotutkimuksien todennettuihin asioihin liittyvä perusteellinen selostus. Selostuksen tulee sisältää ainakin seuraavat tiedot:

- geoteknisen tutkimuksen tarkoitus ja laajuus
- tutkimuspaikan ja maanpinnan muodot
- pohjaveden esiintyminen
- läheiset rakenteet
- avolouhosalueet ja maanottoaluiden esiintyminen
- vakavuudeltaan epävarmat alueet
- vaikeudet maankaivuu töissä (esimerkiksi isot lohkat)
- tutkimuspaikan historia ja geologia mukaan otettuna täytöt
- kartoitustiedot piirustuksineen
- ilmavalokuvista saatavat tiedot
- paikallinen kokemus alueesta
- alueen seismisyyttä koskevat tiedot

(SFS-EN 1997-2 + AC, 2007, 74.)

Jos on tiedossa vanhoja pohjatutkimuksia rakennushankkeelta, on niiden hyödyntämien kannattavaa. Ensin on kuitenkin varmistettava tutkimusten paikkaansa pitävyys ja, että ne ovat huolellisesti tehty. Toimeksiantajan on annettava toimeksianto vanhojen tutkimuksien hankinnasta tai niiden hankinnan teettämistä. Ennen vanhojen tutkimuksien hyödyntämistä on geosuunnittelijan arvioitava tutkimuksien laatu ja tämän jälkeen liitettävä ne osaksi pohjatutkimusaineistoa. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 10.)

3 MAALAJIT

3.1 Maalajiryhmykset

Erilaisia maalajiryhmiä on neljä ja näiden alla yhteensä 11 päämaalajia, jotka on esitetty taulukossa 1. Maalajin määrittäminen tapahtuu siinä olevan eloperäisen aineksen suhteellisen määrän osuudesta ja kiviaineksen lajitepitoisuudesta. Maalajille voidaan antaa tarpeen mukaan myös lisänimiä, joilla maalaji saadaan kuvattua tarkemmin. (Tierakenteen suunnittelu, väylä, 2018, 16).

TAULUKKO 1. Maalajiluokitus GEO (Tierakenteen suunnittelu, väylä, 2018, 16).

Maalajiryhmät	Päämaalajit	Raekoko
Eloperäiset maalajit	Turve (Tv)	
	Lieju (Lj)	
Hienorakeiset maalajit	Savi (Sa)	< 0.002 mm
	Siltti (Si)	0.002 - 0.06 mm
Karkearakeiset maalajit	Hiekka (Hk)	0.06 - 2.0 mm
	Sora (Sr)	2.0 - 60 mm
	Kivet (Ki)	60 - 600 mm
	Lohkareet	> 600 mm
Moreenimaalajit	Silttimoreeni (SiMr)	
	Hiekkamoreeni (HkMr)	
	Soramoreeni (SrMr)	

Geoteknistä maalajiluokitusta (GEO) käytetään Suomessa maalajien nimeämiseen ja se on vakiintunut käytäntö. Laboratoriot antavat maalajimäärittämisessä yleensä myös eurostandardien mukaisen ISO maalajiluokituksen GEO luokituksen lisäksi. ISO luokitus ei suoranaisesti tunne moreenimaalajeja ja eroja GEO luokitukseen on. ISO luokitus erotetaan geoteknisestä maalajiluokituksesta käyttämällä englanninkielisiä lyhenteitä.

Kun puhutaan **koheesiomaalajeista**, tarkoitetaan hienorakeisia maalajeja.

Maalajin rakenteen pitää koossa rakeiden välinen kiinnevoima eli koheesio.

3.2 Maalajien lisänimitykset

Maalajille voidaan tarpeen mukaan antaa myös lisänimiä. Lisänimi annetaan, kun päämaalajin lisäksi näytteessä on tietty prosenttiosuus muuta maalajia. Jos näytteessä on päämaalajin lisäksi yli 30 % soraa, hiekkaa tai silttiä, saa maalaji lisänimen **sorainen, hiekkainen tai silttinen**. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 25–26.)

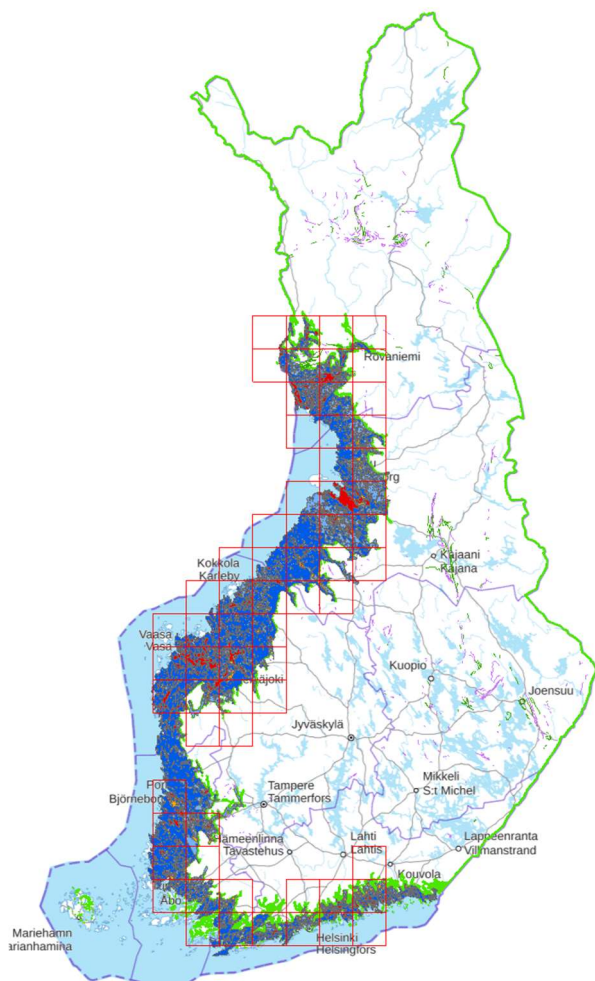
Savinen lisänimen saavuttamiseen riittää, jos savea on 10–30 % näytteessä. Yli 30 % ylittävä savinen näyte on nimeltään laihaa savea eikä se näin voi saada savista lisänimeä. Alle 10 %:n savinen pitoisuus ei anna näytteelle lisänimeä. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 25–26.)

Maalaji saa puolestaan **lohkareinen** tai **kivinen** lisänimen, jos 10–30 % maa-aineksesta on kiviä tai lohkareita. Mikäli maalajissa esiintyy runsaasti kiviä tai lohkareita (yli 30 %), lisänimeksi tulee runsaskivinen tai runsaslohkareinen maalaji. Kivien tai lohkareiden ylittäessä maalajiaineksen tilavuudesta yli 50 % nimitään maalaji kivikoksi tai louhikoksi. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 25.)

Näytteen sisältäessä eloperäisiä maalajeja 2–6 % lisänimeksi tulee **liejuinen**, esimerkiksi liejuinen savi (ljSa). Humuspitoisuuden ollessa 6–20 % muuttaa tämä aineksen päänimen liejuiseksi, esimerkiksi savinen lieju (saLj). Humuspitoisuuden ollessa korkeampi kuin 20 % muuttuu kyseessä oleva maalaji suoraan liejuksi (lj). (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 26.)

3.3 Happamat sulfaattimaat

Sulfaattimaat ovat syntyneet 8000–4000 vuotta sitten, kun vesi rehevöityi kuolleista kasveista ja merenpohjassa maatuivista kasveista alkoi muodostua hapettomassa tilassa rikkiyhdisteitä. Suurimmat esiintymä ovat Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan välisellä alueella. (Vertanen, 2016, 10.) Sulfaattimaita esiintyy Suomessa rannikkoalueella kuvan 7 mukaisilla alueilla.



KUVA 7. Happamien maiden esiintyminen (GTK-karttapalvelu. n.d.).

Happamat sulfaatti maat aiheuttavat kaivettaessa ympäristöongelmia. Kaivettaessa maaperässä oleva sulfidi reagoi hapen kanssa ja muodostaa sulfaattia, ja tämä puolestaan laskee maan pH-arvoa tehden siitä happaman. Happamuus ja sulfidien aiheuttama maaperän metallien liukeneminen vesistöihin ovat Suomen suurimpia ympäristöongelmia. (Vertanen, 2016, 12.)

Hapan sulfaattimaa on yleisnimitys, joka pitää sisällään todella happaman sulfaattimaan ja potentiaalisen happaman sulfaattimaan. Potentiaalisen happamassa sulfidimaassa rikki ei ole vielä reagoinut ilmakehässä olevan hapen kanssa, koska se on ilmatiiviin vesikerroksen peittämänä. Maan kaivusta tai ojittuksesta johtuva pohjavedenpinnan lasku luo olosuhteet, jolloin sulfidimaa alkaa reagoida ilmassa olevan hapen kanssa luoden näin rikkiä. Rikki taas hapettuu edelleen sulfaateiksi. Maaperässä oleva rikkihappo liuottaa maaperän sisältämiä metalleja ja muuttaa yleensä maan väriä ruskeaksi. (Vertanen, 2016, 11.)

Todellisen happaman sulfaattimaan pH on maastossa mitattuna tyypillisesti alle 4,0. Mikäli sulfideja ei voida havaita silmämääräisesti, tarvitaan lisätutkimuksia kuten inkubaatio tai rikkipitoisuusanalyysi. Potentiaalisen happamassa maassa pH on normaalisti yli 6,0 ja rikkipitoisuus pieni kuitenkin yli 0,2 prosenttia. Potentiaalisen hapan maa on tyypillisesti väriltään tummaa ja rikki aiheuttaa maahan mädäntyneen kananmunan hajun. (Vertanen, 2016, 11.)

Pikatestissä otetaan 10 grammaa maa-ainesta ja annetaan sen reagoida 50 ml 30 % vetyperoksidiliuoksen kanssa. Reagointi tuottaa runsaasti lämpöä ja poreilee voimakkaasti. Reagoimisen jälkeen mitataan seoksen happamuus. Happamuuden ollessa alle 2,5, on kyseessä potentiaalinen hapan sulfaattimaa. Maastossa saatu epäselvä tulos on aina varmistettava laboratoriossa. (Vertanen, 2016, 22.)

4 POHJATUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Yleistä pohjatutkimuksista

Pohjatutkimusmenetelmiä on monenlaisia ja niiden avulla voidaan selvittää useita parametreja. Taulukossa 2 on lueteltu tavanomaisimpia pohjatutkimusmenetelmiä ja niiden käyttötarkoitukset.

TAULUKKO 2. Yleisimmät kairausmenetelmät ja niiden suositeltava käyttö (Jääskeläinen, 2011, 243).

Kairausmenetelmän pääasiallinen käyttötarkoitus	Kairausmenetelmän toissijainen käyttö- tarkoitus tai selvi- tettävän seikan selvitystarkkuus on heikko	Selvitettävä seikka							
		Kallion pinnan sijainti	Tiiviin pohjakerroksen sijainti	Tiivydeltään erilaisten maakerrosten rajat	Maakerrosten lujuus likimäärin	Maakerrosten lujuus tarkasti	Maakerrosten tiivys likimäärin	Maalajiryhmä	Lyöntipaaluupituuden arviointi
Kairausmenetelmät									
	Painokairaus	○	●	●	○		●	●	○
	Heijarikairaus	○	●	○	○		●	○	●
	Puristinkairaus		○	●	●		●	●	○
	Siipikairaus					●			
	Tärykairaus	○	●					○	○
	Porakonekairaus (paineilmakairaus)	●	○						○

Jokaisesta yksittäisestä kairauksesta on laadittava **kairauspöytäkirja** ja **kairauspiirros**, josta selviää seuraavat asiat:

- käytetty kairausmenetelmä
- kairauksen päättymisensyy
- kairauksen suorittaja ja päivämäärä
- kairauksen sijainti koordinaatteineen
- maanpinnakorkeus juuripaalun kohdalta
- arvioidut maalajit ja niiden rajat
- kairauspisteen numero
- havaittu vedenpinta (jos havaittu)

- mahdollinen alkukairaus
- vesialueilla kairatessa on ilmoitettava vesikorkeus.
- lohcareiden sijainti ja koko
- mahdolliset täytöt
- ojat, purot ja joet
- viereiset rakenteet ja rakennukset

Pohjatutkimuksissa käytettäviä merkintöjä on useita. Merkinnästä voi päätellä muun muassa seuraavia tietoja: käytetty kairaustapa, onko näytteitä otettu, maalajit kairaus alueella ja kairauksen päättymisensyy. Tarkemmat selitteet ja kuvaukset löytyvät liitteestä 1.

Liitteessä 2 on esimerkki painokairauksen sähköisestä pöytäkirjasta ja kairausdiagrammista INFRA-pohjatutkimusformaattissa. On myös tärkeää kairauksen aikana arvioida kairan käyttäytymistä sekä tehtävä mahdollisimman paljon havaintoja pöytäkirjan huomio sarakkeeseen.

