

# **Maanpainesseinän ulkopuolinen rakentaminen**

**Maarakennustyöt saneerauskohteessa**

Kalle Kovanen

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Kovanen Kalle	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2017
	Sivumäärä 56	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Maanpaineisinän ulkopuolinen rakentaminen</b> Maarakennustyöt saneerauskohteessa		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Haapamaa Hannu		
Toimeksiantaja(t) Tuominiemi Jukka, Maajukka Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maajukka Oy on vuonna 1985 perustettu maarakennusalan yritys. Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat mm. rakennusten pohjatyöt, pehmeikkörakentaminen ja saneerattavien rakennusten ympärille tehtävät maarakennustyöt. Saneerattavat rakennukset sisältävät usein maan alle rakennettuja tiloja, joita ympäröivät maanpaineisinät. Maanpaineisinän saneeraukseen liittyvät maarakennustyöt ovat usein haastavia ja ne vaativat työmaan työnjohtajalta laaja-alaista kokemusta maarakennustöiden johtamisesta. Kaikilla työnjohtajilla ei ole kokemusta maanpaineisinän saneeraukseen liittyvistä maarakennustöistä, joten yritys tarvitsee työnjohtajien käyttöön työkalun kyseisten maarakennusurakoiden toteuttamiseksi.</p> <p>Maapaineisinään liittyvän maarakennusurakan tutkimuksissa perehdyttiin työjärjestykseen, työnjohtajan velvollisuuksiin ja työtapoihin. Tutkimuksissa kerättiin teorialähteistä keskeisimmät tiedot maanpaineisinän saneeraukseen liittyvien maarakennustöiden työvaiheista, työssä käytettävien materiaalien vaatimuksista ja työnjohtajan velvollisuuksista. Tutkimusten lähteenä käytettiin alan kirjallisuutta, aiemmin toteutettuja urakoita ja asiantuntijan haastattelua.</p> <p>Tutkimusten tuloksena syntyi käytännönläheinen ja tiivis paketti aiheen mukaisen maarakennusurakan työvaiheista ja työnjohtajan toimenkuvasta. Tutkimustulosten johdosta yritys saa käyttöönsä työkalun, joka helpottaa maanpaineisinien saneeraukseen liittyvien maarakennusurakoiden työvaiheiden suunnittelua. Työkalu auttaa työmaan työnjohtoa seuraamaan maarakennusurakan etenemistä, ennakoimaan tulevia työvaiheita, valvomaan työn laatua ja valitsemaan sopivat työmenetelmät.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )		
Maarakennus, kaivantotuki, teräsponttiseinä, kaivanto		
Muut tiedot		

Author(s) Kovanen Kalle	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2017 Language of publication: Finish
	Number of pages 56	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Outside building of soil pressure wall</b> earthworks on a renovation site		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Haapamaa Hannu		
Assigned by Tuominiemi Jukka, Maajukka Ltd		
Abstract  <p>Maajukka Ltd is a construction company established in 1985. The company's work includes e.g. groundwork of buildings, loose soil construction and earthworks around the buildings that are to be reconstructed. These buildings often contain subterranean spaces surrounded by earth pressure walls. The earthworks that contains renewal work on earth pressure walls are often challenging and require extensive experience in earthworks from the site managers since not all of them have the experience in earthworks containing the renewal work on earth pressure walls. Therefore, the company needed a tool for the site management to implement these earthworks.</p> <p>The earthworks studies concerning the earth pressure wall researched the procedure order of the work as well as the duties and working methods of the site manager. The main sources of information were the work stages of earthworks that contain the renewal work on earth pressure walls, the requirements of the materials used in the work and the duties of the manager. The research sources used were literature, previously executed works and expert interview.</p> <p>The research results in a practical and concise package of the work stages of the subject, earthworks and the site manager's job description. The company now has access to a tool that will facilitate the planning of the work stages of earthworks containing renewal work on earth pressure walls. The tool helps the workplace management team to follow the progress of the earthworks, to anticipate future work stages, to monitor the quality of work and to choose suitable working methods.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  Earthwork, trench support, sheet pile wall, trench		
Miscellaneous		

