

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset

Maa- ja pohjarakenteet - SYL 2

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset

Maa- ja pohjarakenteet - SYL 2

Toteuttamisvaiheen ohjaus

Verkkoversio <http://www.tiehallinto.fi/sillat>
ISBN 951-803-432-X
TIEH2200033-v-05

Tiehallinto
KESKUSHALLINTO
Asiantuntijapalvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 2211

Alkusanat

Sillanrakentamisen maa- ja pohjarakenteita koskevat yleiset laatuvaati-mukset on aikaisemmin esitetty SYL 2:n painoksessa elokuulta 1996. Asiakirjaa on muutettu ja täydennetty sen käytöstä saatujen kokemusten perusteella ja mm. routa- ja eroosiosuojauksia koskevat asiat on siirretty suunnitteluohjeisiin.

Uusitun asiakirjan tekstiluonnokset on valmistellut DI Matti Manelius Tie-liikelaitoksen konsultoinnista. Työtä on ohjannut ja valvonut kehittämis-päällikkö Jouko Lämsä Tiehallinnon siltatekniikassa.

Asiakirjasta on pyydetty lausunnot kaikilta tiepiireiltä, eräiltä Tiehallinnon yksiköiltä, Ratahallintokeskukselta, Oy VR-Rata Ab:ltä, Helsingin kaupun-gin rakennusvirastolta ja eräiltä sillansuunnittelukonsulteilta ja sillanraken-nusurakoitsijoilta. Asiakirja on tarkastettu ja viimeistelty lausuntojen jäl-keen siltatekniikassa.

Tiehallinto seuraa alan eurooppalaista standardisointia ja muuttaa ohjeet eurooppalaisten standardien mukaisiksi niiden valmistuttua.

Helsingissä lokakuussa 2005

Tiehallinto
Tekniset palvelut

Ilmoitettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY, muut. 98/48/EY, mukai-sesti.

SISÄLTÖ

2	MAA- JA POHJARAKENTEET	7
2.1	YLEISTÄ	7
2.1.1	Soveltamisalue ja lyhenteet	7
2.1.2	Muussa maassa valmistettu tuote	7
2.1.3	Tekniset työsuunnitelmat	7
2.1.4	Työvaiheen laatusuunnitelmat	8
2.1.5	Pohjasuhteiden tarkistaminen	8
2.1.6	Penkereiden painuma- ja siirtymämittaukset	8
2.1.7	Työnaikaiset tarkastukset ja vaatimustenmukaisuuden osoittaminen	8
2.1.8	Työnjohto	9
2.2	ALUSTAVAT TYÖT	9
2.3	KAIVU- JA LOUHINTATYÖT	9
2.3.1	Soveltamisalue	9
2.3.2	Tekninen työsuunnitelma	9
2.3.3	Kaivantojen laatuvaatimukset	10
2.3.4	Kaivannon vaatimustenmukaisuuden toteaminen	15
2.4	TÄYTÖT	15
2.4.1	Soveltamisalue	15
2.4.2	Tekninen työsuunnitelma	16
2.4.3	Täyttöjen laatuvaatimukset	16
2.4.4	Täyttöjen vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen	18
2.5	UOMAT JA VÄYLÄT	18
2.6	TYÖPADOT	19
2.7	MAAPOHJAN VAHVISTUKSET	19
2.8	LYÖNTIPAALUTUKSET	19
2.8.1	Soveltamisalue	19
2.8.2	Paalujen ja paalutarvikkeiden laatuvaatimukset	20
2.8.3	Paalujen ja paalutarvikkeiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen	21
2.8.4	Lyöntipaalutustyön tekninen työsuunnitelma	22
2.8.5	Lyöntipaalutustyön laatuvaatimukset	24
2.8.6	Paalutuksen vaatimustenmukaisuuden toteaminen	25
2.9	SUURPAALUTUKSET	26
2.9.1	Soveltamisalue	26
2.9.2	Paalujen ja paalutarvikkeiden laatuvaatimukset	27
2.9.3	Paalujen ja paalutarvikkeiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen	27
2.9.4	Suurpaalutustyön tekninen työsuunnitelma	27
2.9.5	Suurpaalutustyön laatuvaatimukset	27
2.9.6	Suurpaalutustyön vaatimustenmukaisuuden osoittaminen	27
2.10	MUUT PAALUTUKSET	27
2.10.1	Lyöntipaalutukset puupaaluilla	28
2.10.2	Porapaalutukset	28
2.11	PAALUTUSTÖIDEN TYÖTELINEET JA UIVA KALUSTO	28
2.12	KIRJALLISUUSLUETTELO	29
2.13	LIITTEET	30

2 MAA- JA POHJARAKENTEET

2.1 YLEISTÄ

2.1.1 Soveltamisalue ja lyhenteet

- .1 Tätä osaa sillanrakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista noudatetaan teh-
täessä siltojen maa- ja pohjarakennustöitä. Lisäksi noudatetaan soveltuvien
osin SYL 1:ssä, SYL 3:ssa ja SYL 4:ssa esitettyjä vaatimuksia ja ohjeita.
- .2 Tielaitoksen julkaisusta "Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työ-
selitykset" käytetään lyhennettä TYLT [6, 7, 8, 9, 10].
- .3 Maarakennustöissä noudatetaan soveltuvien osin TYLT:n vaatimuksia.
- .4 Urakoitsijaa sitovat vaatimukset ja ohjeet on esitetty leveäpalstaisella tekstil-
lä. Niitä selventävät ohjeelliset tiedot ja menettelykuvaukset esitetään ka-
peapalstaisella tekstillä.

2.1.2 Muussa maassa valmistettu tuote

- .1 Näissä ohjeissa mainituista, tuotteita tai testausmenetelmiä koskevista stan-
dardeista, muista asiakirjoista ja teknisistä vaatimuksista määrätään, että
vastavuoroisen tunnustamisen periaatteen mukaisesti tuote, joka on valmis-
tettu tai saatettu markkinoille toisessa Euroopan unionin jäsenmaassa tai
Turkissa tai valmistettu muussa Euroopan talousalueeseen kuuluvassa
maassa, tulee katsoa hakemuksesta tässä julkaisussa esitettyjen laatuva-
atimusten mukaiseksi, mikäli näin varmistetaan vaadittu laatutaso turvallisuu-
den, terveyden ja käyttökelpoisuuden osalta yhtäläisellä tavalla ja pysyvästi.
- .2 Mikäli tuotteen vaatimustenmukaisuus tai käyttökelpoisuus on todistettava,
esimerkiksi yleisellä tarkastushyväksynnällä tai yleisellä tarkastustodistuksel-
la, voidaan tuotetta pitää samanarvoisena vain, jos sillä on vastaava käyttö-
kelpoisuus- ja/tai vaatimustenmukaisuustodistus ja siinä on vaatimustenmu-
kaisuusmerkintä.
- .3 Euroopan talousalueesta tehdyn sopimuksen mukaan muiden sopimusvalti-
oiden elinten suorittamat testaukset, tarkastukset ja sertifiointit on myös
tunnustettava, mikäli elinten pätevyys, riippumattomuus, puolueetto-
muuden ja teknisen laitteiston perusteella voidaan luottaa siihen, että ne
suorittavat testauksen, tarkastukset ja sertifiointin yhtä asiallisesti ja todis-
tusvoimaisesti. Elinten katsotaan täyttävän vaatimukset varsinkin siinä tapa-
uksessa, että ne on hyväksytty 21 päivänä joulukuuta 1988 annetun direktii-
vin 89/106/ETY 16 artiklan mukaisesti tähän tarkoitukseen.

2.1.3 Tekniset työsuunnitelmat

- .1 Urakoitsijan on vähintään viikkoa ennen työvaiheen aloitusta esitettävä tilaa-
jan edustajalle tiedoksi tai tarkastettavaksi jäljempänä luetellut tekniset työ-
suunnitelmat, joista tulee käydä ilmi ainakin SYL 1:n kohdassa 1.4.4 luetellut
asiat. Teknisen työsuunnitelman muutos on esitettävä tilaajan edustajalle
vähintään päivä ennen työvaiheen aloittamista.

- .2 Ellei suunnitelma-asiakirjoissa muuta mainita, erilliset tekniset työsuunnitelmat on laadittava ainakin seuraavista töistä:
- yli 2 m syvät kaivannot,
 - räjäytys- ja louhintatyöt,
 - yli 0,6 m täytöt perustuksen alla,
 - työnaikaiset maapadot,
 - paalutustyöt,
 - paalutustyön työtelineet ja
 - uivan kaluston käyttö.

2.1.4 Työvaiheen laatusuunnitelmat

- .1 Työvaiheen laatusuunnitelmat on laadittava SYL 1:n kohdassa 1.4.3 tarkoitettulla tavalla. Laatusuunnitelmien on katettava kaikki suunnitelma-asiakirjoissa ja teknisissä työsuunnitelmissa esitetyt vaatimukset. Työvaiheen laatusuunnitelmat on toimitettava tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen työvaiheen aloittamista.