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan pintapuolisesti eri pohjatutkimustavoista ja niiden soveltuvuudesta eri maalajeille. Kairaustapojen jälkeen tulee aina kyseessä olevasta kairauksesta malli kairausdiagrammi, joka helpottaa lukijaa tunnistamaan jatkossa eri kairaustapojen diagrammit.

4.1.1 Maastokatselmus

Pohjatutkimusohjelman laatimista varten suunnittelijan on perehdyttävä suunniteltavaan kohteeseen maastokäynnillä, ellei vastaavaa tietoa ole mahdollista selvittää riittävän tarkasti muilla keinoin ja hankkeen aiemmissa suunnitteluvaiheissa tehtyihin ratkaisuihin (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 19).

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

4.1.2 Painokairaus (PA)

Painokairausta käytetään ensisijaisesti maan jatkuvan profiilin selvittämisessä ja kerrostuneisuuden osoittamisessa. Tunkeutuvuus jopa jäykissä savissa ja hiekassa on hyvä. Painokairausta voidaan käyttää myös karkearakeisen maan tiiviysluvun arviointiin. (SFS-EN 1997-2 + AC, 2007, 45.)

Painokairaus on kuormitustavaltaan staattinen kairausmenetelmä. Kaira tungetaan maahan kuormittamalla sitä erisuuruisilla painoilla sekä kiertämällä. Painokairausta käytetään pääasiassa kerrosrajojen ja maakerrosten rakenteen likimääräiseen määrittämiseen kairausvastuksen, kairan käyttäytymisen ja muiden kairauksen aikana tehtävien havaintojen perusteella. Kairausvastus saadaan kairan tunkeutumiseen tarvittavasta voimasta ja enimmäiskuormalla [1 kN] kierrettäessä tietyn painuman syntymiseen tarvittavien puolikerrosten lukumäärästä. Kairausvastus esitetään leikkauspiirustuksissa havainnollisina kairausvastuspiirroksina. (Kairausopas I 1980, 4.)

Vaunualustaiset monitoimikairat liikkuvat maastossa maastoajoneuvon tavoin. Painokairauksen lisäksi voidaan tällaisella yksiköllä suorittaa myös muita kevyitä kairauksia. Yleensä kairaustankoina käytetään putkitankoja, jotka ovat halkaisijaltaan 25 mm tai 32 mm, mutta myös 22 mm tankoja voidaan käyttää. Painokairauksessa monitoimikairoissa on yleensä säädettävissä oleva kuormitus 1 kN asti. Kairaus tapahtuu koneen pyörittäessä kuormitettuja tankoja vaki-nopeudella. Yhtä kilo Newtonia pienemmät kuormitukset saadaan keventämällä kuormitusta esimerkiksi hydraulisesti. Kuormitus ja tunkeuma merkitään muistiin kuten käsin kairattaessakin. Monitoimikaira myös kerää tarvittavat tiedot automaattisesti sähköisesti tai piirturilla. (Kairausopas I 1980, 6.)

Kairaus lopetetaan, kun kaira ei lyömälläkään enää mene syvemmälle tai kun saavutetaan kairausohjelmassa annettu ohjesyvyys. Kairauksen päättymisen syy on aina merkittävä pöytäkirjaan. Kaikki kairausyritykset on merkittävä pöytäkirjaan, vaikka niillä ei olisi päästy tavoite syvyyteen. Syinä kairauksen päättymiseen voivat olla seuraavat: kairaus lopetettu määräsyvyyteen, kairaus päättynyt tiiviiseen maakerrokseen (ei päästy syvemmälle), kairaus päättynyt kiveen tai

lohkareeseen, kairaus päättynyt kiveen, lohkareeseen tai kallioon, kairaus päätynyt kallioon maan pintakerroksessa. Varsinkin saveen ja silttiin kairattavissa syvissä rei'issä on kairaus suoritettava päättymiseen saakka keskeytyksettä. Pitettäessä taukoja kesken kairauksen, voidaan mahdollisen kairan jumittumisen seuraksensa saada harhaanjohtavia tuloksia. Myös kairauksen jatkaminen ja kairan vetäminen ylös vaikeutuu. (Kairausopas I 1980, 6.)

Vesistöalueilla kairattaessa on kairaukset pyrittävä suorittamaan talvella jäältä. Kesällä kairaukset tehdään lautalta, joka on ankkuroitava hyvin. Suojaputkea on käytettävä, jos vesisyvyys on yli 2 metriä. Suojaputken tulee ylettyä vesistön pohjaan asti. Suojaputkea on käytettävä myös syvissä, yli 20 metrin, kairausrei'issä, jos tangostoon kohdistuva vaippakitka estää saavuttamasta esimerkiksi paksujen savikerrostumien alla olevan kiinteän pohjakerroksen. Suojaputki lyödään tällöin ylimpien kerrosten lävitse ja kairausta jatketaan putkien läpi normaalisti. Kairaustaso, suojaputken alapään taso ja vesialueilla kairattaessa vesisyvyys tai telinekorkeus on merkittävä sekä pöytäkirjaan että leikkauspiirustuksiin. (Kairausopas I 1980, 6.)

Arvioitaessa tuloksia tulisi seuraavat seikat ottaa huomioon. Vastuksen vaihtelu syvyyden mukaan voi riippua maakerrosten järjestyksen vaihtelusta. Jäykässä ja pehmeässä savessa kairauksen vastus on usein alle 1 kN tai pienempi kuin 10 puolikierrosta 0,2 m tunkeumaa kohti, myös saven häiriintyneisyys vaikuttaa kairausvastukseen. Tästä syystä saven lujuutta ei voida määrittää suoraan painokairauksella ilman kalibrointia jokaisen rakennuspaikan tarpeisiin. (SFS-EN 1997-2 + AC, 2007, 45.)

Painokairauksen tuloksena on piirretty kairausvastuspiirros (kuvio 2.). Tästä ilmenee kairauksessa käytetty vastus ja tunkeuma. Pystypilarin vasemmalla puolella on kairan uppoaminen, kun kuormitus on 0–1 kN. Oikealle puolelle piirtyy kairan uppoaminen täydellä kuormituksella (1kN) ja tarvittavaan 0,2 metrin uppoumaan vaadittujen puolikierrosten määrä.

distua ennen seuraavaa näytteenottosyvyyttä. Oikeaa leikkaustulosta varten siiven ulostyöntymä putkesta on oltava vähintään viisi kertaa siipikotelon halkaisijan verran. Suojaputki ei saa olla halkaisijaltaan suurempi kuin siipikotelo. (Kairausopas II 1995 ja 2018, 4.)

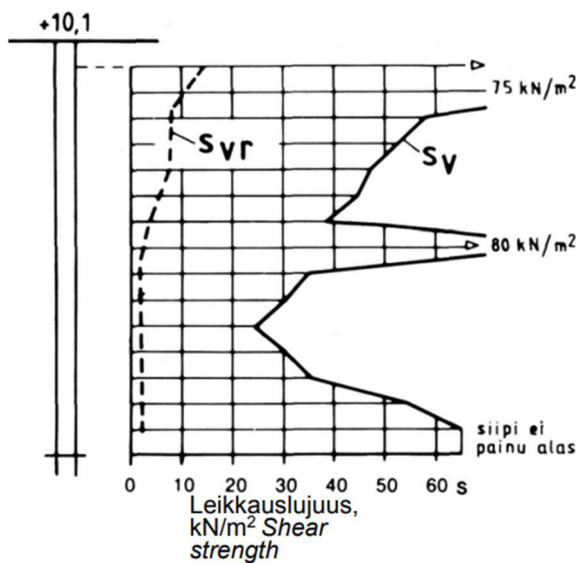
Ennen kairausta on selvittävä kokeen käyttöluokka. Mikäli käyttöluokka ei ole tiedossa, tulee se varmistaa ennen kokeiden aloitusta geosuunnittelijalta. Käyttöluokat on selvennetty taulukossa 3. (Kairausopas II 1995 ja 2018, 5.)

TAULUKKO 3. Siipikairauksen käyttöluokat (Kairausopas II 1995 ja 2018, 6).

Käyttöluokka	Mittaaminen	Vääntömomentin siirto	Vääntömomentti ja kiertokulman rekisteröinti	Käyttöluokan vaatimukset täyttävä kalusto
FV1	Jatkuva momentin ja kiertymän mittaaminen suoraan siiven yläpuolelta	Ei siirtoa	Vääntömomentti – todellinen kiertokulma	Alhaalta pyörittävä ja mitattava siipikaira
FV2	Jatkuva momentin ja kiertymän mittaaminen tankojen yläpäästä	Suojaputkilla suojattuja tankoja pitkin	Vääntömomentti – näennäinen kiertokulma	Sähköinen siipikaira* suojaputkella ja siipikotelolla varustettuna. Nilcon sähköisellä vakionopeuspyörittäjällä, siipikotelolla ja suojaputkella varustettuna ilman kulmaliikekytkintä

*Tarkoitetaan laitetta, jossa pyöritys tapahtuu koneellisesti vakionopeudella sekä mittaus ja rekisteröinti tapahtuvat sähköisesti.

Siipikairauksesta tulee tehdä siipikairauspöytäkirja sekä taso- ja leikkauskuva (kuvio 3).



S_v = Häiriintymättömän maan leikkauslujuus
siipikairalla
Vane shear strength of undisturbed soil

S_{vr} = Häirityn maan leikkauslujuus siipikairalla
Vane shear strength of remoulded soil

KUVIO 3. Siipikairaus diagrammi (SGY 201, 2005, 3).

4.1.4 Heijarikairaus (HE)

Heijarikairaus on fysikaalisilta ominaisuuksiltaan luotettavampi kuin painokairaus. Vapaapudotusheijarikairauksessa vakiopaino 0,635 kN:n pudotetaan 50 cm:n korkeudelta ja mitataan, monellako pudotuksella päästään 20 cm:n uppoumaan. Suositeltu lyöntinopeus on 30 iskua minuutissa. Heijarikairaa tulisi käyttää vain tiiviiden maalajien kanssa. Sitä käytetään, kun painokairalla ei saada riittävää tunkeumaa maahan. (Jääskeläinen, 2011, 253–255.)

Kairauksen päättymisen voidaan todeta, kun kärki pysähtyy kiveen, tavoitetyvyys on saavutettu tai kärki pysähtyy tiiviiseen maakerrokseen (tunkeuma on vähemmän kuin 1 mm / 1 isku). Jos ennalta tiedetään, että tiiviin maakerroksen alla on pehmeitä kerroksia, voidaan kairausta jatkaa. Kaluston kestävyuden kannalta kairaus on lopetettava kun 400 lyönnillä päästään vain 0,2 metrin tunkeumaan. Kairauksella ei luotettavasti voida aina erottaa kalliota lohkarresta tai kivistä. (Kairausopas I 1980, 11.)

4.1.5 Puristinkairaus (Cu)

Puristinkairauksessa (CPT) standardisoitua kärkikappaletta puristetaan maahan vakionopeudella ja mitataan voimaa, jota kullakin syvyydellä vaaditaan. Kaira on parhaimmillaan kivettömässä ja pehmeissä maissa. Soraan tai sitä karkeampiin maalajeihin sitä ei voi käyttää. Luotettava tulos vaatii tiiviillä mailla 0,5 metrin paksuuden ja löyhillä kerroksilla 0,3 metrin paksuuden. Laitteella on mallista riippuen suurin sallittu puristusjännitys, jota ei saa ylittää. (Jääskeläinen, 2011, 263–264.)

Kärkikappaleella voidaan mitata samanaikaisesti kappaleeseen kohdistuvaa vastusta, huokosvedenpainetta ja kitkahylsyyn syntyvää hankausvoimaa. Tällöin kyseessä on CPTU-puristinkairaus. Näiden mittausten avulla saadaan tärkeitä suuntaa antavia tietoja maalajista. Kärkikappale on 36 mm paksu ja kärjen kulma on 60°. Toiminnan edellytys on, että halkaisijaltaan saman mallista tankoa on kärjen yläpuolella vähintään yksi metri. Kairausnopeus on 20 mm/s ja sähköinen laitteisto tekee mittauksia jatkuvasti. Mekaanisella laitteella mittaus tehtäisiin 20 cm välein. (Jääskeläinen, 2011, 263–264.)

CPTU-kairauksessa on käytössä kairausluokat, jotka ovat seuraavat. Kairausluokka 1 soveltuu maakerrosrajojen ja maalajien tarkkaan määrittämiseen, käytetään pehmeillä ja löyhillä maalajeilla. Kairausluokka 2 on sitkeälle savelle ja hiekkalle. Kairausluokat 3 ja 4 ovat ainoastaan tiiville maalajeille, joista voidaan arvioida kerroksellisuutta ja maaparametrejä. Taulukossa 4 on avattu enemmän tarkkuusluokitusta. (Kairausopas VI 2001, 25.)