## Sisältö

Käsitteitä.....	4
1 Opinnäytetyön lähtökohta .....	5
1.1. Opinnäytetyön tausta.....	5
1.2. Opinnäytetyön tavoitteet ja aiheen rajausta .....	6
1.3. Maajukka Oy .....	7
2 Urakan alkuvaiheet .....	7
2.1. Yleisimmät urakkamuodot maarakentamisessa .....	7
2.2. Urakan lähtötiedot .....	9
2.3. Tarvittavat luvat ja näytöt .....	12
2.4. Työnjohtajan suunnitelmat .....	16
3 Kaivantotyö .....	17
3.1. Yleiskaivutaso .....	17
3.2. Luiskattu kaivanto .....	18
3.3. Tuettu kaivanto .....	19
3.4. Kaivantotyö tuetussa kaivannossa .....	20
3.5. Kaapelien työnaikainen tukeminen.....	21
4 Teräsponttiseinä kaivantotukena.....	23
4.1. Teräsponttiseinä.....	23
4.2. Teräsponttiseinän asennus .....	25
4.3. Teräsponttiseinän tukeminen maanpaineeseen.....	28
4.4. Teräsponttiseinän purkaminen .....	31
5 Täytöt .....	33
5.1. Salaojakaivannon täyttö.....	33
5.2. Maanpaineeseen vierustäyttö.....	35
5.3. Rakennekerrokset .....	38
5.4. Routasuojaus .....	40
6 Laadunvalvonta .....	41

6.1. Täyttömateriaalien hyväksyntä .....	41
6.2. Kantavuus- ja tiiveyskokeet.....	42
6.3. Putkistojen kuvaus .....	43
6.4. Työmaapäiväkirja .....	44
7 Yhteenveto ja pohdinta.....	44
Lähteet.....	46
Liitteet .....	48
Liite 1. Asemapiirros.....	48
Liite 2. Leikkauspiirros .....	49
Liite 3. MVR-lomake .....	50
Liite 4. Tukemattoman kaivannon ohjeelliset luiskakaltevuudet .....	52
Liite 5. Salaojituserroksen rakeisuus- ja tiiveysvaatimukset.....	53
Liite 6. Rakennekerrosten rakeisuus-, tiiveys- ja kantavuusvaatimukset .....	54
Liite 7. Työmaapäiväkirja.....	56

**Kuviot**

Kuvio 1. Kaapelien tuenta kaapelitukien varaan.....	22
Kuvio 2. Kaapelien tuenta maanpaineseinän ulokkeiden päälle .....	22
Kuvio 3. Teräspontteja .....	24
Kuvio 4. Lukkourat.....	24
Kuvio 5. Ponttivasara.....	26
Kuvio 6. Teräspontti linjauksen ohjurina .....	27
Kuvio 7. Ponttiseinä jäykistetty teräspalkilla .....	27
Kuvio 8. Poikkituenta.....	29
Kuvio 9. Konsoli .....	29
Kuvio 10. Poikkituki konepetinä .....	31
Kuvio 11. Poikkituen poisto polttoleikkaamalla.....	32
Kuvio 12. Teräsponnit kaivettu näkyviin poistoa varten .....	33
Kuvio 13. Suodatinkangas perusmaan ja salaojaputken välissä .....	35
Kuvio 14. Routaeriste maanpaineseinän ja anturan suojana .....	37
Kuvio 15. Betonirenkain toteutettu salaojakaivo .....	37
Kuvio 16. Rakennekerrokset .....	39
Kuvio 17. Suodatinkerros .....	40
Kuvio 18. Paikoilleen asennetut eristelevyt.....	41

## Käsitteitä

### **Alkutäyttö**

Johdon, kaapelin, putken tai muun rakenteen ympärille tehtävä täyttö (RIL 126-2009, 7).