2.1.5 Pohjasuhteiden tarkistaminen

- .1 Sillan maankaivu- ja perustamistöiden aikana on tarkastettava, ovatko pohjasuhteet suunnitelma-asiakirjojen mukaiset. Urakoitsija laatii tarkastuksesta pöytäkirjan.
- .2 Jos pohjasuhteet eivät vastaa tai on aihetta epäillä, etteivät pohjasuhteet vastaa suunnitelma-asiakirjoissa esitettyä, sovitaan jatkotoimenpiteistä erikseen tilaajan kanssa.
- .3 Jos vesistön ylä- tai alavesipinta tai pohjavedenpinta kaivutason yläpuolella poikkeaa enemmän kuin $\pm 0,3$ m suunnitelmassa esitetystä, siitä on ilmoitettava tilaajan edustajalle mahdollista suunnitelman tarkistusta varten.
- .4 Kallion pinnan asema, rikkonaisuus ja rapautuneisuus on tarkastettava kallion pinnan puhdistamisen jälkeen.
- .5 Perustettaessa tukea jyrkän louhitun tai luonnonrintauksen yläpuolelle kallion heikkousvyöhykkeet ja rakosuunnat on tarkastettava.

2.1.6 Penkereiden painuma- ja siirtymämittaukset

- .1 Penkereiden painuma- ja siirtymämittaukset on tehtävä suunnitelmassa esitetyissä tapauksissa SYL 1 kohdassa 1.5.1. esitettyjä vaatimuksia ja ohjeita soveltaen. Mittaustulokset on esitettävä graafisesti aikapainumakäyrinä.

2.1.7 Työnaikaiset tarkastukset ja vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

- .1 Työnaikaisissa tarkastuksissa ja vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa sekä niihin liittyvässä dokumentoinnissa on noudatettava SYL 1:n kohdan 1.4.7 määräyksiä ja ohjeita.

2.1.8 Työnjohto

- .1 Työtä johtavan henkilön tulee olla vähintään teknillisen koulun (tai AMK:n) tutkinnon suorittanut.

2.2 ALUSTAVAT TYÖT

- .1 Alustavat työt kuten purku- ja poistotyöt on tehtävä vahingoittamatta säilytettäviä rakenteita.
- .2 Siltapaikalla olevien johtojen, kaapeleiden ja muiden maanalaisten rakenteiden tarkka sijainti on selvitettävä ja työssä on noudatettava laitteiden omistajien antamia määräyksiä ja työohjeita.

2.3 KAIVU- JA LOUHINTATYÖT

2.3.1 Soveltamisalue

- .1 Tässä kohdassa käsitellään siltatöiden yhteydessä tehtäviä kaivu- ja louhintatöitä.
- .2 Töissä noudatetaan jäljempänä esitetyn lisäksi Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y:n julkaisemaa Rakennuskaivanto-ohjetta RIL 181-1989 [4] sekä Tienrakennustöiden yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten osia 2000 Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet [7,9], 3000 Kalliorakenteet [6] sekä 4000 Penger- ja kerrosrakenteet [8].

2.3.2 Tekninen työsuunnitelma

- .1 Kaikista yli 2 m syivistä kaivannoista ja kaikista louhintatöistä on laadittava tekninen työsuunnitelma, joka toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen työn aloittamista.
- .2 Suunnitelman tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:
 - kaivannon luiskakaltevuudet ja tukemistavat,
 - kaivannon luiskien ja tukiseinien geotekninen mitoitus,
 - tukiseinärakenteiden rakennemitoitus,
 - rakennepiirustukset,
 - kaivannon kuivana pitäminen,
 - pohjaveden alentamissuunnitelma,
 - yli kuukauden kestävässä pumppauksissa ympäristön pohjavedenpintojen havainnointi ja varottavien rakennusten siirtymisen tarkkailutoimenpiteet,
 - kaivumassojen sijoitus ja
 - turvallisuus- ja ympäristöasiat.
- .3 Louhintasuunnitelmassa esitetään mm:

- käytettävät räjähdysaineet ja –välineet,
- porareikien sijoitus (etenemät, reikävälit),
- pohjan taso,
- panostustapa ja panosten sytytysjärjestys,
- nykyisten rakenteiden katselmukset ja
- värinämittaukset.

2.3.3 Kaivantojen laatuvaatimukset

2.3.3.1 Toleranssit

- .1 Peruskuopan pohjan kaivussa sallitut sijaintipoikkeamat pystytasossa ovat +50 mm ja -300 mm.
- .2 Vedenalaisessa kaivussa kaivussyvyyden ollessa > 5 m veden pinnasta sallitut poikkeamat pystytasossa ovat +50 mm ja -500 mm.
- .3 Maanvaraisen perustuksen pohjassa kallion särmät ja suuret irtokivet louhitetaan tai poistetaan vähintään 300 mm perustamistason alapuolelle.
- .4 Pohjan epätasaisuus kaivutyön jäljiltä saa olla välillä (kaivun alin kohta) ... (alin kohta +150 mm) ja vedenalaisessa kaivussa kaivussyvyyden ollessa > 5 m välillä (alin kohta)...(alin kohta +250 mm) kuitenkin niin, ettei yllä mainittu sijaintipoikkeama pystytasossa (+50 mm) ylity.
- .5 Kaivutyössä syntyneet epätasaisuudet ja ylisyyvä kaivu on täytettävä ja tiivistettävä.
- .6 Peruskuopan kaivu- ja täyttökorkuutta päätettäessä on otettava huomioon myös SYL 3:n kohtien 3.2.1.1 ja 3.2.1.2 peruslaatan ylipinnan korkeusasmaa ja peruslaatan paksuutta määrittelevät toleranssit.
- .7 Kallioperustuksen pohjan louhintatoleranssit ovat +50 mm ja -400 mm. Vedenalaisessa louhinnassa toleranssit ovat +50 mm ja -500 mm.
- .8 Louhinnan epätasaisuus saa olla välillä (alin kohta)...(alin kohta +150 mm) ja vedenalaisessa louhinnassa (alin kohta)...(alin kohta +250 mm), kuitenkin niin, ettei yllä mainittu sijaintipoikkeama pystytasossa (+50 mm), ylity.

2.3.3.2 Kaivantojen tukeminen

- .1 Kaivutyö ja tukeminen on tehtävä huolellisesti kaivantosuunnitelman mukaan ja siten, että kaivannon pohjan ja ympärillä olevan maan häiriintyminen jää mahdollisimman vähäiseksi. Tukiseinän tulee liittyä tiiviisti maata vastaan. Tukiseinän yläreuna ulotetaan vähintään 0,3 m ympäröivää maanpintaa korkeammalle.
- .2 Talvityössä on otettava huomioon maan mahdollinen jäätyminen tukiseinän takana. Jäätyminen on estettävä, mikäli sitä ei ole teknisessä työsuunnitelmassa otettu huomioon.

- .3 Väliaikaiset tukirakenteet on purettava. Maan sisään tai veden alle jätettävistä apurakenteista on laadittava piirustukset, jotka on luovutettava tilaajan edustajalle tiedoksi ja merkittävä sillan toteutumapiirustuksiin.
- .4 Siinä tapauksessa, että perustus on maanvarainen, ei puuponttiseiniä saa poistaa peruslaatan pohjan alapuolelta.
- .5 Työn aikana on tarkkailtava seinärakenteen mahdollisia liikkeitä. Irronneet vaakatuot on kiilattava kiinni ja mahdollisesti ylikuormitetut osat vahvistettava. Mikäli työssä syntyy pitempiaikainen tauko, on tukiseinät tarkistettava ja tarpeen vaatiessa korjattava ja vahvistettava ennen töiden jatkamista.
- .6 Puutukiseinäin käytettävien uralankkujen paksuuden tulee olla vähintään 50 mm ja vaakatukiin sekä juoksuihin käytettävän materiaalin poikkileikkaus vähintään 100 x 100 mm².
- .7 Samoin kuin paalutustöistä, myös teräsponttiseinistä on urakoitsijan laadittava työn edistymisen mukaan toteutumapiirustus, johon on merkittävä kunkin lankun alapään tunkeutumistaso.

Seinä tuetaan suunnitelman edellyttämiltä tasoilta kaivun edistymisen mukaan kapeissa kaivannoissa yleensä sisäpuolisia tukia käyttäen. Jos seinämän on oltava vesitiivis, tiivistetään kallioon ulotettavien teräsponttiseinien juuri kaivannon sisäpuolelle maankaivun jälkeen valettavalla teräsbetonipalkilla tai muulla sopivalla tavalla.

