

TVO

**TIENRAKENNUSTÖIDEN
VALVONTAOHJE**

POHJANVAHVISTUSTYÖT

Tie- ja vesirakennushallitus 1988

TVH 732177

Труды комиссии по изучению

ПОИСКОВАЯ РАБОТА

Исследования по изучению
Материальной культуры

Томский 1968

Tienrakennustöiden valvontaohje

POHJANVAHVISTUSTYÖT



TIEHALLINTO

Kirjasto

**Tie- ja vesirakennushallitus
Maatutkimustoimisto**

Helsinki 1988

Uusi Suomalaisten Kirjallisuuden



Kirjasto

Uusi Suomalaisten
Kirjallisuuden

1941

2. painos

ISBN 951 - 47 - 0999 - 3

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

MÄÄRÄYS
 OHJE
 MUU OHJAUS

Nro RmR-29

Pvm 21.6.1988

Asiaryhmä C.3.2.2.1

Sääösuperusta Työjärjestys

Vastaanottaja

Voimassa 1.8.1988 alkaen toistaiseksi

Tie- ja vesirakennuspiirit

Korvaa/~~muuttaa~~ Pohjanvahvistustöiden laadun-
valvontaohjeet TVH 732177
vuodelta 1978.

Kohdistuvuus

TVH TVL Muu valtionhallinto Ulkopuoliset

Tienrakennustöiden valvontaohje: POHJANVAHVISTUSTYÖT. TVH 732177.

Tie- ja vesirakennuslaitoksessa otetaan käyttöön oheinen valvontaohje, joka korvaa v. 1978 käyttöönotetun Pohjanvahvistustöiden laadunvalvontaohjeen.

Ohje käsittelee pohjanvahvistustöiden teknistä valvontaa ja on tarkoitettu tienrakennustyömaiden työjohto- ja laadunvalvontahenkilöstölle ja pohjanvahvistustöitä suunnitteleville henkilöille. Sellaisia valvonnan tehtäviä, jotka urakalla rakennettaessa liittyvät urakan juridiisiin ja taloudellisiin kysymyksiin, ei käsitellä tässä ohjeessa.

Ohjeiden asema urakka-asiakirjoissa säilyy entisellään.

Osastopäällikkö
Rakennusneuvos

Antti Talvitie
Antti Talvitie

Toimiston päällikkö
Yli-insinööri

T. Hailikari
T. Hailikari

Lisätietoja
M. Kolhinen
TVH/Maatutkimustoimisto
puh. (90) 154 2562

~~xxxxxxxx~~ Myynti
TVH/Lomakevarasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. (90) 154 2052

LIITE: 5 kpl

TIEDOKSI:

R

Rt

Rr

Rsot

S

Stie

Sts

Sss

Piirien maatumkimus- ja siltainsinöörit

Rm:n tekn.henk.kunta

VTT/Geotekniikan laboratorio

Suomen Geoteknillinen Yhdistys ry.

Insinööritoimisto Y-Suunnittelu Ky.

Konsulttitoimistot erillisen liitteen mukaisesti

O. Arkima/Ins.tsto Y-Suunnittelu

P. Pietola/U-piiri

A. Pöyhönen/U-piiri

M. Kolhinen/Rm

Kirjasto/ohjeluettelo C 3.2.2.1

MKK/KR

ALKUSANAT

Tämä pohjanvahvistustöiden valvontaohje korvaa v. 1978 julkaistun pohjanvahvistustöiden laadunvalvontaohjeen, joka laadittiin TVL:n ja VTT:n geotekniikan laboratorion yhteistyönä.

Uusitun ohjeen kirjoitustyön on Tie- ja vesirakennushallituksen tilauksesta tehnyt Insinööritoimisto Y-Suunnittelu Ky, missä kirjoitustyön on pääosin tehnyt Olli Arkima. Työtä ohjanneeseen työryhmään ovat kuuluneet edellisen lisäksi Pekka Pietola ja Asko Pöyhönen TVL:n Uudenmaan piiristä. Hankkeen vetäjänä on toiminut Matti Kolhinen TVH:n maatumkimustoimistosta.

Uusimistyön pohjaksi pyydettiin vanhasta ohjeesta neljän piirin lausunnot, edelleen uuden ohjeen keskeisimmästä osasta, luvusta 3 "Työkohdevalvonta" on pyydetty eräiden asiantuntijoiden lausunnot, jotka on pyritty ottamaan huomioon.

Uudessa ohjeessa on asioiden painotusta muutettu siten, että tärkeänä pidetty työkohdevalvonta on esitetty aikaisempaa seikkaperäisemmin ja muita osia puolestaan kevennetty.

Vanhasta ohjeesta otettu 2500 kappaleen painos riitti lähes 10 vuodeksi, mutta ohje pääsi samalla pahasti vanhenemaan. Uudesta ohjeesta on otettu aikaisempaa pienempi, 1800 kappaleen painos, jonka on arvioitu riittävän 2 - 3 vuodeksi. Tämän jälkeen voidaan tarvittaessa tehdä tarkistuksia ohjeen sisältöön. Tätä varten ohjeessa todetuista muutostai lisäystarpeista pyydetään ilmoittamaan - kirjallisesti tai suullisesti - TVH:n maatumkimustoimistoon tai edellä mainituille työryhmän jäsenille.

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ALKUSANAT	3
1. JOHDANTO	7
1.1 Yleistä	7
1.2 Ohjeiden tarkoitus	7
1.3 Valvonnan menetelmät pohjanvahvistustyössä	8
2. YLEISIÄ OHJEITA POHJANVAHVISTUSTÖIDEN VALVONNASTA	9
2.1 Suunnitelmien tulkinta ja muuttaminen	9
2.2 Työjärjestys- ja töiden ajoituskysymykset	9
2.3 Painuma-aikojen varaaminen	10
2.4 Suunnitelmassa huomioimattomat kuormitustilanteet	11
2.5 Sortumat ja muut yllätykset	11
3. POHJANVAHVISTUSTÖIDEN TYÖKOHDEVALVONTA	14
3.1 Maanvarainen pengeri pehmeiköllä	14
3.11 Pohjamaan käsittely	14
3.12 Painumaseuranta	14
3.13 Vaiheittain pengertäminen	16
3.14 Vastapenger	17
3.15 Ylipenger	18
3.2 Kevytpenkereet	19
3.21 Kevytsorapenger	19
3.22 EPS-penger	20
3.3 Telat ja lujitteet	24
3.31 Telat	24
3.32 Kuitukangas	26
3.33 Lujitteet	30
3.4 Pystyöjitus	31
3.41 Työnsuunnittelu ja -seuranta	31
3.42 Nauhapystyöajat	32
3.43 Hiekkapystyöajat	34
3.5 Stabilointi	36
3.51 Kalkkilujitus	36
3.52 Sementtilujitus	36
3.53 Maapohjan jäädytys	36
3.6 Kalkkipilarit	38
3.61 Yleistä	38
3.62 Työnsuunnittelu ja seuranta	38
3.63 Valvontatutkimukset	41

3.7	Luiskien tukeminen	44
3.71	Yleistä	44
3.72	Työnaikainen luiska	45
3.73	Pysyvä luiska	46
3.8	Massanvaihto	47
3.81	Massanvaihto kaivamalla	47
3.82	Massanvaihto pengertämällä	49
3.83	Räjättykset	56
3.84	Pudotustiiivistys	57
3.85	Läjitys	59
3.9	Pengerpaalutus	61
3.91	Paalutustyösuunnitelma	61
3.92	Paalupituuden määrittäminen	64
3.93	Paalutustyön valvonta	66
3.94	Puupaalutus	68
3.95	Teräsbetonipaalutus	69
3.96	Paikalla valetut paaluhatut	71
3.97	Elementtipaaluhatut	74
3.98	Teräsbetoninen yhtenäinen paalulaatta	75
4.	POHJANVAHVISTUSTÖIHIN LIITTYVÄT TARKKUUSMITTAUKSET JA ERIKOISTUTKIMUKSET	78
4.1	Siirtymämittaukset	78
4.11	Mittausten tarkoitus ja mittausten menetelmät	78
4.12	Kiintopisteet	78
4.13	Nauhamittaus	80
4.14	Elektro-optinen etäisyydenmittaus	80
4.15	Teodoliittimittaus	81
4.16	Lankamittaus	82
4.17	Lasermittaus	82
4.18	Inklinometrimittaus	82
4.19	Paalujen sivusiirtymän mittaus	86
4.2	Painumamittaukset	88
4.21	Painumamittausmenetelmät	88
4.22	Painumatarkistin	89
4.23	Painumaletku	91
4.3	Huokospainemittaukset	95
4.31	Mittausten tarkoitus	95
4.32	Laitteistot	95
4.33	Huokoskärjen asennus	96
4.34	Havainnot	98
4.4	Koepaalutus ja paalujen koekuormitus	98
4.5	Työnaikaiset pohjatutkimukset	101

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

1. JOHDANTO

1.1 Yleistä

Pohjanvahvistustöitä joudutaan tekemään

- penkereiden vakavuuden parantamiseksi
- leikkausluiskien vakavuuden parantamiseksi
- painumien poistamiseksi tai tasaamiseksi
- maarakenteista siltojen tms. taitorakenteiden perustuksille aiheutuvien ylimääräisien rasituksien estämiseksi tai pienentämiseksi
- työteknisistä syistä.

Pohjanvahvistustöitä koskevat hankekohtaiset määräykset ja ohjeet on esitetty suunnitelman työkohtaisessa työselityksessä tai geoteknisessä lausunnossa ja piirustuksissa sekä tienrakennustöiden yleisissä työselityksissä osissa 1100 alustavat työt, 1200 vahvistustyöt, 1400 kallion leikkaus- ja pengerrystyöt ja 1500 maan leikkaus- ja pengerrystyöt.

1.2 Ohjeiden tarkoitus

Valvonta voidaan jakaa hallinnolliseen valvontaan ja tekniseen valvontaan. Tämä ohje käsittelee pohjanvahvistustöiden teknistä valvontaa ts. sekä työnsuunnitteluvaiheessa että varsinaisessa työkohteessa tarvittavia toimenpiteitä, joilla varmistetaan työn onnistuminen ja lopputuloksen laatu. Töiden luonteesta johtuen esitetään jonkin verran selostuksia hyväksi koetuista työmenetelmistä täydentämään varsinaisten työselityksien pelkistettyä esitystapaa. Täydentävien tietojen tarkoitus on auttaa valvoja työssään.

1.3 Valvonnan menetelmät pohjanvahvistustöissä

Pohjanvahvistustöiden onnistumiseen vaikuttavat sekä työnsuunnittelu että työkohteessa tapahtuva toiminta. Edelliseen liittyviä näkökohtia käsitellään luvussa 2 ja työkohtevalvontaa luvussa 3.

Työkohtevalvonnassa sovelletaan seuraavia valvontamenetelmiä:

- Rakenneosien ja rakennusmateriaalien vastaanottotarkastukset.
- Työmenetelmien valvominen.
- Valmiin rakenneosan mittaukset ja silmävaraiset tarkistukset.
- Valmiin rakenneosan siirtymien ja painumien mittaukset myöhempien rakennusvaiheiden aikana.

Pelkkä kokeisiin ja mittauksiin perustuva laadunvalvonta ei pohjanvahvistustöiden osalta ole mahdollista, vaan työmenetelmätarkkailun merkitys on ratkaiseva. Sopimattomien työjärjestelyjen ja työtapojen seurauksena voi maahan, paaluihin tms. olla "viritettynä" huomattavia ylimääräisiä jännityksiä, joiden mittaamiseen suoraan rakenteesta ei ole menetelmiä.

Valvonnan on oltava asiantuntevaa ja virheitä ennalta estävää. Valvojan ei kuitenkaan tarvitse itsensä tietää ja osata kaikkea. Pohjanvahvistustöiden valvonnassa tulee erityisesti muistaa suunnittelijan käyttömahdollisuus pulmien ratkaisussa. Vaativimmissa töissä kannattaa sopia jatkuvasta työmaapalvelusta suunnittelijan kanssa. Urakkatöissä valvoja toimii yhteyshenkilönä suunnittelijaan nähden eikä urakoitsijana.

2. YLEISIÄ OHJEITA POHJANVAHVISTUSTÖIDEN VALVONNASTA

2.1 Suunnitelmien tulkinta ja muuttaminen

Suunnitelma ei useinkaan ole niin täydellinen, ettei työn tekijällä tulisi joissakin kohdin suunnitelman tulkinnassa epäselvyyksiä. Edelleen saattaa työn aikana tulla tarvetta suunnitelman suoranaiseen muuttamiseen esimerkiksi seuraavista syistä:

- Pohjasuhteiden poikkeaminen suunnitelmassa edellytetyistä.
- Käytettävissä olevat työkonemat.
- Edullisemmat työmenetelmät.
- Teknisesti parempi ratkaisu.
- Taloudellisesti parempi ratkaisu.
- Normien ja ohjeiden muuttuminen.
- Suunnitelman vanheneminen.
- Toteuttamisvuodenajan muuttuminen.
- Suoranainen virhe suunnitelmassa.
- Työmaan tekemä virhe, joka vaatii suunnitelman muuttamisen.

Suunnitelman tulkintaa koskevista ongelmista ja pieniltäkin tuntuvista suunnitelman tarkistuksista on syytä neuvotella suunnittelijan kanssa, koska työmaalla ei voida tuntea kaikkia suunnitelman taustalla olevia tekijöitä eikä ehkä huomata muutoksen kaikkia seurauksia muihin suunnitelman osiin. Mikäli suunnitelmaa olennaisesti muutetaan, tulee muutokset hyväksyä samassa järjestyksessä kuin alkuperäinenkin suunnitelma on tarkastettu ja hyväksytty.

2.2 Työjärjestys- ja töiden ajoituskysymykset

Yleisissä työselityksissä on eräitä yleisluonteisia työjärjestysohjeita; esimerkiksi pengerpaalut on lyötävä ennen siltapaaluja, pengerpaalutukseen liittyvä massanvaihto on tehtävä ennen paalutustöitä jne.

Tapauskohtaisia työjärjestysohjeita on suunnitelmassa. Työjärjestysmääräyksillä pyritään välttämään pohjamaan liikkeitä arkojen rakenteiden teon aikana ja jälkeen, välttämään epäedullisia kuormitustilanteita jne.

Jos työmaan kannalta olisi edullista poiketa esitetyistä ohjeista tai saada niihin tarkennuksia, on asiasta neuvoteltava suunnittelijan kanssa. Ohjeita, varsinkin pienempiä yksityiskohtia voidaan joskus tarkistaa vastaamaan paremmin työmaaolosuhteita.

Töiden suoritusajankohdalla saattaa olla merkittävä vaikutus pohjarakennustyön onnistumiseen. Useimmiten on kysymys siitä, voidaanko työ tehdä pakkaskauden aikana ("talvityö") vai onko se tehtävä sulamaan aikana ("kesätyö"). Eräissä töissä, kuten paalutustöissä, saattaa kaltevassa maastossa kevään sulamiskausi tai syyssateiden aika olla epäedullinen ajankohta.

Yleisiä ohjeita on rakennustavoittain esitetty luvussa 3. Suunnitelmassa saattaa olla tapauskohtaisia määräyksiä.

2.3 Painuma-aikojen varaaminen

Painuma-aikoja koskevia määräyksiä on suunnitelmassa. Painuma-ajat ovat työnsuunnittelua varten annettuja ohjeellisia aikoja. Lopullisesti ne määräytyvät yleensä työnaikaisten mittausten perusteella. Eriytyisesti kiinteään pohjaan tehtävien massanvaihtojen painuma-ajat ovat kokemukseen perustuvia arvioita, eivät laskelmien perusteella määritettyjä. Tarpeelliseen painuma- aikaan voidaan vaikuttaa myös rakennustyön toteutustavalla.

Mikäli kyseessä on siltatyöhön liittyvä massanvaihto, on hyödyllistä pyrkiä laatimaan aikataulu niin väljäksi, että jää pelivaraa, mikäli painumat tapahtuvat odotettua hitaammin.

Painuville pehmeikköosuuksille on hyödyllistä varata mahdollisimman pitkä painumisaika, vaikka suunnitelmassa ei olisi suoranaisia vaatimuksia esitettykään.

Yleisen työselityksen mukaisesti päätypenkereinä rakennettavien korkeiden penkereiden osalta tulee myös ottaa huomioon painumisaika.

2.4 Suunnitelmassa huomioimattomat kuormitustilanteet

Suunnitelmassa on joskus yksipuolisesti ajateltu valmista rakennetta ottamatta huomioon rakennustyön aikana vallitsevia ehkä vaarallisempia kuormitustilanteita. Toisaalta työ voidaan monesti toteuttaa useilla eri tavoilla eikä kaikkiin mahdollisiin tilanteisiin varautuminen suunnitelmassa ole mahdollista. Rakennusvaiheessa tulee muistaa, että pehmeikköalueilla saattavat johtaa sortumavaaraan

- kaikki läjitykset ja välivarastoinnit, joita ei ole esitetty suunnitelmassa
- normaalia oleellisesti painavimmat työkoneet
- lopullista jyrkemmät luiskat
- suunnitelmassa esittämättömät kaivannot
- epätavallinen työjärjestys.

Tällaiset kuormitustapaukset on työnsuunnitteluvaiheessa otettava huomioon ja epäilyttävissä tapauksissa neuvoteltava työjärjestelyistä suunnittelijan kanssa.

2.5 Sortumat ja muut yllätykset

Sortuman (kuvat 1 - 2) sattuessa tai sortumavaaran ilmeisesti uhatessa esimerkiksi pohjamaahan ilmestyvien halkeamien, pohjamaan tai rakenteiden siirtymien (kuva 3) tms. muodossa, tulee työmaan välittöminä toimenpiteinä

- keskeyttää rakennustyöt sortuneella tai sortumavaaran alaisella alueella
- siirtää uhanalaisena olevat koneet ja laitteet riittävän etäälle
- mikäli mahdollista, keventää kuormitusta esimerkiksi purkamalla pengertä suortumavaaran pienentämiseksi.



Kuva 1. Maanvaraisesti rakennetun penkereen sortuma



Kuva 2. Paalutetun penkereen sortuma

Sortuma-alueella on syytä aloittaa välittömästi tutkimukset, ensi vaiheessa sortuma-alueen kartoitus ja poikkileikkausvaaitukset sekä tehdä eri suunnista valokuvaukset. Pohjatutkimuksien tarpeen arvioi suunnittelija sekä laatii yksityiskohtaisen tutkimusohjelman. Töiden jatkamisesta sovitaan suunnittelijan kanssa, vaativammissa tapauksissa suunnittelija laatii seikkaperäisen korjaussuunnitelman.



Kuva 3. Luiskan sortumaluonteinen liikkuminen näkyy puupaalurivien käyristymisenä.

3. POHJANVAHVISTUSTÖIDEN TYÖKOHDEVALVONTA

3.1 Maanvarainen penger pehmeiköllä

3.11 Pohjamaan käsittely

Pohjamaan muotoilun ja tiivistämisen päämääränä on kantavuudeltaan ja painumisominaisuuksiltaan mahdollisimman tasalaatuisen pohjan aikaansaaminen tierakenteille.

Pohjamaan käsittelyä on tarkemmin selvitetty TYT:n kohdassa 1122.

Mikäli tiepenger perustetaan ojitetulle maalle, jossa on ohut kuivakuorikerros ja sen alla heikosti kantavaa maata, ei ojia luiskaamalla saa heikentää kuivakuorikerrosta. Ojat täytetään tällöin samanlaatuisella maalla, esim. sivuojamassoilla ja tiivistetään huolellisesti. Kuivakuoren läpäisevien valtaojien kohdalla tapahtuva pohjanvahvistus on esitettävä suunnitelmassa. Jos tie perustetaan heikosti kantavan pohjamaan varaan, ei aluskasvillisuutta ja sitovaa pintakerrosta saa poistaa, ellei työkohtainen työselitys sitä edellytä.

3.12 Painumaseuranta

Pehmeikölle perustettujen maanvaraisten pengerten painumaa voidaan seurata mm. poikkileikkausvaaituksien, painumatarkistimien tai painumaletkujen avulla.

Penkereeseen on sijoitettava painumatarkistimia suunnitelmassa osoitettuihin poikkileikkauksiin, yksiajorataisella tiellä penkereen kumpankin reunaan, kaksiajorataisella tiellä lisäksi penkereen keskivälille, ellei toisin ole määrätty.

Painumamittausten menetelmät on esitetty tarkemmin kohdassa 4.2.

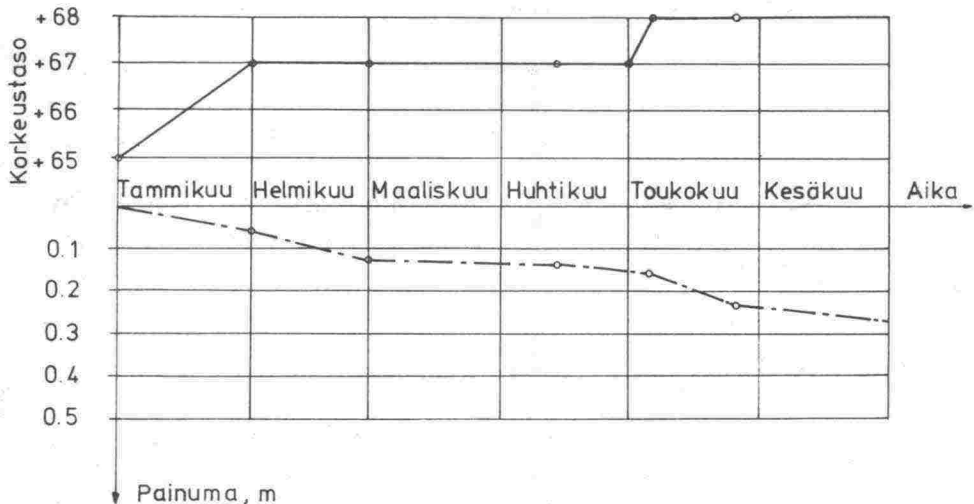
Mittauspisteen korkeus on havaittava aina välittömästi mittarin asennuksen jälkeen. Kun maanpintaa pisteen ympäristössä korotetaan ja kuormitus muuttuu, on pisteiden korkeudet havaittava ennen ja jälkeen kuormituksen muutoksen.

Mikäli suunnitelmassa ei ole esitetty mittausaikataulua suoritetaan painumamittauksia asentamisen jälkeen kuukauden ajan kerran viikossa ja tämän jälkeen kerran kuukaudessa.

Painumahavainnoista pidetään pöytäkirjaa. Pöytäkirjaan merkitään ainakin seuraavat tiedot havaintopisteistä:

- Pisteiden numero.
- Pisteiden tyyppi.
- Mittausajankohta.
- Maanpinnan korkeus (penkereen yläpinnan taso pisteen kohdalla).
- Painumamittauspisteiden korkeustaso.

Painumahavainnoista piirretään yleensä aikapainumakuvaaja (ks. kuva 4). Sopiva aikamittakaava on esim. 1 vrk = 1 mm. Pystymittakaava valitaan ennustetun painuman mukaan; 0 - 200 mm 1:1, 200 - 500 mm 1:2, > 500 mm 1:10.



Kuva 4. Tiepenkereen painumamittauksien esittäminen.

Pengertä korotetaan normaalisti noin 0,2 m välein ts. penkereen pinnan alittaessa suunnitellun tasauksen tai ylipenkereen korkeuden 0,2 m.

Käytettäessä pengertäytteenä louhetta tai esimurskettä on korotusväliä suurennettava. Louheella sopiva korotusväli voisi olla esim. 60 cm. Korotus suoritetaan kun suunniteltu taso alittuu noin 40 cm. Kovin suurta tasauksen ylitystä (0,2 m) ei voida sallia tarkistamatta penkereen vakavuutta.

Penkereen painuma-ajoissa on huomioitava jäätyneen pohjamaan laatta-vaikutus siten, että painuma-aikaa jatketaan riittävästi sulan maan aikaan.

3.13 Vaiheittain pengertäminen

Maanvaraana perustettaessa parannetaan pohjamaan vakavuutta usein vaiheittaisella pengerryksellä. Tällöin annetaan huokosylipaineen poistua perusmaana olevasta savesta tai siltistä ennen kuormitusliisäystä. Perusmaan leikkauslujuus kasvaa kuormituksen seurauksena.

Kunkin pengerryysvaiheen seuranta vaatii mittauksia. Penkereen painumista voidaan seurata poikkileikkausvaaituksien, tankopainumamittarin, tai letkupainumamittarin avulla.

Huokosylipaineen poistuminen havaitaan tarkasti huokospainemittauksilla. Huokospaineanturien käyttöä suositellaan painumamittausten täydentäjänä.

