

# Geotekniset tutkimukset ja mittaukset

SUUNNITTELUVAIHEEN OHJAUS





# Geotekniset tutkimukset ja mittaukset

Suunnitteluvaiheen ohjaus

Liikenneviraston ohjeita 10/2015

Liikennevirasto

Helsinki 2015

*Kannen kuva: Pasi Salminen (Alppipuisto, Pissararata)*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-172-5

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Vastaanottaja  
Liikennevirasto, ELY-keskukset /  
liikenne ja infrastruktuuri

Säädösperusta  
Maantielaki, ratalaki

Korvaa/muuttaa  
Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, TIEH 2100057-08

Kohdistuvuus  
Liikenneväylien suunnittelu ja toteutus

Voimassa  
28.10.2015 alkaen

Asiasanat  
pohjatutkimus, pohjamaa, kairaukset, geofysikaaliset menetelmät, laboratoriotutkimukset, näytteenotto

## Geotekniset tutkimukset ja mittaukset

Liikenneviraston ohjeita 10/2015

Ohjeessa määritetään tie-, rata- ja vesitiehankkeiden maa- ja pohjarakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa lähtötietoina tarvittavat geo- ja kalliotekniset tutkimukset ja mittaukset sekä niiden sisältö ja määrä suunnitteluvaiheittain.

Ohjeessa esitetään vaatimukset tutkimusten laadunhallinnasta, noudatettavista standardeista sekä vaatimukset pohjatutkimusten suorittajille. Pohjatutkimuskonsulttia (yritystä) koskevat vaatimukset koskien yrityksen laadunhallinnan ulkopuolista laadunvarmistusta (kohta 3.3.1), otetaan käyttöön Liikenneviraston erillisellä päätöksellä myöhemmin.

Ohje toimii Eurokoodin 1997 osan 2 soveltamisohjeena. Tämä ohje on määräävä tutkimusten ja mittausten ohjelmoinnin, toteutuksen ja dokumentoinnin osalta kaikissa Liikenneviraston ja ELY-keskusten infrahankkeissa. Pohjatutkimusten hankinnan osalta tämä ohje on asiakirjajärjestyksessä ylempänä kuin Liikenneviraston ohje *Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet, 23/2011*.

Ylijohtaja



Mirja Noukka

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

LISÄTIETOJA  
Veli-Matti Uotinen  
Liikennevirasto  
puh. 0295 34 3540

26.10.2015

Dnro LIVI/5791/04.00/2015

Ohje saatavissa

LIIKENNEVIRASTON NETTISIVUILTA OSOITTEESTA  
[www.liikennevirasto.fi/ohjeluettelo](http://www.liikennevirasto.fi/ohjeluettelo)

Kirje tiedoksi

Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL  
Rakennusteollisuus RT  
Infra ry  
Suomen Kuntaliitto  
Tekniset yliopistot/korkeakoulut ja ammattikorkeakoulut  
VTT  
G10-kaupungit  
Silta-, tie/rata- ja geokonsultit  
Pohjatutkimuksia suorittavat yritykset  
Ohjeen laatijat ja työhön osallistuneet asiantuntijat  
Liikenneviraston toiminnan ohjaus, hankkeet ja väylänpito toimialat  
Liikenneviraston kirjasto

## Esipuhe

Geotekniset tutkimukset ja mittaukset ohje kattaa kaikkien väylämuotojen geotekniset ja kalliotekniset tutkimukset. Aikaisempaan ohjeeseen TIEH 2100057-08 nähden laajentuneen sovellusalueen (ohje koskee teiden lisäksi ratojen ja vesiväylien geoteknisiä tutkimuksia ja mittauksia) lisäksi ohjeen sisältöön on tehty seuraavia merkittävimpiä muutoksia ja päivityksiä:

- täsmennetty pohjatutkimuskonsultteja ja henkilöstä koskevia vaatimuksia
- täsmennetty toimeksiantajan, geo- ja kalliosuunnittelijan ja pohjatutkimuskonsultin tehtäviä mm. pohjatutkimusraportin ja pohjatutkimusten työraportin osalta
- pohjatutkimusten menetelmäohjeissa on otettu huomioon uusimmat standardit
- CPT(U)-kairauskokeesta ja siipikairauksesta on laadittu täydentävät suoritushjeet ja pöytäkirjat, mitkä täydentävät juuri vahvistettua CPT(U)-standardia ja valmisteilla olevaa siipikairaustandardia
- lisätty menetelmäohjeisiin rakenteen parantamisen näytetutkimukset, radan routatutkimukset, vesiväylien tutkimukset, sedimenttitutkimukset, lohkareisuuden tutkimukset ja kaivokartoitukset
- tutkimusmenetelmän valinnan taulukoita on tiivistetty
- eri suunnitteluvaiheiden suositeltavia tutkimusmääriä on täsmennetty
- lisätty tietomallipohjaisen suunnittelun vaatimukset pohjatutkimustiedon siirtämisessä, arkistoinnissa ja hyödyntämisessä
- lisätty liitteenä suunnitelmamallit lyhytaikaisen ja pitkäaikaisen koe-pumppauksen suorittamisesta
- lisätty liitteenä happaman sulfaattimaan tunnistaminen -kenttämenetelmä sekä
- siirretty ja tarkennettu *Sillan Geotekninen suunnittelu* -ohjeesta siltojen rakennussuunnitelmavaiheen pohjatutkimusten vähimmäislaajuusvaatimukset

Ohjeen laati työryhmä, johon kuuluivat Esa Patjas, Jukka Elomaa ja Arto Keski-Opas SITO Oy:stä. Työtä ovat ohjanneet Veli-Matti Uotinen ja Panu Tolla Liikennevirastosta. Kirjoitustyön yhteydessä järjestettiin lausuntokierros, josta saadut lausunnot ja kommentit käsiteltiin ryhmän toimesta.

Helsingissä lokakuussa 2015

Liikennevirasto  
Tekniikka ja ympäristö -osasto

## Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	8
2	POHJATUTKIMUSTEN TUOTTAMINEN.....	9
3	TUTKIMUSTEN LAADUNHALLINTA.....	11
3.1	Laadunhallinta.....	11
3.2	Noudatettavat standardit ja ohjeet .....	11
3.3	Vaatimukset pohjatutkimuskonsultille.....	12
3.3.1	Yritystä koskevat vaatimukset .....	12
3.3.2	Henkilöstöä koskevat vaatimukset.....	12
3.3.3	Tutkimuslaitteistoja koskevat vaatimukset.....	16
4	TUTKIMUSHANKKEEN OSAPUOLTEN TEHTÄVÄT .....	17
4.1	Yleistä .....	17
4.2	Toimeksiantajan tehtävät.....	17
4.2.1	Yleistä .....	17
4.2.2	Tehtävät ennen pohjatutkimusten aloitusta .....	17
4.2.3	Tehtävät pohjatutkimusten aikana .....	18
4.2.4	Pohjatutkimustyön päättäminen .....	18
4.3	Geo- ja kalliosuunnittelijan tehtävät .....	18
4.3.1	Yleistä .....	18
4.3.2	Pohjatutkimusohjelman laatiminen.....	18
4.3.3	Työn aikainen ohjaus .....	20
4.3.4	Vanhoja tuloksia koskevat vaatimukset .....	20
4.3.5	Pohjatutkimusraportti .....	20
4.3.6	Tulosten arkistointi .....	21
4.4	Pohjatutkimuskonsultin tehtävät .....	21
4.4.1	Yleistä .....	21
4.4.2	Tutkimusten valmistelu.....	21
4.4.3	Tutkimusten toteutus .....	22
4.4.4	Pohjatutkimusten työraportti.....	23
4.4.5	Tutkimustulosten laadunvarmistus .....	23
4.4.6	Tutkimustulosten toimitus ja raportointi.....	23
4.4.7	Tutkimustulosten arkistointi ja näytteiden säilytys .....	23
5	MENETELMÄOHJEET .....	24
5.1	Yleiset vaatimukset .....	24
5.2	Luettelo menetelmäohjeista .....	24
5.2.1	Kenttätutkimusmenetelmät.....	24
5.2.2	Laboratoriotutkimusmenetelmät.....	27
5.2.3	Ainetta rikkomattomat menetelmät.....	29
5.2.4	Laadunvalvontamittaukset ja koekuormitukset.....	31
5.2.5	Pilaantuneiden maiden tutkimukset.....	33
5.2.6	Kiviaineksen ottopaikan tutkimusmenetelmät .....	33
5.2.7	Rakenteen parantamisen näytetutkimukset.....	34
5.2.8	Radan routatutkimukset.....	34
5.2.9	Vesiväylien tutkimukset .....	35
5.2.10	Sedimenttitutkimukset.....	35
5.2.11	Lohkareisuuden tutkimukset.....	35



---

5.2.12	Kaivokartoitus.....	36
6	KÄYTETTÄVÄT TUTKIMUSMENETELMÄT .....	38
6.1	Yleiset vaatimukset.....	38
6.2	Tutkimusmenetelmän valinta .....	39
6.3	Seurantamittaukset ja laadunvarmistus.....	43
6.4	Pinta- ja pohjavesien ympäristöseuranta .....	43
6.5	Pilaantuneen maaperän tutkimukset.....	43
7	SUUNNITTELU- JA RAKENTAMISVAIHEIDEN TUTKIMUKSET.....	44
7.1	Yleiset vaatimukset.....	44
7.2	Esiselvitysvaiheen pohjatutkimukset .....	45
7.3	Yleissuunnittelu.....	45
7.3.1	Vaihtoehtotarkastelut.....	45
7.3.2	Yleissuunnitelma.....	46
7.4	Tie- / ratasuunnitelma.....	47
7.5	Tie- ja ratasuunnitelman täydentäminen.....	50
7.6	Rakennus-/rakentamissuunnitelma.....	50
7.7	Rakentaminen .....	53
8	RAPORTOINTI JA TULOSTEN TULKINTA .....	54
8.1	Yleistä.....	54
8.2	Infra - pohjatutkimusformaatti ja tietomalli .....	54
8.3	Maa- ja kallioperän luokittelu .....	55
8.3.1	Maaperän luokittelu.....	55
8.3.2	Kallioperän kuvaus.....	55
8.4	Pohjatutkimustöiden työraportti.....	56
8.5	Pohjatutkimusraportti .....	57
	KIRJALLISUUSLUETTELO.....	59
	LIITTEET	
Liite 1	Standardien statustilanne	
Liite 2	Pohjatutkimusraportti, malli	
Liite 3	Pohjatutkimusten työraportti, malli	
Liite 4	CPTU-kairauskokeen / Sähköisen puristinkairauskokeen täydentävä suoritusohje ja tutkimuspöytäkirja	
Liite 5	Siipikairauskokeen täydentävä suoritusohje ja tutkimuspöytäkirja	
Liite 6	Lyhytaikainen ja pitkäaikainen koepumppaus, suunnitelmamallit	
Liite 7	Happaman sulfaattimaan tunnistaminen – kenttämenetelmä	
Liite 8	Pohjatutkimusten tavoitteet, kattavuus ja yksityiskohtaisuus yleissuunnitelmassa	
Liite 9	Geoteknisten tutkimusmenetelmien soveltuvuus maapohjan ominaisuuksien tutkimiseen	
Liite 10	Sillan rakennussuunnitelman pohjatutkimusten vähimmäislaajuus	
Liite 11	Infra-pohjatutkimusformaatin käyttöesimerkkejä	

# 1 Johdanto

Geoteknisten tutkimusten ja mittausten tarkoituksena on selvittää pohjasuhteet, koskien maa- ja kallioperää sekä pohjavettä, väylähankkeen ja rakennuspaikan alueelta. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset tulee suunnitella siten, että asiaankuuluvat geotekniset tiedot ovat käytettävissä hankkeen eri vaiheissa. Geoteknisen tiedon tulee olla riittävää, jotta sen avulla pystytään hallitsemaan tunnistettuja ja odotettavissa olevia hankkeen riskejä. Geoteknisten tutkimusten ja mittausten tulee tuottaa maaperän olosuhteista ja rakennusmateriaaleina käytettävän maan ja kallion osalta rakentamiskohteen kannalta merkityksellinen kuvaus. Tutkimusten ja mittausten tulee tarjota perusteet kaikkien suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden kannalta merkityksellisten maan ja kallion geoteknisten parametrien arviointiin. Pohjavesitutkimusten tulee tuottaa kaikki kallio- ja geotekniseen suunnitteluun ja rakentamiseen tarvittava pohjavettä koskeva tieto.

Ohjeessa määritetään tie-, rata- ja vesitiehankkeiden maa- ja pohjarakenteiden (pohjanvahvistusten) suunnittelussa ja rakentamisessa lähtötietoina tarvittavat geo- ja kalliotekniset tutkimukset ja mittaukset sekä niiden sisältö ja määrä suunnitteluvaiheittain. Ohjeessa esitetään vaatimukset maa- ja kalliomateriaalien käyttökelpoisuuden selvittämiseksi. Lisäksi esitetään kuormituskestävyyttä ja routamitoitusta varten tarvittavien tutkimusten tekeminen osana muita pohjatutkimuksia. Ohjeeseen sisältyvät myös pohjarakenteiden laadunvalvontaan liittyvät mittaukset.

Ohjeessa käsitellään kaikissa suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa tarvittavat geo- ja kalliotekniset tutkimukset ja -mittaukset mukaan lukien laadun todentaminen.

Tämä ohje toimii Eurokoodi 1997:n osan 2 soveltamisohjeena. Tämä ohje on määräävä tutkimusten ja mittausten ohjelmoinnin, toteutuksen ja dokumentoinnin osalta kaikissa Liikenneviraston ja ELY-keskusten infrahankkeissa. Ohjetta käytetään geoteknisessä suunnittelussa ja geoteknisen lähtötiedon hankinnassa Liikenneviraston ohjeiden *Eurokoodin soveltamisohje, Geotekninen suunnittelu-NCCI7, Tien geotekninen suunnittelu* ja *RATO3 Radan rakenne* rinnalla. Tutkimusten ja mittausten hankintaprosessissa noudatetaan Liikenneviraston ohjetta *Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet, 23/2011*, kuitenkin siten, että *Geotekniset tutkimukset ja mittaukset* on risti-riitatilanteessa asiakirjajärjestyksessä ylempänä koskien tutkimusten toteutusta.

Ohje ei sisällä vaatimuksia

- päällystyskiviainesten laboratoriotutkimuksille
- kalliotunneleiden erityistutkimuksille
- ympäristövaikutusten erityistutkimuksille
- pilaantuneiden maiden laboratoriotutkimuksille.

## 2 Pohjatutkimusten tuottaminen

Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tuottamisessa noudatetaan ohjetta *Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet, 23/2011*. Toimintaohje toimii toimeksiantajan apuvälineenä suunnittelussa käytettävien maastotietojen hankinnassa ja samalla maastotietojen toimittajan ohjeena työn tekemiseksi. Tämä ohje täydentää toimintaohjetta ja kuvaa yksityiskohtaisesti tutkimusten ja mittausten ohjelmoinnin, toteutuksen ja dokumentoinnin. Ohjeiden keskinäisessä ristiriitatilanteessa *Geotekniset tutkimukset ja mittaukset* on ristiriitatilanteessa asiakirjajärjestyksessä ylempänä.

Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tuottamisessa keskeiset osapuolet ovat:

- Toimeksiantaja, joka vastaa toimeksiannon määrittelystä ja hankkimisesta sekä hyväksymisestä. Toimeksiantaja voi olla tilaaja tai tilaajan valtuuttama konsultti tai muu toimeksiantajan edustaja.
- Pohjatutkimuskonsultti: tutkimusten tekijä, jonka vastaava asiantuntija vastaa tutkimusten tekemisestä ja tuottamiensa tulosten laadusta toimeksiantonsa mukaisesti.
- Geo- ja kalliosuunnittelija, joka laatii pohjatutkimusohjelman ja vastaa sen tavoitteiden saavuttamisen arvioinnista ja raportoinnista toimeksiantajalle.

Tutkimusten tekeminen ja osapuolten vastuut on esitetty prosessikaaviona kuvassa 1. Kaavio esittää uusien tutkimusten tekoa.

Kuvassa 1 on lisäksi esitetty laadunhallintaan liittyvät tärkeimmät tehtävät. Laadunhallinta käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 3. Pohjatutkimusten raportointi ja tulosten tulkinta käsitellään luvussa 8.

Vanhon, aikaisemmin tehtyjen tutkimusten hyödyntämisessä työnjako poikkeaa edellisestä. Päätoimijoina ovat toimeksiantaja ja geosuunnittelija. Heidän työnjakonsa on seuraava:

- Toimeksiantaja: toimeksianto ja vanhojen tutkimusten hankkiminen tai niiden hankinnan teettäminen
- Geosuunnittelija: vanhojen tutkimusten laadun arviointi ja liittäminen osaksi pohjatutkimusaineistoa

Vanhon tutkimusten laadunarviointi tehdään kappaleen 4.3.4 mukaisesti.



## 3 Tutkimusten laadunhallinta

### 3.1 Laadunhallinta

Laadunhallinta osana pohjatutkimuksen prosessia on esitetty pelkistetyksi kuvassa 1. Laadunhallinnassa keskeisenä periaatteena on, että kukin toimija vastaa suorituksensa sopimuksenmukaisuudesta ja laadusta mukaan lukien dokumentointi ja raportointi prosessin seuraavaan vaiheeseen. Lisäksi lähtökohtana on, että kunkin toimijan toimintajärjestelmä sisältää riittävän yksityiskohtaisesti ja kattavasti oman vastuualueensa tehtävät.

### 3.2 Noudatettavat standardit ja ohjeet

Pohjatutkimusten suunnittelussa, toteutuksessa, laadunvarmistuksessa ja raportoinnissa noudatetaan seuraavia eurooppalaisia ohjeita yhdessä tämän ohjeen kanssa.

Pohjatutkimusten suunnittelussa, tulkinnessa ja raportoinnissa noudatetaan standardia SFS-EN 1997-2 Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koetus.

Geoteknisissä tutkimuksissa ja mittauksissa noudatetaan menetelmäohjeena tässä ohjeessa mainittua Eurooppalaista standardia tai spesifikaatiota. Eurooppalaisella tasolla (CEN/ISO) valmistellaan seuraavia standardisarjoja joiden osat ovat eri valmiusasteissa:

- Näytteenottomenetelmät ja pohjavesimittaukset sekä laadun hallinta, standardisarja 22475
- Kenttätutkimusmenetelmät, standardisarja 22476
- Geohydrologiset tutkimukset, standardisarja 22282
- Maan laboratorionkoeket, standardisarja 17892
- Geoteknisten rakenteiden koekuormitukset, standardisarja 22477
- Geotekninen tutkimus ja koetus. Maan tunnistaminen ja luokitus, standardisarja 14688
- Geotekninen tutkimus ja koetus. Kallion tunnistaminen ja luokitus, standardisarja 14689

Näitä valmiita standardeja noudatetaan luvun 5 mukaan. Tämän ohjeen julkaisuajankohdan mukainen standardien statustilanne on esitetty liitteessä 1.

Tutkimuspisteiden ja -linjojen paikalleen mittauksessa noudatetaan ohjeita:

- Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet, Liikenneviraston ohjeita 23/2011
- Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje, Liikenneviraston ohjeita 18/2011

Pohjatutkimuskonsultin kelpoisuuden arviointi tehdään yrityksen laatujärjestelmän ja henkilökunnan osalta standardin SFS-EN ISO 22475-1 ja CEN ISO/TS 22475-2 mukaan kolmannen osapuolen toimesta tässä ohjeessa esitetyin täsmennyksin. Laitteiden osalta kelpoisuuden osoittaminen tapahtuu CEN ISO/TS 22475-3 mukaan. Nämä spesifikaatiot on laadittu otsikkonsa mukaisesti näytteenottoa ja pohjavesimittauksia varten, mutta niissä esitetyjä vaatimuksia sovelletaan Suomessa kaikille pohjatutkimuksille.

## 3.3 Vaatimukset pohjatutkimuskonsultille

### 3.3.1 Yritystä koskevat vaatimukset

Geoteknisiä tutkimuksia ja mittauksia tekevältä yritykseltä ja ilmoitetuilta alihankkijoilta vaaditaan soveltuva RALA-pätevyys tai vaihtoehtoisesti yrityksen tulee osoittaa pätevyytensä soveltuvin yritys- ja henkilöreferenssein.

Lisäksi yrityksellä ja ilmoitetuilla alihankkijoilla tulee olla soveltuva RALA-sertifikaatti tai muu vastaava näyttö ulkopuolisesti todennetusta laadunhallinnasta, esim. soveltuva SFS-EN ISO 9001 laatusertifikaatti.

Laatujärjestelmän tulee kattaa vähintään seuraavat alueet:

- henkilöstön pätevyys ja vaatimuksenmukaisuus
- pohjatutkimuksen tekemiseksi tarvittavat asianmukaiset laitteet
- terveys- ja turvallisuusasioiden hallintajärjestelmä
- tilojen tarkoituksenmukaisuus
- ennen pohjatutkimusten aloittamista tehtävät työt
- tutkimuskaluston kalibrointi
- tutkimuskaluston huolto ja käyttö
- sekä yritykseen liittyvä johtaminen, henkilöstö- ja tukitoiminnot, tarjous- ja sopimustoiminta sekä projektitoiminta

### 3.3.2 Henkilöstöä koskevat vaatimukset

#### *Yleistä*

Pohjatutkimuskonsultin tulee nimetä vähintään yksi vastaava asiantuntija sekä riittävän monta päteväksi osoitettua käyttäjää jokaiselle hankkeelle. Pohjatutkimuskonsultin tulee huolehtia henkilöstönsä säännöllisestä ammatillisesta koulutuksesta ja pitää yllä tiedot koulutuksista sekä työkokemuksesta. Ulkopuolisen henkilöstön ja aliurakoitsijoiden tulee täyttää samat vaatimukset ja pohjatutkimuskonsultin tulee varmentaa ne.

#### *Päteväksi osoitettu käyttäjä*

Päteväksi osoitettu käyttäjä vastaa tutkimustyössä käytettävän laitteiston kunnosta ja asianmukaisesta käytöstä sekä tutkimustuloksia koskevista mittausraporteista ja pöytäkirjoista.

Päteväksi osoitetulla käyttäjällä tulee olla dokumentoitu pätevyys seuraavista vastuualueensa mukaisesti:

- Tehtävän mukaisesti kevyissä geoteknisissä kenttätutkimuksissa, jotka ovat tärykairaus, painokairaus, heijarikairaus, puristin-heijarikairaus, C-lk:n maanäytteenotto, avoimen pohjavesiaseman asentaminen, ns suojaputketon porakonekairaus kalliopintojen määrittämiseksi ja avausreikien tekemiseksi sekä porakoneen käyttö, ilman suojaputkea C-lk:n näytteenotossa ja pohjavesiaseman asentamisessa tai laboratoriotutkimuksissa, jotka eivät sisällä muita kuin indeksikokeita, vähintään yhden vuoden alaa käsittävä työkokemus yrityksessä tai vastaavassa organisaatiossa, joka suorittaa pohjatutkimuksia.
- Tehtävän mukaisesti kevyiden tutkimusmenetelmien lisäksi vaativissa geoteknisissä kenttätutkimuksissa, joka ovat siipikairaus, CPTU-kairaus, porakonekairaus, näytteenotto ja pohjavesiasemien asentaminen tai laboratoriotutkimuksissa, vähintään kolmen vuoden alaa käsittävä työkokemus yrityksessä tai vastaavassa organisaatiossa, joka suorittaa pohjatutkimuksia.
- Geofysikaalisissa mittauksissa alaa koskeva ylempi korkeakoulututkinto tai ammattikorkeakoulututkinto sekä vähintään vuoden vastaavia geofysikaalisia mittauksia käsittävä työkokemus, jolloin on toteuttanut vähintään viisi vaativuudeltaan ja laajuudeltaan vastaavaa tutkimusta päteväksi osoitetun käyttäjän ohjauksessa.
- Ympäristönäytteenoton ja mittausten henkilösertifiointi (pima)  
Taitovaatimuksena vuoden mittainen päätoiminen tai kahden vuoden mittainen säännöllisesti toistunut ympäristönäytteenotto, ympäristömittaus- ja/tai havainnointitehtävien hoitaminen. Tietovaatimuksena peruskurssin tentti sekä vähintään yhden erikoistumisalan kurssi ja tentti.

Geoteknisissä kenttätutkimuksissa päteväksi osoitetun käyttäjän koulutus- ja työkokemuskäytännöt tulee osoittaa, että hänellä on perustiedot seuraavista:

- Pohjatutkimuksen tarkoituksesta
- Maa- ja kalliomekaniikan ja hydrogeologian pääperiaatteista määritellyn pohjatutkimusmenetelmän suorittamiseksi, mukaan lukien tutkimuspisteiden täyttö, näytteiden käsittely, kuljetus ja varastointi, jokaisen näytteen päämaalajin ja/tai kallion alustavasta tunnistaminen ja kuvaaminen voimassa olevien ohjeiden mukaisesti
- Kenttätutkimuksissa tai laboratoriotyössä vaadittavien pöytäkirjojen laatimisesta
- Kysymykseen tulevista terveyttä, turvallisuutta ja ympäristöä koskevista määräyksistä
- Laitteiston toiminnasta, turvallisesta käytöstä ja kunnossapidosta mukaan lukien laitteistoille suoritettavista tarkistuksista ja kalibroinneista
- Yrityksen toimintajärjestelmästä

Geoteknisissä kenttätutkimuksissa pohjatutkijan pätevyys osoitetaan hyväksyttävästi suoritettuna näyttötutkimuksen ja siihen liittyvän arviointimenettelyn avulla. Todetusta pätevyydestä myönnetään arvioitavalle päteväksi osoitetun käyttäjän kortti, Kortin

ulkopuolelle jäävät mm. geofysikaaliset mittaukset sekä harvinaisemmat näytteenotto- ja kenttätutkimusmenetelmät. Näiden suhteen menetelmäkohtainen pätevyys todetaan muulla tavoin. Vaativissa olosuhteissa tai muissa vaativissa töissä edellytetään erityistä ammattitaitoa, joka voidaan todeta näyttötutkinnon ja erityisosaamisesta saadun kokemuksen avulla. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi lautalta suoritettu pohjatutkimus tai eräät tunnelien geotekniset tutkimukset.

Ympäristönäytteenottajan pätevyys osoitetaan ympäristönäytteenoton henkilösertifioinnilla. Lisätietoja pätevyystodistuksesta löytyy Suomen ympäristökeskuksen verkkosivuilta (<http://www.syke.fi/sertifiointi>).

### ***Vastaava asiantuntija***

Vastaavalla asiantuntijalla tulee olla dokumentoitu pätevyys seuraavista vastuualueensa mukaisesti:

- Geotekniset kenttätutkimukset mukaan lukien geofysikaaliset tutkimukset
  - Alaa koskeva ylempi korkeakoulu- tai ammattikorkeakoulututkinto sekä osoitettu vähintään kolmen vuoden alaa käsittävä työkokemus yrityksessä, joka suorittaa geoteknisiä tutkimuksia tai
  - Alaa koskeva ammattitutkinto sekä osoitettu vähintään viiden vuoden alaa käsittävä työkokemus yrityksessä, joka suorittaa pohjatutkimuksia sekä toiminut projektista vastaavana vähintään 3 vaativuudeltaan ja laajuudeltaan vastaavassa projektissa vastaavan asiantuntija ohjauksessa tai
  - Vaihtoehtoisesti muita kuin geofysikaalisia mittauksia koskien vähintään 10 vuoden työkokemus sekä toiminut projektista vastaavana vähintään 5 vaativuudeltaan ja laajuudeltaan vastaavassa projektissa vastaavan asiantuntijan ohjauksessa. Lisäksi geoteknisissä kenttätutkimuksissa vastaavan asiantuntijan pätevyys tulee osoittaa hyväksyttävästi suoritettuna näyttötutkinnon ja siihen liittyvän arviointimenettelyn avulla.
- Geotekniset laboratoriotutkimukset
  - Alaa koskeva ylempi korkeakoulu- tai ammattikorkeakoulututkinto sekä osoitettu vähintään kolmen vuoden alaa käsittävä työkokemus työskentelystä alan laboratoriossa tai laboratoriotulosten analysoinnista alan yrityksessä tai.
  - Alaa koskeva ammattitutkinto sekä osoitettu vähintään viiden vuoden alaa käsittävä työkokemus työskentelystä alan laboratoriossa tai laboratoriotulosten analysoinnista alan yrityksessä

Työkokemusvaatimus voidaan määrittää hankekohtaisesti vaativuuden ja laajuuden perusteella.

Vastaavan asiantuntijan koulutus- ja työkokemusdokumenttien tulee osoittaa, että hänellä on riittävät tiedot seuraavista:

- Asiaan kuuluvista laeista, terveyttä ja turvallisuutta koskevista määräyksistä sekä teknisistä määräyksistä ja standardeista
- Geoteknisen pohjatutkimuksen tarkoituksesta sekä geologian, maa- ja kalliomekaniikan ja hydrogeologian periaatteista



- Tutkimustyöhön liittyvistä standardeista, ohjeista ja määräyksistä
- Geoteknisissä kenttä- ja laboratoriotutkimuksissa vaadittavien pöytäkirjojen laatimista
- Maanäytteiden päämaalajin ja/tai kallion tunnistamisesta ja kuvaamisesta
- Yrityksen toimintajärjestelmästä

Vastaavan asiantuntijan tulee pystyä

- Ymmärtämään tutkimusohjelman tavoite
- Valvomaan päteväksi osoitettujen käyttäjien työtä
- Varmistamaan kenttä- ja laboratoriotutkimuksissa laadittujen pöytäkirjojen laatu ja oikeellisuus, erityisesti tuloksiin vaikuttavat poikkeamat
- Laatimaan pohjatutkimusten työraportti
- Esittämään lisäasiantuntemuksen hankkimista

Vastaavan asiantuntijan pätevyys voidaan osoittaa hyväksytysti suoritettuna näyttötutkimuksen ja siihen liittyvän arviointimenettelyn avulla. Todetusta pätevyydestä myönnetään arvioitavalle vastaavan asiantuntijan todistus.