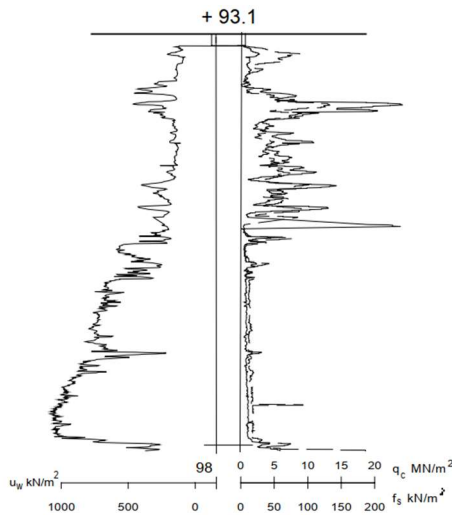
TAULUKKO 4. CPTU-kairan tarkkuusluokitus (Kairausopas VI 2001, 25).

Kairausluokka	Mitattu parametri	Sallittu minimi tarkkuus ^{1,2}	Mittavälin maksimi pituus
1	Kärkivastus Vaippakitka Huokospaine Kairausvyvyys	50 kPa tai 3 % 10 kPa tai 10 % 5 kPa tai 2 % 0,1 m tai 1 %	20 mm
2	Kärkivastus Vaippakitka Huokospaine Kairausvyvyys	100 kPa tai 3 % 25 kPa tai 15 % 25 kPa tai 3 % 0,2 m tai 2 %	20 mm
3	Kärkivastus Vaippakitka Huokospaine Kairausvyvyys	400 kPa tai 5 % 50 kPa tai 15 % 50 kPa tai 5 % 0,2 m tai 2 %	50 mm
4	Kärkivastus Vaippakitka Kairausvyvyys	500 kPa tai 5 % 50 kPa tai 20 % 0,1 m tai 1 %	100 mm

¹⁾ Mitattujen parametrien sallittu minimi tarkkuus on suurempi Taulukossa 4.2 esitetyistä arvoista.

²⁾ Suhteellista tai prosentuaalista (%) mittauks tarkkuutta tulee käyttää mieluummin kuin mittausmäärää tai -kapasiteettia.

Kairaustulokset esitetään kairausdiagrammissa (kuvio 4) noudattaen SGY:n pohjatutkimusmerkintöjen ohjeita. Piirrettäessä puristinkairaus diagrammia mitasuurena 10 mm:ä vastaa tietyn tyyppistä parametria seuraavanlaisesti: 1 metrin tunkeuma syvyys suunnassa, kokonaiskärkivastuksena (q_c) 2 MPa, kokonaisvaippakitkana (f_s) 50 kPa sekä kokonais huokospaineena (u) 200 kPa. (Kairausopas VI 2001, 39).



KUVIO 4. Puristinkairaus diagrammi (Kairausopas VI 2001, 40).

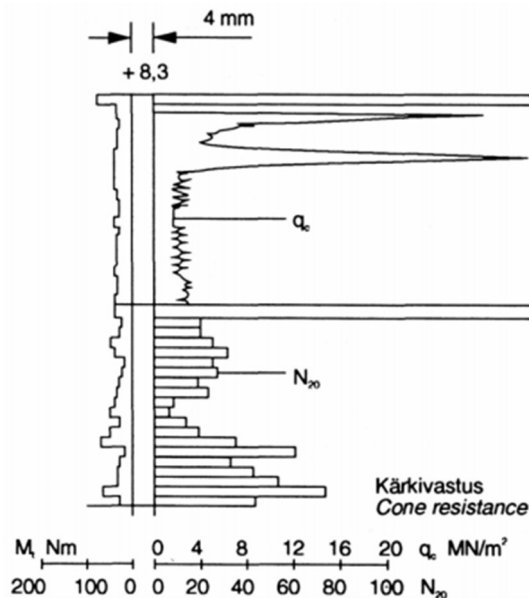
4.1.6 Puristin-heijarikairaus (HP)

Puristin-heijarikairaus on yhdistelmä mekaanisempaa puristinkairausta ja heijarikairausta. Kairauksessa yhdistyvät molempien kairauksien hyvät ominaisuudet. Puristinkairauksella saadaan parhaiten tietoa pehmeistä maalajeista, mutta kärjen vioittumisen takia se ei sovellu tiiviille ja karkeille maalajeille. Heijarikairaus taas sen sijaan sopii erinomaisesti tiiviille ja karkeille maalle. Kairassa käytetään heijarikairan kärkikappaletta, joka kestää paremmin iskuja. Kärjessä ei ole herkkää mittauslaitteistoa kuten CPT-kairauksessa. Tämä johtaa siihen, että puristusvoiman mittaherkkyys on huonompi verrattuna CPT-kairaukseen. (Kairausopas VI 2001,59)

Kairauskalusto jaetaan kairausluokkiin suurimman puristusvoiman perusteella seuraavasti: raskas (30 kN puristusvoima), keskiraskas (20 kN puristusvoima) ja kevyt (15 kN puristusvoima). Puristusvaiheessa kairan on kyettävä painamaan kärkeä ja tankoja vakionopeudella 20 mm/s maan sisään. Suurimman puristusluokan tulee olla vähintään 15 kN. (Kairausopas VI 2001,63.)

Puristin-heijarikairauksessa voidaan teoreettisia kaavoja ja määrittäiskriteerejä hyödyntäen arvioida maan kitkakulmaa, suhteellista tiiveyttä ja kokoonpuristuvuus ominaisuuksia. Saadut tulokset ovat kuitenkin aina ohjeellisia ja suuntaa antavia, eikä niitä ei saa käyttää varsinaisessa mitoituksessa lähtöarvoina. (Kairausopas VI 2001,78.)

Kairaustulos esitetään taso- ja leikkauskuvana SGY:n hyväksymän suosituksen mukaisesti. Puristinheijarikairaus diagrammissa (kuvio 5) vasemmalla on vääntömomentti, joka piirretään mittakaavaan jossa 100 Nm vastaa 10 mm. Samassa kuvassa oikealla on puristinkairauksessa kärkivastus piirrettyä mittakaavaan 2 MPa vastaa 10 mm ja heijarikairauksessa 10 mm vastaa 20 iskun ja 0,2 m uppoumaa. (Kairausopas VI 2001,73.)



KUVIO 5. Puristinheijarikairaus diagrammi (SGY 201, 2005,3).

4.1.7 Porakonekairaus (PO)

Porakonekairauksella voidaan selvittää ja määrittää kallion pinta ja arvioida kallion laatua ottamalla pinta- ja maanäytteitä. Menetelmä soveltuu myös pohjavesiputkien asennukseen ja täyttemaakerroksien läpäisyyn. (Kairausopas V 1986, 3.)

Kairaus suoritetaan joko ilma tai vesihuuhtelua käyttäen. Kairan pyörimisnopeus säädetään olosuhteet huomioiden siten, ettei porakruunu tukkeudu. Kallionpinta varmennetaan poraamalla vähintään 3 m syvyyteen. Kallionpinta havaitaan porakruunun tunkeutumisenopeuden pienenemisestä ja kairausäänen muuttumisesta sekä huuhteluilma muuttuu harmaaksi. (Kairausopas V 1986, 4.)

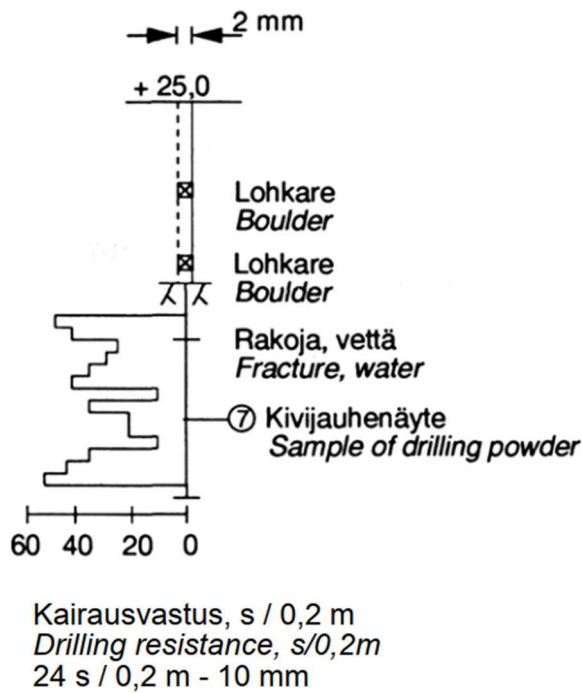
Kairauksiin käytetään tavallista porakonetta tai hydraulista monitoimikairaa. Toisinaan voidaan myös käyttää uppoporakonetta, jossa paineilmaa johdetaan tiivistä kairaus putkea pitkin iskuosaan. Uppoporakoneen käytössä oleva iskuosa on tutkimuskäytössä tarpeettoman suuri ja paineilman kulkeminen putkessa vaikeuttaa vesihuuhtelun järjestämistä, tästä johtuen sen käyttö ei ole saavuttanut suosiota. (Kairausopas V 1986, 3.)

On tärkeä kiinnittää huomiota myös porakoneen ohella olevaan vesi- tai ilmahuuhtelulaitteen tehokkuuteen. Kallio varmistuksessa porakoneen iskuteholla on merkitystä, sillä se on oltava riittävän suuri, jotta poraus onnistuu hyvin. (Kairausopas V 1986, 3.)

Kairauksessa on tehtävä jatkuvasti havaintoja ja ne suositellaan kirjattavaksi heti ylös. Työntekijän ammattitaito, havaintojen määrä ja luotettavuus on iso osa tulosten tulkintaa. Mitä syvemmälle kairaus etenee, sitä huolellisemmin ja tarkemmin olisi keskityttävä tulosten ja kairan käyttäytymiseen. Syvemmälle kairattaessa kairan porakruunuun tulee kulumia, huuhtetupainehäviö lisääntyy sekä tankojen määrän lisääntyessä painon kasvu ja vaippakitkan lisääntyminen on otettava huomioon. (Kairausopas V 1986, 7.)

Kalliomassan rakenteesta ei saada tarkkaa analyysiä porakonekairauksella, mutta tuloksista saadaan kuitenkin tietoa kallion kiinteydestä. Tarkka kalliolaadun ja rakenteen selvitys on tehtävä esimerkiksi kallionäytekairauksella. (Kairausopas V 1986, 8.)

Kairausvastus mitataan porauksen aikana, jona porakruunu etenee 0,2 m:ä kalliolla tai maassa (Kairausopas V 1986, 8). Kuviossa 6 on esitetty kairausdiagrammi.

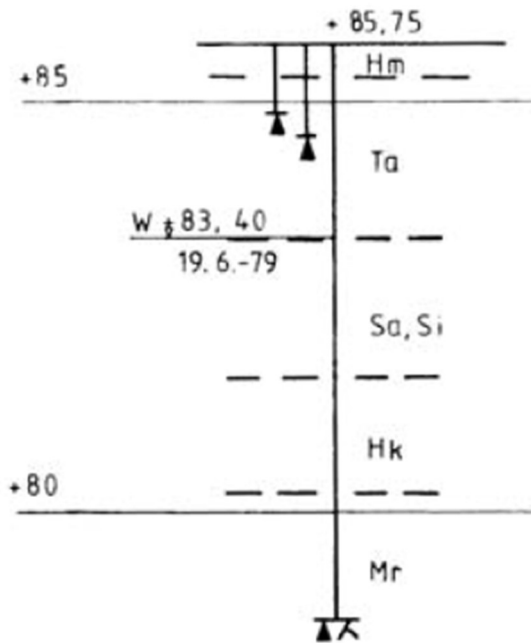


KUVIO 6. Porakonekairaus tangoilla leikkaus (SGY 201, 2005, 3).

4.1.8 Tärykairaus

Tärykairaus on nopea kairausmenetelmä, mutta sitä voidaan käyttää vain täydentävänä apututkimustapana. Kairauksella voidaan selvittää, ettei kalliota ole kaivuussyvyydellä. Mikäli kallion päällä on kuitenkin kivinen ja lohkarainen moreeni, jäävät tulokset yleensä epävarmoiksi. Kairan käyttö voidaan tiivistää siten, että sinne mihin tärykairalla on päästy ei voi olla kalliota. Karkearakeisissa maa-lajeissa tutkimuksen selkein tavoite on yleensä vain kallion pinnan tason selvittäminen. Näin voidaan pohtia, kannattaako kallion sijaintia tutkia muilla laitteilla tarkemmin. (Jääskeläinen, 2011, 256–257.)