### **Kuivatus**

Vesien johtamista päällysrakenteen pinnalta pintakuivatuksella tai maan sisältä salaojien ja salaojituskerroksin (RIL 132-2000, 9).

### **Kuorma**

Rakenteeseen kohdistuva välitön pistemäinen tai jakautunut voima tai epäsuora voimavaikutus (RIL 121-2004, 9).

### **Päällysrakenne**

Piha-alueen liikenne- ja oleskelualueen maarakenne ja päällyste. Päällysrakenne jaotellaan toiminnallisesti suodatinkerrokseen, jakavaan ja kantavaan kerrokseen sekä päällysteeseen (RIL 126-2009, 7).

### **Routa**

Maassa olevan veden jäätyminen takia kovettunut maakerros (RIL 132-2000, 9).

### **Salaojaputki**

Salaojituskerroksessa käytettävä putki, johon vesi pääsee ympäristöstä putken seinämässä olevien reikien kautta (RIL 132-2000, 9).

### **Suodatinkangas**

Synteettinen, kangas- tai huopamainen tuote, jolla ensisijaisesti erotetaan maa- ja kiivaaineksia toisistaan (RIL 126-2009, 9).

### **Urakkamuodot**

Urakkamuodolla tarkoitetaan rakennushankkeen pääosapuolten ja sopimuksen järjestämistapaa (Kortene & Olin 2013, 22).

# 1 Opinnäytetyön lähtökohta

## 1.1. Opinnäytetyön tausta

Peruskorjausta vaativien rakennusten määrä Suomessa kasvaa jatkuvasti, mm. julkisen rakennuskannan ikääntyessä. Rakennusten korjaaminen on kallista ja se vaikuttaa usein siihen, että korjaustarvetta lykätään mahdollisimman pitkään. Lopulta päädytään tilanteeseen, jossa vaihtoehtoina on joko rakennuksen mittava peruskorjaus tai kokonaan uuden rakentaminen. Kaupunkialueilla uuden rakentaminen ei aina ole mahdollista, eikä järkevää, esim. sijainnin tai historiallisen arvon vuoksi. Vaihtoehdoksi jää rakennuksen korjausrakentaminen eli saneeraus.

Kaupunkialueilla rakennukset ovat tiheään sijoitettuja, jotta rakennusalueet on saatu maksimaalisesti hyödynnettyä. Tontit ovat pieniä ja ahtaita, joten itse rakennuksen pohjapinta-ala on pyritty pitämään pienenä. Tämä taas on johtanut siihen, että rakennuksiin on rakennettu maanalaisia tiloja, kuten esim. väestönsuojia, kellari- ja parkkitiloja. Maanalaisten tilojen maanvastaisia seiniä kutsutaan maanpaineseiniksi.

Tämä opinnäytetyö käsittelee maanpaineseinän ulkopuolista rakentamista maarakennuksen osalta. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi maanpaineseinän ulkopuolista rakentamista, jossa kaivetaan maanpaineseinän ulkopuoli auki anturoihin asti. Tämän tyyppiset maarakennustyöt toteutetaan usein syvinä kaivantoina, joihin liittyy kaivantojen työnaikainen tukeminen. Maanpaineseinään liittyvät maarakentamisen työt ovat yleensä vaativia ja usein kalliita toteuttaa. Tästä johtuen heräsi ajatus, yhdessä opinnäytetyön tilaajan kanssa, perehtyä tarkemmin maarakennusurakan läpivientiin .



## 1.2.Opinnäytetyön tavoitteet ja aiheen raja

Uudisrakentamisen ja korjausrakentamisen kysynnän kasvusta johtuen rakennustyömaille avautuu uusia työpaikkoja työmaiden työnjohtajille. Maarakennuspuolelle on tällä hetkellä vaikea löytää kattavaa kokemuspohjaa omaavia työnjohtajia. Syviä ja tuettuja kaivantoja käsittelevät maarakennusurakat vaativat paljon kokemusta ja tietoa työmaan työnjohtajalta.

