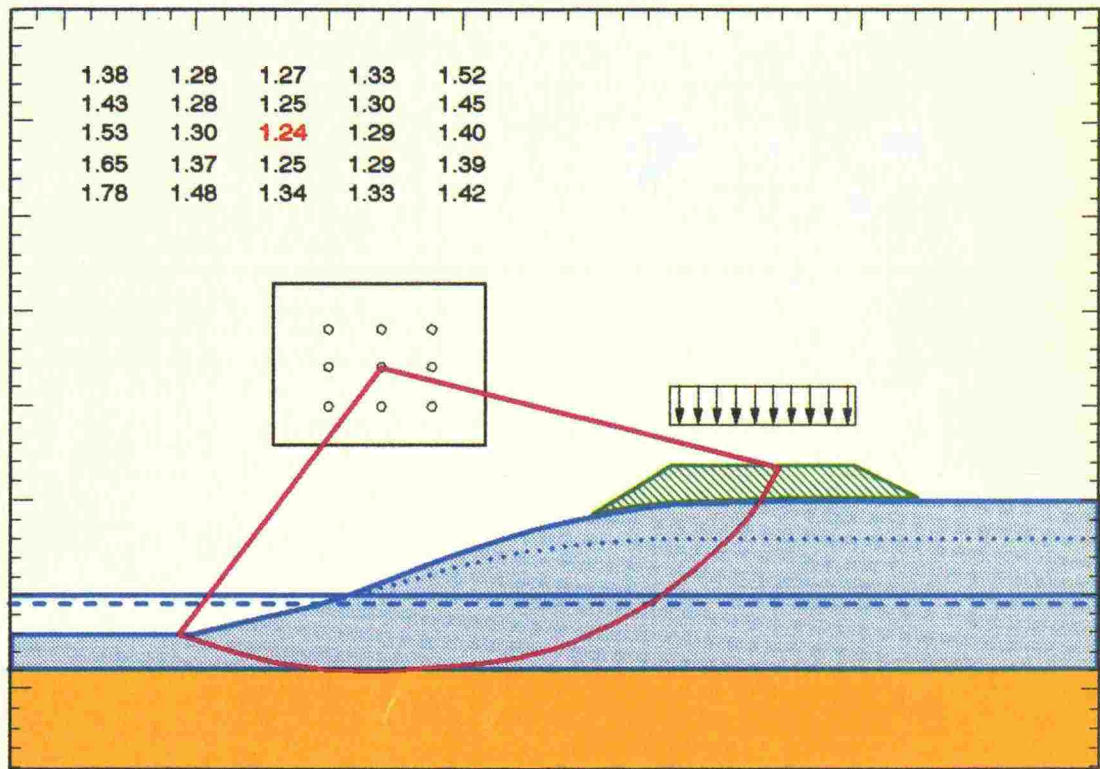


Tielaitos

Geotekniset laskelmat

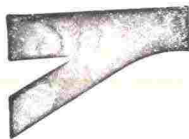


Geotekniikka
ja geologia

Helsinki 1996

Geokeskus

VANHENTUNUT



Tielaitos
Kirjasto

Doknro: 960588
Nidenro: 960801

Geotekniset laskelmat

Tielaitos
Geokeskus

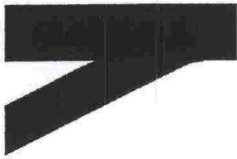
Helsinki 1996

ISBN 951-726-212-4
TIEL 2180002
Oy Edita Ab
Helsinki 1996

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotepalvelut
Telefax (90) 1487 2652

Joutsenmerkin arvoinen paperi

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721
1.10.1996 lukien: 0204 44 150



Tielaitos

MUU OHJAUS

96/20/Gk-45

8.5.1996

387/96/20/TIEL

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit
Palvelukeskukset

SÄÄDÖSPERUSTA

KORVAA/MUUTTA

KOHDISTUVUUS
Tielaitos

VOIMASSA
1.6.1996 - toistaiseksi

ASIASANAT
Geotekniset laskelmat

GEOTEKNISET LASKELMAT, TIEL 2180002

Tämä julkaisu kattaa geoteknisten laskelmien tekemistä, esittämistä ja arkistointia koskevat ohjeet.

Ohjeessa on esitetty johdonmukaisista laskelmista ja niiden systemaattisesta arkistoinnista koituvat hyödyt, laskelmien yleiset vaatimukset ja yksityiskohdalliset vaatimukset erilaisien rakenteiden suunnittelussa sekä laskelmien viihestely ja arkistointi.

Apulaisjohtaja


Aarno Valkeisenmäki

Diplomi-insinööri


Pentti Salo

TIEDOKSI

Tiehallinto
Tiepiirien geoinsinöörit ja geologit
TIEL kirjasto
Oy VR-Rata Ab
Ilmailulaitos
Geotekniset osastot: Helsinki, Espoo, Vantaa
Insinööritoimistot erillisen listan mukaan
Työryhmän jäsenet

LISÄTIETOJA

- Pentti Salo, geokeskus
- Matti Kolhinen, geokeskus

JAKELU/MYYNTI

- Painotuotemyynti
Opastinsilta 12 A tai PL 33
00521 HELSINKI
Puh. (90) 148721

Alkusanat

Geoteknisillä laskelmilla on tärkeä merkitys tien suunnittelu- ja rakentamisprosessin laadukkaassa toteuttamisessa aina tien yleissuunnitelman laadimisesta käytönaikaisten ongelmien selvittämiseen saakka.

Tärkeät suunnitteluvaiheet tie- ja rakennussuunnittelu ovat suunnittelukäytännön muuttuessa ajallisesti eriytyneet. Suunnittelijakin saattaa vaihtua. Urakoitsijat tarjoavat yhä useammin omia vaihtoehtojaan perustusten ja pohjarakenteiden toteuttamiseksi. Selkeiden laskelmien ja niiden vaivattoman saatavuuden merkitys korostuu erityisesti, kun on tarpeen siirtää tietoa suunnitteluperusteista suunnittelijalta toiselle.

Tämä julkaisu pyrkii korjaamaan geoteknisien laskelmien tekemistä ja esittämistä koskevia puutteita. Julkaisun toivotaan myös antavan virikkeitä suunnittelijoiden laatujärjestelmien kehitystyölle.

Ohjeen laatineeseen työryhmään ovat kuuluneet Pentti Salo (pj.), Panu Tolla ja Matti Kolhinen (siht.) geokeskuksesta sekä prof. Jorma Hartikainen. Ohjeessa on otettu huomioon tielaitoksen sekä konsulttitoimistojen palveluksessa olevilta asiantuntijoilta saadut lausunnot.

Tielaitos

Geokeskus

SISÄLTÖ

1 OHJEEN TAUSTA JA TARKOITUS	9
2 LASKELMIEN YLEISET VAATIMUKSET	10
2.1 Suunnittelu- ja mitoituskäytäntö	10
2.2 Käytettävät laskumenetelmät	11
2.3 Käytettävät mitoitusparametrit	11
2.4 Laskelmakansion sisältö	11
2.5 Käsilaskennat	12
2.6 Atk-laskennat	13
3 LASKELMAT ERI SUUNNITTELUVAIHEISSA	14
3.1 Yleissuunnitteluvaihe	14
3.2 Tiesuunnitteluvaihe	14
3.3 Rakennussuunnitteluvaihe	15
3.4 Rakennusvaihe	15
3.5 Käyttövaihe	15
4 TIERAKENTEIDEN GEOTEKNISET LASKELMAT	15
4.1 Noudatettavat ohjeet	15
4.2 Tien pohjarakenteet	16
4.2.1 Alueellinen vakavuus	16
4.2.2 Tiepenkereen vakavuus	16
4.2.3 Tiepenkereen painumat	17
4.2.4 Tieleikkauksen vakavuus	18
4.2.5 Tien pohjanvahvistukset ja perustaminen	19
4.3 Tien päällysrakenne	22
4.3.1 Kuormituskestävyys	22
4.3.2 Routamitoitus	22
4.4 Kuivatusrakenteet	23
4.5 Muut tierakenteet	23
5 SILTOJEN GEOTEKNISET LASKELMAT	24
5.1 Noudatettavat ohjeet	24
5.2 Alueellinen vakavuus	24
5.3 Maavaraiset perustukset	24
5.4 Paaluperustukset	25
5.5 Siltojen maarakenteet	27
5.6 Väliaikaiset rakenteet	27
6 YMPÄRISTÖNSUOJAUKSEN GEOTEKNISET LASKELMAT	29
6.1 Suotovirtaus, pohjaveden aleneminen	29
6.2 Ympäristön painumat	29
6.3 Ympäristön rakenteet	30
6.4 Muut laskelmat	30

<u>7</u>	<u>TALOUDELLISET VERTAILULASKELMAT</u>	<u>30</u>
<u>8</u>	<u>LASKELMIEN VIIMEISTELY, KANSIOINTI JA ARKISTOINTI</u>	<u>31</u>

1. OHJEEN TAUSTA JA TARKOITUS

Geotekniset laskelmat tehdään perustus- ja pohjarakenteiden geotekniseksi mitoittamiseksi sekä niiden tulevan käyttäytymisen, kestävyys-, taloudellisuuden ja ympäristövaikutuksien arvioimiseksi. Tässä ohjeessa käsitellään geoteknisiä laskelmia tie- ja siltahankkeiden eli penkereiden, leikkauksien, siltojen, kuivatusrakenteiden, muiden tierakenteiden ja väliaikaisten rakenteiden osalta.

Ohjeen tarkoituksena on parantaa geoteknisten laskelmien tekemistä, esitystapoja ja arkistointia. Laskelmien tulee olla tarkastettavissa ja hankkeen myöhemmissä toteutusvaiheissa hyödynnettävissä riippumatta siitä, missä vaiheessa ja kenen palveluksessa ne on tehty.

Ohjeita sovellettaessa voidaan sopia tapauskohtaisista tarkennuksista ja selvennyksistä.