Tärykairauksen tuloksena on kairausdiagrammi (kuvio 7), jossa kairaus piirretään suorana viivana maanpinnasta siihen syvyyteen, johon kairaus on päättynyt. Tärkeää on merkitä aina kairauksen päättymissyvyys ja tapa. Kairauspiirustusta voidaan täydentää muilla tavoin saaduin tuloksien. Kaikki kairausyritykset on merkittävä kuvaan, myös matalalle jääneet. Kairauksia voidaan suorittaa useita ja ne voivat sijoittua lähelle toisiaan, näin voidaan varmistaa maaperän kivisyys. (Jääskeläinen, 2011, 257.)



KUVIO 7. Tärykairaus diagrammi (Kairausopas I, 15).

4.1.9 Näytteenotto

Maanäytteet jaetaan laboratoriotutkimuksissa aina joko häiriintymättömiin (NE) tai häiriintyneisiin (NO) näytteisiin. Häiriintyneessä näytteessä näytteen rakenne on yleensä rikottu, mutta käytännössä näytteen katsotaan sisältävän samat maalajien ainesosat siinä suhteessa kuin ne ovat olleet ennen näytteenottoa. Vesipitoisuus voi häiriintyneessä näytteessä poiketa hieman häiriintymättömästä näytteestä maan koostumuksen rikkoutumisen vuoksi. (Kairausopas III 1972, 3.)

Nimenä häiriintymätön näyte on hieman harhaanjohtava, sillä hyvissäkin olosuhteissa laadukkaasti otetun näytteen jännitystilaa ei voida pitää yllä tai palauttaa laboratoriossa alkuperäisiin arvoihinsa. Häiriintymisaste riippuu käytettävissä olevasta kalustosta, näytteenottajan ammattitaidosta, maalajista ja jännitystilasta. (Kairausopas III 1972, 3.) Taulukossa 5 on avattu laboratoriokokeisiin käytettävien maatytytöiden tyyppejä.

TAULUKKO 5. Laboratoriokokeisiin käytettävien maanäytteiden tyyppi. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 102)

Parametri	Maalajityyppi							
	Savinen maalaji			Silttinen maalaji			Hiekkainen, sorainen maalaji	
	Koenäytteen tyyppi			Koenäytteen tyyppi			Koenäytteen tyyppi	
	Häiriintymätön	Häiritty	Vaivattu	Häiriintymätön	Häiritty	Vaivattu	Häiritty	Vaivattu
Geologinen kuvaus ja maalajin luokitus	X	X	X	X	X	X	X	X
Vesipitoisuus	X	(X)	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Irtotiheys	X	(X)	—	X	(X)	—	—	—
Pienin ja suurin tiheys	—	—	—	(X)	(X)	(X)	X	X
Atterbergin rajat (konsistenssirajat),	X	X	X	X	X	X	—	—
Orgaaninen aines ⁽¹⁾	X	X	X	X	X	X	X	X
Rakeisuus	X	X	X	X	X	X	X	X
Suljetun tilan leikkauslujuus	X	—	—	(X)	—	—	—	—
Vedenläpäisevyys	X	—	—	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Häiriintymisherkkyys	X	—	—	—	—	—	—	—
Kokoonpuristuvuus ⁽²⁾	X	—	—	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Tehokkaat lujuusparametrit ⁽³⁾	X	—	—	X	(X)	(X)	(X)	(X)
<p>X = määritetään normaalisti (X) = määrittäminen mahdollista, ei välttämättä edustava — = ei sovellu</p> <p>HUOM. Joillakin maalajityypeillä lisäkokeita voidaan harkita esimerkiksi orgaanisen aineksen pitoisuuden, kiintotiheyden ja aktiivisuuden määrittämiseksi. HUOM. (1), (2), (3): parametri lisätty SFS-EN 1997-2 esitettyyn alkuperäiseen taulukkoon</p>								

Kairojen valmistajat ovat velvollisia toimittamaan aina kyseisen kairan ohjeet näytteiden oikeaoppista ottamista varten ja niitä tulee noudattaa. (Kairausopas III 1972, 3.)

Näytteidenotto määrä ratkaistaan aina jokaisen suunnittelutapauksen mukaan erikseen. Huomioon tulee ottaa myös paikalla vallitsevat pohjaolosuhteet joka

kerta erikseen. Häiriintymättömien näytteiden määrästä on vaikea antaa yleis-pätevää arviota vaadittavista näytemääristä. Näytteitä on otettava sen verran, että ne edustavat luotettavasti juuri sitä maaperää, johon näytteistä saatuja koe-tuloksia käytetään. Häiriintymättömien näytteidenotto jälkikäteen lisää kustan-nuksia ja luo aikataulu viivästyksiä. Tämän takia näytteitä olisi hyvä ottaa riittävä määrä kerralla. Huomiota tulee kuitenkin myös kiinnittää siihen, ettei näytteitä oteta liikaa ja näin nosteta tutkimusten kustannuksia. Homogeenisessäkin maa-perässä häiriintyneitä näytteitä tulee ottaa 1–3 tutkimuspistettä eri alueilta tutkit-tavaksi. Pystysuunnassa sopiva näyteenottotiheys määräytyy maaperän ker-rosjärjestyksen ja sen vaihtelun mukaan. Näytteitä tulisi saada sen verran, että kunkin kerroksen suunnittelutehtävään vaikuttava ominaisuus voidaan selvittää. (Kairausopas III 1972, 3.)

Ennen näyteenottomenetelmän valitsemista on pohdittava, minkälaisia näyt-teitä suunnittelua varten tarvitaan. Vasta tämän jälkeen voidaan valita tarkoituk-sen mukainen näyteenottomenetelmä taulukon 6 mukaisesti. (Kairausopas III 1972, 4.)

TAULUKKO 6. Laatuluokat ja maan ominaisuudet (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 100)

Maan ominaisuudet	Laatuluokka				
	1	2	3	4	5
Muuttumattomat maan ominaisuudet					
Raekoko (rakeisuus)	X	X	X	X	
Vesipitoisuus	X	X	X		
Tiheys, tiiviysluku, vedenläpäisevyys	X	X			
Kokoonpuristuvuus, leikkauslujuus	X				
Ominaisuudet, jotka voidaan määrittää					
Kerrosjärjestys	X	X	X	X	X
Kerrostumien rajat – karkearakeiset maalajit		X	X	X	
Kerrostumien rajat – hienorakeiset maalajit	X	X			
Atterbergin rajat, kiintotiheys, orgaanisen aineksen pitoisuus	X	X	X	X	
Vesipitoisuus	X	X	X		
Tiheys, tiiviysluku, huokoisuus, vedenläpäisevyys	X	X			
Kokoonpuristuvuus, leikkauslujuus	X				
Näyteenottoluokitus standardin SFS-EN ISO 22475-1 mukaisesti	A				
			B		
					C

Erilaisia näytteenottoluokkia on kolme. A, B ja C luokka ja ne perustuvat standardiin SFS-EN ISO 22475-1. Näytteenottoluokat perustuvat laatuluokkiin ja niissä selvitettäviin maan ominaisuuksiin.

Vain **A luokan** näytteenottomenetelmällä voidaan saada 1 tai 2 laatuluokkaan kuuluvat näytteet. Tällaisilla näytteenottomenetelmillä on tarkoitus saada vähäisesti häiriintynyt näyte, myös maan vesipitoisuus ja huokosluku vastaavat maassa vallitsevia todellisia arvoja. Ennalta arvaamattomat olosuhteet ja maan kerroksellisuus voivat saada A luokan näytteen tippumaan alempaan laatuluokkaa. (SFS-EN ISO 22475-1, 2006, 21.)

B luokan näytteet kuuluvat korkeintaan laatuluokkaan 3. Näytteiden tarkoituksena on saada maalajien kerrostenosat ja säilyttää niiden alkuperäinen suhde verrattuna kohteessa olevaan kerrostumaan. Näytteestä voidaan tunnistaa maakerrosten yleinen järjestys tai niiden komponentit voidaan tutkia. B luokassa maan rakenne on häiriintynyt. Ennalta arvaamattomat olosuhteet voivat tiputtaa näytteen laatuluokkaa alaspäin. (SFS-EN ISO 22475-1, 2006, 22.)

C luokan näytteet kuuluvat laatuluokkaan 5 ja näytteen rakenne on täysin muuttunut siten, ettei kohteen kerroksia voida täsmällisesti tunnistaa. Näytteen vesipitoisuus ei välttämättä esitä tunnistettavan maalajin luonnollista vesipitoisuutta. (SFS-EN ISO 22475-1, 2006, 22.)

Kohteena oleva maalaji vaikuttaa näytteenottomenetelmään. Näytteenotto suunnitellaan aina siten, että se täydentää muita pohjatutkimustapoja ja toisinpäin. Erilaisten näytteenottimien soveltuvuus ja käyttö on koottu taulukkoon 7. (Kairausopas III 1972, 4.)

TAULUKKO 7. Suositeltava näytteenotin (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 100)

Päämaalaus	Soveltuminen riippuu esim. seuraavista	Näytteenotto-luokka A	Näytteenotto-luokka B	Näytteenotto-luokka C
Savi	Jäykkyys tai lujuus, herkkyys, plastisuus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ST-I ja II ▪ Norjalaistyyppinen mäntäkaira ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mäntänäytteenottimet näyteputkilla ▪ Iskuwireline (a) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a) ▪ Läpivirtausputki (a) ▪ Putkinäytteenottimet (a)
Siltti	Jäykkyys tai lujuus, herkkyys, plastisuus, pohjavesi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ST-I ja II ▪ Norjalais-tyyppinen mäntäkaira ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mäntänäytteenottimet näyteputkilla ▪ Iskuwireline (a) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a) ▪ Läpivirtausputki (a) ▪ Putkinäytteenottimet (a)
Hiekka	Rakeisuus, tiiveys, pohjavedenpinta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ST-I ja II (b) ▪ Norjalais-tyyppinen mäntäkaira (b) ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mäntänäytteenottimet näyteputkilla (a, b) ▪ Iskuwireline (b) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a, c) ▪ Läpivirtausputki (a, c) ▪ Putkinäytteenottimet (a, c)
Sora	Rakeisuus, tiiveys, pohjavedenpinta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mäntänäytteenottimet näyteputkilla (a, b) ▪ Iskuwireline (a, b) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a, c) ▪ Läpivirtausputki (a, c) ▪ Putkinäytteenottimet (a, c)
Moreeni	Rakeisuus, tiiveys, pohjavedenpinta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mäntänäytteenottimet näyteputkilla (a, b) ▪ Iskuwireline (a, b) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a, c) ▪ Läpivirtausputki (a, c) ▪ Putkinäytteenottimet (a, c)
Eloperäinen maaines	Maatumisaste	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norjalaistyyppinen mäntäkaira ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mäntänäytteenottimet näyteputkilla (a) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a)
Päällysrakenne	Rakeisuus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Timanttiorausnäyte ▪ Koekuoppa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Putkinäytteenotto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kierrekaira (a, c) ▪ Putkinäytteenottimet (a, c)

(a) Edellyttää suojaputken käyttöä, ellei näytterikä pysy muuten stabiilina

(b) Näytteenottimen halkaisija vähintään $3x d_{max}$

(c) Kun $d_{max} > 32$ mm, on ottimen halkaisija oltava ≥ 63 mm, muulloin näytteenottimen halkaisija $\geq 2x d_{max}$.

4.1.10 Koekuoppa (KO)

Moreeni ja karkearakeisissa maalajeissa koekuoppa on luotettavin ja yksinkertaisin tapa selvittää maakerrosten rakenteet ja kallionpinnan sijainti. Koekuopan kaivuusyvyys suositellaan olemaan maksimissaan 4,5 m syvä. Koekuopasta tulee aina ottaa häiriintynyt näyte ja jokaisesta maakerroksesta oma näytteensä. Maakerroksien sekoittuessa näytteeseen on se merkittävä aina pöytäkirjaan ja näyteastiaan. Kaivettaessa määritellään myös kivi- ja lohkarepitoisuus, koska

koekuopan avulla saadaan luotettavampaa tietoa kuin kairaamalla. (Kairausopas III 1972, 4.)

Koekuoppaa voidaan nimittää eräänlaiseksi ”koekaivannoksi”. Kaivettaessa tulee tehdä havaintoja maalajien kaivettavuudesta ja niiden käyttäytymisestä, myös havaitusta pohjavedenpinnasta on tehtävä merkintä. Koekuopasta voidaan ottaa valokuvia suunnittelijalle, jos hän ei pääse paikalle. Otetuilla kuvilla voi olla merkitystä suunnittelijan valitsemille ratkaisuille. (Kairausopas III 1972, 4.)

Kaivetusta koekuopasta on tehtävä koekuoppapöytäkirja, johon merkitään kartta ja leikkauspiirroksen lisäksi edellä mainitut havainnot ja otettujen näytteiden paikat. Ellei erillistä pöytäkirjaa ole, havainnot voidaan tehdä myös näytteenotto-pöytäkirjan huomautussarakkeeseen. (Kairausopas III 1972, 4.)