Tässä opinnäytetyössä tuodaan esille asioita ja työvaiheita, joihin maanpaineseinän ulkopuolisessa maarakennusurakassa työmaan työnjohtaja yleensä törmää.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia yrityksen käyttöön työkalu, joka helpottaa työnjohtajia toteuttamaan aiheenmukaisia maarakennusurakoita. Opinnäytetyö tulee palvelemaan lähinnä maarakennustyömaan operatiivista työnjohtoa.

Opinnäytetyö auttaa työmaan työnjohtoa ennakoimaan tulevia työvaiheita, valvomaan työnlaatua ja valitsemaan sopivat työmenetelmät.

Opinnäytetyö käsittelee niitä työvaiheita ja menetelmiä, joita Maajukka Oy:n toteuttamat saneerattavan maanpaineseinän ulkopuoliset maarakennusurakat ovat sisältäneet. Opinnäytetyöstä on rajattu pois ne työvaiheet ja toimenpiteet, jotka yleisimmin kuuluvat rakennuttajalle tai pääurakoitsijalle, koska maarakentajan vastuut ja velvoitteet riippuvat maarakennusurakan muodosta ja laajuudesta. Tässä työssä ei käsitellä kallioon liittyviä maarakennustöitä, eikä saneerattaviin maanpaineisiin liittyviä betonointi-, puhdistus- ja vedeneristystöitä.

Maanpaineseinällä tarkoitetaan tässä työssä joko teräsbetonirakenteista paikallavaluseinää tai teräsbetonielementtirakenteista seinää, johon työnaikaisen kaivantotukiseinän voi tukea. Tämä opinnäytetyö käsittelee aihetta maarakennustyönjohtajan näkökulmasta. Opinnäytetyö tehdään Maajukka Oy:n työ- ja toimintatapojen pohjalta ja räätälöidään yrityksen tarpeisiin.

### 1.3. Maajukka Oy

Maajukka Oy on maarakennusalan yritys, joka on aloittanut toimintansa vuonna 1985. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Jyväskylässä ja urakointialueena on Keski-Suomi. Maajukka Oy:n toimitusjohtajana toimii Jukka Tuominiemi ja yritys työllistää noin 40 henkilöä. Yrityksessä työskentelee Tuominiemen lisäksi 3 työnjohtajaa. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2015 5,4 miljoonaa euroa. Yrityksen toimialoihin kuuluvat mm: Pehmeikkörakentaminen, rakennusten pohja- ja vahvistustyöt, salaojat, päällystystyöt, kaapelityöt, betonointityöt, saastuneiden maiden käsittely, viherrakentaminen, tukiseinät ja ankkuroinnit.

## 2 Urakan alkuvaiheet

### 2.1. Yleisimmät urakkamuodot maarakentamisessa

#### **Kokonaishintaurakka**

Kokonaishintaurakassa urakoitsija tarjoaa työn tilaajalle kiinteän kokonaishinnan tehtävästä työstä ja materiaaleista. Kokonaishinnan urakoitsija on laskenut työn tilaajalta saamistaan urakka-asiakirjoista ja valmiista suunnitelmista. Tässä urakkamuodossa työn tekemiseen ja materiaalien menekkiin liittyvät riskit jäävät urakoitsijan vastuulle. Kokonaishintaurakan ulkopuoliset työt ja materiaalit, eli ns. lisä- ja muutostyöt, urakoitsija laskuttaa erikseen sovitulla tavalla työn tilaajalta. (Junnonen & Kankainen 2017, 62.)

Maarakennusurakoinnissa kokonaishintaurakka on selkein urakkamuoto työn tilaajan ja urakoitsijan välillä. Urakkamuotona kokonaishintaurakka sopii parhaiten käytettäväksi uudisrakentamisen kohteissa, tällöin suunnitelmat, aikataulut ja

urakkarajat ovat selviä urakan osapuolten välillä. Kokonaishintaurakassa tulee harvoin erimielisyyksiä työn tilaajan ja urakoitsijan välille. (Tuominiemi 2017.)