Maan leikkauslujuuden kasvua voidaan suoraan mitata siipikairalla penkereen läpi suojaputken avulla.

Suunnittelijan antamat painuma-ajat penkereen korottamiselle ovat ohjeellisia. Ennen korotusta on varmistuttava, että maapohjan lujuuden kasvu on saavutettu. Seurannassa käytettävät mittaustavat on esitettävä rakennussuunnitelmassa.

3.14 Vastapenger

Vastapenger tehdään suunnitelmissa esitettyjen tai työn aikana määrättyjen mittojen mukaisesti. Vastapenkereiden rakentamiseen voidaan käyttää kaikkia maalajeja, jotka eivät sisällä eloperäisiä aineksia kuten turvetta, multaa tai raivausjätteitä.

Vastapenkereen märkätiheys määritetään volymetrillä levityksen jälkeen vähintään kerran jokaista alkavaa 100 m osuutta kohti. Märkätiheys määritetään tarvittaessa useammasta syvyydestä. Suunnitelmassa otaksutaan vastapenkereen märkätilavuuspainon olevan 18 kN/m^3 ellei toisin ole mainittu. Mitattua tilavuuspainoa verrataan suunnitelmaan ja tarvittaessa muutetaan pengerkorkeutta.

Vastapenkereet on rakennettava täyslevyisinä ja samanaikaisesti pääpenkereen kanssa niin, ettei pääpenkereen ja maanpinnan tai pääpenkereen ja vastapenkereen korkeusero missään työvaiheessa ylitä suunnitelmassa annettua korkeuseroa.

Suosittelavinta on suorittaa pengertäminen niin, että massat ajetaan ensin vastapenkereen yläpinnan tasoon, minkä jälkeen pääpenger korotetaan lopulliseen korkeuteensa. Joskus saattaa työjärjestys kuitenkin tehdä edulliseksi rakentaa vastapenkereet ennen pääpengertä.

Mikäli vastapenkereeseen joudutaan tien päällysrakenteen kuivanapitämiseksi kaivamaan tielinjan suuntainen oja, tulisi se sijoittaa tien pengertäjäluiskan ja vastapenkereen liittymäkohtaan. Ojan pohjan kaivamista alkuperäisen maanpinnan alapuolelle on tällöin vältettävä. Tarvittaessa päällysrakenteen kuivatus voidaan järjestää salaojituksella vastapenkereen poikki 40 - 60 m välein. Vesien poisjohtamista varten voidaan vastapenkereiden poikki kaivaa määräväleihin kapeita ojia, mikäli ne eivät huononna pääpenkereen vakavuutta.

Ennen pengerrystöitä on selvitettävä, onko vastapengeralueen välittömässä läheisyydessä ojia, kaivantoja tai muita rakenteita joita suunnitelmassa ei ole otettu huomioon. Nämä voivat aiheuttaa tiehen sorkkia tai epätasaisia painumia.

Vastapenkereen korkeustaso mitataan poikkileikkausvaaituksin 20 m:n välein. Korkeustaso saa poiketa suunnitellusta ± 10 cm.

Vastapenkereen korotus tai levitys suunnitelman mukaisesta vaatii aina suunnittelijan hyväksymisen.

3.15 Ylipenger

Ylipengertä käytetään pehmeän pohjamaan esikuormituksen lopullisten painumien pienentämiseksi. Rakentamisen aikana valvotaan, ettei pengertä koroteta tarpeettomasti yli suunnitelmassa esitettyjen mittojen siten, että aiheutuu sortumavaara. Ylipenkereen yläpinnan korkeus on mitattava vaaitsemalla mahdollisimman pian rakentamisen jälkeen.

Sillan päätypenkereitä rakennettaessa on erityisesti huomiota kiinnitettävä etuluiskien alustan riittävään ylipengerkuormitukseen.

Penkereen painumista tarkkaillaan kohdassa 3.12 ja 4.2 esitetyllä tavalla. Painumatarkistimet asennetaan suunnitelmassa esitettyihin mitauskohtiin.

Ylipenger on korotettava alkuperäiseen tasoon, kun penkereen todetaan mittausten mukaan painuneen jollakin osuudella yli 0,2 m. Louheen osalta korotusväli on sovittava suunnittelijan kanssa (ks. 3.12).

Ylipenger rakennetaan yleensä sellaisesta materiaalista, jota voidaan tarkoituksenmukaisesti käyttää ylipenkereen poiston jälkeen tehtäviin rakenneosiin. Louhetta käytettäessä on oltava tarkoin selvillä penkereen kokonaispainumasta, jotta ylipenkereen poiston yhteydessä ei jouduta "piikkaamaan" louhetta pois.

Ylipenger poistetaan, kun painuman suuruus ja painumanopeus ovat täydellä ylipengerkuormalla saavuttaneet suunnitelmassa esitetyt arvot. Ellei suunnitelmassa ole tällaista esitetty, katsotaan painumisen

päättäneen, kun kahden viimeisen mittauskerran havainnot eivät osoita painumista. Jos painuminen jatkuu ja arvioitu painuma-aika alkaa loppua, on selvítettävä esikuormituksen jatkamistarve suunnittelijan kanssa.

3.2 Kevytpenkereet

3.21 Kevytsorapenger

Kevytsoramateriaalin laadun valvonta

Kevytsoramateriaalista TVH on tehnyt Oy Lohja Ab Kevytsoramyyntin kanssa hankintasopimuksen 11.04.1983. Sopimuksen kevytsoran laatua ja laadunvalvontaa koskevat liitteet ovat sellaisenaan tämän kirjan liiteosassa:

- Tiekevytsoran laatuvaatimukset/29.12.1981
- Tiekevytsoran laadunvalvonta/29.12.1981

Liitteiden mukaista nk. normaalia tiekevytsoraa toimittavat Virkkalan ja Kuusankosken tehtaat. Myöhemmin on erillisellä kirjeenvaihdolla sovittu erikoiskevyyestä tiekevytsorasta, jota toimittaa Kuusankosken tehdas. Erikoiskevyyen tiekevytsoran kuivatiheyden keskiarvo saa olla enintään 320 kg/m^3 (normaalilla tiekevytsoralla vastaavasti 420 kg/m^3), yksittäisen kuorman kuivatiheys enintään 350 kg/m^3 (normaalilla tiekevytsoralla vastaavasti 450 kg/m^3), muut laatuvaatimukset em. liitteiden mukaiset.

Ellei suunnitelmassa ole muuta määrätty, saa kevytsoramateriaali olla joko normaalia tai erikoiskevyttä kevytsoraa ja rakenne tehdään kummallakin materiaalilla suunnitelmassa esitetyillä mitoilla ellei suunnittelijan kanssa tapauskohtaisesti muuta sovita.

Mikäli rakennustyön aikana tulee harkittavaksi em. sopimuksen ulkopuolella oleva, esimerkiksi ulkomailta tuotava tai sopimuksen laatuvaatimuksista poikkeava tuote, on materiaalista pyydettyvä seikkaperäiset

laatutiedot ja tuotteen käytöstä sovittava tapauskohtaisesti suunnittelijan kanssa. Normaalia painavampi kevytsora edellyttää yleensä suunnitelman muutoksen.

Kevytsorapenkereen rakentamisen valvonta

Penkereen alustan tasaus ja muoto tarkastetaan silmänvaraisesti ja tarvittaessa mittaamalla. Tarkastetaan, että tarvittava suodatinkerros tai -kangas on materiaaliltaan (rakeisuus/kankaan käyttöluokka) laatuvaatimukset täyttävä ja asianmukaisesti rakennettu tai asennettu.

Ennen kevytsoran ajoa penkereeseen rakennetaan suunnitelmassa esitetyt reunapenkeret riittävään korkeuteen. Kevytsorakiillojen kaivannoista vesi on poistettava ennen kevytsoran ajamista.

Levitys ja muotoilu voidaan tehdä kevyellä telaketjupuskutraktorilla. Riittävä tiiviys saadaan tässä vaiheessa ajamalla kevyellä telapuskutraktorilla 5-6 kertaa kunkin täyttökerroksen yli. Kevytsoran päälle levitetään suoraan jakavan kerroksen kiviainesta 0,30 m paksu kerros, jonka päältä suoritetaan varsinainen tiivistäminen. Tiivistäminen voidaan suorittaa esim. 3 tonnin täryjyrällä neljällä ylityskerralla.

3.22 EPS-penger

Materiaalin laatu

EPS-penkereisiin käytetään paisutusmenetelmällä valmistettuja polystyreeniharkkoja (expanded polystyren). Menetelmällä voidaan valmistaa erikokoisia harkkoja, joiden mitat esitetään tapauskohtaisessa suunnitelmassa.

Puristuslujuus ja tilavuuspaino

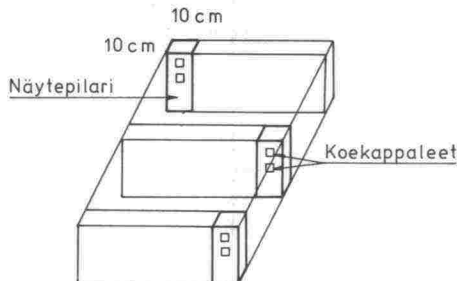
Penkereeseen käytettävän polystyreenin puristuslujuuden tulee olla $\geq 100 \text{ kN/m}^2$ 5 % kokoonpuristumalla. Polystyreenin puristuslujuus on voimakkaasti riippuvainen tilavuuspainosta. Em. puristuslujuuden arvo saavutetaan normaalisti tilavuuspainon ollessa 25 kg/m^3 . Toimituksen mukana on oltava tosite tilavuuspainosta ja puristuslujuudesta.

Työmaalla punnitaan tilavuuspaino tarkistusluontoisesti vähintään yhdestä harkosta toimituserää kohti. Punnitus suoritetaan kuivasta harkosta välittömästi kuorman saavuttua.

Mikäli on syytä epäillä solumuovin tilavuuspainoa ja puristuslujuutta, on harkoista otettava näytteitä seuraavan ohjelman mukaan:

Täytön tilavuus	Tutkittavien harkkojen lukumäärä
$< 500 \text{ m}^3$	vähintään 3 harkkoa
$500 - 1000 \text{ m}^3$	vähintään 4 harkkoa
$> 1000 \text{ m}^3$	vähintään 5 harkkoa

EPS-harkkojen valmistustekniikasta johtuen harkkojen sisäosien lujuus ja tilavuuspaino ovat ulko-osia suuremmat. Näytteenotto puristuslujuuden määrittystä varten voidaan suorittaa esim. kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Koekappaleiden ottaminen EPS-harkosta.

Näytepilareista valmistetaan koekappaleet lämpölangalla tai hienote-räisellä sahalla. Näytteen koko vähintään 5 x 5 x 5 cm. Näin otettu-jen näytteiden puristuslujuuden keskiarvon tulisi olla 100 kN/m^2 5 % kokoonpuristumalla ja yksittäisarvon $\geq 80 \text{ kN/m}^2$. Puristusnopeus puris-tuslujuuden määrityksessä on 1 mm/min.

Tilavuuspaino on syytä tarkistaa puristuskokeen yhteydessä. Näyte on kuivattava lämpökaapissa $+60 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa 24 tuntia ennen puristus-koetta.

Geometrinen muoto ja mitat

EPS-harkkojen on oltava suorakulmaisia kappaleita. Geometrinen muoto ja tasaisuus on ehdottoman tärkeää stabiilin rakenteen ja helpon asen-nuksen saavuttamiseksi.

Suurin sallittu poikkeama annetuista mitoista (pituus, leveys ja kor-keus) on $\pm 1 \%$. Harkon ylä- ja alapintojen tasaisuudessa ei saa olla $\pm 5 \text{ mm}$ suurempaa poikkeamaa mitattuna 3 m pituudelta. Harkon minimisi-vumitta on 0,5 m ellei suunnitelmassa ole toisin mainittu.

Palonkestävyys

Normaalisti maapenkereissä käytetään halvinta eli palavaa polystyree-nilaatua. Tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota tulen käsitte-lyyn ja hitsauksiin. EPS-penkereitä on tuhoutunut asennusvaiheessa savuna ilmaan mm. hitsauskipinästä syttyneen tulipalon seurauksena.

Polystyreeniä on myös ns. sammuvaa laatua. Kustannuslisä on noin 10 %. Vaativissa kohteissa (suuri EPS-määrä, palon aiheuttamat suuret vahin-got) on käytettävä ns. sammuvaa laatua.

Vesipitoisuus

EPS-harkkoja varten ei tällä hetkellä ole määräyksiä vesipitoisuuden suhteen. Täysin veden alla oleva polystyreeniharkko saattaa imeä noin 90 kg/m^3 vettä. Ajoittain veden alla oleva materiaali saattaa sisältää 40 kg/m^3 vettä. EPS-penkereen mitoitustilavuuspaino vedenpinnan yläpuolella on 100 kg/m^3 , joten tämän suhteen ei vesipitoisuudesta pitäisi tulla ongelmia. Em. tilavuuspainon arvo sisältää myös kiinnitysrautojen ja tasoitushiekan painon.

Varastointi

EPS-harkot on suojattava varastoinnin ja työn aikana

- tulelta
- syövyttäviltä kemikaaleilta, erityisesti öljytuotteilta
- tuulelta ja sateelta
- auringolta jos varastointiaika on pitkä.

Asennus

EPS-harkot on yleensä asennettava pohjavesipinnan yläpuolelle kuivaan tilaan. Tarvittaessa rakenne on kuivatettava salaojituksella. Jos rakenne joutuu ajoittain vedenpinnan alle, on noste otettava huomioon.

EPS-harkot asennetaan tiivistetylle asennushiekalle. Asennusalustan tasaisuusvaatimus on $\pm 10 \text{ mm}$. Alustan korkeustaso ei saa poiketa yli 50 mm suunnitellusta.

Asennuspohjan tasaisuutta ja suunnitelman mukaista korkeustasoa tarkkaillaan suorittamalla poikkileikkäusvaaituksia 10 m välein.

EPS-harkot ladotaan ristikkäin välttämällä päällekkäisiä saumoja, koko kerros valmiiksi ennen uuden aloittamista. EPS-harkot kiinnitetään alla olevaan kerrokseen harkkojen läpi työnnettävillä raudoilla esim. \varnothing 10 mm, k/k 1 m; L_{max} 1500 mm. Tartuntojen tulee olla ruostesuojattu- ja esim. galvanoitua harjaterästä.

EPS-harkkojen muodostaman porrasmaisen luiskan kaltevuuden tulee olla vähintään 2:1. Alle 1 m korkeiden solumuovirakenteiden reuna voi olla pystysuora. Harkkojen verhouspaksuuden luiskassa on oltava vähintään 25 cm.

Ylimmän solumuovikerroksen pienet epätasaisuudet tasataan hiekalla. Suuremmat epätasaisuudet täytetään ohuilla solumuovilevyillä tai kevytsoralla. Korkeiden täyttöjen osalta on kiinnitettävä erityistä huomiota kunkin kerroksen yläpinnan tasaisuuteen.

Normaalisti on suunnitelmassa esitetty solumuovipenkereen päälle suojabetonilaatta.

Solumuovipenger on suojattava maantieltä tulevia öljyjä ja liuotainaineita vastaan. Suojaavat muovikalvot ja harkkojen verhousrakenteet on esitetty suunnitelmassa.

3.3 Telat ja lujitteet

3.31 Telat

Tyyppi 1A. Näretela oksimattomista (osittain oksituista) puista

Tela tehdään kuusipuusta. Laadunvalvonta kuten tyyppissä 1B.

Tyyppi 1B. Tela oksituista puista

Jos telan pohjamaalla ei voida työkoneella liikennöidä, tehdään työalusta käyttäen suodatinkangasta ja mahdollisimman ohutta kerrosta karkearakeista pengermateriaalia tai käytetään jäädytysmenetelmää (ks. 3.53).

Laadunvalvonnassa tarkistetaan, että puutavara on lahotonta havupuuta ja

- riittävän pitkää sekä
- riittävän järeää.

Työn kuluessa todetaan, että ristikko on kiinnitykseltään, jatkosiltaan ja paksuudeltaan työselityksen mukainen. Telan leveyden on oltava riittävä.

Peitemaan tulee olla suunnitelman mukaista ja tiivistetty ohjeiden mukaisesti. Työmaaliikenne vaatii vähintään 30 cm peitekerroksen.

Tyyppi 2A. Harva telalava

Puutavaran on oltava lahotonta havupuuta. Juoksujuen latvaläpimita ja pituus sekä niiden sijoittelu tarkastetaan. Lavan poikkipuiden paksuus, jatkosten pituus ja telan leveys tarkastetaan. Valvotaan, että puut peitetään kosteutta pidättävällä maalla.

Tyyppi 2B. Tiivis telalava

Valvonta tapahtuu kuten tyyppi 2A.

Tyyppi 3. Risunkimatto

Valvotaan silmämääräisesti, että matoksi ladotut risut ym. ovat riittävän tiheässä ja koko suunnitellulla leveydellä. (miehen painon kantava, tiivistettynä noin 15...30 cm:n paksuinen kerros).

Telojen talvirakentaminen

Jos tela ja penger aiotaan rakentaa talvella, on valvottava, ettei tielinjalla olevaa lumikerrosta tiivistetä ajoneuvoilla tms., vaan maan routaantumisen estämiseksi vältetään alueella liikkumista ennen rakentamisen aloitusta. Pohjan raivauksen jälkeen tarkistetaan, ettei telan alle jää lunta tai jäätä. Maan tarpeettoman jäätyminen estämiseksi penger on pyrittävä ajamaan mahdollisimman pian telan rakentamisen jälkeen.

3.32 Kuitukangas

Kuitukankaan käyttökohteet

Kuitukangasta käytetään ensisijaisesti suunnittelijan osoittamissa kohteissa suodattimena, erottimena, eroosiosuojana ja laadunvarmistimena.

Kangasta käytetään hyvin yleisesti muissakin kohteissa rakentajan harkinnan mukaan. Kuitukankaan avulla voidaan usein helpottaa työtä ja estää maalajien sekoittumista työmaaliikenteen alla.

Vastaanotto

Kangasta työmaalla vastaanotettaessa ja ennen käyttöönottoa tarkistetaan, että kuitukangas on

- TVH:n hyväksymää tyyppiä (vrt. taulukko 1)
- käyttöluokaltaan suunnitelman mukaista
- rakenteeltaan ehjää ja tasalaatuista.

Taulukossa 1 on esitetty kuitukankaiden käyttöluokitus (VTT/Geo) käyttökohteen mukaisesti. TVH hankkii kankaat vuosisopimusten pohjalta. Hankintasopimuksen ulkopuolisille kankaille on oltava VTT:n hyväksyminen ko. käyttöluokkaan.

Taulukko 1. Kuitukankaiden käyttöluokitus

KÄYTTÖLUOKKA (sovelletaan tierakennuskohteisiin)	TARPEELLINEN PISTEMÄÄRÄ
1. toissijaisissa käyttökohteissa, esim. nurmetusalustana	≤ 99,9
2. erottamaan luonnon maalajeja toisistaan	100,0 - 140,0
3. erottamaan murskesora tai sepeli maalajeista	140,1 - 220,0
4. erottamaan lajittelematon louhe maalajeista	≥ 220,1

Kunkin kuitukankaan toimituserän osalta on tehtävä vastaanottotarkastus, jossa todetaan ja kirjataan

- määrä
- leveys
- pituus
- paino
- käyttöluokka.

Vastaanottotarkastuksen yhteydessä on syytä esim. maalilla merkitä rullan päälle kangasluokka.

Koska merkittävä osa kankaista toimitetaan piirin keskusvaraston välityksellä tai välivarastoidaan esim. työmaalla, on syytä organisoida vastaanottotarkastus tähän vaiheeseen. Työkohteessa se voi olla myöhäistä tai ainakin hidastaa varsinaisen työn toteuttamista.

Kuitukankaan varastointi ja käsittely työmaalla

Kuitukangas on varastoitava kuivalle alustalle auringon valolta ja sateelta suojattuna. Kangasta ei saa jättää levitettynä auringon valolle alttiiksi viikkoa pidemmäksi ajaksi.

Kankaiden varastoinnissa ja käsittelyssä olisi huomioitava seuraavat seikat:

- Rullat on varastoitava aina irti maasta ja suojattava valon ja saateen pidättävin suojapeittein.
- Talviaikana olisi jäätyminen estämiseksi käytettävä sisävarastoa tai katoksellista ulkovarastoa.
- Rullien noston on tapahduttava nostoliinoilla.
- Rullia ei saa pyörittää kurassa eikä vedessä.

Asennus

Levityksen aikana on valvottava, ettei kankaan päällä liiku sitä rikkovia työkoneita tai autoja ennenkuin kiviaineksesta tehty suojakerros on levitetty. Yleensä riittää 0,2 ... 0,3 m paksu tiivistetty soratai murskesorakerros, jos liikennöiminen on vähäistä. Lisäksi on tarkastettava, että kankaan saumaus on asianmukainen. Kankaan repeämisen välttämiseksi ei levitettyä kuitukangasta saa asennuksen yhteydessä siirtää vetämällä. Mikäli kankaan suuntaus on väärä, on kangas rullattava takaisin ja rullan uudelleen suuntauksen jälkeen levitettävä paikoilleen.

Kuitukankaan asentamisen onnistumiseksi on huomioitava seuraavia seikkoja:

- Varmista kankaan luokka ja mikä rullan leveys sopii parhaiten työkohteeseen.
- Käytä oikeita apuvälineitä, mikäli joudut kaventamaan rullaa. Väärillä välineillä leikatusta kankaan reunasta voi tulla rispaantunut ja kangas voi helposti revetä.
- Hyvä leikkuri kangasrullalle on kaarisaha, jonka terä on smirgeloitu tasaiseksi.
- Maapohjalle levitettäessä työ onnistuu varmimmin kohteen ollessa kuiva.
- Asennuspuhjan tulee olla tasainen ja oikeassa muodossa.
- Suositeltavat limitysvarat tavanomaisessa suodatinkäytössä ovat 0,5 metriä pituussuunnassa ja 2 metriä poikkisuunnassa.

- Painavia kangasrullia voi käsitellä koneellisesti esim. siten, että rulla asetetaan laakerein varustettuun telineeseen, josta se on helppo levittää kohteeseen. Teline on tehtävä sellaiseksi, että mahdollisimman moni eri työkone pystyy sitä käsittelemään.
- Veteen levitettäessä paras tulos saavutetaan saumatuilla kankailla.
- Saumattavissa kankaissa on saumauskone säädettävä kullekin kankaalle sopivaksi.

Tasalaatuisuus todetaan silmämääräisesti. Kankaassa ei saa olla reikiä eikä poikkeavan ohuita kohtia, jotka yleensä ilmenevät levitettäessä kangasta sen väristä poikkeavalle alustalle.

Jos selviä laatueroja todetaan, ei ko. rullaa pidä käyttää. Poikkeavasta laadusta on heti ilmoitettava tavaran toimittajalle ja neuvoteltava rullan vaihtamisesta. Jos tämä ei onnistu, on kankaasta otettava näytteitä laboratoriotutkimuksia varten.

Näyte leikataan puutteellista laatua edustavalta kohdalta rullan koko leveydeltä vähintään 1 m:n etäisyydeltä rullan päistä. Näytteen pituuden tulee olla vähintään 2 m.

Näytteenoton yhteydessä täytetään näytteen lähetyslomake (TVH 732539). Siihen on liitettävä kaikki tiedot rullasta eli kankaan nimi, laatu, luokka, rullan nro, toimituspäivämäärä, toimituserä yms., kuormakirjan nro jne. Eli kaikki sellaiset tunnusmerkit, joista riidattomasti voi kyseisen rullan tunnistaa. Lisäksi merkitään näytteen lähettäjä, ottaja, ottopaikka yms.

Näytteet lähetetään tutkittavaksi TVH:n laboratorioon.

TVH:ssa tehdään kuitukankaiden tarkastuksessa em. näytepalasta otetuista koepaloista seuraavat neljä testimäärittystä:

Wo,	neliömetripaino
Pmax,	maksimivetolujuus
ø,	reikäkoko kartiopodotuskokeessa
To,	paksuus 20 kPa kuormituksella

3.33 Lujitteet

Penkereessä ja erikoisrakenteissa käytettäviä lujitteita on sekä teräs- että muovipohjaisesta materiaalista. Lujitteet toimivat tavallaan maarakenteen raudoitteina.

Muovipohjaiset lujitteet jakautuvat verkkomaisiin ja kangasmaisiin lujitteisiin. Sekä verkkomaisten että kangasmaisten lujitteiden lujuusominaisuudet ovat usein suuremmat lujitematon pituussuunnassa.