Selkeistä laskelmista ja niiden huolellisesta arkistoinnista on seuraavat hyödyt.

Suunnittelutyö

Tiehankeen suunnittelu kestää usein vuosia. Tiehanke yleensä koostuu useista geoteknisistä suunnittelukohteista, esimerkiksi pehmeikköalueista ja silloista, joissa ongelmat saattavat olla hyvin erilaisia. Selkeät laskelmat ja niiden systemaattinen taltiointi auttaa suunnittelijaa itseään asiakokonaisuuden hallitsemisessa.

Tarkastaminen

Suunnitelmien tarkastaminen on erityisen tärkeää geoteknisessä suunnittelussa, jossa on alituinen vaara näkemyksen yksipuolisuudesta ja joidenkin näkökohtien huomaamatta jäämisestä. Hyvät laskelmat helpottavat tarkastustyötä ja vähentävät tarkistuslaskentojen tarvetta.

Suunnittelun laatujärjestelmät tulevat lisäämään suunnitteluorganisaatioiden sisäistä tarkastusta. Tämä voi jatkossa antaa mahdollisuuksia tilaajan tarkastuksen vähentämiseen ja keskittymiseen suurempiin periaatekysymyksiin.

Tulevat suunnitteluvaiheet

Tie- ja siltahankkeille tyypillisiä ovat useat suunnitteluvaiheet, joiden välillä saattaa olla vuosienkin tauko. Suunnittelijakin voi vaihtua. Aikaisemman vaiheen työsuorituksien hyödyntämiseksi tarvitaan hyvin tehtyjä ja arkistoituja laskelmia.

Työnaikainen muutos- ja täydennyssuunnittelu

Eräiden rakennustapojen osalta suunnittelu jatkuu rakennusvaiheessa. Usein rakennusvaiheessa tehdään geoteknisiä tarkkailumittauksia, joiden tulokset saattavat johtaa tarkistuslaskentoihin. Myös olosuhteiden muuttumisesta, erilaisista työtavoista tai työssä sattuneista vaurioista aiheutuvat suunnitelman tarkistukset ja muutokset ovat yleisiä. Suunnitteluvaiheessa

tehdyt täsmälliset laskelmat nopeuttavat ja helpottavat tarkistuslaskelmia ja ratkaisujen tekemistä eikä kaikkea tarvitse tehdä alusta alkaen uudelleen.

Rakentajien vaihtoehdot

Rakentajien vaihtoehdot saattavat koskea työtapoja, rakenteellisia yksityiskohtia tai koko perustamistavan muuttamista. Perussuunnitelman laskelmista on hyötyä ehdotuksen arvioinnissa ja ne antavat vertailukohteen muutosehdotukselle.

Rakentajien vaihtoehtojen lopullisia geoteknisiä laskelmia koskevat samat vaatimukset kuin perussuunnitelmaakin.

Käyttövaiheen tarkkailu ja vauriot

Käyttövaiheessa saatetaan joutua tekemään vaurioselvityksiä ja korjaussuunnittelua sekä rakenteiden pitkäaikaista tarkkailua. Korjausratkaisuissa vanhoja rakenteita pyritään sellaisenaan tai vahvistettuina käyttämään hyväksi. Rakenteita koskevat selkeät laskelmat auttavat selvityksissä ja muodostavat pohjan korjaussuunnittelulle.

Tulevat rakennustyöt

Teitä parannetaan tulevaisuudessa yhä enemmän ja vanhoja rakenteita pyritään tällöin aina mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään. Kyseessä saattaa olla toinen ajorata, kevyen liikenteen väylä tai kokonaan toinen risteävä tai sivuava väylä. Tällöin tarvitaan vanhojen rakenteiden suunnitelmia ja mitoituslaskelmia.

2. LASKELMIEN YLEISET VAATIMUKSET

2.1 Suunnittelu- ja mitoituskäytäntö

Teiden ja siltojen geotekniset suunnittelu- ja mitoituslaskelmat tehdään tois-
laiseksi nykyisten voimassaolevien, tässä ohjeessa mainittujen suomalaisten ja tielaitoksen ohjeiden mukaisesti.

Nykyisen käytännön rinnalla voidaan tehdä vertailulaskelmia käyttäen eurooppalaista geoteknistä suunnittelua koskevaa esistandardia Eurocode 7:ää ja sen kansallista sovellutusohjetta (NAD):

- ENV 1997-1
Eurocode 7 part 1
Geotechnical design - general rules

- Kansallinen soveltamisasiakirja NAD(FIN)
ENV 1997-1
Eurocode 7 part 1
Geotechnical design - general rules.

Esistandardeja ei vielä noudateta tielaitoksen suunnittelutyössä, mutta vertailulaskelmien tekemistä ja käyttökokemuksien kartuttamista tulee suosia, koska tällä tavoin voidaan vaikuttaa lopullisen suunnittelustandardin sisältöön.

Eurocode 7:n mukainen suunnittelukäytäntö, jossa hankkeen geotekniikka esitetään erillisenä kokonaisuutena, poikkeaa tielaitoksen käytännöstä, jossa geotekninen suunnitelma on nivelletty muuhun suunnitelmaan pyrkimyksenä rakentamisen kannalta yhtenäinen esitystapa. Eurocode 7:n pohjalta laaditussa kansallisessa sovellusohjeessa (NAD) vaatimukset on muunnettu seuraaviksi: "Geotekninen suunnitelma esitetään työselityksinä ja pohjarakennuspiirustuksina. Mitoituslaskelmat ja yhteenveto lähtöoletuksista, lähtötiedoista sekä varmuus- ja käyttökelpoisuustarkasteluista esitetään erillisessä geoteknisessä suunnitteluraportissa"

Tämän ohjeen mukaisesti tehdyt laskelmat vastaavat sisällöltään kansallisen sovellusohjeen "geoteknistä suunnitteluraporttia".

2.2 Käytettävät laskumenetelmät

Käytettävien laskumenetelmien tulee olla alalla yleisesti hyväksytyjä ja käytettyjä. Mikäli halutaan soveltaa uusia tai kehitysvaiheessa olevia menetelmiä, sovitaan niiden käytöstä tilaajan kanssa.

Numeeristen menetelmien käyttämistä erityisesti vaativissa ja myös tavanomaisissa kohteissa on suositeltavaa, mutta niitä käytettäessä on tehtävä vertailulaskelmat klassisilla menetelmillä (kts. kohta 2.6).

Tavallisimpia tie- ja siltageotekniikan laskentamenetelmiä koskevat ohjeet ja ohjeluonteiset julkaisut on esitetty kohdissa 4.1 ja 5.1.

2.3 Käytettävät mitoitusparametrit

Laskelmissa käytettävien parametrien tulee olla pohjatutkimuksista huolellisesti ja asiantuntemuksella johdettuja. Pohjatutkimuksien tulee olla riittävät mitoitusparametrien arvioimiseen ratkaisun teknis-taloudellinen merkitys huomioonottaen.

Atk-ohjatuista laboratoriokokeista, kuten ödometri- ja kolmiakσιαalikokeista, suunnittelija saa nykyisin valmiiksi parametrien lukuarvot. Nämä on suunnittelijan aina huolellisesti tarkastettava ja tarvittaessa korjattava näkemyksensä mukaiseksi. Samoin on tehtävä ohjeiden mukaiset tai muuten perustellut redusoinnit. Nämä on tehtävä siten, että laskelmien lähtötiedoista selviää, miten suunnittelija on laboratoriotuloksista ja in situ- mittauksista päätenyt laskelmissa käyttämiinsä lähtöarvoihin.

Kun mitoituslaskelmien lähtöarvoissa on pohjasuhteista tai pohjatutkimuksista johtuvaa epävarmuutta tai laskelmissa käytetään suunnittelijan arvioita esimerkiksi leikkausluiskan huokospaineista, mitoitusratkaisuja sekä kustannusvaikutuksia tulee testata herkkyysanalyysin keinoin.

2.4 Laskelmakansion sisältö

Suunnittelutyön alusta lähtien laskelmat olisi ryhmiteltävä kansioon, jota täydennetään ja karsitaan suunnittelutyön aikana siten, että työn

päätyessä laskelmat ovat valmiit sekä monistus- ja arkistointikelpoiset kohtuullisella viimeistelytyöllä.

Laskelmakansion ryhmittely voidaan tapauskohtaisesti harkita hankkeen luonteen mukaisesti. Tärkeintä on selkeys ja johdonmukaisuus. Seuraavalaista ryhmittelyä voidaan suositella:

Kansilehti

Sisällysluettelo

- Kohde 1
- Kohde 2
- Kohde 3 jne.

Mitoitusselostus: kohde 1

- Lähtötiedot
- Geotekniset laskelmat
- Johtopäätökset

Mitoitusselostus: kohde 2

- Lähtötiedot
- Geotekniset laskelmat
- Johtopäätökset

Mitoitusselostus: kohde 3

- Lähtötiedot
- Geotekniset laskelmat
- Johtopäätökset jne.

Kansilehdellä esitetään hankkeen nimi ja suunnitteluvaihe. Lisäksi kansilehdelle tulevat päiväys sekä tekijöiden ja tarkastajien nimikirjoitukset, nimien selvennykset sekä toimipaikat.

Sisällysluettelosivulla hanke jaetaan erillisiin geoteknisiin suunnittelukohteisiin, esimerkiksi pehmeikköalueisiin ja siltoihin. Kohteet numeroidaan ja sisältö erotetaan hakulehdillä helposti löydettäväksi.

Mitoitusselostus on luettelo kunkin geoteknisen kohteen laskelmista, jotka numeroidaan löytämisen helpottamiseksi. Laskelmat ryhmitellään loogiseen järjestykseen. Mitoitusselostuksessa esitetään, mitä rakennustapaa, työvaihetta, kuormitustilannetta jne. kussakin mitoituslaskelmassa on käsitelty.