Jos peruskuopan tukena ja samalla peruslaatan valumuottina käytetään puuponttiseiniä, ne saa yleensä jättää paikoilleen.

Lankut katkaistaan maanpinnan tasosta, vesistöosloissa uoman pohjan korkeudelta, ei kuitenkaan peruslaatan yläpinnan alapuolelta, ellei ympäristölupaviraston lupaehdoissa ole muita vaatimuksia.

Teräsponttiseinät lyödään paalutuskonetta, tärjyntää tai riittävän tehokasta ponttivasaraa käyttäen. Ennen lyöntiä asennetaan maanpintaan ohjauspalkit, jotta pontit saadaan pysymään halutussa suunnassa. Kallistumisen estämiseksi pontit lyödään ryhmissä ensimmäisessä vaiheessa niin syvälle kuin niiden pystyssä pysyminen vaatii. Toisessa vaiheessa kaikki ryhmän pontit lyödään lopulliseen syvyyteen ja lyöntiä jatketaan uudella ryhmällä.

Lyötäessä pontteja erittäin tiiviiseen, kiviseen tai lohkariseen maahan, johon teräsponttia on vaikea saada tunkeutumaan, menetellään esimerkiksi seuraavasti.

- Ponttien lyönti järjestetään kaivun edistymisen myötä, mikäli tämä tuki- ja kaivujärjestelyjen puolesta on mahdollista.
- Kivet ja lohkat poistetaan seinälinjan kohdalla ennakoporauksilla ja tarvittaessa räjäytyksillä.

- Kivet ja lohkareiset massat poistetaan ponttiseinälinjan kohdalta kaivinkoneella ennen ponttien lyöntiä.

2.3.3.3 Kaivutyöt

- .1 Avokaivannosta kaivettaessa peruskuoppa on luiskattava suunnitelman mukaan siten, ettei työn suunnitelmanmukaista toteutusta eikä olemassa olevia rakenteita vaaranneta eikä työstä aiheudu vahinkoa ulkopuolisille.
- .2 Kaivumassojen läjityksellä ei saa aiheuttaa sortumis- eikä vahingonvaaraa. Kaivumassoja ei saa läjittää vesistöön, ellei suunnitelmassa ole näin esitetty.
- .3 Maapohja ei perustamistasossa eikä sen alapuolella saa löyhtyä. Jos häiriintymisen estämiseksi käytetään suodatinkerrosta, se tiivistetään.

Kaivun ulottuessa lähelle perustamistasoa (< 0,5 m) ei työkooneilla yleensä saa liikkua kaivualustalla. Jotta kaivannon pohjalla liikkuminen, sateet ja mahdollinen jäätyminen eivät löyhdytä maapohjaa perustamistasossa, tehdään loppukaivu erillisenä työnä välittömästi ennen perustusten tekoa. Loppukaivu, joka maalajista riippuen on 0,1...0,5 m, tehdään varovasti kone työnä tasateräisellä kauhalla kaivinkoneen liikkuessa kaivannon ulkopuolella tai pakottavissa tilanteissa käsin lapiotyönä.

Kaivutyön ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle voi rakennuskuopan pohjasta tai luiskasta nouseva vesi jo pienehkön virtauspaineen vallitessa aiheuttaa pohjavesieroosiota ja rakennuspohjan löyhtymistä. Mikäli kaivua näissä olosuhteissa edelleen jatketaan, voi seurauksena olla kaivannon pohjannousu tai sen nopea löyhtyminen. Häiriintymisen syy on selvitettävä ja kaivantosuunnitelma tarkistettava. Kaivua jatkettaessa on pohjan löyhtymisen jatkuminen kaivun myötä yhä syvemmälle estettävä lisätoimenpitein esimerkiksi ponttiseiniä käyttämällä, pohjavedenpintaa alentamalla tai vedenalaisella kaivulla.

- .4 Perustuksia ei saa valaa häiriintyneen pohjamaan varaan. Jos pohjamaan häiriintymisen estämiseksi käytetään alusbetonia, on betonimassan täytettävä lujuusluokan K20 puristuslujuusvaatimukset.
- .5 Rakennustyön aikana on estettävä maapohjan jäätyminen.
- .6 Lyöntipaaluille perustettaessa kaivu on tehtävä ennen paalutusta ja paalutus on tehtävä ilman apupaalua, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty.

Luiskien pysyvyyttä arvioitaessa on huomattava, että paalutuksen aiheuttama tärinä ja huokospaineen kasvu pienentää saven ja silttien luonnontilaista lujuutta.

- .7 Kaivutyöt paalujen läheisyydessä on tehtävä siten, etteivät paalut siirry sivusuunnassa eikä pohja pääse nousemaan.

- .8 Veden alla kaivettaessa vedenpinta kaivannossa on pidettävä vähintään ympäröivän vedenpinnan tasossa.

Jos vedenpinnan korkeus on suunnitelmassa esitettyä korkeammalla, ponttiseinin tuetussa kaivannossa tarkistetaan ennen veden poistoa, että riittävä varmuus pohjalaatan ylösnousua vastaan on olemassa. Vastaavasti, jos perustamistasoa on jouduttu alentamaan, on varmuus tarkistettava.

2.3.3.4 Kaivannon kuivanapito

- .1 Peruskuopan kuivanapito on toteutettava työsuunnitelman mukaan avokuopasta pumppaamalla tai pohjavedenpintaa alentamalla.

Kaivannon ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle hyvin koossapysyvässä ja huonosti vettäläpäisevässä pohjamaassa (savi, tiivis pohjamoreeni) kuivanapito voidaan useimmiten tehdä suoraan kaivannosta pumppaamalla. Myös karkeissa kitka- maissa voidaan pumpata suoraan kaivannosta, mikäli pumppauskapasiteetti riittää ja haitallisen eroosion tai hydraulisen murtumisen vaaraa ei ole olemassa. Pitempien työnaikaisten keskeytysten ajaksi on kaivanto täytettävä vedellä vähintään pohjaveden pinnan tasoon asti.

Veden valumaojat ja pumppauskuopat sijoitetaan riittävän syvinä peruslaatan ulkopuolelle. Pumppauskuopat on suotavaa varustaa suojarenkailla. Pumppauskuoppien ja -kaivojen ympärille on eroosioherkissä maalajeissa tehtävä suodatinkerros, joka estää maa-aineksen kulkeutumisen pumpattavan veden mukana.

Kaivantoon tuleva vesi pyrkii usein löyhdyttämään ja syövyttämään luiskan juurta pumpattaessa vettä suoraan avokaivannosta. Luiskan vakavuuden parantamiseksi ja kaivannon pohjasta nousevan veden virtauspaineen sekä pumpattavan vesimäärän pienentämiseksi kaivanto ympäröidään tarvittaessa ponttiseinillä. Vesimäärän rajoittamiseksi ponttiseinät ulotetaan tiiviiseen, vettä läpäisemättömään tai vähän läpäisevään maakerrokseen (esim. pohjamoreeniin).

Eroosioherkissä maalajeissa, kuten hienohiekka, siltti ja eräät moreenit, tehdään virtaavan veden aiheuttaman peruskuopan pohjan löyhtymisen estämiseksi kaivannon pohjalle perustamistason alapuolelle suodatinkerros, jonka kautta vesi johdetaan pumppauskuoppiin tai -kaivoihin. Suodatinkerroksen rakenne riippuu pohjamaan rakeisuudesta ja veden virtauspaineesta.

Jos pohjamaa on rakeisuudeltaan hiekkaa hienompi, tehdään pohjalle suodatinkerros, jossa luokan 3 kuitukankaan päälle levitetään 0,2...0,5 m soraa tai mursketta.

2.3.3.5 Räjätys- ja louhintatyöt

- .1 Räjätys- ja louhintatöissä on noudatettava Tienrakennuksen yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten osassa Kalliorakenteet [6] kohdassa 3000.1...3000.3. esitettyjä lakeja, asetuksia ja järjestysohjeita.
- .2 Työt on tehtävä työsuunnitelman mukaan siten, että niistä ei aiheudu ympäristölle vahinkoa, kohtuutonta haittaa tai häiriötä.

Porauksessa kiinnitetään erityistä huomiota porareikien oikeaan suuntaukseen ja syvyyteen. Poraus tehdään betonirakenteiden työvarat huomioonottaen mahdollisimman tarkasti leikkauksen seinämien teoreettisten tasojen mukaisesti. Jos porausreiät ovat ylipitkiä, tulee huolehtia siitä, että panostusta ei niissä uloteta reiän pohjaan saakka.

Perustamistason saamiseksi tasaiseksi ja ohiporauksen pienentämiseksi on syytä käyttää pohjissa normaalia tiheämpää reikäväliä. Porausta voidaan tehdä myös vaakaporauksena, jos tämä on työteknisesti mahdollista.