Lujitteiden käytöstä tehdään aina yksityiskohtainen suunnitelma.

Vastaanotto ja varastointi

Lujitteita työmaalla vastaanotettaessa ja ennen käyttöönottoa tarkistetaan, että materiaali on:

- Suunnittelijan esittämää merkkiä ja laatua. Jos tästä poiketaan on korvaavan tuotteen ominaisuudet selvitettävä yhdessä suunnittelijan kanssa.
- Lujuudeltaan ja muodonmuutosominaisuuksiltaan suunnitelmia vastaavaa.
- Rakenteeltaan ehjää ja tasalaatuista.

Lujitteet on varastoitava kuivalle alustalle sateelta suojattuina. Verkkomaiset ja mattomaiset lujitteet varastoidaan kuten kuitukankaat.

Alustan käsittely

Penkereen alle tulevat lujiteverkot ja -matot levitetään maapohjalle, josta kannot, pensaat ja kivet on poistettu. Paikalliset kuopat on täytettävä. Ruoho ym. pintakasvillisuus ja kuivakuorikerros jätetään mahdollisuuksien mukaan paikalleen.

Eräissä tapauksissa pohja joudutaan ensin tasoittamaan ja muotoilemaan suunnitelmien osoittamalla tavalla.

Lujitteiden asennus

Lujitteet asennetaan suunnitelmissa esitettyjen ohjeiden mukaan. Erikoista huomiota on kiinnitettävä siihen, että lujiteverkot ja -matot asennetaan oikein suunnattuna ts. lujuusominaisuudet huomioonottaen. Saumaus on tehtävä huolellisesti suunnitelmien mukaan.

Rakennekerrosten rakentaminen

Rakennekerrokset tehdään suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Verkko-
maisten lujitteiden moitteettoman toiminnan edellytyksenä on, että keskimääräinen raekoko on suunnilleen sama kuin verkon silmäkoko.

Täyttötyö tehdään niin, että työkoneet liikkuvat vain jo täytetyllä alueella. Sopivin tapa tehdä täyte on seuraava; kiviaineskuorma kipaataan muutaman metrin päähän täytteen reunasta. Puskutraktorilla tai pyöräkuormaajalla työnnetään kiviaines lujiteverkon tai -maton päälle päätypenkereen tapaan. On varottava työntäjästä kiviainesta pitkin verkkoa, koska verkko voi tällöin vahingoittua tai siirtyä paikaltaan. Jos lujitekerroksia on useita pyritään täyte rakentamaan siten, että se saumojen kohdalla etenee muun täytön edellä. Täyte tiivistetään alustavasti ajamalla levityskoneella edestakaisin täytteen päällä. Lopullinen tiivistäminen tehdään suunnitelman mukaan.

Liikennettä tai työkoneita ei saa päästää ajamaan lujitteiden päälle ennen täytteen levittämistä.

3.4 Pystyjoitus

3.4.1 Työn suunnittelu ja -seuranta

Pystyjojen asennustyön suorittajan ja rakennuttajan tulee pitää aloituskokous ennen töiden suoritusta. Työsuunnitelmaan liittyvät asiat käsitellään normaalitapauksessa neuvotteluluontoisesti. Erittäin vaikeissa kohteissa, kuten sortumalle alttiiden rinteiden vahvistustöissä

on syytä tehdä kirjallinen työsuunnitelma ennen töiden aloitusta. Pystyöjan asennustyösuunnitelman tulee niveltä rakennussuunnitelmaan ja hankkeen työsuunnitelmaan.

Työsuunnitelman tulee sisältää:

- Selvitys olemassa olevista rakenteista ja työtä rajoittavista esteistä pystyöjitettävällä alueella. Tällaisia voivat olla esim. putkijohdot, maakaapelit, ilmajohdot sekä maastolliset esteet.
- Suunnitelma pystyöjituksen edellyttämistä alustavista rakennustoimenpiteistä, joita ovat mm. johtojen merkitseminen tai -siirto, työalustan rakentaminen, työtä rajoittavien täyttöjen ym. poistaminen sekä suojaustoimenpiteet.
- Suunnitelma ojien sijoittamisesta eri osa-alueilla (sijoituskuvat) sekä osa-aluekartta.
- Aikataulu ja työjärjestys.
- Mittaustoimenpiteet.
- Työn toteutuksen seuranta.
- Työsuojelutoimenpiteet.

3.42 Nauhapystyöajat

Pystyöjitus tehdään aina yksityiskohtaisen suunnitelman mukaan. Työ suoritetaan erikoislaitteilla hyväksytyttä työtapaa ja materiaalia käyttäen (ks. TYT 1222).

Nauhamateriaalin vastaanotto ja varastointi

Pystyöjanauhaa vastaanotettaessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Nauhapystyöajien on oltava TVH:n hyväksymää laatua.
- Nauhapystyöajien tulee omata suunnitelmassa esitetyt vedenjohtavuusarvot (ekvivalenttihalkaisija hiekkapystyöajana yms.)
- Materiaalin on oltava tasalaatuista ja eheää.

Pystyjojanauharullat on varastoitava kuivalle alustalle auringon valolta ja sateelta suojattuna. Kuitukankaisia nauhoja ei saa jättää pitkiksi ajoiksi auringonvalolle alttiiksi.

Ojituskerros

Maapohjalle levitetään ennen pystyjojen asennusta ojituskerros, jonka paksuus on TYT:n mukainen 0,5 m ellei suunnitelmassa muuta esitetä. Tämän kerroksen rakeisuusvaatimukset ovat samat kuin salaojahiekalla (TYT 1300, kuva 2). Materiaaliksi kelpaa yleensä myös kivetön jakavan sora.

Maanpintaan tehtävän ojituskerroksen rakeisuus tarkistetaan vähintään kerran jokaista alkavaa 500 m³:ä itä kohti. Valvotaan, että kerros levitetään tasaisesti koko leveydelle.

Asennus

Ojat tehdään suunnitelmassa esitetyin välein suunnitelmassa esitetyn geometrian mukaan. Geometriaa voidaan hieman tarkistaa työmenetelmiin soveltuvaksi suunnittelijan kanssa sopimalla. Nauhojen sijaintiin on kiinnitettävä huomiota. Nauhojen välinen etäisyys ei saa poiketa suunnitellusta yli 0,2 m. Nauha työnnetään maahan pystysuoraan asennusputken suojassa. Nauhan alapään kiinnityksen varmistamiseen käytetään ankkurilevyä.

Työntösyvyyden on vastattava piirustuksissa mainittuja mittoja. Nauha työnnetään kuitenkin sellaiseen kerrokseen johon sen alapää voi ankkuroitua.

Asennettu nauha leikataan poikki noin 0,2 m työskentelytason yläpuolelta. Nauhan toimivuus vaatii nauhan ulottamisen ojituskerrokseen. Lisäksi on varmistettava, että ojituskerroksen kuivatus toimii koko painuma-ajan.

Työn aikana seurataan ojien pituuksia. Suunniteltu ja toteutunut oja-pituus merkitään pystyjoituksen toteutumapiirustuksiin. Toteutuneet pituudet on hyvä esittää poikkileikkauspiirustuksina. Näihin merkitään kahden lähimmän rivin nauhapituudet.

Pengertäminen pystyjoitusalueella

Pengertä rakennettaessa on valvottava, että pystyjoitetulla alueella liikkumista raskailla työkoneilla vältetään. Penkereen levityksen tulee tapahtua tasaisina, koko tien levyisinä kerroksina. Pengertä rakennettaessa on valvottava, ettei ojitusalueella synny sellaisia kuormituseroja, esim. maakasoja, jotka voivat aiheuttaa pohjanmurtuman.

Painumista on koko ajan seurattava huolellisesti vaaitusten ja suunnitelmissa tai työn aikana sovittujen painuma- ja huokosvedenpainemittareiden avulla (ks. 3.12). Painumisen nopeuttamiseksi penkereelle on yleensä suunniteltu ylipenger (ks. 3.15).

Pystyjoitustyö olisi ajoitettava sulan maan aikaan niin, että penger saadaan ajettua päälle ennen jäätymistä. Jäätyneen ojituserroksen päälle saa ajaa vain routaa suojaavan kerroksen, (ks. TYT 1222). Routanousu saattaa vaurioittaa pystyjoitanauhoja. Jos jäätyneen ojituserroksen päälle ajetaan korkea penger on tämä otettava huomioon painumajassa. Jäätynyt ojituserros ei poista nauhojen kautta nousevaa vettä. Korkean jäätyneen penkereen sulaminen voi viedä olosuhteista riippuen jopa kaksi kesäkautta.

3.43 Hiekkapystyjojat

Kaluston tarkastus

Ennen työn aloittamista tarkastetaan, että kalustolla voidaan tehdä suunnitelmanmukaista pystyjojaa. Kun pystyjojan täyteenä käytetään irtohiekkaa, on ojaan käytetyn hiekan määrä voitava mitata.

Ojien teoreettisen läpimitan on oltava vähintään 160 mm (ks. TYT 1222).

Ojamateriaali

Tarkastetaan, että käytettävän hiekan rakeisuus on TYT 1220 mukainen.

Työn kuluessa tarkkaillaan hiekan rakeisuutta silmänvaraisesti. Rakeisuus tarkistetaan laboratoriomäärityksellä vähintään kerran jokaisesta alkavaa 1000 ojametriä kohti sekä silloin, kun silmänvaraisesti todetaan hiekan laadun merkittävästi muuttuneen.

Ojituskerros

Ks. kohta 3.41

Hiekkapystyojan rakentaminen

Tarkastetaan, että ojien sijainti on merkitty maastoon suunnitelman mukaisesti, ja että käytetyllä työtavalla saadaan aikaan suunnitelmasa esitettyä pystyjojaa (vrt. 3.41).

Työn aikana on ojien pituudet merkittävä valvontapöytäkirjaan, johon on samalla merkittävä suunniteltu pituus. Suunniteltu ja toteutunut ojanpituus merkitään myös pystyjoituksen toteutumapiirustuksiin.

Toteutunutta hiekkakulutusta ($m^3/oja-m$) verrataan suunniteltuun hiekkakulutukseen. Jos kulutus on suunniteltua pienempi, on reikä mahdollisesti sortunut tai epäjatkuva, ja jos kulutus on suunniteltua suurempi, on pystyjoissa pussimaisia pullistumia. Jos toteutunut kulutus on selvästi pienempi kuin suunniteltu kulutus, on harkittava ojan korvaamista uudella pystyjoalla. Jos kulutus on huomattavasti suurempi kuin suunniteltu kulutus, on liikakulutuksen syy selvitettävä. Ojiin käytetyn hiekan määrät mitataan kunkin työalueen osalta ja arvioidaan kerran työvuorossa.

Pengertäminen hiekkapystyöja-alueella

Ks. kohta 3.41

3.5 Stabilointi

3.51 Kalkkilujitus

Kalkilla lujittamiseen soveltuvat humusköyhät koheesio- ja silttimaa-
lajit, joiden hienoainespitoisuus 0,074 mm kohdalla on mieluummin
yli 35 %. Liejuisten ja juoksevassa tilassa olevien maalajien lujit-
tamiseen kalkki ei sovellu.

Kalkkilujitus tehdään ja valvotaan TVH:n julkaisussa "Stabilointioh-
jeet" TVH 732614 esitetyllä tavalla.

3.52 Sementtilujitus

Sementillä lujitettavaksi soveltuvat kivennäismaalajien lisäksi myös
liejuiset savet, ks. kohta 3.61.

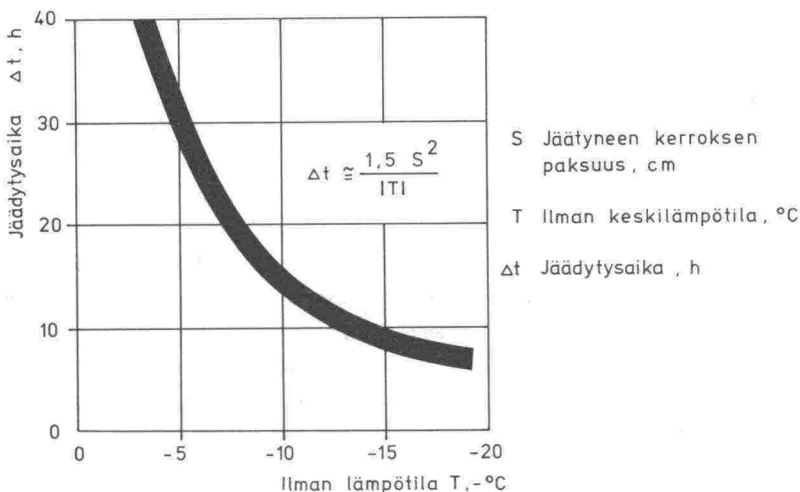
Maan lujittaminen sementillä tehdään ja valvotaan TVH:n julkaisussa
"Stabilointiohjeet" TVH 732614 esitetyllä tavalla.

3.53 Maapohjan jäädytys

Jäädytys on sopiva työnaikainen lujituskeino esim. kuivakuoren alle
tehtävässä leikkauksessa tai suoalueella. Tällöin penkereen alaosa
voidaan tehdä jäätyneen maan varaan. Jäädytettävältä alueelta on pin-
tavesi, jää sekä lumi poistettava. Maanpinta kuivatetaan ojittamalla.
Ajoa jäädytettävällä alueella jäädytyksen aikana on vältettävä.

Maapohjan liiallista jäädyttämistä on kuitenkin vältettävä. Jäädytys aiheuttaa maanpinnan painumaa sulamisvaiheessa. Sulaminen voi kestää hyvin kauan paksun pengerryksen alla. Sopiva jäädytyspaksuus useimpiin tapauksiin on noin 10 cm.

Veden kyllästämän pehmeän savimaan jäädytykseen tarvittavaa aikaa voidaan arvioida kuvan ja sen yhteydessä esitetyn kaavan avulla. Jäädytteen maakerroksen sopiva paksuus tarkistetaan ennen sen kuormitusta.



Kuva 6. 10 cm:n paksuisen, pehmeän savikerroksen jäädyttämiseen tarvittava aika t (tuntia), kun ilman lämpötila jäädytyksen aikana on T (°C).

Jäädyttämistä voidaan käyttää myös pysyvänä vahvistusmenetelmänä, koska jäätymis-sulamisilmion seurauksena saven vesipitoisuus laskee ja lujuus kasvaa. Jäädyttämisestä, sulattamisesta, tiivistämisestä ja työn valvontatutkimuksista esitetään tapauskohtaiset ohjeet suunnitelmassa.

3.6 Kalkkipilarit

3.61 Yleistä

Kalkkipilarimenetelmällä tarkoitetaan pohjanvahvistusmenetelmää, missä sekoitetaan sammuttamatonta kalkkia savikerrokseen, jolloin muodostuu lujittuvia kalkkipilareita. Stabilointiaineena voidaan käyttää myös kalkin ja sementin sekoitusta tai sementtiä. Sideaineen määrät ja laadut esitetään suunnitelmassa.

Kalkkipilarimenetelmä vaatii aina suunnitelman ja tarkat ennakkotutkimukset.

3.62 Työnsuunnittelu ja -seuranta

Työnsuunnittelu

Kalkkipilarityön tekijän ja rakennuttajan tulee pitää aloituskokous ennen töiden suoritusta. Työsuunnitelmaan liittyvät asiat käsitellään normaalitapauksessa neuvotteluluontoisesti. Erittäin vaikeissa tai laajoissa pilarointikohteissa, kuten sortumalle alttiiden rinteiden vahvistustöissä on syytä tehdä kirjallinen työsuunnitelma ennen töiden aloitusta. Kalkkipilarityösuunnitelman tulee niveltä rakennussuunnitelmaan ja hankkeen työsuunnitelmaan.

Työsuunnitelman tulee sisältää:

- Selvitys olemassa olevista rakenteista ja työtä rajoittavista esteistä kalkkipilaroitavalla alueella. Tällaisia voivat olla esim. putkijohdot, maakaapelit, ilmajohdot sekä maastolliset esteet.
- Suunnitelma kalkkipilaroinnin edellyttämistä alustavista rakennustoimenpiteistä, joita ovat mm. johtojen merkitseminen tai -siirto, työalustan rakentaminen, työtä rajoittavien täyttöjen ym. poistaminen sekä suojaustoimenpiteet.
- Suunnitelma pilarien sijoittamisesta eri osa-alueilla (sijoituskuvat) sekä osa-aluekartta. Pilarien numerointijärjestelmä.

- Aikataulu ja työjärjestys.
- Mittaustoimenpiteet.
- Työn toteutuksen seuranta.
- Työsuojelutoimenpiteet.

Työn suorituksen seuranta

Kalkkipilarien teon aikana tulee erityisesti seurata

- pilarien sijaintia ja kaltevuutta
- pilarien ala- ja yläpään tasoja
- kalkin syöttöä
- kalkin laatua
- työturvallisuutta.

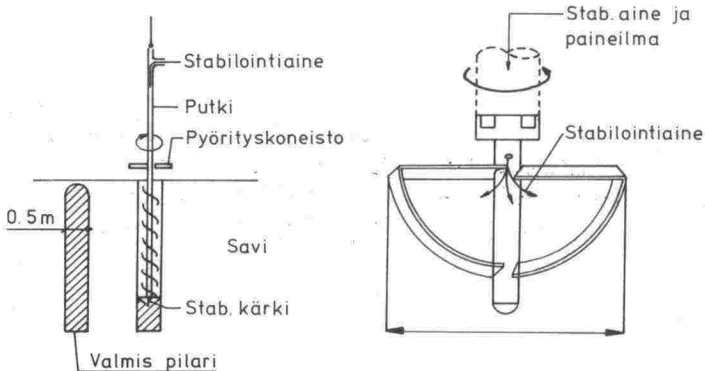
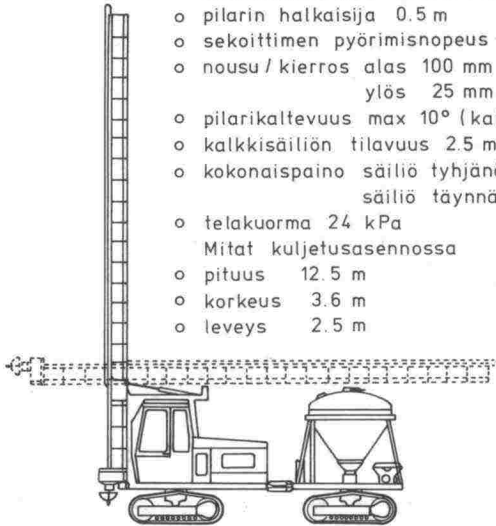
Pilarien sijainnin ja kaltevuuden maksimipikkeamat esitetään työselityksessä. Yleensä pilarien sijaintitarkkuudeksi riittää kapea-alaisissa stabilointikohteissa (putkijohtolinjat) $\pm 0,10$ m ja laaja-alaisissa kohteissa $\pm 0,20$ m. Pilarien kaltevuuden enimmäispikkeamana voidaan pitää 30 mm/m. Pilarien ala- ja yläpään tasot kirjataan jokaisesta pilarista.

Kalkin syöttöä seurataan jatkuvasti pilarien teon aikana. Yleensä kalkin menekki saa vaihdella enintään $\pm 1,0$ kg/m suunnitellusta. Kohteessa on oltava mittarit, joista voidaan jatkuvasti tarkkailla syötettävää kalkkimäärää. Työssä käytetty kalkkimäärä tarkistetaan säiliöittäin laskemalla keskimääräinen kalkinkulutus pilarimetriä kohti. Sekoittimen nousunopeus saa olla enintään 25 mm/r.

Kalkkipilarityöstä pidetään pöytäkirjaa, josta ilmenee

- työn tekijä
- päivämäärä ja sää
- pilareiden työsuunnitelman mukainen numerointi
- pilarin ylä- ja alapään tasot
- pilarin sijainti jälkimittauksen perusteella, havainnot pilarin teossa ilmenneistä häiriöistä ja poikkeamista.

- o Stabiloitisyvyys 10 m ... 15 m
- o pilarin halkaisija 0.5 m
- o sekoittimen pyörimisnopeus max 75 r/min
- o nousu / kierros alas 100 mm/r
- ylös 25 mm/r
- o pilarikaltevuus max 10° (kaikissa suunnissa)
- o kalkkisäiliön tilavuus 2.5 m³
- o kokonaispaino säiliö tyhjänä 10 ton
- säiliö täynnä 12.5 ton
- o telakuorma 24 kPa
- Mitat kuljetusasennossa
- o pituus 12.5 m
- o korkeus 3.6 m
- o leveys 2.5 m



Kuva 7. Kalkkipilarikone ja sen toimintaperiaate.

Kalkin laatu

Kalkin laatua seurataan laboratoriotekniikalla, joilla tarkistetaan kalkin CaO-pitoisuus ja rakeisuus. Tämä selvitys tehdään työn alussa sekä lisäksi tarvittaessa työn aikana.

Kalkkipilaroinnin stabilointiaineena käytetään poltettua kalkkia eli sammuttamatonta kalkkia CaO. Käytettävän kalkin tulee täyttää seuraavat laatuvaatimukset:

- Kalkki on kovaksi poltettua sammuttamatonta kalkkia CaO.
- Kalkki on hienojakoista, rakeisuudeltaan 0-0,2 mm, siten, että vähintään 80 % läpäisee seulakoon 0,2 mm. Maksimiraekoko \leq 1 mm.
- CaO pitoisuus \geq 80 %.

Suunnitelmissa esitettävä kalkkimäärä A kg/pilarimetri tarkoittaa 100 %:n CaO:n määrää. Tämän vuoksi kalkkia lisätään sen CaO pitoisuuden suhteessa. Esim. kalkkia, jossa on 80 % CaO:ta, tarvitaan

$$\frac{1}{0,8} \times A \text{ kg/pilarimetri}$$

Lisäksi kalkin juoksevuuden tulee olla sellaisen, että kalkki liikkuu säiliössä ja putkistoissa hyvin.

Työselityksessä esitetään ainakin vaatimus CaO-pitoisuudelle. Tämän lisäksi kalkin laatua seurataan myös silmämääräisesti.

Kalkin ja sementin seokset on sekoitettava jo tehtaalla.

3.63 Valvontatutkimukset

Erityisiä valvontatutkimuksia tehdään mikäli niitä määrätään suunnitelmissa tai epäiltäessä työn onnistumista.

Valvontakairauksilla pyritään tarkistamaan pilarin lujittuminen koko pilaripituudelta. Tällöin havaitaan pilarin alapään taso ja mahdolliset syöttöhäiriöt. Kalkkipilarin lujittumista tutkitaan joko pilari-kairalla tai pilarisiipikairalla. Pilarikairalla saadaan lujuustieto jatkuvana ja siipikairalla tutkittavilta syvyyksiltä.

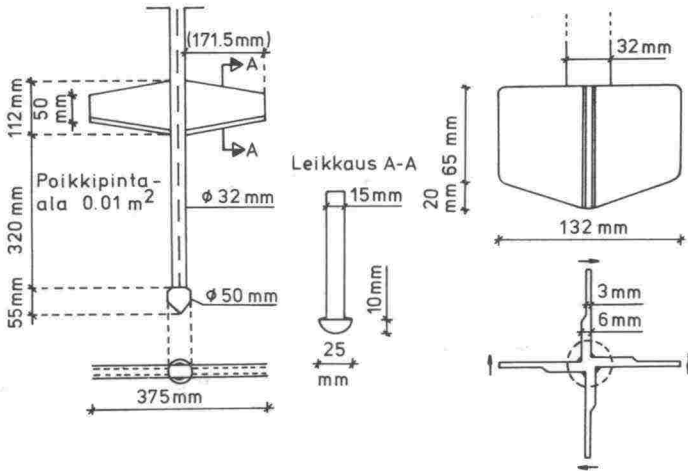
Kalkkipilareiden lujittumistutkimukset pilarikaira- tai pilarisiipi-kairauksilla tehdään 14 vrk...30 vrk pilarien teon jälkeen. Tutkittavat pilarit valitaan satunnaisesti ja siten, että ne kattavat eri osaluuet. Pilarista tehtävien kairausten yhteydessä tehdään vertailevat kairaukset luonnontilaisesta maasta pilarikairalla sekä tavallisella siipikairalla.

Pilarisiipikairaus tehdään normaalina siipikairauksena pilarin keskeltä. Pilarisiipikaira saattaa joskus etenkin pitkissä pilareissa haakeutua lujittuneesta pilarista ulos pehmeämpään saveen, jolloin siipikairaus mittaa ympäröivän saven leikkauslujuutta. Tämä vaara on vielä suurempi mikäli pilareita yritetään tutkia tavanomaisilla paino-, puristin- ja heijarikairoilla.