Lähtötiedoissa esitetään geotekniset maakerrokset, laboratoriotutkimuksista johdetut mitoitusparametrit käytettyine redusointeineen sekä kuormitukset.

Geotekniset laskelmat käsittävät varsinaiset mitoituslaskelmat.

Johtopäätöksissä todetaan mitoitusvaatimusten täyttyminen ja esitetään, millaisiin suunnitelmaratkaisuihin laskelmien perusteella on päädytty.

2.5 Käsilaskennat

Käsilaskelmat voidaan tehdä selvällä käsialalla kirjoittaen monistuskelpoiseen muotoon.

Vaikka käsilaskelmat tehtäisiin yleisesti käytössä olevilla tavanomaisilla menetelmillä, esitetään aina käytetty kaava, johon tapauskohtaiset mitoitusarvot sijoitetaan. Jos käytetyt merkinnät poikkeavat kohdissa 4.1 ja 5.1 mainituissa ohjeissa käytetyistä, esitetään merkintöjen selitykset.

Jos käytetyt menetelmät ovat muita kuin kohdissa 4.1 ja 5.1 mainituissa ohjeissa esitettyjä, mainitaan lähde, missä menetelmä on riittävän täydellisenä esitetty. Jos lähde on lyhyt, siitä otetaan kopio liitteeksi. Jos sovelletaan itse kehitettyjä tai muunnettuja menetelmiä, niiden johto esitetään joko laskelman alussa tai erillisellä liitteellä.

2.6 Atk-laskennat

Suunnittelukustannuksien alentamiseksi ja laskelmien käsittelyn helpottamiseksi edellytetään, että sellaiset suuritöiset usein toistuvat laskelmat kuten vakavuus, kantokyky, painumat jne. lasketaan yleensä atk-ohjelmilla. Riittävästi testatut kaupallisina sovellutuksina saatavissa olevat ohjelmat ovat hyväksyttäviä, ellei hankekohtaisesti muuta sovita. Jos suunnittelussa käytetään vähemmän tunnettuja tai yrityksen tai suunnittelijan omia ohjelmia, esitetään tilaajalle niissä käytetyt periaatteet ja laskelmakansioon sijoitetaan lyhyt selostus ohjelmasta.

Laskelmien yhteydessä on selvästi esitettävä, mitä atk-ohjelmaa ja ohjelma-versiota on käytetty.

Numeerisiin menetelmiin perustuvilla ohjelmilla on kokemuksen saamiseksi suositeltavaa tehdä vertailulaskentoja. Tuloksia voidaan liittää varsinaisiin laskelmiin, mikäli ne eivät ole ristiriidassa klassisilla menetelmillä saatujen tulosten kanssa ja antavat lisätietoa esimerkiksi siirtymien suuruudesta. Pohjarakennustapoja koskevia merkittävämpiä päätöksiä voidaan perustaa pääasiassa näillä menetelmillä saatuihin laskentatuloksiin, mikäli käytetty ohjelmaa on sovellettu kyseisen ongelman selvittämiseen ja laskelman tekijällä on kokemusta sekä kyseisestä ongelmasta että käytetystä ohjelmasta.

Numeerisilla menetelmillä voidaan selvittää useita sellaisia asioita, joiden analysointi ei ole mahdollista klassisen geotekniikan menetelmillä.

Numeerisiin menetelmiin perustuvia atk-laskentoja sekä esimerkiksi paalutuksen suunnitteluun ja toteuttamiseen liittyviä atk-käsittelyitä voidaan myös teettää alihankintana henkilöillä, joilla on ohjelmat käytössään ja kokemusta niiden käytöstä. Tällöin työn teettäjän on kuitenkin erityisen huolellisesti varmistettava lähtötietojen oikeellisuus ja laskennan tekijän kanssa vastattava lopputuloksien oikeasta tulkinnasta.

Atk-laskennan tulostuksen tulee käsittää lähtöarvot täydellisinä siten että niiden perusteella maastomalli voidaan tarvittaessa syöttää ohjelmaan uudelleen. Laskentatulostuksen tulisi olla mahdollisimman havainnollinen ja yksinkertainen ja sellainen, että maastomallin geometria voidaan pohjatutkimuspiirustukseen vertaamalla helposti tarkastaa.

Mikäli tulostus, esimerkiksi vanhempia ohjelmia käytettäessä, käsittää suurehkon määrän numeerisessa muodossa olevaa tietoa, se voidaan esittää erillisenä liitteenä.

3. LASKELMAT ERI SUUNNITTELUVAIHEISSA

Geoteknisiä laskelmia joudutaan tekemään yleis-, tie- ja rakennussuunnitteluvaiheissa, monesti rakennus- ja joskus käyttövaiheessa. Laskelmien tarkoitus ja vaadittava tarkkuus saattavat vaihdella.

3.1 Yleissuunnitteluvaihe

Geoteknisiä laskelmia tarvitaan yleissuunnittelussa esimerkiksi:

- kohteista, joilla alueellinen vakavuus voi olla heikko ja tämä voi vaikuttaa merkittäväällä tavalla tien linjaukseen tai rakennuskustannuksiin,
- teknisesti vaikeista kohdista, joita ovat esimerkiksi syvät leikkaukset savialueilla,
- kohteista, joissa rakennuskustannukset tulevat olemaan suuret ja ratkaisulla on merkittävä vaikutus linjausvaihtoehtojen vertailussa,
- kohteista, joissa ympäristövaikutukset ovat merkittäviä, esimerkiksi pohjaveden aleneminen pehmeikölle perustettujen rakennusten läheisyydessä.

Geotekniset tarkastelut erityisesti alueellisen vakavuuden ja ympäristövaikutuksien osalta saattavat tarvittaessa olla lähes tiesuunnitelmatasoisia.

Yleissuunnittelussa joudutaan tekemään merkittäviäkin ratkaisuja suhteellisen vähäisillä pohjatutkimuksilla. Tarvittaessa on herkkyyksianalyysin keinoin selvitettävä, miten pitäviltä periaateratkaisut vaikuttavat sekä mitkä ovat kustannusvaikutukset, jos lähtöarvot poikkeaisivat otaksutuista.

Yleissuunnittelussa tehdään suurien vesistösiltojen tai muutoin merkittävien siltojen esisuunnittelua, jonka yhteydessä perustamistapojen alustavaa suunnittelua ja niihin liittyviä alustavia laskelmia tehdään tapauskohtaisten tarpeiden mukaisesti.

3.2 Tiesuunnitteluvaihe

Nykyinen suunnitteluprosessi, jossa rakennussuunnittelu liittyy saumattomasti rakentamiseen, asettaa tiesuunnitelman geoteknisille ratkaisuille entistä suuremmat vaatimukset. Tiesuunnitelmaa varten on selvitettävä lähes poikkeuksetta lopulliset rakennustavat. Näistä johdetaan tarvittavat aluevaraukset esimerkiksi vastapenkereille, kevennysleikkauksille ja läjitysalueille sekä kustannukset. Vakavuus- ja painumalaskelmista merkittävä osa tehdään tässä suunnitteluvaiheessa. Rakenteiden yksityiskohtien mitoitus kuuluu rakennussuunnitteluun.

Tulevaan rakennussuunnitteluun pyritään kuitenkin mahdollisuuksien mukaan järjestämään liikkumavaraa, jos se on yksinkertaisin keinoin esimerkiksi aluevarauksin toteutettavissa.

Kaikki ympäristövaikutusselvitykset, joita ei ole tehty vielä yleissuunnittelussa, tehdään tiesuunnitteluvaiheessa.

Siltojen yleissuunnittelu tehdään normaalisti tiesuunnitteluvaiheessa tai vesioikeuskäsittelyä varten. Geoteknisessä suunnittelussa määritetään sillan

ja tulopenkereiden perustamistavat ja tehdään näiden edellyttämät geotekniset laskelmat. Vesioikeuskäsittelyä varten joudutaan arvioimaan myös vaihtoehtoiset perustamistavat mm. rakentajien vaihtoehtojen mahdollistamiseksi.

3.3 Rakennussuunnitteluvaihe

Pienissä hankkeissa tiesuunnitelma tehdään usein rakennussuunnitelmataisoiseksi. Isoissa hankkeissa tehdään erillinen rakennussuunnitelma.

Rakennussuunnittelussa suunnitelmat ja laskelmat tarkennetaan lopullisiksi. Tuloksena ovat rakennuspiirustukset ja työselitykset tai laatuvaatimukset.

Aikaisemmin useimmiten yhtäjaksoisesti toteutetut tie ja rakennussuunnitteluvaihe ovat eroamassa siten, että rakennussuunnitelma tehdään välittömästi ennen rakentamista ja sekin eräiltä osin, esimerkiksi isoissa hankkeissa siltojen rakennesuunnittelu, rakennusvaiheessa. Laskelmien ja suunnitelmien vaatimuksia tämä ei muuta, mutta rakennussuunnittelussa voi ylimääräisiä vaikeuksia aiheutua suunnitteluajan lyhydestä. Tiesuunnitteluvaiheen selvitysten luotettavuuden ja käyttökelpoisuuden merkitys korostuu tällöin.

Rakennussuunnittelu- tai rakennusvaiheessa tehdään siltojen rakennussuunnittelu. Tällöin perustamistavat tarkistetaan ja tehdään yksityiskohtainen rakenteellinen ja geotekninen mitoitus.

3.4 Rakennusvaihe

Rakennuttamisen yhteydessä tehtävät laskelmat ovat erilaisia tarkistuslaskentoja, muutoksien aiheuttamia sekä rakentajien vaihtoehtojen käsittelyä. Joskus joudutaan tekemään vaurioselvityksiä ja korjaussuunnittelua. Nämä laskelmat eivät eroa rakennussuunnittelun laskelmista.

Eräät laskelmat, kuten paalujen kantavuuden lopullinen määrittäminen lyöntivastuksen perusteella tai iskuaaltomittauksilla, voidaan tehdä vasta rakentamisen yhteydessä.