Leikkauspintojen ja pohjien louhinta tehdään yleensä tarkkuuslouhintana jälkilouhinta- tai raonräjäytysmenetelmää käyttäen. Louhinta tehdään seinien pysyvyyden kannalta sopivaa menetelmää käyttäen. Kohteissa, joissa silta perustetaan leikkausseinän päälle, louhitaan leikkausseinässä ja sen läheisyydessä oleva kallion osa erittäin varovasti paikalleen jäävän kallion rikkoutumisen estämiseksi.

Kallioleikkauksen seinälinja porataan teoreettisen seinätason mukaisena ja seinä louhitaan tarkkuuslouhintana. Valmiissa seinässä tulee porareikien taustojen yleensä olla näkyvissä.

Vedenalainen louhinta tulee kysymykseen vesialueilla kallioon ulotettavien perustusten peruskuoppien louhinnassa, rapautuneen tai rikkonaisen kallion poistossa ja pohjien tasoituksessa. Louhinta tehdään kohteesta riippuen vedenpinnan yläpuolelta tai sukeltajatyönä. Ennen porausta kallionpinta yleensä puhdistetaan työvarat huomioonottaen riittävän laajalta alueelta.

Vaikka vedenpinnan yläpuolelta tehty poraus ja panostus suoja-putkella ei edellytä välttämättä kallionpinnan paljastamista ennen louhintaa, on se kuitenkin syytä tehdä, jotta kallionpinnan vaihteluista saadaan tarkka tieto louhintasuunnitelman laatimisesta ja louhimista varten.

Vedenalaisen louhinnan ympäristölle aiheuttamia vaikutuksia arvioitaessa kiinnitetään erityistä huomiota paineaaltoon ja meluun sekä vesialueen käyttöön koskeviin määräyksiin.

Louhinta vedenpinnalta tehdään menetelmällä, jossa poraus ja panostus tehdään lautalta tai telineiltä ohjausputken avulla.

Sukeltajatyönä louhitaan yleensä siten, että sukeltaja tekee sekä porauksen että panostuksen.

- .3 Kallioperustuksen alle ei saa jäädä sellaista irtonaista ainesta, joka lähtee pois rusnaamalla kankea tai paineilmavasaraa käyttäen.
- .4 Kalliolle perustettaessa kallionpinta on tasattava perustuksen kohdalla vaakasuoraksi tai porrastettava suunnitelman mukaan.
- .5 Jos perustukseen kohdistuu pääasiassa pystysuoria kuormia, voidaan pinta jättää tasaamatta suunnittelijan luvalla, jos pinnan kaltevuus on pienempi kuin 15°.
- .6 Seinämällä tarkoitetaan tässä päätytuen peruslaatan etupuolella olevaa yleensä lähes pystysuoraa louhittua seinämää.
- .7 Seinämän louhintatoleranssi on ± 150 mm.
- .8 Seinämät on rusnattava ja irtonaiset lohkat poistettava tai kiinnitettävä kalliopultein.
- .9 Seinämien louhinnassa ja niiden vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa noudatetaan soveltuvien osien TYLT:in osaa Kalliorakenteet.

2.3.4 Kaivannon vaatimustenmukaisuuden toteaminen

- .1 Perustuksen pohjan tiiveys tarkastetaan ensiksi silmämääräisesti ja koetintangolla. Jos tarkastuksen perusteella epäillään hydraulista murtumaa, asia varmistetaan hyväksyttävällä tavalla esim. paino- tai heijarikairauksella.
- .2 Pohjan sijainti pystytasossa tarkastetaan vaaitsemalla pohjan korkeus vähintään kuudesta pisteestä. Sitä varten peruslaatta jaetaan kolmeen satunnaiseen osaan, joista kustakin vaaitaan korkein ja matalin kohta.
- .3 Kuivatyönä tehtävien pohjien tasaisuus tarkastetaan oikolaudalla.
- .4 Vedenalaisen perustuksen pohjan vaatimustenmukaisuus on tarvittaessa osoitettava vedenalaista videokuvasta käyttäen.

2.4 TÄYTÖT

2.4.1 Soveltamisalue

- .1 Tässä kohdassa käsitellään siltatöiden yhteydessä maamateriaaleilla tehtäviä täyttöjä.
- .2 Näissä erotetaan mm. seuraavat laatuvaatimuksiltaan erilaiset täytöt:
 - maanvaraisen perustuksen alapuolelle tehtävä täyttö,
 - paalutetun perustuksen peruslaatan alle tehtävä täyttö,

- perustuksen peruskaivannon ympärystäyttö ja sillan taustan täyttö ajo-
radan tai telineperustusten kohdalla,
- muu sillan peruskuopan tai taustan täyttö sekä
- vedenalaiset täytöt.

2.4.2 Tekninen työsuunnitelma

- .1 Kaikista maanvaraisten siltaperustusten alle tehtävistä yli 600 mm paksuista täytöistä on tehtävä tekninen työsuunnitelma.
- .2 Suunnitelman tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:
 - täyttömateriaali,
 - tiivistyskalusto,
 - tiivistystyöohje,
 - tiiviysvaatimukset ja
 - laaduntarkkailumittaukset.

2.4.3 Täyttöjen laatuvaatimukset

2.4.3.1 Täytöt perustusten alla

- .1 Maanvaraisen perustuksen alla on käytettävä täyttömateriaalina suhteistunutta, jakavan kerroksen vaatimukset täyttävää soraa, mursketta tai louhetta.
- .2 Levitys ja tiivistys työkoneella on tehtävä koko alueen laajuisina kerroksina.
- .3 Louheen on oltava rapautumatonta. Louhe ei saa sisältää raivausjätettä, maata, jäätä, tms. epäpuhtauksia ja louheen maksimiraekoko saa olla enintään 400 mm. Louhetäytön ylin kerros kiilataan ja tiivistetään kuten louhepengertä rakennettaessa.
- .4 Sora- ja mursketäytön kerrospaksuus 50 kN täryjyrällä on 400 mm ja 80 kN täryjyrällä 600 mm sekä jyräskertojen vähimmäismäärä 6.
- .5 Tilan puutteen takia voidaan täryjyrien sijasta sora- ja mursketäytön tiivistys tehdä tärylevyä käyttäen. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus on 2 kN tärylevyllä 200 mm ja 5 kN tärylevyllä 400 mm. Tiivistyskertojen vähimmäismäärä on 5.
- .6 Louhetäytöt tiivistetään >80 kN täryjyrällä ohjeellisena kerrospaksuutena 1000 mm ja jyräskertojen määränä 10.
- .7 Pohjamaan ollessa häiriintymisherkkää savea, silttiä tai silttimoreenia, on alimman kerroksen tiivistämisessä vältettävä täryttämistä pohjan häiriintymisen estämiseksi.
- .8 Tiivistystyön yhteydessä on tiivistettävä materiaali kasteltava lähelle optimivesipitoisuutta. Karkeissa täyttömateriaaleissa voidaan käyttää runsasta kastelua, välttämällä kuitenkin virtaavan veden aiheuttamaa täytemateriaalin lajittumista ja kaivannon pohjan liettymistä (hienorakeiset maalajit).

- .9 Talvityössä tiivistyksessä on käytettävä mahdollisimman raskasta jyrää. Täytteen pinta on suojattava lumisateelta suojapeitteellä sekä routaantumiselta. Talvityössä ei veden käyttö ole sallittua jäätymisvaaran vuoksi.
- .10 Penkereen varaan perustettavien siltatukien alueella on ennen täyttöä poistettava maanpinnasta humusmaa ja muu kokoonpuristuva maa-aines. Jos pohjamaassa on kiviä, jotka ulottuvat pohjan yläpuolelle alimpaan tiivistettävään kerrokseen enemmän kuin 2/3 tämän kerroksen paksuudesta tai jotka ulottuvat 0,5 m lähemmäksi perustamistasoa, on kivet rikottava tai poistettava ja syntyneet kuopat täytettävä ja tiivistettävä ennen pengerrystä.
- .11 Täyttötyöt perustusten alle on tehtävä kuivatyönä riittävän tiiviiden saavuttamiseksi. Täyttö ja tiivistys on tehtävä keskeytyksettä ja täyttömateriaalin on oltava tiivistettäessä sulaa.
- .12 Perustuksen alle tehtävän muun kuin louhetäytön kuivairtotilavuuspainon tulee olla vähintään 95 % parannetulla proctorkokeella määritetystä maksimikuivairtotilavuuspainosta.
- .13 Levykuormituskokeen E_2 oltava vähintään 175 MN/m² ja suhteen $E_2/E_1 < 2,2$.
- .14 Täytteen yläpinnan sallittu epätasaisuus on (+50, -100) mm, ellei suunnitelmassa ole muuta sanottu.
- .15 Elementtiperustusten osalta sallitut poikkeamat on esitetty elementtirakenteiden siltojen tyyppipiirustuksissa tai suunnitelmassa.
- .16 Paalutettujen anturoiden alle tulevat täytöt on tehtävä niin, ettei anturan valuaikana tapahdu haitallisia painumia ja että paaluperustukset eivät täytteen liikkeen johdosta saa lisärasituksia.
- .17 Jos paalutetun perustuksen paalut joudutaan lyömään täytteen läpi, on täyttömateriaalina käytettävä karkeata hiekkaa tai soraa (maksimi raekoko 100 mm). Täyttö on levitettävä kerroksittain, mutta paalujen kohtaa ei tiivistetä.