Pilarikairatutkimuksessa leikataan pilari pystysuoraan lähes koko pilarin leveydeltä pehmeimmissä kohdissa puristamalla ja lujemmissa kohdissa heijaamalla. Pilarikairan pitkä kärkiosa ohjaa kairaa siten, ettei se pääse helposti tunkeutumaan ulos pilarista.

Pilarikairan ja pilarisiipikairan kärjen periaatteet ilmenevät kuvasta 8.

Pilarikairalla saadaan mitattua pilarin suhteellinen lujittuminen läpi koko pilarin. Pilarikairan puristusvoimasta voi laskea likimääräisen leikkauslujuuden kalkkipilarissa kuvan 8 kaavalla.



$$\mathcal{J}_p = \frac{p}{A} \times \frac{1}{k'}$$

\mathcal{J}_p = pilarin likimääräinen leikkauslujuus

p = kairan puristusvoima
 A = kairan puristuspin-
 ala = $0,01 \text{ m}^2$

k' = kerroin, jonka arvo vaihtelee pilarissa 6...12 (luonnontilaisessa savessa kerroin on suuruusluokkaa 30... 40)

$$S = k \cdot Mu$$

S = leikkauslujuus [kPa]

k = siipikerroin = 345

Mu = vääntömomentti [kNm]

(a) pilarikaira

(b) pilarisiipikaira

Kuva 8. Kalkkipilarin tutkimusmenetelmiä

Muita kalkkipilarin tutkimusmahdollisuuksia ovat ruuvikompressiometri-koee sekä pieniläpimittaisen tai koko pilarin läpimittaisen näytteen otto. Ruuvikompressiometri on pilarin tutkimiseen sopiva, koska sillä voidaan tehdä levykuormituksen tapainen koee halutulla syvyydellä. Kokeen suoritus on hidasta ja kallista. Koko pilarin läpimittaisen näytteen otto onnistuu raskailla työkoneilla ja isoläpimittaisilla halkaistavilla teräsputkilla. Menetelmä on kallis ja tulee kysymykseen vain epäiltäessä koko pohjanvahvistustavan onnistumista.

Kalkkipilareista tehtävät tutkimukset edellyttävät tutkittavien pilareiden merkitsemistä välittömästi niiden teon jälkeen niin, että 2-4 viikkoa myöhemmin tutkittavien pilarien päät ovat paikallistettavissa. Suositeltavinta on asentaa tutkittavien pilarien keskelle merkkipaalut tai tangot. Ennen pilaritutkimusta joudutaan pilarin yläpää kaivamaan auki niin, että koko pilaripoikkileikkaus on näkyvässä. Paksut täytöt vaikeuttavat oleellisesti pilarista tehtäviä tutkimuksia. Lisäksi, mikäli pilarien yläpäät on suunniteltu päättyväksi syvemmälle maanpinnasta, tulisi tutkittavat pilarit tehdä 0,25 m päähän maanpinnasta.

3.7 Luiskien tukeminen

3.71 Yleistä

Rakennettaessa leikkausluiskia on aina varmistuttava niiden pysyvyydestä luiskan käyttöaikana. Tällöin on tarkastettava, että luiskan korkeus ja kaltevuus vastaa suunnitelmassa esitettyjä arvoja, ja että luiskan maanlaatu vastaa suunnitelmassa edellytettyä. Luiskan kaltevuutta valittaessa otetaan huomioon myös eroosioriski ja suojaustarve.

Luiskan eroosioituminen johtuu useimmiten joko väärästä tai puutteellisesta kuivatustavasta. Pintavesien pääsy luiskaan tulee estää ns-kaojin, padoin tai täytöin. Pohjavesien purkautuessa luiskasta on tarvittaessa käytettävä luiskan suojana 20 - 30 cm sorakerrosta, jonka alla käytetään kuitukangasta.

3.72 Työnaikainen luiska

Työnaikaisen luiskan kaltevuus on suunniteltava maan laadun mukaan niin, että vakavuus on riittävä. Jos on käytettävä jyrkkää luiskaa, on riittävä vakavuus tarvittaessa varmistettava tukiseinällä, kevennysleikkauksella, luiskan alaosaan tehtävällä tukipenkereellä tms.

Karkearakeiset ja moreenimaalajit

Työnaikaisia tilanteita varten voidaan soveltaa seuraavaa taulukkoa (SYT 3200).

Taulukko 2. Tukemattoman työnaikaisen maaluisikan ohjeellinen kaltevuus moreenissa ja karkearakeisissa maalajeissa pohjavedenpinnan yläpuolella.

Maapohja	Kaivannon syvyys m		
	H < 1.2	H = 1.2 - 2.0	H > 2.0
	Luiskan kaltevuus		
Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	pysty - suora	< 1 : 1	< 1 : 1 - 1 : 1.5
Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni	pysty - suora	< 2 : 1	< 1 : 1
Tiivis sora Tiivis moreeni	pysty - suora	< 4 : 1	< 2 : 1

Savi- ja silttimaalajit

Työn aikana on valvottava, että pysyviksi tulevien luiskien kaltevuus ei ole missään työvaiheessa jyrkempi kuin suunnitelmassa esitetty, ellei jyrkentämisestä ole sovittu suunnittelijan kanssa.

3.73 Pysyvä luiska

Kevennysleikkaus

Kevennysleikkaus voidaan tehdä kokonaisuudessaan ennen varsinaista tieleikkausta kevennyksen alatasoon asti. Tämän jälkeen voidaan lopullinen leikkaustyö tehdä suunnitelmassa esitettyyn syvyyteen. Luiskankaltevuudet vaaitaan ja oikea muoto todetaan noin 20 metrin välein. Leikkausmassoja ei saa läjittää leikkausluiskan reunan läheisyyteen niin, että niistä aiheutuu sortumavaaraa. Ylisyvää leikkaamista on ehdottomasti vältettävä.

Jos leikkaustyö tehdään koko poikkileikkauksessa yhdellä kertaa, ei leikkausluiska saa olla missään vaiheessa korkeampi kuin lopullinen, kevennetty luiska. Leikkauspohja ulotetaan lopulliseen tasoon vasta, kun kevennys on tehty. Päätökaivussa on tarkistettava myös työluiskan (päätyluiskan) vakavuus.

Luiskapaalutus

Tarkistetaan, että paalut on kuorittu puhtaaksi. Paalut lyödään maahan suunnitelmassa esitettyyn kaltevuuteen ja syvyyteen. Lyönnin aikana valvotaan, että yläpäät jäävät noin 20 cm:n syvyyteen tulevan leikkausluiskan pinnasta. Leikkaustyötä ei saa aloittaa ennenkuin vähintään 4 viikkoa on kulunut paalutustyön suorittamisesta. Paalu-

tustyö tehdään kohdan 3.9 mukaisesti, kuitenkin niin, ettei loppulyönneistä tarvitse pitää pöytäkirjaa. Tunkeumapiirrosta ei myöskään tarvita. Sensijaan on pidettävä kirjaa paalujen pituuksista, määristä, paalujen päiden tasoista, kaltevuuksista jne.

Kalkkipilarit

Luiskien vahvistamiseen voidaan käyttää kalkkipilareita. Kalkkipilarimenetelmään liittyvä valvonta on esitetty kohdassa 3.6. Pilarien suuntaukseen on luiskissa kiinnitettävä erityistä huomiota.

Massanvaihto

Kun luiska tuetaan pehmeät maakerrokset korvaavalla tukipenkereellä, joka on alaosastaan karkeata louhetta, on erityistä huomiota kiinnitettävä siihen, ettei penkereen ja maapohjan väliin jää pehmeitä maakerroksia. Lisäksi on huolehdittava, että massanvaihto tehdään riittävän laajana.

3.8 MASSANVAIHTO

3.81 Massanvaihto kaivamalla

Kaivanto

Massanvaihtoalueen pohjamaa poistetaan kaivamalla tai ruoppaamalla massanvaihtosuunnitelmassa esitettyyn tai työn aikana kussakin tapauksessa erikseen määrättyyn syvyyteen ja laajuuteen.

Kaivutyö pyritään tekemään etukäteen tarkoituksenmukaiselle etäisyydelle täyttöpenkereen päästä. Kun olosuhteet etukäteen tehtävän kaivutyön suorittamiselle ovat vaikeat, voidaan kaivu tehdä myös penkereen päältä täyttötöön edistymisen myötä. Tässä tapauksessa tulee valvoa, etteivät kaivumassat tarpeettomasti sekoitu täyttömateriaaliin.

Suunnitelman mukaisen kaivusvyöyden ja kaivannon leveyden noudattamista seurataan työn aikana silmämääräisesti tai tähtäysmerkkejä käyttäen, tarvittaessa myös mittaustoimenpitein (TYT 1100-9200).

Suunnittelun kaivutason edellyttämän pohjamaan laatua tarkkaillaan silmävaraisesti. Suunnitelmasta ei saa perusteettomasti poiketa, vaikka suunnitelman mukaisen kaivutason alapuolella maa työn aikana todettaisiinkin pehmeähköksi. Maalaji saattaa olla esim. silttiä, joka kaivuvaiheessa erottuu huonosti savesta, mutta joka voidaan useimmiten jättää täytön alle.

Kaivannon luiskissa saattaa ilmetä pieniä, paikallisia lohkeamia. Näitä ovat tavanomaisia ko. työmenetelmässä. Kuitenkin mittavammat maavalumat ympäristöstä massanvaihtokaivantoon ovat myös mahdollisia. Ne aiheuttavat ympäristöhaittojen lisäksi kaivettavien massamäärien tarpeetonta kasvua. Maavalumat todetaan silmävaraisesti tarkkailemalla kaivantoa ja sen ympäristöä sekä seuraamalla kaivettavien massojen määrää paaluväleittäin. Mikäli maavalumaa todetaan, on mahdollisimman pikaisesti tehtävä suunnitelman tarkistus, jonka mukaan työtä voidaan jatkaa.

Kaivantoon kertyvän pohjaveden saa tarvittaessa pumpata pois, ellei TTT:ssä ole muuta määrätty.

Täyttö

Täyttömateriaalin laatu tarkistetaan ennen penkereeseen ajoa. Työn aikana täytemassojen laatua seurataan jatkuvasti silmävaraisella tarkkailulla, sekä laboratoriotutkimuksilla, joita varten otetaan vähintään yksi maanäyte jokaista alkavaa 2000 m³ massaerää kohti. Lisäksi tarkistetaan täyttömassan laatu laboratoriossa aina, kun materiaalin todetaan muuttuvan tai, kun epäillään sen kelpoisuutta.

Mikäli täytemateriaali muuttuu työn aikana juoksevaksi, pyritään työtä jatkamaan käyttämällä karkearakeisempia tai kuivempia maa-aineiksi (TYT 1500, kuvat 9 ja 10).

Ilman erityistä työsuunnitelmaa ei täyttöpenkereeseen saa ajaa sekaisin louhetta ja maamassoja, koska maa-aines saattaa myöhemmin "varista" louheen tyhjätiloihin ja aiheuttaa penkereen painumia.

Työnaikaisessa valvonnassa tulee tarkkailla erityisesti pengerryksen yläpinnan tasoa. Kuivan maan massanvaihdoissa täyttö tehdään yleensä alkuperäisen maanpinnan tasoon. Vesialueilla pengerrystyössä noudatetaan TYT 1500 menetelyä.

Täyttötyön aikana on valvottava, ettei täyttömassoja kaadeta ajoneuvosta suoraan luiskaan tai pohjamaan päälle, vaan penkereen päälle, josta ne puskukoneella työnnetään täyttöpengerryksen luiskaan.

Massamenekkiä tarkkaillaan, kuten jäljempänä kohdassa 3.82 on esitetty.

Penkereen painumista mitataan ja mittaustuloksia tulkitaan kohdissa 3.12 ja 4.2 esitetyillä menetelmillä.

3.82 Massanvaihto pengertämällä

Alkukaivanto

Alkukaivannon toteuttamisessa ja valvonnassa noudatetaan soveltuvin osin edellisessä kohdassa esitettyjä kaivuohjeita. Mikäli kaivutyö tehdään penkereen päältä, ei alkukaivua ja pengerryksen edestä ylösnousseiden massojen kaivua voida eri työvaiheina erottaa toisistaan. Tällöin on varmistettava kaivun ulottumisesta riittävän kauas pengerryksestä, ettei täyttömassojen painuminen esty.

Kaivutapa

Massanvaihdon kaivu ja ylösnousseiden massojen kaivu voidaan suorittaa monella eri konetyypillä. Yleisimmät ovat laahakauhalla, hydraulisella kuokkakauhalla ja kourakauhalla varustetut kaivinkoneet.

Laahakauhalla on koosta riippuen suhteellisen hyvä ulottuvuus vaakasuunnassa. Kauhalla ei voida kaivaa syvältä. Menetelmä häiriinnyttää ympäröivän saven, mistä voi olla etuakin penkereen painumiselle. Menetelmän haittapuolena on ylösnostettavan massamäärän moninkertaistuminen. Kauha ottaa huomattavan määrän vettä saven mukaan.

Isolla kuokkakauhakoneella on suhteellisen hyvä ulottuma syvyysuunnassa ja matalan penkereen päältä kaivettaessa voidaan suorittaa massanvaihto kaivamalla jopa kuuden metrin syvyyteen, jos luiskat pysyvät pystyssä.

Kourakauhakoneella on edellämainituista suurin ulottuma sekä vaakettä syvyysuunnassa. Hydraulisella kouralla saadaan savesta puristettua ylimääräinen vesi pois. Menetelmää käytettäessä on ylösnousevan saven irtotilavuus lähes sama kuin todellinen kiintotilavuus maassa.

Täyttö

Täyttemateriaalin laaduntarkkailussa noudatetaan kohdassa 3.81 esitettyjä valvontaohjeita (vrt. TYT 1500, kuvat 9 ja 10).

Pengerrystyö toteutetaan suunnitelman mukaisesti. Erityisesti tarkkaillaan pengerrystasoa, josta ei saa poiketa ilman suunnitelman muutosta.

Pengertämällä tehtävässä massanvaihdoissa muodostaa penkereiden sortumariski erityisiä, työturvallisuutta koskevia valvontatehtäviä. Penkereen liukusortumaan on valvonnassa varauduttava, jos kiinteä pohja penkereen alla on voimakkaasti sivukalteva tai, jos pengerrys aloitetaan korkealla päätypenkereellä kovan maan rajasta ja kiinteä pohja viettää jyrkästi tielinjan suunnassa. Tällaisissa olosuhteissa on vaara, että täyttömassat lähtevät liukumaan kiinteän pohjan viettosuuntaan. Penkereen arvaamaton painumis- ja sortumisriski muodostuu täyttöalueilla, missä syrjäytettävä maa on sitkeähköä savea, joka murtuakseen tarvitsee korkean penkereen koko kuormituksen. Tällaisissa riskitilanteissa tulee kuljetusajoneuvojen kaataa kuormansa vähän matkan päähän pengerryksen kärjestä, josta ne työnnetään puskukoneella pengerryksen kärkeen. Kuljetusajoneuvojen, puskukoneen, muiden työkojen ja henkilökunnan tarpeetonta liikkumista penkereen päässä on vältettävä. Yöksi työkonet on siirrettävä kauemmaksi.

Ylösnouseiden massojen poistaminen pengerryksen edessä ja sivuilla vaikuttaa merkittävästi täyttömassojen tunkeutumiseen ja täyttötöyön onnistumiseen. Täyttömassojen tunkeutumista tulee seurata silmävaraisesti ja massamenekkitarakkailun avulla sekä tarvittaessa tehostettava ylösnousevien massojen kaivua. Toisaalta on tarkkailtava, ettei ylösnouseiden massojen liiallisella kaivulla aiheuteta maan painumista ympäristössä ja siten lisätä kaivumassoja.

Täyttövaiheessa tulee tarkkailla maanpinnan nousemista ja liikkumista penkereen ympäristössä. Mikäli lähistöllä on vaurioitumiselle alttiita rakenteita kuten rakennuksia, voimaajohtopylväitä, kulkuväyliä, maanalaisia kaapeleita ja putkia tms., on pengerryksen ja rakenteiden väliin syytä tehdä mittalinja tai rakentaa muu kiintopiste, jonka liikkumista työn aikana seurataan. Pohjamaan liikkumista voidaan rajoittaa ylösnousevien massojen poistoa tehostamalla.

Täyttömassojen menekkiä seurataan kuvan mukaisen massamenekkipiirroksen avulla. Pohjatutkimusten ja suunnitelman perusteella lasketaan suunniteltu massamenekki summakäyränä. Toteutunut massamenekki mitataan yleensä laskemalla ajoneuvokuormat ja muuttamalla ne irtokuutiometreiksi (m^3 itd). Näiden mukaan piirretään vertaileva toteutuneen massamenekin summakäyrä.

Massamenekki penkereessä mitataan 20 metrin välein silloin, kun täyskorkean penkereen etureuna tulee mittauspaalulle.

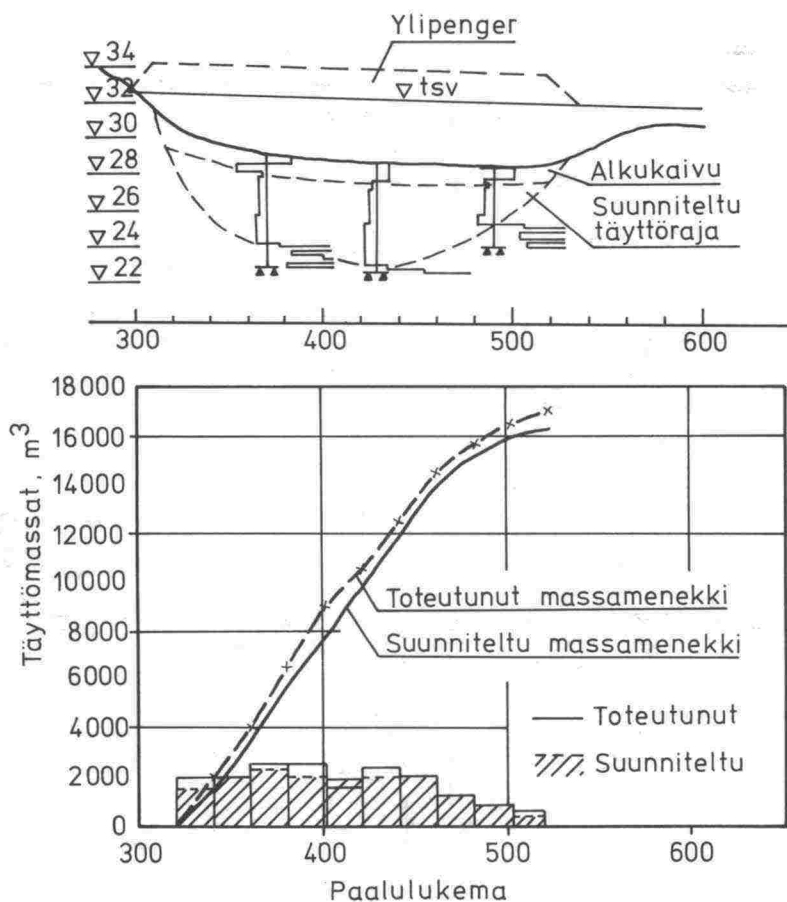
Suunniteltua merkittävästi suuremmasta toteutuneesta massamenekestä voidaan päätellä, että

- massat painuvat suunniteltua syvemmälle
- kairausten välissä on painanteita
- sivukaltevassa paikassa massoja liukuu sivulle
- maanalaiset luiskat tulevat suunniteltua loivemmiksi, mikä voi myös merkitä suunnitelman virhettä.

Suunniteltua merkittävästi pienemmästä toteutuneesta massamenekestä voidaan päätellä, että

- massat eivät painu suunniteltuun syvyyteen
- kairausten välissä on kohoumia, "mäkiä"
- maanalaiset luiskat jäävät liian jyrkiksi.

Suunnittelun ja toteutuneen massamenekin eron syy on kussakin tapauksessa erikseen selvitettävä ja muutettava tarpeen mukaan työtappaa tai suunnitelmaa.



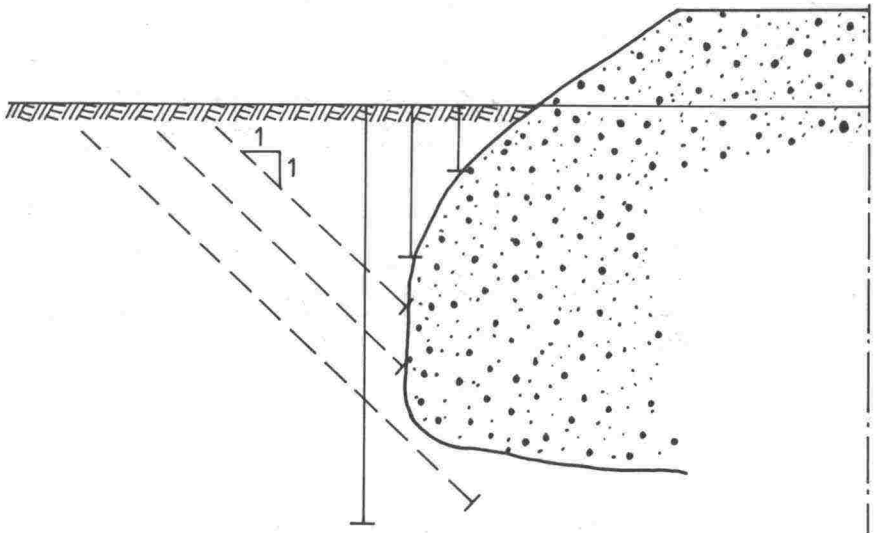
Kuva 9. Massamenekkitarcastelu. Ennen työn aloittamista lasketaan teoreettinen massamenekkikäyrä, johon verrataan työn kuluessa todellista massamenekkiä.

Jälkitoimenpiteet

Täyttötöyön suunnitelman mukainen toteutuminen selvitetään yleensä edellä esitetyllä työn aikaisella massamanekkiseurannalla ja täyttötöyön jälkeen tehtävillä tunnustelukairauksilla. Tarvittavissa kohdin tehdään painumamittauksia. Penkereen läpi tehtävät kairaukset ovat tarpeellisia vain erikoistapauksissa.

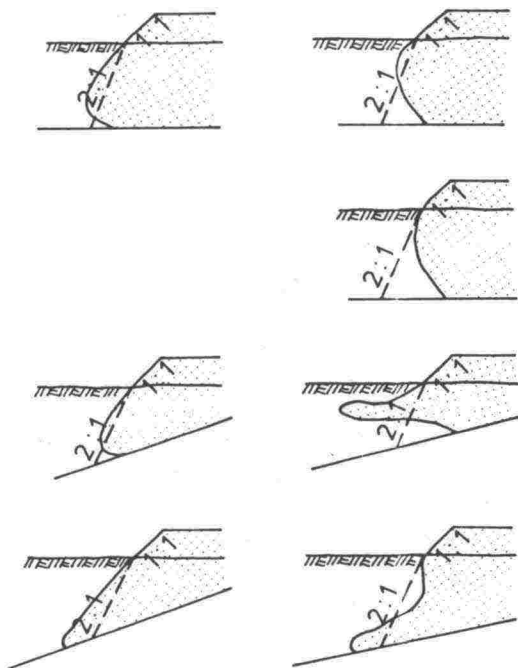
Massamanekkiseurannassa noudatetaan kuvassa esitettyä menettelyä.

Penkereen sivulta tehdään noin 20 m:n välein tunnustelukairauksia heti täyttötöyön jälkeen. Pystysuorilla ja kaltevilla kairauksilla määritetään, ääni- ja tuntohavaintoihin perustuen, täytemateriaalin ja pehmeän maan rajapinnan sijainti.



Kuva 10. Massanvaihdon muodon selvittäminen tunnustelukairauksilla.

Kairaustulosten perusteella arvioidaan täyttöpengeren sivustojen poikkileikkausmuoto ja mahdollisten sivuräjätysten tarve (kuva 11). Räjätysten jälkeen tehdään uudet tunnustelukairaukset. Mikäli tyydyttävää lopputulosta ei uusintakairausten perusteella ole saavutettu, tehdään tarvittavissa määrin uusintaräjättyksiä. TTT:ssä määrätyn painuma-ajan lasketaan alkavan vasta, kun täyttöpenger on oikeanmuotoinen ja ylipenger täyskorkea.



Kuva 11. Tavallisia täyttöpengeren muotoja. Kuvan vasen puoli: kelvollinen muoto, kuvan oikea puoli: muoto korjattava sivuräjättyksillä.