### ***Geo- ja kalliosuunnittelija***

Geo- ja kalliosuunnittelijalla, joka vastaa pohjatutkimusohjelman ja pohjatutkimusraportin laatimisesta, tulee olla dokumentoitu pätevyys seuraavista:

- Alaa koskeva ylempi korkeakoulututkinto tai ammattikorkeakoulututkinto sekä osoitettu vähintään neljän vuoden alaa käsittävä työkokemus henkilöryhmässä SKOL 04 geoteknistä suunnittelua ja pohjatutkimusten valvontaa suorittavassa yrityksessä

Tutkimuksissa, jotka tehdään yksinkertaisille rakenteille helppoissa pohjaolosuhteissa, toimeksiantaja voi hyväksyä geosuunnittelijalle tätä vähäisemmän pätevyyden.

Geo- ja kalliosuunnittelijan koulutus- ja työkokemusdokumenttien tulee osoittaa, että hänellä on riittävät tiedot ja kokemus seuraavista:

- Kokemus kyseessä olevaa hanketta vastaavien kohteiden suunnittelusta mukaan lukien kyky arvioida pohjaolosuhteita ja arvioida rakennusosien perustamiskysymyksiä
- Maa- ja kalliomekaniikasta ja hydrogeologiasta sekä geologiasta
- Kenttä- ja laboratoriotutkimuksista sekä niiden soveltuvuudesta lähtötiedon hankintaan suunnittelukohteen olosuhteissa
- Tutkimustyöhön kuuluvista standardeista, ohjeista ja määräyksistä
- Pohjatutkimusraportin laatimisesta

Geo- ja kalliosuunnittelijan tulee pystyä:

- Esittämään pohjatutkimuksen tavoitteet
- Ohjelmoimaan tarvittavat tutkimukset, erityisesti kohdentamaan tutkimukset tehokkaasti
- Tulkitsemaan ja arvioimaan tutkimusten tuloksia
- Valvomaan asiantuntijavalvojana pohjatutkimuskonsultin työtä
- Laatimaan pohjatutkimusraportti

Pätevyys osoitetaan FISE Oy:n myöntämällä infrarakentamisen pohjarakennesuunnittelijan tai kalliorakennesuunnittelijan pätevyydellä, Liikenneviraston ohjekirje *Pohjarakennesuunnittelijan pätevyys, 17.12.2011*. Vaadittava pätevyystaso määräytyy kohteen vaativuuden mukaan.

### **3.3.3 Tutkimuslaitteistoja koskevat vaatimukset**

Pohjatutkimuskonsultin tulee osoittaa, että sillä on pohjatutkimustyötä varten tarvittava laitteisto.

Tutkimusmenetelmien menetelmäohjeissa on esitetty vaatimukset menetelmäkohtaisesti.

Pohjatutkimuskonsultin tulee osoittaa laatu järjestelmässään, että tutkimustyöhön käytettävät laitteet täyttävät asianmukaiset tekniset määrittelyt, ne pidetään kunnossa, ne kalibroidaan ja niitä käytetään tutkimuksia koskevien menetelmäohjeiden ja laitteiden käyttöohjeiden mukaisesti. Laitteiston tarkastuksen ja mittalaitteiden kalibroinnin tulee kattaa kaikki tuloksiin vaikuttavat kaluston osat ja mittalaitteet.

## 4 Tutkimushankkeen osapuolten tehtävät

### 4.1 Yleistä

Luvuissa 2 ja 3 on esitetty pohjatutkimusten ja maaperätietojen tuottamisessa mukana olevien osapuolten välinen työnjako. Seuraavissa kappaleissa tehtävät on eritelty yksityiskohtaisesti tämän työnjaon mukaisesti.

### 4.2 Toimeksiantajan tehtävät

#### 4.2.1 Yleistä

Toimeksiantajan tehtävänä on pohjatutkimusohjelman hankkiminen ja määrittely sekä tutkimusohjelman hyväksyminen.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty luettelomuodossa toimeksiantajan vastuualueelle kuuluvat tehtävät, jotka liittyvät pohjatutkimusten tekniseen suunnitteluun ja suorittamiseen.

#### 4.2.2 Tehtävät ennen pohjatutkimusten aloitusta

Pohjatutkimusten suorittamista varten toimeksiantaja hankkii tai määrittää:

- Pohjatutkimusohjelman
- Käytettävän kartta-aineiston, maastomallin sekä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän
- Maanomistajatiedot kiinteistörajoihin
- Aikaisemman tutkimusaineiston
- Pohjatutkimustehtävän laatuvaatimukset ja rajaukset
- Tutkimusluvut ja maastotyötiedotteen
- Turvallisuusohje
- Pohjatutkimustehtävän ympäristövaatimukset ottaen huomioon:
  - pohjavesialueet
  - vedenhankinta-alueet
  - luonnonsuojelualueet
  - muinaismuistot
  - pilaantuneet maa-alueet
  - työaikarajoitukset
  - melua koskevat rajoitukset
  - liikennettä koskevat vaatimukset
  - menetelmäohjeet tutkimustyönaikaisten vahinkojen korvaamiseksi
  - menetelmäohjeet tutkimustöistä tiedottamisesta
- Tulosten luovuttamisen ehdot ja formaatit

#### 4.2.3 Tehtävät pohjatutkimusten aikana

Pohjatutkimustöiden aikana toimeksiantajan tehtäviin kuuluu:

- Pohjatutkimusohjelmaan tehtävien tutkimustyön aikaisten muutosten hyväksyntä
- Töiden sopimuksenmukaisuuden valvonta
- Työn toteuttamisen valvonta
- Laadunvalvonta
- Varmistaa, että tutkimustyönaikaiset vahingot korvataan

#### 4.2.4 Pohjatutkimustyön päättäminen

Pohjatutkimustöiden valmistuttua toimeksiantajan tehtäviin kuuluu:

- Pohjatutkimusraportin ja siihen liittyvien pohjatutkimuksen työraporttien hyväksyminen
- Tutkimustulosten arkistoinnin varmistaminen Liikenneviraston ohjekirjeen *Pohjatutkimusten arkistointi, 5.1.2012* mukaisesti

### 4.3 Geo- ja kalliosuunnittelijan tehtävät

#### 4.3.1 Yleistä

Geoteknisen ja kallioteknisen suunnittelijan tehtävä on laatia pohjatutkimusohjelma, toimia tutkimuksen asiantuntijavalvojana ja raportoida toimeksiantajalle tutkimusten tulokset perustuen pohjatutkimuskonsultin toimittamaan pohjatutkimusten työraporttiin.

Pohjatutkimuksien tulosten tulkinta ja arviointi sekä geoteknisten parametrien ja kertoimien arvojen johtaminen tehdään eri tutkimus- ja koemenetelmiä käytettäessä SFS EN 1997-2 esitetyllä tavalla. Geoteknisessä mitoituksessa käytettävien geoteknisten parametrien ominaisarvot valitaan SFS EN 1997-1 kohdan 2.4.5.2 mukaisesti. Suunnittelussa ja mitoituksessa tarvittavat parametrit valitaan kohteen, rakenteen ja suunnitteluvaiheen vaatimusten mukaisesti. Em. tehtävät kuuluvat geotekniseen suunnitteluun ja ne on otettava huomioon tutkimushankkeessa pohjatutkimusten ohjelmointivaiheessa.

#### 4.3.2 Pohjatutkimusohjelman laatiminen

Hankkeen geo- tai kalliosuunnittelijan tehtävänä on laatia pohjatutkimusohjelma, jossa esitetään:

- Tutkimusten tavoitteet
- Käytettävä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- Tehtävät tutkimukset
- Hankkeen olemassa olevat tutkimukset
- Tiedossa olevat ympäristöriskit, kuten tieto paineellisesta pohjavedestä hankkeen alueella

- Hanke- ja tarvittaessa tutkimuspistekohtaiset ohjeet tutkimusmenetelmistä muun muassa:
  - pohjatutkimusten määräsyyvydet ja kairauksen/tutkimusten lopetus-kriteerit mikäli niitä ei ole tarkoituksenmukaista lopettaa menetelmäkohtaisilla vakio-ohjeilla (esim. yli 30 m paksut maakerrokset)
  - CPTU-kairauskokeen ja siipikairauskokeen käyttöluokat (liite 4 ja liite 5)
  - maanäytteiden laatuluokat
  - näytteenottosyyvydet
  - leikkauslujuuskokeiden määrittämissyyvydet
  - pohjavesiputkien asennussyyvyys ja kärkityyppi
  - seurantamittausten (mm. huokospaine, sivusiirtymä, painuma) tarkkuusvaatimus
  - kallionäytekairauksen pituus, kaltevuus, suuntaus, näytekoiko ja vesimenekkimittauksista mittausväli, käytettävät paineet, mittausaika
- Hankekohtaiset ohjeet pohjatutkimusten työraportin laatimisesta ja tulosten raportoinnista
- Hankekohtaiset ohjeet tutkimuksen aikana suunnittelijalle välittömästi raportoitavista tuloksista ja mahdollisista tutkimusohjelmaan työn aikana tehtävistä tarkennuksista
- Aikataulu
- Tutkimusohjelman laatijan yhteystiedot

Pohjatutkimusohjelma sisältää tutkimusohjelmakartan sekä itse tutkimusohjelman, jossa on lueteltu kaikki ohjelman tutkimukset hankekohtaisine ohjeineen. Pohjatutkimusohjelma toimitetaan ensisijaisesti pdf-formaatissa. Lisäksi pohjatutkimuskonsultille toimitetaan ohjelmoiduista pisteistä tekstimuotoinen tiedosto gt-formaatissa hankkeen mukaisessa koordinaatistossa pisteiden paikalleen mittauksia varten. Tutkimusohjelmakartassa esitetään tutkimuspisteiden lisäksi olemassa olevat tutkimukset symboleina (aloitus- ja päättymistaso ja kairauksen päättymistapa), tarvittaessa kartan liitteenä olemassa olevien tutkimusten kairausdiagrammit joko yksittäisinä diagrammeina tai pohjatutkimusleikkauksina, oleelliset suunniteltavat rakenteet (väylät, sillat, taitorakenteet, putkijohtolinjat tms.) siten, että niistä käy rakenteiden sijainti ja muoto riittäväällä tavalla esille ja etteivät ne peitä pohjakartan oleellisia tietoja sekä olemassa olevat johto- ja putkitiedot ja muut maanalaiset rakenteet. Tarvittaessa, lähinnä tutkimuskarttojen luettavuuden takia, johto- ja putkitiedot ja maanalaiset rakenteet voidaan esittää erillisenä karttana.

Pohjatutkimusohjelman laatimista varten suunnittelijan on perehdyttävä suunniteltavaan kohteeseen maastokäynnillä, ellei vastaavaa tietoa ole mahdollista selvittää riittävän tarkasti muilla keinoin, ja hankkeen aiemmissa suunnitelmavaiheissa tehtyihin ratkaisuihin. Suunnittelijan on selvitettävä tutkittavan kohteen nykyiset rakenteet, johtotiedot ja olosuhteet sekä suunniteltavat rakenteet siinä laajuudessa, kun tietoa on saatavissa ennen pohjatutkimusten aloitusta.

Pohjatutkimukset pyritään ohjelmoimaan kunkin suunnitelmavaiheen alussa, vaiheen edellyttämällä tarkkuudella, niin kattaviksi ja niin yksityiskohtaisiksi, että kaikkien rakenteiden suunnittelu on mahdollista yhden pohjatutkimusohjelman mukaan hankituilla tuloksilla. Täydentäviä pohjatutkimuksia pyritään käyttämään ainoastaan tarkentamaan saatua tietoa ja rakennusosien erityistutkimuksiin.

### 4.3.3 Työn aikainen ohjaus

Pohjatutkimustyön aikana suunnittelija antaa täydentäviä ohjeita pohjatutkimuskonsultin toimittamien tietojen ja yhteydenottojen perusteella asiantuntijavalvojana.

Tutkimusten laajuuteen, veloituserusteisiin ja merkittäviin kustannusmuutoksiin vaikuttavat muutokset hyväksytetään toimeksiantajalla ennen toteutusta.

### 4.3.4 Vanhoja tuloksia koskevat vaatimukset

Alueella aiemmin tehdyissä suunnittelu- tai rakentamishankkeista on usein saatavissa vanhoja pohjatutkimustietoja, jotka pyritään hyödyntämään. Hyödyntämisen edellytyksenä on niiden käyttökelpoisuuden ja luotettavuuden arviointi.

Vanhojen tutkimusten luotettavuuden arviointi on geosuunnittelijan tehtävä. Luotettavuuden arviointi tehdään ennen tulosten liittämistä muuhun suunnitteluaineistoon. Tällöin on:

- Arvioitava tutkimusten yleinen luotettavuus
- Arvioitava vertailututkimusten tarpeellisuus: arvioidaan, voidaanko tutkimuksia pitää luotettavina mahdollisesti muuttuneissa olosuhteissa ja ohjelmoidaan tarvittaessa tutkimuksia, joihin vanhoja tuloksia voidaan verrata
- Selvitettävä se, miltä osin tutkimusalueen olosuhteet ovat säilyneet pohjatutkimusten teon jälkeen niin muuttumattomina, että vanhat tutkimukset ovat edelleen käyttökelpoisia.
- Selvitettävä tutkimustulosten paikkatiedot ja arvioitava niiden luotettavuutta

Ennen kuin vanhat tutkimukset voidaan liittää muuhun tutkimusaineistoon, niiden tunnistetiedot on täydennettävä sellaisiksi, että tutkimuksen alkuperä on jäljitettävissä. Tarvittavat tunnistetiedot liitetään Infra-pohjatutkimusformaatin mukaiseen tiedostoon. Jotta aikaisemman tutkimusaineiston arviointi tulee tehtyä ja dokumentoitua asianmukaisesti, on siitä laadittava työraportti, joka liitetään pohjatutkimusraporttiin.

Vanhojen tutkimuksien digitointi tehdään Liikenneviraston ohjekirjeen *Pohjatutkimusten arkistointi, 5.1.2012* mukaisesti.

Lisäksi toimeksiantajan tulee selvittää, onko aiempi aineisto vapaasti käytettävissä vai liittyykö sen käyttöön ja edelleen levittämiseen käyttö- tai näyttörajoituksia mm. julkistamisen tai sellaisenaan toistamisen suhteen.

### 4.3.5 Pohjatutkimusraportti

Pohjatutkimusraportti koostuu pohjatutkimusohjelmasta, pohjatutkimusten työraporteista, jotka kattavat kenttä- ja laboratoriotutkimukset sekä mittausten ja tutkimustulosten arvioinnista.

Pohjatutkimusten työraportin ja toimitettujen tulosten perusteella suunnittelija laatii arvion pohjatutkimusohjelman tavoitteiden saavuttamisesta sekä arvioi tulosten riittävyyden ja kattavuuden.

Mikäli tulosten perusteella suunnittelua ei voida tehdä suunnitelmavaiheen edellyttämällä tasolla, suunnittelija esittää toimeksiantajalle täydentävien tutkimusten tekemistä.

Pohjatutkimusraportti voidaan liittää osaksi geoteknistä suunnitteluraporttia. Pohjatutkimusraportin malliraportti on esitetty tämän ohjeen liitteessä 2.

#### 4.3.6 Tulosten arkistointi

Hankkeen päätyttyä suunnittelija toimittaa pohjatutkimustiedot GTK:n pohjatutkimusrekisteriin Liikenneviraston ohjekirjeen *Pohjatutkimusten arkistointi, 5.1.2012* mukaisesti.

## 4.4 Pohjatutkimuskonsultin tehtävät

### 4.4.1 Yleistä

Pohjatutkimuskonsultin tehtävät ennen ja jälkeen pohjatutkimuksia on kuvattu standardissa SFS-EN ISO 22475-1 kohdissa 5.3, 5.4, 5.5 ja 5.6. Standardissa ei kuitenkaan ole esitetty menettelyä koskien tutkimuslupaa ja vaikutuksia kolmansille osapuolille. Asianomaisten informointi ja vahinkojen korvaus sekä turvallisuuteen liittyvät velvoitteet on esitetty Liikenneviraston ohjeessa *Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet, 23/2011*.

### 4.4.2 Tutkimusten valmistelu

Ennen kuin pohjatutkimukset voidaan aloittaa, tulee pohjatutkimuskonsultin varmistaa, että sillä on käytettävissä vähintään seuraavat alustavat tiedot:

- pohjatutkimusohjelma
- pohjatutkimusohjelman edellyttämä kalusto- ja henkilöresurssit sekä pätevyudet
- tutkimustyötä koskevat vaatimukset ja odotettavissa olevat geologiset ja hydrogeologiset olosuhteet
- lautta- tai muun apukaluston tarve
- tarvittavat kiintopisteet sekä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- tutkimuskalustolta vaadittava mittaustarkkuus
- tutkimuspisteiden suuntaus, kaltevuus ja sallitut poikkeamat
- tutkimuspisteiden ja/tai kaivantojen tunnistustiedot ja suunnitellut syvyudet
- suunnitellut tutkimusmenetelmät ja näytteenottoluokat
- näytteille suunniteltu käsittely, varastointi ja kuljetus
- suunnitellut paikalla tehtävät koestukset
- tutkimuspisteiden tai kaivantojen toteutustapa ja alueen jälkityöt (tutkimusreikien sulkeminen ja kaivantojen täyttö)
- työn toteutusta varten tarvittavat hyväksytyt liikenteenohjaus- ja turvallisuussuunnitelmat, ratahankkeissa turvallisuussuunnitelman hyväksyttäminen toimeksiantajan turvallisuusasiantuntijalla (noudatetaan Radanpidon turvallisuusohjetta, TURO)
- ympäristöriskit, jotka liittyvät esim. porauksessa käytettäviin huuhteluaineisiin tai lietteisiin ja niiden käyttöä koskevat määräykset

- mahdolliset riskit, esim. maanalaiset tai ilmassa kulkevat johdot ja kaapelit, pora- ja maalämpökaivot, liikenne, odottamattomat räjähtämättömät ammuksiset, saastuminen
- ympäristönsuojeluvaatimukset, mm. arvokkaat kohteet, suojellut lajit, muinaismuistot
- hätätilajärjestelyt
- tarvittavat luvat, pidettävät katselmukset sekä maastotyötiedote
- turvallisuussuunnitelman perehdytys ja sen dokumentointi
- yhteydenpito maanomistajiin
- tutkimusvahinkojen korvausmenettely
- toimeksiantajan ja suunnittelun asiantuntijan yhteystiedot
- suunniteltu tiedonkulku

#### 4.4.3 Tutkimusten toteutus

Pohjatutkimuskonsultin tehtävä tutkimustyön aikana on

- varmistaa, että tarvittavat luvat ovat voimassa sekä järjestää tarvittavat katselmukset ja näytöt
- ilmoitus Tieliikennekeskukseen liikennealueella liikenteenohjaus-suunnitelmien mukaan tehtävästä työstä
- suorittaa tutkimuspisteiden paikalleen mittaukset
- vastata tutkimustöissä tarpeellisen energian ja veden hankkimisesta
- tehdä pohjatutkimusohjelman mukaiset tutkimukset
- varmistaa, että tutkimukset tehdään menetelmäohjeiden ja tutkimusohjelman vaatimusten mukaisesti
- varmistaa, että käytettävä kalusto täyttää asianmukaiset tekniset määrittelyt ja se on kalibroitu menetelmäohjeiden mukaisesti
- raportoida välittömästi suunnittelijalle, mikäli tutkimusohjelman tavoitteita ei saavuteta siinä määritellyillä tutkimusmenetelmillä tai, kun geologiset tai hydrologiset olosuhteet eivät ole odotusten mukaiset
- raportoida suunnittelijalle merkittävistä tutkimuspisteiden siirroista tai sopia tutkimuspisteiden siirtämisestä
- raportoida suunnittelijalle merkittävistä poikkeamista hankkeen lähtötietoina saatuihin olemassa oleviin tutkimuksiin nähden
- laatia tutkimustyöstä vaadittavat kenttäpöytäkirjat
- varmistaa, ettei tutkimustyöstä aiheudu vaaraa ympäristölle tai kolmansille osapuolille
- dokumentoida mahdolliset tutkimustyöstä aiheutuneet vahingot
- raportoida toimeksiantajalle ja suunnittelijalle ympäristölle tai kolmannelle osapuolelle aiheutuneesta tai aiheutuvasta merkittävästä vahingosta
- sulkea tutkimusreiät pohjatutkimusohjelman mukaisesti tai kun geologiset olosuhteet sitä edellyttävät
- varmistaa, että tutkimuskohde on siistitty asianmukaisesti

Jos tutkimusten yhteydessä saadaan viitteitä pilaantuneesta maasta, josta ei ole aikaisempaa tietoa, tulee tästä välittömästi ilmoittaa toimeksiantajalle.



#### 4.4.4 Pohjatutkimusten työraportti

Pohjatutkimuskonsultin tulee pohjatutkimusten valmistuttua laatia kohdan 9.4 mukainen pohjatutkimustöiden työraportti ja varmistaa, että pohjatutkijan vastuulla olevien kolmansille osapuolille aiheutuneiden vahinkojen korvaus- ja muut velvoitteet on hoidettu. Pohjatutkimusten työraportti toimitetaan geo- ja kalliorakennussuunnittelijalle.

Pohjatutkimusten työraportin malliraportti on esitetty tämän ohjeen liitteessä 3.

#### 4.4.5 Tutkimustulosten laadunvarmistus

Pohjatutkimuskonsultin tulee tehdä itselle luovutus jokaiselle tutkimustulosten toimittajalle. Itselle luovutuksesta laaditaan muistio, joka toimitetaan toimeksiantajalle toimituserän mukana. Laadunvarmistuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota Infra – pohjatutkimusformaatin oikeellisuuteen sekä siihen, että toimitettavassa tulostiedostossa on esitetty kaikki Liikenneviraston ohjekirjeessä *Pohjatutkimusten arkistointi, 5.1.2012* vaaditut kentät.

#### 4.4.6 Tutkimustulosten toimitus ja raportointi

Pohjatutkimustulosten toimitusaikataulu sovitaan hankekohtaisesti ottaen huomioon hankkeen laajuus, tutkimusten lukumäärä sekä aikataulu. Tutkimustulokset toimitetaan uusimmassa Infra – pohjatutkimusformaattissa sekä täydentävät tiedot erillisinä tutkimuspistekohtaisina liitteinä (laboratoriolomakkeet, putkikortit, koekuoppakortit, ym.). Toimituserän tulokset kootaan yhteen tiedostoon tutkimusohjelmittain. Tiedostot nimetään siten, että siitä käy selville kyseessä oleva hanke, tutkimusohjelman tunniste sekä toimituserän numero.

Pohjatutkimuskonsultin tulee raportoida tutkimusten edistymisestä jokaisen tutkimustulosten toimituserän yhteydessä. Raportista on käytävä selville, mitkä tutkimukset on tehty ja mitkä on vielä tekemättä. Samassa yhteydessä on suositeltavaa kirjata ne tutkimukset, jotka ovat jääneet tekemättä ja syy siihen. Suositeltava raportointimuoto on tutkimusten pistekohtainen seurantataulukko.

#### 4.4.7 Tutkimustulosten arkistointi ja näytteiden säilytys

Pohjatutkimuskonsultilla on velvollisuus säilyttää pohjatutkimustiedot omassa arkistossaan mahdollisia myöhemmin tehtäviä selvityksiä varten 10 vuotta pohjatutkimusten toimeksiannon päättymisestä (KSE 2013).

Näytteiden säilytysvastuu toimeksiannon päättymisen jälkeen:

- Käsitelty häiriintynyt ja häiriintymätön maanäyte 1 vuosi

Käsittelemätön häiriintymätön maanäyte 1 vuosi. Kallionäytteiden säilytyksestä sovitaan hankekohtaisesti. Näytteet on suositeltavaa säilyttää vähintään siihen saakka, kunnes hanke on toteutettu.

## 5 Menetelmäohjeet

### 5.1 Yleiset vaatimukset

Geoteknisissä tutkimuksissa noudatetaan menetelmäohjeena Eurooppalaista standardia tai spesifikaatiota, joka tässä ohjeessa mainitaan.

Muuna ohjeena käytetään ensisijaisesti Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen (SGY) julkaisemaa opasta. Mikäli eurooppalaisen standardin/teknisen spesifikaation ja SGY:n kairausoppaan välillä on ristiriita, noudatetaan eurooppalaista standardia/teknistä spesifikaatiota.

Menetelmille, joille ei ole julkaistu Eurooppalaista standardia tai SGY:n opasta, on kunkin pohjatutkimuskonsultin määriteltävä noudatettava menetelmäohje toimintajärjestelmässään. Sähköisen puristinkairan ja siipikairauksen osalta Liikenneviraston töissä noudatetaan liitteissä 4 ja 5 esitettyjä ohjeita.

### 5.2 Luettelo menetelmäohjeista

Kenttä- ja laboratoriokokeiden teknisiä spesifikaatiota (TS) uudistetaan parhaillaan ja ne vahvistetaan tämän standardeina. Alla olevassa luettelossa on esitetty ohjeen spesifikaatioiden ja standardien status ohjeen julkaisuakanakohtana (lokakuu 2015). Menetelmiä koskevat vahvistelut standardit tulevat sellaisenaan välittömästi käyttöön Liikenneviraston ohjeina ellei muuta virasto muuta ilmoita.

#### 5.2.1 Kenttätutkimusmenetelmät

Taulukko 1. Kenttätutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Näytteenotto	SFS-EN ISO 22475-1 (2006 – 11 – 27) Geotekninen tutkimus ja koestus. Näytteenottomenetelmät ja pohjavesimittaukset. Osa 1: Työn suorituksen tekniset periaatteet.	soveltamisohje: SGY:n Kairausoppaat III: Maanäytteiden ottaminen geoteknillisiä tutkimuksia varten sekä IV: Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen.
Sähköinen puristinkairaus (CPTU)	SFS-EN ISO 22476-1:en (2013-01-21) Geotekninen tutkimus ja koestus. Kenttäkokeet. Osa 1: Sähköinen puristinkairauskoe  Menetelmäkuvaus, liite 4	soveltamisohje: SGY Kairausopas VI: CPTU/Puristinkairaus, puristin-heijarikairaus.

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Heijarikairaus	SFS-EN ISO 22476-2 (2005-04-18) Geotekninen tutkimus ja koestus. Kenttäkokeet. Osa 2: Heijarikairaus sekä korjaussivu SFS-EN ISO 22476-2/A1:en (2012-01-23).	soveltamisohje: SGY Kairausopas I: Painokairaus, tärykairaus, heijarikairaus.
Siipikairaus	Menetelmäkuvaus, liite 5 SGY Kairausopas II: Siipikairausopas.	Laadittavana on standardi EN ISO 22476-9 Ground investigation and testing. Field testing. Part 9: Field vane test.
Painokairaus	CEN ISO/TS 22476-10:fi (2005-06-27) Geotekninen tutkimus ja koestus. Kenttäkokeet. Osa 10: Painokairaus (mukaan lukien SFS käsikirjassa 179-3 esitetyt täydennykset)	soveltamisohje: SGY Kairausopas I: Painokairaus, tärykairaus, heijarikairaus.
Mekaaninen puristinkairaus	SFS-EN ISO 22476-12:en (2009-08-17) Geotechnical investigation and testing. Field testing. Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM)	soveltamisohje: SGY Kairausopas VI: CPTU/Puristinkairaus, puristin-heijarikairaus.
Puristin-heijarikairaus	SGY Kairausopas VI: CPTU/Puristinkairaus, puristin-heijarikairaus.	Heijarikairauksen menetelmäohje ja soveltuvin osin SFS-EN ISO 22476-12:en (2009-08-17) Geotechnical investigation and testing. Field testing. Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM)
Porakonekairaus	SGY Kairausopas V: Porakonekairaus	Laadittavana on standardi EN ISO 22476-15:en (2015) Geotechnical investigation and testing. Field testing. Part 15: Measuring while drilling
Kallionäytekairaus	SFS-EN ISO 22475-1 (2006-11-27) Geotekninen tutkimus ja koestus. Näytteenottomenetelmät ja pohjavesimittaukset. Osa 1: Työn suorituksen tekniset periaatteet.	

Taulukko 2. Geotekniset pohjavesitutkimukset

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Pohjavedenpinnan ja painetason mittaus – Yleiset säännöt	SFS-EN ISO 22282-1:en (2013-01-21) Geotechnical investigation and testing. Geohydraulic testing. Part 1: General rules.	Kirjallisuusviitteitä:  Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla. Liikenneviraston oppaita 1/2013.  Pohjavesitilanteen tarkastelu alikulkusiltapaikoilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2011.
Pohjavedenpinnan ja painetason mittaus avonaisessa reiässä	SFS-EN ISO 22282-2:en (2013-01-21) Geotechnical investigation and testing. Geohydraulic testing. Part 2: Water permeability tests in a borehole using open systems.	
Vesipainekoe kalliossa	SFS-EN ISO 22282-3:en (2013-01-21) Geotechnical investigation and testing. Part 3: Water pressure tests in rock.	
Pohjavedenpinnan alenema ja antoisuusmittaus	SFS-EN ISO 22282-4:en (2013-01-21) Geotechnical investigation and testing. Geohydraulic testing. Part 4: Pumping tests.	Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla, Geotekniikan käsikirja, Liikenneviraston oppaita 1/2013  Lyhytaikaisen ja pitkäaikaisen koepumppauksen mallisuunnitelmat, liitteet 6A ja 6B
Vedenimeytymiskoe	SFS-EN ISO 22282-5:en (2013-01-21) Geotechnical investigation and testing. Geohydraulic testing. Part 5: Infiltrometer tests.	
Pohjavedenpinnan ja painetason mittaus suljetussa reiässä	SFS-EN ISO 22282-6:en (2013-01-21) Geotechnical investigation and testing. Geohydraulic testing. Part 6: Water permeability tests in a borehole using closed systems.	