2.4.3.2 Sillan peruskuopan ja taustan täyttö

- .1 Sillan peruskuopan ja taustan täyttö on tehtävä siltaan liittyvän ajoradan alapuolisella osalla tai mahdollisten maanvaraisten telineperustusten kohdalla jakavan kerroksen vaatimukset täyttävästä sorasta, murskeesta tai louheesta #<400 mm kerroksittain tiivistäen kuten perustuksen alle tehtävä routimatontäyttö.
- .2 Muualla voidaan tiivistyskertoja vähentää 50% edellisestä ja täyttömateriaali saa olla muutakin routimatonta kiviainesta.
- .3 Peruskuopan täyttö ulotetaan luonnollisen maanpinnan, vesiväylän pohjan tai tien päällysrakenteen alapinnan tasoon saakka.

- .4 Täyttö ei saa vahingoittaa betonipintoja eikä niiden mahdollisia kosteuseristyksiä. Betonipintaa vasten pitää olla vähintään 0,5 m paksuinen kerros < #50 mm mursketta tai soraa louhetäyttöjäkin käytettäessä.
- .5 Veden alla on täytemateriaalina käytettävä soraa tai sitä karkeampaa materiaalia.
- .6 Sillan vesiaukon on täytettävä kohdassa 2.5 esitetyt vaatimukset.
- .7 Jos sillan päätytuot eivät ole erillisiä rakenteita, vaan kiinnittyvät jäykästi sillan päällysrakenteeseen (vrt. esim. kehäsillat), ei täytteen korkeusero sillan eri puolilla saa nousta kerralla tiivistettävän kerroksen paksuutta suuremmaksi. Tien poikkisuunnassa täytekerrokset on tehtävä vaakasuoriksi.

2.4.4 Täyttöjen vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen

- .1 Perustusten alapuolelle tehtävän yli 600 mm paksuisen täytteen tiivistyksen kerrospaksuudet ja jyräyskerrat määritetään työn alussa koejyräyksellä, jossa saavutettu tiiviysaste mitataan levykuormituskokeella tai volymetrillä ja täyttö rakennetaan koejyräyksessä määritetyillä kerrospaksuuksilla ja ylityskerroilla. Vaatimuksenmukaisuus osoitetaan työmenetelmätarkkailuna, josta laaditaan pöytäkirja.
- .2 Muut täytöt rakennetaan kohdan 2.4.3.1 tiivistysohjeiden mukaan ja vaatimuksenmukaisuus osoitetaan työmenetelmätarkkailuna, josta laaditaan pöytäkirja.
- .3 Täyttömateriaalin rakeisuus määritetään työn alussa ja kutakin alkavaa 500 m³itd määrää kohti.
- .4 Täytteen pinnan epätasaisuus mitataan oikolaudalla. Sallittua suuremmat poikkeavuudet korjataan.

2.5 UOMAT JA VÄYLÄT

- .1 Uoman pohjan korkeustoleranssi on (+0, -200)mm.
- .2 Uoman mitat tarkastetaan mittauksin väylää vastaan kohtisuorilta linjoilta, joiden keskinäinen etäisyys on ≤ 20 m.
- .3 Väylän pohjan korkeus tarkastetaan haraamalla koko väylän pohja. Harauksesta laaditaan pöytäkirja.
- .4 Rakentaja haraa vene- ja uittoväylät. Rakentajan allekirjoittama harauspöytäkirja luovutetaan tilaajan edustajalle.
- .5 Virallisen laivaväylän harauksen tekee merenkulkuviranomainen. Rakentajan ja merenkulkuviranomaisen allekirjoittama harauspöytäkirja luovutetaan tilaajan edustajalle.

2.6 TYÖPADOT

- .1 Työnaikaisen maapadon suunnitelma on toimitettava tilaajan edustajalle vähintään viikko ennen töiden aloittamista.
- .2 Maapatoon käytettävistä materiaaleista on esitettävä ennakkoon tilaajan edustajalle materiaalien rakeisuus- ja vedenläpäisevyytiedot.

2.7 MAAPOHJAN VAHVISTUKSET

- .1 Sillan perustusten tai tulopenkereiden kohdalla tehtävien vahvistustöiden yleisinä laatuvaatimuksina on käytettävä Tienrakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia ja työselityksiä (TYLT) [6, 7, 8, 9, 10].
- .2 Tällaisia pohjanvahvistuksia ovat mm:
 - pengerpaalutus, TYLT 6100,
 - pystyjoitus, TYLT 6211,
 - pudotustiivistys, TYLT 6221,
 - syvästabilointi, TYLT 6260,
 - lujitteet ja telat, TYLT 6280,
 - luiskapaalutus, TYLT 6284,
 - massanvaihto, TYLT 2210 ja 4120 ja
 - pengerkevennykset, TYLT 4180.

2.8 LYÖNTIPAALUTUKSET

2.8.1 Soveltamisalue

- .1 Tässä kohdassa käsitellään paalutustöitä, joissa käytetään poikkileikkaukseltaan massiivisia enintään 350 x 350 mm² tai putkimaisia alle $\phi 300$ mm läpimittaisia paaluelementtejä ja pudotusjätkäleellä tai muulla iskevällä laitteella varustettua paalutuskonetta.
- .2 Paalujen ja paalutarvikkeiden sekä lyöntipaalutustöiden osalta on noudatettava tässä kohdassa esitetyn lisäksi standardia EN 12699 Execution of special geotechnical works – Displacement piles (SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut) [19]. Teräsbetonipaalutusten osalta noudatetaan myös Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y:n julkaisemaa ohjetta "Lyöntipaalutusohjeet (LPO-2005)" [2] ja Teräspaalutusten osalta paaluvalmistajien ohjejulkaisuja, esimerkiksi Rautaruukki Oyj:n julkaisua RR-Paalutusohjekirja [27].
- .3 Lyöntipaalutusohjeista käytetään jäljempänä lyhennystä LPO-2005.
- .4 Paalutustyönjohtajan ja hänen apulaistensa pätevyysvaatimukset ja tehtävät on esitetty LPO-2005:n kohdassa 8.1.

2.8.2 Paalujen ja paalutarvikkeiden laatuvaatimukset

2.8.2.1 Teräsbetonipaalut

- .1 Paaluina käytetään LPO-2005 kohdan 6 mukaisia paaluja.
- .2 Lyöntipaalujen valmistuksessa käytetyn betonin ja sen osa-aineiden on täytettävä SYL 3:ssa esitetyt vaatimukset. Betonin kiviaineksena käytetään murskattua kiviainesta.
- .3 Maa- ja kalliokärkien sekä paalujatkosten tulee olla LPO-2005 kohdan 6 mukaisia.
- .4 Paalut ja paalutarvikkeet valmistetaan RakMk:n ohjeiden 4 [11] mukaisesti tilaajan hyväksymän jatkuvan valvonnan alaisessa tuotantolaitoksessa. Paalut on valmistettava, käsiteltävä ja kuljetettava noudattaen soveltuvin osin SYL-3:n kohdassa 3.4.10 ja jäljempänä tässä kohdassa esitettyjä vaatimuksia.
- .5 Jos paalut valmistetaan työmaalla, on urakoitsijan esitettävä kirjallinen valmistussuunnitelma tilaajan edustajalle tarkastettavaksi viimeistään kaksi viikkoa ennen paalujen valmistuksen aloittamista.
- .6 Paalujen poikkileikkauksen sivumittojen sallitut poikkeamat ovat -5 mm, +15 mm.
- .7 Paalun pituuden sallittu poikkeama on enintään +100 mm, -100 mm.
- .8 Paalun jatkosten ja kärkien tulee sijaita keskeisesti paalun ja sen pääterästen suhteen.
- .9 Paalun betonoinninaikaisen yläpinnan on oltava tiivis ja sileä. Teräsmuottia vasten valettujen kolmen muun pinnan on täytettävä Betonipintojen luokitusohjeiden (BY 40) luokan B vaatimukset. Värivaihtelua koskevia vaatimuksia ei kuitenkaan sovelleta kummassakaan tapauksessa. Nystermiä ja valupurseita ei pinnoissa saa olla.
- .10 Paalut voi siirtää varastoon, kun 70 % puristuslujuusvaatimuksesta on saavutettu. Tämän jälkeen on huolehdittava paalulle sopivista lämpö- ja kosteusolosuhteista, jotta paalu saavuttaa suunnitellun lujuuden. Paalu on säilytettävä vähintään 2 vrk, talvella 3 vrk, peitettynä lämmitettävässä muotissa, ellei paalulle voida osoittaa muilla tavoin edellä mainittuja olosuhteita.