4.1.11 Pohjavedenpinnan tason määrittäminen

Pohjavettä esiintyy Suomessa yleensä lähellä maanpintaa, tyypillisimmin 1–3 m syvyydessä. Hyvin vettäläpäisevillä karkearakeisilla maalajeilla pohjavesi voi olla jopa 30 m syvyydessä. Vuoden aikana pohjavedentaso vaihtelee tyypillisemmin 1–2 m verran. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2015, 5).

Rakentaminen voi aiheuttaa pohjavedenpinnan (pvp) tason muutoksen, muun muassa tästä syystä ennen rakennushankkeen aloitusta on pvp-taso määritettävä. Pvp-tason muutoksesta voi koitua haittaa yksittäiselle maanomistajalle. Kartoitettavien kiinteistöjen rajausta tapahtuu hydrogeologisen arvion perusteella. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2015, 36).

Ennen työn aloittamista on perehdyttävä aikaisempiin tutkimus- ja kartta-aineistoihin (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2015, 36). Geologian tutkimuskeskuksesta saadaan kartta-aineisto 1:20 000 mittakaavassa. Kartasta saattaa olla apua suunniteltaessa pohjavesitutkimuksia. (Pohjavesitutkimusopas, 2005, 17.)

Pohjavedenpinnasta saadaan arvio lähellä olevien järvien, jokien, lähteiden, soiden ja kaivojen vedenpinnan tasosta. Pohjatutkimuksien yhteydessä havaitaan

useinmiten pvp-taso kairaus- tai näytteenottoreiästä. Pvp-taso voidaan mitata luotettavasti vain oikein asennetusta havainto putkesta. Havaintoputket jaetaan lyhyt- ja pitkäaikaisiin. Lyhytaikainen putki toimii luotettavasti muutamia kuukausia, kun pitkäaikainen voi toimia oikealla huollolla useita vuosia. Lyhytaikainen putki voidaan asentaa ilman työputkea esimerkiksi painokairauksen reikään. (Kairausopas IV, 1987,8.)

Pohjaveden ollessa alle 6 m syvyydellä maanpinnasta soveltuva tapa pvp-tason määrittämiseen on keskiraskas tai kevyt kairauskalusto. Yli 6 m syvyydessä raskas kairauskaluston on järkevin tapa. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 36).

Huokosvedenpaine kairauksessa on todellisen maaperässä vallitsevan huokospaineen ja kairan painamisesta syntyneen paineenlisäyksen summa. Huokosvedenpaineen mittaaminen on geotekninen erikoismittaus ja sitä tehdään normaalisti vain hienorakeisissa maalajeissa. Mittauksella voidaan seurata paalutustöiden ja erilaisten pohjanvahvistustoimenpiteiden aiheuttamia muutoksia ympäristössä. Huokosvedenpaine voidaan mitata myös kairauksen yhteydessä huokospaineanturilla varustetulla puristinkairalla. Lopullinen mittausten tarve ja määrät selviävät yleensä vasta rakennustöiden aikana. (Kairausopas IV, 1987,15–18.)

4.2 Pohjatutkimuksissa käytettävä kalusto

Pohjatutkimuksissa käytettävä laitteisto ja kalusto voidaan jakaa karkeasti käsi-käyttöisiin ja mekaanisiin hydraulisesti toimiviin kairausvaunuihin. Kairausvaunut jaetaan kolmeen luokkaan kevyt, keskiraskas ja raskas. Taulukossa 8 on esitetty eri vaunujen soveltuvuus kairausmenetelmille ja näytteidenotolle.

TAULUKKO 8. Eri kairausvaunujen käyttö (Moilanen, 2021)

Käytettävä kalusto	Pohjatutkimusmenetelmä												
	Painokairaus	Siipikairaus	Heijarikairaus	Puristinkairaus	Heijari-puristinkairaus	Porakonekairaus	Tärykairaus		Näytteenotto	A-luokka	B-luokka	C-luokka	Pvp-putki
Käsi													
Kevyt kairausvaunu < 2000 kg	●	●			⊖		●					●	
Keskiraskas kairausvaunu 2500 kg < 5000 kg	●	●	●	⊖	●	⊖					●	●	⊖
Raskas kairausvaunu > 5000 kg	ⓘ	ⓘ	ⓘ	●	ⓘ	●	ⓘ			●	●	●	●

4.2.1 Kevyt kairausvaunu

Kevyimmät kairausvaunut (kuva 8) ovat painoltaan alle 2000 kg ja soveltuvat parhaiten pehmeiköillä suoritettaviin pohjatutkimuksiin. Kevyen painon ansiosta vaunu jättää vain vähäisiä jälkiä maastoon ja sen kuljettaminen trailerilla on helppoa. Kevyt kairausvaunu soveltuu parhaiten painokairaukseen, siipikairaukseen ja C-luokan näytteenottoon. Myös mahdollinen kevyt puristin-heijarikairaus voidaan suorittaa, mutta vaunu on tällöin ankkuroitava kevyen painonsa takia. (Mäkinen, 2017, 27.)



KUVA 8. Kevyt kairausvaunu (Geomachine Oy, 2013)

4.2.2 Keskiraskas kairausvaunu

Keskiraskaat kairausvaunut (kuva 9) painavat 2500–5000 kg. Nämä soveltuvat parhaiten paino-, puristin-heijari- ja siipikairaukseen. Erilaisten maanäyt-teidenotto onnistuu hyvin. Vaunutyypillä onnistuu pohjaveden havainnointiput-ken asennus alle 20 m syvyyteen sekä porakonekairaus. (Mäkinen, 2017, 28.)



KUVA 9. Keskiraskas kairausvaunu (Geomachine Oy, 2017)

4.2.3 Raskas kairausvaunu

Raskaat kairausvaunut (kuva 10) painavat yli 5000 kg ja soveltuvat parhaiten syviin porakonekairauksiin ja pohjavesiputkien asennuksiin. Vaunulla voidaan tehdä myös pienempiä kairauksia mutta se ei ole taloudellisesti kannattavaa, jos kairaus voidaan suorittaa kevyemmällä vaunulla. Painon sekä suuren kokonsa vuoksi tällainen vaunu jättää maastoon aina huomattavia jälkiä. Tavanomaisesti kyseisissä vaunuissa on 4–5 m³/min paineilmaa tuottava kompressori, joten erillistä vaunukompressoria ei näin ollen tarvita.



KUVA 10. Raskas kairausvaunu (Geomachine Oy, 2013)

5 LAADUNVARMISTUS

”Laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto on organisaation strateginen päätös, joka voi auttaa sitä parantamaan kokonaisvaltaista suorituskyykyään ja joka toimii hyvänä perustana kestäväen kehityksen mukaisille hankkeille.” (SFS-EN ISO 9001, 2015, 5)

5.1 Laadunhallinta

Laadunhallinnassa on kyse siitä, että kukin toimija vastaa omasta suorituksestaan sekä sovitusta laadusta mukaan lukien dokumentointi ja raportointi seuraavaan vaiheeseen. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 11.)

Pohjatutkimuskonsultin on aina tehtävä itselleluovutus ennen pohjatutkimusaineiston luovutusta tilaajaorganisaatiolle. Konsultin on laadittava kirjallinen itselleluovutus muistio, joka toimitetaan pohjatutkimustulosten mukana tilaajalle. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 23.) Huomiota tulee kiinnittää siihen, että tulosten esitystapa vastaa INFRA-pohjatutkimusformaatti v2.3 esitettyjä ohjeita. Pohjatutkija vastaa tutkimustiedoston ja sähköisen aineiston oikeellisuudesta ja luettavuudesta.

Tehtäväsuunnitelma laaditaan ja läpikäydään yhdessä pohjatutkimuskonsultin ja pohjatutkijan kanssa. Aliurakoitsijan tehtäväsuunnitelma voi olla osa aliurakoitsijan laadunhallintasuunnitelmaa. Suunnitelmassa sovitaan ja käydään läpi ainakin seuraavat asiat:

- kustannus- ja aikataulutavoitteet
- tuotteen ja toiminnan laatuvaatimukset
- ongelmiin varautumisen keinot
- laadunvarmistustoimet
- aloitusedellytysten varmistaminen
- työturvallisuus- ja ympäristö
- työmaa-alueen käyttö ja logistiikka
- työnaikainen ohjaus

(Rakennustöiden laatu 2017, 22.)

5.2 Noudatettavat standardit ja ohjeet

Pohjatutkimuksien tuottamisessa, suunnittelussa ja raportoinnissa noudatetaan Suomen Standardisoimisliiton SFS standardia SFS-EN 1997-2 Geotekninen suunnittelu osa 2: pohjatutkimus ja koestus.

Kairauksissa ja näytteiden otossa tulee noudattaa SGY:n kairausoppaiden ohjeistuksia.

5.3 Henkilöiden pätevyys ja yrityksen veloitteet

Hankkeeseen osallistuvien henkilöiden pätevyys tulee arvioida kunkin osa-alueen osalta erikseen. Vaatimukset eroavat hieman toisistaan tehtävän vaativuuden ja erilaisuuden mukaan. Alla käydään lävitse suurpiirteisesti muutamia tärkeitä henkilöitä, jotka ovat osallisena pohjatutkimuksien hankinnassa tai tulkitsevat niitä. Lähtökohtaisesti aina voimajohtojen geosuunnittelu kuuluu vaativaan luokkaan. Poikkeuksellisen vaativaan suunnitteluluokkaan päädytään harvoin.

Yritykseltä, joka suorittaa geoteknisiä tutkimuksia ja mittauksia vaaditaan soveltuvaa RALA-pätevyyttä tai yrityksen on muilla tavoin kyettävä osoittamaan pätevyytensä yritys- ja henkilöreferenssein. Yrityksellä on oltava laatujärjestelmä, jossa sovelletaan SFS-EN ISO 9001 laatusertifikaattia tai sellainen järjestelmä, joka kattaa ainakin seuraavat osiot ja osatehtävät:

- henkilöstön pätevyys ja vaatimuksenmukaisuustodistus
- pohjatutkimuksiin riittävä ja oikeaoppinen huollettu kalusto
- terveys- ja turvallisuusasiakirja
- tilojen tarkoituksenmukaisuus
- suoritettavat toimet ennen tutkimuksien aloittamista
- tutkimuskaluston kalibrointi ja käyttö
- yritykseen liittyvä toiminta ja toiminnan tehostaminen, ennakoiva ongelman torjunta

(Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 12.)

Pohjatutkimuskonsultin pätevyyden ja kelpoisuuden arviointi tehdään yrityksen laatujärjestelmän ja henkilökunnan osalta standardien SFS ISO 22475-1 ja CEN ISO-TS 22475-2 mukaan. Konsultin tulee nimetä hankkeelle ainakin yksi vastaava asiantuntija ja laajuuden mukaan riittävän monta päteväksi osoitettua asiantuntijaa. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 12.)

Päteväksi osoitettu käyttäjä vastaa laitteiston kunnossapidosta ja asianmukaisesta käytöstä. Hänen tulee myös tunnistaa maalajinäytteet alustavasti näytteenottomenetelmän aikana. (CEN ISO TS 22475-2, 2006, 7.) Pätevyyden toteaminen tapahtuu hyväksytysti suoritettun SGY:n pohjatutkijan pätevyystentin suorittamisella ja pätevyyden voimassaolo on varmistettava. Pätevyys on voimassa 3 vuotta kerrallaan ja se tulee sen jälkeen uusia.

Vastaavan asiantuntijan pätevyys voidaan todeta hyväksytysti suoritetusta näyttökokeesta ja siihen liittyvän arviointimenetelmän kautta. Pätevyyden toteamisen jälkeen todistus on myönnettävä arvioitavalle henkilölle. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 15.) Asiantuntijalla tulee olla dokumentoitu pätevyys alaa koskevasta ylemmästä korkeakoulusta tai yliopistotason koulutus. Lisäksi asiantuntijalla tulee olla vähintään kolmen vuoden työkokemus alalta. Toinen tapa pätevyyden täyttymiseen voidaan osoittaa suoritettulla alan ammattitutkinnolla ja vähintään viiden vuoden työkokemuksella alalta. (CEN ISO TS 22475-2, 2006, 7.)

Geosuunnittelijalla olisi hyvä olla FISE Oy:n myöntämä infrakohteiden pohjarakenteiden suunnittelijan pätevyys. Pätevyysluokat ovat tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Geosuunnittelijan tulee pystyä esittämään ja tulkitsemaan pohjatutkimuksien tavoitteet ja tulokset. Suunnittelijalla tulee olla riittävä kokemus ja tietotaito, jotta hän pystyy valvomaan pohjakonsultin työtä ja toimintaa. Tutkimuksien lopuksi hänen tulee muodostaa pohjatutkimusraportti. (Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015, 15–16.)