## 5.2.2 Laboratoriotutkimusmenetelmät

Taulukko 3. Laboratoriotutkimukset

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Vesipitoisuuden määrittäminen	SFS-EN ISO 17892-1:fi (2015-01-19) Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 1: Determination of water content *)	*)Spesifikaatio on julkaistu vain englanninkielisenä.
Hienorakeisen maan irtotiheyden määrittäminen	SFS-EN ISO 17892-2:fi (2015-01-19) Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 2: Determination of bulk density	
Kiintotiheyden määrittäminen, pyknometrimenetelmä	CEN ISO/TS 17892-3:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorionkokeet. Osa 3: Kiintotiheyden määrittäminen. Pyknometrimenetelmä.**)	Sisältyy SFS-käsikirjaan 179-2 (2008-04-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Osa 2: Maan laboratorionkokeet.
Rakeisuuden määrittäminen	CEN ISO/TS 17892-4:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorionkokeet. Osa 4: Rakeisuuden määrittäminen. **)	**Standardi on valmistumassa alkuvuonna 2016 (status 10/2015)
Portaittainen ödometrikoe	CEN ISO/TS 17892-5:fi (2004-10-01) Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 5: Incremental loading oedometer test ja sen soveltaminen Suomessa. *)	*)Spesifikaatio on julkaistu vain englanninkielisenä.
Automatisoitu ödometrikoe (CRS)	ASTM D4186 / D4186M	
Kartiokoe	CEN ISO/TS 17892-6:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorionkokeet. Osa 6: Kartiokoe.	
Hienorakeisen maan yksiaksiaalinen puristuskoete	CEN ISO/TS 17892-7:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorionkokeet. Osa 7: Hienorakeisen maan yksiaksiaalinen puristuskoete.	
Konsolidoimaton kolmiaksiaalikoete	CEN ISO/TS 17892-8:en (2004-10-01) Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 8: Unconsolidated undrained triaxial test. *)	
Konsolidoidut kolmiaksiaalikoeteet	CEN ISO/TS 17892-9:fi (2004-10-01) Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 9: Consolidated triaxial compression tests on water saturated soils ja sen soveltaminen Suomessa. *)	

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Suorat leikkauskokeet	CEN ISO/TS 17892-10:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorioskokeet. Osa 10: Suorat leikkauskokeet.	
Vedenläpäisevyyden määrittäminen, vakio- ja muuttuvapainekoe	CEN ISO/TS 17892-11:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorioskokeet. Osa 11: Vedenläpäisevyyden määrittäminen. Vakio- ja muuttuvapainekoe.	
Konsistenssirajojen määrittäminen, Atterbergin rajat	CEN ISO/TS 17892-12:fi (2004-10-01) Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan laboratorioskokeet. Osa 12: Konsistenssirajojen määrittäminen. Atterbergin rajat.	
Orgaaninen aines (humuspitoisuus)	GLO – 85 Geotekniset laboratorio-ohjeet SFS 3008 Veden, lietteen, sedimentin kuiva-aineen ja hehkutusjäätännöksen määrittäminen	
Korroosiotutkimukset	Sillan geotekninen suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 11/2012	
Maaperän ja veden aiheuttama kemiallinen rasitus betoniin	Betoninormit 2012, Suomen betoniyhdistys 2012	
Happamat sulfaattimaat	Työohje happamien sulfaattimaiden kartoitukseen, GTK 2012; CATERMASS LIFE08 ENV/FIN/000609  Potentiaalisen happaman sulfaattimaan tunnistaminen – kenttämenetelmä, liite 7	World reference base for soil resources 2014; International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2014

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Pohja- ja pintavesien ympäristöseuranta	Ympäristöseurantaohjelman mukaiset menetelmät	Kirjallisuusviitteitä: Suomen Vesiyhdistys ry: Pohjavesitutkimusopas – käytännön ohjeita (2005). Vesiyhdistys ry:n julkaisu nro 3.  Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla. Liikenneviraston oppaita 1/2013.  Pohjavesitilanteen tarkastelu alikulkusiltapaikoilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2011.
Kallion erityistutkimukset	The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014	

### 5.2.3 Ainetta rikkomattomat menetelmät

Taulukko 4. Ainetta rikkomattomia menetelmiä

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Karttatulkinta	Yrityskohtainen menetelmäohje	Kirjallisuusviite: Maaperäkartan käyttöopas (Haavisto-Hyvärinen, M. & Kutvonen, H. 2005, GTK), Karttatulkintaopas (Vähäsarja P., 1971)
Rakennusgeologinen kartoitus	Yrityskohtainen menetelmäohje	Kirjallisuusviite: Rakennusalan kallioluokitus (VTT 1974) ja Rakennusgeologisen kallioluokituksen soveltaminen (VTT 1976),  SFS-EN ISO 14689-1 (2004-05-31) Geotekninen tutkimus ja koestus. Kallion tunnistaminen ja luokitus. Osa 1: Tunnistaminen ja kuvaus.  SGY: ISO-maa- ja kallioluokituksen soveltamisohje Suomessa (eKirja)

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Sähköinen vastusluotaus	Yrityskohtainen menetelmäohje, joka perustuu julkaisuun SGY: Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät (1993). Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset ja suunnitelmat, TIEH 2100056-v-08	Laitevalmistajan käyttöohjeet on huomioitava.  Kirjallisuusviite: Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät (Peltoniemi, M. 1988).  TPPT 9, Sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankinnassa ( <a href="http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/9-vastusluotaus.pdf">http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/9-vastusluotaus.pdf</a> )
Maatutkaluotaus	Yrityskohtainen menetelmäohje joka perustuu julkaisuun SGY: Maatutkaluotaus (1991).	Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa - menetelmäkuvaus, TIEH 2100027-04 Luotauksen tulkintaan tarvitaan riittävä määrä referenssikairauksia.
Refraktioseismiset luotaukset	Yrityskohtainen menetelmäohje, joka perustuu julkaisuun SGY: Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät (1993).	
Vesialueiden matalataajuusluotaus	Vesiväylätutkimusten yleisohjeet, Liikenneviraston ohjeita 18/2013  Yrityskohtainen menetelmäohje	Laitevalmistajan käyttöohjeet on huomioitava.  Kirjallisuusviite: Akustisilla luotausmenetelmillä saatu kuva merenpohjan kvartaärikerrostumista (Nuorteva, J. 1988).



#### 5.2.4 Laadunvalvontamittaukset ja koekuormitukset

Taulukko 5. Laadunvalvontamittaukset ja koekuormitukset

Tutkittava rakenneosa ja tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Ratapenkereen stabiliteettiin liittyvät seurantamittaukset	RATO3	Kirjallisuusviite: Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 40/2010
Seurantamittaukset: painuma ja kokoonpuristuma	Siirtymä- ja huokospainemittausten sekä paalujen koekuormituksen menetelmäkuvaukset, Liikenneviraston ohjeita 6/2011  Yrityskohtainen menetelmäohje	Laitevalmistajan käyttöohjeet on huomioitava
Seurantamittaukset: sivusiirtymä	Siirtymä- ja huokospainemittausten sekä paalujen koekuormituksen menetelmäkuvaukset, Liikenneviraston ohjeita 6/2011  Yrityskohtainen menetelmäohje	Laitevalmistajan käyttöohjeet on huomioitava  Kirjallisuusviite: Ratapenkereen stabiliteettiin liittyvät seurantamittaukset ja niiden prosessointi, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 40/2010
Seurantamittaukset: pohjavedenpinnan ja painetason tutkimukset	SFS-EN ISO 22475-1 (2006-11-27) Geotekninen tutkimus ja koestus. Näytteenotto-menettelyt ja pohjavesimittaukset. Osa 1: Työn suorituksen tekniset periaatteet.  Siirtymä- ja huokospainemittausten sekä paalujen koekuormituksen menetelmäkuvaukset, Liikenneviraston ohjeita 6/2011  Yrityskohtainen menetelmäohje	Laitevalmistajan käyttöohjeet on huomioitava  Kirjallisuusviitteitä:  Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla. Liikenneviraston oppaita 1/2013.  Pohjavesitilanteen tarkastelu alikulkusiltapaikoilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2011.  Kirjallisuusviite: Ratapenkereen stabiliteettiin liittyvät seurantamittaukset ja niiden prosessointi, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 40/2010

Tutkittava rakenneosa ja tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Syvästabilointipilarien ja massastabiloinninlujuuden tutkimusmenetelmät: <ul style="list-style-type: none"> <li>• pilarikaira</li> <li>• CPT, HP</li> <li>• pilarisiipikaira</li> <li>• näytteenotto</li> </ul>	Yrityskohtainen menetelmäohje, joka perustuu julkaisuihin:  Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje, Tielaitoksen selvityksiä 46/1992  SFS-EN 14679 (2005-05-30) Pohjarakennustyöt. Syvästabilointi.	CPT ja HP-kairausten sekä näytteenoton suorituksen osalta on otettava huomioon lisäksi ao. menetelmäohje (taulukko 1).  Syvästabiloinnin suunnitteluohje, Liikenneviraston ohjeita 10/2010  InfraRYL2010 luvut 14131 ja 14132
Paalujen koekuormitus <ul style="list-style-type: none"> <li>• dynaaminen koekuormitus</li> <li>• staattinen koekuormitus</li> <li>• ehjyysmittaus</li> <li>• putkipaalujen suoruusmittaus (lampputesti)</li> </ul>	RIL254-2011, Paalutusohje PO-2011	Laadittavana ovat standardit: prEN ISO 22477-1 Pile load test – static axially loaded compression test prEN ISO 22477-2 Pile load test – static axially loaded tension test prEN ISO 22477-3 Pile load test – static transversally loaded tension test prEN ISO 22477-4 Pile load test – dynamic axially loaded compression test InfraRYL2010 luvut 13200 ja InfraRYL 2006 luvut 42017-42019

### 5.2.5 Pilaantuneiden maiden tutkimukset

Pilaantuneiden maiden tutkimuksissa noudatetaan hankekohtaisesti sovittavia menettelyjä.

Taulukko 6. Pilaantuneiden maiden tutkimukset

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomaus
Pilaantuneeksi epäillyn maa-aineen tutkimukset	Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa, SYKE, Ympäristöopas 2014.  Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas. Maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet, SGY 2002	OH 6/2014 Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014.  Radanpidon ympäristöohje, Liikenneviraston ohjeita 22/2013

### 5.2.6 Kiviaineksen ottopaikan tutkimusmenetelmät

Kairasydänlaatikoissa olevista näytteistä tutkitaan rakotiheys, RQD-luku ja rakojen muuttuneisuus. Kairasydännäytteet myös valokuvataan. Loggauksen jälkeen näytteet toimitetaan laboratorioon kiviaineksen lujuuksitestejä varten.

Kallionäytteet murskataan laboratoriossa kokeissa vaadittavaan raekokoon PANK-2011 ohjeiden mukaisesti. Murskatuista näytteistä määritetään Los Angeles luku SFS-EN 1097-2 standardin ja kuulamylyarvo SFS-EN 1097-9 standardin mukaisesti, minkä perusteella voidaan arvioida kiven lujuutta sitomattoman kantavan tai sidotun kantavan tai sidekerroksen asfalttikonipäällysteeseen (ABK, ABS). Myös kiinto-  
tiheys määritetään.

Taulukko 7. Kiviaineksen ottopaikan tutkimukset

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomaus
Kiviainesten ottopaikan tutkimukset	InfraRYL 2010  PANK ry.: Asfalttinormit 2011  Suomen Betonitieto Oy: BY 43 Betonikiviainekset 2008	

### 5.2.7 Rakenteen parantamisen näytetutkimukset

Taulukko 8. Rakenteen parantamisen näytetutkimukset

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Rakenteen parantamisen näytetutkimukset	<p>Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset ja suunnitelmat, Tiehallinto 2008, TIEH 2100056–08</p> <p>Rakenteen parantamisen suunnittelu, Tiehallinto 2005, TIEH2100035-05</p> <p>Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa – menetelmäkuvaus, Tiehallinto 2004, TIEH 2100027–04.</p>	<p>Kirjallisuusviite:</p> <p>Uudet mittaus- ja tutkimusmenetelmät rakenteen parantamisen suunnittelussa (MISU-projekti), Tielaitoksen selvityksiä 23/1999, TIEL 3200568</p> <p>TPPT 13, Tien rakennekerrostutkimukset (alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/13-rakennekerros.pdf)</p>

### 5.2.8 Radan routatutkimukset

Taulukko 9. Radan routatutkimukset

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Radan routatutkimukset	<p>Ratojen routasuojaustarpeen selvittäminen, tutkimusohje, Ratahallintokeskuksen julkaisu B 8, 2002</p> <p>RIL 261-2013 Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet</p>	<p>Kirjallisuusviitteitä:</p> <p>Soininen, S.: Ratojen routaongelmat Suomessa, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 56/2013.</p> <p>Saarinen, M: Ratojen alusrakenteissa käytettyjen materiaalien routimisherkyys, Ratahallintokeskuksen julkaisu A 7/2008.</p>

Nykyisen radan routivuuden selvittämiseen voidaan käyttää maatutkaluotausta, jolloin radan routasuojaustarpeen tutkimuksen päätyövaiheet ovat:

- 1) maatutkaluotaus
- 2) alustava tulkinta ja näytteenottokairausohjelma ohjeen B8 (taulukko 9) mukaan
- 3) näytteenottokairaus ja laboratoriotutkimukset
- 4) lopullinen tulkinta kairauksista hyväksi käyttäen

Radan routatutkimusten tutkittavien alueiden kohdentamisessa voidaan käyttää vuosittain Liikenneviraston julkaiseman Roudanhallintaraportin tietoja ja radan kunnossapitäjän kokemuseräistä tietoa.

### 5.2.9 Vesiväylien tutkimukset

*Taulukko 10. Vesiväylien tutkimukset*

Tutkimusmenetelmä	Menetelmäohje	Huomautus
Vesiväylien tutkimukset	Vesiväylätutkimusten yleisohjeet, Liikenneviraston ohjeita 18/2013	

### 5.2.10 Sedimenttitutkimukset

Sedimenttitutkimuksia suoritetaan niillä siltapaikoilla tai vesistöön pengertävissä kohteissa, joissa on havaittu tai on syytä epäillä pehmeiden pohjasedimenttien pilaantumista haitta-aineilla. Pohjan sedimenttitutkimus ja näytteiden otto tehdään ja suunnitellaan yleensä hankekohtaisesti. Mikäli hankekohtaisesti ei ole muuta sovittu, voidaan tutkimukset tehdä esimerkiksi seuraavalla tavalla:

- 1) Olemassa olevan pohjatutkimusaineiston perusteella määritetään alustavasti tutkittavat sedimenttialueet. Jos sedimentin paksuus on alle 10 cm, niin se katsotaan kovapohjaiseksi alueeksi.
- 2) Tutkimukset tehdään pääsääntöisesti sukeltajatyönä, mutta sukeltajan apuna tai näytteenotossa voidaan tarvita venettä tai kevyttä lautta (haralautta). Tutkimusryhmä käsittää sukeltajan, sukeltajan varmistajan ja mittamiehen.
- 3) Uoman pohjan tutkimus tehdään kaksivaiheisena. Ensin tutkitaan pehmeiden sedimenttien esiintyminen jokiuomassa tai vesistössä rakennettavalla alueella. Tarvittaessa tehdään useampia tutkimuslinjoja. Kartoituksen tulokset dokumentoidaan mittaamalla ja tarvittaessa videoimalla. Toisessa vaiheessa otetaan sedimenttinäytteet PIMA-määrityksiä varten tutkimusohjelman mukaisesti. PIMA-näytteiden otossa noudatetaan kohdan 5.2.5 ohjeistusta. Tarvittaessa on varmistettava alueelliselta ELY-keskukselta (Y-vastuualue), että mitä haitta-aineita tutkitaan ja tutkimusten laajuuden riittävyys.
- 4) PIMA-määritykset tehdään sertifioidussa laboratorioissa tutkimusohjelman mukaisesti.
- 5) Työstä tehdään erillinen tutkimusraportti, jossa esitetään tehdyt tutkimukset ja laboratorioanalyysien tulokset.

### 5.2.11 Lohkareisuuden tutkimukset

Rakennusalueella olevat pinta- ja maaperälohkareet vaikeuttavat rakennustöitä ja niiden erillinen käsittely aiheuttaa kustannuksia, jotka on pystyttävä arvioimaan hankkeen kustannusarvioissa ja urakkatarjouksissa. Näissä lohkarissa voi olla myös huomattava määrä kiviainesta, jota voidaan hyödyntää rakentamisessa.

Lohkareisuuden tutkimukset tehdään ja suunnitellaan yleensä hankekohtaisesti. Mikäli hankkeessa ei ole muuta sovittu, voidaan tutkimukset tehdä esimerkiksi seuraavalla tavalla:

- 1) Karttatarkasteluin, hyödyntäen ilmakuvia ja laserkeilausaineistoa kohdennetaan alueet, joissa pintalohkareisuutta esiintyy. Maastossa tehtävin koeloin määritetään lohkaroiden lukumäärä ja peitto esimerkiksi linjakilometriä tai pinta-alaa kohti ja arvion perusteella lasketaan likimääräinen lohkarissa oleva kiviainestilavuus. Lohkareisuuden havainnollistamisessa voidaan käyttää esimerkiksi taulukossa 11 esitettyä luokittelua.
- 2) Selvitetään itse moreenin sisäistä lohkarisuutta maastotarkasteluin (valmiit leikkaukset) ja kaivinkoneella tehtävin koekaivannoin. Maaperän lohkarisuus voidaan arvioida Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen julkaisun Maalajien kaivuluokitus, 1971 lohkarisuusluokituksen mukaan. Koekaivannot on tehtävä riittävän isolla kaivinkoneella.
- 3) Lohkariset alueet rajataan kartalle sovitun luokituksen mukaisesti ja laaditaan yhteenvetoraportti. Raportissa esitetään käytetty pinta-lohkarisuuden luokittelu ja kuvaus lohkaroiden koosta sekä arvio pinta-lohkarisuuden sisältämästä kiviainemäärästä. Kuvataan maaperän lohkarisuus tehtyihin havaintoihin ja tutkimustuloksiin perustuen. Tehdyt maaperätutkimukset liitetään osaksi pohjatutkimusaineistoa.

Taulukko 11. Luokittelu lohkarisuuden havainnollistamista varten

Luokka	Kuvaus
0	Lohkareeton/lähes lohkareeton alue (vesistöt, pellot, suot); lohkaraita voi olla osittain tai kokonaan hautautuneena veteen, saveen tai turpeeseen (kiviainemäärä alle 10 m <sup>3</sup> /ha)
1	Vähälohkarainen alue tai lohkarit keskimäärin pieniä (kiviainemäärä keskimäärin 200 m <sup>3</sup> /ha) (vaihteluväli 10...400 m <sup>3</sup> /ha)
2	Runsaslohkarainen alue (kiviainemäärä keskimäärin 800 m <sup>3</sup> /ha) (vaihteluväli 400...1200 m <sup>3</sup> /ha)
3	Hyvin runsaslohkarainen alue: lohkaraita erittäin runsaasti ja/tai lohkaroiden keskimääräinen kokosuuri, maastossa liikkuminen paikoin vaikeaa (kiviainemäärä yli 1200 m <sup>3</sup> /ha)

### 5.2.12 Kaivokartoitus

Väylien rakentaminen aiheuttaa väistämättä muutoksia maaperä- ja pohjavesi-olosuhteisiin. Pohjaveden laatu- tai korkeustason muutoksilla voi olla yksittäiselle maanomistajalle merkittävä vaikutus. Muuttuneiden olosuhteiden todentamiseksi on ennen rakentamista vallinneet olosuhteet dokumentoitava, jolloin rakennettavan väylän vaikutuspiirissä oleville kiinteistöille tehdään kaivokartoitus. Kartoitettavien kiinteistöjen etäisyys väylästä määritetään hydrogeologisen arvion perusteella. Kartoituksessa sovelletaan ohjetta Pohjavesitutkimusopas, Käytännön ohjeita, Suomen Vesiyhdistys 2005. Kaivokartoitus tehdään ja suunnitellaan yleensä hankekohtaisesti. Mikäli hankkeessa ei ole muuta sovittu, voidaan kartoitus tehdä esimerkiksi seuraavalla tavalla:

- 1) Tehdään kartoitusalueen rajausta vastaamaan arvioitua väylän vaikutusaluetta.
- 2) Maanomistajia tiedotetaan ennen kaivokartoituksen aloittamista. Tiedotus voidaan tehdä joko kirjeitse tai puhelimitse.

- 3) Kartoitetaan kaivot kiinteistökohtaisella maastokäynnillä. Kaikki käydyt kiinteistöt kirjataan ylös, vaikka kaivoa ei olisikaan. Kaivottomista kiinteistöistä ilmoitetaan osoite ja kiinteistönomistaja.
- 4) Maastokäynnin yhteydessä mitataan tarkat koordinaatit (x, y, z), otetaan vesinäyte, selvitetään kaivokortissa vaaditut tiedot ja kaivo kuvataan. Vedenpinta mitataan kaivon kannesta ja myös vesikerroksen paksuus mitataan, mikäli se on mahdollista. Kaivon korkeus mitataan kaivon kannesta.
- 5) Jokaisesta löydetyistä kaivosta laaditaan kaivokortti. Kaivokortissa on esitettävä ohjeessa Pohjavesitutkimusopas, LIITE 4.1.1/3, Kaivokorttimalli esitetyt asiat.
- 6) Vesinäytteestä määritetään ohjeessa Pohjavesitutkimusopas, Taulukko 6.6 Vesinäytteistä tutkittavia laatutekijöitä, esitetyt laajan talousvesitutkimuksen analyysit.
- 7) Kaivokartoituksesta laaditaan raportti, jossa esitetään inventoidut kaivot mittaustuloksiin perustuen kartalla, kaikki inventoidut kiinteistöt luettelona sekä kaivokortit ja vedenlaatututkimukset liitteenä. Yhteenvedossa esitetään kaivoissa havaitut vedenlaatu ja muut laatuongelmat.

## 6 Käytettävät tutkimusmenetelmät

### 6.1 Yleiset vaatimukset

Rakenteiden suunnittelemiseksi tarvittavat pohjatutkimukset tehdään sellaisilla menetelmillä ja siinä laajuudessa, että rakenteet pystytään suunnittelemaan Eurokoodin ja Liikenneviraston ohjeiden mukaisesti.

Rakenteen suunnittelun yksityiskohtaisuus määritetään suunnitteluvaiheen mukaan. Tällöin tulee huomioida muun muassa rakenteen kustannusvaikutukset tai tilantarvevaatimukset, jotka voivat määräytyä alustavassakin suunnitelmavaiheessa ja edellyttävät tällöin pidemmälle vietyä teknistä suunnittelua kuin kyseenä olevassa suunnitelmavaiheessa yleensä. Pohjatutkimusohjelmaa laativan suunnittelijan on huomioitava, että:

- kohteen geo- ja kallioteknisistä olosuhteista saadaan riittävät tiedot sekä alueellisesti että syvyysuunnassa
- rakenteen suunnittelun ja mitoittamisen kannalta saadaan riittävät ominaisuustiedot
- rakentamisen vaikutukset ympäristöön ja ympäröivien rakenteiden vaikutus suunniteltavaan kohteeseen kyetään määrittämään tai arvioimaan
- edellisissä suunnitelmavaiheissa suunniteltuja rakenteita voidaan analysoida ja muuttaa tai tutkia vaihtoehtoisia rakenneosaratkaisuja erityisesti elinkaari- tai ST-urakan tarjoussuunnittelun aikana

Rakenteiden suunnittelua varten tarvittavat lähtötiedot on hankittava pääsääntöisesti kairauksiin ja näytteenottoon perustuvilla menetelmillä. Monissa tapauksissa myös geofysikaalisilla menetelmillä voidaan hankkia tehokkaasti yleistietoa kohteen pohjaolosuhteista ja korvata osa kairauksista luotauksilla. Näissä tapauksissa luotausten tulkinnan tulee perustua riittävään määrään referenssikairauksia.



## 6.2 Tutkimusmenetelmän valinta

Rakenteiden ja tutkimuskohteiden edellyttämät geotekniset ominaisuudet ja menetelmät, joilla suunnittelun vaatimat tiedot voidaan selvittää, on esitetty taulukoissa 12 ja 13. Geoteknisen tutkimusmenetelmän valinta tehdään pohjatutkimusohjelmaa laadittaessa. Tällöin on otettava huomioon tutkimusmenetelmän soveltuvuus geo- ja kallioteknisten ominaisuuksien määrittämiseen kohteen olosuhteissa. Eri kenttätutkimusmenetelmien ja laboratoriotutkimuksen soveltuvuutta on käsitelty yksityiskohtaisesti liitteessä 9. Tutkimusten määrää koskevat ohjeet on esitetty luvussa 7 Suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden tutkimukset.

Taulukko 12a. Taulukossa 13 esitettyjen termien sisältö

Rakenne/tutkimuskohde	Sisällön kuvaus
Kantava pohjamaa	Maanvarainen kantavalla, Leikkaus kantavassa, Leikkaus- ja kaivumassat, Pohjamaa (tien päällysrakenne)
Pehmeikkö	Maanvarainen pehmeiköllä tai muita rakenteita kuormittavat täytöt, Vastapenger, Esikuormitus, Kevennys, Lujitteet ja telat, Pudotustiivistys, Pystyjoitus, Syvästabilointi, Massanvaihto, Paalulaatta ja -hatut, Leikkaus pehmeikössä, Massanvaihto luiskassa, Tukipenger, Luiskapaalutus, Leikkaus- ja kaivumassat
Rakenteet	Sillat, Tukiseinät ja muurit, Kaukalot, Tiivisteet, Putket, Johdot, Padot, Eroosiosuojaukset, Merkittävät ei-pysyvät rakenteet (tukiseinät), Varusteet (mm. meluaidat, pylväät, portaalit)
Kalliotilat	Kalliotilat
Väylän päällysrakenne	Nykyisen rakenteen näytteet
Pohjavesialueet	Pohjavesialueet
Läjitysalueet	Läjitysalueet
Kallioleikkaukset, kiviainesotto	Kallioleikkaukset, kiviainesotto

*Taulukko 12b. Taulukossa 13 käsiteltävien tutkimusmenetelmien lyhenteet / Infra – pohjatutkimusformaatti*

Tutkimusmenetelmä	Lyhenne
Painokairaus	PA
Siipikairaus	SI
Heijarikairaus	HE
Huokospainekairaus (CPTU)	CU
Heijari-puristinkairaus	HP
Porakonekairaus	PO
Pohjaveden mittausputki	VP
Orsiveden mittausputki	VO
Huokosvedenpaineen mittaus	HV
Koekuoppa	KO
Näytteenotto – häiritty	NO
Näytteenotto – häiriintymätön	NE
Kallionäytekairaus, laajennettu	KE
Kallionäytekairaus, videoitu	KR

*Taulukko 12c. Taulukossa 13 käsiteltävien geofysikaalisten tutkimusmenetelmien lyhenteet*

Tutkimusmenetelmä	Lyhenne
Maatutkaluotaus	MTL
Sähköinen vastuluotaus	SVL
Refraktioseisminen luotaus	RSL
Gravimetrinen mittaus	GMM

Taulukko 13a. Tarvittavat maamateriaalien ja pohjamaan geotekniset lähtötiedot rakenteiden suunnittelemiseksi

Maaperän ominaisuus - tunneissa kallion ominaisuus		Tutkimuksen kohde							
(taulukossa käytettyjen termien ja lyhenteiden selitykset on esitetty taulukossa 12)		Kantava pohjamaa	Pehmeikkö	Rakenteet	Kalliotilat	Väylän päällysrakenne (Nykyisen rakenteen näytteet)	Pohjavesialueet	Läjäytysalueet	Kallioleikkaukset, Kivainesotto
<b>Perustiedot</b>									
	Maalaji	X	X	X	X	X	X	X	X
	Kivilaji, kallion laatu	(X)		(X)	X				X
	Kivisyys, lohkaraisuus	X	X	X	X				
<b>I</b>	Kerrosten laajuus; rakenteen vaatimaan syvyyteen H/V)	X	X	X	X	X	X	(X)	X
<b>I</b>	Kerrosten laajuus; tutkimusmenetelmän mukainen päättymissyvyys H/V)	X	X	X	X		X	X	
<b>II</b>	Pohjaveden korkeustaso	X	X	X	X		X	□	□
<b>II</b>	Huokosvedenpaine (1)		(X)	(X)	(X)				
<b>Geotekniset ominaisuudet</b>									
	Rakeisuus (raekoko)	X	X	X		X	(X)	□	
	Vesipitoisuus	X	X	X		X	X	(X)	
	Humuspitoisuus (ja maatumisaste)		X	(X)			X		
	Hienousluku, Atterbergin rajat		X	(X)			(X)	(X)	
	Tiheys, tilavuuspaino	(X)	X	(X)					
<b>III</b>	Leikkauslujuus	(X)	X	X	X			(X)	X
<b>IV</b>	Kokoonpuristuvuus	(X)	X	(X)				(X)	
<b>IV</b>	Vedenläpäisevyys (2)	(□)	(X)	(X)	X		(X)		
<b>V</b>	Routivuus	X		(X)		X			
<b>VI</b>	Kemialliset kokeet (3)		(X)	(X)					

H/V)

X

□

(X)

(1)

(2)

(3)

vaaka- ja pystysuunnassa

ominaisuus on määritettävä

ominaisuuden suuruusluokka ja päätyyppi tulee pystyä arvioimaan

ominaisuus on määritettävä, mikäli sillä on vaikutusta rakennusosan

suunnitteluun ko. olosuhteissa

huokosvedenpaineen jakauma syvyysuunnassa

hienorakeisilla mailla määrityksen tulee perustua ödometrikokeisiin

teräksen korroosioon, betonin sulfaatin kestävyys ja

saven stabiloituvuuteen liittyvät kokeet

Taulukko 13b. Tarvittavat maamateriaalien ja pohjamaan kenttätutkimusmenetelmät rakenteiden suunnittelemiseksi

Maaperän ominaisuus - tunneleissa kallion ominaisuus		Tutkimuksen kohde							
(taulukossa käytettyjen termien ja lyhenteiden selitykset on esitetty taulukossa 12)		Kantava pohjamaa	Pehmeikkö	Rakenteet	Kalliotilat	Väylän päällysrakenne (Nykyisen rakenteen näytteet)	Pohjavesialueet	Läjitysalueet	Kallioleikkaukset, Kiviainesotto
Määritettävä ominaisuus		Kenttätutkimusmenetelmät							
I	Maakerrosten laatu	HE, HP, NO, PA, PO, (MTL), (RSL)	HP, PA, CU, NO, (HE), (PO), (SVL)	HP, CU, PA, PO, HE, KO, (NO)	PO, KE, KR	NO, KO, (MTL)	HP, PA, PO, NO, (HE)		PO, KE, (MTL), (RSL), (GMM)
I	Kokoonpuristuvien tai huonosti kantavien kerrosten paksuus		PA, HP, CU, (SVL)	PA, HP, CU, (KO), (NO)				PA, HP	
II	Pohjavedenpaineen, orsivedenpinnan ja/tai pohjavedenpinnan mittaus	VP, (MTL), (SVL)	VP, (HV), (VO), (GMM)	VP, (HV), (VO)	VP		VP		
III	Lujuus- ja kantavuusominaisuudet	NO, HP, HE	NE, CU, SI	PA, HP, HE, CU, NO, SI	PO, KE, KR	NO, KO		NO, SI	PO, KE, (RSL)
IV	Kokoonpuristuvuus- ja vedenläpäisevyysominaisuudet	NO, HP, HE	NE, CU, (NO), (PA), (HP), (SVL)	CU, HE, HP, NO, PA, (NE)	KE, KR			(NO)	
V	Routivuus	NO	(NO)	NO		NO, KO			
VI	Korroosiotutkimus, stabiloituvuustutkimus, betonin kemiallinen aggressiivisuus, hapan sulfaattimaa		NO	NO					

## 6.3 Seurantamittaukset ja laadunvarmistus

Rakenteiden toteuttamiseen ja niiden toimivuuden varmistamiseen liittyvät seuranta- ja laadunvalvontamittaukset tehdään voimassa olevaa oheistusta noudattaen. Tarvittavat seuranta- ja laadunvalvontamittaukset esitetään rakennussuunnitelmassa tai erikseen laadittavassa suunnitelmassa. Seurantamittaukset on aloitettava riittävän ajoissa ennen rakentamista, jotta mitattavan ominaisuuden vaihtelut voidaan erottaa rakentamisen aiheuttamista muutoksista.