Painuma- ja siirtymämittaukset tehdään TTT:n määräämissä kohdissa. Painuma- ja siirtymämittauksissa noudatetaan kohdassa 3.12 esitettyjä ohjeita. Painumamittaustulosten tulkinta ja ylipenkereen poistoajan kohdan määrittäminen (tai painuma-ajan päättyminen tasausviivan tai muulla TTT:ssä määrättyllä tasolla) on esitetty kohdassa 3.15.

3.83 Räjäytykset

Pengerräräjäytyksiä tehdään tilanteen mukaan penkereen edessä, sivulla tai alla.

Ennen räjäytystyötä varmistetaan, että työn suorittajalla on asianmukaiset panostajan oikeudet. Räjätysaineena käytetään yleensä 35 % dynamiittia. Räjähdyksineen laatu ja määrä tarkistetaan kuormakirjoista tai panostajalta.

Räjättykset tehdään TYT 1500 ohjeiden mukaisesti. Räjätystyön alkaessa arvioidaan silmävaraisesti TYT:n mitoituspierroksia käyttäen, että räjähdyksineputkien etäisyys toisistaan on oikea, ja että räjähdyspanokset tulevat oikeaan syvyyteen, jotta räjäytyksillä saavutetaisiin suunniteltu vaikutus, eikä ympäristölle aiheutettaisi vaurioita. Mikäli lähistöllä on rakenteita, joihin räjäytystärinän arvellaan aiheuttavan vaurioita, tarkastetaan niiden kunto katselmuksessa ennen räjäytystöitä ja niiden jälkeen. Tarvittaessa valvotaan räjäytystärinän voimakkuutta rakenteisiin asennetuilla tärinämittareilla.

Täyttöpenkereen edessä räjäytettäessä valvotaan, että pengerrys tehdään välittömästi räjäytyksen jälkeen ja viimeistään 1 viikon kuluessa, jotta häirityn maan lujuus ei ehtisi palautua (TYT 1500).

Penkereen sivussa ja alla räjäytettäessä panokset sijoitetaan TYT 1500:ssä esitettyjen mitoitusunogrammien ja ohjeiden mukaisesti.

Räjätystyön jälkeen tehdään tunnustelukairaukset penkereen sivulla ja erikoistapauksissa penkereen läpi. Täytön läpi tehtävät kairaukset suoritetaan maaputki- tai porakonekairauksella.

Räjätysten jälkeen on varmistuttava, että kaikki panokset ovat räjähtäneet.

Kairaustulosten perusteella tehdyistä poikkileikkauspiirustuksista arvioidaan työn suunnitelmanmukainen onnistuminen.

3.84 Pudotustiivistys

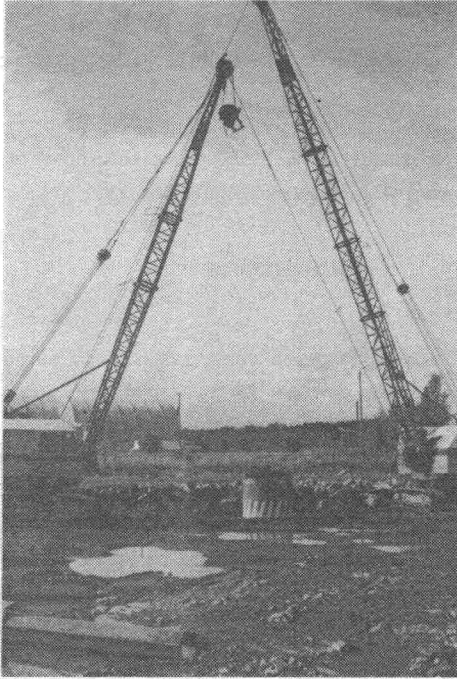
Pudotustiivistys edellyttää aina yksityiskohtaista suunnitelmaa.

Pudotustiivistysmenetelmä soveltuu hyvin karkearakeisten pohjaantäytöjen tiivistämiseen. Menetelmä soveltuu myös erittäin karkearakeisen materiaalin, esimerkiksi lohketäyttöjen tiivistämiseen. Iskuallon tehokas välittyminen syvemmälle edellyttää, että alusta, johon pudotukset suoritetaan on riittävän kova, työkoneella tasoitettu sora- tai murskearina. Myös karkean louheen pintaan on rakennettava murskeesta tiivis tasauskerros.

Valvonnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että tiivistykseen käytettävä energiamäärä on suunnitelman mukainen, ts. yhdessä pudotuksessa massa \times pudotuskorkeus sekä pudotusten lukumäärä ja jakautuminen tiivistettävälle pinnalle ovat suunnitelman mukaiset.

Pudotustyön aikana seurataan penkereen painumaa pudotuskohdan ympäristössä vaaitusten avulla. Lisäksi mitataan pudotuskuoppien tasoitukseen tarvittavan tasausmurskeen tilavuus.

Pudotustiivistyksen avulla voidaan joissakin tapauksissa korvata pohjaantäyttöjen painumisajat.



Kuva 12. Pudotustiivistys 12000 kg järkäleellä.

3.85 Läjitys

Läjitysalueet ja maisemanhoidolliset täytöt on esitetty suunnitelmasa. Kaava-alueen ulkopuolella tiesuunnitelman vahvistus antaa lainvoiman alueen käytölle. Kaava- ja rakennuskieltoalueilla on haettava lisäksi rakennuslain mukainen lupa.

Jos työmaa tarvitsee läjitysalueita tiealueen ulkopuolelta riittää siihen maanomistajan lupa kaava- ja rakennuskieltoalueiden ulkopuolella.

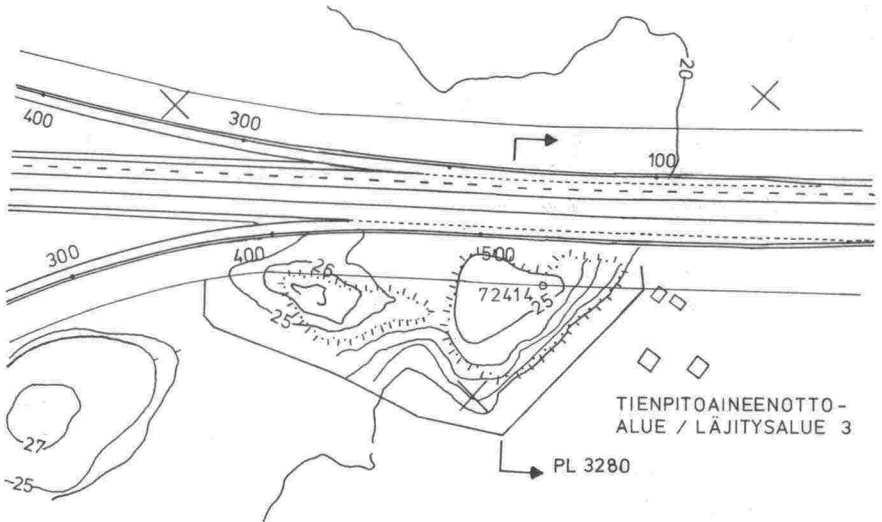
Läjitysalue on rakennettava niin, ettei läjitys aiheuta turvallisuustai ympäristöriskejä. Läjitysalueen maapohjan kantavuus on selvitettävä pohjatutkimuksella ja läjitys on suunniteltava niin, ettei aiheuteta pohjasortumaa.

Erityisesti on otettava huomioon läjitysalueella olevat kuivatusojat ja rinnepaikat. Edelleen on otettava huomioon läjitystä tekevien työturvallisuus. Erityisesti sellaiset suot, jotka ovat entisiä umpeenkasvaneita järviä ovat usein vaarallisia.

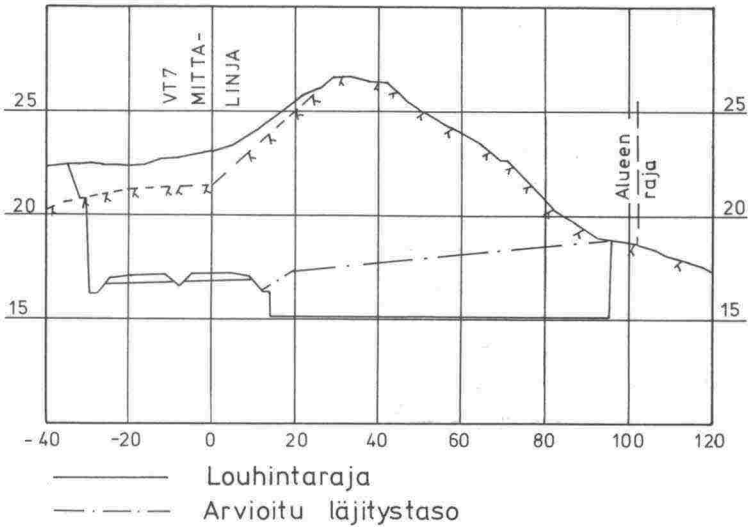
Läjityspenger ei saa sortua. Läjitetessä vetisiä, juoksevia maamassoja on alue padottava niin, etteivät massat ja pintavesi kontrolloimatta pääse valumaan ympäristöön. Pato on suunniteltava pysyväksi rakenteeksi. Läjitysalueen ympäristön kuivatus on hoidettava niin, että luonnontilaiset kuivatusolosuhteet säilyvät.

Läjitetessä vetisiä ruoppausmassoja on läjitysallas mitoitettava niin suureksi, että ruoppausvedellä on vähintään vuorokauden viipymä ennen sen valumista ympäristöön.

Paalutetun penkereen viereen ei saa läjittää mitään ilman suunnittelijan lupaa.



PL 3280.00



Kuva 13. Tienpitoaineen ottoalue/läjitysalue.

3.9 Pengerpaalutus

3.91 Paalutustyösuunnitelma

Paalutustyön tekijän ja rakennuttajan tulee pitää aloituskokous ennen paalutustöiden suoritusta. Työsuunnitelmaan liittyvät asiat käsitellään normaalitapauksessa neuvotteluluonteisesti. Erittäin vaikeissa pengerpaalutuskohteissa, kuten sortumalle alttiiden luiskapaalutustöiden yhteydessä on syytä tehdä kirjallinen paalutustyösuunnitelma ennen töiden aloitusta. Paalutustyösuunnitelman tulee niveltä rakennussuunnitelmaan ja hankkeen työsuunnitelmaan.

Osa paalutustyösuunnitelman perustana olevista lähtötiedoista ilmenee rakennussuunnitelmasta. Tällaisia seikkoja ovat yleensä (vrt. LPO-87, kohta 3.631)

- rakennuskohteen laatu ja sijainti
- pohjasuhteet ja topografia
- vesistö tiedot
- paalutuspiirustukset
- paalutyyppit
- paalutusluokka
- sallitut sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat
- tarvittavat koepaalutukset ja koekuormitukset
- töiden yleisjärjestelyjä koskevat ohjeet sekä vaatimukset
- varottavat rakenteet ym. ympäristöhaitat.

Paalutustöiden aloituskokouksessa ja vaativissa kohteissa paalutustyösuunnitelmassa tulee käsitellä tarvittavilta osiltaan ainakin seuraavat asiat:

Yleiset työmaa järjestelyt

- Työmaateiden, koneiden varastoalueiden ym. toimintojen sijoitus ja tilantarve.

Työn suunnittelussa tulee ottaa riittävästi huomioon mm. paalutuskoneen mahdollisesti tarvitsema kokoamispaikka, paalutuskoneen pääsy työkohteeseen, paalujen ja paaluhattujen varastointi sekä paalukuljetusten pääsy rakennuspaikalle paalutustyön eri vaiheissa.

- Työalusta kuten esimerkiksi ruokamullan poisto, lavat, sora-arina, massanvaihto, pengerrys yms.
- Paalutuskoneen tarvitsema tila erityisesti kaltevia paaluja lyötäessä.
- Talvityöstä johtuvat edut ja erityisvaatimukset kuten esimerkiksi roudan tai jään nostovoiman huomioonotto rakennustyön aikana.
- Sääsuhteiden vaikutus.

Tutkimusten täydennystarve ja työjärjestys

- Pohjatutkimusten täydennystarve.
- Koepaalutusten ja koekuormitusten tarve ja suorituspaikat.
- Paalutustöiden ja muiden pohjarakennustöiden tekojärjestys.
- Paalujen keskinäinen lyöntijärjestys.

Paalutuskoneet ja niiden varusteet

- Käytettävä lyöntikone (tyyppi, ikä, paino ja kunto).
- Järkäleän paino, pituus ja poikkileikkauspinta-ala.
- Iskutyönnyn paino ja rakenne (mm. puuosan ja iskusuojan eli pehmikkeen materiaali ja mitat).
- Apupaalun paino, pituus, materiaali ja poikkileikkauspinta-ala.

Paalun lyöntiohjeiden tarkistus

Paalutustyösuunnitelmaa laadittaessa tulee arvioida odotettavissa olevat lyöntivaikkeudet sekä suunnitella menettelyohjeet niiden varalta.

Esimerkkejä edellä tarkoitetuista vaikeuksista ovat

- vaikeudet paalujen pituuden arvioinnissa
- täytteen, roudan tai tiiviin maakerroksen läpäisy (vrt. LPO-87, kohdat 6.3 ja 6.4)
- maan kivisyydestä ja lohkaraisuudesta johtuva paalun rikkoutumisvaara
- tavallista suurempi jousto (esim. suurempi kuin $0,001 \times$ paalupituus + 5 mm)
- paalujen jatkaminen betonoimalla
- paalujen rikkoutuminen lyöntityön aikana
- yksittäisten paalujen tunkeutuminen odotettua huomattavasti syvemmälle ja apupaalun käyttö
- mahdollinen kalliokärkien käyttö.

Käytettävän paalutuskoneen perusteella määritetään

- järkäleen pudotuskorkeus paalun eri lyöntivaiheissa, mikäli on tarpeen poiketa LPO-87:n yleisohjeista (vrt. LPO-87, kohdat 5.55 ja 5.56)
- paalun lyönnin lopettamisohjeet.

Paalutustyön vaikutus ympäristöön

Paalutustyösuunnitelmasta tulee käydä ilmi toimenpiteet, joihin ryhdytään, mikäli työskentelypaikan läheisyydessä on mm.

- varottavia rakenteita (painuma, nousu, sivusiirtymä)
- johtoja maassa tai ilmassa
- sortumisalttiita luiskia (siirtymä, huokospaineen nousu)
- melu- tai värinähaitoista kärsiviä rakenteita, laitteita yms.

Pengertäminen paalukentän vieressä on ehdottomasti kielletty.

Siirtymien ja huokospaineen muutosten havaitsemista ja estämistä on käsitelty tämän ohjeen kohdassa 4.

Paalutuksesta aiheutuvaa tärinää voidaan varsinkin koheesiomaassa ja löyhärakenteisessa kitkamaassa vähentää käyttämällä painavaa järkälettä ja pientä pudotuskorkeutta.

Pehmeän savikerroksen päällä olevan routakerroksen tai tiiviin maakerroksen puhkaisu esimerkiksi poraamalla vähentää tehokkaasti paalun lyönnistä aiheutuvaa maanpinnan heilahtelua.

Melua voidaan vähentää myös

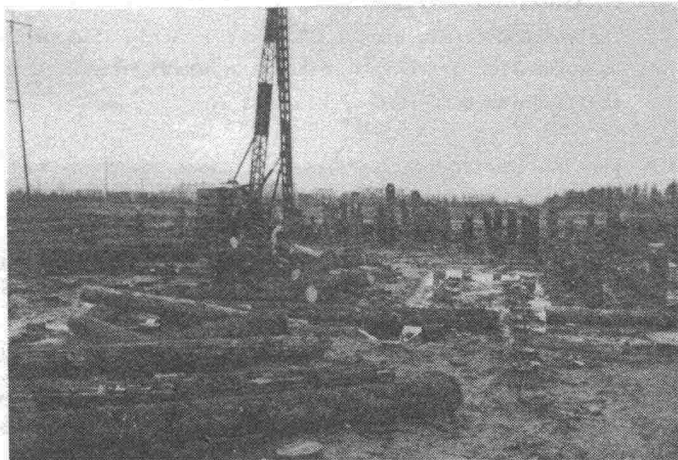
- käyttämällä tarkoitukseen sopivaa iskutyynyä (esim. lautasjousityyny)
- ympäröimällä paalu ja iskutyyny sekä mahdollisesti myös järkäle sopivilla suojuksilla.

3.92 Paalupituuden määrittäminen

Rakennusaikana saatetaan joutua tekemään täydentäviä maaperätukimuksia tai koepaalutuksia paalupituuden tarkistamiseksi. Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tarkistamisessa käytettäviä menetelmiä on käsitelty LPO-87:n kohdassa 2.2.

Paalupituus ja maakerrosten paalutettavuus arvioidaan yleensä alustavasti paino- ja lyöntikairauksen perusteella. Paalupituus tarkistetaan lukumäärältään riittävillä heijarikairauksilla.

Huolellisesti suoritettulla heijarikairauksella saavutetaan yleensä suurin syvyys, mihin teräsbetonipaalu saattaa tunkeutua. Osa paaluista, varsinkin paaluryhmissä jää usein ylemmäksi kuin heijarikairauksella saavutettu syvyys. Puupaalut jäävät eräissä tapauksissa (paksut, tiiviit pohjakerrokset) huomattavasti ylemmäksi kuin betonipaalut.



Kuva 14. Puupaalut ovat jääneet paksussa kitkamaakerrostumassa arvioitua yleemmäksi.

Epäselvissä tapauksissa paalupituus tarkistetaan koepaalutuksilla. Koepaalutusta käytetään usein paksuissa, tiivisrakenteisissa maakerroksissa sekä yleensä jouduttaessa läpäisemään kiviä ja lohkaraisia maakerroksia.

Koepaalutusta ja koekuormitusta on käsitelty LPO-87:n kohdassa 8.

Lyötävien koepaalujen lukumäärä riippuu pohjasuhteista paalukentän alueella. Paalujen minimimääränä voidaan pitää 2-4 kpl paalukentän osaa kohti. Joustomittausten onnistumiseksi koepaalujen tulee olla riittävän pitkiä.

Paalujen tilauspituus määritetään suunnitelmassa ilmoitettujen tietojen perusteella. Tilauspituus on tarkoituksenmukaista valita siten, ettei paaluja tarvitse jatkaa betonoimalla eli 1-2 m arvioitua lopullista paalupituutta suuremmaksi.

3.93 Paalutustyön valvonta

Ennenkuin paalu saadaan lyödä maahan on tiedettävä sen pituus. Paalutustyöstä pidetään kirjaa TVL:n käytössä oleville paalutuspöytäkirjakaavakkeille. Yhteenveto paalutustyönjohtajalle kuuluvista toimenpiteistä on esitetty LPO-87 kohdassa 7.

Kun paalutustyö tehdään alueella, missä maapohjan vakavuus on tavanomaista pienempi (esim. leikkausluiskan, jokuoman tms. läheisyydessä), on paalukentän liikkeitä tarkkailtava mittaamalla. Työnalaisessa paalukentässä tarkkaillaan vähintään kolmen maahan lyödyn paalun liikkeitä. Mittaustekniikkaa on esitetty kohdassa 4.19.

Mikäli paalujen todetaan liikkuvan sivusuunnassa yli 10 mm, on otettava yhteys työn valvojaan. Jos siirtymä on yli 25 mm, on työ keskeytettävä ja otettava yhteys suunnittelijaan.

Riskialttiissa kohteissa on paalutuksen työsuunnitelmassa esitettävä hälytysrajat siirtymälle ja mahdollisesti huokospaineelle. Samalla on seurattava halkeamamuodostusta. Halkeamatarkkailun avulla voidaan ennakoida mm. sortumaliukupinnan sijaintia. Sortumavaaraa voidaan pienentää poistamalla putken avulla maata paalun kohdalta.

Paalutuksen kelpoisuus

Valvoja toteaa paalutustyön kelpoisuuden paalutuksen aikana tehtyjen havaintojen, paalutuspöytäkirjojen, tarkastustoimenpiteiden sekä paalujen sijainti- ja kaltevuusmittausten perusteella vertaamalla tuloksia suunnitelma-asiakirjoissa esitettyihin vaatimuksiin.

Paalutuksen teknistä kelpoisuutta tarkastettaessa on paalujen kärkien todellisia tunkeutumissyvyyyksiä verrattava kairaustuloksiin sekä arvioituihin tunkeutumissyvyyksiin. Tukipaalutuksessa tulisi verrata myös vierekkäisten paalujen ja paaluryhmien keskinäisiä tunkeutumissyvyyyksiä. Jos tunkeutumissyvyyksissä todetaan suuria poikkeamia, on niiden syy arvioitava ja harkittava paalutuksen kelpoisuus.

3.94 Puupaalutus

Vastaanottotarkastus

Paalueriä vastaanotettaessa on silmämääräisesti tarkistettava, että paalu täyttää laatuvaatimukset (ks. LPO-87, kohta 4.21). Paalumateriaalin tulee olla tervettä suorakasvuista mäntyä tai kuusta. Esimerkiksi vanhat puhelintolat eivät kelpaa. Paalun kärjen ja yläpään työstö tehdään normaalisti työmaalla. Jos viimeistely tehdään muualla, on paalun päät suojattava kuljetuksen ajaksi.

Pistokokein on tarkistettava mittaamalla paalun suoruus ja poikkileikkausmitat (kuoritun paalunpään keskimääräinen latvaläpimitta).

Jos paalu on painekyllästetty, noudatetaan kyllästetyn puutavaran laadunvalvonnassa voimassaolevia Lahontorjunta ry:n ohjeita.

Paalut on varastoitava niin, että ne pysyvät suorina, eivät vioitu ja ovat helposti saatavissa työkohteeseen. Paaluja on tarvittaessa kastettava niiden halkeamisen estämiseksi.

Lahosuojauksen tarkastus

Painekyllästetyn puutavaran on täytettävä kyllästetyn puutavaran luokitusstandardin (SFS3974) A-luokan mukaiset vaatimukset.

Paaluerä hyväksytään, kun käytetty kyllästysainemäärä on riittävä erää koskevan kyllästyspöytäkirjan mukaan, ja kun silmämääräisen tarkastuksen perusteella paaluerässä ei ole huomauttamista.

Ellei erää tämän perusteella voida hyväksyä on erästä otettava poraamalla näytteet, joista arvioidaan kyllästysaineen tunkeutumissyvyys. Tarvittaessa näyte lähetetään VTT:n puutekniikanlaboratorioon tutkittavaksi.

Patruunakyllästyksessä (ks. TYT 1211) on työn aikana valvottava, että reiät porataan ja patruunoita käytetään valmistajan ohjeiden mukaan. Lisäksi on valvottava, ettei kapillaarisen veden nousun katkaisevaa (karkerakeista, routimatonta) maakerrosta panna paalujen yläpäiden ympärille.

Puupaalun jatkaminen

Puupaalun jatkos on esitetty TYT kohdassa 1211. Paalun pää suositellaan työstettäväksi sorvilla.

Jatkamisen aikana valvotaan, että

- paalun päät ovat kohtisuorat
- tukeutuvat keskeisesti toisiinsa
- jatkoskohta on holkin puolivälissä
- jatkosholkki on materiaaliltaan ja valmistustavaltaan oikea, mitoittaan riittävä eikä holkissa ole rakennetta heikentävää syöpmistä tai ruostumista.

Jatkoskohdan korkeustaso merkitään paalutuspöytäkirjaan.

3.95 Teräsbetonipaalu

Teräsbetonipaalun vastaanottotarkastus

Paaluja vastaanotettaessa on tarkastettava, että paalut ovat TVH:n hyväksymää tyyppiä. Paaluiksi hyväksytään Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestön (SBK) julkaisujen Teräsbetoninen normaalipaalu ja Teräsbetoninen siltapaalu mukaiset paalut. Lisäksi on erillisellä kirjeellä hyväksytyt pengerpaaluiksi Lohjan ja Semeran tyyppipaalut.

Paaluun tehdyistä merkinnöistä on tarkistettava, että paalun ikä ja suunnittelulujuus ovat riittävät. Paalun on täytettävä suunnittelulujuus työmaalle tuotaessa. Tarvittaessa paaluissa on oltava myös lämpökäsittelyä koskeva merkintä. Paalun tulee olla lyötäessä vähintään 14 vrk ikäinen (lämpökäsitelty), ks. LPO-87, kohta 4.314.

Samalla on silmämääräisesti tarkastettava, että paalut ovat ehjiä ja valvottava, että niiden varastointi ja siirrot työmaalla tapahtuvat asianmukaisesti (ks. LPO-87, kohta 5.4).

Paalun suoruus, poikkileikkauksen muoto ja mitat tarkistetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa mittaamalla (ks. LPO-87, kohta 4.313). Tutkittavista paaluista sivu- ja poikkileikkausmitat tarkistetaan päissä ja kerran keskimmäisen kolmanneksen alueella. Paalun päiden suoruus ja suunta mitataan suorakulmamitalla. Ennen paalutusta on tarkistettava paalun pituus. Lisäksi on tarkistettava, että paalun päät on suojattu asianmukaisesti.