6 HUOMIOON OTETTAVAT ASIAT JA NIIDEN VAIKUTUS

Lähtökohtaisesti voimalinjat tulevat aina rakentamattomalle alueelle kuten metsä, suo, pelto ja näiden erilaisille yhdistelmille. Keskeisimpänä huomioon otettavana tietona tulisi aina miettiä, miten pohjatutkimuspaikalle päästään ja millä kalustolla tutkimus olisi taloudellisin suorittaa. Myös maastossa kulkemiseen ja toiselle pylväspaikalle pääsyyn tulee kiinnittää huomiota ja apuna voidaan käyttää karttapalveluita.

Pohjatutkimuksia tehtäessä on huomioitava vuodenajan merkitys olosuhteisiin. Talvella on otettava huomioon maan jäätyminen sekä tästä johtuva mahdollinen maanpinnan lähellä olevan vedenjäätymisen. Kesällä kaivaessa perustuksia maanpinna lähellä ollut vesi voi purkautua kaivantoon ja näin ollen hidastaa projektin etenemistä tai pysäyttää sen kokonaan. Pohjaveden pinta tulisi selvittää jokaisella pylväspaikalla.

Pohjatutkijalla tulee olla varma tieto siitä, ettei tutkittavalla alueella ole maassa vesiputkia, sähkö- tai puolustusvoimien kaapeleita tai muita poraukseen liittyviä vaaratekijöitä.

Pohjatutkimuksien osuus suunnittelukustannuksista voi olla jopa 60 %. Tästä syystä olisi hyvä kiinnittää huomiota niiden laatuun sekä siihen, että tarvittavat tutkimukset tehtäisiin kuitenkin siten, ettei resursseja haaskattaisi liikaa kohteeseen. Pohjatutkimuksissa tulisi kiinnittää huomiota hienorakeisten maalajien tulkintaan sekä erilaisten maalajien kerrosrajoihin ja paksuuksiin. Yleissuunnittelussa tiedoiltaan puutteelliseksi jäänyt pohjatutkimus voi johtaa pahimmillaan siihen, että hankkeen toteutusvaiheessa rakennuspaikalla vallitsevat erilaiset pohjaolosuhteet kuin, mitkä olivat alun perin tiedossa. Vajaavaisuudesta johtuen esimerkiksi perustusten suunnittelu voidaan joutua tekemään kokonaan uudelleen ja tämä voi aiheuttaa projektin pitkittymistä sekä lisäkustannuksia.

7 YLEISET VAATIMUKSET POHJATUTKIMUKSILLE

Ennen tutkimuksien aloittamista geokonsultin tulee vaatia projektista aikataulu mahdollisin välitavoitteineen. Mahdollisista lisätutkimustarpeista on ilmoitettava tilaajalle viipymättä. Tutkimukset tulee suorittaa pohjatutkimusohjelman mukaan, hyvää rakennustapaa noudattaen ja ympäristö huomioiden.

Kairauksissa ei tarvitse huomioida avokalliota tai ottaa näistä näytteitä. Kallio on kuitenkin tarkastettava silmämääräisesti ja todettava sen ehjyys ja säröisyys. Pintakerroksen ollessa hyvin ohut ei kairausta tarvitse tehdä, jos voidaan luotettavasti todentaa kallion pinnan olemassaolo. Kairauksen pysähtyessä alle 2,5 metrin syvyyteen kiveen, lohkareseen tai kallioon, on suoritettava toinen kairaus noin metrin etäisyydelle. Jos toinenkin kairaus pysähtyy kiveen, lohkareseen tai kallioon, on porakonekairauksella varmistettava kallio jatkamalla porausta ainakin kolmen metrin matka.

Jos entuudestaan on pystytty osoittamaan, että tutkittavalla alueella on pohjavettä, on paineellisen pohjaveden esiintyminen tarkistettava ja varmistettava. Mikäli kairaus reiästä pulppuaa vettä välittömästi, on pohjaesi paineellista. Jos paineellista pohjavettä ei löydy, on paikalle asennettava lyhytaikainen pohjaveden havainnointiputki ja pinnan taso tarkistetaan 2 viikon kuluttua.

Mikäli tutkittava piste sijaitsee alueilla, missä epäillään olevan happamia maita eli sulfaattimaita, on happaman maan esiintyminen selvitettävä näytteidenotolla. Näytteitä otetaan maalajin ollessa hienorakeista, näytteitä ei tarvitse ottaa moreenimaalajeista. Näytteitä otetaan 5kpl/ tutkittava piste. Näytteenotto syvyydet ovat yhden metrin välein 5 metriin asti. Näytteet tutkitaan pikatestillä ja epäselvät tulokset on varmennettava laboratoriossa.

Jokaiselta pylväspaikalta laaditaan pohjatutkimuskartta ja kairauspiirros liitteen 3 mukaisesti. Sähköasemilta laaditaan pohjatutkimuskartta ja leikkauspiirustukset sen mukaan, kuinka laajasti pohjatutkimuksia on tehty. Tiedostoista on löydyttävä vähintään seuraavat asiat:

- käytetty kairausmenetelmä

- kairauksen päättymisen syy
- kairauksen suorittaja ja päivämäärä
- kairauksen sijainti koordinaatteineen
- maanpinnan korkeus juuripaalun kohdalta
- arvioidut maalajit ja niiden rajat
- kairauspisteen numero
- mahdollinen alkukairaus
- vesialueilla kairattaessa on ilmoitettava vesikorkeus
- lohcareiden sijainti ja koko
- mahdolliset täytöt
- ojat, purot ja joet
- havaittu vedenpinta (jos havaittu niin arvio)
- viereiset rakenteet ja rakennukset

Tulosten dokumentointi tapahtuu INFRA-pohjatutkimusformaatti v2.3 mukaisesti. Kairauksen päättymisen ja kairaustapa on esitettävä liite 1 mukaisilla pohjatutkimusmerkinnöillä.

Edellä mainitut yleiset vaatimukset tulee aina ottaa huomioon pohjatutkimuksia tehtäessä. Näiden lisäksi on erillisiä vaatimuksia voimajohdoille ja sähköasemille, joita käsitellään alaluvuissa 7.1 ja 7.2.

7.1 Vaatimukset voimajohdoille

Pohjatutkimukset suoritetaan jokaiselle pylväspaikalle ja paikalla mahdollisesti oleva lumi puhdistetaan sekä samalla tehdään myös tarvittava alkukairaus 0–0,50 metriä. Tutkittaessa eloperäisiä ja hienorakeisia maalajeja voidaan talvisista olosuhteista johtuvaa kantavuutta hyödyntää kairausvaunua liikutellessa. Kairaukset tulee suorittaa aina kairausvaunulla. Käytettävän kaluston on oltava kairaukseen soveltuva ja huollettua. Kairatessa voimajohtojen lähellä tai jännitteisen voimajohdon alla on kiinnitettävä erityistä huomiota koneiden varoetäisyyksiin.

Kairauspisteen sijainti on mitattava GPS:llä kairauksen yhteydessä ja pylväspai-
kan juuripaalun korko tulee tarkistaa samalla. Käytetty GPS ja koordinaattijär-
jestelmä tulee merkitä ylös kairauspöytäkirjaan liitteeksi ja toimitettava työtilaa-
jalle muun tutkimusaineiston ohessa.

Tehtäessä kairauksia pehmeiköillä, kairauksen on ulotuttava aina tiiviiseen maa-
kerrokseen asti. Huomiota tulee kiinnittää erityisesti pehmeän maakerroksen
paksuuden selvittämiseen. Kairauksen jatkuessa 40 metriin asti voidaan kairaus
lopettaa ja tästä on merkittävä selvästi tutkimusraporttiin. Jollei tiivistä maaker-
rosta löydy 15 metrin syvyydeltä, on koheesiomaan leikkauslujuus varmistettava
40 metriin asti aina kahden metrin välein.

Harustettujen pylväiden pohjatutkimukset tehdään molempien pylväsjalkojen ja
haruksien alta. Pylvästyypistä riippuen haruksia voi olla 2 tai 4 kappaletta. Tutki-
mukset tehdään aina kantavaan maapohjaan asti. Pylvästyypin ollessa vielä
epävarmat, on tilaajan esitettävä tutkimus pisteet alustavan pylväsmitan ja koor-
dinaattien mukaan.

Vapaasti seisovien pylväiden pohjatutkimukset tehdään yleissuunnittelussa
esitetyn pylväsjalkojen sisään jäävän pohja-alan mukaan. Alle 10 m² perustuksilla
tutkimukset tehdään pylväsjalkojen alta ja laatan keskeltä. Alan kasvaessa on
jokaista uutta 30 m² kohti otettava 10 lisäkairaus. Pylvästyypin ollessa vielä
epävarmat tilaajan on esitettävä tutkimuspisteet alustavan pylväsmitan ja koor-
dinaattien mukaan.

7.2 Vaatimukset sähköasemille

Kairauspisteiden sijainti on mitattava GPS:llä ja kairauksien yhteydessä on myös
suoritettava lähiympäristön vaaitus ja kartoitus takymetrillä. Kairauspaikalla oleva
lumi ja maan pintakerros on poistettava enne kairauksen suoritusta. Tutkimus
tulee ulottaa tiiviiseen maakerrokseen asti.

Kytäkentän pohjatutkimukset tehdään kentän alan mukaan geosuunnittelijan
määräyksien mukaan. Tutkimukset tehdään joko pohjatutkimus verkkona 2 m vä-
lein tai jokaisen kentälle tulevan laitteen perustuksen kohdalta.

Asemarakennuksen pohjatutkimukset tehdään kaavaillun rakennuksen nurkkapisteistä ja rakennuksen keskeltä. Asemarakennukseen menevän johtokourun kohdilta tulee varmistaa, ettei kallionpinta ole suunnitellun johtokourun tasolla.

Tehomuuntajan ja bunkkerin pohjatutkimukset tehdään kaavaillun bunkkerin kohdalta pohjatutkimus verkkona 2 m välein.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa pohjatutkimuksien hankinnasta ohjeistus yritykselle. Ohjeistus selkeyttäisi ja helpottaisi eri toimijoiden käsitystä hankkeen kulusta.

Pohjatutkimuksien esitystapoihin kiinnitettiin huomiota ja luotiin näin pohjamalli, jolle tutkimukset tulostettaisiin. Voimajohtohankkeilla tulokset on selkein esittää A4 kokoiselle paperille aina pylväskohtaisesti. Liitteenä 4 löytyvässä maalipohjassa on esitetty pohjatutkimuksien tuloksien, hankkeen tietojen ja muiden huomioon otettavien asioiden sijoittelu tietylle alueelle. Tämän ansiosta pohjatutkimukset voidaan tulostaa hieman eri tavalla, mutta yleisilme tulostuksilla on sama tekijästä riippumatta. Tällä haluttiin mahdollistaa hieman vapaampi esitystapa.

Työssä käsiteltiin yleisimpiä pohjatutkimustapoja ja niiden soveltuvuuksia eri maalajeille. Kairausvaunuista tehtiin työssä taulukko, josta selviää helposti, minkä tyyppisiä pohjatutkimuksia voidaan tietynlaisella vaunulla tehdä ja onko se taloudellista.

Kairausoppaiden laajuus tuotti työssä pieniä hankaluuksia. Joissakin oppaissa kyseisestä kairauksesta löytyi kattavaa ja laajaa tietoa, kun taas muutamissa oppaissa vain pintapuolista tietoa. Työtä voitaisiin kehittää eteenpäin paneutumalla laajemmin eri osa-alueisiin. Työn tuloksena saatu ohjeistus on yleisesti kattava ja sitä voitaisiin kehittää luomalla jokaiselle hankkeeseen osallistujalle oma tarkempi ohjeistus sen mukaan, kenelle ohje tehdään. Näin saataisiin vieläkin yksityiskohtaisempi ohjeistus hankintaprosessin kulusta ja vastuutehtävistä.

Opinnäytetyö laajensi ja syvensi eri pohjatutkimuksien tekotapoja ja minkälaista tietoa tutkimuksilla saadaan ja kuinka sitä pitäisi tulkita. Pohjatutkimuksien hankintaan ja geosuunnitteluun vaadittavia tietoja ja vaiheiden järjestys selkeytyi työnteonaikana. Materiaalin hankinta oli pääsääntöisesti helppoa ja tietoa löytyi hyvin eri lähteistä. Työn tuloksena saatu ohjeistus vastaa mielestäni juuri sellaista, mitä yritys oli halunnut.

LÄHTEET

Suomen Geoteknisen Yhdistyksen pohjatutkimusmerkinnät. 2005. Luettu 18.1.2021. <https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/04/pohjatutkimusmerkinnat-2005.pdf>

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

Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. 2015. Liikennevirasto. Päivitetty 26.10.2015. Luettu: 18.1.2021. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-10_geotekniset_tutkimukset_web.pdf.