Yleis-, tie- tai ratasuunnitteluvaiheessa lähtötilanteen kartoittamiseksi ohjelmoidut pohjavesi-, painuma-, sivusiirtymä-, huokospaine ym. seurantamittaukset on dokumentoitava siten, että niitä voidaan jatkaa seuraavassa suunnitteluvaiheessa. Mikäli suunnitteluvaiheiden välissä on pidempi aikaväli, on harkittava seuranta- mittauksien jatkamista myös suunnitteluvaiheiden välissä.

## 6.4 Pinta- ja pohjavesien ympäristöseuranta

Pinta- ja pohjavesien ympäristöseurantaan liittyvät tutkimukset tehdään hankkeen ympäristönseurantaohjelman mukaisesti. Pinta- ja pohjavesinäytteiden otossa opastavana ohjeena voidaan käyttää Suomen vesiyhdistyksen julkaisua *Pohjavesi-tutkimusopas – käytännön ohjeita, 2005*.

Rakentamisen kaivoihin aiheuttamien muutosten seuraamiseksi kaivokartoitus on hyvä tehdä tie-/ratasuunnitelmavaiheessa, viimeistään kuitenkin ennen rakentamisen aloitusta.

## 6.5 Pilaantuneen maaperän tutkimukset

Pilaantuneen maaperän tutkimukset tehdään kohdassa 5.2.5 mainittujen ohjeiden mukaan.

## 7 Suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden tutkimukset

### 7.1 Yleiset vaatimukset

Pohjatutkimusten taso kussakin suunnittelu- tai rakentamisvaiheessa määritellään vaiheen tarpeiden mukaisesti siten, että käytössä on riittävät lähtötiedot rakenteiden

- teknistä suunnittelua
- rakennustavan valitsemista
- ympäristövaikutusten arviointia ja läheisten rakenteiden huomioonottamista
- rakennuskustannusarviota varten.

Lähtökohtana on, että suunnitelmaan kuuluvien määräluetteloiden ja kustannusarvion tarkkuus perustuu suunnitteluvaiheen mukaiseen perusteltuun tekniseen ratkaisuun ja toteuttamiskelpoisuuteen. Riittävän tarkka ja toteuttamiskelpoinen suunnittelu on mahdollista tehdä vain riittävän yksityiskohtaisten ja kattavien pohjatutkimusten perusteella. Maaperän ominaisuudet vaihtelevat usein pieni-piirteisesti, jolloin geologiselle muodostumalle ei voida määrittää maamekaanisia ominaisuuksia vain muutamissa pisteissä tehdyillä tutkimuksella.

Tässä ohjeessa pohjatutkimuspisteellä tarkoitetaan paikkaa, josta on tehty pohjatutkimus. Yksi tutkimuspiste voi sisältää useita pohjatutkimuksia ja mittauksia (vaikka tutkimukset olisi tehty hieman, enintään 2–5 metriä, eri kohdista).

Radan suunnittelun liittyvissä pohjatutkimuksissa on erityispiirteitä, jotka tulee huomioida niiden määrässä sekä tutkimusten laajuudessa ja laadussa:

- nykyisen raiteen viereen rakentaminen ja erityisesti kapean raidevälin asettamat vaatimukset pehmeikkörakentamisessa (työnaikaisten / pysyvien tukiseinien tutkimukset)
- nykyisen raiteen viereen tehtävät paalutukset ja tukiseinärakenteet (huokospaine- ja siirtymämittaukset)
- nykyisten siltojen viereen rakennettavien levennysosien tutkimukset ja nykyisten siltojen perustamistapaselvitykset (esim. kivisillat)
- tunkattavien (siirrettävien) siltojen tutkimukset
- vaihtealueiden tutkimukset ja erityisesti liittyminen uudella vaihteella nykyiseen rataan
- lisäraiteiden liitosalueet nykyiseen rataan
- lisäraiteen puolenvaihdot erityisesti pehmeikköalueella, jotka on selvitettävä huolella riittävän aikaisessa suunnitteluvaiheessa
- radan nykyisten pohjanvahvistusrakenteiden selvittäminen tutkimusmenetelmin niiltä osin kuin niistä ei ole olemassa olevaa toteutumätietoa tai riittävän tarkkoja suunnitelmia

Geoteknisen suunnittelun tavoitteita eri suunnitteluvaiheissa ja hankkeissa on esitetty esimerkiksi ohjeissa *Tien geotekninen suunnittelu LO 10/2012*, *Sillan geotekninen suunnittelu LO 11/2012*, *Ratatekniset ohjeet (RATO)*, *Radan suunnitteluohje (B20)*, *Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla LO 1/2013* ja *Vesiväylätutkimusten yleisohjeet LO 18/2013* sekä muissa Liikenneviraston suunnitteluohjeissa ja oppaissa.

## 7.2 Esiselvitysvaiheen pohjatutkimukset

Hankkeen esiselvitysvaiheessa on selvitettävä alueen pohjasuhteet siinä laajuudessa, että suunnitelmaratkaisujen toteuttamiskelpoisuutta voidaan arvioida.

Mikäli hankkeen alueelta ei ole saavissa riittävästi olemassa olevia tutkimustuloksia tai muuta maa- ja kallioperätietoa, on tehtävä uusia pohjatutkimuksia. Pohjatutkimusten toteuttamisessa sovelletaan tällöin alla olevia yleissuunnitteluvaiheen pohjatutkimuksen ohjeita ja tutkimukset usein on tarkoituksenmukaista toteuttaa suurelta osin geofysikaalisilla menetelmillä.

## 7.3 Yleissuunnittelu

### 7.3.1 Vaihtoehtotarkastelut

Yleissuunnitteluvaiheessa tulee olla käytettävissä riittävät pohjasuhdetiedot suunnitelman toteuttavuuden arviointia sekä vaihtoehtojen luotettavaa vertailua varten.

Vaihtoehtotarkasteluja varten tiedot pohjasuhteista perustetaan:

- maasto- ja karttatarkasteluun
- maaperäkarta-aineistoon
- rakennusgeologiseen kartoitukseen osana maastokäyntiä
- vanhoihin tutkimustuloksiin
- hankkeessa toteutettaviin uusiin pohjatutkimuksiin

Mikäli vanhoja tutkimustuloksia ei ole riittävästi käytettävissä tai pohjaolosuhteita ei voida riittävän luotettavasti arvioida, tulee tehdä uusia pohjatutkimuksia. Edustavilla pistemäisillä tutkimuksilla pyritään selvittämään kunkin geologisen muodostuman pohjasuhteet ja laajuus. Geologisella muodostumalla tarkoitetaan tässä esimerkiksi saviallasta, suota, joki uomaa tai mäkeä, jonka poikki väylän linja kulkee.

Kairauksiin ja näytteisiin perustuvien tutkimusten lisäksi geofysikaalisilla menetelmillä voidaan hankkia alustavaa pohjatutkimustietoa kuten:

- maatulvaluotaus: karkearakeisen kerrostuman paksuus/kalliopinnan taso, turvekerroksen paksuus
- maavastuluotaus: pehmeikön paksuus ja ominaisuuksien vaihtelu
- refraktioseisminen luotaus: kallionpinnan asema paksujen karkearakeisten kerrosten alla (esim. tunneleiden suunnittelu)

Pohjatutkimustiedon tulee kuitenkin olla niin kattavaa, että vaihtoehtojen tarkasteluvaiheessa kyetään tunnistamaan myös ympäristövaikutukset, jotka liittyvät:

- alueelliseen vakavuuteen
- pohjaveteen
- tien tai radan alittavien väylien pohjavedenhallintaan
- tärinään
- happamaan sulfaattimaahan.

### 7.3.2 Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelmaa (tai toimenpide- ja aluevarausuunnitelmaa) varten valitusta vaihtoehdosta hankitaan pohjasuhdetiedot, joiden tulee kattaa koko suunniteltava kohde.

Pohjasuhdetiedot perustuvat olemassa oleviin aineistoihin ja tehtäviin pohjatutkimuksiin:

- Olemassa olevien liikenneväylien suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä tallennettu aineisto
- Vaihtoehtoisten linjausten ja ratkaisujen vertailun yhteydessä koottu aineisto ja tehdyt analyysit
- Valittua vaihtoehtoa varten tehtävät pohjatutkimukset

Liitteessä 8 on annettu ohjeistusta yleissuunnitelmaa varten tarvittavien pohjatutkimusten tavoitteista, kattavuudesta sekä yksityiskohtaisuudesta. Kairauksilla tehtävien pohjatutkimusten määräsuositukset on esitetty taulukossa 14. Geofysikaalisilla luotauksilla voidaan harventaa sekä kohdentaa kairauksia.

Taulukko 14. Kairauksilla tehtävien kenttätutkimusten määrät yleissuunnitelmassa

Kohde	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuspisteiden väli linjan pituussuunnassa <sup>(1)</sup>		Tutkimuspisteiden lukumäärä / poikkileikkaus <sup>(2)</sup>
		Pienipiirteinen pohjamaa	Homogeeninen pohjamaa	
Pehmeikkö	Maakerrokset, leikkauslujuus	40 m	80 m	1...2 kpl
Kantava pohjamaa	Maalaji, routivuus	60 m	120 m	1...2 kpl
Penger	Pohjamaan lujuus	60 m	120 m	1...2 kpl
Leikkaus	Pohjamaan routivuus, pohjavesi, kalliopinta	40 m	80 m	1...2 kpl
Siltapaikat <sup>(4)</sup>	Maakerrokset, lujuus, pohjavesi, kalliopinta			1...2 kpl / tukilinja <sup>(3)</sup>
Muut taitorakenteet	Maakerrokset, pohjavesi, kalliopinta	40 m		1...2 kpl
Tunnelit	Kalliopinnan korkeusasema, pohjavesi	Tutkimukset kohdistetaan maapeitteisiin painanteisiin. Pisteväli tapauskohtaisesti kalliopinnan topografian mukaan, 1 seisminen linja / tunneli. Tarvittaessa tehdään myös kallion laadullisia tutkimuksia.		



- (1) Tapauskohtaisesti tutkimuspisteväliä tihennetään, kun pohjasuhteet muuttuvat erittäin pienipiirteiseksi tai harvennetaan, jos olosuhteet muuttuvat hyvin homogeenisiksi
- (2) Tutkimuspisteiden lukumäärä riippuu suunniteltavan väylän leveydestä sekä väylän tasausviivan (tsv) tai korkeusviivan (kv) suhteesta luonnolliseen maanpintaan nähden
- (3) Tukilinjalla tarkoitetaan tässä siltaluonnoksen tai vastaavan tiedon perusteella määritettyjä alustavia tukien kohtia
- (4) Vesiväylien taitorakenteiden, kuten laiturit, lossipaikat, merimerkit tutkitaan kuten siltojen välituet.

Radan yleissuunnitelmassa voidaan noudattaa soveltuvin osin taulukon 14 määriä. Määrissä tulee kuitenkin huomioida nykyisen radan viereen rakentamiseen liittyvät erityispiirteet ja vaatimukset.

Hankkeen geoteknisten ympäristövaikutusten selvittämiseksi tarvittava tutkimusmäärä ohjelmoidaan aina tapauskohtaisesti. Tutkimusten tulee olla kattavuudeltaan ja yksityiskohtaisuudeltaan riittäviä, jotta vaikutukset ympäristöön voidaan arvioida ja niiden vaikutus suunnitelmaratkaisuun määritellä.

## 7.4 Tie- / ratasuunnitelma

### Tutkimusten tavoitteet

Tie- ja ratasuunnitelmavaiheessa selvitetään pohjasuhteet koko hankkeen alueelta. Tällöin otetaan huomioon suunniteltavien väylien linjat ja tasaukset niin, että kaikki rakenteet voidaan suunnitella riittävän yksityiskohtaisesti, vaikka pohjarakenteet ovat rakenteina pääosin alustavasti mitoitettuja. Tutkimuksista saatavien tulosten avulla on voitava vertailla ja suunnitella teknisesti ja taloudellisesti vaihtoehtoisia rakenteita sekä tehdä eri vaihtoehtojen tilantarvevertailua. Edellä mainittujen suunnitelmantavoitteista johdettavien vaatimusten mukaiset tiedot pohjasuhteista edellyttävät yleensä kattavia pohjatutkimuksia jo tässä suunnitteluvaiheessa.

### Suosittelvat tutkimusmäärät

Väylien ja rakenteiden suunnittelussa tarvittavat pohjamaan ominaisuudet sekä niiden tutkimisessa käytettävät menetelmät on esitetty luvussa 6. Taulukossa 15 on esitetty suositellut tutkimusmäärät erilaisissa pohjaolosuhteissa ja kohteissa.

Taulukko 15. Pohjatutkimusten tavoitteet ja määrät tie- / ratasuunnitelmassa

Kohde	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuspisteiden väli linjan pituussuunnassa <sup>(1)</sup>	Tutkimuspisteiden lukumäärä ja pistevälin maksimiarvo poikkileikkauksessa <sup>(2)</sup>
<b>Pohjaolosuhteet linjalla</b>			
Pehmeikkö	Maakerrokset, leikkauslujuus, painuma-ominaisuudet	20...40 m	2...5 kpl 25 m
Kantava pohjamaa	Maalaji, routivuus	20...40 m	2...3 kpl 25 m
Penger	Pohjamaan lujuus	20...40 m	1...3 kpl 25 m
Maaleikkaus	Pohjamaan routivuus, pohjavesi, kalliopinta	20...40 m	2...5 kpl 25 m
Kallioleikkaus	Kalliopinta, kallion laatu	20...40 m	2...3 kpl 25 m
<b>Rakenteiden tutkimukset</b>			
Pohjarakenteet	Rakenteen rajakohdat <sup>(3)</sup> , suunnittelu-parametrit <sup>(4)</sup>	10...20 m	2...5 kpl
Siltapaikat ja muut taitorakenteet	Maakerrokset, pohjavesi, kalliopinta		2...4 kpl / tukilinja
Rummut (nykyinen tie tai rata)	Maakerrokset, täytön alapinta, kivisyys, kalliopinta		2...3 kpl / rumpu
Nykyiset rakenteet ja penkereet <sup>(5)</sup>	Päällysrakenne, perustamistapa	20...100 m	1...3 kpl
Nykyisen radan routatutkimukset <sup>(6)</sup>	Routivan yläpinnan selvittäminen	80...150 m	
<b>Erikoistutkimukset</b>			
Betoni- ja teräsrakenteet	Maaperän aggressiivisuus, korroosio	1...2 kpl / kohde	
Syvästabilointi	Stabiloituvuus	1...3 kpl / kohde	
Kaivu- ja leikkausmassat	Sulfidisavet	1...2 kpl / kohde	

Tunnelit			
Kalliokaton paksuus tunnelilinjalla	Kalliopinnan korkeusasema painanteissa	Pisteväli $\leq$ kalliokaton paksuus	3...5 kpl 5 m
Kallion laatu <sup>(7)</sup>	Kallionäytekairaukset arvioitujen heikkousvyöhykkeiden ja tunnelin suuaukkojen kohdilla		

- 1) Tutkimuspisteväliä tihennetään, kun pohjasuhteet muuttuvat pienipiirteiseksi sekä rakenteiden kohdalla suunniteltavan rakenteen mukaan. Vastaavasti tutkimusväliä voidaan harventaa, jos olosuhteet muuttuvat hyvin homogeenisiksi.
- 2) Tutkimuspisteväliä tihennetään, kun pohjasuhteet tai topografia muuttuu tielinjan poikkisuunnassa. Tutkimuspisteiden tulee kattaa koko suunniteltava poikkileikkaus, jonka lisäksi otetaan huomioon ympäristövaikutusten selvittäminen.
- 3) Tutkimuspisteitä voidaan vähentää, jos rajakohta voidaan tarkentaa rakennustyön aikana.
- 4) Käytetään luvun 6 mukaista rakenteelle soveltuvaa tutkimusmenetelmää.
- 5) Nykyinen päällysrakenne ja pengeri tutkitaan, kun sen rakenteella tai perustamistavalla on vaikutusta uuden suunnitelman toteuttamiseen.
- 6) Nykyisen radan routatutkimukset kohdennetaan maatulokaluotauksen avulla luvun 5.2.8 mukaan
- 7) Tarvittaessa kallion jännitystilamittaukset ja lujuusominaisuuksien määritykset esitetään tutkimusohjelmassa

Maaperän ominaisuudet voivat vaihdella pienipiirteisesti siten, että geologiselle muodostumalle ei voida määrittää maamekaanisia ominaisuuksia vain 1...2 pisteessä tehdyllä tutkimuksella. Seuraavien ominaisuuksien selvittäminen edellyttää aina muodostuma- tai rakennekohtaisesti vähintään 3...5 tutkimuspisteessä tehtyä maan ominaisuuksien määrittämistä ko. rakennusosan mukaisella tutkimusmenetelmällä kaikista rakenteen mitoittamisen kannalta merkityksellisistä kerroksista:

- alueellinen vakavuus
- rakenteen kokonaisvakavuus
- pohjamaan painumaominaisuudet maanvaraisilla rakenteilla pehmeikölle suunniteltaessa
- syvästabilointi

#### Geotekniset ympäristövaikutukset

Geoteknisten ympäristövaikutusten selvittämiseksi tarvittava tutkimusmäärä määritellään aina tapauskohtaisesti. Tutkimusten tulee olla kattavuudeltaan ja yksityiskohtaisuudeltaan riittäviä, jotta vaikutukset voidaan luotettavasti selvittää rakennussuunnitelmaa vastaavalla yksityiskohtaisuudella. Erityistä huomiota tulee kiinnittää pohjavedenpinnan alapuolelle sijoittuviin rakenteisiin ja leikkauksiin (pohjaveden hallinta, suotautuminen).

### Kiviainestutkimukset

Kiviaineksen ottopaikoilla sekä merkittävässä leikkauksissa, joista saatavaa materiaalia suunnitellaan hyödynnettäväksi rakennuskiviaineksena, tehdään riittävät tutkimukset kiviaineksen määrän ja laadun selvittämiseksi. Tutkimukset sisältävät:

- Rakennusgeologinen kartoitus potentiaalisista muodostumista, näytteenotto-suunnitelman laatiminen
- Kairaukset, näytteenotto ja laboratoriotutkimukset osana geoteknisiä tutkimuksia
- Koekuoppatutkimukset ja näytteenotto maaleikkauksista vähintään 2–3 pisteestä muodostumaa kohti
- Pintanäytteenotto avokallioista vähintään 1...3 pisteestä muodostumaa kohti
- Petrografinen analyysi (SFS-EN 932-3) otetuille näytteille

Sitomattomien kiviainesten tutkimus tehdään Los Angeles-kokeella standardin SFS-EN 1097-2 mukaan ja muut ominaisuudet InfraRYL 2010 esitetyillä menetelmillä. Asfalttikiviainesten testaus kuulamylytestillä SFS-EN 1097-2 sekä muut mekaaniset vaatimukset Asfalttinormin 2011 mukaan.

## 7.5 Tie- ja ratasuunnitelman täydentäminen

Täydentämisvaiheessa tehtävät tutkimukset palvelevat hankkeen valmistelua (ST, elinkaari, allianssi). Tämän vaiheen pohjatutkimukset tehdään kuten rakennus-suunnitelmaa laadittaessa kappaleen 7.6 mukaan.

Suunnitelmissa tulee ottaa huomioon myös potentiaalisten vaihtoehtojen perustustavat. Tutkimukset ohjelmoidaan niin, että myös vaihtoehtoisen perustamistavan mukainen rakenne voidaan suunnitella riittävän luotettavasti.

## 7.6 Rakennus-/rakentamissuunnitelma

Rakennus-/rakentamissuunnitelmaa varten tehdään pohjatutkimukset niin kattavasti, että kaikki pohja- ja taitorakenteet sekä maa- ja päällysrakenteet voidaan suunnitella ja mitoittaa yksityiskohtaisesti.

Rakenteiden suunnittelussa tarvittavat pohjamaan ominaisuudet sekä niiden tutkimisessa käytettävät menetelmät on esitetty luvussa 6. Taulukossa 16 on esitetty ohjeellisia tutkimusmääriä erilaisissa pohjaolosuhteissa ja kohteissa.

Taulukko 16. Pohjatutkimusten tavoitteet ja määrät ja rakennus-/rakentamissuunnitelmassa

Kohde	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuspisteiden väli linjan pituus-suunnassa <sup>(1)</sup>	Tutkimuspisteiden lukumäärä ja pistevälin maksimiarvo poikkileikkauksessa <sup>(2)</sup>
<b>Pohjaolosuhteet linjalla</b>			
Tutkimukset kaikissa olosuhteissa	Maakerrokset, pohjamaan lujuus- ja painumaominaisuudet, routivuus, pohjavesi, kalliopinta	20 m	2...5 kpl 25 m
<b>Rakenteiden tutkimukset</b>			
Pohjarakenteet	Rakenteen rajakohdat <sup>(3)</sup> , suunnittelu-parametrit <sup>(4)</sup>	10...20 m	2...5 kpl
Siltapaikat <sup>(5)</sup>	Maakerrokset, pohjavesi, kalliopinta		2...5 kpl / tukilinja
Rummut (nykyinen tie tai rata)	Maakerrokset, täytön alapinta, kivisyys, kalliopinta		2...4 kpl / rumpu
Nykyiset rakenteet ja penkereet <sup>(6)</sup>	Päällysrakenne, perustamistapa	20...40 m	1...3 kpl
<b>Erikoistutkimukset</b>			
Teräs- ja betonirakenteet	Maaperän ja kallioperän <sup>(7)</sup> aggressiivisuus, korroosio	2...3 kpl / kohde	
Syvästabilointi	Stabiloituvuus	2...3 kpl / kohde	
Kaivu- ja leikkausmassat	Sulfidisavet	2...3 kpl / kohde	
<b>Tunnelit</b>			
Tunnelin otsan tarkka sijainti	Kalliopinnan korkeusasema	Pisteväli ≤ kalliokaton paksuus	3...5 kpl 5 m

(1) Tutkimuspisteväliä tihennetään, kun pohjasuhteet muuttuvat pieni-piirteiseksi sekä rakenteiden kohdalla suunniteltavan rakenteen mukaan. Vastaavasti tutkimusväliä voidaan harventaa, jos olosuhteet muuttuvat hyvin homogeenisiksi.

- (2) Tutkimuspisteväliä tihennetään, kun pohjasuhteet tai topografia muuttuu tielinjan poikkisuunnassa. Tutkimuspisteiden tulee kattaa koko suunniteltava poikkileikkaus, jonka lisäksi otetaan huomioon ympäristövaikutusten selvittäminen.
- (3) Tutkimuspisteitä voidaan vähentää, jos rajakohta voidaan tarkentaa rakennustyön aikana.
- (4) Käytetään luvun 6 mukaista rakenteelle soveltuvaa tutkimusmenetelmää.
- (5) Pohjatutkimusten vähimmäislaajuus liitteen 10 mukaan.
- (6) Nykyinen päällysrakenne ja pengeri tutkitaan, kun sen rakenteella tai perustamistavalla on vaikutusta uuden suunnitelman toteuttamiseen.
- (7) Tunnelit: kalliopohjavesinäytteenotto ympäristön rasisluokan määrittämiseksi

Rakennus-/rakentamissuunnitelmaa varten tehtävien tutkimusten suunnittelun yhteydessä tulee tarkistaa, että edellisessä suunnitteluvaiheessa on tehty riittävän kattavat ja yksityiskohtaiset geoteknisten ympäristövaikutusten tutkimukset. Erityistä huomiota tulee kiinnittää pohjavedenpinnan alapuolelle sijoittuviin rakenteisiin ja leikkauksiin (pohjaveden hallinta, suotautuminen). Tehtyjen tutkimusten tulee vastata vähintään kappaleessa 7.4 Tie- ja ratasuunnitelma esitettyä tasoa.

Siltojen rakennussuunnitelmaa varten tarvittavien pohjatutkimusten vähimmäislaajuus on esitetty tarkemmin liitteessä 10.

Väylien rakenteiden edellyttämien kaivantojen pohjatutkimusten ohjelmoinnissa ja toteuttamisessa noudatetaan soveltuvien osin Kaivanto-ohjeen RIL 263-2014 taulukkoa 2.1 (Kaivannon vaativuusluokitus) ja lukua 3.4 (Pohjatutkimukset kaivannon vaativuusluokittain).

Kiviaineksen ottopaikoilla ja leikkauskohteissa tehtyjen tutkimusten määrä tarkistetaan siten, että tutkimusten yksityiskohtaisuus ja kattavuus vastaavat vähintään kappaleessa 7.4 esitettyjä.

Kiviaineksen oton kannalta merkittävässä leikkauksissa tehtäviä tutkimuksia tihennetään seuraavasti:

- Näytteenotto tai koekuoppatutkimus 60 m välein tien pituussuunnassa
- Pintanäytteenotto avokalliosta
- Petrografinen analyysi (SFS-EN 932-3) otetuille näytteille

Sitomattomien kiviainesten tutkimus tehdään Los Angeles-kokeella standardin SFS-EN 1097-2 mukaan ja muut ominaisuudet InfraRYL 2010 esitetyillä menetelmillä. Asfalttikiviainesten testaus kuulamylyttestillä SFS-EN 1097-2 sekä muut mekaaniset vaatimukset Asfalttinormin 2011 mukaan.

## 7.7 Rakentaminen

Osa nykyisellä väylällä, erityisesti radalla, tehtävistä tutkimuksista voi jäädä esimerkiksi käytettävissä olevien lyhyiden liikennekatkojen tai maasto-olosuhteiden takia vasta rakentamistyön aikana tehtäviksi. Nämä täydennystutkimukset ohjelmoidaan suunnitteluvaiheessa ja liitetään osaksi rakennussuunnitelmaa. Tutkimukset voidaan toteuttaa erikseen tai osana rakennusurakkaa. Myös rumpupaikkojen alituspaikkatutkimuksissa saatetaan tehdä täydennyksiä rakentamistyön aikana oikean radan alitustekniikan (poraus / tunkkaus) varmentamiseksi.

Rakenteiden toteuttamiseen ja niiden toimivuuden varmistamiseen liittyvät seuranta- ja laadunvalvontamittaukset tehdään InfraRYL:n ja sitä tarkentavan erillisen hanket- tai kohdekohtaisen suunnitelman mukaisesti.

Tutkimusten ja mittausten menetelmien ja määrien tulee täyttää rakennetta koskevissa suunnitteluohjeissa ja rakennussuunnitelmassa esitetyt vaatimukset.

## 8 Raportointi ja tulosten tulkinta

### 8.1 Yleistä

Pohjatutkimuksen tulokset luovutetaan toimeksiantajalle **Pohjatutkimusraporttina**, joka koostuu yhdestä tai useammasta **Pohjatutkimustöiden työraportista** ja siihen liitettyistä tutkimusten tuloksista sekä tulosten arvioinnista. Pohjatutkimusraportti voi myös olla osa geoteknistä suunnitteluraporttia.

Pohjatutkimustöiden työraportissa esitetään kenttä- ja laboratoriotutkimusten ja mittausten tulosten lisäksi raportti työn suorittamisesta. Mikäli hankkeeseen sisältyy useita pohjatutkimusohjelmia tai projekti on niin pitkäkestoinen, että tuloksia toimitetaan useammassa vaiheessa, on yleensä tarkoituksenmukaista jakaa projektin raportointi useampaan osaan. Pohjatutkimusraportin ja Pohjatutkimustöiden työraportin sisältö ja sisältörunko on esittely kappaleissa 8.4 ja 8.5. Malliraportit on esitetty liitteissä 2 ja 3.