Läjäytysalueiden yksityiskohtaista geoteknistä suunnittelua on usein tehty vasta rakennusvaiheessa alueiden ja lopullisen läjitystarpeen selvityksessä.

3.5 Käyttövaihe

Käyttövaiheen laskentatarve liittyy erilaisiin tarkkailutehtäviin sekä vaurioselvityksiin ja korjaussuunnitteluun. Näissä saattavat tulla kyseeseen kaikki samat asiat kuin suunnitteluvaiheissakin.

4. TIERAKENTEIDEN GEOTEKNISET LASKELMAT

4.1 Noudatettavat ohjeet

Tierakenteiden geoteknisissä laskelmissa noudatetaan seuraavia ohjeita:

- Tiegeotekniikan yleiset mitoitusperusteet. TIEL 3200150
- Pohjanvahvistusmenetelmän valinta. TIEL 3200149
- Maavarainen tiepenger savikolla. TIEL 3200276
- Nauhapystyöjitys. TIEL 200251
- Pengerpaalutus. TIEL 3200147
- Massanvaihto. TIEL 3200127
- Tiepenkereen siirtymärakenteet pehmeiköllä. TIEL 3200248
- Lyöntipaalutusohjeet LPO-87. SGY.
- Rakennuskaivanto-ohje. RIL 181-1989.
- Putkikaivanto-ohje. RIL 194-1992.

Tapauskohtaista harkintaa käyttäen voidaan soveltaa seuraavia väliaikaisiksi katsottavia ohjeita:

- Syvästabilointiohje STO-91. Rakennusaineteollisuusyhdistys.
- Geovahvisteiden käyttö. TTK 1995.

4.2 Tien pohjarakenteet

4.2.1 Alueellinen vakavuus

Suunniteltaessa tie- ja siltarakenteita alueille, joilla luonnontilainen vakavuus on heikko, voidaan alustavia tarkasteluja tehdä siipikairauksien perusteella liukupinta-analyysinä $\sigma = 0$ -menetelmällä. Vaativammissa tapauksissa, maaston korkeuserojen ollessa merkittäviä tai $\sigma = 0$ -menetelmällä lasketun varmuuden ollessa alle 2.5, varsinaiset laskelmat tehdään kolmiaksaalikoekoiden ja pitkäaikaisten huokospainemittauksien perusteella liukupinta-analyysinä $c\sigma$ -menetelmällä. Tarvittaessa on tutkittava myös ympyränmuodosta poikkeavia yhdistettyjä liukupintoja.

Liukupintoja lasketaan sellainen määrä eri pisteiden kautta kulkevin ja eri kerrosrajoja sivuavina, että vaarallisimmat liukupinnat saadaan selvitettyksi.

Vaativissa tapauksissa pitäisi tehdä lisäksi tarkastelu numeerisilla menetelmillä. Tällöin saadaan myös lisätietoa siirtymistä ja progressiivisen murtuman mahdollisuudesta.

Laskennassa käsiteltävät leikkaukset on valittava siten, että rakennusalueen ja sen välittömän ympäristön vakavuus vaarallisimmassa suunnassa tulee selvitettyksi.

4.2.2 Tiepenkereen vakavuus

Koheesiomaan varaan rakennettavan penkereen vakavuus lasketaan $\sigma = 0$ -menetelmällä ohjeen "Maavarainen tiepenger savikolla" TIEL 3200276 mukaisesti.

Penkereen vakavuus selvitetään laskelmilla, ellei vakavuus suuruusluokkatarkasteluilla osoittaudu selvästi riittäväksi. Mikäli varmuus on alle 2.5, riittää vakavuuden tarkistaminen esimerkiksi yksinkertaisia peruskaavoja tai käyrästäjä käyttäen. Jos varmuus on alle 2, vakavuus selvitetään varsinaisin tulostetuin laskelmin.

Mikäli painumat tulevat olemaan merkittäviä, on arvioitava rakennusaikaiset painumat sekä sellaiset rakennustyön jälkeen tapahtuvat painumat, jotka joudutaan korjaamaan, ja otettava huomioon niiden johdosta tehtävän lisätäytön vaikutus vakavuuteen.

Laskennassa käsiteltävät leikkaukset tulee valita siten, että vakavuus vaarallisimmassa suunnassa tulee selvitettyksi. Erityisesti laskelmilla on tarkistettava vakavuus lähistöllä sijaitsevien uomien ja tieleikkauksien suuntaan.

Liukupintoja lasketaan sellainen määrä, että vaarallisimmat liukupinnat saadaan selvitettyiksi.

Vakavuudeltaan heikon alueen ollessa lyhyt, esimerkiksi uoman kohta, voidaan käyttää kolmiulotteista laskentamallia esimerkiksi täydentämällä atk:lla laskettua kaksiulotteista tarkastelua käsilaskennoin.

Vaativissa tapauksissa pitäisi tehdä lisäksi tarkastelu numeerisilla menetelmillä.

4.2.3 Tiepenkereen painumat

Hienorakeisella maapohjalla penkereen painumien suuruusluokka arvioidaan aina. Laskennallinen tarkastelu tehdään, mikäli suuruusluokkatasoiset arviot tai esimerkiksi vesipitoisuuksien perusteella tehdyt alustavat tarkastelut osoittavat painumilla olevan merkitystä rakennus- tai käyttövaiheessa.

Painumalaskelmat tehdään kyseisestä pehmeikköalueesta tehdyistä ödometrikokeista saatujen suunnittelijan tarkistamien mitoitusarvojen pohjalta.

Painumalaskelmat voidaan tehdä pelkästään vesipitoisuuksien perusteella vähäliikenteisten paikallisten teiden rakentamista tai korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa. Edellytyksenä on kuitenkin, että maakerroksien voidaan arvioida olevan normaalikonsolidoituneita tai vastaavista olosuhteista tehtyjen ödometrikokeiden perusteella konsolidaatioaste voidaan tyydyttävällä tarkkuudella arvioida ja ottaa huomioon.

Painumat lasketaan ohjeen "Maavarainen tiepenger savikolla" TIEL 3200276 mukaisesti. Vaativissa tapauksissa, esimerkiksi tutkittaessa korkean penkereen vaiheittain pengertämistä tai penkereen sivusiirtymien vaikutusta muiden rakenteiden perustuksiin, pitäisi tehdä lisäksi tarkastelu numeerisilla menetelmillä.

Painumalaskelmissa on eriteltävä painumalajit:

- alkupainuma,
- konsolidaatiopainuma,
- humuspitoisten maakerrosten sekundääripainuma.

Näiden perusteella on ratkaistava suunnittelun ja rakentamisen kannalta merkitykselliset rakennusaikainen painuma, 10 ja 30 vuoden painuma sekä kokonaispainuma. Lasketut painumat tulostetaan mieluummin jatkuvana aika-painumakuvaajana. Lisäksi on tuleen tarkastella tien poikkisuuntaiset kaltevuudenmuutokset ja niiden kehittyminen erityisesti painumien ollessa suuria tai maaston tai kovan pohjan sivukalteva.

Tiejaksoista, joilla tarkastellaan painumien haitallisuutta liikenteelle tai selvitetään rakennustyön jälkeen tapahtuvien painumien estämiseksi tai pienentämiseksi tehtävien pohjanvahvistuksien tarvetta, tehdään pituusleikkaus tien tasauksesta 10 ja/tai 30 vuoden kuluttua tai muuna suunnittelun kannalta merkittävänä ajankohtana sellaisessa vaaka- ja pystymittakaavassa, että painumaeroja on helppo tarkastella. Pituusleikkauksessa esitetään laskettujen kaltevuuden muutosten vertailu kyseisen luokan tiessä yleensä sallittuihin kaltevuuden muutoksiin. Jos tien poikkisuuntaiset kaltevuudenmuutokset ovat merkittäviä, piirretään pituusleikkaukset tapauksen mukaan joko tien keskilinjalta ja reunoista tai erikseen molemmista reunoista.

Plastisten painumien kvantitatiivinen arviointi ei ole vielä mahdollista, mutta painumia tarkasteltaessa on kuitenkin pidettävä samalla mielessä plastisista sivusiirtymistä aiheutuvien lisäpainumien mahdollisuutta, mikä riippuu penkereen vakavuudesta. Tämän vuoksi painumia kuvaavaan pituusleikkaukseen on syytä merkitä sopivissa kohdissa tai jaksoissa penkereen varmuuslukutietoja, joiden perusteella voidaan plastisten painumien suuruusluokasta tehdä seuraavanlaisia päätelmiä:

- | | | |
|---------------|-----------|-------------------|
| - varmuus yli | 1.8 | ---> vähäisiä |
| - varmuus | 1.5 - 1.8 | ---> kohtuullisia |
| - varmuus | 1.3 - 1.5 | ---> merkittäviä |

Jos sivusiirtymillä esimerkiksi vieressä sijaitsevan rakenteen vuoksi on merkitystä, tehdään karkeat arvioinnit ohjeen "Maavarainen tiepenger savikolla" TIEL 3200276 mukaisesti. Vaativien kohteiden laskelmat tehdään numeerisilla menetelmillä.

Vesistöjen läheisyydessä sekä tulva-alueilla arvioidaan tien tasauksen suhde tulvavesipintaan tien painumakehitys huomioonottaen. Vastaava tarkastelu on tehtävä suoalueilla turpeen varaan rakennettaessa.

4.2.4 Tieleikkauksen vakavuus

Tieleikkauksen vakavuus lasketaan sekä työnaikaisena ilman tien päällysrakennetta että valmiina rakenteena.

Savi- tai silttialueella leikkauksen vakavuus selvitetään laskelmilla, ellei se suuruusluokkatarkasteluilla osoittaudu selvästi riittäväksi. Mikäli varmuus on alle 2.5, vakavuus selvitetään tulostetuilla laskelmilla. Kun varmuus on yli 2 eikä leikkaus ole yli 3 m syvä riittää tarkastelu $\emptyset = 0$ -menetelmällä, muutoin vakavuus tarkistetaan myös $c\emptyset$ -menetelmällä käyttäen kolmiakselikokeiden tuloksista saatuja mitoitusarvoja.