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

Kairausopas II. 2018. SIIPIKAIRAUUS (1999) JA LIIKENNEVIRASTON SOVELTAMISOHJEET (2018). Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

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

Kairausopas IV 1987. Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

Kairausopas V. 1985. Porakonekairaus. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

Kairausopas VI. 2001. CPTU/ puristinkairaus. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry.

Pohjavesitutkimusopas, Käytännön ohjeita, Suomen Vesiyhdistys 2005. Luettu 19.3.2021. <https://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>

SFS-EN ISO 22475-1. 2006. 1 Geotekninen tutkimus ja koestus_Näytteenotto-menetelmät ja pohjavesimittaukset_Osa 1 Työn suorituksen tekniset periaatteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 19.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1997-1+A1+AC. 2014. Eurokoodi 7 Geotekninen suunnittelu Osa 1 Yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 19.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1997-2 + AC. 2007. Eurokoodi 7 Geotekninen suunnittelu Osa 2 Pohjatutkimus ja koestus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 19.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

CEN ISO TS 22475-2. 2006. Geotekninen tutkimus ja koestus Näytteenottomenetelmät ja pohjavesimittaukset Osa 2 Yritysten ja niiden henkilöstön pätevyysvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 19.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN ISO 9001. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 19.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

Mäkinen, Tero, 2017. Pohjatutkimukset vaativissa erityisolosuhteissa. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Vertanen, Elina. 2016. Sulfaattimaiden tunnistaminen, riskienhallinta ja käsittely väylähankkeissa. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto.

Infra –pohjatutkimusformaatti versio 2.3, 2015. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys ry. http://www.citygeomodel.fi/Infra_formaatti_v2.3_211215.pdf

Rakennustöiden laatu 2017, Rakennustieto Oy. Luettu 18.1.2021. vaatii käyttäjälisenssin https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/Ratu%20KI-6029?external_system=Juha&page=1).

GTK-karttapalvelu. n.d. Happamat sulfaattimaat. Luettu 9.4.2021. <https://www.gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>

LIITTEET

Liite 1. Pohjatutkimusmerkinnät SGY-201

1(5)

SGY 201

pohjatutkimusmerkinnät

1

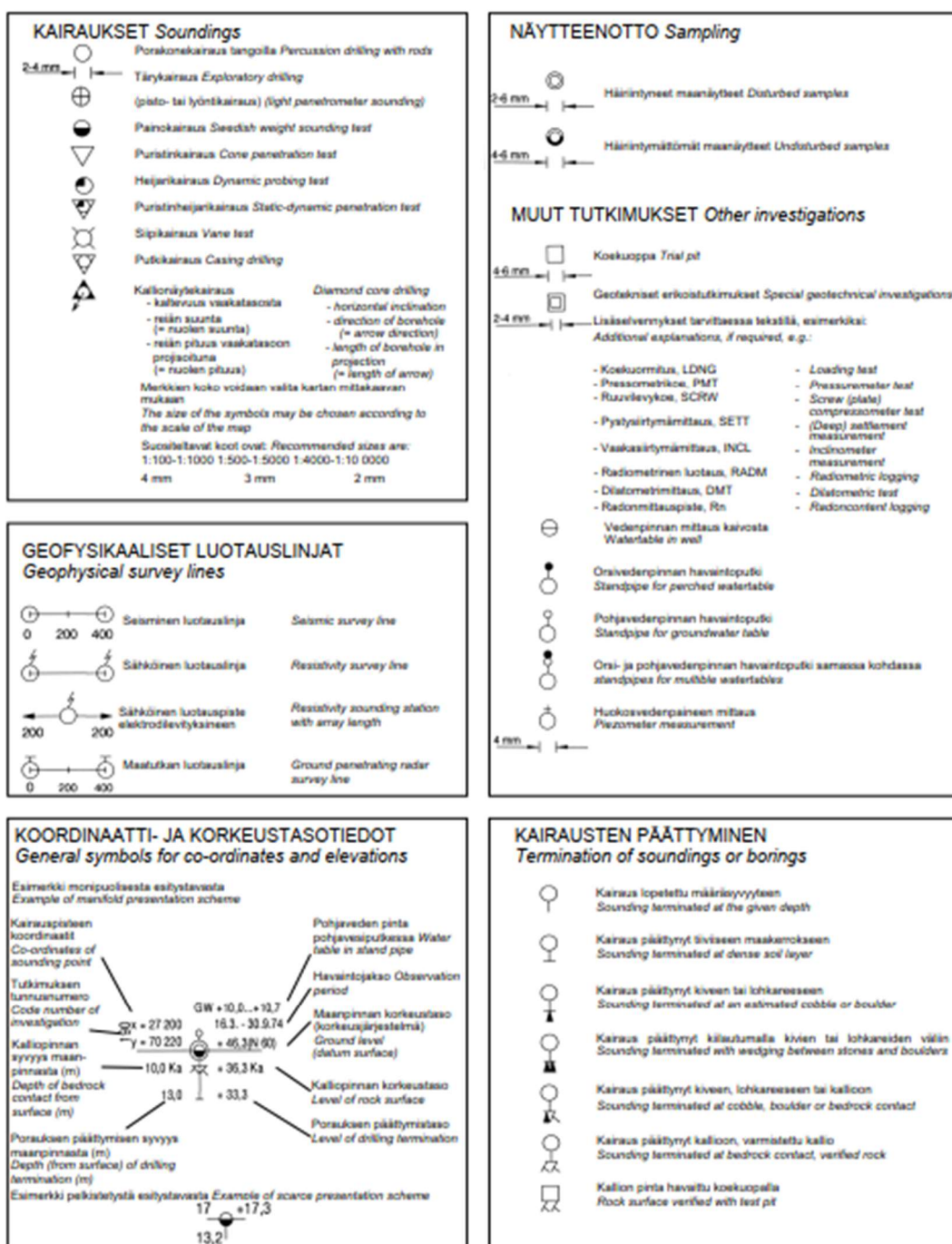
Pohjatutkimusmerkinnät

Symbols for ground (site) investigations

SGY 201

Tammikuu 2005
Korvaa SGY 201/1993

A POHJATUTKIMUSMERKINNÄT KARTOILLA Symbols for ground investigations on maps



POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

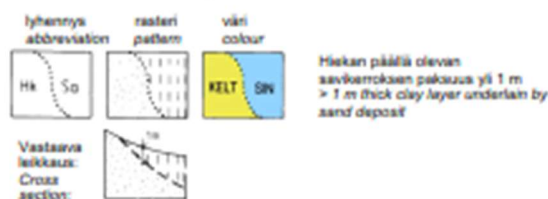
SGY 201 © Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y. 2005.

MAALAJIALUEET Soil types in terrain mapping

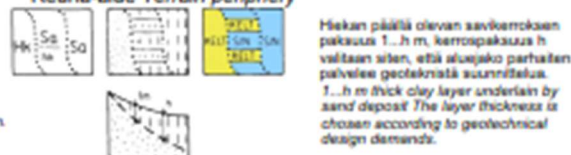
Maalajiryhmä Soil group	Maalaji Soil type	lyhenne abbreviation	rasteri pattern	väri colour	lyhenne abbreviation	rasteri pattern	väri colour	lyhenne abbreviation	rasteri pattern	väri colour	lyhenne abbreviation	rasteri pattern	väri colour
E Ei-peräiset maajajit Organic soils	Tv			harmaa (grey)	Turve Peat								
	Lj			hummaharmaa (dark grey)	Lieju Mud ooze								
H Hienorakeiset maajajit Fine grained soils (cohesive)	Sa			sininen (blue)	Savi Clay								
	Si			violetti (violet)	Silti Silt								
K Karkearakeiset maajajit Coarse grained soils (cohesive- less)	Hk			keltainen (yellow)	Hiekka Sand								
	Sr			vihreä (green)	Sorja Gravel								
M Moreenimaajajit (Glacial till)	Mr			ruskea (brown)	Moreeni Moraine silt-, hiekka-, sorja- silt-, sand-, gravel-								
	Tä			vaalea (pink)	Täytemaa Fill (pink)								
	Ka			punainen (red)	Kallioinen alue Area with outcrop (red)								
				punainen (red)	Kalliojaljastuma Outcrop (red)								

MAALAJIALUEEN RAJA
Soil borderlines for terrain maps

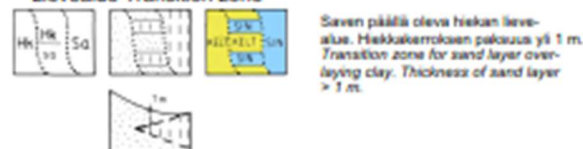
Kartalla On the map



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
-- ~ ~ +16 -- ~ ~	
-- ~ ~ +4 -- ~ ~	Liejun alapinnan arvioitu korkeustaso
-- ~ ~ +5 -- ~ ~	Estimated subsurface elevation of mud deposit
-- ~ ~ +6 -- ~ ~	
-- +24 --	Saven alapinnan arvioitu korkeustaso
-- +25 --	Estimated subsurface elevation of clay deposit
-- +26 --	
-- +34 --	Siltin alapinnan arvioitu korkeustaso
-- +35 --	Estimated subsurface elevation of silt layer
-- +36 --	
-- : : +29 -- : :	Hiekan yläpinnan arvioitu korkeustaso
-- : : +30 -- : :	Estimated elevation of sand layer surface
-- : : +31 -- : :	
-- 0 0 +39 -- 0 0	Sorjan yläpinnan arvioitu korkeustaso
-- 0 0 +40 -- 0 0	Estimated elevation of gravel surface
-- 0 0 +41 -- 0 0	
-- ^ ^ -1 -- ^ ^	Moreenin yläpinnan arvioitu korkeustaso
-- ^ ^ +0 -- ^ ^	Estimated elevation of moraine surface
-- ^ ^ +1 -- ^ ^	
-- Δ Δ +4 -- Δ Δ	Kallioinnin arvioitu korkeustaso
-- Δ Δ +5 -- Δ Δ	Estimated elevation of bedrock surface
-- Δ Δ +6 -- Δ Δ	
▲ ▲ GW ₁ +4 ▲ ▲	Osavedenpinnan arvioitu korkeustaso
▲ ▲ GW ₂ +5 ▲ ▲	Elevation of perched water table
▲ ▲ GW ₃ +6 ▲ ▲	
▲ ▲ GW +9 ▲ ▲	Pohjavedenpinnan arvioitu tasokäyrä
▲ ▲ GW +10 ▲ ▲	Poikkivälit osoittavat vedenpinnan
▲ ▲ GW +11 ▲ ▲	laskusuuntaa
	Elevation of groundwater table
	The dots show the declining slope direction

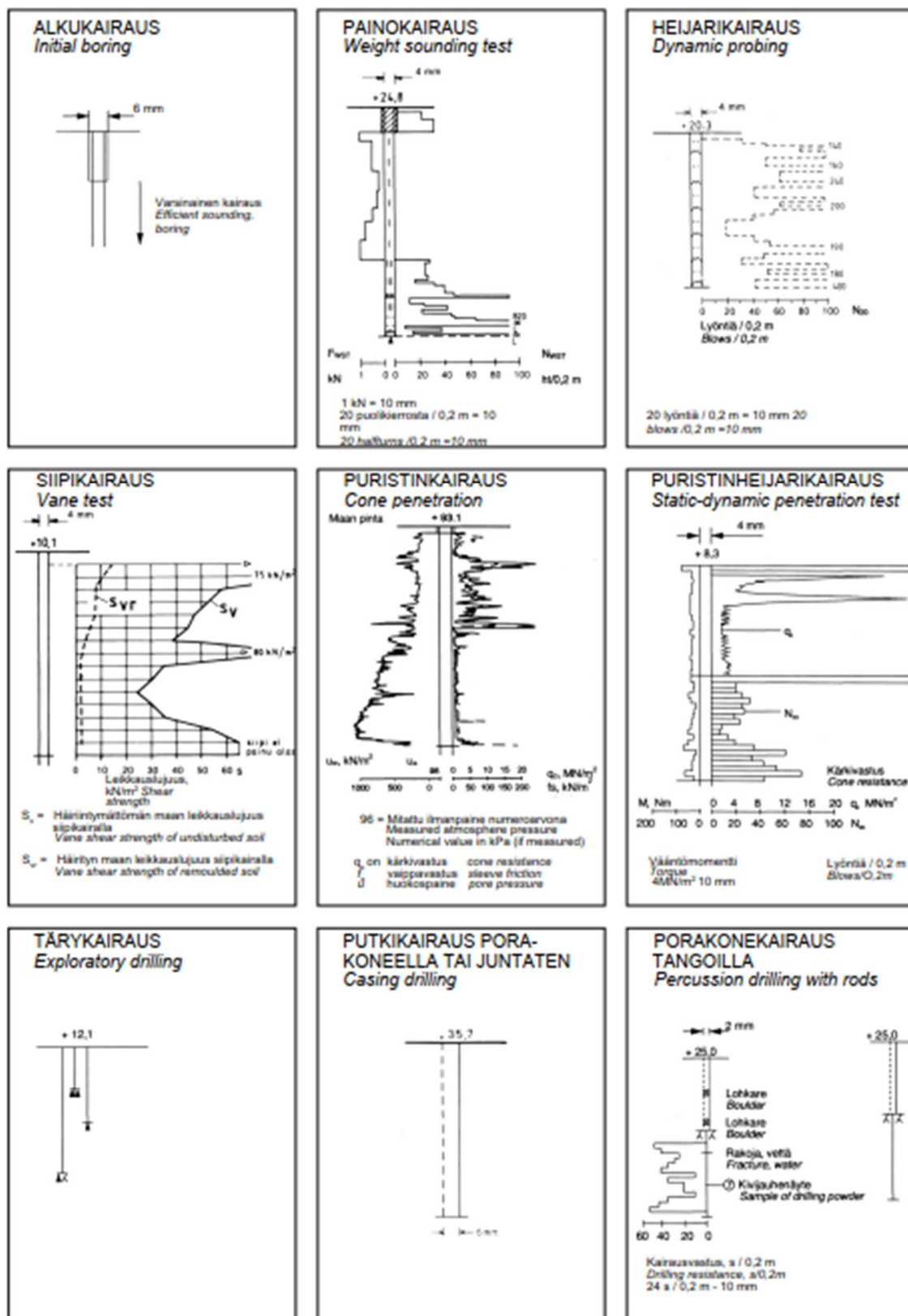
SYVYYSKÄYRÄSTÖT
Subsurface topographical map
The depth is measured from the surface