### 8.2 Infra - pohjatutkimusformaatti ja tietomalli

Tutkimusten ja mittausten tulokset luovutetaan sähköisessä muodossa. Tulosten siirtoon ja arkistointiin käytetään Infra – pohjatutkimusformaattia (SGY). Jotta tutkimuksen tai mittauksen kulku ja siihen vaikuttaneet tekijät voidaan jäljittää, on sijainti- ja tunnistetiedot esitettävä täydellisinä. Tulostiedostossa vaaditut kentät on esitetty Liikenneviraston ohjekirjeessä *Pohjatutkimusten arkistointi, 5.1.2012*. Infra – pohjatutkimusformaatin uusin versio on ladattavissa Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen verkkosivuilta (<http://www.sgy.fi>). Liitteessä 11 on esitetty Infra-pohjatutkimusformaatin käyttöesimerkkejä.

Tutkimusten täydentävät tiedot toimitetaan erillisinä tutkimuspistekohtaisina liitteinä (laboratoriolomakkeet, putkikortit, koekuoppakortit, ym.). Ne tutkimustulokset, joita ei voida esittää Infra – pohjatutkimusformaattissa toimitetaan tutkimusraportteina.

Liikenneviraston vaatimuksena on, että infrahankkeet suunnitellaan mallintamalla. Hankkeen lähtötiedot dokumentoidaan jatkokäyttöä varten lähtötietomallissa. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset kuuluvat olennaisena osana lähtötietoihin joten myös ne kaikkine liite- ja metatietoineen tulee liittää lähtötietomalliin. Pohjatutkija on velvollinen toimittamaan kaikki tarvittavat tiedot suunnittelukonsultille, joka vastaa lähtötietomallin kokoamisesta. Lähtötietomallin vaatimukset on määritetty ohjeessa *Yleiset inframallivaatimukset, YIV 2014, Osa 3.0 Lähtötiedot*.



## 8.3 Maa- ja kallioperän luokittelu

### 8.3.1 Maaperän luokittelu

Maaperän kuvaukseen käytetään toistaiseksi geoteknistä maalajiluokitusta (GEO-luokitus), jonka sisältö on esitetty VTT:n geotekniikan laboratorion tiedonannossa 14 *Geotekninen maalajiluokitus* (Korhonen et.al. 1974). Täydentäviä ohjeita on esitetty julkaisussa *RIL 121–2004 Pohjarakennusohjeet*. Toimeksiantajan päätöksellä voidaan käyttää myös ISO-maalajiluokitusta, standardeja *SFS-EN ISO 14688-1 Geotekninen tutkimus ja koestus. Maan tunnistaminen ja luokitus. Osa 1: Tunnistaminen ja kuvaus sekä SFS-EN ISO 14689 ISO-maaluokituksen soveltamisohje Suomessa, SGY 4.4.2012*.

Geoteknisen maalajiluokituksen lisäksi tiesuunnitelmassa ja rakennussuunnitelmassa on esitettävä tien päällysrakenteen alle jäävän pohjamaan ja maaleikkausmassojen luokitus ohjeen *Tierakenteen suunnittelu TIEH 2100029-04* mukaisesti.

Radan osalla nykyisen raiteen routimattomien kerrosten kokonaispaksuus arvioidaan routatutkimusten ja maatulkuutausten perusteella.

### 8.3.2 Kallioperän kuvaus

Kallioperän kuvaukseen käytetään rakennusgeologista kallioluokitusta, jonka sisältö on esitetty VTT:n geotekniikan laboratorion tiedonannossa 12 *Rakennusalan kallioluokitus* (Korhonen et.al. 1974) ja käsikirjassa *RIL 154-I Tunneli- ja kalliorakennus I* (RIL 1987).

Täydentävänä kuvauksena voidaan käyttää Q-luokitusta (*RIL 154-I Tunneli- ja kalliorakennus I*) ja soveltuvien osin standardia *SFS-EN ISO 14689-1 Geotekninen tutkimus ja koestus. Kallion tunnistaminen ja luokitus. Osa 1: Tunnistaminen ja kuvaus*.

Kallion rakennetta kuvattaessa on pyrittävä esittämään kalliosta suunniteltavan rakenteen kannalta olennaiset seikat, jotka liittyvät yleensä:

- kiven lujuuteen
- kallion rikkonaisuuteen, rakoiluun ja rapautuneisuuteen
- heikkousvyöhykkeiden esiintymiseen ja ominaisuuksiin
- sekä tarvittaessa kallion jännitystilaan.

Kuvausta laadittaessa on pyrittävä ottamaan huomioon suunniteltavan rakenteen kannalta merkitykselliset kallion ominaisuudet. Täydentäviä ohjeita on esitetty julkaisussa *RIL 121–2004 Pohjarakennusohjeet*.

Yksityiskohtaiseen kallion rakenteen kuvauksen lähtötietoina tarvitaan kallionäytekairauksia tai vähintään maapeitteen poistamista kallion päältä. Mikäli kalliosta ei ole mahdollista saada tarvittavia tietoja, kirjataan lähtötietojen puuttuminen pohjatutkimusraporttiin ja todetaan myöhemmässä hankkeen suunnitteluvaiheessa tarvittavat lisätutkimukset.

## 8.4 Pohjatutkimustöiden työraportti

Pohjatutkimusten työraportti palvelee tutkimusten kulun ja sen aikana tehtyjen tutkimuksiin liittyvien havaintojen tiedonsiirto- ja arkistointivälineenä suunnittelijalle ja tilaajalle. Näin kaikki tieto on myös seuraavien vaiheiden suunnittelijoiden käytössä.

Pohjatutkimustöiden työraportin laatimisesta vastaa pohjatutkimuskonsultin vastaava asiantuntija. Raportin laadinnassa ja tulosten tulkinnassa sovelletaan standardissa *SFS-EN 1997-2: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimukset ja koestus* esitettyjä ohjeita. Väylähankkeen pohjatutkimustöiden työraportissa on esitettävä vähintään alla luetellut tiedot tutkimustöiden suorittamisesta.

Pohjatutkimustöiden työraportin sisältörunko:

1. Yleistiedot:
  - Projektin virallinen nimi ja sijainti
  - Työ- tai projektinnumero
  - Toimeksiantaja
  - Pohjatutkimuskonsultti ja mahdollisten alikonsultit
  - Raporttiin sisältyvät tutkimusohjelmat
2. Työn vastuuhenkilöt ja heidän vastuualueet:
  - Pohjatutkimuskonsultin vastuuhenkilö yhteystietoineen
  - Vastaavat asiantuntijat yhteystietoineen ja heidän vastuualueensa
  - Vastuulliset käyttäjät yhteystietoineen sekä heistä kairauspöytäkirjoissa ja sähköisissä tulostiedoissa käytetyt tunnisteet
3. Tiedot käytetyistä laitteistoista:
  - Laitteiden merkki, malli ja numero
  - Laitteista käytetyt tunnisteet tutkimuspöytäkirjoissa ja tulostiedoissa
  - Tiedot laitteiden tarkastuksista ja kalibroinneista
  - Menetelmäohjeissa koetulosten raportoinnissa edellytetyt tiedot, jotka eivät käy ilmi koetulospöytäkirjoista
4. Tiedot kairausten ja kokeiden tekemisestä:
  - Hankkeen aikana vallinneet sääolosuhteet
  - Paineellisen pohjaveden esiintyminen
  - Pöytäkirjatkairusreikien täyttämistä, jos se on vaadittu tai ollut tarpeen
  - Kaikki pohjatutkimusohjelmaan sekä esitettyyn aineistoon tehdyt korjaukset ja muutokset
  - Kaikki aineistoa koskevat rajoitukset (esim. merkityksettömät, riittämättömät, epätarkat tai ristiriitaiset koetulokset)
  - Poikkeamat voimassa olevista menetelmäohjeista
5. Mittaukset sekä kaapeli ja muut näytöt:
  - Mittausten tekijät
  - Käytetyt kiintopisteet
  - Näytön päivämäärä ja näytön antaja
6. Työtä varten haetut luvat ja pidetyt katselmuksel:
  - Liikenne
  - Maanomistajat
  - Johdot ja kaapelit

7. Käytetyt liikennejärjestelyt:
  - Hyväksytyt työnaikaiset liikennejärjestelyt
8. Tutkimustyön aikaiset vahingot:
  - Kolmansille osapuolille aiheutettujen haittojen ja vahinkojen vahinkoilmoitukset
  - Ympäristövahingot
9. Yhteenveto tehdyistä tutkimuksista
10. Tiedot tutkimusaineiston säilytyksestä ja luovutuksesta:
  - Missä alkuperäinen aineisto säilytetään (tulokset, näytteet, ym. materiaali)
  - Kenelle aineisto on luovutettu ja milloin

Pohjatutkimuksen työraportin liitteissä esitetään koekuoppatutkimuspiirustukset, pohjavesiputkikortit, seurantamittauslaitteiden (inklinometri, huokospaine, painumalevy yms.) asennustiedot sekä kaivokortit. Kairaus- ja näytteenottopöytäkirjojen sekä seurantamittaustulosten liittämistä pohjatutkimuksen työraporttiin sovitaan hankekohtaisesti.

## 8.5 Pohjatutkimusraportti

Pohjatutkimusraportti toimii tehtyjen tutkimusten yhteenvetona, tiedonsiirto- ja arkistointivälineenä tilaajalle ja muille suunnittelijoille. Näin kaikki tieto on kootusti myös seuraavien vaiheiden suunnittelijoiden käytössä.

Pohjatutkimusraportti perustuu pohjatutkimustöiden yhteen tai useampaan työraporttiin. Raportin laadinnassa ja tulosten tulkinnassa sovelletaan standardia *SFS-EN 1997-2: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimukset ja koestus* yhdessä tämän ohjeen kanssa

Pohjatutkimusraportissa esitetään arvio pohjatutkimusohjelman tavoitteiden saavuttamisesta. Mikäli tavoitteita ei ole saavutettu, esitetään alustava arvio ja tulkinta puutteiden merkityksestä ja mahdollisista riskeistä, joka syntyy puutteellisista tiedoista. Silloin kun pohjatutkimusraportti joudutaan laatimaan ennen varsinaista suunnittelua, on riskiarvio vain suuntaa antava. Tutkimusten tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan esittää myös lisätutkimuksia.

Pohjatutkimusraportin laadinnasta vastaa hankkeen geosuunnittelija.

Pohjatutkimusraportin sisältörunko rakentuu seuraavien tietojen esittämisestä:

- 1) Yleistiedot:
  - Toimeksiantaja
  - Pohjatutkimuskonsultti ja käytetyt ali- tai sivukonsultit
  - Työ- tai projektinumero
  - Projektin virallinen nimi, sijainti ja yleiskuvaus
- 2) Työn vastuuhenkilöt ja heidän vastualueet:
  - Hankkeen vastaava geosuunnittelija yhteystietoineen
  - Pohjatutkimuksista vastaavat asiantuntijat yhteystietoineen ja heidän vastualueensa

- 3) Tiedot tutkimuksen tuloksien kuvauksissa ja tulosten tulkinnoissa käytetyistä menetelmistä ja luokituksista
  - Pohjatutkimukset
  - Tehdyt tutkimukset
  - Pohjatutkimustulokset
- 4) Arviointi pohjatutkimusohjelman tavoitteiden saavuttamisesta
- 5) Alustava arvio pohjatutkimustiedon puutteista ja niistä mahdollisesti muodostuvista riskeistä
- 6) Esitys mahdollisista täydentävistä tutkimuksista seuraavassa suunnittelu-  
vaiheessa

Standardista SFS-EN 1997-2 poiketen Pohjatutkimusraportissa ei esitetä geotekniseen suunnitteluun kuuluvia asioita, kuten esimerkiksi esitystä rakenteiden perustamistavaksi tai maan geoteknisiä mitoitusparametreja.

## Kirjallisuusluettelo

Asfalttinormit 2011. Päällystealan neuvottelukunta PANK ry. Helsinki 2011.

Björklöf, K. & Lepistö, J. & Schultz, E. & Uljas, J. & Westerholm, H. 2014. Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa. Ympäristöopas 2014. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

Haavisto-Hyvärinen, M. & Kutvonen, H. 2007. Maaperäkartan käyttöopas. verkkoversio: [weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/](http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/). GTK. Espoo.

InfraRYL2010, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, RYL, Osa 1 Väylät ja alueet.

InfraRYL2006, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, RYL, Osa 3, Sillat ja rakennustekniset osat.

Korhonen, K-H. & Gardemeister, R. 1971. Maalajien kaivuluokitus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, geotekniikan laboratorio. Tiedonanto 1.

Korhonen, K-H. 1974. Rakennusalan kallioluokitus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, geotekniikan laboratorio. Tiedonanto 12.

Korhonen, K-H. & Gardemeister, R. & Tammirinne, M. 1974. Geotekninen maalajiluokitus, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, geotekniikan laboratorio. Tiedonanto 14.

Gardemeister, R. 1976. Rakennusgeologisen kallioluokituksen soveltaminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, geotekniikan laboratorio. Tiedonanto 25.

Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet. Liikenneviraston ohjeita 23/2011. Liikennevirasto. Helsinki 2011.

Nuorteva, J. 1988. Akustisilla luotausmenetelmillä saatu kuva merenpohjan kvartaärikerrostumista. GTK. Espoo.

Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2014. Liikennevirasto. Helsinki 2014.

Peltoniemi, M. 1988. Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät. Otakustantamo. Espoo.

Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014. Ympäristöministeriö. Helsinki 2014.

Pohjaveden hallinta alikulkupaikoilla. Geotekniikan käsikirja. Liikenneviraston oppaita 1/2013. Liikennevirasto. Helsinki 2013.

Pohjavesitilanteen tarkastelu alikulkusiltapaikoilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2011. Liikennevirasto. Helsinki 2011.

---

Radanpidon ympäristöohje. Liikenneviraston ohjeita 22/2013. Helsinki 2013.

Rakennustietosäätiö RTS. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL 2010 Osa 1: Väylät ja alueet. Rakennustieto Oy. 2010.

RATO 3: Radan rakenne. Liikenneviraston ohjeita 17/2014. Liikennevirasto. Helsinki 2015.

Ratapenkereen stabiliteettiin liittyvät seurantamittaukset ja niiden prosessointi. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 40/2010. Liikennevirasto. Helsinki 2010.

Siirtymä- ja huokospainemittausten sekä paalujen koekuormituksen menetelmäkuvaukset. Liikenneviraston ohjeita 6/2011. Liikennevirasto. Helsinki 2011.

Sillan geotekninen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2012. Liikennevirasto. Helsinki 2012.

Saari, M. 2008. Ratojen alusrakenteissa käytettyjen materiaalien routimisherkkyyden tutkimus. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 7/2008. Helsinki.

Soininen, S. Ratojen routaongelmat Suomessa. 2013. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 56/2013. Liikennevirasto. Helsinki.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 1979. Kairausopas III, Maanäytteen ottaminen geoteknillisiä tutkimuksia varten.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 1986. Kairausopas V, Porakonekairaus.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 1980. Kairausopas I, Painokairaus, tärykairaus, heijarikairaus.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 1987. Kairausopas IV, Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 1999. Kairausopas II, Siipikairaus.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 1985. GLO-85 Geotekniset laboratorio-ohjeet, 1. Luokituskokeet, Suomen geoteknillinen yhdistys ry ja Rakentajain Kustannus Oy.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 2001. Kairausopas VI, CPTU / Puristinkairaus ja Puristin – heijarikairaus.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. SGY. 2002. Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 121–2004 Pohjarakennusohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2004.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 1986. RIL 166 Pohjarakenteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 1987. RIL 154-I Tunneli- ja kalliorakennus I. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 254-2011 Paalutusohje PO-2011. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2011.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 261-2013 Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2013.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 263-2014 Kaivanto-ohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2014.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008. SFS-käsikirja 1997-2, Geotekninen tutkimus ja koestus, Osa 2: Maan laboratoriokokeet 2008.

Suomen Vesiyhdistys ry. Pohjavesitutkimusopas, käytännön ohjeita. Suomen Vesiyhdistys ry. Helsinki 2005.

Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje. Tielaitoksen selvityksiä 46/1992. Helsinki 1992.

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje, Liikenneviraston ohjeita 18/2011. Liikennevirasto. Helsinki 2011.

Tien geotekninen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 10/2012. Liikennevirasto. Helsinki 2012.

Tien perustamistavan valinta, Tiegeotekniikan käsikirja. Liikenneviraston oppaita 2/2014. Liikennevirasto. Helsinki 2014.

Tierakenteen suunnittelu *TIEH 2100029-04*. Tiehallinto. Helsinki 2004.

Uudet mittaus- ja tutkimusmenetelmät rakenteen parantamisen suunnittelussa (MISU-projekti). Tielaitoksen selvityksiä 23/1999. Oulu 1999.

Vesiväylätutkimusten yleisohjeet. Liikenneviraston ohjeita 18/2013. Helsinki 2013.

Vähäsarja, P. 1971. Karttatulkintaopas.





## Pohjatutkimus- ja laboratoriokoestandardien status

Pohjatutkimus- ja laboratoriostandardien ajankohtainen status on esitetty CEN (European Committee for Standardization) teknisen komitean CEN/TC341–Geotechnical Investigation and testing www-sivuilta.

[http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:32:0:::FSP\\_ORG\\_ID,FSP\\_LANG\\_ID:404517,25&cs=1EAC35A9FC2781066316009FDBCCC6AF7](http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:404517,25&cs=1EAC35A9FC2781066316009FDBCCC6AF7)



# Pohjatutkimusraportti, malli

## 1 Yleistiedot

### 1.1 Hankkeen kuvaus

Tämä pohjatutkimusraportti koskee hanketta Mallisolmun eritasoliittymän parantaminen, Mallikaupunki.

Hankkeen toteuttajana on Rannikkoseudun ELY-keskuksen Liikenne- ja infrastruktuurin vastuualue ja hankkeen projektipäällikkönä on toiminut projektipäällikkö N.N.

Hankkeessa parannetaan väylää ja sen ympäristöä kahden olemassa olevan eritasoliittymän välillä. Hanke koostuu seuraavista toimenpiteistä:

- Päätien leventäminen
- Kahden uuden rampin rakentaminen
- Uusien melusteiden rakentaminen
- Kevyen liikenteen verkon kehittäminen
- Kolme uutta siltaa
- Yksi tukimuuri

Rakennussuunnitelma on laadittu vuonna 2012 valmistuneen tiesuunnitelman pohjalta.

Rakennussuunnitelman on laatinut Suunnittelutoimisto Oy jossa hankkeen projektipäällikkönä on toiminut NN. Työn projektinumero on TYÖ99999.

Kaikista tässä raportissa käsiteltävistä kohteista on laadittu kohdekohtaiset geotekniset suunnitelmat sekä työselitykset ja laatuvaatimukset, joissa on annettu ohjeet maa- ja pohjarakennustöiden suorittamisesta.

### 1.2 Työn vastuhenkilöt

Vastuullinen geotekninen suunnittelija on vanhempi suunnittelija N. N. (puhelinnumero, sähköposti) Suunnittelutoimisto Oy:stä.

Tilaaajan geosiantuntija on vanhempi suunnittelija N. N. (puhelinnumero, sähköposti) Tarkastustoimisto Oy:stä.

Hankkeen pohjatutkimuskonsulttina on toiminut Pohjatutkimus Oy, jossa tutkimuksista vastaava henkilö on N.N.

Laboratoriotutkimuksissa alikonsulttina on toiminut Laboratorio Oy.

Pohjatutkimuksen vastuhenkilöt ja asiantuntijat on esitetty liitteenä olevissa pohjatutkimusten työraporteissa.

Siiipikairaus ja Liikenneviraston soveltamisohteet (12.4.2018) koivaa liitteen 2.

## 2 Pohjatutkimukset

### 2.1 Tehdyt tutkimukset

Suunnitelma on laadittu koordinaattijärjestelmässä ETRS-GK25 ja korkeusjärjestelmässä N2000. Suunnitelma perustuu vuonna 2014 mitattuun maastomalliin.

Rakennussuunnitelman lähtökohtana on ollut vuoden 2012 tiesuunnitelmavaiheessa toteutetut pohjatutkimukset sekä vanhan väylän rakennussuunnitelmissa olleet ja digitoidut pohjatutkimukset. Niiden perusteella ennen täydentävien pohjatutkimusten ohjelmointia arvioitiin kohde S2 geotekniseen luokkaan GL1 sekä kohteet S1, S3 ja TM1 geotekniseen luokkaan GL2 kuuluviksi.

Suunnittelualueella on laadittu yhteensä viisi pohjatutkimusohjelmaa, joista seuraavat ovat koskeneet siltapaikkoja tai muita rakenteita:

- Ohjelma 3: Sillat S1 ja S2. Väylien J1 ja J3, rampin E1R1 sekä liittymäalueen kiertoliittymän pohjatutkimukset
- Ohjelma 4: Silta S3. Väylän J2 ja rampin E1R2 tarkentavat pohjatutkimukset
- Ohjelma 5: Tukimuurin TM1 pohjatutkimukset

Kohteiden olemassa olleiden sekä tehtyjen tutkimusten on esitetty kohteiden pohjatutkimusasemapiirustuksissa. Täydentäviä tutkimuksia tehtiin seuraavasti:

#### **S1 Mallisolmun risteyssilta**

Siltapaikalla on tehty neljä porakonekairausta, kahdeksan puristinheijarikairausta ja kaksi siipikairausta. Lisäksi kahdesta tutkimuspisteestä on otettu häiriintyneet maanäytteet, jotka on tutkittu laboratorioissa.

#### **S2 Eteläinen alikulkukäytävä**

Siltapaikalla on tehty neljä porakonekairausta ja kaksi puristinheijarikairausta. Lisäksi yhdestä tutkimuspisteestä on otettu häiriintyneet maanäytteet, jotka on tutkittu laboratorioissa. Näytepisteeseen on asennettu pohjavesipinnan havaintoputki.

#### **S3 Rampin silta**

Siltapaikalla on tehty neljä porakonekairausta, neljä puristinheijarikairausta ja yksi siipikairausta. Kahdesta tutkimuspisteestä on otettu häiriintyneet maanäytteet. Tutkimuspisteistä 1416 syvyyksiltä 1,5, 3,5 ja 6,0 m otetuista näytteistä on selvitetty maakerrosten korroosio-ominaisuudet.

#### **TM1 Tukimuuri**

Tukimuurin kohdalta on tehty kolme porakonekairausta ja viisi puristinheijarikairausta. Lisäksi kahdesta tutkimuspisteestä on otettu häiriintyneet maanäytteet, jotka on tutkittu laboratorioissa.

Pohjatutkimukset on tehty noudattaen Liikenneviraston ohjetta *Geotekniset tutkimukset ja mittaukset*. Pohjatutkijoiden pohjatutkimusohjelmittain laatimat työraportit on esitetty liitteissä 1 ja 2.

Vanhan väylän rakennussuunnitelmien pohjatutkimusten digitoinnista laadittu työraportti on esitetty liitteessä 3.

Siipikairaus ja Liikenneviraston soveltamisohteet (12.4.2016) korvaa liitteen 2.

## 2.2 Pohjatutkimustulokset

### 2.2.1 Maastotutkimukset

Tutkimustulokset on esitetty kohdekohtaisten geoteknisten suunnitelmien pituus- ja poikkileikkauksissa.

Täydentävillä pohjatutkimuksilla on mm. täydennetty paaluperustusten sekä kaivantojen ja penkereiden mitoituksen ja suunnittelun lähtötietoja.

Suunniteltavan eritasoliittymän alueella oleva savikerros koostuu yläosan noin 5...6 m paksusta hyvin pehmeästä / pehmeästä kerroksesta ja sen alapuolisesta hieman lujemmasta kerroksesta. Ylemmän savikerroksen siipikairalla mitattu redusoimaton leikkauslujuus on vaihdellut 5...12 kPa ja alemman 12...19 kPa.

Savikerroksen alla kallion päällä on ohuehko kitkamaakerros, joka koostuu siltti- ja hiekkalajitteista sekä hiekkamoreenista.

Porakonekairauksella varmistetun kalliopinnan korkeusasema on vastannut aiemmin tehtyjen kairausten perusteella arvioitua asemaa.

### 2.2.2 Laboratoriotutkimukset

#### Luokitusominaisuudet

Häiriintyneiden maanäytteiden luokitusominaisuudet on määritetty Maalaboratorio Oy:n laboratorioissa. Kaikista näytteistä on ensin tehty silmämääräinen maalajiarvio ja määritetty vesipitoisuus. Näiden tietojen perusteella on geotekninen suunnittelija valinnut näytteet hienousluvun ja rakeisuuden määrittämistä varten. Jos on ollut epäily eloperäistä aineksesta, on tehty humusmääritys polttamalla.

Tutkimustulokset ilmenevät kohdekohtaisten geoteknisten suunnitelmien pituus- ja poikkileikkauksista sekä rakennussuunnitelmaselostuksesta.

#### Korroosio-ominaisuudet

Siltapaikalta S3 otetuista häiriintyneistä maanäytteistä (kohta 2.1) selvitettiin korroosio-ominaisuudet. Tutkimustodistukset ovat liitteessä. Lisäksi pohjatutkija määrittänyt maanäytteistä normaalit luokitusominaisuudet. Tutkimustulokset on esitetty sillan rakennussuunnitelmaselostuksessa.

## 3 Pohjatutkimusten tavoitteiden saavuttaminen

Pohjatutkimuksilla saavutettiin riittävällä tarkkuudella niille ohjelmointivaiheessa asetetut tavoitteet. Tutkimuksia on määrällisesti ja laadullisesti riittävästi luotettavan pohjarakennussuunnitelman lähtötiedoksi.

Sillan S1 työnaikaisen tuennan osalta tutkimuksia ei tehty tässä suunnitteluvaiheessa liikenteelle aiheutuvan kohtuuttoman haitan vuoksi.

Siipikairaus ja Liikenneviraston soveltamisohjeet (12.4.2018) korvaa liitteen 2.

## 4 Tarvittavat lisätutkimukset

Sillan S1 työnaikaisen tuennan osalta ponttien tunkeutuvuus ja tavoitetaso on varmistettava tutkimuksilla rakennustyön aikana ennen työnaikaisten tukiseinien rakentamista. Täydentävä tutkimusohjelma on esitetty rakennussuunnitelmassa.

### LIITTEET

- |         |   |
|---------|---|
| Liite 1 | Pohjatutkimuksen työraportti, ohjelmat 3 ja 4 |
| Liite 2 | Pohjatutkimuksen työraportti, ohjelma 5       |
| Liite 3 | Pohjatutkimusten digitoinnin työraportti      |

**Siiipikairaus ja Liikenneviraston soveltamisohteet (12.4.2018) korvaa liitteen 2.**

## Pohjatutkimustöiden työraportti, malli

### 1. Yleistiedot:

Projektin nimi ja sijainti:	Mallisolmun eritasoliittymän parantaminen
Työ- tai projektinumero:	TYÖ99999
Toimeksiantaja:	Rannikkoseudun ELY-keskus
Pohjatutkimuskonsultti ja alikonsultit:	Pohjatutkimus Oy, Laboratoriotutkimuksissa alikonsulttina on toiminut Laboratorio Oy
Tutkimusohjelmat:	Ohjelmat 3, 4 ja 5

### 2. Pohjatutkimuskonsultin vastuuhenkilöt ja heidän vastualueet:

Vastuuhenkilö yhteystietoineen:	N. N, s-posti, puh.no
Vastaavat asiantuntijat yhteystietoineen ja heidän vastualueensa:	N. N., s-posti, puh.no
Vastuulliset käyttäjät yhteystietoineen ja käytetyt nimilyhenteet:	N. N, ja O. O. kevytkairaukset ja P. P. porakonekairaukset ja näytteenotto

### 3. Tiedot käytetyistä laitteistoista:

Laitteiden merkki, malli ja numero ja nimilyhenne:	Geotech 607, GM100, Nilcon siipikaira no 100, Trimble R8
Tiedot laitteiden tarkastuksista ja kalibroinneista:	Kaikkien koneiden kalibrointi on tehty 27.2.2015
Menetelmäohjeissa koetulosten raportoinnissa edellytetyt tiedot, jotka eivät käy ilmi koetulos-pöytäkirjoista:	-

## 4. Tiedot kairausten ja kokeiden tekemisestä:

Maastotöiden aikana vallinneet sääolosuhteet:	Mittaukset on tehty 4-8.5.2015 ja kairaukset 6-27.5.2015. Hyvät sääolot, pieniä satunnaisia sadekuuroja, lämpötila päivittäin +8...+15 Co
Paineellisen pohjaveden esiintyminen:	Esiintymät esitetty kairaustuloksissa ja kairauskoosteessa.
Tiedot kairausreikien täyttämistä, jos se on vaadittu tai ollut tarpeen:	ei vaadittu, ei tarvetta
Kaikki pohjatutkimusohjelman sekä esitettyyn aineistoon tehdyt korjaukset ja muutokset:	Joidenkin pisteiden sijaintia muutettu, jotta kairaukset oli mahdollista toteuttaa maastossa. Tehdyt sijaintimuutokset on esitetty liitteen 3 taulukossa, josta käy ilmi muutoksen suuruus, muutoksen syy ja muutoksesta sopimisajankohta sekä se, kenen kanssa muutoksesta on sovittu. Kairauslajeihin tuli joitakin muutoksia johtuen maaperäolosuhteista. Muutokset on esitetty ohjelmittain kairauskoosteessa liitteessä 2.
Kaikki aineistoa koskevat rajoitukset (esim. merkityksettömät, riittämättömät, epätarkat tai ristiriitaiset koetulokset):	Ei rajoituksia
Poikkeamat voimassa olevista menetelmäohjeista:	-

## 5. Mittaukset sekä kaapeli ja muut näytöt:

Mittausten tekijät:	mmtekn. N.N.
Käytetyt kiintopisteet ja koordinaatti-/korkeusjärjestelmät:	Käytetty Liikennevirastolta saatua monikulmiopistettä 98221 ja korkeuskiintopistettä KP00400. Koordinaatisto on; ETRSGK27 ja korkeusjärjestelmä N2000
Näytön päivämäärä, näytön antaja ja kohde:	Kaapeliselvitys pvm, (Ei tarvetta näytölle)

## 6. Työtä varten haetut luvat ja pidetyt katselmuks:

Liikenne:	Ei katselmuksia
Maanomistajat:	Ei katselmuksia
Johdot ja kaapelit:	Ei katselmuksia

## 7. Käytetyt liikennejärjestelyt:

Hyväksytyt työnaikaiset liikennejärjestelyt:	Työnaikainen liikennejärjestelyt rampilla E1R1, ohjelma 3
--	---

## 8. Tutkimustyön aikaiset vahingot:

Kolmansille osapuolille aiheutettujen haittojen ja vahinkojen vahinko-ilmoitukset ja toimenpiteet:	-
Ympäristövahingot ja toimenpiteet:	-



9. Yhteenveto tehdyistä tutkimuksista

Tutkimusten yhteenvetotaulukko:	Kairauskoosteet ohjelmittain, liite 2
---------------------------------	---------------------------------------

10. Tiedot tutkimusaineiston säilytyksestä ja luovutuksesta:

Aineiston säilytys (tulokset, näytteet, ym. materiaali):	Alkuperäiset kairaus- ja näytteenotto-pöytäkirjat sekä putkikortit arkistoidaan Pohjatutkimus Oy:n työnumeron mukaiseen järjestykseen. Niitä säilytetään 10 vuotta työn valmistumisen jälkeen.
Kenelle aineisto on luovutettu ja milloin:	Tutkimukset on luovutettu kolmessa erässä Rannikkoseudun ELY-keskus/N.N. ja Suunnittelutoimisto Oy/N.N.; erä 1 pvm, erä 2 pvm, erä 3 pvm. Tutkimukset on luovutettu Infra Pohjatutkimusformaattissa v2.2. Lisäksi on luovutettu pohjavesiputkikortit excel-muodossa ja laboratoriolomakkeet pdf-muodossa.