Vaativissa tapauksissa, sivusiirtymien ollessa merkityksellisiä esimerkiksi luiskaan tehtävien rakenteiden vuoksi, pitäisi lisäksi tehdä tarkastelu numeerisilla menetelmillä.

Huokospaineotaksuma tehdään pohjavesihavaintojen perusteella pyrkien epäedullisimpaan mahdolliseen mutta kuitenkin realistiseen otaksumaan. Huokospaineen vaikutusta voidaan tarvittaessa tarkastella herkkyyksanalyysin keinoin.

Liukupintoja lasketaan sellainen määrä, että vaarallisimmat liukupinnat saadaan selvitettyksi.

Mikäli hienorakeisten maakerroksien alapuolella on karkeita vettäjohtavia kerroksia ja leikkauksen kohdalla savi- ja silttikerroksien paksuus ei ole suuri, tarkastetaan myös varmuus hydraulista murtumaa vastaan.

4.2.5 Tien pohjanvahvistukset ja perustaminen

Nykyiset suunnitteluohjeet perustuvat klassiseen maamekaniikkaan. Pohjanvahvistusmenetelmien yksityiskohtia voidaan selvittää myös numeerisilla menetelmillä, joilla voidaan tutkia esimerkiksi siirtymiä ja muodonmuutoksia, joiden kvantitatiivinen tarkastelu klassisen maamekaniikan menetelmillä ei ole mahdollista.

Vaiheittain pengertäminen

Silttisten maakerrosten laskelmat tehdään $c\phi$ -menetelmällä. Savikerrosten laskelmat voidaan tehdä $\phi = 0$ - menetelmällä ohjeen "Maavarainen penger pehmeiköllä" TIEL 3200276 mukaisesti. Laskelmien tuloksena on saata-va vakavuus kunkin kuormitusvaiheen alussa ja lopussa sekä ennusteet painumien ja huokospaineiden kehittymisestä. Rakennusvaiheessa mitoitus, lähinnä kuormitusvaiheiden ajoitus, tarkennetaan kohteessa tehtävien painuma- ja huokospainemittauksien perusteella.

Vastapenkereet

Vastapenkereitä käytettäessä pääpenkereen vakavuus eli vastapenkereen korkeus ja leveys mitoitetaan $\phi = 0$ - menetelmällä. Lisäksi on selvitettävä vastapenkereen reunan vakavuus sekä tarvittaessa esimerkiksi syvillä tai sivukaltevilla pehmeiköillä vakavuus pitkillä liukupinnoilla. Vastapenkereiden vaikutus painumiin on otettava huomioon.

Penkereen keventäminen

Vakavuus- ja painumalaskelmissa käytetään ohjeessa "Tiegeotekniikan yleiset mitoituspäruusteet" TIEL 3200150 esitettyjä tilavuuspäruoja. Laskelmat tehdään suunniteltavan poikkileikkauksen mukaisesti ottamalla huomioon esimerkiksi painavat luiskatäytöt.

Massanvaihto

Massanvaihtoja koskee ohje "Massanvaihto" TIEL 3200127

Kaivantojen luiskien vakavuustarkastelut voidaan tehdä geotekniikan peruskaavoja tai käyrästäjä käyttäen, jos varmuus todetaan kohtuulliseksi. Jos varmuus on alle 1.3, tehdään vakavuuslaskenta $\phi = 0$ -menetelmällä. Mitoitus voidaan tehdä pienempää varmuutta kuin 1.3 käyttäen vain, jos täyttö suunnitellaan tapahtuvaksi välittömästi kaivua seuraten eivätkä muut rakenteet tai työkoneet joudu vaaraan. Arvioissa ja laskelmissa on otettava huomioon työkoneiden toimintatapa tai se on laskelmien perusteella suunnitelmassa määrättävä. Jos massanvaihtokaivannon läheisyydessä on tie tai rautatie, tehdään aina tulostettu vakavuuslaskenta. Mikäli väylällä

liikennöidään työn aikana, ovat varmuuslukuvaatimukset samat kuin pysyvillä rakenteilla.

Jos täyttösyvyyden alapuolelle jätetään pehmeitä maakerroksia, penkereen vakavuus ja painumat arvioidaan kuten edellä kohdissa tiepenkereen vakavuus ja tiepenkereen painumat on esitetty.

Suunniteltaessa massanvaihtoa pengertämällä tarkistetaan pengertämisen onnistuminen eli riittävän alhainen varmuus yleensä geotekniikan peruskäyttöihin perustuvana yksinkertaisena käsilaskentana.

Pystyjoitus

Laskelmat tehdään ohjeessa "Nauhapystyjoitus" TIEL 3200251 kohdassa 5.4 esitettyä mitoitusmenettelyä soveltaen. Mitoituksen kulku on pääpiirteissään seuraava:

- Valitaan pyrkimyksenä olevan laatutavoitteen pohjalta tavoitteena oleva konsolidaatioaste.
- Lasketaan pystyjojaväli esikuormitusajan ja mitoitusparametrien avulla.
- Määritetään tarvittava pengerkorkeus esikuormitusajan alussa.
- Mitoitetaan tarvittaessa vastapenkeret.

Pengerkorkeudessa on otettava huomioon penkereen työnaikaiset painumat em. ohjeessa esitettyä graafista menettelyä noudattaen. Vakavuus lasketaan sekä työnaikaisena että rakentamisen jälkeisenä miniminä.

Pystyjoituksen mitoitus olisi tehtävä valmiiksi useammalle painumisajalle, esimerkiksi 12, 18 ja 24 kk, koska suunnittelun loppuvaiheissa tai rakentamisen alkaessa rakennusaikataulu voi aiheuttaa tarkentuneita vaatimuksia tai helpotuksia käytettävissä olevaan painumisaikaan. Tällöin tarvittavat laskelmat ovat valmiina.

Vakavuuslaskelmien yhteydessä olisi todennäköisen tilanteen lisäksi laskettava herkkyyksianalyysiä soveltaen painumien maksimiarvot ja tarkastettava niiden vaikutus vakavuuteen. Tällöin voidaan tarvittaessa ennakolta varautua tilanteeseen, jos rakennustyön aikana painumat muodostuvat ennakoitua suuremmiksi.

Pystyjoitusten työnaikaiset tarkkailumittaukset vaativat tarkistuksia rakennusvaiheessa. Tämä on ennakoitava suunnitelmassa ja suunnitteluvaiheen laskelmien tulostustavoissa, jotta rakennusvaiheen mittaustuloksia voidaan hyödyntää.

Syvästabilointi

Syvästabilointimenetelmiä on useita: pilaristabilointi pehmeillä pilareilla, pilaristabilointi kovilla pilareilla ja massasyvästabilointi. Mitoitusmenetelmät ovat jossain määrin selkiintymättömät. Laskelmissa tulee esittää käytetty mitoitusmenetelmä kaavoineen ja merkintöineen.

Pilaristabiloinnin mitoituksessa tulee lopputuloksena esittää pilarien koot, ryhmitys, pilarien leikkauslujuustavoitteet sekä käytettävän sideaineen laatu ja määrä (kg/m³) laboratoriotutkimuksien ja/tai koepilarointien perusteella.

Massasyvästabiloinnin mitoituksessa tulee esittää vastaavasti leikkauslujuustavoite sekä sideaineen laatu ja määrä (kg/m³). Lisäksi on tehtävä arvio rakennusaikaisesta painumasta.

Lujitteet

Muovisia lujiterakenteita koskevia mitoitusmenetelmiä on koottu koekäytössä olevaan ohjeeseen "Geovahvisteiden käyttö", TKK 1995. Eräitä ohjeissa esitetyistä menetelmistä on Suomessa käytetty käytännön suunnittelu-tehtävissä, osaa niistä ei ole riittävästi testattu. Ohjetta voidaan soveltaa tapauskohtaista harkintaa käyttäen.

Ohjeessa esitettyä lujitteiden ja paaluhattujen mitoitusmenetelmää voidaan haluttaessa koemielessä soveltaa levähdysalueiden, työmaateiden ja väliaikaisten liikennejärjestelyjen, esimerkiksi kiertoteiden, lujitteiden mitoituksessa.

Teräksisiä tai puisia lujitteita tai teloja suunniteltaessa laskelmissa esitetään käytetty mitoitusmenetelmä.

Pengerpaalutus

Pengerpaalutuksen suunnittelussa noudatetaan ohjetta "Pengerpaalutus" TIEL 3200147.

Pengerlaattaa käytettäessä määritetään geoteknisessä suunnittelussa laatan korkeusasema ja reunalinjojen sijoitus sekä paalujen tyyppi, koko, toimintatapa, tavoitesyvyudet ja mahdolliset lyöntiä koskevat tapauskohtaiset ohjeet. Kustannustarkasteluja varten tarkistetaan paaluväli alustavasti laatan eri osissa sekä tarvittaessa tarkistetaan laatan ulkopuolelle jätettävän luiskan osan vakavuus. Paalulaatan lopullinen suunnittelu kuuluu rakennesuunnitteluun.

Paaluhattuja käytettäessä määritetään sallitun paalukuorman perusteella paaluvälit eri osissa paalutusalueelta, hattukoko rakoväliin perustuvan mitoitusmenetelmän avulla, luiskan vinopaalujen tarve sekä tarvittaessa paalutamattoman luiskan osan vakavuus.

Paalujen geotekniseen kantavuuteen liittyvät selvitykset tehdään kohdassa 5.4 esitettyjä ohjeita noudattaen.

Tehtäessä täyttöjä laatan tai hattujen alapuolelle on selvitettävä negatiivisen vaippahankauksen aiheuttamat ylimääräiset paalukuormat.