Terästen määrä ja sijainti tarkistetaan paalun katkaisun yhteydessä.

Teräsbetonipaalujen jatkaminen

Tarkastetaan, että jatkos on TVH:n hyväksymää jäykkäjatkokostyyppiä. Paalutustyön aikana on seurattava, että jatkos kiinnitetään ohjeiden mukaan. Liitososien kiinnilyömiseen (esim. ABB- ja Lohja-jatkos) on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Teräsbetonipaalun katkaisu, paalutuksen jälkitarkkailu

Paalut katkaistaan suunnitelman määrittelemästä katkaisukorkeudesta kohtisuoraan paalun akselia vastaan piikkaamalla, sahaamalla tai muulla vastaavalla tavalla. Räjyttämistä ei saa käyttää. Paalun pää ulotetaan paaluhatun sisään 50 mm.

Aiemmin lyötyjen paalujen korkeusasemaa on tarkkailtava viereisten paalujen lyömisen aikana vaaitsemalla. Tarkistusvaaitus on myös suoritettava, kun on otaksuttavissa, että paalut ovat nousseet muun syyn, esim. maan routimisen, maapohjan liikkumisen tms. vaikutuksesta.

Jos nousua havaitaan, suoritetaan paalujen jälkilyönti.

3.96 Paikalla valetut paaluhatut

Alustan käsittelyn, muottien ja raudoituksen tarkastus

Maanpinnan on hatun alla oltava vaakasuora ja suunnitelman edellyttämässä tasossa. Samalla on todettava muovikalvon tarve.

Paikalla betonoitava paaluhattu voidaan valaa kiertävillä muoteilla tai hattukohtaisilla muoteilla. Kiertävien muottien käyttö edellyttää hyvin jäykkää betonimassaa.

Sen lisäksi, että tarkastetaan muotin kunto, riittävä jäykkyys ja mitat (sivunpituudet, korkeus), kiinnitetään valvonnassa huomiota seuraaviin asioihin:

- Muottien tulee olla vaakasuorassa ja tukeutua tasaisesti maanpintaan.
- Jos maa on kohmeessa tai jäässä on betoni eristettävä maasta lämpöeristeellä (vähintään 25 mm Styrox P15 tai vastaava).
- Muottien korkeuserot saavat olla enintään TYT:n mukaiset.
- Muottien tulee sijaita keskeisesti paaluun nähden.
- Erityisesti tulee tarkastaa, että hatun tehokas korkeus ts. hatun yläpinnan ja paalun yläpään välinen korkeusero on riittävä.
- Terästen sijainti ja laatu on suunnitelman mukainen (vrt. TYT).
- Terästen laatu tarkastetaan erää koskevasta tunnuskilvestä. Jos teräsket eivät ole virallisen valvonnan alaisia, on teräserän kel-
poisuus tutkittava standardin SFS 1200 mukaan.

Valettaessa paaluhattuja pehmeille kokoonpuristuvilla savikoilla on edullista suorittaa paalujen katkaisu ja paaluhattujen valu 0,5 - 1 vuotta paalujen lyönnin jälkeen. Tämä johtuu maanpinnan suhteellisen nopeasta painumisesta paalutustyön jälkeen. Paalutustyön kuluessa huokosvedenpaine savikossa nousee huomattavasti. Tämän purkautuessa maanpinta painuu nopeasti. Paaluhatun alle ei saisi muodostua tyhjätilaa ennenkuin paaluhatun päälle on pengerretty vähintään siirtymäkiilasyvyyden verran kitkamaata.

Betonointityön valvonta

Betonointityön alussa on tarkastettava, ettei muotissa ole vettä. Paaluhattujen betonoinnissa noudatetaan betoni- ja teräsbetoninormien ja -ohjeiden mukaisia laadunvalvontaohjeita. Laadunvalvontaan kuuluu betonin aineosien, betonimassan, betonin lujittumisen sekä suunnittelulujuuden valvonta.

Valmisbetonin laatu tarkistetaan valmistajan laatutositteista. Betonista tehdään työmaalla uusien betoninormien edellyttämät koekappaleet joko valmistajan tai työmaan toimesta. Myös betonin lujittumisen tarkkailua varten voidaan työmaan käyttöön tehdä ns. sääkappaleita.

Paaluhattua betonoitaessa on tarkkailtava, että paaluhatun paksuus paalun pään kohdalla on riittävä. Tämä todetaan esim. käyttämällä valussa tarkistusnaulaa.

Betonoinnin ja betonin lujittumisen aikana on valvottava, ettei betonituihin rakenteisiin aiheuteta vaurioita tärinän, työmaaliikenteen tms. vaikutuksesta.

Lujuuden kehittyminen, hattujen kuormittaminen

Paaluhattujen lujuuden kehittymistä voidaan arvioida BN:n mukaisesti lujittumislämpötilan, ajan sekä koekappaleilla tehtävien vertailuko-keiden avulla. Muotit voidaan purkaa, kun betonirakenne pysyy ehjänä. Muottien purkamisen jälkeen tarkastetaan paaluhattujen laatu silmämää-räisesti. Ennen suojatäyterroksen levittämistä on tarkastettava, että paaluhattujen lujuus on vähintään 60 % suunnittelulujuudesta. Suojatäytteen päällä liikennöimistä on vältettävä paaluhattujen vau-rioitumisen estämiseksi. Paaluhattujen suojamateriaalin rakeisuus ja routivuus on tarkistettava. Suojamateriaalikerroksen rakeisuutta ja paksuutta tarkkaillaan silmänvaraisesti. Suojamateriaali on levitet-tävä niin, ettei paaluhattuja kuormiteta raskain työkonein eikä mate-riaalia kaadeta hattukentälle suojakerroksen paksuutta huomattavasti korkeampiin kasoihin.

Paaluhattuja voidaan kuormittaa täysin vasta sitten, kun niiden lujuus vastaa suunnittelulujuutta.

Betonoitaessa ja asennettaessa paaluhattuja kylmänä vuodenaikana on varmistuttava, että paaluhattukentän lämpöeristys on riittävä, ettei paaluhattujen alusta routaannu asennuksen jälkeen, ja ettei routa nosta ja riko hattuja ennen lopullisen penkereen rakentamista. Valutyössä ja jälkihoidossa noudatetaan talvibetonointia koskevia yleisiä määräyksiä.

Varsinkin sovellettaessa muottien nopeaa kierrätystä on betonin jälki-hoitoon kiinnitettävä erityistä huomiota halkeamien välttämiseksi. Va-lun pinta on hierrettävä muotin poiston jälkeen ja kasteltava nopean kuivamisen estämiseksi.

3.97 Elementtipaaluhatut

Elementtien vastaanottotarkastus

Tarkistetaan, että hattu mitoiltaan ja raudoitukseltaan vastaa TYT:n tyyppipiirustusta tai, mikäli hatut tehdään erityissuunnitelman mukaan, suunnitelmapiirustusta.

Raudoitus tarkastetaan elementtitehtaalla ennen hatun valua. Tämä on mahdollista myös rikkimenneistä paaluhatuista.

Elementin lujuus on tarkistettava elementtitehtaan antamien asiakirjojen perusteella. Elementtiin käytetyn betonin ja terästen laatu tarkistetaan tarvittaessa elementtitehtaalla.

Mikäli elementtien lujuuden epäillään olevan riittämättömän, voidaan tarvittaessa suorittaa muutamien erästä valittujen paaluhattujen koe-kuormituksia kussakin tapauksessa erikseen sovittavassa laajuudessa VTT:n betoniteknikan laboratoriossa tai muussa hyväksytyssä aineenkoe-tuslaitoksessa.

Paaluhatut varastoidaan niin, etteivät ne vioitu. Maapohjan kantavuuden on varaston paikalla oltava riittävä.

Alustan käsittely ja elementtien asennus

Alusta tulee olla vaakasuora ja suunnitelman edellyttämässä tasossa.

Asennuksen yhteydessä kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Paaluhatun tulee olla vaakasuorassa ja tukeutua tasaisesti maanpintaan ja paalun päähän.
- Paaluhattujen korkeuserot ovat sallituissa rajoissa.
- Paaluhattu sijaitsee keskeisesti paalun päähän nähden.
- Paaluhattujen väli ei ylitä sallittuja mittoja.

Elementtien päälle levitettävän suojamateriaalin rakeisuus ja routivuus selvitetään. Suojamateriaali levitetään varovasti niin, että paaluhatut säilyttävät asentonsa.

Asennettaessa paaluhattuelementtejä talviaikana on tarkistettava, että elementtien alusta on sula tai vain ohuelti routaantunut. Elementtien asennuksen jälkeen on suojatäytöllä tai lämpöeristyksellä tarpeen mukaan estettävä elementtien alustan routiminen. Mahdollisimman pian on pyrittävä rakentamaan elementtien päälle siirtymäkiilasyvyyttä vastaava pengeri.

Elementtihattuja käytettäessä on otettava huomioon maapohjan nopea painuminen paalutuksen jälkeen, kuten edellisessä kappaleessa paikalla valettujen hattujen osalta.

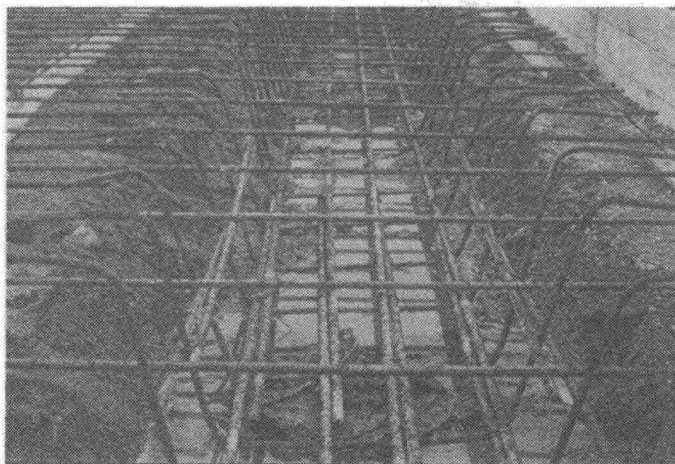
3.98 Teräsbetoninen yhtenäinen paalulaatta

Alustan käsittely, muottien ja raudoituksen tarkastus

Ennen laatan betonointia tarkastetaan, että:

- Laatan alusta on sula, oikeassa korkeudessa, oikeassa muodossa ja kantava. Yleisimmät paalulaattatyypit pohjan muodon perusteella ovat tasainen, sienimäinen ja palkkilaatta.
- Etäisyys paalun yläpäästä tulevan laatan pintaan on vähintään suunnitelmapiiirustuksissa esitetty.
- Reunamuotti on riittävän jäykkä, hyvin kiinnitetty ja tukeutuu taivassaisesti maanpintaan.
- Tarvitaanko muovikalvoa betonointialustassa.
- Alustassa ei ole vettä.
- Teräksiset ovat suunnitelman mukaisissa paikoissa ja laadultaan hyväksyttäviä.

Poikkeuksellisen pehmeällä maapohjalla (esim. turve tai lieju) joudutaan arvioimaan maapohjan painuma valuvaiheen aikana. Painuma saattaa muodostua betonin ja alustäytteen painosta niin suureksi, että lopputulos epäonnistuu. Tällöin on käytettävä kantavaa muottia paalulaatan valualustana.



Kuva 16. Teräsbetonilaatan palkin raudoitus.

Betonointityön valvonta

Paalulaatan betonoinnissa noudatetaan voimassaolevien betoni- ja teräsbetoninormien ja -ohjeiden mukaisia laadunvalvontaohjeita. Laadunvalvontaan kuuluu betonin aineosien, betonimassan, betoniterästen, lujittumisen sekä suunnittelulujuuden valvonta.

Valmisbetonin laatua valvotaan BN:n ohjeiden mukaan. Laatu voidaan tarkistaa valmistuserää koskevista valmistajan laatutositteista (ks. paaluhatut).

Betonoinnin ja lujittumisen aikana on vältettävä aiheuttamasta jo betonoituihin rakenteisiin vaurioita tärinällä, työmaaliikenteellä tms.

Lujuuden kehittyminen, paalulaatan kuormitus

Paalulaatan lujuuden kehittymistä voidaan arvioida Betoninormien mukaisesti lujittumislämpötilan, ajan sekä koekappaleilla tehtävien vertailukokeiden avulla.

Paalulaattaa ei saa kuormittaa ennenkuin betoni on saavuttanut suunnittelulujuuden.

Betonoitaessa paalulaattaa kylmänä vuodenaikana on varmistuttava, että laatan alusta on betonointihetkellä sula. Edelleen on varmistuttava, ettei betonimassa pääse betonoinnin aikana tai sen jälkeen jäätymään ennenkuin vertailulujuus vastaa talvibetonoinnissa vaadittavaa vähimmäislujuutta. Betonirakenteen ja maapohjan jäätyminen voidaan estää käyttämällä esim. lämpöeristystä, lämmitystä tms. Betonin sitoutumista voidaan tarkkailla esim. rakenteessa tehtävin lämpötilamittauksin.

Maapohjan jäätyminen on estettävä, kunnes laatan päälle ajettu maakeros antaa riittävän routasuojan.

Valutyössä noudatetaan talvibetonointia koskevia yleisiä määräyksiä.

4. POHJANVAHVISTUSTÖIHIN LIITTYVÄT TARKKUUSMITTAUKSET JA ERIKOISTUTKIMUKSET

4.1 Siirtymämittaukset

4.11 Mittausten tarkoitus ja mittausten menetelmät

Siirtymämittauksilla määritetään betoni-, maa- tms. rakenteen liikkumista vaakasuunnassa vertailukiintopisteen suhteen. Mittausmenetelmä on joko geodeettinen tai inklinometrimitaus.

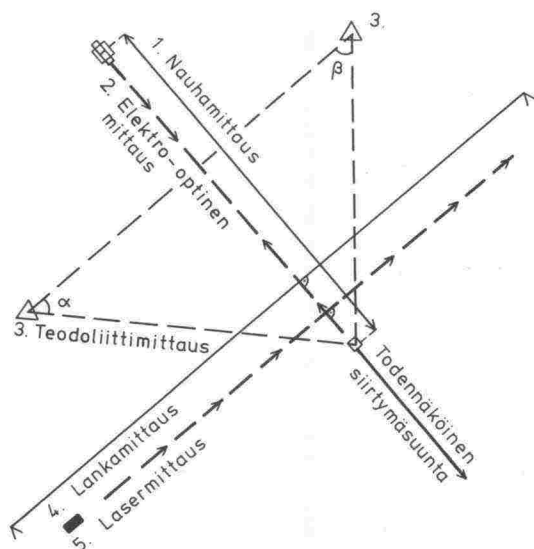
Geodeettisissa mittauksissa määritetään maan pinnalla olevan tarkkailupisteen sijainti suhteessa yhteen tai useampaan kiintopisteeseen. Tällöin mitataan tarkkailupisteiden ja kiintopisteiden välimatkat ja suuntakulmat tarkkuusmittausvälineillä. Mittausolosuhteiden mukaan mittaus voidaan suorittaa joko (vrt. kuva 17)

- mittanauhalla,
- teodoliitilla tai
- elektro-optisella etäisyysmittarilla.

Inklinometrillä voidaan mitata maassa olevan putken tai reiän kaltevuuksia eri syvyyksissä. Mittaustulosten avulla voidaan määrittää putken taipumaviiva. Mittaamalla putken taipumaviiva peräkkäisinä ajan-kohtina saadaan mitatuksi putken ja sen ympärillä olevan maamassan liike mittausaikojen välillä. Inklinometrillä voidaan mitata myös paa-lujen ja tukiseinien ym. rakenteiden asemaa ja liikettä.

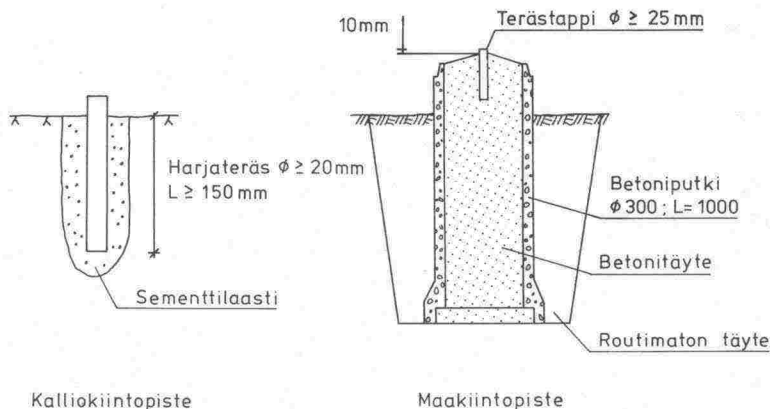
4.12 Kiintopisteet

Kiintopisteet sijoitetaan rakenusalueelle tai sen ulkopuolelle niin, etteivät ne missään olosuhteissa pääse liikkumaan. Tällaisia kohtia ovat mm. kalliojaljastumat, pysyvät, massiiviset rakenteet yms. Tarvittaessa voidaan käyttää tilapäisiä kiintopisteitä (vrt. kuva 17), mutta näiden asema on tällöin aika ajoin tarkistettava luotettavista kiintopisteistä.



Kuva 17. Karttakaavio siirtymämittauksen tavallisimmista vaihtoehdoista:

1. Nauhamittaus siirtymän suunnassa
2. Elektro-optinen mittaus siirtymän suunnassa
3. Teodoliittimittaus eteenpäinleikkauksena kahdesta kiintopisteestä
4. Lankamittaus
5. Lasermittaus



Kuva 18. Työnaikainen kiintopiste

4.13 Nauhamittaus

Nauhamittausta voidaan käyttää, kun mittausväli on enintään yksi nauhapituus (yleensä 50 metriä), ja kun mittauskohteeseen on helppo päästä. Jos mittaukselta edellytetään suurta tarkkuutta, on käytettävä tarkkuusmittanauhaa, joka jännitetään mittausaikana tiettyyn jännitykseen ja jonka pituuden muutokset lämpötilan funktiona tunnetaan. Mittaus suoritetaan yhdellä nauhapituudella. Pisteiden sijainti suositellaan mitattavaksi vähintään kahdesta kiintopisteestä.

4.14 Elektro-optinen etäisyydenmittaus

Elektro-optiseen sivunmittaukseen käytettävä kalustovalikoima on nykyään hyvin laaja ja kalusto kehittyä nopeasti. Aiemmin sivunmittauslaitteet olivat yleisesti erillisiä yksiköitä, jotka asennettiin teodoliitin päälle. Uudemmissa laitteissa on teodoliitin yhteydessä sisäänrakennettu etäisyyssmittari. Teodoliitin ja etäisyyssmittarin yhdistelmää kutsutaan takymetriksi. Kehittyneissä takymetreissä on sisäänrakennetut mikroprosessorit, joiden avulla havainnot voidaan

tallentaa koneen muistiin ja purkaa edelleen tietokoneelle jatkokäsittelyä varten. Kehittyneemmät sovellutukset ilmoittavat tarvittaessa heti mittauspisteen x, y ja z koordinaatit, vaakaetäisyydet ym.

Takymetreillä voidaan suorittaa paikanmäärittystä sekä kertamittausettä seurantamittausperiaatteella. Kertamittauksessa tarkkuus on useilla laitteilla 5 mm luokkaa mittausetäisyyden ollessa alle 0,5 km. Tarkimmille maastomittauksessa käytettäville laitteille luvataan noin 3 mm mittaus tarkkuutta mittausetäisyyden ollessa alle 0,5 km. Seurantamittauksessa tarkkuus on noin 10 mm.

Pienten alle 10 mm siirtymien mittaukseen takymetrin tarkkuus on riittämätön. Mittausvirheet kasvavat, jos sijainnin määrittämisessä käytetään myös kulmanmittausta. Siirtymämittaukset on tehtävä seuraavien periaatteiden mukaan:

- Mittaus tehdään todennäköisessä liikkeen suunnassa.
- Menetelmä soveltuu yleensä yli 10 mm:n siirtymien mittaukseen.
- Jos halutaan suurempaa tarkkuutta, on havainto korvattava 3-5 havainnon sarjalla, joiden keskiarvoa käytetään laskelmissa. Tarvittaessa on mittaus tulos tarkistettava useasta pisteestä.

4.15 Teodoliittimittaus

Teodoliitti keskistetään kiintopisteelle ja havaitaan kannan suuntakulma ja tarkkailupisteen suuntakulma. Havainnot uusitaan 2-5 kertaa. Tämän jälkeen keskistetään teodoliitti toiselle kiintopisteelle ja havaitaan kannan ja tarkkailtavan pisteen suuntakulma 2-5 kertaa. Lopuksi mitataan kannan, ts. kiintopisteiden välisen janan pituus.

Mikäli tunnetaan useampia sivuja tai kulmia, voidaan koordinaatit laskea useammilla lähtötiedoilla ja käyttää keskiarvoa, joka on tarkkuudeltaan parempi.

4.16 Lankamittaus

Mittasuorana voidaan käyttää työalueen yli pingoitettua lankaa. Tarkkailupisteen vaakaetäisyys mitataan luotilangan ja mittanauhan avulla. Pukit eivät saa olla työkohteessa toimintojen tiellä, eivätkä alttiina siirtymiselle.

4.17 Lasermittaus

Laserkoje voidaan asettaa tarkkailua varten työalueen ulkopuolelle, jolloin se ei häiritse työtä eikä liiku. Tällöin voidaan mitata rakenteiden tai maanpinnan pisteiden siirtymistä säteen kautta kulkevan pystytason suhteen. Lasersäde muodostaa tarkkailumittauksissa käytetävän mittasuoran.

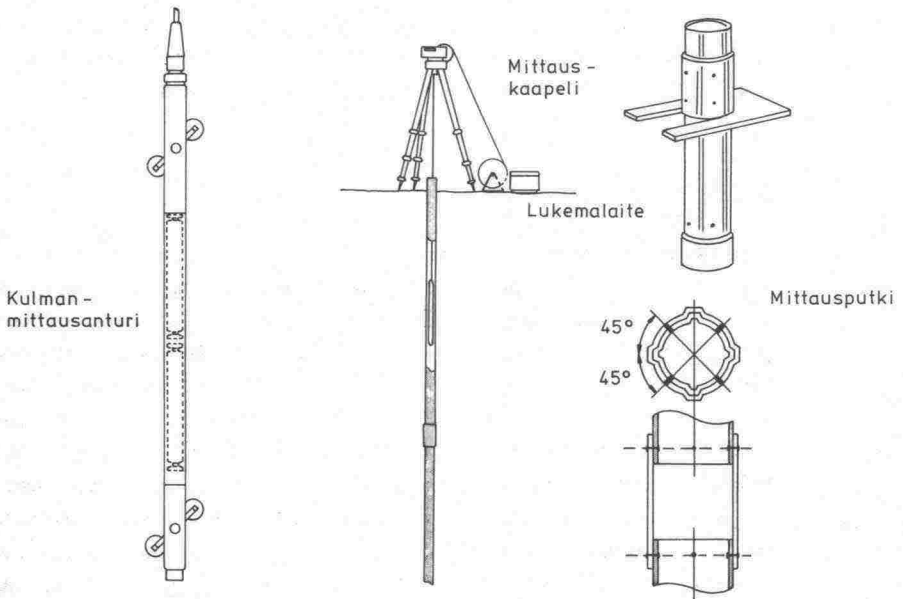
Laserheitin keskistetään kiintopisteelle ja mitataan suuntakulma tunnettuun toiseen kiintopisteeseen. Tämän jälkeen käännetään säde mittausasentoon ja luetaan suuntakulma. Tarkkailupisteen vaakaetäisyys mitataan luotilangan ja mittanauhan avulla.

Säde on suunnattava kohteeseen nähden niin, että suurin todennäköinen siirtymä tapahtuu säteeseen nähden mahdollisimman kohtisuorassa suunnassa.

4.18 Inklinometrimitaus

Laitteisto

Inklinometrimitauksessa tarvittava välineistö koostuu kulmanmittausanturista sekä lukemalaitteesta, joka on yhteydessä anturiin kaapelin välityksellä. Mittaus suoritetaan putkessa, joka voi olla muodoltaan suorakaide tai erikoisprofiili. Putken profiilin on oltava taipuisaa (esim. alumiinia), jotta putki pystyy myötäilemään putken ympärillä mahdollisesti tapahtuvia maamassan liikkeitä. Inklinometrimitauksessa tarvittava välineistö ilmenee kuvasta 19.



Kuva 19. Inklinometrimittauksen välineistö.