Paikka ja aika	Mallikaupunki pvm
----------------	-------------------

Allekirjoittaja	
-----------------	--

- Liite 1 Kaluston kalibrointitaulukko,  
Liite 2 Kairauskooste ohjelmittain  
Liite 3 Pisteiden siirtojen kooste ohjelmittain



## CPTU-kairauskokeen / Sähköisen puristin- kairauskokeen täydentävä suoritusohje

CPTU-kairauskoe, eli huokospaineen mittauksella varustettu sähköinen puristin-kairauskoe, eroaa merkittävästi muista pohjatutkimusmenetelmistä sekä käytettävän laitteiston että työmenetelmien osalta. Mittalaitteen tarkkuuden ja kokeeseen liittyvien virhelähteiden vuoksi CPTU-kairauskoe tulee suorittaa erityistä huolellisuutta noudattaen.

CPTU- kairauskokeessa noudatettavien ohjeiden pätevyysjärjestys:

1. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, Liikennevirasto 2015
2. EN ISO 22476-1:2012 Geotekninen tutkimus ja testaus. Kenttäkokeet. Osa 1: Sähköinen puristinkairauskoe
3. SGY Kairausopas VI, SGY 2001, soveltuvin osin

Tämä ohje on tarkoitettu luonnonmaahan kohdistuvien pohjatutkimusten tekemiseen. Jos tutkimuksia tehdään vahvistetun maan laadunvarmistukseen, tulee käyttää kohdekohtaisia tutkimusohjeita.

### 1. *Kalusto*

CPTU-kairauskokeessa tulee valita oikea laitteisto tutkimustarkoituksen ja maalajin mukaan. Niin sanottu herkkä kärki on tarkoitettu ainoastaan pehmeiden hienorakeisten maiden tutkimiseen. Herkällä CPTU-kärjellä tarkoitetaan sellaista kärkeä, jonka suurin kärkivastuksen mittauskapasiteetti on yleensä 10 MPa (vastaa standardikärjellä 1000 kg kuormaa) tai vähemmän. Suurikapasiteettisen kärjen kärkivastuksen mittauskapasiteetti on selvästi suurempi kuin herkän kärjen, tavallisesti vähintään 50 MPa (5 000 kg).

**Kokeen käyttöluokka** tulee olla esitetty tutkimusohjelmassa. Mikäli käyttöluokkaa ei ole määritetty, tulee pohjatutkijan selvittää geosuunnittelijalta ennen kokeen aloitusta kokeessa käytettävän kärjen käyttöluokka.

Ennen kokeen aloitusta tulee tarkastaa laitteiston kunto. CPTU-kärjen rakojen ja tiivisteiden on oltava puhtaita ja ehjiä. Kärki tulee tarkastaa kulumien varalta ja kairatankojen tulee olla suorina (SGY VI). Herkkää kärkeä käytettäessä kärki- ja hylsykappaleiden tulee olla uudenveroisia. Tankojen suoruus voidaan tarkastaa esimerkiksi pyörittämällä niitä tasaisella alustalla. Laitteiston tulee olla kalibroitu standardin EN ISO 22476-1:2002 liitteen A.2 mukaisesti.

### 2. *Muut tutkimukset*

Ennen CPTU-kairauskoetta on tutkittava muilla pohjatutkimusmenetelmillä tutkimuskohteen pohjasuhteet, jolloin saadaan lähtötietoa CPTU-kairauskokeeseen muun muassa maakerrosten tiiveydestä, kivisyydestä sekä kovan pohjan sijainnista. Menetellyllä voidaan välttää CPTU-kärjen painaminen tiiviiseen maakerrokseen ja siitä mahdollisesti aiheutuva kärkivastusta mittaavan anturin ylikuormitus sekä mahdollinen kärjen rikkoutuminen.

### **3. Tutkimuspiste**

CPTU-kairauskokeen etäisyys aiempien pohjatutkimusten kaira- tai näytteenotto-reikiin tulee olla vähintään kaksi metriä. Ilma- tai vesihuuhtelulla aiemmin tehtyihin kairauksiin etäisyyden on oltava vähintään viisi metriä. Lisäksi pisteen sijainnissa on huomioitava muu pohjamaata häiritsevä toiminta, kuten syvästabilointi ja porapaalu-tus.

### **4. Kairavaunun ankkurointi**

Kairavaunun massan tulee olla riittävä estämään koneen keulan nousu suuri-kapasiteettisella kärjellä tiiviissä maaperässä tehtävien kairausten aikana. Vaihto-ehtoisesti kone tulee ankkuroida maahan. Kairavaunun ankkurointi ei ole tarpeen, kun CPTU-kairauskoe tehdään pehmeässä maaperässä herkkää kärkeä käyttäen. Tällöin pohjatutkija voi helpommin reagoida tiiviin maakerroksen kohtaamiseen ja pysäyttää tarvittaessa kokeen, jolloin on mahdollista välttyä herkällä kärjellä helposti tapahtu-valta kärjen ylikuormittamiselta. Jos kokeen aikana kohdataan tiiviimpi maakerros, kivi tai muu este, kärkivastus voi kasvaa hyvin nopeasti.

### **5. Kuivakuori- ja täyttökerroksen tutkiminen ja avaus**

Tutkittaessa kuivakuorikerroksen ominaisuuksia CPTU-kairauskokein, voidaan tutki-mus tehdä koetyypin TE1 mukaisesti ilman huokospaineen mittausta (CPT). Jos tut-kimuspisteestä halutaan tutkia sekä ylempi kuivakuori- tai täyttökerros että alempi pehmeä maakerros, tulee CPT- ja CPTU-tutkimukset tehdä rinnakkaisiin reikiin.

Kun tutkitaan kuivakuori- tai täyttökerroksen alaisen pehmeän maaperän ominai-suuksia, tulee ennen CPTU-kairauskoetta tehdä tiiviin kuivakuori- tai täyttökerroksen avaava alkukairausreikä. Tarvittaessa alkukairareikä putkitetaan. Tarvittava alku-kairareiän syvyys voidaan päätellä aiemmin suoritettujen pohjatutkimusten (paino-kairaus, puristinheijarikairaus, heijarikairaus) tai kuivakuorikerroksen tutkimista var-ten tehdyn CPT-kairauskokeen perusteella. Alkukairausreiän avaustapa sekä mahdol-linen huuhtelun käyttö tulee dokumentoida. Myös tutkimuskohteen pohjavedenpin-nan tasosta olisi hyvä olla lähtötietoa. Joissakin tapauksissa alkukairauksen ulotta-minen pohjavedenpinnan tasoon tai sen alapuolelle on välttämätöntä onnistuneen huokospainemittauksen kannalta.

### **6. Kärjen lämpötilan tasaus**

CPTU-kärjen lämpötilan tulee tutkimuksen alusta alkaen vastata maan lämpötilaa. Kuten muissa elektronisissa laitteissa, myös CPTU-kärjessä lämpötilan muutos vai-kuttaa voima-antureiden mittaustuloksiin. Lämpötilan tasaus suositellaan tehtävän ensisijaisesti vedellä täytetyn alkukairausreiän avulla. Tarvittaessa alkukairausreikä putkitetaan.

Alkukairattu reikä täytetään vedellä, jonka lämpötilan annetaan tasaantua maan läm-pötilaan. Veden lämpötilaa voidaan seurata lämpömittarin avulla. Lämpötilan tasaan-tumisen ajan voidaan suorittaa muita kairausta valmistelevia toimenpiteitä, kuten suodattimen kyllästäminen. Kun vesi on maan lämpötilassa (tyypillisesti 6-8 °C), voi-daan kärki asettaa veteen lämpötilan tasaamiseksi. Kärjen lämpötilan tasaukseen tu-lee käyttää vähintään 10 minuuttia, mikäli ilman lämpötila eroaa maan lämpötilasta alle 10 °C. Jos maan ja ilman välinen lämpötilaero on yli 10 °C, on kärjen lämpötilan annettava tasaantua vedessä vähintään 15 minuuttia.

Mikäli tutkimuspisteen alkukairausreikä ei pidätä siihen lisättyä vettä edes putkituksen avulla, voidaan kärki saattaa maan lämpötilaan tekemällä toinen alkukairausreikä vettä pidättävämpään maaperään tai pohjavedenpinnan alapuolelle. Jos tämä ei ole mahdollista maaperäolosuhteiden tai rakennetun ympäristön vuoksi, voidaan lämpötilan tasaaminen tehdä ulkolämpötilassa tai läheisessä ojassa, jos ilman lämpötila ei eroa maan lämpötilasta enempää kuin 5 °C. Vaihtoehtoisesti kärjen lämpötilan tasauksesta voidaan huolehtia lämpötilantasauslaatikon avulla. Jos talvitöissä pakkanen on niin kova, ettei lämpötilan taseus onnistu alkukairatusta reiässä, on lämpötilantasaus tehtävä lämpötilantasauslaatikkoa käyttäen.

### **7. Suodattimen nestetäyttö**

Suodattimen kyllästäminen tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti. CPTU-kärjen suodatinosan oikeaoppinen kyllästäminen on tutkimuksen onnistumisen kannalta keskeistä. Huokospaineen mittaustulos epäonnistuu, jos suodatin, suodattimen ja paineanturin välinen kanava ja painekammio eivät ole täysin nesteellä kyllästyneitä. Epäonnistunut mittaustulos näkyy hitaana reagointina huokospaineen muutoksiin ja liian pieninä huokospaineen arvoina.

#### Huokossuodatin

Huokossuodattimella varustetussa kärjessä huokosvedenpaineen ja tehokkaat jännitykset erottaa erillinen suodatinkappale, joka on valmistettu huokoisesta materiaalista, kuten sintratusta metallista, keramiikasta tai muovista. Huokossuodattimella varustetulla kärjellä tulee käyttää esikyllästettyjä suodattimia tai kyllästäminen tulee tehdä tyhjiöpumppua käyttäen. Huokossuodattimen suodatinkappaletta ei saa kyllästää käsiruiskulla injektoiden. Kärkiosan vastakappaleena toimivan painekammion kyllästäminen tulee tehdä kärjen valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Käytettäessä kyllästämiseen pienen viskositeetin omaavia (juoksevia) nesteitä, kuten vettä, huokossuodattimellisen kärjen kyllästäminen menetystä voidaan ehkäistä asentamalla kumikalvo (kondomi) kärkiosan ympärille. Tällöin kyllästysneste ei pääse karkaamaan kärjen kyllästäminen jälkeen ennen mittauksen aloitusta. Pakkassäällä kyllästäminen tulee tehdä muulla nesteellä kuin ilmattomalla vedellä.

#### Rakosuodatin

Rakosuodattimella varustetussa CPTU-kärjessä huokoisen suodattimen tilalla on ohut, tavallisesti 0,3 mm levyinen rako. Kärkikappaleen suodatinosa sekä suodattimen ja paineanturin välinen kanava kyllästetään tavallisesti jäykkäjuoksuaisella rasvalla, kuten vaseliinilla, ja kairan vastakammio juoksevammalla nesteellä.

Kärkiosan kyllästyksen käytettävän rasvan tulee soveltua CPTU-kairaukseen. Kyllästyksen käytettävä rasva ei saa sisältää ilmakuplia sekä sen tulee sietää hyvin lämpötilan muutoksia. Ensisijaisesti tulee käyttää valmistajan hyväksymää rasvaa. Jos käytetään muuta kuin valmistajan hyväksymää rasvaa, tulee rasvan soveltuvuus CPTU-kokeeseen selvittää. Kärkiosan suodattimen ja painekammion välisen kanavan kyllästäminen tulee tehdä yhdellä yhtenäisellä puristuksella, jotta rasvaan ei jää ilmakuplia. Myöskään kärkiosan vastakappaleena toimivan painekammion nestetäyttöön ei saa jäädä ilmakuplia.

## **8. Nollalukemat**

Nollalukemat tulee lukea CPTU-kärjen ollessa kuormittamattomana maan lämpötilassa. Nollalukemat asettavat mitattavien parametrien nollatason ja antavat kuvan kairauksen onnistumisesta, joten on erityisen tärkeää, että nollalukemien lukuvaiheessa niihin ei synny virhettä.

Alkunollalukemat luetaan mahdollisimman nopeasti lämpötilantasauksen suorituksen jälkeen kärkeä vapaasti riiputtaen. Koe aloitetaan välittömästi alkunollalukemien lukemisen jälkeen.

Kun kokeessa on saavutettu haluttu tutkimussyvyys, kärki nostetaan ylös ja loppunollalukemat luetaan mahdollisimman nopeasti. Kärkeen mahdollisesti tarttunut maa-aines voidaan kuitenkin ensin varovaisesti poistaa kuormaa aiheuttamasta.

## **9. Tutkimuksen suoritus**

CPTU-kairauskoe pyritään tekemään mahdollisimman pystysuoraan. Kokeen alussa kairavaunun puomin suoruus tulee tarkistaa. Kärjen maahan painaminen tulee tehdä vakiosyöttönopeudella  $20 \text{ mm/s} \pm 5 \text{ mm/s}$ . Suurempi syöttönopeus aiheuttaa kärkivastuksen  $q_c$  kasvua. Nopeuden hidastaminen puolestaan aiheuttaa tiettyyn pisteeseen asti kärkivastuksen pienenemistä. Sallittu vähimmäissyöttöpituus on yksi metri. Poikkeamat tutkimuksessa, kuten pidemmät odotusajat kairatankojen jatkamisessa tai muut työn keskeytykset, tulee rekisteröidä. Kairatankojen lyöminen tai pyörittäminen on kielletty.

Mahdolliset huokospaineen tasaantumiskokeet tehdään pohjatutkimusohjelman mukaisesti. Huokospaineen tasaantumiskokeessa kärjen puristus pysäytetään ja rekisteröidään huokospaineen purkautumisnopeus ajan suhteen.

## **10. Kokeen päättäminen**

Koe päätetään ohjelmoituun lopetuskriteeriin (esim. syvyys, kairausvastus). Koe keskeytyy, jos kärkivastus saavuttaa kärjen maksimikapasiteetin ennen ohjelmoitua syvyyttä tai jos jo kokeen aikana havaitaan huokospaineen tai muun mittauksen epäonnistuvan. Mikäli koe keskeytyy, tulee tehdä uusi piste vähintään kahden metrin etäisyydelle alkuperäisestä tai ottaa yhteyttä geosuunnittelijaan.

## **11. Tulosten luovutus**

Pohjatutkimuksista vastaava asiantuntija tarkastaa tutkimustulokset ja toteaa saavutetun tutkimuksen käyttöluokan ennen tulosten toimitusta. Koetulokset tulee toimittaa tilaajalle seuraavasti ohjeen Liikennevirasto 602/070/2011 Pohjatutkimusten arkistointi mukaisesti:

- uusimman Infra-pohjatutkimusformaatin mukaisessa muodossa
- alkuperäisessä tiedostomuodossa tallentimesta

Ohjeen mukaisesti koetulokset liitetään hankkeen tietoihin sekä sen lisäksi GTK:n pohjatutkimusrekisteriin.

Sähköisesti luovutettavassa materiaalissa tulee esittää tutkimuksen käyttöluokan mukaiset parametrit sekä syvyys ja syöttönopeus. Lisäksi sähköisessä materiaalissa tulee esittää Infra-formaatissa (tarvittaessa kommenttirivejä käyttäen):

- alku ja loppunolla-arvot kilopascaleina
- kärjen sallittu kuormitusväli / tyyppi (esim. 1000kg / 5000kg)
- toteutunut tutkimuksen käyttöluokka
- kärjen pinta-alakerroin  $a$  (sekä  $b$  jos erisuuri kuin 0)
- suodatintyyppi

Mikäli kokeen aikana on tehty huokospaineen tasaantumiskokeita, tulee ne merkitä koetuloksen kommenttikenttiin.

Kokeen suorittamisesta tulee täyttää myös seuraavalla sivulla esitettävä koeraportti, joka on lähetettävä muiden tutkimustulosten yhteydessä.

**KOERAPORTTI****CPTU- / puristinkairauskoe**

Päivämäärä	Ilman lämpötila
Pohjatutkimuskonsultti	Päteväksi osoitettu käyttäjä
Toimeksiannon nimi	Työnumero

**Käytetty kalusto**

Suodatintyyppi <input type="checkbox"/> huokossuodatin <input type="checkbox"/> rakosuodatin	Kärjen kalibrointipäivämäärä
Kuvaus kärjen kyllästämistavasta	Kärjen tunniste nro
Kärjen valmistaja ja kalibroitu maksimimittauskapasiteetti qc	

**Tutkimuspiste**

<b>Tarkastettava ennen tutkimusta</b>				
Tavoitettava käyttöluokka	<input type="checkbox"/> luokka 1 <input type="checkbox"/> luokka 2 <input type="checkbox"/> luokka 3 <input type="checkbox"/> luokka 4	<input type="checkbox"/> luokka 1 <input type="checkbox"/> luokka 2 <input type="checkbox"/> luokka 3 <input type="checkbox"/> luokka 4	<input type="checkbox"/> luokka 1 <input type="checkbox"/> luokka 2 <input type="checkbox"/> luokka 3 <input type="checkbox"/> luokka 4	<input type="checkbox"/> luokka 1 <input type="checkbox"/> luokka 2 <input type="checkbox"/> luokka 3 <input type="checkbox"/> luokka 4
Kairatankojen suoruus	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu
Kärjen kunto	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu

**Tutkimuksen suoritus**

Alkukairausreikä	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei
Maalaji alkukairauksessa				
Avaus porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella
Putkitus	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei
Avausreiän syvyys	m	m	m	m
Suodattimen nestetäyttö	<input type="checkbox"/> kyllästetty <input type="checkbox"/> ei kyllästetty	<input type="checkbox"/> kyllästetty <input type="checkbox"/> ei kyllästetty	<input type="checkbox"/> kyllästetty <input type="checkbox"/> ei kyllästetty	<input type="checkbox"/> kyllästetty <input type="checkbox"/> ei kyllästetty
Lämpötilatasaus	<input type="checkbox"/> avausreiässä vedessä <input type="checkbox"/> lämpötilan-tasauslaatikossa <input type="checkbox"/> ilman lämpötilassa	<input type="checkbox"/> avausreiässä vedessä <input type="checkbox"/> lämpötilan-tasauslaatikossa <input type="checkbox"/> ilman lämpötilassa	<input type="checkbox"/> avausreiässä vedessä <input type="checkbox"/> lämpötilan-tasauslaatikossa <input type="checkbox"/> ilman lämpötilassa	<input type="checkbox"/> avausreiässä vedessä <input type="checkbox"/> lämpötilan-tasauslaatikossa <input type="checkbox"/> ilman lämpötilassa
Alkunollalukemat	qc = fs = u2 =	qc = fs = u2 =	qc = fs = u2 =	qc = fs = u2 =
Kairavaunun puomin suoruus	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu
Tutkimuksen syvyys	m	m	m	m
Loppunollalukemat	qc = fs = u2 =	qc = fs = u2 =	qc = fs = u2 =	qc = fs = u2 =
Tutkimuksen keskeyttämisen / päättämisen syy ja huomiot				



## Siipikairauskokeen täydentävä suoritusohje

Siipikairauskoe on pohjatutkimusmenetelmä, jolla voidaan saada laboratoriotasoisia tutkimustuloksia, mikäli koe tehdään asianmukaisella laitteistolla erityisen huolellisesti.

Siipikairaututkimus tulee suorittaa seuraavien ohjeiden mukaisesti:

1. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, Liikennevirasto 2015
2. (EN ISO 22476-9 Siipikairauskoe, kun SFS on vahvistanut standardin)
3. SGY Kairausopas II soveltuvin osin, SGY 1999

Tämä ohje on tarkoitettu luonnonmaahan kohdistuvien pohjatutkimusten tekemiseen. Jos tutkimuksia tehdään vahvistetun maan laadunvarmistukseen, tulee käyttää kohdekohtaisia tutkimusohjeita.

### 1. Kalusto

**Kokeen käyttöluokka** tulee olla esitetty tutkimusohjelmassa. Mikäli käyttöluokkaa ei ole määritetty, tulee pohjatutkijan ennen kokeen aloitusta ottaa yhteyttä geosuunnittelijaan ja selvittää kokeessa käytettävän laitteiston käyttöluokka.

Alla on esitetty tulevan eurostandardin mukainen käyttöluokkien luokittelutaulukko, joka on täydennetty testityypin vaatimukset täyttävän kaluston osalta.

Käyttöluokka	Mittaaminen	Vääntömomentin siirto	Vääntömomentti ja kiertokulman rekisteröinti	Käyttöluokan vaatimukset täyttävä kalusto
<b>FV1</b>	Jatkuva momentin ja kiertymän mittaaminen suoraan siiven yläpuolelta	Ei siirtoa	Vääntömomentti – todellinen kiertokulma	Alhaalta pyörittävä ja mittaava siipikaira
<b>FV2</b>	Jatkuva momentin ja kiertymän mittaaminen tankojen yläpäästä	Suojaputkilla suojatut tankoja pitkin	Vääntömomentti – näennäinen kiertokulma	Sähköinen siipikaira* suojaputkella, Nilcon sähköisellä vakionopeuspyörittäjällä ja suojaputkella
<b>FV3</b>	Jatkuva momentin ja kiertymän mittaaminen tankojen yläpäässä	Suojaamattomia tankoja pitkin kulmaliikeyhtymien kanssa	Vääntömomentti – näennäinen kiertokulma	Sähköinen siipikaira*, Nilcon sähköisellä pyörittäjällä
<b>FV4</b>	Maksimimomentin mittaaminen tankojen yläpäästä	Suojaamattomia tankoja pitkin ilman kulmaliikeyhtymää	Maksimivääntömomentti	Nilcon käsikammella**

Käyttöluokissa FV1-3 siiven pyöritys tulee tapahtua annetulla vakionopeudella. Luokassa FV4 sallitaan siiven pyöritys käsikammella.

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

\*\* Käytetyn laitteiston pitää tallentaa kutakin kiertymää vastaavat momentin arvot, joten käsikäyttöisen (esimerkiksi Geonor-tyyppisen) momenttimittarin tai momenttiavaimen käyttö on kielletty. Käytetyn laitteiston tulee olla asianmukaisessa kunnossa ja vaatimusten mukaisesti huollettu.

Kokeessa käytettävien siipien tulee olla ehjiä. Siivet eivät saa olla taipuneita eivätkä ne saa sisältää särmiä tai kohoumia, jotka aiheuttavat tarpeetonta maan häiriintymistä siipeä alas puristettaessa. Siiven terät eivät saa olla paksumpia kuin 3 mm eivätkä ohuempia kuin 0,8 mm. Sensitiivisessä ( $S_{fv} > 30$ ) maassa tehtävissä siipikairauksissa tulisi käyttää enintään 2 mm paksuisilla terillä varustettuja siipiä. Suojaputkellisen laitteiston siipiputken alaosan tiivisteiden kunto tulee tarkastaa ja tarvittaessa tiiviste tulee vaihtaa kunnossa olevaan. Tiiviste ei saa aiheuttaa merkittävää kitkaa kairatankoon varsinkaan, jos kitkan suuruutta ei pystytä määrittämään mittauksessa.

Kulmaliikevaran laajuus voidaan mitata piirtämällä merkkiviivat ääriasentoon käännetyt kulmaliikekytkimen ylä- ja alaosaan, kun kulmaliikevara on kierretty ääriasentoon. Kun kulmaliikekytkimen kulmaliikevara käännetään toiseen ääriasentoon, voidaan viivojen etäisyyden ja kulmaliikekytkimen halkaisijan perusteella laskea kyseisen kulmaliikekytkimen tyhjä liikevara.

**Kulmaliikekytkin** tulee jokaisen työvuoron jälkeen avata, puhdistaa ja rasvata. Jos kulmaliikekytkimen kulmaliikevara ei pyöri herkästi huoltotoimenpiteistä huolimatta, kulmaliikekytkin on korvattava uudella, asianmukaisesti toimivalla kulmaliikekytkimellä.

Tankovastuksen minimoimiseksi kairatankojen ja mahdollisten suojaputkien tulee olla suora.

Kaluston tulee olla valmistajan ohjeiden mukaisesti kalibroitu. Kalibrointi ei saa kuitenkaan olla 6 kuukautta vanhempi. Mittaustuloksista tulee arvioida kaluston asianmukainen toiminta.

## **2. Tutkimuspiste**

Tutkimus tulee tehdä vähintään kahden metrin etäisyydelle aiempien tutkimusten kaira- tai näytteenottorei'istä. Siipikairauskokeen etäisyys aiemmin ilma- tai vesihuuhtelulla tehtyihin kairauksiin tulee olla vähintään viisi metriä. Tutkimuspisteen sijoituksessa tulee myös huomioida muu pohjamaata häiritsevä toiminta, kuten syvästabilointi ja porapaalutus.

## **3. Kuivakuorikerroksen ja täytön avaus**

Kuivakuori- tai täyttökerroksen alaista pehmeää maaperää tutkittaessa tulee ennen kokeen suoritusta tehdä putkitettu alkukairausrei'kä, jos kuivakuori- tai täyttökerroksen paksuus on yli 2 m. Alkukairausrei'än avaustapa tulee dokumentoida. Jos kuivakuorikerros tutkitaan siipikairauskokein, tulee siipi puhdistaa ennen kuivakuorikerroksen alaisten pehmeämpien maakerrosten tutkimista.

## **4. Leikkaukset**

Kokeen aikana siiven ja kairatankojen tulee olla pystysuorassa. Tämän vuoksi kairavaunun puomin suoruus on tarkistettava kokeen alussa. Leikkaukset tehdään yhden metrin syvyydväleihin, jos tutkimusohjelmassa ei ole toisin mainittu.

Maan häiriintyminen tutkimussyvyydellä vaikuttaa merkittävästi tutkimuksissa saatavien suunnitteluparametrien luotettavuuteen. Jos maan rakenne häiriintyy, saadaan mittauksessa pienempiä suljetun leikkauslujuuden arvoja kuin vähemmän tutkimussyvyiden maakerrosta häiritsevässä mittauksessa. Kaikkea ylimääräistä maan häiriintymistä tutkimussyvyydellä tuleekin välttää noudattaen seuraavia ohjeita:

- Kulmaliikekytkimen kulmaliikevara on kierrettävä ääriasentoon ennen siiven työntämistä tutkittavaan maakerrokseen
- Siipi tulee painaa tutkimussyvyyteen vakionopeudella enintään 2 cm/s
- Jos siipi työnnetään epähuomiossa liian syvälle, siipeä ei saa nostaa takaisin suunnitellulle leikkaustasolle vaan mittaus tulee suorittaa siiven painamisyyvydeltä, joka dokumentoidaan asianmukaisesti
- Siipeä saa kiertää tutkittavassa maakerroksessa mittauksen aikana vain siihen suuntaan, joka aiheuttaa kairatankojen liitosten kiristymistä
- Tangoston irrottaminen kairavaunusta siiven ollessa tutkimussyvyydellä on kielletty. Kairavaunulla ei saa liikkua siiven ollessa tutkimussyvyydellä, sillä tela-alustainen kalusto voi liikkeellään häiritä maata

Siipeä tulee pyörittää tasaisella nopeudella 6 astetta minuutissa.

**Hidas siipikairaus:** Silttinen maa häiriintyy herkästi, joten siltissä siipikairaukset on suositeltavaa tehdä odotuksella. Mikäli tutkimusohjelmassa on ohjelmoitu hidas siipikairaus, mutta ei ole mainintaa odotusajan pituudesta, käytetään 60 minuutin odotusaikaa. Jos maastossa havaitaan silttistä maata, eikä tutkimuksia ole ohjelmoitu odotuksella, tulee pohjatutkijan ottaa yhteyttä geosuunnittelijaan. Kunkin leikkaustason odotusajat tulee dokumentoida ja merkitä näkyviin lopullisen tekla-tiedoston kommenttikenttään. Yhdellä kairavaunulla ei saa tehdä kahta rinnakkaista pistettä samanaikaisesti

## 5. Tulosten käsittely ja luovutus

Tutkimustulosten tulkinnassa käytettävien kalibrointikertoimien tulee olla asianmukaisesti toteutettujen kalibrointien mukaisia. Kalibrointikerroin kuvaa keskimääräistä kerrointa läpi mittausalueen. Kertoimen tulee olla edustava sillä mittausalueella, jolla kairaus suoritetaan. Siipikerroin riippuu käytettävästä mittalaitteesta ja siiven geometriasta. Käytettävä siipikerroin tulee valita alla olevan taulukon mukaisesti.