Sivukaltevassa maastossa tai kaivettavassa luiskassa tulisi tarkastella paalutustyöstä johtuvaa maan syrjäytymistä ja liikkumista ja erityisesti silttipitoisessa maassa huokosvesipaineen nousun vaikutusta luiskan vakavuuteen. Laskelmien perusteella määritetään, tarvitseeko huokospainetta ja/tai sivusiirtymiä tarkkailla. Tarvittaessa esitetään, onko savea poistettava paalujen kohdalta ja poistoon käytettävät menetelmät.

Siirtymärakenteet

Siirtymärakenteiden mitoituksessa sovelletaan ohjetta "Siirtymärakenteet" TIEL 3200248.

Kevennyskiilan mitoitus vakavuuden, painumien ja painumaerojen sekä nosteen suhteen on esitetty em. ohjeessa. Suunniteltaessa siirtymärakenne syvästabilointimenetelmillä esitetään käytetyt lähtöotaksumat ja käytetyt kaavat aina tapauskohtaisissa laskelmissa.

Laskelmissa on rakenteen mitoituksen lisäksi esitettävä painumaerojen arvioitu kehittyminen käyttöajan funktiona ja ainakin 10 ja 30 vuoden tilanne.

Väliaikaiset rakenteet

Väliaikaisia, suunnitelmassa esitettäviä pengerrakenteita, kuten kiertotiejärjestelyitä, koskevat vakavuuslaskelmien ja niiden esittämistapojen suhteen samat ohjeet kuin pysyviäkin rakenteita. Tarkempia painumalaskelmia tehdään, mikäli käytönaikaiset painumat saattavat olla haitallisen suuria. Esimerkiksi suoalueilla joudutaan varautumaan painumakorjauksiin lyhyenäkin käyttöaikana.

Työnaikaisia tukiseiniä käsitellään kohdassa 5.6.

4.3 Tien päällysrakenne

Mitoitusmenettely ratkaisuja koskevine perusteluineen tulisi aina esittää kirjallisena, vaikka valinnat perustuisivatkin mitoitustaulukoiden varaan.

Rakennerratkaisut on sovitettava yhteen massatalouden suunnitteluratkaisujen kanssa.

4.3.1 Kuormituskestävyys

Mitoitus tehdään ohjekansion "Teiden suunnittelu" osan IV "Tien rakenne" kohdassa 5.25 esitetyn laskentamenetelmän tai mitoituskäyrästä mukaisesti. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää joko em. ohjekansiossa esitettyjä tai tilaajan hyväksymiä valmiiksi mitoitetuja taulukkoarvoja.

Laskelma voidaan tehdä myös sopivalla Suomen olosuhteisiin ja materiaaleihin testatulla atk-ohjelmalla, jonka tilaaja on hyväksynyt ko. hankkeessa käytettäväksi. Ohjelman sisältämä laskentamalli, sallitut muodonmuutokset ja väsymissuorat sekä mitoitusarvot kuten modulit ja liikennekuormitus on esitettävä laskelman liitteenä.

4.3.2 Routamitoitus.

Routamitoitus tehdään ohjekansiossa "Teiden suunnittelu" osassa IV "Tien rakenne" kohdassa 3.2 esitetyillä menetelmillä. Routan tunkeutumissyvyyden arviointiin on käytettävissä myös atk-ohjelmia.

Erityisesti parannettavilla teillä tulisi routanousun määräytymisen perustua kentällä tehtyihin mittauksiin, joilla tarkennetaan ohjeen mukaan tehtyä mitoitusta.

4.4 Kuivatusrakenteet

Suotovirtauslaskelmat

Suotovirtauslaskelmat käsitellään kohdassa 6.1.

Rummut

Rumpukaivantojen vakavuus selvitetään kuten kohdassa 5.6 on esitetty.

Pehmeikköalueella penkereen vakavuus rummun kohdalla lasketaan liukupintalaskelmin. Jos kuormitettu alue on lyhyt, voidaan vakavuus selvittää kolmiulotteisena kappaleena esimerkiksi kantavuuskaavoja käyttäen tai täydentää kaksiulotteisena tehtyä liukupintalaskelmaa päätyjen vaikutuksella. Suurien rumpujen aiheuttama kevennys otetaan huomioon.

Pehmeiköllä arvioidaan rummun painumat ja selvitetään kuivatuksen toimivuus käyttöaikana.

Laskuojat ja luonnonuomat

Pehmeikköalueilla laskuojien sekä rumpuihin johtavien luonnonuomien ja niiden siirtojen osalta luiskien vakavuus selvitetään $\sigma = 0$ -menetelmällä. Alle 1.5 m syvien ojien osalta laskelmat voidaan yleensä tehdä yksinkertaisilla peruskaavoilla tai käyrästöillä ja yli 1.5 m syvien ojien osalta liukupinta-analyysinä.

Sadevesiviemärit

Jos kaivanto suunnitellaan luiskattuna kaivantona, työnaikaisten luiskien vakavuus selvitetään kuten kohdassa 5.6 on esitetty. Tuetut kaivannot suunnitellaan Putkikaivanto-ohjeen RIL 194-1992 mukaisesti. Geoteknisiä laskelmia koskevat ohjeet ovat kohdassa 5.6.

Pumppaamot

Pumppaamojen osalta on selvitettävä pohjan kantavuus ja mahdolliset perustusrakenteet. Kaivannon suunnitteluun liittyvät laskelmat tehdään Rakennuskaivanto-ohjeen RIL 181-1989 mukaisesti. Lisäksi tarkistetaan nosteen vaikutus. Mitoitusvaatimukset ovat samat kuin silloilla.

4.5 Muut tierakenteet

Pylväiden, porttaalien, meluseinien ym. tierakenteiden suunnittelussa voidaan soveltaa valmiiksi suunniteltuja tyyppiperustuksia tai suunnitella perustukset tapauskohtaisesti.

Tyyppiperustuksia käytettäessä tarvitaan täydennyslaskelmia paaluperustuksia käytettäessä, jolloin mitoitetaan paalujen tyyppi, koko, paalujen tavoitesyvyys ja lyöntiohjeet. Pienehköiksi jäävien pystykuormien vuoksi näissä perustuksissa on usein mahdollisuuksia käyttää kitka- tai koheesiopaaluja, jotka mitoitetaan kairausvastukseen perustuvilla kaavoilla tai kantavuuskaavoilla. Käytettäessä sivusuunnassa kuormitetuista yksittäisistä paaluista

rakentuvia perustuksia voidaan tyyppiperustuksien paalupituuksia koskevia ohjeita käyttää alustavaan mitoitukseen. Lopullinen mitoitus on tarkistettava tapauskohtaisesti.

Mitoitettaessa perustukset tapauskohtaisesti esitetään mitoitusmenetelmä kaavoineen ja merkintöjen selityksineen.

Suunniteltaessa viemäreitä, sadevesiviemäreitä, kaukolämpöjohtoja, maa-kaasuputkia tms. rakenteita valmiiseen tai suunnitteilla olevaan tiehen laaditaan laskelmat toisaalta rakenteen vaikutuksesta tien vakavuuteen, painumiin, painumaeroihin ja routimiseen sekä toisaalta tarkistetaan rakenteiden toiminnan kannalta, ettei tiepenkereen painuminen aiheuta laitteiden rikkoutumista eikä niiden toiminnan kannalta liian isoja muodonmuutoksia. Lisäksi on tarkasteltava työnaikaiset rakenteet ja kuormitustilanteet.

5. SILTOJEN GEOTEKNISET LASKELMAT

5.1 Noudatettavat ohjeet

Siltojen geoteknisissä laskelmissa noudatetaan seuraavia ohjeita:

- Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa. TIEL 2172068
- Pohjarakennusohjeet 1988. RIL 121-1988
- Lyöntipaalutusohjeet LPO-87.
- Suurpaalutusohje SPO-95. RIL 212-1995
- Teräsputki- ja paalut. TIEL 2173448
- Rakennuskaivanto-ohje. RIL 181-1989
- Siltojen tukitelineet. TIEL 2170009
- Tukitelineet. RIL 147-1993

Tukimuurien ja pysyviksi rakenteiksi jäävien tukiseinien osalta noudatetaan siltoja koskevia ohjeita.

5.2 Alueellinen vakavuus

Alueellisen vakavuuden osalta ohjeet on esitetty kohdassa 4.2.1.

5.3 Maavaraiset perustukset

Geoteknisissä laskelmissa on esitettävä sillansuunnittelijalta saadut kuormat sekä piirros mitoitettavasta perustuksesta ja laskentamallista käsittäen kerrosrajat ja laskelmissa käytettävät parametrit.

Maapohjan kantokyky

Varmuus maapohjan murtumista vastaan osoitetaan laskelmin. Ohjeen Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa TIEL 2172068 kohdan 8.4 mukainen tarkastelu kantavuuskaavalla voidaan yksinkertaisissa tapauksissa, esimerkiksi moreenin varaan perustettaessa, tehdä sillan rakennelaskelmien yhteydessä, mutta geotekninen suunnittelija määrittää tai tarkistaa käytettävät parametrit. Nämä laskelmat voidaan tehdä helposti myös

käsilaskentoina. Vaativimmat laskelmat kuten liukupintalaskenta tai numeerisilla menetelmillä tehdyt laskelmat tehdään geoteknisen suunnittelun yhteydessä.

Jos maanpinta on kalteva, esimerkiksi perustettaessa täytteen varaan, tulisi kantavuuden tarkistus tehdä geoteknisten laskelmien yhteydessä. Jos ohjeen TIEL 2172068 kohdassa 8.415 esitetty menetelmä osoittaa kantavuuden olevan riittävä, ei tarkempia tarkasteluja tarvita. Muissa tapauksissa tarkistetaan vakavuus liukupintalaskelmin tai numeerisilla menetelmillä. Yleensä nämä laskelmat tehdään atk:lla.