2.8.2.2 Teräspaalut

- .1 Paalumateriaalien on täytettävä tuotestandeissa SFS-EN 10219-1 (Kylmämuokatut hitsatut seostumattomat rakenne- ja hienoraakenneteräsputkipalkit. Osa 1: Tekniset toimitusehdot) [24] ja SFS-EN 10219-2 (Kylmämuokatut hitsatut seostumattomat rakenne- ja hienoraakenneteräsputkipalkit. Osa 2: Toleranssit, mitat ja poikkileikkaussuureet) [25] annetut määräykset.

- .2 Teräspaalut on jatkettava hitsaamalla tai typpihyväksytyllä pultti-, holkki- tai muhvi-jatkoksella.
- .3 Jatkosmateriaali on valittava ainekoostumukseltaan sellaiseksi, ettei korroosiovaara paalussa lisäännä eikä jatkokseen synny ns. galvaanista paria.
- .4 Teräspaalu on varustettava kohtisuoraan katkaistulla kärkikappaleella tai kalliokärjellä. Kalliokärjen laatuvaatimuksia on esitetty LPO-2005 kohdassa 6.3.2.

2.8.3 Paalujen ja paalutarvikkeiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

2.8.3.1 Teräsbetonipaalut

- .1 Paalujen mitat tarkastetaan ja niiden vaatimustenmukaisuus mittatarkkuuden osalta osoitetaan SBK:n julkaisun Betonielementtien toleranssit osan Opastavia tietoja [12] kohtien 5 ja 6 mukaisesti.
- .2 Paalujen vaatimustenmukaisuus betonin puristuslujuuden osalta osoitetaan B4 kohdan 6.3 mukaisesti olosuhdekoekappaleista tai rakennekoekappaleista.
- .3 Paalujen toimituslujuuden toteamiseksi tehtyjen puristuslujuuskokeiden tuloksia voidaan käyttää hyväksi osoitettaessa betonin vaatimustenmukaisuutta puristuslujuuden osalta, jos valmistussuunnitelmassa on voitu luotettavasti osoittaa, että paalujen betoni ennen rakenteen käyttöönottoa saavuttaa suunnitelman mukaisen lujuuden.
- .4 Jos betonin puristuslujuus todetaan rakennekoekappaleista, menetellään seuraavasti: Viimeksi valetusta paalusta porataan kaksi koekappaletta betonointikertaa kohti, kuitenkin vähintään yksi jokaista alkavaa 100 m³ kohti. Lisäksi huolehditaan siitä, että koekappaleiden määrä koko toimitusta kohti on vähintään kuusi. Kaikkien koekappaleiden on täytettävä asetettu vaatimus. Jos jokin koetuloksista alittaa vaatimuksen, porataan paaluista lisäkoekappaleet, joiden lukumäärä on sama kuin ensimmäisellä kerralla. Vertailulujuus lasketaan tämän jälkeen kaikkien koekappaleiden puristuslujuustulosten perusteella.
- .5 Paalun valmistajan on raportoitava vähintään joka toisen päivän tuotannostaan mielivaltaisesti valitun paalun osalta ainakin seuraavat mitat:
 - lyöntipään vinous,
 - jatkoskappaleen vinous,
 - betonipeitteen paksuus (haka- ja pääteräkset erikseen),
 - halkeamaleveys,
 - muotin suoruus > 5 m matkalla ja
 - muottien määrä kullekin paalukoolle.
- .6 Kalliokärkien ja jatkosten vaatimustenmukaisuus materiaalien osalta osoitetaan aineistodistusten ja kuormakirjojen avulla.

2.8.3.2 Teräspaalut

- .1 Paalujen ja paalutarvikkeiden valmistuksen on oltava tilaajan hyväksymän jatkuvan laadunvalvonnan alaisista.
- .2 Paalun ja paalutarvikkeiden vaatimustenmukaisuus materiaalien osalta osoitetaan aineistodistusten ja kuormakirjojen avulla.
- .3 Hitsattujen jatkosten tarkastamisessa ja vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa noudatetaan soveltuvien osin LPO-87 kohtaa 4.43. Jatkoshitsin laatu-luokka on kuitenkin B/SFS-EN 25817 [21], jos putki toimii osana kantavaa rakennetta.

2.8.4 Lyöntipaalutustyön tekninen työsuunnitelma

- .1 Paalutustyöstä laaditaan tekninen työsuunnitelma (paalutustyösuunnitelma), joka toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen työn aloittamista.
- .2 Teknisen työsuunnitelman tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:
 - siltapaikan olosuhteet (pohjasuhteet, vesistötiedot, tieyhteydet, ajankoh-ta ja aikataulu),
 - yleiset työmaajärjestelyt (pengerrykset, kaivannot, työalustat, apusillat, lautat),
 - pohjatutkimusten täydennystarve,
 - koepaalutustarve ja koepaalutussuunnitelma,
 - pohjarakennustöiden työjärjestys,
 - paalujen varastointi ja siirto työkohteeseen,
 - apupaalun käyttö,
 - paalujen lyöntijärjestys,
 - paalutuskoneen tiedot,
 - järkäleen paino ja mitat,
 - iskutyynyn rakenne ja mitat,
 - apupaalun paino ja mitat,
 - loppulyöntiohjeen määrittämistapa,
 - toimenpiteet lyöntivaikeuksien varalta,
 - ehjyysmittaukset,
 - laaduntarkkailumittaukset,
 - ympäristövaikutusten huomioiminen,
 - työnaikaiset tarkkailumittaukset ja
 - työturvallisuusasiat.
- .3 Apupaalun käyttö on sallittua, jos se on jo suunnitelmassa esitetty tai suunnitelma on laadittu käyttäen paalutusluokkaa III. Muussa tapauksessa apupaa-lun käyttämiselle on saatava suunnittelijan lupa. Apupaalua ei saa käyttää luokan IB paalutuksissa.

Apupaalun tilalla on joskus taloudellista käyttää ylipitkiä paaluja. Tämä tulee kyseeseen yleensä vain vesistöpaalutuksissa. Erityistapauksissa ylipitkien paalujen käyttäminen voi olla perusteltua IB luokan paalutuksissa, kun halutaan välttää apupaa-lun käyttöä ja paalutusluokan muutosta II luokkaan.

Apupaalun käyttökielto ei koske yksittäisten paalujen "sukeltamista".

Esimerkkejä paalutuksessa esiintyvistä mahdollisista vaikeuksista ovat:

- vaikeudet paalujen pituuden arvioinnissa,
- täytteen, roudan tai tiiviin maakerroksen läpäisy,
- maan kivisyydestä ja lohkareisuudesta johtuva paalun rikkoutumisvaara,
- tavallista suurempi jousto (esim. suurempi kuin $0,001 \times$ paalupituus + 5 mm),
- paalun jatkaminen betonoimalla,
- paalujen rikkoutuminen lyöntityön aikana,
- jo lyötyjen paalujen siirtyminen tai ylösnousu,
- yksittäisten paalujen tunkeutuminen odotettua huomattavasti syvemmälle ja apupaalun käyttö,
- mahdollinen työaikana todettava kallioikärien tarve sekä
- paalutuksen aiheuttama huokospaine, maaperän häiriintyminen, luiskien vakavuus.

Paalutustyösuunnitelmassa esitetään toimenpiteet ympäristövaikutusten huomioimiseksi, mikäli työskentelypaikan läheisyydessä on mm:

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

Paalutuksesta aiheutuvaa värinää voidaan varsinkin hienorakeisessa maassa ja löyhässä hiekassa 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:

- käyttämällä tarkoitukseen sopivaa iskutyynyä,
- ympäröimällä paalu ja iskutyyny sekä mahdollisesti myös järkäle sopivilla suojuksilla ja
- rajoittamalla melun leviämistä ympäristöön meluaidoilla yms. esteillä.

Paalun lyönti voi aiheuttaa lähellä sijaitsevien rakenteiden vaurioitumista, siirtymistä, luiskien sortumista ja värinää. Haittatekijöiden vähentämiseksi paalujen lyöntijärjestys suunnitellaan tarkoituksenmukaiseksi:

- Karkearakeisissa maissa, jotka yleensä tiivistyvät paalutuksen aikana, lyödään ensimmäiseksi lähinnä vaurioitumiselle altista rakennetta olevat paalut.