Siiven koko	Siipikertoimet	
	Kapeneväkärkinen*	Suorakaide
55 x 110 mm	1,62	1,64
65 x 130 mm	0,98	0,99
80 x 160 mm	0,53	0,53

\*Nilconissa normaalisti käytettävä siipi, jonka kärkikulma on noin 120°.

Ennen tutkimustulosten toimitusta pohjatutkimuksista vastaavan asiantuntijan tulee tarkastaa tutkimustulokset ja varmistaa, että kulmaliikekytkimen mitattu kulmaliikevara, eli kiertokulma leikkauksen alusta pisteeseen, jossa siipi alkaa pyöriä, vastaa kulmaliikekytkimen todellista liikevaraa. Kulmaliikekytkimen alkaessa kääntyä momentin pitäisi olla alhainen ja hyvin lähellä vakiota, kun kulmaliikekytkin toimii oikein. Alussa tapahtuu tankojen kiristymistä, kiertymistä ja muun vapaan liikevaran kiristymistä, kunnes kaikki liikevara kierretty pois ja kulmaliikekytkin alkaa kääntää siipeä. Poikkeamat tulee raportoida tilaajalle.

Tutkimustulokset tulee toimittaa uusimman Infra-pohjatutkimusformaatin mukaisessa muodossa tilaajalle. Kairauksessa käytetyn kulmaliikekytkimen tyhjäläikevara tulee merkitä tiedostoon kommenttiosioon. Sähköisesti toimitettavien tutkimustulosten tulee sisältää myös seuraavalla sivulla esitetty koeraportti sekä kuvaajat, joista ilmenee momentin kehittyminen suhteessa kiertokulmaan. Kuvaaja voi olla skannattu Nilcon-momenttimittarin paperikiekko tai kuvaaja sähköisellä momenttimittarilla tehdystä mittauksesta.

## KOERAPORTTI

### Siipikairauskoe

Päivämäärä	Ilman lämpötila
Pohjatutkimuskonsultti	Päteväksi osoitettu käyttäjä
Toimeksiannon nimi	Työnumero

### Käytetty kalusto

Kaluston käyttöluokka	<input type="checkbox"/> FV 1	<input type="checkbox"/> FV 2	<input type="checkbox"/> FV 3	<input type="checkbox"/> FV 4
Momenttimittarin valmistaja / tyyppi	Laitteiston tunniste nro			
Laitteiston kalibrointipäivämäärä	Kairatankojen halkaisija			
Kulmaliikekytkimen viimeisin huoltopäivämäärä				

### Tutkimuspiste

#### Tarkastettava ennen tutkimusta

Kairatankojen suoruus	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu
Kulmaliikekytkin	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu
Siiven kunto	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu

#### Tutkimuksen suoritus

Siiven koko	<input type="checkbox"/> 55x110 mm <input type="checkbox"/> 65x130 mm <input type="checkbox"/> 80x160 mm	<input type="checkbox"/> 55x110 mm <input type="checkbox"/> 65x130 mm <input type="checkbox"/> 80x160 mm	<input type="checkbox"/> 55x110 mm <input type="checkbox"/> 65x130 mm <input type="checkbox"/> 80x160 mm	<input type="checkbox"/> 55x110 mm <input type="checkbox"/> 65x130 mm <input type="checkbox"/> 80x160 mm
Siiven levyn paksuus	mm	mm	mm	mm
Alkukairausreikä	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei
Avaus porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella	<input type="checkbox"/> huuhtelulla <input type="checkbox"/> ei huuhtelua <input type="checkbox"/> ei porakoneella
Putkitus	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei
Avausreiän syvyys	m	m	m	m
Kairavaunun puomin / tangoston pystysuoruus	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu	<input type="checkbox"/> tarkastettu
Leikkaukset odotuksella	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei
Odotusaika	min	min	min	min
Ensimmäinen leikkaussyvyys	m	m	m	m
Leikkaustasojen välinen etäisyys	m	m	m	m
Viimeisen leikkaustason syvyys	m	m	m	m
Huomiot				

## Lyhytaikainen koepumppaus, suunnitelmamalli

### Tutkimuksen tarkoitus

- tutkimuksen tarkoitus (vaikutusalue, aleneman suuruus, pumpattava vesimäärä, aleneman aika, varastokerroin, alennusmenetelmä ym.)
- oletukset koepumppauksen vaikutuksesta olemassa olevaan ympäristöön
- suositeltava vuodenaika tutkimukselle
- arvio tutkimuksen kokonaiskestolle
- yhteydenpito kiinteistön omistajiin ja toimeksiantajaan

### Asennettava pumppausrakenne materiaali- ja mittatietoineen

- rakennettava siiviläputkikaivo (alla esimerkki pumppausputken rakentamisesta)

*Maahan asennetaan halkaisijaltaan vähintään 500 mm työputki, jonka alapää viedään suunniteltuun tasoon. Työputki tyhjennetään/ huuhdellaan maa-aineksesta. Työputken sisään asennetaan pumppausta varten halkaisijaltaan 300 mm teräs- tai muoviputki, joka ympäröidään suodattinkankaalla. Putki on rei'itetty syvyydeltä 1,5...suunniteltu syvyys maanpinnasta. Työputken ja pumppausputken välinen tila täytetään salaojasoralla, jonka jälkeen työputki poistetaan.*

tai

- imuputkikalusto, jos menetelmä on käyttökelpoinen
  - imuputkien määrä
  - imukärjen asennustaso
  - asennusreiän mahdollinen tiivistystarve
  - imuputkiston asennustaso

### Asennettavat / tarkistettavat / huollettavat pohjaveden korkeuden seurantaputket

- määritetään tarkkailtavat pohjavesiputket, vähintään 2 tarkkailuputkea
- käytettäessä vanhaa putkea sen toimivuus testataan ja tarvittaessa huuhdellaan tai asennetaan korvaava putki
- mahdollisesti tarkkailu olemassa olevista kaivoista
- määritetään vedenpinnan tason mittauskerrat seurantapisteissä ennen koepumppausta

### Pumppauksen suorittaminen

- Lyhytaikaisessa koepumppauksessa tehdään ensin alenema- ja nousukokeet. Kokeet toistetaan kaksi kertaa.
- Varsinaisessa koepumppausohjelmassa määritetään
  - kokeen kesto (suositus minimi 2 vrk)
  - taso/syvyys, jolla vedenpintaa pidetään kokeen aikana
  - vedenpinnan seuranta havaintoputkissa pumppauksen aloituksesta, esimerkiksi ajanjakso 0...5 min 30 s välein, 5...60 min 5 min välein, 60 min...2 h 20 min välein, 2 h...10 h 1 h välein, 10 h...48 h 4 h välein
  - pumppauksen aikana pois pumpattavan veden määrä mitataan joko manuaalisesti astiamittauksella tai virtausmittarilla tai rakentamalla purkupäähän V-pato

**Pumppauksen päättäminen**

- Veden pumppauksen päätyttyä pohjavedenpinnan palautumista tarkkaillaan mittaamalla vedenpinnat pumppauspaikassa ja havaintoputkissa samalla mittaustiheydellä kuin pumppauksen alussa.
- Mittaukset voidaan lopettaa, kun pohjavesi on noussut koepumppausta edeltävään tasoon tai hyvin lähelle sitä.

**Raportointi**

Raportoinnissa on esitettävä ainakin seuraavien aihepiirien asiat:

- Tutkimuksen tarkoitus
- Tehdyt tutkimukset ja pohjasuhteet
- Koepumppaukset sekä alenema- ja nousukokeet
- Koetulokset (vedennousukoe, imeytyskoe, lyhytaikainen koepumppaus)
- Laskelmat (teoria, vesimäärä, vedenläpäisevyys, varastokerroin)
- Tulosten vertailu ja johtopäätökset

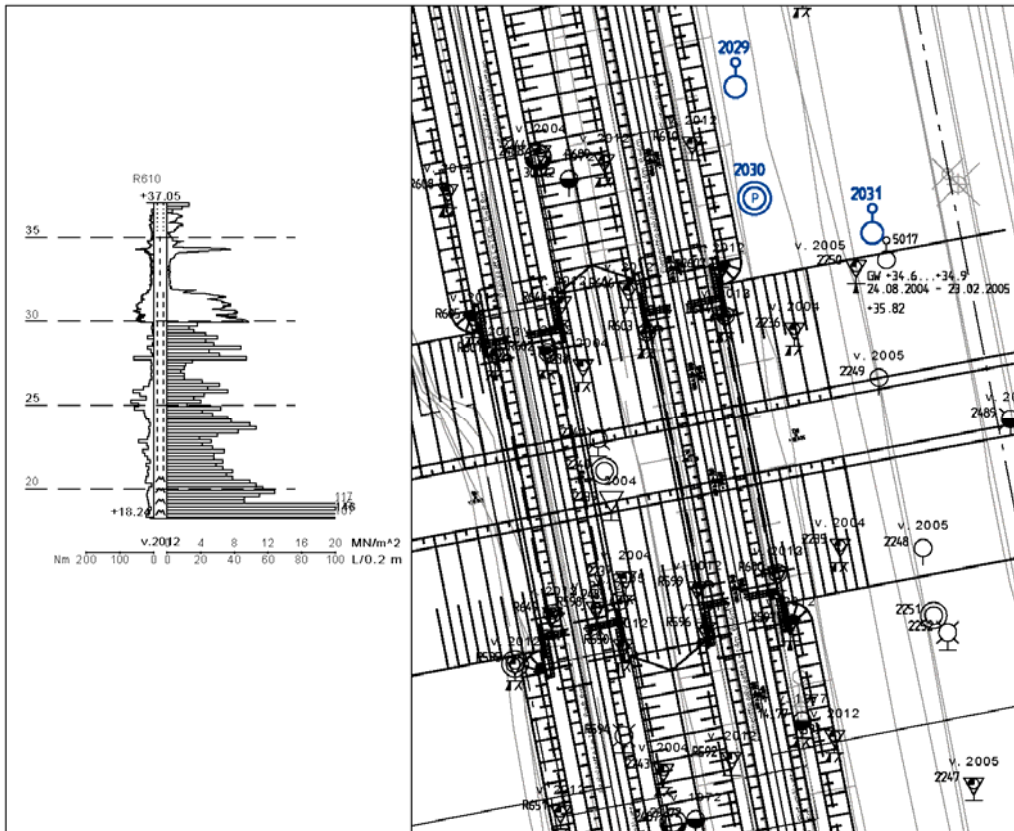
**Liitteet**

1. Pohjatutkimuskartta ja geotekniset leikkaukset
2. Pohjavesitutkimusten mittaushavainnot
3. Laboratoriolomakkeet

**Muut tehtävät toimenpiteet**

- Näytteenotto erittäin suositeltavaa jokaisen pv-putken ja pumppauspaikan kohdalta
  - näytteet 1 m välein
  - määritetään vesipitoisuus, rakeisuus, hienousluku hienorakeisista maista
- tarvittaessa painumamittaukset ympäristössä ennen ja jälkeen koepumppauksen

Malli koepumppaussuunnitelmasta. Suunnitelman selostusosa voidaan liittää myös osaksi suunnitelmakarttaa.



KAIRAUSOHJELMA N:O R207_29012014																
Proj n:o		82144465														
Työn nimi		Ruha-Lapua														
Tilaaja		Liikennevirasto														
Kairauspaikka					Kairaustapa											
Piste n:o	Linja	Paalu	Sivumitta	X	Y	Paino-	Heijari-	Siipi-	Pora-	Näyte	Näyte	Näyte	Pohjavesi-	Koe-	Maara-	Huom.
										häräntynyt	häräntynyt	häräntynyt	putki	pumppaus	syv.	
2029		0.0	0.00	6983042.99	2450537.95								X			
2030		0.0	0.00	6983032.77	2450539.69									X		ks. pumppausohje
2031		0.0	0.00	6983029.59	2450550.52								X			
PÄIVÄYS		29.1.2014														

## Pitkäaikainen koepumppaus, suunnitelmamalli

### Tutkimuksen tarkoitus

- tutkimuksen tarkoitus (vaikutusalue, aleneman suuruus, pumpattava vesimäärä, aleneman aika, varastokerroin, alennusmenetelmä ym.)
- oletukset koepumppauksen vaikutuksesta olemassa olevaan ympäristöön
- suositeltava vuodenaika tutkimukselle
- arvio tutkimuksen kokonaiskestolle
- yhteydenpito kiinteistön omistajiin ja toimeksiantajaan

### Asennettava pumppausrakenne materiaali- ja mittatietoineen

- rakennettava siiviläputkikaivo (alla esimerkki pumppausputken rakentamisesta)

*Maahan asennetaan halkaisijaltaan vähintään 500 mm työputki, jonka alapää viedään suunniteltuun tasoon. Työputki tyhjennetään/ huuhdellaan maa-aineksesta. Työputken sisään asennetaan pumppausta varten halkaisijaltaan 300 mm teräs- tai muoviputki, joka ympäröidään suodatinkankaalla. Putki on rei'itetty syvyydeltä 1,5...suunniteltu syvyys maanpinnasta. Työputken ja pumppausputken välinen tila täytetään sallaosoralla, jonka jälkeen työputki poistetaan*

tai

- imuputkikalusto, jos menetelmä on käyttökelpoinen
  - imuputkien määrä
  - imukärjen asennustaso
  - asennusreiän mahdollinen tiivistystarve
  - imuputkiston asennustaso

### Asennettavat / tarkistettavat / huollettavat pohjaveden korkeuden seurantaputket

- määritetään tarkkailtavat pohjavesiputket, vähintään 2 tarkkailuputkea
- käytettäessä vanhaa putkea sen toimivuus testataan ja tarvittaessa huuhdellaan tai asennetaan korvaava putki
- mahdollisesti tarkkailu olemassa olevista kaivoista
- määritetään vedenpinnan tason mittauskerrat seurantapisteissä ennen koepumppausta

### Pumppauksen suorittaminen

- Pitkäaikaisessa koepumppauksessa tehdään ensin alenema- ja nousukokeet. Kokeet toistetaan kaksi kertaa.
- Varsinaisessa koepumppausohjelmassa määritetään:
  - arvio kokeen kestosta
  - taso/syvyys, jolla vedenpintaa pidetään kokeen aikana
  - vedenpinnan seuranta havaintoputkissa pumppauksen aloituksesta lähimmässä havaintopisteissä, esimerkiksi ajanjakso 0...2 min 10 s välein, 2...5 min 30 s välein, 5...15 min 1 minuutin välein, 15...50 min 5 minuutin välein, 50...100 min 10 minuutin välein, 100 min...5 h 30 minuutin välein,



5 h...2 d 1 tunnin välein, 2 d...6 d 8 tunnin välein, 6 d...päättymisen ker-  
ran vuorokaudessa

- kauempana olevissa havaintopisteissä voidaan käyttää harvempaa ha-  
vaintoväliä
- pumppauksen aikana pois pumpattavan veden määrä mitataan jo manu-  
aalisesti manuaalisesti astiamittauksella tai virtausmittarilla tai raken-  
tamalla purkupäähän V-pato

### **Pumppauksen päättäminen**

- määritetään pumppauksen lopetuskriteerit, esimerkiksi saavutetaan sovittu  
vedenpinnan taso tai pohjavesi alenee määritetyssä havaintoputkessa
- Veden pumppauksen päätyttyä pohjavedenpinnan palautumista tarkkaillaan  
mittaamalla vedenpinnat pumppauspaikassa ja havaintoputkissa samalla  
mittaustiheydellä kuin pumppauksen alussa.
- Mittaukset voidaan lopettaa, kun pohjavesi on noussut koepumppausta edel-  
tävään tasoon.

### **Raportointi**

Raportoinnissa on esitettävä ainakin seuraavien aihepiirien asiat:

- Tutkimuksen tarkoitus
- Tehdyt tutkimukset ja pohjasuhteet
- Koepumppaukset sekä alenema- ja nousukokeet
- Koetulokset (vedennousukoe, imeytyskoe, lyhytaikainen koepumppaus)
- Laskelmat (teoria, vesimäärä, vedenläpäisevyys, varastokerroin)
- Tulosten vertailu ja johtopäätökset

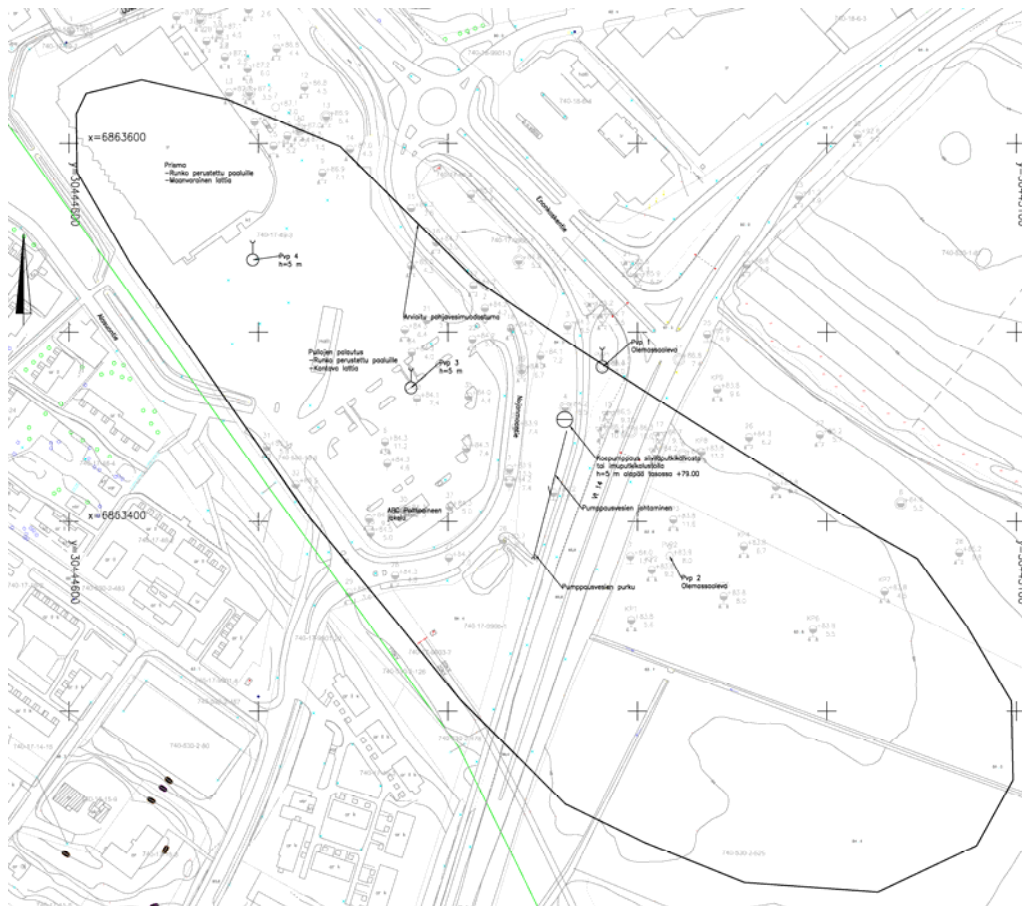
### **Liitteet**

1. Pohjatutkimuskartta ja geotekniset leikkaukset
2. Pohjavesitutkimusten mittaushavainnot
3. Laboratoriolomakkeet

### **Muut tehtävät toimenpiteet**

- näytteenotto erittäin suositeltavaa jokaisen pv-putken ja pumppauspaikan  
kohdalta
  - näytteet 1 m välein
  - määritetään vesipitoisuus, rakeisuus, hienousluku hienorakeisista maista
- tarvittaessa painumamittaukset ympäristössä ennen ja jälkeen koepumppa-  
uksen

Malli koepumppaussuunnitelmasta. Suunnitelman selostusosa voidaan liittää myös osaksi suunnitelmakarttaa.



## Potentiaalisen happaman sulfaattimaan tunnistaminen - kenttämenetelmä

### Lähde

Kuvaus menetelmästä löytyy FAOn julkaisusta: World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports 106.

### Menetelmä

- 10 g maata + 50 ml 30 %  $H_2O_2$
- annetaan reagoida
- reaktion jälkeen mitataan pH ja jos  $pH \leq 2,5$  on kyseessä potentiaalinen hapan sulfaattimaa

### Huomioitavaa

Reaktio on voimakas. Seos sekä kuohuu että lämpenee. Tämä tulee huomioida astian valinnassa.



Tämän ei voi ajatella täysin korvaavan laboratorioanalyysyä ja esim. epäselvissä tapauksissa tulos voi olla hyvä varmistaa inkuboinnilla. Kalkitustarve tulee joka tapauksessa selvittää laboratoriossa.

### Tausta

Menetelmä perustuu siihen, että vetyperoksidi voimakkaana hapettimena hapettaa maassa olevia sulfideja. Inkubaatiossa sulfidien hapettumiseen menee huomattavasti kauemmin, min 8 viikkoa.

Menetelmän käyttöä Suomessa ei ole selvitetty.



## Pohjatutkimusten tavoitteet, kattavuus ja yksityiskohtaisuus yleissuunnitelmassa

Kattavuus	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuksen yksityiskohtaisuus	Hankittava olemassa oleva aineisto	Menetelmä
Koko linja	geologisten muodostumien sijainti ja yleispiirteet	lähtöaineiston ja havaittavuuden mukaan	YS:n vaihtoehto-tarkastelut, maaperäkartat, vanhat tutkimukset	maastokäynnit ja RG-kartoitus
Pehmeikkö-alueet	muodostuman paksuus ja pohjamaan kokoonpuristuvuus	pehmeikkökohtaisesti	vanhat tutkimukset	sähköinen vastusluotaus <sup>(1)</sup> ja kokoonpuristuvuustutkimukset <sup>(1)</sup>
	turvepehmeikön paksuus	pehmeikkökohtaisesti	vanhat tutkimukset	maatutkaluotaus, näytteenotto, CPTU
	pohjamaan lujuus, rakenteen vakavuus, alueellinen vakavuus	pehmeikkökohtaisesti	vanhat tutkimukset	siipikairaus, CPTU
	liikennetärinästä aiheutuva haitta	tunnistetut tai tiedossa olevat ongelmakohdat	viranomaisen tiedot ongelmista, vanhat tutkimukset	kokoonpuristuvuustutkimus sekä siipikairaus
	pohjaveden esiintyminen, painetaso ja arvio rakentamisen vaikutuksesta	rakentamisen vaikutuksen suuruus ja laajuus	vanhat tutkimukset	näytteenotto, pv mittaukset paino- ja heijarikairaukset
Kantava maa	kallion pinta	leikkauskohtaisesti massoiltaan merkittävät kohdat	vanhat tutkimukset	porakonekairaus, avokallioiden kartoitus, maatutka- tai refraktioseisminen luotaus <sup>(2)</sup>
	päämaalaji	leikkauskohtaisesti massoiltaan merkittävät kohdat	vanhat tutkimukset	näytteenotto
	vaikutus pohjaveteen	kyettävä määrittämään vaikutuksen suuruus ja laajuus	vanhat tutkimukset	näytteenotto, pv-mittaukset paino- ja heijarikairaukset

Kattavuus	Selvitettävä ominaisuus	Yksityiskohtaisuus	Hankittava olemassa oleva aineisto	Menetelmä
Pohjavesialueet	pohjaveden muodostumisalue ja virtaussuunnat	kyettävä määrittämään vaikutuksen suuruus ja laajuus	vanhat tutkimukset pohjaveden muodostumisalue tiedot, vanhat tutkimukset	näytteenotto, pohjavesimittaukset, maatutka tai refraktioseisminen luotaus <sup>(1)</sup>
Rakennettu ympäristö	olemassa olevat rakenteet ja suunniteltavien rakenteiden vaikutus niihin	valitaan vaikutusten selvittämistarpeen mukaan	vanhat tutkimukset, tiedot olemassa olevista rakenteista	valitaan vaikutusten selvittämistarpeen mukaan
Nykyiset alusrakenteet	alusrakenteiden ja pohjamaan ominaisuudet, kalliopinnan asema <sup>(3)</sup>	kaikki rakenteet	vanhat tutkimukset	maatutkaluotaus, porakonekairaus ja näytteenotto <sup>(2)</sup>
Kalliotunnelit	ehjän kallion pinta, ruhjevöhykkeet	tunnelien linjat	vanhat tutkimukset, maaperäkartat, kallioperäkartat, topografikartat	porakonekairaus, maatutka- tai refraktioseisminen luotaus <sup>(1)</sup>
Pilaantuneet maa-alueet	pilaantuneisuus	toimeksiannon mukaan	toimeksiantajän määrittelemä aineisto	riskikartoitus ja havainnot tutkimusten aikana, näytteenotto erikseen sovittaessa
Erytisen vaativiksi tunnistetut maaston kohdat	pohjamaan lujuus, alueellinen ja rakenteen vakavuus	Tie- / ratasuunnitelmaa vastaava tarkkuus	vanhat tutkimukset	rakennusosan mukaiset menetelmät

(1) referenssikairaukset ja – näytteenotto: 1...3 tutkimuspistettä/geologinen muodostuma

(2) referenssikairaukset ja – näytteenotto: 500 m...2 km välein

– otetuille näytteille tehdään aina asianmukaiset laboratoriokokeet luokitusominaisuuksien ja geoteknisten mitoitusparametrien määrittämiseksi

(3) hankitaan riittävät tiedot päällysrakenteen kuormituskestävyys- ja routamitoitusta varten

# Geoteknisten tutkimusmenetelmien soveltuvuus maapohjan ominaisuuksien tutkimiseen

## Kenttätutkimusmenetelmät

Geoteknisen tutkimusmenetelmän valinta tehdään pohjatutkimusohjelmaa laadittaessa. Tällöin on otettava huomioon tutkimusmenetelmän soveltuvuus geo- ja kallioteknisten ominaisuuksien määrittämiseen kohteen olosuhteissa. Soveltuvuuteen ja menetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa seuraavat seikat:

- syvyys, joka menetelmällä voidaan saavuttaa
- kyky läpäistä tavoitetason yläpuolisia kerroksia
- kyky erottaa läpäistävät kerrokset ja määrittää läpäistävien kerrosten ominaisuuksia
- tarkkuus, jolla tutkittavat ominaisuus tai ominaisuudet voidaan geoteknisissä kerroksissa määrittää
- tuleva/suunniteltava rakenne ja sen asettamat vaatimukset

Pohjatutkimusohjelmassa esitetty tutkimusmenetelmä tulee tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa työn alussa tai sen kuluessa, mikäli menetelmä ei kohteen olosuhteissa sovellu tutkittavien geoteknisten ominaisuuksien määrittämiseen. Käytettävästä menetelmästä päättää hankkeen geosuunnittelija.

Alla olevassa taulukossa Liite 9 T1on esitetty tavanomaiset geotekniset tutkimusmenetelmät, joita hankkeissa tulee käyttää. Taulukko perustuu standardissa SFS-EN 1997-2 esitettyyn vastaavaan taulukkoon, josta on poistettu suomalaisiin geologisiin olosuhteisiin soveltumattomat tai Suomessa vähän käytetyt menetelmät. Taulukkoon on lisätty tavanomaiset geofysikaaliset menetelmät. Kunkin tutkimusmenetelmän osalta on esitetty sen soveltuvuus geoteknisten ominaisuuksien määrittämiseen karkea- ja hienorakeisissa maalajeissa sekä lisäksi moreenimaalajeissa.

Taulukko T1. Pohjatutkimusmenetelmien soveltuvuus geoteknisten ominaisuuksien määrittämiseen (perustuu standardiin EN 1997-2)

Kenttätutkimusmenetelmät	Näytteenotto					
	Maa			Kallio		
	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Perustiedot						
Maalaji (päämaalaji)	C1 F1 M1	C1 F1 M1	C2 F1 M2	-	-	-
Kivilaji	-	-	-	R1	R1	R2
Kerrostien laajuus <sup>(2)</sup>	C1 F1 M1	C1 F1 M1	C2 F2 M2	R1	R1	R2
Geotekniset ominaisuudet						
Rakeisuus (raekoko)	C1 F1 M1	C1 F1 M1	M3	R1	R1	R2
Vesipitoisuus	C1 F1 M2	C2 F1 M2	C3 F3 M3	R1	R1	-
Atterbergin rajat	F1	F1	-	-	-	-
Irtotiheys	F1 C1 M1	C3 F3 M3	-	R1	R1	-
Leikkauslujuus	F1 C1 M1	C3 F3 M2	-	R1	-	-
Kokoonpuristuvuus	F1 C1 M1	C2 F3 M2	-	R1	-	-
Vedenläpäisevyys	F1 C1 M1	F1 C2 M1	C3 F3 M3	R1	-	-
Aggressiivisuus, kemiallinen rasitus, sulfidi	C1 F1 M1	C1 F1 M1	-	R1	R1	-
Routivuus	C1 F1 M1	C1 F1 M1	M3	-	-	-



	Kenttäkokeet					Pohjaveden mittaukset	
	CPT & CPTU	DPSH-A (heijari- kairaus) [HE tai HP]	WST (paino- kairaus) [PA tai HP]	Porakonekairaus [PO]	FVT (siipikaira- koe) [SI]	Avoin järjestel- mä	Suljettu järjes- telmä
Perustiedot							
Maalaji (päämaalaji)	C2 F2 M3	F3 C2 M2	C3 F3 M3	C3 F3 M3	F3	-	-
Kerrostien laajuus <sup>(2)</sup>	C1 F1 M3	C1 F2 M1	F2 C3 M3	C1 F2 M1	F1	-	-
Pohjaveden korkeusta- so	C2 F2 M3	-	-	-	-	R2 C1 F2	R1 C1 F1
Huokosvedenpaine	C2 F2 M3	-	-	-	-	R2 C1 F2	R1 C1 F1
Geotekniset ominai- suudet							
Irtotiheys	C2 F2 M3	C2 M2	C3 F3 M3	C2 M2	-	-	-
Leikkauslujuus	C2 F2 M3	C2 F3 M3	C2 F3	C2 M2	F1	-	-
Kokoonpuristuvuus	C1 F2 M3	C2 F3 M3	C2 M3	C2 M2	F3	-	-
Vedenläpäisevyys	C3 F2 M3	-	-	-	-	C2 F3	C2 F2

	Geofysikaaliset mittaukset <sup>(1)</sup>		
	Sähköinen vastus- luotaus	Maatutkamittaus	Refraktioseisminen luotaus
Perustiedot			
Maalaji (päämaalaji)	C3 F1 M2 E2	C2 M3 E3 <sup>(3)</sup>	C2 F3 M2
Kerrostien laajuus <sup>(2)</sup>	F1 M2 R2	C3 M2 R1 E2	C2 F2 M2 R2
Pohjaveden korkeustaso	C2 M3	C1 M3	C1 M1
Geotekniset ominaisuudet			
Vesipitoisuus	C3 F2 M2	-	-

## Soveltuvuus:

R1	Hyvin kalliolle	R2	Keskinkertaisesti kalliolle	R3	Huonosti kalliolle
C1	Hyvin karkearakeiselle maalle	C2	Keskinkertaisesti karkearakeiselle maalle	C3	Huonosti karkearakeiselle maalle
F1	Hyvin hienorakeiselle maalle	F2	Keskinkertaisesti hienorakeiselle maalle	F3	Huonosti hienorakeiselle maalle
-	Ei sovellu				
M1	Hyvin moreenille	M2	Keskinkertaisesti moreenille	M3	Huonosti moreenille
E1	Hyvin eloperäiselle maalle ja turpeelle	E2	Keskinkertaisesti eloperäiselle maalle ja turpeelle	E3	Huonosti eloperäiselle maalle ja turpeelle

1) Referenssikairaukset tarvitaan

2) Vaaka- ja pystysuunnassa

3) Vain turpeella

HUOM. Maapohjan ominaisuuksista (kuten maan tyyppistä, pohjavesiolosuhteista) ja aiotusta suunnitelmasta riippuen tutkimusmenetelmien valinta vaihtelee ja saattaa poiketa tästä taulukosta.