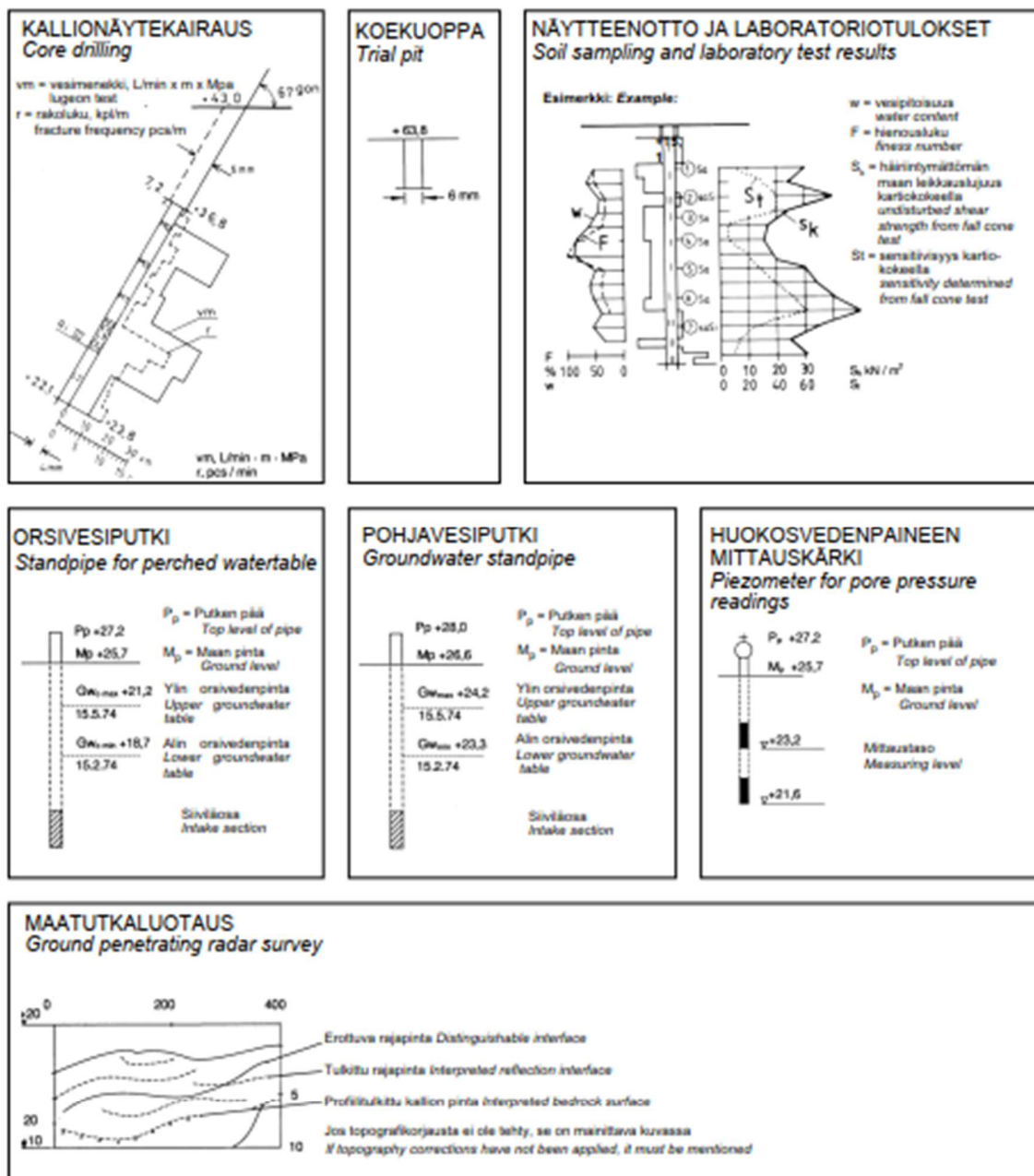
-- ~ ~ -4 -- ~ ~	Turpeen alapinnan arvioitu syvyys
-- ~ ~ -5 -- ~ ~	maapinnasta (m)
-- ~ ~ -6 -- ~ ~	Estimated depth of peat subsurface (m)
-- ~ ~ -9 -- ~ ~	Liejun alapinnan arvioitu syvyys
-- ~ ~ -10 -- ~ ~	maapinnasta (m)
-- ~ ~ -11 -- ~ ~	Estimated depth of mud subsurface (m)
-- -4 --	Saven alapinnan 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)
-- Δ Δ -9 -- Δ Δ	Kallioinnin arvioitu syvyys
-- Δ Δ -10 -- Δ Δ	maapinnasta (m)
-- Δ Δ -11 -- Δ Δ	Estimated depth of rock head (m)

POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

POHJATUTKIMUSMERKINNÄT LEIKKAUKSISSA
Symbols for ground investigations: in cross sections

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


POHJATUTKIMUSMERKINNÄT



MAALAJIMERKINNÄT Symbols for soil types

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

(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	Maalajit Soil types	Värit Colours
Eloperäiset maalajit (E) Organic soils	Humusmaa Organic soil	Hm
	Turve Peat	Tv harmaa grey RGB 192 192 192
	Lieju Mud, ooze	Lj tumman harmaa dark grey RGB 146 146 174
Hienorakenteiset maalajit (H) Finegrained soils	Savi Clay	Sa sininen blue RGB 146 219 254
	Siltti Silt	Si violetti violet RGB 211 2 255
Karsaarakenteiset maalajit (K) Coarse grained soils	Hiekka Sand	Hk keltainen yellow RGB 246 234 82
	Sora Gravel	Sr vihreä green RGB 113 219 113
Moreeni maalajit (M) Moraines	Siltimoreeni Silty sil	SiMr ruskea brown
	Hiekkamoreeni Sandy sil	HiMr
	Soramoreeni Gravelly sil	SrMr RGB 218 173 48
	Kiviä Cobbles	Ki
Lohkareita Boulders	Lo	
Kivi tai lohkare Stone or boulder	lääpöronattu*) hole drilled through*)	

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

MAALAJI RAJAT Boundaries for soil types

	Maapinta, vesialueella pohjan pinta Ground surface, offshore bottom
	Vesipinta Water table
	Tutkimustulosten perusteella arvioitu maalajiraja Interpreted boundary of soil type
	Tutkimustulosten perusteella arvioitu kallio-pinta Interpreted bedrock surface
	Todettu kallio-pinta Verified bedrock surface

KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN Termination of soundings or borings

	Kairaus lopetettu määrättyyn syvyyteen Sounding terminated at the given depth
	Kairaus päättynyt tiiviiseen maakerrokseen Sounding terminated at dense soil layer
	Kairaus päättynyt kiveen tai lohkareeseen Sounding terminated at an estimated cobble or boulder
	Kairaus päättynyt kilaantumalla kiven tai lohkareiden väliin Sounding terminated with wedging between stones and boulders
	Kairaus päättynyt kiveen, lohkareeseen tai kallioon Sounding terminated at cobble, boulder or bedrock contact
	Kairaus päättynyt kallioon, varmistettu kallioksi Sounding terminated at bedrock contact, verified rock

Liite 2. Esimerkki painokairauksesta (INFRA-pohjatutkimusformaatti, 2015, 25)

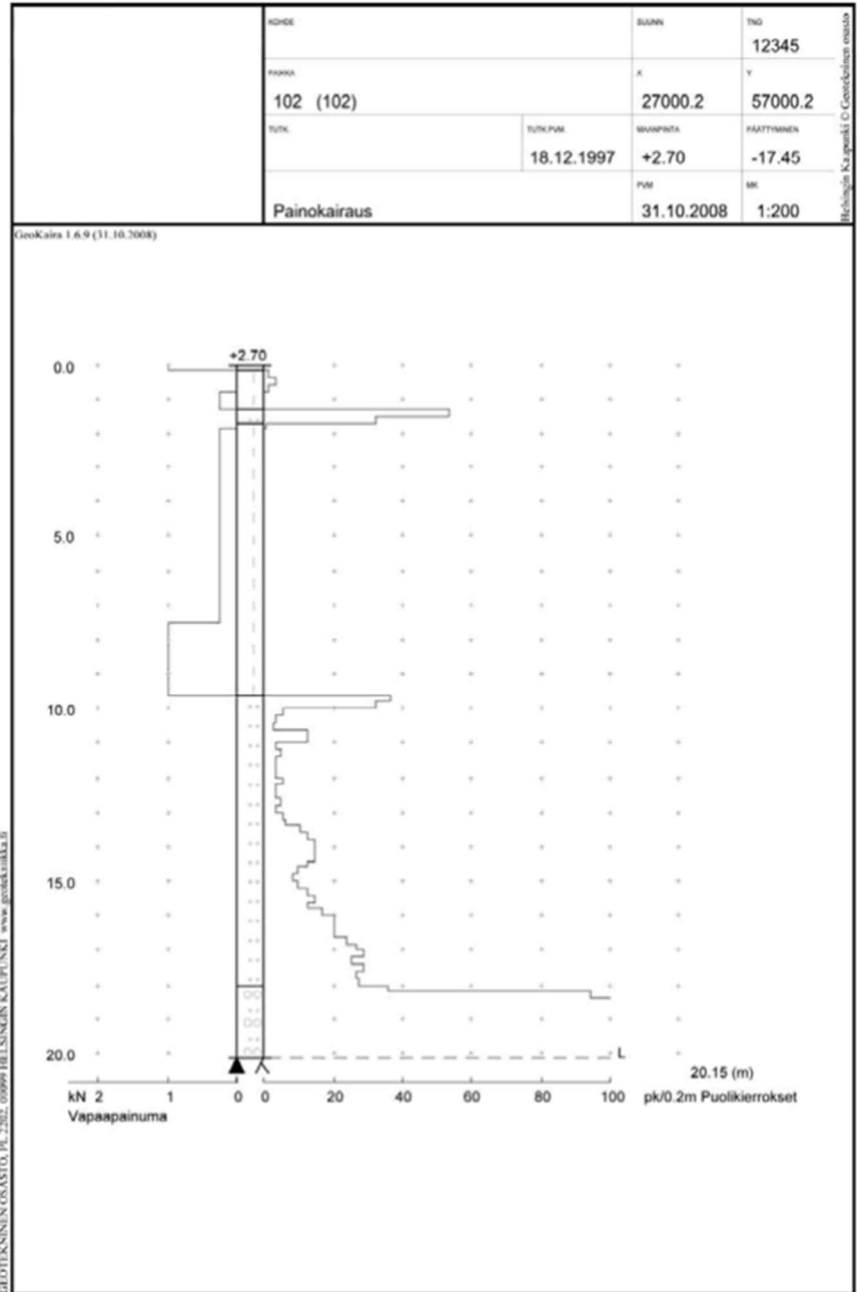
TY 12345 -

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	6	
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	6	
12.40	100	4	
12.60	100	4	
12.80	100	5	
13.00	100	4	
13.20	100	6	
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



Liite 3. Kairauspiirros (Ei julkaista)

Liite 4. Ohjeistus yritykselle (Ei julkaista)