- Hienorakeisissa maissa paalut syrjäyttävät maata, jolloin paalun lyönti häiritsee ympäröiviä maakerroksia ja pienentää niiden leikkauslujuutta. Tällaisissa olosuhteissa lyödään yleensä ensin 1-2 lähinnä varottavaa rakennetta (johtokaivanto, tukiseinä yms.) sijaitsevaa paaluriviä. Sen jälkeen maa jätetään rauhoittumaan ja paalutusta jatketaan kauempana ko. kohteesta. Kun paalutusta myöhemmin jatketaan vaurioalttiin kohteen lähellä, häiriö-vaikutus jää tällä työjärjestyksellä mahdollisimman pieneksi.
- Paaluryhmissä viimeiseksi lyödyt paalut pysähtyvät yleensä korkeammalle kuin ensin lyödyt paalut. Tämän vuoksi tukipaalutuksessa lyödään yleensä samansuuntaisten paalujen rivistä ensin keskimmäiset paalut ja edetään asteittain ulommaksi. Kitkapaalutuksessa lyödään ensin uloimmat paalut ja edetään asteittain sisemmäksi.
- Siltapaalutusryhmissä, joissa vaakasuoria kuormituksia otetaan vinopaaluilla, lyödään uloimmat vinopaalut ensin, jotta ne varmasti tunkeutuvat riittävän syvälle.
- Luiskissa voidaan luiskan juuren tukemiseksi lyödä ensin alimmat paalurivit, jolloin ne saattavat siirtyä tai kallistua ylempiä paalurivejä lyödessä. Jos paalujen tulee lyönnin jälkeen sijaita mahdollisimman tarkasti suunnitelluilla paikoillaan, voidaan paalut lyödä uomaa kohti edeten, mikäli luiskan vakavuus lyönnin aikana varmistetaan tarvittaessa paalutuksen etenemistä hidastaen tai muihin tarkoituksenmukaisiin toimenpiteisiin ryhtymällä.
- Merkittävimmät häiriötekijät (painumat, siirtymät yms.) rajoittuvat yleensä sekä kitka- että koheesiomaassa vyöhykkeeseen, joka jää paalun kärjestä ylöspäin kaltevuudessa 1:1 piirrettyjen linjojen sisäpuolelle.

2.8.5 Lyöntipaalutustyön laatuvaatimukset

- .1 Paalut on lyötävä suunnitelmanmukaiseen tavoitetasoon. Niiden on täytettävä suunnitelman ja työsuunnitelman mukaiset loppulyöntivaatimukset. Jos paalun alapään korkeus poikkeaa > 2 m tavoitetasosta, on otettava välittömästi yhteys paalutuksen suunnittelijaan.
- .2 Suunnitelmissa on esitetty kantavuuden ja ehjyyden toteamiseksi tehtävien iskuaaltomittausten määrä. Jos epäillään paalujen rikkoutuneen, on tehtävä iskuaaltomittaus perustuksen kaikista paaluista.
- .3 Paaluja on käsiteltävä työmaalla siten, että ne säilyvät ehjinä käsittelyn kaikissa vaiheissa.
- .4 Paalu on nostettava paalutuskoneeseen paaluun merkitystä nostokohdasta (yhden pisteen nosto). Nostaminen nostosilmukasta on kielletty.

- .5 Paalujen sijainnin mittaus on tehtävä SYL 1:n mukaisesti. Paalujen paikat merkitään maastoon selvästi tarkastettavissa olevilla merkeillä 20 mm tarkkuudella runkopisteiden sijaintiin verrattuna. Kaikkien paalujen, paalurivien ja -ryhmien sijainti on tarkastettava.

Paalujen sijainti on varmintä merkitä maastoon mittakeppien lisäksi mittalinjoilla kahdessa suunnassa tai optisin mittausvälinein, jotta paalun paikka voidaan nopeasti merkitä uudelleen mittakepin mahdollisesti kaatuessa. Mittalinja muodostuu esimerkiksi kahdesta kaltevuusmallista tai pystysuorasta linjakepistä. Mallit sijoitetaan sellaisiin kohtiin, etteivät ne vaurioidu tai liiku työn aikana.

Vedenalaisessa paalutuksessa tai hyvin pehmeällä pohjalla paalutettaessa paalujen paikat varmistetaan ohjausputkella ja teräskehikolla tai mallilaatalla. Mallilaattaa käytettäessä on seurattava, ettei paalun pään siirtyminen olennaisesti esty esimerkiksi maan kivisyydestä johtuen. Tarvittaessa laatan reikää suurennetaan, jolloin estetään paalun taipuminen ja mahdollinen rikkoutuminen. Tilaajan edustaja antaa aina erikseen luvan mallilaatan käytölle.

2.8.6 Paalutuksen vaatimustenmukaisuuden toteaminen

- .1 Paalutustyöstä pidetään LPO-2005 mukaista pöytäkirjaa. Pöytäkirjan ja mitaustulosten perusteella laaditaan paalutustyön toteutumapiirustus.
- .2 Paalutuspöytäkirja liitetään toteutumapiirustukseen. Toteutumapiirustus liitteineen luovutetaan tilaajan edustajalle.
- .3 Toteutumapiirustus muodostuu tasopiirustuksista ja tarvittaessa lisäksi 1-2 leikkauspiirustuksesta.
- .4 Tasopiirustus laaditaan rakennesuunnitelmaan sisältyvää paalukarttaa hyväksi käyttäen. Piirustuksessa esitetään:
- paalun numero,
 - paalun pään sijaintipoikkeamat valituskoordinaatistossa,
 - paalunkärjen taso,
 - katkaisutasot,
 - käytetyt jatkokset,
 - kärjet sekä
 - peruslaatan mitat ja peruslaatan alapinnan korkeustaso.
- .5 Leikkauspiirustus (-piirustukset) laaditaan kairauslinjojen pituusleikkauksia hyväksi käyttäen siten, että leikkaukseen merkitään kahden lähimmän paalurivin paalut todelliseen asemaan ja kaltevuuteen.
- .6 Lyöntipaalutuksen vaatimustenmukaisuus osoitetaan paalutuksen aikana tehtyjen ja dokumentoitujen havaintojen ja mittaustulosten (toteutumapiirustusten ja paalutuspöytäkirjojen) perusteella vertaamalla tuloksia suunnitelma-asiakirjoissa ja paalutustyösuunnitelmassa esitettyihin vaatimuksiin.

- .7 Jos paalut eivät ole tunkeutuneet suunniteltuun tavoitetasoon tai paalujen sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat ylittävät toleranssien raja-arvot tai työtapa on poikennut hyväksytystä suunnitelmasta, osoitetaan paalutuksen vaatimustenmukaisuus lisäselvityksin, esimerkiksi laskemalla paalukuormat uudelleen. Tällöin voidaan paaluryhmissä sallia yksittäisen paalun osalta poikkeamista johtuva 15 % suuruinen suurimman sallitun paalukuorman ylitys. Vetokapasiteetin ylitys käsitellään tapauskohtaisesti.
- .8 Paalukuormien laskettujen arvojen ylittäessä raja-arvot tai koekuormituksen osoittaessa, ettei paalutuksen kantavuus ole riittävä, ryhdytään korjaaviin toimenpiteisiin.
- .9 Jos paalutus ei ole hyväksyttävissä, lyödään yleensä tarvittava määrä lisäpaaluja.
- .10 Lisäpaalujen lyönti edellyttää suunnitelman muutosta.
- .11 Sillan laaturaporttiin liitetään seuraavat tilaajan edustajan tarkastamat asiakirjat:
 - paalutuspöytäkirjat,
 - paalujen mittaus- ja sijaintitiedot,
 - raportit koekuormituksista,
 - raportit ehjyysmittauksista,
 - toteutumapiirustukset ja
 - laatupoikkeamaraportit.

2.9 SUURPAALUTUKSET

2.9.1 Soveltamisalue

- .1 Tässä kohdassa käsitellään paalutustöitä, joissa paalujen kantavuus on 1,5 MN tai enemmän ja paalujen läpimitta on vähintään 300 mm.
- .2 Käsiteltävät paalutyypit ovat:
 - kaivinpaalu,
 - Franki-paalu,
 - Vibrex-paalu ja
 - teräspalkkipaalu.
- .3 Suurpaalutustöissä on noudatettava jäljempänä esitetyn lisäksi Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y:n julkaisemaa ohjetta Suurpaalutusohje 2001 SPO-2001 [3] ja Tielaitoksen ohjetta Teräspalkkipaalu TIEL-2173448-99 [5] sekä standardeja SFS-EN 1536 Execution of special geotechnical works – Bored piles (SFS-EN 1536 Pohjarakennustyöt. Kaivettavat paalut) [13] ja EN 12699 Execution of special geotechnical works – Displacement piles (SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut) [19].
- .4 Suurpaalutusohjeista käytetään jäljempänä lyhennystä SPO-2001 ja Teräspalkkipaalu-ohjeesta lyhennystä TPPO.