# Näytteenotto- ja laboratoriotutkimusmenetelmät

## Näytteenotto

Laboratoriotutkimusten teko edellyttää laadultaan riittävän hyviä näytteitä, jotka voidaan ottaa vain asianmukaisella näytteenottomenetelmällä. Vaatimukset maanäytteille ja näytteenotolle on esitetty standardissa: SFS-EN ISO 22475-1: Geotekninen tutkimus ja koestus. Näytteenottomenetelmät ja pohjavesimittaukset. Osa 1: Työn suorituksen tekniset periaatteet

Näytteenottomenetelmien luokat on määritetty seuraavasti (SFS-EN ISO 22475 – 1):

- luokan A näytteenottomenetelmillä voidaan saada laatuluokkien 1...5 mukaisia näytteitä
- luokan B näytteenottomenetelmillä voidaan saada laatuluokkien 3...5 mukaisia näytteitä
- luokan C näytteenottomenetelmillä voidaan saada laatuluokan 5 mukaisia näytteitä.

Laatuluokkien 1 tai 2 mukaisia näytteitä voidaan saada vain **luokan A näytteenottomenetelmillä**. Tarkoituksena on saada näytteitä, joissa näytteenottomenettelyn tai näytteiden käsittelyn aikana ei ole tapahtunut lainkaan tai on tapahtunut vain vähän maarakenteen häiriintymistä. Maan vesipitoisuus ja huokosluku vastaavat kohteen arvoja. Maan aineosissa tai kemiallisessa koostumuksessa ei ole tapahtunut muutoksia. Eräät ennalta arvaamattomat olosuhteet, kuten geologisen kerrostuneisuuden vaihtelut saattavat johtaa siihen, että saadaan alempien laatuluokkien mukaisia näytteitä (SFS-EN ISO 22475-1).

**Luokan B näytteenottomenetelmiä** ei saada laatuluokkaa 3 parempia näytteitä. Tarkoitus on saada näytteitä, jotka sisältävät kaikki kohteen maan aineosat niiden alkuperäisten osuuksien suhteessa, ja maa on säilyttänyt luonnollisen vesipitoisuutensa. Eri maakerrosten yleinen järjestys tai komponentit voidaan tunnistaa. Maan rakenne on häiriintynyt. Eräät ennalta arvaamattomat olosuhteet kuten geologisen kerrostuneisuuden vaihtelut saattavat johtaa siihen, että saadaan alempien laatuluokkien mukaisia näytteitä (SFS-EN ISO 22475 – 1).

Käyttämällä **luokan C näytteenottomenetelmiä** ei saada laatuluokkaa 5 parempia näytteitä. Maan rakenne näytteessä on täysin muuttunut. Eri maakerrosten yleinen järjestys tai komponentit ovat muuttuneet siten, että kohteen kerroksia ei voida tarkasti tunnistaa. Näytteen vesipitoisuus ei ehkä edusta tutkittavan maakerroksen luonnollista vesipitoisuutta (SFS-EN ISO 22475 – 1).

Yhteenveto luokituksesta on esitetty oheisessa taulukossa.

*Taulukko. Laboratoriokokeisiin käytettävien maanäytteiden laatuluokat ja käytettävät näytteenottoluokat (SFS-EN ISO 22475-1).*

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				
Näytteenottoluokitus standardin SFS-EN ISO 22475-1 mukaisesti	A				
			B		
					C

Alla olevassa taulukossa on esitetty Suomessa yleisesti käytössä olevien näytteenottimien soveltuvuus maanäytteenottoon eri maaperäolosuhteissa ja näytteenottoluokassa.

*Taulukko. Suomessa käytössä olevien näytteenottimien soveltuvuus*

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

(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  $\geq 63$  mm, muulloin näytteenottimen halkaisija  $\geq 2x_{d_{max}}$ .

**Laboratoriotutkimusmenetelmät**

Maan ja kallion luokitusominaisuuksien luotettava määrittäminen edellyttää laadultaan riittävän hyviä näytteitä. Standardissa SFS-EN 1997-2 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu, Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus on esitetty seuraavat oheisessa taulukossa esitetyt vaatimukset näytteiden häiriintymättömyydelle maan ominaisuuksien määrittämisessä.

Taulukko Laboratoriokokeisiin käytettävien maanäytteiden tyyppi (SFS-EN 1997-2)

Parametri	Maalajityyppi							
	Savinen maalaji			Silttinen maalaji			Hiekkainen, sorainen maalaji	
	Koenäytteen tyyppi			Koenäytteen tyyppi			Koenäytteen tyyppi	
	Häiriintymätön	Häiritetty	Vaivattu	Häiriintymätön	Häiritetty	Vaivattu	Häiritetty	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 <sup>(1)</sup>	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 <sup>(2)</sup>	X	—	—	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Tehokkaat lujuusparametrit <sup>(3)</sup>	X	—	—	X	(X)	(X)	(X)	(X)
X = määritetään normaalisti (X) = määrittäminen mahdollista, ei välttämättä edustava — = ei sovellu 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								

Standardissa SFS-EN 1997-2 on määritetty geoteknisten parametrien määrittämiseen soveltuvat laboratoriokoemenetelmät. Yhteenveto niistä on esitetty alla olevassa taulukossa.

*Taulukko Geoteknisten parametrien määrittämiseen käytettävät laboratoriokokeet (SFS-EN 1997-2)*

Geotekninen parametri	Maalajin tyyppi		
	Sora Hiekka	Siltti	Savi (NK) *) Savi (YK) *) Lie- juinen savi Turve
Ödometrimoduuli ( $E_{oed}$ ), kokoonturistuvuusindeksi ( $C_c$ ) [yksiakiaalinen kokoonturistu- vuus]	(OED), (TX)	OED, (TX)	OED, (TX)
Kimmomoduuli ( $E$ ) Leikkausmoduuli ( $G$ ) <sup>(1)</sup>	TX	TX	TX
Avoimen tilan tehokas leikkaus- lujuus ( $c'$ ), $\phi'$ )	TX, SB	TX, SB	TX, SB
Tehokas jäännösleikkauslu- juus ( $c'_R$ ), $\phi'_R$ )	RS, (SB)	RS, (SB)	RS, (SB)
Suljetun tilan leikkauslujuus ( $c_u$ )	—	TX, DSS, SIT	TX, DSS, (SB), SIT
Irtotiheys ( $\rho$ )	BDD	BDD	BDD
Konsolidaatiokerroin ( $c_v$ )		OED, TX	OED, TX
Vedenläpäisevyyserroin ( $k$ )	TXCH, PSA	PTC, TXCH, (PTF)	TXCH, (PTF), (OED)

— = ei sovellu  
( ) = soveltuu vain osittain; ks. yksityiskohtia luvusta 5.  
\*) NK = normaalisti konsolidoitunut savi, YK = ylikonsolidoitunut savi  
Laboratoriokokeita koskevia lyhenteitä:  
BDD Irtotiheyden määrittäminen  
DSS Suora leikkauskoe  
OED Ödometrikoe  
PTF Vedenläpäisevyyden määrittäminen muuttuva painekokeella  
PTC Vedenläpäisevyyden määrittäminen vakio painekokeella  
RS Rengasleikkauskoe (rengasleikkauskojeessa)  
SB Rasialeikkauskoe (rasialeikkauskojeessa)  
SIT Lujuusindeksikokeet (tehdään tavallisesti vain esikoevaiheessa)  
PS Rakeisuusanalyysi  
TX Kolmiakiaalikoje  
TXCH Vedenläpäisevyys vakio painekokeessa  
kolmiakiaalilaitteessa tai joustavaseinämäisessä laitteessa<sup>(2)</sup>

(1) Leikkausmoduulin määrittämiseen, erityisesti pienen muodonmuutosten alueella, käytetään Bender element tai resonant-colum – mittauksia

(2) Joustavaseinämäisen laitteen soveltuvuus kyseisen näytteen testaukseen selvitetään tapauskohtaisesti





# Sillan rakennussuunnitelman pohjatutkimusten vähimmäislaajuus

Rakennussuunnitelmaa edeltävissä suunnitteluvaiheissa tehdään pohjatutkimuksia siinä laajuudessa, että pohjasuhteet voidaan selvittää luotettavasti ottaen huomioon suunnittelun yksityiskohtaisuus kussakin vaiheessa. Tutkimusten suunnittelussa on otettava huomioon kaikissa suunnitelmavaiheissa myös tulopenkereitä ja ympäristöä varten tarvittavat tutkimukset.

## Geotekninen luokka 1. Helpot kohteet

Kitkamaakerrosten tiiveys tutkitaan maan tiiveydestä ja kivisyydestä riippuen paino-, puristin- tai heijarikairauksella. Tarvittaessa kallion pinta ja ehjyys määritetään joko koekuoppien tai porakonekairausten perusteella.

Perustettaessa sillan tuki peruslaatalle tutkimuspisteitä tulee olla vähintään kaksi jokaista sillan tukea kohti, joista toinen on paino- tai puristinkairaus ja toinen heijari tai porakonekairaus, ellei kallionpinta ole maanpinnassa tai sen välittömässä läheisyydessä. Häiriintyneitä maanäytesarjoja otetaan vähintään yksi siltaa kohti. Epähomogeenisissa pohjaolosuhteissa otetaan näytteitä enemmän.

Pohjaveden pinta mitataan pohjavesiputkesta tai koekuopasta. Mikäli paikallisen kokemuksen tai muiden tietojen perusteella tiedetään, että rakennustyö ei ulotu pohjavedenpinnan läheisyyteen, ei pohjavedenpintaa tarvitse välttämättä mitata. Suunnitelmaselostuksen on sisällytettävä tiedot siitä pohjavedenasemasta, johon suunnitelma perustuu, vaikka sitä ei erikseen mitattaisikaan.

## Geotekninen luokka 2. Vaativat kohteet

Kitkamaakerrosten tiiveys tutkitaan maan tiiveydestä ja kivisyydestä riippuen paino-, puristin- tai heijarikairauksella. Vähintään neljäsosa kairauksista ja aina vähintään kaksi tehdään heijarikairauksena. Tutkimuspisteitä on kaksi jokaista sillan tukea kohti, mutta vähintään neljä jokaisella siltapaikalla. Kun sillan perustuksen suurempi sivumitta on yli 10 metriä, tehdään kairauksia enemmän, enintään 10 metrin välein.

Kallion pinta ja ehjyys määritetään joko koekuoppien tai porakonekairausten perusteella. Tarvittaessa kallion ehjyys määritetään kallionäytetutkimuksin ja/tai vesimenekikokein. Kalliota voidaan pitää ehjänä, mikäli vesimenekki on alle 5 l/min/m/MPa, kun tarkastellaan kallion puristuskestävyyttä. Kun rakenne ankkuroidaan kallioon, vesimenekin on oltava alle 1 l/min/MPa. Käytettävä koepaine on 0,1 MPa ylipaine suhteessa pohjavedenpaineeseen.

Kun on epäiltävissä, että tiiviiden maakerrosten alapuolella on pehmeitä hienorakeisia kerrostumia tai löyhiä välikerroksia, jotka vaikuttavat rakenteen toimintaan, on heijari- ja painokairausten määrän oltava riittävä näiden kerrosrajojen määrittämiseksi.

Kun rakenne perustetaan massanvaihdon varaan, kairauksia tehdään viisi tukea kohti. Neljä kairausta tehdään suunnitellun massanvaihdon nurkkiin ja yksi keskelle. Kairauksia tulee olla vähintään 20 m ruudussa.

Häiriintyneitä maanäytesarjoja otetaan vähintään yksi siltaa kohti. Epähomogeenisissa pohjaolosuhteissa otetaan näytteitä enemmän. Näytteitä otetaan syvyys-suunnassa yhden metrin välein kallion pintaan asti. Näytteistä määritetään maalaji ja vesipitoisuus sekä tarvittaessa humuspitoisuus, routivuus ja hienousluku.

Maapohjan vakavuuden selvittämiseksi tehdään hienorakeisten maakerrosten leikkauslujuuden määrittämiseksi siipikairauksia. Siipikairauksia tarvitaan myös paalujen nurjahdus- ja sivuvastustarkasteluissa. Siipikairauksia tehdään yksi tukea kohti. Siipikairauksien yhteydessä tulee ottaa joko häiriintymätön tai häiriintynyt näyte, josta määritetään vesipitoisuus ja hienousluku siipikairauslujuuden redusointia varten.

Pohjaveden pinta mitataan pohjavesiputkesta tai koekuopasta. Pohjavedenpinnan mittauksille varataan riittävästi aikaa. Mikäli paikallisen kokemuksen tai muiden tietojen perusteella tiedetään, että rakennustyö ei ulotu pohjavedenpinnan alapuolelle, ei pohjavedenpintaa tarvitse välttämättä mitata. Suunnitelmaselostuksen on sisällytettävä tiedot siitä pohjavedenasemasta, johon suunnitelma perustuu, vaikka sitä ei erikseen mitattaisikaan.

Lyömällä asennettavien tukipaalujen paalupituuden määrittäminen tulee perustua heijarikairauksiin maakerroksissa ja lisäksi porakonekairauksiin, jos paalujen arvioidaan tunkeutuvan lähelle kallionpintaa tai paalujen arvioidaan tunkeutuvan heijarikairaus-tien päättymistason alapuolelle. Heijari- tai puristinheijarikairaus lopetetaan tiiviissä maakerroksessa, kun lyöntien lukumäärä on yli 200 0,2 m tunkeumaa kohdin vähintään 1 metrin matkalla tai kun lyöntien määrä on yli 400 0,2 m tunkeumaa kohdin.

Porakonekairaukset ulotetaan vähintään 3 metriä kallioon ja vähintään 2 metriä paalun kärjen tavoitetason alapuolelle.

Paaluperusteisten siltojen osalta tehdään korroosiotutkimukset tie- tai rata-suunnitteluvaiheessa.

Kun silta suunnitellaan perustettavaksi hienorakeisten maakerrosten varaan, on mitoitusparametrit määritettävä laboratorioskokeilla. Hienorakeisista maakerroksista näytteet otetaan häiriintymättöminä. Painumaominaisuudet määritetään ödometrikkokeella. Leikkauslujuusparametrit määritetään tarvittaessa kolmiakσιαalikokeella. Näytesarjoja otetaan yksi tukea kohti. Jos kyseessä on putki-, rengaskehä- tai laattasilta, riittää yksi näytesarja siltaa kohti. Näytepisteessä otetaan näytteitä hienorakeisesta kerrostumasta syvyys-suunnassa yhden metrin välein. Tilavuuspaino, maalaji, vesipitoisuus ja kartiokoe tutkitaan syvyys-suunnassa yhden metrin välein. Näiden tulosten perusteella määritetään kerrosrajat ja valitaan ödometri- ja kolmiakσιαaliko-keiden tekotasot.

### **Geotekninen luokka 3. Erittäin vaativat kohteet**

Pohjatutkimukset tehdään sillan geoteknisen suunnittelijan laatiman pohjatutkimus-ohjelman mukaisesti. Tutkimusten tulee täyttää luokkien 1 ja 2 vaatimusten lisäksi hankkeen erityispiirteiden, kuten suunniteltavien pohjarakenteiden, rakentamisen ja ympäristöolosuhteiden vaativuus.

**Tunkattavien siltojen erityispiirteet:**

- siirtoratoihin liittyvät tutkimukset
  - siirtoratojen osalla on selvittävä mahdollinen louhintatarve luotettavasti ennakkoon, jotta lyhyellä siirtokatkolla ei tule ongelmia ”yllätyskallion” takia
- siltakannen valualustan perustamiseen liittyvät tutkimukset
  - tunkkauspuolen valintaan liittyvät tutkimukset mikäli pohjaolosuhteet vaihtelevat väylän poikkisuunnassa ja on mahdollisuus valita tunkkauspuoli pohjaolosuhteiden perusteella
- tunkattavan sillan tutkimusmäärä 2–3 kertaa isompi kuin normaalin paikalla rakennettavan sillan tutkimusmäärä
- useamman raiteen siltokauksissa on huomioitava siltalohkojen väliin jäävä alue ja sen mahdollinen tuentatarve
- sillan perustamistapa (lyömällä tai poraamalla asennettava teräsputkipaalu) on selvittävä luotettavasti, jotta alittavan väylän rakentamisen yhteydessä ei tule ongelmia paalun alapään pysyvyyden kanssa
- jokaisen siltapaalun ( $d > 350$  mm) kohdalta on tehtävä pohjatutkimus:
  - mikäli silta perustetaan porapaaluille, tehdään kunkin paalun kohdalta porakonekairaus; muut sillan ja tulopenkereiden suunnittelun ja mitoittamisen edellyttämät tutkimukset voidaan tehdä yleensä RSU:n (Ratatyön suojaulottuma) ulkopuolella
  - mikäli silta perustetaan tai harkitaan perustettavaksi lyöntipaaluille; tulee paalujen kohdilta tehdä sekä heijari- tai puristinheijarikairaus että porakonekairaus. Selkeissä pohjaolosuhteissa voidaan osassa sillan paaluja jättää toinen kairaus tekemättä. Muut sillan ja tulopenkereiden suunnittelun ja mitoittamisen edellyttämät tutkimukset voidaan yleensä tehdä RSU:n ulkopuolella



# Infra pohjatutkimusformaatin käyttö- esimerkkejä

## Kenttätutkimuspöytäkirjan otsikkotiedot

**KJ** (Mittausjärjestelmä): Annetaan koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä.  
Esim: KJ KKJ2 N6o.

**OM** (Tiedon omistaja): Annetaan tutkimustiedon omistava organisaatio.  
Esim: OM Liikennevirasto

**ML** (Maa- ja kalliolajiluokitus): Ilmoitetaan mitä luokitusta on käytetty.  
Esim: ML GEO (Myös teksti Geoluokitus käy)

**OR** (Tutkimusorganisaatio): Annetaan tutkimusten suorittaneen organisaation nimi.  
Esim: OR Pohjatutkimus Oy

**TY** (Työnumero): Annetaan tutkimuskohteen no ja nimi. No ja nimi ovat yleensä merkitty pohjatutkimusohjelmaan. Mikäli no tai nimeä ei ole, voi tutkimusten suorittaja antaa kohteelle no:n ja nimen.  
Esim: TY 1234 Haarajoen silta

**PK** (Pöytäkirja): Ilmoitetaan laaditun pöytäkirjan no, kairaaja (päteväksi osoitettu käyttäjä), tarkastaja (tutkimuspöytäkirjan tarkastanut vastaava asiantuntija) ja käsitelijä (tutkimustuloksia käsitellyt)  
Esim: PK 32 KK TJ KO (esim etu- ja sukunimien alkukirjaimet)

**TT** (Tutkimustapa): Ilmoitetaan tutkimustapalyhenne, luokka, tunnus 1, noudatettu standardi ja näytteenotin.  
Esim: TT NO o B ISO\_22475-1 ST2. Esimerkissä tutkimustapana on NO eli häiriintynyt näyte, luokka o (näytteen ottoluokkaa B ei merkitä koska parametriksi käy vain kokonaisluku. Tunnus 1 voi olla mikä tahansa pisteelle annettu tunnus, myös näytteen ottoluokka. Mikäli pisteelle ei haluta antaa tunnusta, tunnuksiksi tulee antaa ainakin o. Tutkimuksessa noudatettu standardi tai menetelmäohje, jonka mukaisesti tutkimus on suoritettu. ST2 on käytetty näytteenotin. (Huom näytteenotin voidaan vaihtaa eri syvyyksillä, tällöin näytteenotin merkitään syvyyksittäin havaintotiedostoon HM- tai TX-tunnuksella).

**LA** (Laitetiedot): Ilmoitetaan laitenumero ja laitteen selitysteksti.  
Esim: LA 3244 GM100. Esimerkissä on käytetty monitoimikairaa GM100, jonka no on 3244. Kun tehdään CPTU-kairausta tai siipikairausta annetaan tässä yhteydessä käytetyn CPTU kärjen no ja nimi vastaavasti siipikairalaitteen no ja kerrotaan käytetyn laitteen tyyppi.

**XY** (Koordinaattitiedot): Annetaan tutkimuspisteen X- ja Y- koordinaatit, kairauksen aloitustaso, päiväys ja pisteen tunnus.  
Esim: XY 722226.233 568710.832 68.395 20082015 K38

**LN** (Linjatiedot): Annetaan linjan nimi tai numero, paalu ja etäisyys

Esim: LN R12 230 -10. (Huom linjatieto ei ole pakollinen, jos koordinaattitiedot on annettu tai sitä tutkimusohjelmassa ei erikseen ole määrätty annettavaksi.)

**AL** (Alkukairaustieto): Annetaan alkukairauksen syvyys, alkukairauksen tapa, alkukairauksen maalaji.

Esim: AL 1.50 SI kuivakuorisavi. Esimerkissä alkukairauksen syvyys on 1.50 m, alkukairaukseen on käytetty suojaputkea ja maalajina kuivakuori savea.

**-1** (Päätymistapa): Osoittaa tutkimuksen päätymistavan. Sen käyttö on aina pakollista ja lyhenteen tulee olla jokin seuraavista vaihtoehdoista:

- TM Tiivis maakerros
- KI Kivi tai lohkare
- KL Kivi, lohkare tai kallio
- KA Kallio (kalliokairaus)
- KK Kallio (koekuoppa)
- MS Määräsyvyys
- KN Kiilautuminen kivien tai lohkareiden väliin
- JA Jatkuu toisena kairauksena

Esim: -1 KI

## Esimerkkejä formaatin käytöstä

### 1. Näytteenotto (häiriintymätön näytteenotto)

KK KKJ2 N60  
OM Liikennevirasto  
ML GEO  
OR Kairauspojat\_Oy  
TY 24888 Kariluoman\_silta\_224  
PK 122 OP PR KV  
TT NE o o ISO\_22475-1 ST2  
LA 22323 GM-100  
XY 722226.223 568710.832 68.395 20122008 38  
LN 2 28200.000 0.000  
TX Sää; -2 pilvipouta  
2.0 11 2.8  
3.1 12 3,5  
4.4 13 4.6  
-1 MS

## 2. Näytteenotto (häiritty näyte)

KK KKJ2 N6o  
OM Liikennevirasto  
ML GEO  
OR Kairauspojat\_Oy  
TY 24888 Kariluoman\_silta\_224  
PK 122 OP PR KV  
TT NO o o ISO\_22475-1 ST2  
LA 22323 GM-100  
XY 722226.223 568710.832 68.395 20122014 39  
LN 2 28200.000 0.000  
TX Sää; -2 pilvipouta  
2.0 11 2.8  
3.1 12 3,5  
4.4 13 4.6  
5.0 14 5.6  
6.0 16 6.6

TX Näytteissä 11 ja 12 käytetty kierrekairaa halkaisia 80 mm  
TX Näytteissä 13 ja 16 käytetty putkinäytteenotinta halkaisija 60 mm  
TX Tutkimuspiste tuettiin 100 mm suojaputkella  
-1 MS

## 3. CPTU-kairaus

KK KKJ3 N6o  
OM Liikennevirasto  
ML GEO  
OR Kairaus\_Oy  
TY 4888 Porvoo-Loviisa  
PK 56 KK PR KV  
TT CU 2 o SGY\_KO6  
LA 83212 Envi\_2  
XY 757423.788 581961.410 82.221 08102014 812  
LN 21 560.000 -4.000  
AL 1.500 SI  
TX Sää; +15 pouta  
1.525 0.0 19.000 7.630 161.000 Sa  
1.550 0.0 19.000 0.870 161.000  
1.575 0.0 19.000 0.820 167.000  
1.600 0.0 14.000 0.820 180.000  
1.625 0.0 14.000 0.710 180.000  
1.650 0.0 14.000 0.670 220.000  
1.675 0.0 10.000 0.670 246.000  
1.700 0.0 10.000 0.810 263.000  
1.725 0.0 9.000 0.790 223.000  
1.750 0.0 9.000 0.760 219.000  
1.775 0.0 9.000 0.890 208.000  
1.800 0.0 44.000 1.310 1171.000 Si  
1.825 0.0 46.000 8.850 946.000

-1 TM

**4. Heijarikairaus**

KK KKJ2 NN 60

OM Tieh

ML GEO

OR Kairaus\_Oy

TY 2468 Hki-Turku

PK 02 OP PR KV

TT HE o o ISO\_22476-2

LA 413380 GM-50 DPSH-A

XY 722226.223 568710.832 68.395 20122014 308

LN 2 28200.000 0.000

AL 0.20 Sr

TX Sää; -12 lumisade

0.400 2 Si

0.600 4

0.800 8

1.000 10

1.200 8

1.400 6

-----  
10.500 12

10.700 16 Hk

10.900 21

11.100 22

11.300 28

11.500 29

11.700 40

11.900 33

12.100 21

12.300 97 MR

12.500 91

12.700 67

12.900 46

13.020 200

-1 KL



### 5. Painokairaus

KK KKJ2 NN 6o  
OM Vantaan\_kaupunki  
ML GEO  
OR Pohjatutkimus\_Oy  
TY 24865 Oikotie  
PK 12 EV PR KV  
TT PA o o CEN/TS\_22476-10  
LA 523149 GM-100  
XY 706132.727 562222.212 50.039 49.90 28102014 958  
LN 1 400.200 -10.000  
TX Sää; +1 lumisade  
AL 0.20 Mr  
0.400 100.0 8 Si  
0.600 100.0 4  
0.800 100.0 8  
1.000 100.0 15  
1.200 100.0 20  
1.400 100.0 14  
1.600 100.0 20  
1.800 100.0 9  
2.000 100.0 3 Sa  
2.200 100.0 4  
2.400 100.0 3  
2.600 100.0 0  
5.200 50.0 0  
5.400 100.0 0  
5.600 100.0 5  
5.750 100.0 100 Mr  
-----  
8.600 100.0 57  
8.750 100.0 140  
9.300 0.0 -5  
9.480 100.0 150  
9.500 0.0 -5  
-1 KI

### 6. Siipikairaus

KK HKI N6o  
OM Helsingin\_kaupunki  
ML GEO  
OR Kairaus\_Oy  
TY 248 Laaksonkatu  
PK 03 OP PR KV  
TT SI o o SGY\_KO2  
LA EVB-0020 Geotech\_sähköinen  
XY 722960.972 569067.327 70.070 69.850 02042012 16  
LN 1 440.000 25.000  
TX Sää; +14 heikko sade  
AL 0.50  
1.00 130.1 105.5  
1.50 64.4 46.2

2.00	21.4	15.4
2.50	23.6	10.4
3.00	24.0	11.0
3.50	30.0	21.5
4.00	21.6	16.8
4.50	21.6	11.1
5.00	17.8	9.4
5.50	24.6	11.1
6.00	22.0	14.8
6.50	38.3	29.5

-1 TM

**7. Puristin-Heijarikairaus**

KK KKJ2 N60  
 OM Liikennevirasto  
 ML GEO  
 OR Kairauspojat\_Oy  
 TY 24888 Hki-Turku  
 PK 22 KM PR KV  
 TT HP o o SGY\_KO6  
 LA 283212 GM-200  
 XY 6712338.016 2562933.285 52.000 27052015 27  
 LN 980.000 -20.000  
 AL 0.000

0.040	1.730	31	P	Si
0.080	2.003	31	P	
0.120	2.233	31	P	
0.160	2.596	31	P	
0.200	2.960	31	P	
0.240	2.955	22	P	

-----

1.080	3.030	24	P
1.120	2.971	24	P
1.160	2.875	24	P
1.200	2.709	24	P
1.240	2.575	17	P

-----

8.920	1.093	21	P
8.960	0.991	21	P
9.000	1.259	21	P
9.040	2.463	82	P
9.080	2.961	82	P Mr
9.200	5	82	H
9.400	37	77	H
9.600	16	87	H
9.800	14	64	H
10.000	37	60	H
10.075	1728	82	H

-1 KL