Painumat

Painumalaskenta kuuluu geoteknisiin laskelmiin. Julkaisussa "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa" TIEL 2172068 on lueteltu yleisimmät tapaukset, joissa painumalaskelma on tehtävä:

- Pysyvästä kuormasta ja pystysuorasta liikennekuormasta anturan tehokkaalle pinta-alalle aiheutuva keskimääräinen pohjapaine ylittää ko. ohjeessa taulukossa 3 esitetyt arvot.
- Pohjamaan painumisominaisuudet tai kerrospaksuudet vaihtelevat merkittävästi viereisten tukien tai saman tuen kohdalla.
- Sillassa on pitkiä jäniteitä (>50 m) tai korkeita pilareita.

Muita tapauksia, joissa painumalaskelma on välttämätön, ovat esimerkiksi kehäsillan perustaminen hienorakeisten maakerroksien varaan yhtenäistä laattaa käyttäen tai painumaerojen laskeminen vanhaa maavaraisesti perustettua siltaa levennettäessä.

5.4 Paaluperustukset

Paaluperustuksien mitoituskäytäntö on esitetty julkaisussa "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa" TIEL 2172068 sekä paalutyypikohtaisissa ohjeissa.

Suunnittelutyön aikaisiin geoteknisiin laskelmiin kuuluu:

- paalujen geoteknisen kantavuuden määrittäminen paalujen tavoitesyvyyden määrittämiseksi, ainakin vaativissa tapauksissa vähintään kahdella menetelmällä,
- paalujen lyöntiin tarvittavan paalutuskaluston lyöntitehon ja lyöntiohjeiden määrittäminen,
- lyötävien paalujen lyöntijännityksien tarkistaminen,
- paalun vetokapasiteetin määrittäminen tarvittaessa.

Sivusuunnassa kuormitettujen paalujen osalta määritetään alustaluvut Suurpaalutusohjeen tai ohjeen "Teräspalkkipaalut" TIEL 2173448 mukaisesti. Mitoitus tehdään Suurpaalutusohjeen mukaisesti numeerisilla mitoitusohjelmilla.

Paalun nurjahduskestävyyttä selvitettyä geotekninen suunnittelija ja rakennesuunnittelija tarkistavat yhteistyönä mitoituksen lähtöarvot, kuten nurjahduspituuden ja suljetun leikkauslujuuden.

Lyötävien paalujen tavoitesyvyyttä ja lyöntiohjeita tarkennetaan rakennusvaiheessa lyöntikaluston tehon, lyöntiä koskevien havaintojen ja iskuaaltomittauksien perusteella. Iskuaaltomittaukset käsittelee erikoisasiantuntija atk-ohjelmilla ja laatii raportin, joka sisältää tulokset ja suositukset.

Teräsbetoniset lyöntipaalut

Suunniteltaessa tukipaalutusta LPO:n mukaisesti selväpiirteiseen kovaan pohjaan tukeutuvaksi voidaan paalupituuden arviointi tehdä kokemusperäisesti kairausvastustietojen perusteella, jolloin LPO:ssa esitettyjä tarvittavaa lyöntitehoa ja loppulyöntiohjeita koskevia taulukoita voidaan käyttää sellaisenaan ilman tarkempia selvityksiä.

Kitkapaaluja käytettäessä on paalujen lyöntisyvyys arvioitava sekä staattisilla kantavuuskaavoilla että kairausvastukseen perustuvilla menetelmillä ja tarkistettava lyöntiohjeet dynaamisilla paalutuskaavoilla. Koheesiopaalujen kantavuus on tarkistettava redusoitujen siipikairauslujuuksien perusteella. Lisäksi on laskettava kitka- ja koheesiopaaluryhmien painumat.

Lyötävät pienet teräspaalut

Nämä kaupallisessa valmistuksessa olevat paalut, kuten RR-paalu, X-paalu ja G-paalu, suunnitellaan yleensä kallion varaan tukeutuviksi. Valmistajan ohjeissa on esitetty sallitut paalukuormat, tarvittavat lyöntikaluston ominaisuudet ja lyöntiohjeet. Paalukuormat on tarkistettava suunnittelun yhteydessä lyöntipaalutusohjeiden mukaisesti. Lisäksi on tarvittaessa tarkistettava valmistajan ohjeissa esitetyt lyöntiohjeet dynaamisilla paalutuskaavoilla.

Paalun läpäistessä pehmeitä maakerroksia on tehtävä rakenteellisen kantavuuden tarkistus nurjahdukselle. Mitoituksessa on otettava huomioon paalun jäykkydestä ja pohjasuhteista riippuva todennäköinen käyryys.

Porapaalut

Porapaalun sallittu paalukuorma määräytyy rakenteellisesta kantavuudesta nurjahduskestävyys huomioon ottaen. Geotekniseen suunnitteluun kuuluu lähtöarvojen antaminen nurjahdustarkasteluihin sekä paalun kokoa ja tyyppiä vastaavan pohjasuhteiden ja läheisten rakenteiden kannalta sopivan työmenetelmän esittäminen sekä rakenteellista kantavuutta vastaavan poraussyvyyden määrittäminen. Porapaalu voidaan mitoittaa rakenteellisesti joko teräs- tai liittorakenteena.

Teräspuutkipaalut

Jos teräspuutkipaalua ei suunnitella kallioon tukeutuvaksi, paalun kantavuus tarkistetaan staattisilla kantavuuskaavoilla sekä kairausvastukseen perustuvilla menetelmillä. Jos teräspuutkipaalu suunnitellaan kallioon tukeutuvaksi ja kallion päällä on paksu tiivis maakerrostuma, vastaavilla laskelmilla arvioidaan, voidaanko paalut upottaa kallion pintaan asti.

Teräspuutkipaalujen lyönnissä tarvittava lyöntiteho sekä lyöntiohjeet selvitetään dynaamisten paalutuskaavojen avulla ja, mikäli pohjasuhteet ovat

erityisen vaativat tai paalukuorma yli 4 MN, lyöntiä simuloivilla iskuaaltoteoriaan perustuvilla atk-ohjelmilla.

Paalujen lyöntijännitykset tarkistetaan likimääräisesti ohjeen "Teräsputki-paalut" mukaisesti ja ne voidaan arvioida tarkemmin em. atk-ohjelmilla. Rakennustyön yhteydessä saadaan luotettavat arvot sivutuotteena iskuaaltomittauksista.

Kaivinpaalut

Kallioon tukeutuvan kaivinpaalun kantavuuden määrittäminen voidaan yleensä tehdä julkaisun "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa" TIEL 2172068 mukaisesti.

Perustettaessa kaivinpaalu moreenin varaan tai käytettäessä kaivinpaalua kitkapaaluna tarkistetaan kantavuus staattisilla kantavuuskaavoilla ja kairausvastukseen perustuvilla menetelmillä Suurpaalutusohjeen mukaisesti. Paalujen upotussyvyys voidaan rakennusvaiheessa tarkistaa täydentävien pohjatutkimuksien sekä kaivutyöstä tehtyjen havaintojen perusteella.

Vibrex-, Franki- ja sipulipaalut

Laskelmat tehdään Suurpaalutusohjeen mukaisesti. Franki- ja sipulipaalulla otetaan huomioon anturan kantavuutta lisäävä vaikutus.

5.5 Siltojen maarakenteet

Etuluiskia ja keiloja sekä niiden perustuksia koskevat samat vaatimukset kuin vastaavia tierakenteita.

Ellei eroosiosuojauksissa voida käyttää ohjeen "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa" TIEL 2172068 mukaisia rakenteita, esitetään tapauskohtainen mitoitus esimerkiksi ruotsalaisen ohjeen "Erosionsskydd i vatten vid väg- och brobyggnad", Vägverket, mukaisesti.

Routasuojaus voidaan suunnitella sillan yleispiirustukseen ohjeen "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa" TIEL 2172068 mukaisesti. Jos routasuojaus mitoitetaan siltakohtaisiin routalaskelmiin perustuen, esitetään laskentamenetelmä, mitoituksen lähtöarvot, saadut tulokset ja niiden perusteella tehdyt päätelmät geoteknisissä laskelmissa.

5.6 Väliaikaiset rakenteet

Luiskatut kaivannot

Hienorakeisiin maakerrostumiin tehtävien peruskaivantojen luiskien vakavuus selvitetään $\sigma = 0$ -menetelmällä. Alle 1.5 m syvien kaivantojen osalta voidaan haluttaessa käyttää yksinkertaisia peruskaavoja tai käyrästöjä mutta yli 1.5 m syvien kaivantojen osalta selvitys on tehtävä liukupinta-analyysinä. Laskelmat on tehtävä aina, mikäli kaivanto on tien, rautatien, rakennuksen tai muun rakenteen vieressä.

Tukiseinät

Väli aikaisten tukiseinien suunnittelun laajuus voidaan sopia hankekohtaisesti ja se voidaan suunnittelutyön yhteydessä saattaa seuraaviin vaihtoehtoihin valmiusasteisiin (vrt. "Geosuunnittelun tehtäväluettelo" GEO 95. RT 10-10580):

- tuentatarpeen ja tukemisen periaatteen määrittely,
- geotekninen mitoitus,
- rakenteellinen mitoitus.

Tällöin rakennusvaiheeseen jää hankkeesta riippuva määrä täydentävää suunnittelua.

Jos tukiseinästä esitetään rakennussuunnitelmassa pelkästään tuentatarpeen määrittely ja tukemisen periaate, on joka tapauksessa tarkasteltava esitettävän tuennan teknillinen toteutettavuus tarvittaessa alustavin geoteknisin laskelmin. Jos tuennasta esitetään geotekninen mitoitus tai myös rakenteellinen mitoitus, tehdään laskelmat, josta tulee esille lähtöotaksumat ja tuloksena maanpainekuviot sekä ankkuri- tai tukivoimat eri työvaiheissa. Laskelmat tehdään Rakennuskaivanto-ohjeiden RIL 181-1989 periaatteiden mukaisesti. Laskelmat on edullisinta tehdä atk:lla ja tarvittaessa tarkistaa lopullinen mitoitus käsilaskentana.