- .5 Paalutustyönjohtajan ja hänen apulaistensa pätevyysvaatimukset ja tehtävät on esitetty SPO2001:n kohdassa 8.2.
- .6 Paalutustyöhön liittyvien betonitöiden johtamisessa noudatetaan soveltuvin osin SYL 3:n vaatimuksia.

2.9.2 Paalujen ja paalutarvikkeiden laatuvaatimukset

- .1 Suurpaaluihin käytettävien materiaalien on täytettävä SPO-2001 kohdassa 6 esitetyt vaatimukset.
- .2 Teräsputkipaalujen kalliokärkenä on käytettävä TPPO kohdan 6 mukaista kalliokärkeä.

Levykärkenä on suositeltavaa käyttää vahvistettua levykärkeä.

2.9.3 Paalujen ja paalutarvikkeiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

- .1 Betonin vaatimustenmukaisuus osoitetaan SPO-2001 kohdan 6.3.3 mukaisesti.
- .2 Teräsputkipaalujen ja paalutarvikkeiden vaatimustenmukaisuus osoitetaan aineistodistusten avulla.
- .3 Teräsputkipaalujen ja paalutarvikkeiden valmistuksen tulee olla tilaajan hyväksymän laadunvalvonnan alaisista.
- .4 Hitsattujen jatkosten tarkastamisessa ja vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa noudatetaan SPO-2001 kohtaa 8.3.5.3.2.

2.9.4 Suurpaalutustyön tekninen työsuunnitelma

- .1 Paalutustyöstä on laadittava SPO-2001 kohdan 8.1 mukainen tekninen työsuunnitelma, joka on luovutettava tilaajan edustajalle vähintään kaksi päivää ennen paalutustyön aloittamista.

2.9.5 Suurpaalutustyön laatuvaatimukset

- .1 Paalujen, niiden rakenneosien ja valmiin paalutuksen on täytettävä suunnitelmissa ja SPO-2001:ssä niille asetetut vaatimukset.
- .2 Paalujen sallitut sijaintipoikkeamat on esitetty SPO-2001 kohdassa 7.4.1.

2.9.6 Suurpaalutustyön vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

- .1 Paalutuksesta pidetään SPO-2001 liitteiden 1-4 mukaista paalutuspöytäkirjaa.

2.10 MUUT PAALUTUKSET

2.10.1 Lyöntipaalutukset puupaaluilla

- .1 Puupaalutuksissa noudatetaan ohjeita LPO-2005 [2] ja TYLT, Perustamis- ja vahvistamistyöt [10].

2.10.2 Porapaalutukset

- .1 Porapaalutuksissa noudatetaan Porapaalutusohjeissa [26] esitettyjä yleisiä laatuvaatimuksia.

2.11 PAALUTUSTÖIDEN TYÖTELINEET JA UIVA KALUSTO

- .1 Paalutustelineistä ja uivan kaluston käytöstä on laadittava suunnitelmat, jotka toimitetaan tilaajan edustajalle tiedoksi vähintään viikko ennen töiden aloittamista.
- .2 Teline ei saa työn aikana liikahtellessaan koskettaa jo valettuja paaluja paalujen betonin sitoutumisen aikana.
- .3 Vapaana vedessä olevien työtelinepaalujen sidonta tulee tarkistaa todellisen pohjaprofiilin mukaisesti niin, että saavutetaan riittävä varmuus nurjahdusta ja mahdollisia vaakavoimia ajatellen. Usein tämä piilossa oleva telineen osa tulee heikommin rakennetuksi kuin näkyvissä olevat osat.

Kun työtelinepaaluja on tarkoitus käyttää varsinaisen siltakan-
nen telineiden alustana, paalut voidaan katkaista n. 1,5-2 m
korkeudelta maanpinnasta (tai vedenpinnasta) ja rakentaa kat-
kaisutasoon esim. paalutuskonetta varten työsillake paaluja
apuna käyttäen. Varsinaiset kannen telineet tuetaan siten työ-
sillakkeen päältä ja mitoitetaan normaaleina puutelineinä. Silla-
ke on jäykistettävä riittävässä vaaka- ja vinositeillä veden-pinnan
ja katkaisutason välisellä osalla. Toinen tapa käyttää paaluja
telineinä on ulottaa ne suoraan lähes kannen alapinnan tasoon,
jolloin paalujen päähän tulevat vain niskat, koolaus ja muotti.
Tällöin telineet mitoitetaan ja suunnitellaan paaluperustuksena
unohtamatta jäykistäviä siteitä sillan pituus- ja poikkisuunnas-
sa.

2.12 KIRJALLISUUSLUETTELO

- [1] Betonipinnat, By 40. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki 1994. ISBN 951-9365-68-0.
- [2] RIL 223-2005, Lyöntipaalausohje LPO-2005 Teräsbetoni- ja puupaalut. Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y. ja Rakentajain Kustannus Oy. Helsinki 2005. ISBN 951-758-453-9.
- [3] Suurpaalausohje 2001, SPO-2001. RIL 212-2001 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. ja Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y. Helsinki 2001. ISBN 951-758-412-1.
- [4] Rakennuskaivanto-ohje. RIL 181-1989 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. Helsinki 1989. ISBN 951-758-216-1.
- [5] Teräsputkipaalut. Tielaitos, Sillansuunnittelu. Helsinki 1999. TIEL 2173448-99. ISBN 951-726-523-9.
- [6] Tielaitos, Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset: Kalliorakenteet. Helsinki 1991. TIEL 2212458. ISBN 951-47-4347-4.
- [7] Tielaitos, Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset: Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet. Helsinki 1991. TIEL 2212459-91. ISBN 951-47-4348-2.
- [8] Tielaitos, Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset: Penger- ja kerrosrakenteet. Helsinki 1994. TIEL 2212460-94. ISBN 951-47-8747-1.
- [9] Tielaitos, Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset: Yleiset perusteet – Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet – Penger- ja kerrosrakenteet – Lisäykset ja muutokset vuonna 2000. Helsinki 2000. TIEL 2210014-2000. ISBN 951-726-630-8.
- [10] Tielaitos, Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset Perustamis- ja vahvistamistyöt. Helsinki 2001. TIEL 2200002-01. ISBN 951-726-602-2.
- [11] Suomen Rakentamismääräyskokoelma, RakMk 4: Betonirakenteet. Helsinki. Ympäristöministeriö. ISBN 951-37-0303-7.
- [12] Betonielementtien toleranssit. Rakennustuoteteollisuus, RTT. Helsinki 1993.
- [13] SFS-EN 1536 Execution of special geotechnical works – Bored piles (SFS-EN 1536 Pohjarakennustyöt. Kaivettavat paalut)
- [14] SFS-EN 12063 Execution of special geotechnical works – Sheet pile walls (SFS-EN 12063 Pohjarakennustyöt. Teräs- ja puutukiseinät)
- [15] SFS-EN 1538 Execution of special geotechnical works – Diaphragm walls (SFS-EN 1538 Pohjarakennustyöt. Kaivantoseinät)
- [16] SFS-EN 1537 Execution of special geotechnical works – Ground anchors (SFS-EN 1537 Pohjarakennustyöt. Maa-ankkurit)
- [17] SFS-EN 12715 Execution of special geotechnical works – Grouting (SFS-EN 12715 Pohjarakennustyöt. Injektointi)
- [18] SFS-EN 12716 Execution of special geotechnical works – Jet Grouting (SFS-EN 12716 Pohjarakennustyöt. Suihkuinjektointi)
- [19] EN 12699 Execution of special geotechnical works – Displacement piles (SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut)
- [20] SFS-EN 14199 Execution of special geotechnical works – Micro piles
- [21] SFS-EN 25817 Hitsaus. Terästen kaarihitsaus. Hitsiluokat
- [22] SFS 1215 Betoniteräkset. Hitsattava kuumavalssattu harjatanko A500HW
- [23] SFS 1257 Betoniteräkset. Kylmämuokattu harjatanko B500K
- [24] SFS-EN 10219-1 Kylmämuokatut hitsatut seostumattomat rakenne- ja hienoraerakenneteräsputkipalkit. Osa 1: Tekniset toimitusehdot

- [25] SFS-EN 10219-2 Kylmämuokatut hitsatut seostumattomat rakenne- ja hienoraerakenneteräsputkipalkit. Osa 2: Toleranssit, mitat ja poikkileikkaussuureet
- [26] Porapaalutusohje, Tiehallinto, siltayksikkö, TIEH 2000002-01, ISBN 951-726-777-0
- [27] RR-Paalutusohjekirja, Rautaruukki Oyj, 21.08.2002

2.13 LIITTEET

- 1 Teräsbetonipaalun jatkaminen - tapa 1
- 2 Teräsbetonipaalun jatkaminen - tapa 2
- 3 Teräsbetonipaalun jatkaminen - tapa 3