Putken asennus

Savi- ja silttimaissa putki voidaan asentaa maahan painamalla se esim. kaivinkoneen kauhalla. Kun putken on läpäistävä karkearakeisia tai kovia maakerroksia, asennetaan putki kohteeseen suojaputken avulla. Mittausputken alapää työnnetään niin syväälle, että sen voidaan katsoa olevan liikkumaton. Muussa tapauksessa putken yläpään asema on aina ennen mittausta määritettävä esim. takymetrin avulla. Putkeen mahdollisesti kertyvän veden jäätyminen on estettävä esim. pakkasnestellä.

Koska mittaus putkessa voidaan suorittaa kahdessa eri suunnassa, kannattaa putki sijoittaa kohteeseen niin, että liikkeet tapahtuvat pääosin jommassa kummassa näistä suunnista. Ensimmäinen mittaus (o-mittaus) tulee suorittaa mahdollisimman pian putken asentamisen jälkeen.

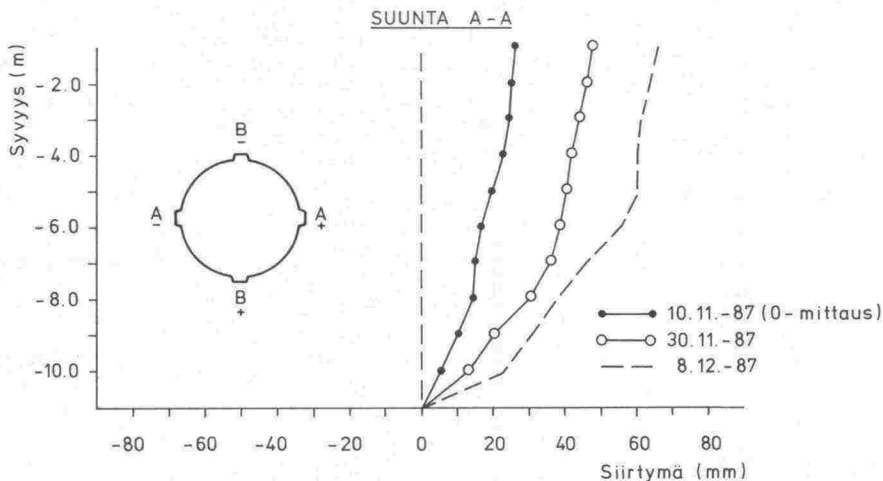
Mittauksen suoritus

Itse mittaus on varsin nopea suorittaa. Lukemalaite ilmoittaa digitaalisesti valinnan mukaan joko kulmapoikkeaman asteina pystysuorasta suunnasta tai useimmat laitteet laskevat suoraan mitattavan suunnan poikkeaman millimetreinä pystysuorasta suunnasta. Varsinainen mittaus tapahtuu siten, että anturi syötetään kaapelin välityksellä putken pohjalle, mistä sitä lähdetään nostamaan ylöspäin, kun anturi on saavuttanut likipitään putkessa vallitsevan lämpötilan. Mittauslukemien havainnointivälinä käytetään normaalisti yhtä metriä, mutta haluttaessa on mahdollista käyttää myös lyhyempää väliä. Kun anturi on nostettu putken yläpäähän ja havainnoitu viimeinen mittauslukema, käännetään anturia 180° ja lasketaan anturi jälleen putken pohjalle. Havainnot suoritetaan kuten edellä. Itse putken sijainnin poikkeama pystysuoraan suuntaan nähden saadaan laskemalla edellä havaittujen lukemien itseisarvojen keskiarvo. Näin on mitattu toinen putken suunnista A-A. Tämän jälkeen mitataan suunta B-B edellä esitetyn periaatteen mukaisesti.

Mittaustulosten käsittely

Mitatuista arvoista lasketaan putken poikkeama pystysuorasta suunnasta alhaalta ylöspäin suunnassa A-A ja suunnassa B-B. Tulokset piirretään kuvan 20 esittämällä tavalla molemmista mitatuista suunnista.

Vertaamalla taipumaviivan sijaintia 0-mittaukseen ja edellisten mittauskertojen tuloksiin, voidaan selvittää putken ja maan siirtymistä ja siirtymäsuuntaa eri syvyyksissä.



Kuva 20. Inklinometrimitauksen tulostus.

Mittaustarkkuus

Inklinometrin käytännön mittaustarkkuus on 10 - 30 mm. Inklinometriä voidaan käyttää varmistusmielessä toteamaan, että sanottavia siirtymiä ei ole tapahtunut tai havaitsemaan ajoissa alkamassa oleva siirtymä työvaiheen keskeyttämiseksi tai työtavan tarkistamiseksi. Mikäli halutaan suoranaisesti mitata siirtymien suuruutta, tulee odotettavissa olevan siirtymän olla suuruusluokaltaan 30 - 60 mm tai suurempi, jotta sen suuruus saadaan inklinometrillä mitatuksi.

4.19 Paalujen sivusiirtymän mittaus

Kun paalutustyö tehdään alueella, missä maapohjan vakavuus on tavanomaista pienempi (esim. leikkausluiskan, jokuoman tms. läheisyydessä), on paalukentän liikkeitä tarkkailtava mittaamalla. Yleensä mitaustarve on esitetty suunnitelmassa. Työnläisessä paalukentässä tarkkaillaan vähintään kolmen paalun liikkeitä.

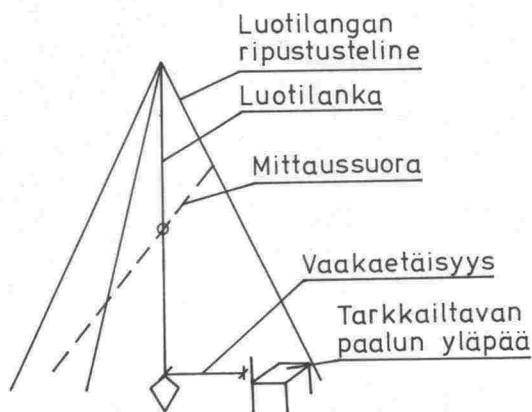
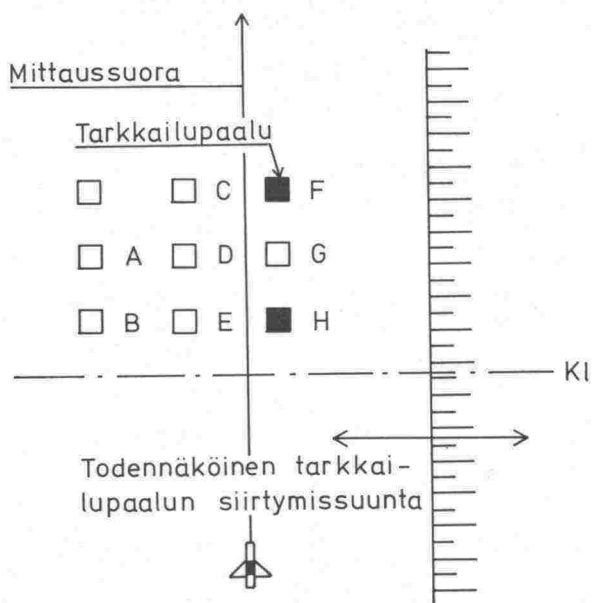
Mittausta varten kiinnitetään tarkkailtavan paalun yläpäähän naula tai mittanasta. Paalun liikkeitä voidaan seurata esim. tarkalla takymetrillä. Mittauspaikka on syytä valita niin, että liike tapahtuu mitauksen suunnassa.

Mittaus voidaan suorittaa myös mitaussuoran suhteen. Mittaussuora asetetaan mitattavien paalujen yläpuolelle tai viereen.

Mittasuorana käytetään

- alueen yli pingotettua teräslankaa
- kiintopisteelle asetettua lasersädettä
- kiintopisteelle asetettua vaaituskojetta
- kiintopisteelle asetettua teodoliittia yms.

Tarkkailtavan paalun etäisyys mitaussuorasta mitataan luotilankaa ja mittanauhaa käyttäen ja merkitään taulukkoon.



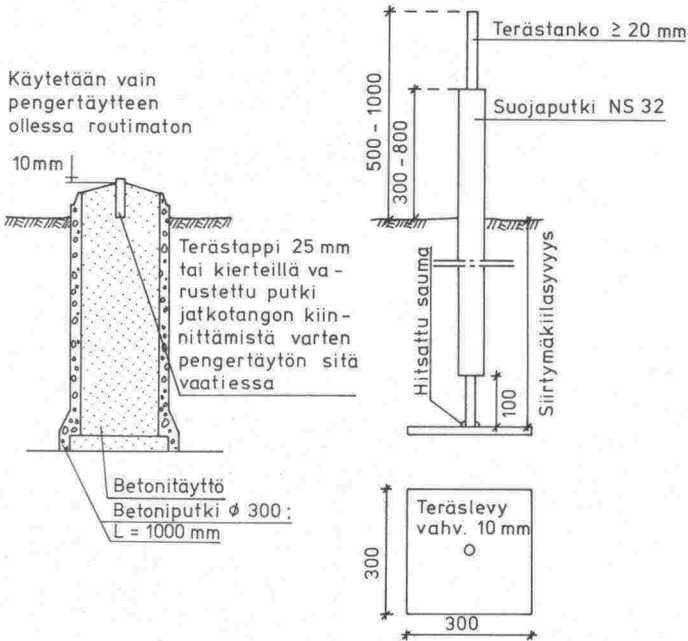
Kuva 21. Paalujen sivusiirtymämittauksen työjärjestely mittasuoraa apuna käyttäen.

4.2 Painumamittaukset

4.2.1 Painumamittausmenetelmät

Laitteiston rakenteen ja mittaustavan perusteella voidaan erottaa mm. seuraavat menetelmät:

- Painumatarkistin.
- Vaakasuora painumaletku.
- Pystysuora painumaletku.



Kuva 22.

Routimattomassa maassa käytettäväksi soveltuva betonirakenteinen painumatarkistin.

Yksinkertainen teräsrakenteinen painumatarkistin.

Laitteiston valinta riippuu ensisijaisesti mittauskohteesta, tarkkailujakson pituudesta yms. Mikäli suunnitelmassa ei ole muuta määrittä, painuminen mitataan painumatarkistimella.

Painumatarkistimella ja vaakasuoralla letkulla mitataan kokonaispainumaa maan pinnalla. Pystysuoralla painumaletkulla voidaan mitata eri maakerrosten painumia.

4.22 Painumatarkistin

Painumatarkistin voi olla kuvan 22 mukainen betoni- tai teräsrakenteinen.

Kuvasta puuttuu näkö/törmäyssuojaus, joka voidaan tehdä esimerkiksi pohjattomasta terästynnyristä, kaivonrenkaasta tai puukehikosta. Suojaan tai erilliseen varoitustauluun maalataan "PAINUMATARKISTIN".

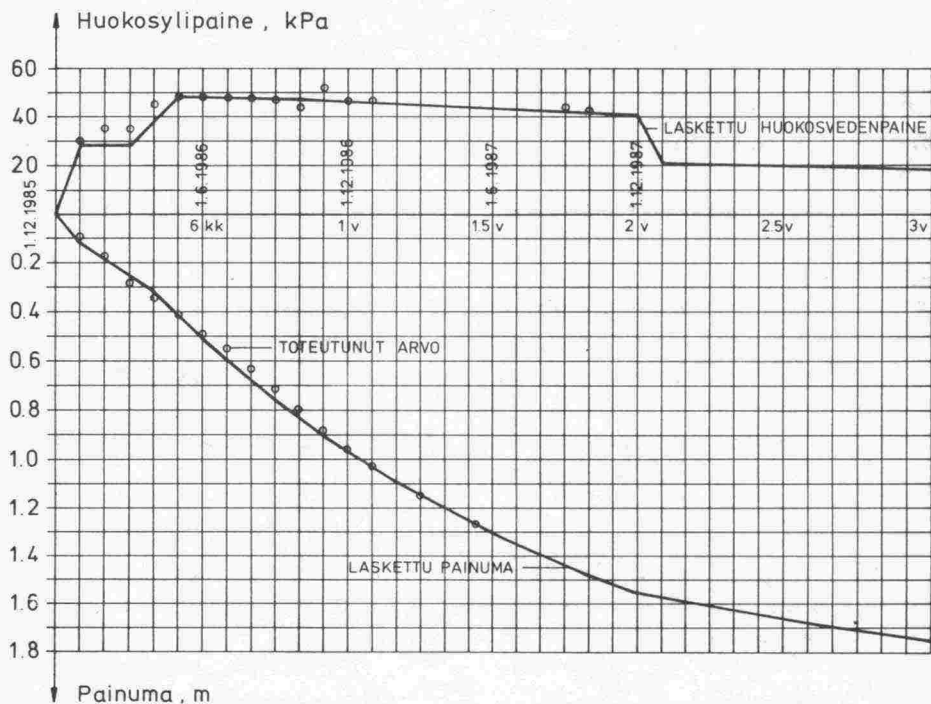
Massanvaihtokohteissa painumatarkistin asennetaan täytteeseen mahdollisimman pian pengerryksen jälkeen.

Erityisesti pystyjoituskohteissa sekä muuallakin mitattaessa pohjamaan kokonaispainumia, on teräsrakenteisen painumatarkistimen pohjalevy sijoitettava tasatun pohjamaan tai pystyjoituskohteessa ojituserroksen päälle.

Levyn päälle rakennetaan suojapenger. Mittaustangon ympärille asennetaan koko penkereen korkeudelta suojaputki. Korkean penkereen painumamittauksissa mittaustankoa ja suojaputkea yleensä jatketaan vaiheittain pengerrytyön edistyessä. Täyttö tehdään varovasti, ettei tanko väännä tai taivu. Mittaustankoa jatketaan kierteisten tappien avulla. Tämä mahdollistaa painumaseurannan jo pengertämisvaiheessa.

Mittauksella saadaan selville penkereen kokonaispainuma.

NAANTALINTIE
METSÄARON PYSTYOJAKENTTÄ PL 3300



Kuva 23. Painumatarkistimen havaintotuloksia pystyojakentältä. Kuvassa mukana huokospainemittaustuloksia ja lasketut arviot.

4.23 Painumaletku

Käyttötarkoitus

Painumaletkun merkittävimmät edut ovat:

- Saadaan jatkuva painumakuvaaja poikkileikkauksesta.
- Mittausjärjestelyt eivät häiritse työkoneita ja työmaaliikennettä.

Työteknisesti letku on edullinen

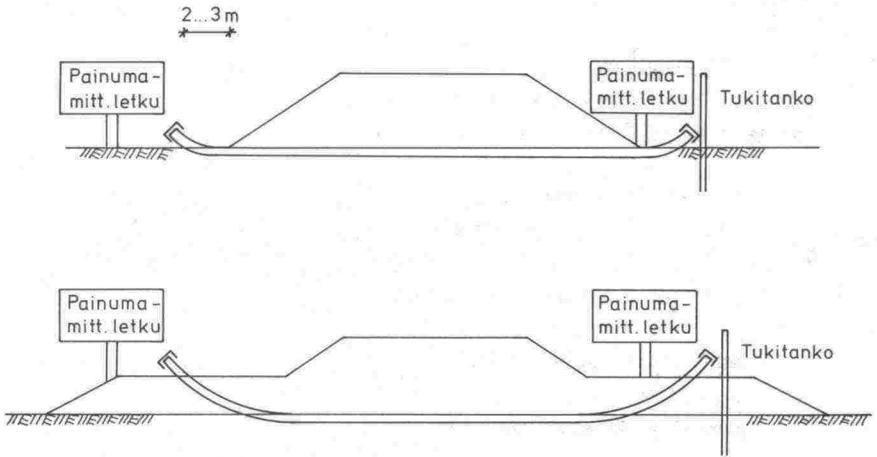
- vaiheittain pengerrettäessä
- louhepenkereissä
- yleensä korkeissa penkereissä.

Haittapuolina voidaan todeta, että:

- Mittaustulokset eivät ole aina olleet täysin luotettavia.
- Letkut ovat eräissä tapauksissa vaurioituneet, esim. luiskissa tehdyt täytöt, jyrkkä painumaero poikkileikkauksessa tms.

Painumaletkuja ei yleensä voida käyttää ainoina mittareina, vaan rinnalla on käytetty painumatarkistimia.

Mittaustyö tehdään erikoislaitteilla, joita ei yleensä voida hankkia työmaakohtaisina. Letkumittaukset sopivat hyvin isoon hankkeeseen, jossa yhdellä mittauskerralla voidaan mitata suurempi määrä letkuja.



Kuva 24. Painumamittausletkun sijoitus penkereeseen.

Mittari

Mittarit ovat nykyään sähkötoimisia. Mittaus perustuu hydrostaattisen paineen vaihteluihin. Mittarin lukematarkkuus on 1 mm, mutta käytännössä mittatarkkuus on noin ± 1 cm. Mittausletkun pituus on 50 m. Mittarissa on lisälaitteena äänimerkki, joka reagoi painumalletkun ympärille laitettuun magneettirenkaaseen (käytetään erikoistapauksissa paikallistamaan mittauskohdan tarkka sijainti).

Letkun materiaali

Muoviputki NP 10, du 63 mm kieppinä.

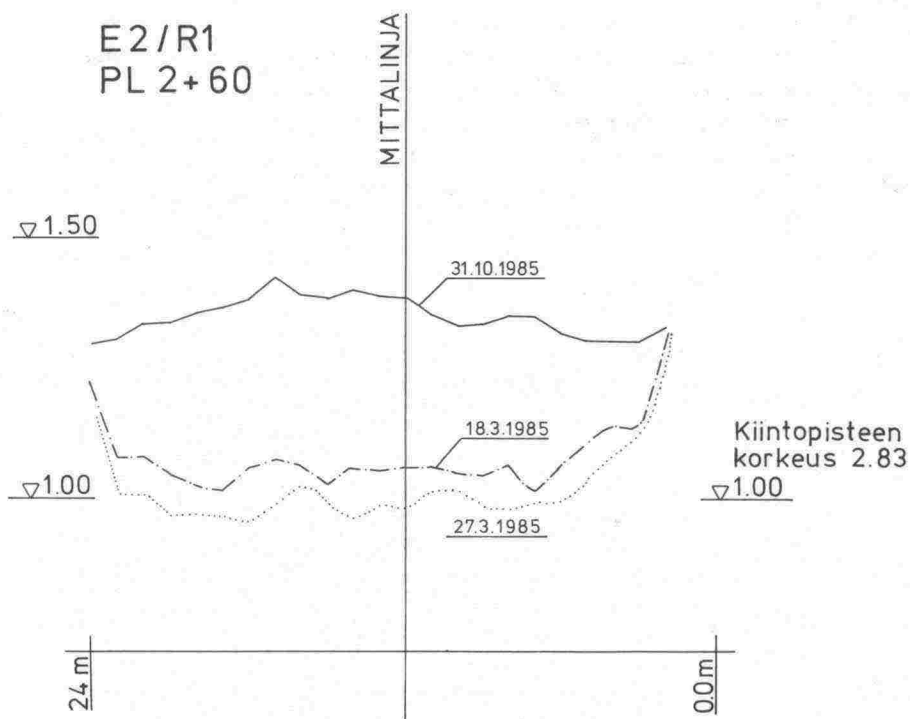
Letkun asennus

- Letku ulotetaan 2-3 m luiskan ulkopuolelle.
- Letkuun vedetään nailonnaru mittausanturia varten.
- Yhtenäinen letku (ei jatkoksia) asennetaan tasaiselle, kivettömälle maapohjalle mahdollisimman suoraan.
- Tarvittaessa letkun alle tehdään tasauskerros (n. 10 cm) hiekasta.
- Letkun yläpinta vaaitaan metrin välein (o-mittaus).
- Letku peitetään hiekalla (n. 20 cm) siten, että se jää vaaituksen mukaiseen asemaan mahdollisimman suoraan.
- Hiekkatäytön päälle tehdään suojatäyttö (n. 0,5 m) kivettömästä pengermaasta.
- Painumaletkun päät nostetaan loivasti ylös maanpinnasta, jotta vesi tai maa ei valu letkuun.
- Letkun päät tulpataan irrotettavilla suojatulpilla (esim. puutapit).
- Letkun pään viereen lyödään maahan tukevasti tukitanko, (esim. metalliputki tai puupaalu 2" x 2", yläpään korkeus 1,0 - 1,5 m maanpinnasta), joka toimii mittauksen peruskorkeutena (painuu penkereen mukana).
- Työkoneita varten painumaletkut merkitään kyltillä, jossa on teksti "Painumamittausletku".

Mittaukset

Asennuksen yhteydessä on mitattava letkun päiden etäisyydet tien keskilinjasta. Ennen hiekkatäyttöä letkun yläpinta vaaitaan metrin välein (o-mittaus).

Painumamittausten yhteydessä vaaitaan joka mittauksen yhteydessä tukitankojen korot. Painumahavainnoista piirretään poikkileikkausta kuvaavat painumakäyrät, jossa esitetään myös kuormitus.



Kuva 25. Painumamittausletkun havaintotuloksia poikkileikkausmuodoissa.

4.3 Huokospainemittaukset

4.31 Mittausten tarkoitus

Huokospainemittauksilla selvitetään huokosveden painetta maakerroksessa. Tienrakennuksessa huokospainemittaukset tehdään yleisimmin

- savileikkauksissa luiskan vakavuuteen liittyvänä osaselvityksenä,
- korkean penkereen alle jätettävän savi- tai silttikerroksen tiivistymisen ja lujittumisen seuraamiseksi tai
- silttimassa paalutuksen aiheuttaman vesipaineen kasvun selvittämiseksi.

Huokospainemittausten tarve on yleensä määritetty jo suunnitelmassa. Suunnitelmassa määrätään mittakärkien sijainti. Suunnitelmassa tulisi olla ohjeet mittaustulosten hyväksikäyttämisestä ja ellei niitä suunnitelmassa ole esitetty, on mittauksista neuvoteltava suunnittelijan kanssa siten, että niiden tarkoitus ja tulosten hyväksikäyttö myös työmaalla tunnetaan.

4.32 Laitteistot

Huokospaineen mittausteistoja on esitetty SGY:n kairausoppaassa IV, Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen.

Huokosvedenpaineen mittaaminen tapahtuu joko suljetulla tai avoimella mittaustavalla. Nykyisin ovat sähköiset anturit käyneet yhä yleisemmäksi nopean toimintakyvyn vuoksi. Menetelmässä huokoskärjen läpi kulkevan veden paine mitataan sähköisellä paineanturilla suoraan huokoskärjessä.

Avoimessa järjestelmässä huokoskärki toimii pohjavesiputken tavoin. Suodattimen on vain oltava maalajiin sopiva. Kärjestä ylösnouseva putki on ohut maakerrosten huonon vedenjohtavuuden vuoksi. Menetelmä sopii silttisissä maalajeissa pitkäaikaiseen huokosvedenpaineen seurantaan.

Nykyiset huokosvedenpaineen mittaustavat eivät vaadi erillistä mitauskoppia, vaan putki tai letku voidaan suoraan johtaa maanpinnalle. Putken tai letkun yläpää on kuitenkin suojattava mekaanista vahinkoa vastaan ja merkittävä selvästi.

4.33 Huokoskärjen asennus

Penkereen läpi asennettavat huokoskärjet asennetaan mahdollisimman varhaisessa rakentamisvaiheessa, jotta voidaan seurata kuormitusliisäysten vaikutusta huokosvedenpaineeseen. Pystyojakentällä putket asennetaan ojituserroksen päältä suunnittelijan ilmoittamaan sijaintiin. Pengertä korotettaessa on huokoskärkeen liittyvät putket tai letkut suojattava pienillä kaivonrenkailla tms. Putken yläpää merkitään selvästi näkyviin.

Ennen asennusta huokoskärki ja letkut täytetään ilmattomalla vedellä. Kärjissä, joiden huokoskivi on karkearakeinen, kärkikappale upotetaan vesiämpäriin ja muoviputki kiinnitetään paikoilleen veden alla. Tämän jälkeen muoviputki imetään vettä täyteen esim. lappoperiaatteella vesiämpäristä.