Työpenkereet

Työpenkereiden käyttömahdollisuus vesialueelle tehtävän sillan tukien rakentamisessa selvitetään sillan rakennussuunnittelun yhteydessä. Koheesiomaa-alueilla työpenkereiden vakavuus lasketaan kuten tiepenkereidenkin (kts. kohta 4.2.2) $\sigma = 0$ -analyysinä. Tapauskohtaisen harkinnan mukaan rakennussuunnitelmassa esitetään yksityiskohtaiset ohjeet tai yleispiirteisemmin selvitetään työpenkereiden käyttömahdollisuudet rakentajan tarkempaa suunnittelua varten.

Työsillat

Työsiltojen suunnittelu ja niihin liittyvät laskelmat kuuluvat työsuunnittelun tehtäviin, ellei hankkeessa toisin sovita. Työsiltojen vaatimassa geoteknisessä suunnittelussa voidaan soveltuvin osin noudattaa tukitelineitä koskevia ohjeita.

Tukitelineet

Tukitelineiden geotekniset laskelmat tehdään julkaisun "Siltojen tukitelineet" TIEL 2170009 mukaisesti. Sora-arinan varaan perustettaessa voidaan käyttää ohjeen taulukon 2 mukaisia kantokykyarvoja jotka perustuvat koekuorimitustuloksiin ja Ballan teoriaan.

Mikäli sora-arinan alapuolelle jää hienorakeisia maakerroksia, näiden painuma on arvioitava ja vaativissa tapauksissa laskettava. Alkupainuma voidaan yleensä arvioida em. ohjeessa esitetyllä yksinkertaisella kaavalla. Pehmeiden maakerrostumien osalta on lisäksi arvioitava konsolidaatiopainumien

suuruusluokka ajalta, jossa tuettava betonirakenne saavuttaa riittävän lujuuden.

Luiskan varaan perustettaessa voidaan soveltaa julkaisussa "Siltojen tukite-lineet" TIEL 2170009 esitettyjä ohjeita tai tehdä liukupintatarkasteluita tapauskohtaisesti.

Paaluille perustaminen mitoitetaan em. julkaisun ja kohdan 5.4 mukaisesti.

6 YMPÄRISTÖNSUOJAUKSEN GEOTEKNISET LASKELMAT

6.1 Suotovirtaus, pohjaveden aleneminen

Suotovirtauslaskelmia on tehtävä:

- leikkauksen tai kaivannon toteutettavuuden selvittämiseksi,
- kuivatustavan selvittämiseksi,
- ympäristövaikutuksien selvittämiseksi,
- vesioikeuden luvan tarpeellisuuden selvittämiseksi ja luvan hakua varten.

Laskelmien lähtökohtana voidaan pitää maakerroksien rakeisuustietojen perusteella arvioituja tai laboratorioissa tutkittuja vedenläpäisevyysarvoja. Näiden selvitysten perusteella määritetään jatkotutkimustarve. Monimuotoisissa ja ympäristövaikutuksiltaan merkittävässä tapauksissa maakerroksien vedenläpäisevydet tutkitaan vedensyöttökokeina tai mieluummin koe-pumppauksilla, mikäli se pohjasuhteista tai ympäristöstä riippuen on mahdollista.

Pienissä tai selkeissä kohteissa laskelmat voidaan tehdä erilaisilla yksinkertaisilla käsilaskentamenetelmillä, esimerkiksi valuma-alueen pinta-alan ja pinnan laadun perusteella tai putkikaivoteorioita soveltamalla. Vaativat koh-teet tarkastellaan atk:lla numeerisia menetelmiä soveltaen.

Laskelmien tuloksena on saatava selville pohjaveden alenemat ympäristös-sä sekä leikkaukseen tai kaivantoon tulevat vesimäärät. Laskelmien tulok-sista on saatava vastaus siihen, joudutaanko vesimäärien vuoksi hakemaan vesioikeuden lupa. Lupa tarvitaan, jos pumpattavan pohjaveden määrä on yli 250 m³ vuorokaudessa.

6.2 Ympäristön painumat

Alennettaessa pohjaveden pintaa on arvioitava hienorakeisten maakerroksi-en painumat kohteen ympäristössä. Lähtökohtana pidetään suotovirtauslas-kelmista saatua pohjaveden pinnan alenemaa. Laskelmia koskevat ohjeet ovat samat kuin kohdassa 4.2.3.

6.3 Ympäristön rakenteet

Pohjarakennustöistä sekä lopullisten rakenteiden aiheuttamasta pohjaveden alenemisesta tms. syystä aiheutuva ympäristön rakenteiden vaurioitumisvaara tai -todennäköisyys on erityisesti hienorakeisten maakerroksien varaan perustettujen rakenteiden osalta laskelmin selvitettävä. Pohjaveden alenemisarvo, jolla selvitykset tehdään, sekä pohjaveden odotettavissa oleva alenema määräytyy suotovirtauslaskelmista. Painumalaskelmat tehdään kohdissa 4.2.3 ja 5.3 esitettyjen ohjeiden mukaisesti.

6.4 Muut laskelmat

Ympäristönsuojaukseen liittyviä tai verrattavia laskelmia tehdään esimerkiksi pohjarakennustöistä kuten paalutuksesta tai pudotustiivistyksestä aiheutuvan värinän tai melun arvioimiseksi. Laskelmien perusteella ilmoitetaan, mitä rajoituksia rakennustyössä on otettava huomioon. Laskelmista on aina selkeästi käytävä ilmi, mistä lähteestä käytetyt menetelmät on saatu.

7. TALOUDELLISET VERTAILULASKELMAT

Ohjeen "Pohjanvahvistusmenetelmän valinta" TIEL 3200149 kohdassa 4 on esitetty ohjeita siitä, mitä kustannustekijöitä tulee ottaa huomioon eri pohjarakennusmenetelmien kustannuksia arvioitaessa.

Ellei hankekohtaisesti muuta sovita, voidaan kustannusvertailut tehdä kokonaishintoina ilman arvonlisäveroa ja rakennuttajan kustannuksia.

Ohjeen "Pohjanvahvistusmenetelmän valinta" kohdassa 5 on esitetty yksikköhintatietoja maa- ja pohjarakennustöille. Esitetyt yksikköhinnat ovat kokonaishintoja eli urakkahintoja ilman arvonlisäveroa ja rakennuttajan kustannuksia. Siltojen osalta pohjarakennustöiden yksikköhintatietoja on esitetty ohjeessa "Sillan kustannusarvio" TIEL 2172039.

Yleensä on kuitenkin syytä erikseen sopia hankekohtaisesti käytettävät yksikköhinnat uusimman hintatietouden sekä paikallisten erityispiirteiden huomioon ottamiseksi.

Kustannusvertailut tehdään erikoisrakenteiden osalta yhteistyössä rakennesuunnittelijan ja massatöiden osata tiesuunnittelijan kanssa.

Vertailuissa lasketaan vaihtoehtojen kokonaiskustannukset laskemalla kunkin vaihtoehdon massat ja kertomalla ne yksikköhinnoilla. Tarvittaessa voidaan kustannusarvio tehdä yhteistyössä rakentamisen asiantuntijan kanssa henkilö-, kone- ja materiaalikustannuksien perusteella. Laskelmien lopputulos on esitettävä taulukkona, jossa on esitetty rakenneosittain kustannusten laatu, määrä, yksikkö, yksikköhinta, kustannus ja kokonaiskustannukset.

Ellei massoja ole laskettu itse, on laskelmissa oltava tallennettuna dokumentti, mistä ne on saatu. Samoin hankekohtaisesti sovitusta yksikköhinnoista on esitettävä, mistä tai keneltä hinnat on saatu.

Mikäli vaihtoehtoihin sisältyy eri ajankohtina tehtäviä toimenpiteitä, kuten korjaustöitä, lasketaan toimenpiteiden vertailuarvot koronkoron kaavoilla

käyttäen laitoksessa yleisesti sovellettavaa tai hankekohtaisesti sovittua koron arvoa.

Kehitteillä olevat tierakenteen elinkaaritarkastelumenetelmät edellyttävät jatkossa nykyistä monipuolisempia taloudellisia tarkasteluja.

8. LASKELMIEN VIIMEISTELY, KANSIOINTI JA ARKISTOINTI

Hyvin ja järjestelmällisesti tehdyt ja taltioidut laskelmat ovat suunnittelutyön jälkeen sellaisessa järjestyksessä, että suunnittelija itse vuosiakin myöhemmin niiden sisällön vaivattomasti ymmärtää.

Suunnittelutyötä päätettäessä on kuitenkin tarkistettava, ovatko asiat myös muiden, esimerkiksi tulevien vaiheiden suunnittelijoiden ymmärrettävissä ja hyödynnettävissä. Ohjeet materiaalin ryhmittelystä on esitetty kohdassa 2.4. Tässä vaiheessa on myös syytä pohtia, ovatko kaikki tehdyt laskelmat ja arviot esimerkiksi toteutuskelvottomiksi osoittautuneista vaihtoehdoista tarpeen sisällyttää varsinaiseen laskelmakansioon.

Laskelmat sijoitetaan siisteihin kansioihin. Muovisia nidontakansioita käytetään, kun säilytettävää aineistoa on vähän. Laajemmat aineistot taltioidaan rengaskansioihin tai muovimappeihin.

Myöhemmissä suunnitteluvaiheissa tai rakennusvaiheen suunnittelussa säilytetään edellisen vaiheen laskelmat aina sellaisenaan. Kun osia niistä halutaan mitoituksessa käyttää hyväksi, otetaan niistä soveltuvin osin kopioita.

Mikäli suunnittelijan laskelmat ovat tallennettavissa diskettimuodossa, suunnittelijan olisi tallennettava maastomallit omaan arkistokansioonsa myös tässä muodossa.

Kansioita tehdään yksi suunnittelijan organisaation arkistoon sekä yksi tilaajalle. Tarvittaessa laskelmat on aina löydettävä suunnittelijan arkistosta.