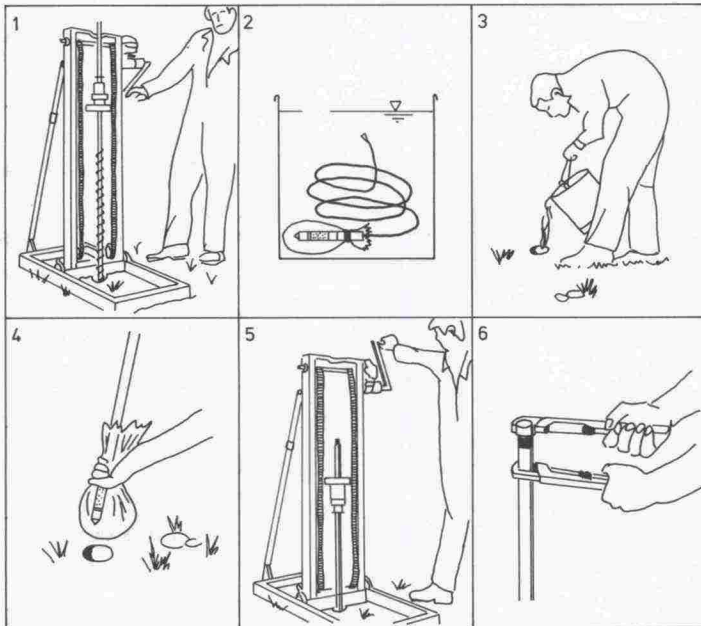
Kahdella letkulla varustettujen mittareiden täyttäminen vedellä tapahtuu parhaiten pumppaamalla vettä kärjen läpi. Hienorakeisia huokoskärkiä, kuten sähköisiä huokosvedenpainekärkiä on pidettävä kiehuvaassa vedessä yli 10 minuuttia ilman poistamiseksi huokoskivistä. Mahdolliset letkut liitetään toisiinsa ja huokoskärkeen veden alla. Kärjen päälle vedetään vedellä täytetty muovipussi, joka lähtee kärjen päältä pois maahan painettaessa. Asennuksen aikana tulee huokoskärjen olla koko ajan vedessä.

Huokoskärjille on yleensä syytä tehdä alkureikä kierrekairalla. Reikä täytetään vedellä. Jos vesi ei pysy reiässä, on käytettävä työputkea.

Painettaessa huokoskärkeä alas ruuvataan mittalaitteen asennusputket toisiinsa kiinni yksitellen. Putkien liitokset tiivistetään (esimerkiksi teflonnauhalla). Putkien sisällä mahdollisesti olevaa kaapelia tai mittaasputkea ei saa rikkoa eikä vetää painamisen aikana. Maahan painamisen tulee tapahtua hitaasti ja tasaisella nopeudella, jotta anturia ei kuormiteta liikaa. Putken päätä ei missään olosuhteissa saa lyödä.

Asennusputken pää on suljettava mittauksen jälkeen. Putkia ei saa kiertää niiden maahan asentamisen jälkeen.

Asennuksessa on otettava huomioon myös valmistajan antamat erikoisohjeet.



Kuva 26. Huokoskärjen asennuksen työvaiheet.

4.34 Havainnot

Ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty tai neuvotteluissa muuta sovi-
ta, tehdään havainnot

- savileikkausten vakavuustutkimuksissa normaalisti kerran viikossa, sadekausina, lumen sulamisvaiheessa ym. poikkeusajankohtina 2-3 ker-
taa viikossa
- penkereen alle jätettävästä kerrostumasta kerran viikossa sekä vä-
littömästi penkereen korotusten jälkeen
- paalutustyö: huokospainetta seurataan koko paalutustyön ajan aina
2-3 paalun lyömisen jälkeen.

Mittauksia jatketaan, kunnes suunnittelijan kanssa on sovittu niiden
lopettamisesta.

Huokosvedenpainemittausten tulokset esitetään SGY:n kairausoppaan IV
kuvan 20 esittämällä tavalla.

Huokosvedenpainetta seurataan yleensä eri syvyyksiin asennetuista huo-
koskärjistä. Mittaustulokset voidaan esittää painetasoina ajan funk-
tiona. Huokosvedenpainemittausten tulostusta ja kärkien toimintaan
vaikuttavia tekijöitä on esitetty tarkemmin SGY:n kairausoppaassa IV.

4.4 Koepaalutus ja paalujen koekuormitus

Koepaalutus

Tukipaalun tunkeutumissyvyyttä arvioidaan suunnitteluvaiheessa kai-
raussyvyiden ja kairausvastuksen perusteella. Koska kairauksen perus-
teella tehtävä arvio tunkeutumissyvyydestä on suuntaa-antava, on eri-
tyisesti suuremmissa paalutuskohdissa syytä tarkistaa paalupituuksia
koepaalutuksella. Koepaalutus on tarpeen myös, kun tukipaalut joutu-
taan lyömään tiiviiden siltti- tai karkearakeisten maakerrosten läpi.

Koepaalutus tehdään LPO-87:ssä esitettyjen ohjeiden mukaan.

Paalun koekuormitus

Paalun koekuormitusta käytetään erityistapauksissa, kun halutaan selvittää paalulle sallittavaa kuormitusta seuraavissa olosuhteissa:

- Paalu toimii koheesio- tai kitkapaaluna.
- Paalu on jäänyt huomattavan lyhyeksi muihin paaluihin verrattuna (kitkapaalu).
- Halutaan käyttää suunnitteluohjeissa esitettyä korkeampaa paalukuormaa.

Paalun koekuormitus voidaan tehdä joko dynaamisella tai staattisella menetelmällä.

Dynaaminen koekuormitus

Paalun dynaaminen kantavuuden mittausta eli dynaaminen koekuormitus on suora paalun kantavuuden määrittäminen. Se perustuu rakennuspai-
kalla suoritettaviin iskuaaltomittauksiin. Mittaustuloksista lasketaan paalun staattinen kantokyky ottamalla huomioon kuormituksen nopeudesta johtuva kantavuuden lisäys.

Menetelmässä paalua lyödään paalutuskoneen järkäleellä, joten mittausvaiheessa on paalutuskone voitava irroittaa mittaustyöhön ja paalutuskoneella on päästävä mittaustulokseen.

Mitattava paalu on yleensä ennalta lyöty loppulyöntiukkuuteen tai määräsivyyteen. Paalun lyöntipään on oltava ehjä ja paalun tulee ulottua riittävästi työnaikaisen maanpinnan yläpuolelle, jotta anturit saadaan siihen asennetuksi. Antureita ja letkuja ei voida lyödä maan sisään.

Suomessa käytössä olevassa CASE-menetelmässä paalusta mitataan voima kahdella venymäliuska-anturilla ja kiihtyvyyssarvot kahdella pietzosähköisellä kiihtyvyyssanturilla. Antureista johdetaan signaalit kaapelia pitkin analysaattoriin. Analysaattori laskee voima-aika- ja nopeus-aikakuvaajat, jotka ovat nähtävissä analysaattoriin liitetyn oskilloskoopin kuvaruudulta. Kuvaajat yleensä nauhoitetaan myöhemmin tapahtuvaa analysointia varten.

Dynaaminen mittaus on huomattavasti halvempi kuin tavanomainen staattinen koekuormitus, mikä tekee mahdolliseksi lukuisten paalujen tarkistuksen. Mittausmenetelmä on luotettavimmillaan karkearakeiseen maa-kerrokseen tai kallioon ulottuvien paalujen kantavuutta arvioitaessa, jolloin paalun dynaaminen kantavuus on likimäärin yhtä suuri kuin staattinen kantavuus. Savi- ja silttimaalajeissa dynaamisiin mittaus-tuloksiin tulee suhtautua varovaisemmin ja niiden tueksi tulisi tehdä staattisia koekuormituksia. Staattisten koekuormitusten tarvetta voidaan vähentää käsittelemällä mittaus tulokset tietokoneella, jolloin kokonaispaaluvoima voidaan jakaa vaippa- ja kärkivoimiin paalun toimintatavan selvittämiseksi (esim. CAPWAP-analyysi).

Kantavuuden määrittämisen lisäksi dynaamisen mittauksen perusteella on mahdollista tehdä johtopäätöksiä paalujen ehjänä säilymisestä sekä jatkosten laadusta, millä on merkitystä esim. korkealuokkaisia paaluja käytettäessä. Paaluun siirtynyt lyöntienergia sekä paalun lyöntijännitykset voidaan myös mitata, jolloin paalutusohje voidaan laatia rakennuspaikan olosuhteita ja käytettävää paalutuskalustoa vastaavaksi.

Staattinen koekuormitus

Jos paalujen kantavuutta ei voida selvittää koepaalutuksen tai vastaavista olosuhteista käytettävissä olevien staattisten tai dynaamisten koekuormitusten ja muiden tietojen perusteella luotettavasti, suoritetaan staattisia koekuormituksia.

Paalun staattisessa koekuormituksessa tarvitaan vastapaino, hydraulinen sylinteri ja paalun painumamittauslaitteet. Vastapaino voidaan aikaansaada vetopaalujen tai staattisen kuorman avulla. Vastapainon kuormitus keskitetään paalulle palkiston avulla. Kuormitus saadaan aikaan hydraulisella sylinterillä (tunkilla), josta myös paalun kuormitus mitataan. Paalun yläpään painumista ja kallistumista mitataan mittakelloilla paalusta erillisen mittasillan suhteen.

Koekuormitus tehdään erityisen koekuormitussuunnitelman mukaan, joka laaditaan LPO-87 luvun 8.3 mukaisesti.

4.5 Työnaikaiset pohjatutkimukset

Työn aikana tehdään pohjatutkimuksia, kun on tarpeen täsmentää rakennuskohteen pohjasuhdetietoja esim. seuraavista syistä:

- Maakerrosten paksuuden ja kantavan pohjakerroksen vaihtelu on huomattavasti suurempaa kuin alunperin on arvioitu.
- Suunnitteluaikaisten kairausten todetaan päättyneen kovaan välikerrokseen, jonka alla todetaan heikommin kantavaa maata.
- Halutaan tarkentaa syvyystietoja (mm. kallionpinta).
- Halutaan selvittää esim. pohjaveden tasoa ja sen vaihteluita rakennusalueella.
- Tehdään materiaalin ottopaikkojen tai läjitysalueiden tutkimuksia.

Nämä tutkimukset tehdään TVH:n ohjeiden sekä Suomen geoteknillinen yhdistys ry:n laatimien kairausoppaiden mukaisesti.

LÄHDELUETTELO

1. Hassinen P., Slunga E., Dynaamisten mittausten käyttö paalutustyön valvonnassa, INSKO 10-1983 IX. Helsinki 1983
2. Hämäläinen V., Geotekstiilit työmaalla, Geotekstiilipäivä, INSKO 266-86 IV. Helsinki 1986.
3. Kairausopas IV. Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen. Suomen Geoteknillinen yhdistys ry. Helsinki 1987.
4. Kalkkipilariohjeet. KPO-86. 28.10.1986. Viatek Oy.
5. Lahtinen P., Kalkkipilariohjeet. Rakentajain Kalenteri 1988.
6. Löyntipaalutusohjeet 1987. Suomen Geoteknillinen yhdistys ry. Helsinki 1987.
7. Plastic foam in road embankments. Norwegian directorate of roads/NRRL Norwegian plastics federation. Konferenssijulkaisu. Oslo 1985.
8. Pohjarakennustöiden valvontaohjeet. Suomen geoteknillinen yhdistys ry. Helsinki 1984.
9. Rathmayer H., Uusi suomalainen "VTT-GEO" kuitukankaiden käyttöluokitus tienrakentajille. Tie- ja liikenne 10:1980.
10. RIL 166. Pohjarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Helsinki 1986
11. Stabilointiohjeet, kalkki- ja sementtistabilointi. Tie- ja vesirakennushallitus, maatumkimustoimisto. TVH n:o 2.614. Helsinki 1973.
12. Valkeisenmäki A., Kevennetyt maarakenteet, INSKO 84-87 XII. Helsinki 1984.
13. Vähäaho I., Jäädymenettelmän käyttö. Tiedote 44. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, geotekninen osasto.

LIITE 1

TIEKEVYTSORAN LAATUVAATINUKSET

29.12.1981

1. Tiheys
 - 1.1 Tiheyden määrittely
 - 1.2 Kuivatiheys
2. Vesimäärä
3. Rakeisuus
4. Murskautuneisuus ja murtopintaluku
5. Toimituseräkohtaiset laatuarvot

1. Tiheys
- 1.1 Tiheyden määrittely

Kevytsoran tiheys ilmoitetaan tärytettynä irtotiheytenä, joka määritellään liitteessä 2 esitettyllä menetelmällä. Kuivairtitiheydestä käytetään jäljempänä nimitystä kuivatiheys.

- 1.2 Kuivatiheys

Toimituserän kuormakohtaisilla (noin 50-100 m³) määrillä painotettu kuivatiheyden keskiarvo saa olla enintään 420 kg/m³. Yksittäisen kuorman kuivatiheys saa olla enintään 450 kg/m³.

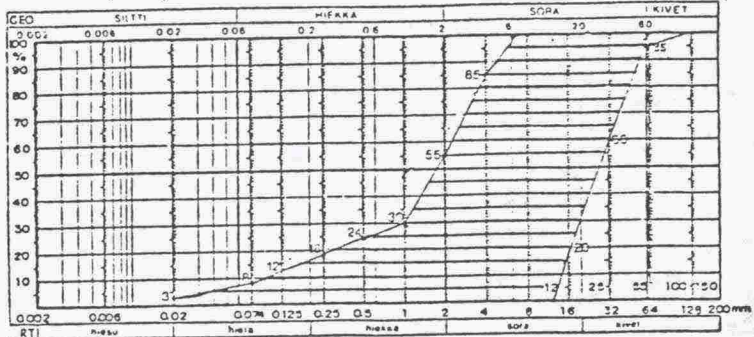
Toimitussopimuksessa voidaan sopia myös edellä mainittuja korkeammista kuivatiheysarvoista.

2. Vesimäärä

Toimituserän kuormakohtaisilla määrillä painotettu keskimääräinen vesimäärä saa olla enintään 100 kg/m³. Yksittäisen kuorman vesimäärä saa olla enintään 150 kg/m³. Vesimäärä mitataan toimitushetkellä.

3. Rakeisuus (kuormakohtaisesti)

Sallittu rakeisuusalue on oheisen kuvan mukainen. Rakeisuudessa sallitaan rakeisuusalueella 1-64 mm 1 kpl korkeintaan 5 %-yksikön satunnainen rakeisuusalueen ylitys tai alitus.



4. Murskautuneisuus ja murtopintaluku (kuormakohtaisesti)

Murtopintaluku lasketaan näytteen 6 mm karkeammasta aineksesta. Kuormassa saa olla täysin murskautuneita rakeita korkeintaan 20 % ja murskautumattomia rakeita pitää olla vähintään 40 % (murtopintaluku 20/40).

5. Toimituseräkohtaiset laatuarviot

Yksittäinen kuorma, joka ei täytä edellä esitettyjä kuormakohtaisia laatuvaatimuksia, otetaan huomioon toimituseräkohtaisia laatuarvoja (kuivatiheys ja vesimäärä) laskettaessa.

LIITE 2

TIEKEVYTSORAN LAADUNVALVONTA

29.12.1981

1. Vastaanottotarkastus
 - 1.1 Kuorman mukana toimitettavat asiakirjat
 - 1.2 Näytteenotto
2. Likimääräinen vastaanottotarkastus
3. Laboratoriokokeet
 - 3.1 Tutkimuslaitteisto
 - 3.2 Kokeiden suoritus
4. Laadun alitukset
5. Laadunvalvonta-asiakirjat

ARKISTO

1. Vastaanottotarkastus

1.1 Kuorman mukana toimitettavat asiakirjat

Kunkin kuorman mukana seuraa kuormakirja, josta ilmenevät mm. kuormakirjan numero, toimittava tehdas, kevytsoran laatumerkintä sekä kevytsoran määrä (m^3 itd). Kuormakirjan numero yms. tiedot on merkittävä kaikkiin näytteistä tehtäviin laatuselvityksiin.

1.2 Näytteenotto

Kussakin kohteessa $1000 m^3$:n määrään saakka otetaan näyte jokaista kuormaa (tai $50-100 m^3$:n erää) kohti tilaaajan toimesta. Toimitetun määrän ylittäessä $1000 m^3$ otetaan näyte joka toista kuormaa (tai $100-200 m^3$:n erää) kohti, elleivät laadunvaihtelut vaadi näytteenottoa jokaisesta kuormasta. Mikäli kohteeseen toimitetaan kevytsoraa useammasta toimituspisteestä, sovelletaan em. menetelyä kunkin tehtaan toimituksiin erikseen.

Näyte kerätään tutkittavasta erästä 5-7 kohdasta eri puolilta kuormaa tai kohteeseen kaadetusta kasasta niin, että näyte on edustava (vrt. ohjeet näytteenotosta mm. murskaustyön laadunvalvontaohje TVH 732810). Näytettä otettaessa on huolehdittava siitä, että näytteeseen ei tule kuljetuksen yhteydessä eroittunutta hienoaainesta enempää kuin kuormassa on keskimäärin. Näytteen suuruus on vähintään 20 l. Näytteenoton yhteydessä merkitään näytteenottopöytäkirjaan kyseisen kuormakirjan numero.

2. Likimääräinen vastaanottotarkastus

Mikäli kuorma punnitaan toimitetaan kuorman mukana vaakausslipuke, joka luovutetaan vastaanottajalle. Vaakausslipukkeessa ilmoitetun kevytsoran kokonaispainon ja kuormakirjan ilmoittaman kokonaismäärän perusteella lasketaan kuormassa olevan kevytsoran tiivistämätön märkäirtotiheys, jota käytetään kokeiluluontoisesti tarkan määrityksen rinnalla arvioitaessa kuorman tiheyttä.

Tärytetty märkäirtiheys saadaan likimäärin vaakausslipukkeesta ja kuormakirjan määrästä lasketusta märkäirtotiheydestä kertomalla ao. luku arvolla 1.08.

Kevytsoran vesipitoisuudesta voidaan silmämääräisesti tehdä arvioita kuormaa vastaanotettaessa.

- Pinnaltaan vaalea ja pölyävä kevytsora on kuivaa ja sen vesipitoisuus on alle 2 til-% ($20 kg/m^3$, alle 5-6 paino-%).
- Kun kevytsorarakoiden pinta on lähes kauttaaltaan tummunutta, vaihtelee vesipitoisuus arviolta 2-4 til-%:iin ($20-40 kg/m^3$, 5-12 paino-%).
- Edellistä korkeammilla vesipitoisuuksilla alkaa rakoideen pinnalla näkyä selvä kiiltävä vesikalvo.

Likimääräinen kuivatiheyden arvo saadaan märkätiheydestä arvioidun vesipitoisuuden perusteella lasketuksi kohdassa 3.2 esitetystä kaavasta.

Murskautuneisuutta ja rakeisuutta voidaan myös arvioida silmämääräisesti.

3. Laboratoriokokeet

3.1 Tutkimuslaitteisto

Kevytsoran laboratoriokokeissa tarvittava laboratoriolaitteisto on seuraava:

- irtotiheyden mittaustastia,
- seulatärytin (koneellinen),
- vaaka; tarkkuus 0,5 g, kapasiteetti 10-15 kg,
- seulasarja,
- kuivausuuni,
- astioita näytteen kuivatusta varten,
- harjoja seulojen puhdistukseen,
- kauha,
- muovipusseja.

3.2 Kokeiden suoritus

3.21 Näyte-erien valmistelu

Näyte-erä sekoitetaan huolellisesti ja jaetaan kahteen 10 l:n erään, joista toisesta tehdään tarvittavat kokeet ja toinen jätetään mahdollista rinnakkaiskoetta varten.

3.22 Märkäirtotiheys

Näytteestä tutkitaan ensin märkäirtotiheys siten, että 10 l:n kevytsoraerä kaadetaan oheisen kuva 1:n mukaiseen näyteastiaan kolmessa osassa n. 10 cm:n kerroksina. Kummankin osatäytön jälkeen ravistetaan näyteastiaa seulatäryttimellä n. 1 minuutin ajan näyteastiaa kiinnittämättä. Kolmannen osatäytön jälkeen kiinnitetään näyteastia seulatäryttimeen (esim. Rasi). Viiden minuutin ravisteluajan jälkeen mitataan mittaustaitteen avulla näytteen yläpinnan etäisyys näyteastian yläreunasta ja lasketaan näytteen tilavuus. Näyte punnitaan ja siitä määritetään märkäirtotiheys kaavalla

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m},$$

jossa on

ρ_m näytteen märkä(irto)tiheys
 m_m näytteen massa kosteana
 V_m näytteen tilavuus kosteana

3.23 Vesipitoisuus ja vesimäärä

Tiheysmäärityksen jälkeen näyte jaetaan kahdeksaan osanäytteeseen (n. 1,25 l), joista kaksi kuivataan sekä punnitaan ennen ja jälkeen kuivatuksen. Kuivatus tapahtuu 10-20 mm paksuna kerroksena 105°C tai 150°C lämpötilassa, kunnes kosteus on haihtunut. Kuivausaika 105°C lämpötilassa on yleensä vähintään 4 tuntia ja 150°C lämpötilassa yleensä vähintään 2 tuntia.

Vesipitoisuus ja vesimäärä lasketaan kaavoista:

$$\text{vesipitoisuus} = W_k = 100 \cdot \frac{m_m - m_k}{m_k}$$

$$\text{vesimäärä} = \frac{m_m - m_k}{V_m} \quad (\text{kg/m}^3)$$

jossa on

W_k	vesipitoisuus painoprosentteina kuiva-aineesta
m_m	näytteen massa kosteana (g)
m_k	näytteen massa kuivana (g)
V_m	näytteen tilavuus kosteana

Vesipitoisuus ja vesimäärä lasketaan kahden kokeen keskiarvona.

3.24 Kuivairtoteiheyys

Kuivairtoteiheyys lasketaan märkäirtoteiheyden ja vesipitoisuuden perusteella kaavasta

$$\rho_k = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W_k}{100}}$$

jossa on

ρ_k	kuivairtoteiheyys
ρ_m	märkäirtoteiheyys
W_k	vesipitoisuus-% kuiva-aineesta

3.25 Rakeisuus

Toisesta vesipitoisuusmäärityksen yhteydessä kuivastusta osanäytteestä suoritetaan rakeisuuden määrittäminen.

Yksityiskohtaiset vesipitoisuuden ja rakeisuuden määrittämissuunnitelmat on esitetty esimerkiksi laadunvalvontasuunnitelmissa TVH 732810 ja TVH 732816.

Murtopintaluku

Murtopintaluku määritetään tarvittaessa 6 mm suuremmista rakeista. Jäljelle jäänyt kuivattu osanäyte seulotaan 6 mm:n seulalla. Seulaa päälle jäänyt kiviaines punnitaan ja jaetaan rae rakeelta kolmeen kasaan:

1. kasaan pannaan rakeet, jotka ovat kaikilta sivuiltaan täysin murskautuneita.
2. kasaan pannaan rakeet, joiden sivuilla ei ole lohkopintoja.
3. kasaan jäävät rakeet, joissa on sekä lohkopintoja että sileitä murskautumattomia pintoja.

Kasat 1 ja 2 punnitaan, painoprosentit lasketaan ja ilmoitetaan murtopintalukuina esimerkiksi 15/50 (15 % täysin murskautuneita rakeita yli 6 mm aineksesta ja 50-% lähes murskautumattomia rakeita vastavasti).

4. Laadun alitukset

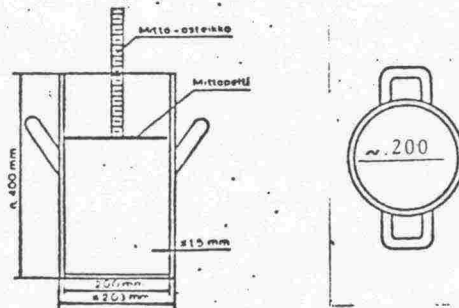
Mikäli laboratoriokokeissa todetaan, että näyte ei täytä laatuvaatimuksia, on tehtävä rinnakkaiskoe tähän varatulla toisella näyte-erällä. Materiaalin laatu arvostellaan ensimmäisen kokeen ja rinnakkaiskokeen keskiarvotulosten perusteella. Mikäli kokeiden tulokset kuitenkin poikkeavat toisistaan huomattavasti ja on epäiltävissä edellisissä tuloksissa virheitä, arvostellaan materiaalin laatu pelkästään jälkimmäisen kokeen perusteella.

Materiaalista, joka ei täytä laatuvaatimuksia, ilmoitetaan välittömästi toimittaneelle tehtaalle

5. Laadunvalvonta-asiakirjat

Laadunvalvonta-asiakirjoissa tulee aina ilmetä näytteen edustaman kuorman toimituspäivämäärä, kuormakirjan numero, toimitettu määrä sekä kaikki tehtyjen laboratoriotutkimusten tulokset.

Mahdollisten laadunparantamis-, hyvitys- tai muiden vaatimusten yhteydessä nämä liitetään kirjallisten selvitysten tai vaatimusten mukaan



Kuva 1. Kevytsoran tiheyden määrittämissä

Valtion painatuskeskus
Kruununhaan VALTIMO
Helsinki 1990

ISBN 951-47-0999-3