### **Yksikköhintaurakka**

Yksikköhintaurakassa urakoitsija antaa työn tilaajalle kiinteähintaisen tarjouksen tarjouspyynnön mukaisista työsuoritteista. Tarjouksessa työsuoritteet ovat tarkasti eriteltynä omiin kiinteähintaisiin yksiköihin. Yksikköhintaurakassa tarvittavat työsuunnitelmat ovat valmiina, mutta työsuoritteiden lopullinen määrä ei ole tiedossa. Tämän tyyppisessä urakkamuodossa urakoitsijalle jää riski työn kestosta ja mahdollisesta yksikköjen kustannustason noususta. Työn tilaajalle jää riski yksikköjen lopullisesta määrästä, joten urakan kokonaiskustannusta ei tarjousvaiheessa voida määrittää. (Junnonen ym. 2017, 62.)

Maarakennusurakoinnissa yksikköhintaurakkaa käytetään yleensä tie- ja katurakentamisessa. Yksikköhintaurakassa työsuoritteet on yleensä jaettu kappaleisiin, metreihin, neliö- ja kuutiometreihin. Yksi kappale voi olla työsuoritteena esimerkiksi sadevesikaivon asennus. Putkilinjojen rakentamisen yksikkönä käytetään juoksumetriä. Kuutiometrinä esitetään käsiteltäviä maamassoja, esimerkiksi kaivannosta lähtevät irtokuutiometrit. Kokonaishintaurakkaan verrattuna yksikköhintaurakassa työn tilaaja ja urakoitsija saattavat ajautua erimielisyyksiin. Näkemuseroja voi syntyä esimerkiksi työtahdista. (Tuominiemi 2017.)

### **Laskutyöurakka**

Laskutyöurakassa työn tilaaja ja urakoitsija eivät ole sopineet kiinteää hintaa tehtävästä työstä. Urakoitsija laskuttaa työn tilaajaa todellisin kustannuksin rakennustyön edetessä. Laskutyöurakassa riski kustannuksista jää työn tilaajalle, eivätkä kokonaiskustannukset ole tiedossa ennen kuin työ on valmis. (Junnonen ym. 2017, 62.)

Laskutyöurakkaa käytetään maarakennusurakoinnissa urakkamuotona silloin, kun urakan lähtötiedot ovat epämääräiset tai työn laajuutta ei kyetä ennalta arvioimaan.

Yleensä tämän tyyppistä urakkamuotoa käytetään saneerauskohteissa, jossa vanhat piirroksiset puuttuvat tai olemassa olevien rakenteiden perustustapa on epäselvä. Laskutyöurakka on yleinen urakkamuoto myös silloin, kun työ vaatii erikoisrakentamista, kuten kaivantotukien liittämistä vanhoihin rakenteisiin. Laskutyöurakan huono puoli on mahdolliset näkemyserot työn tekemisestä urakoitsijan ja työn tilaajan välillä. (Tuominiemi 2017.)

## 2.2. Urakan lähtötiedot

### **Pohjatutkimus**

Pohjatutkimus on ennakkoon tehty luotettava ja laaja-alainen kokonaisuus, johon sisältyy: rakennusalueen kartoitus ja maanpinnankorkeusasemat, sekä selvitykset maaperän ominaisuuksista ja rakennusalueen ympäristöolosuhteista. Pohjatutkimus toimii suunnittelijoiden lähtötietona työkohteen suunnittelussa. Maarakennustyönjohtaja tarvitsee pohjatutkimusta kaivantotyön työsuunnitteluun, riskienhallintaan ja laadunvarmistukseen. (RIL 263-2014, 21.)

Pohjatutkimuksesta selviää maarakennustyönjohtajalle mm. seuraavia tietoja työkohteesta: Maan pintarakenteet ja korkeusasema, kallion sijainti sekä sen ehjyys tai rikkonaisuus, maapohjan kerrosrakenne ja kerrospaksuudet, kerrosten maalajit ja niiden ominaisuudet, pohjaveden sekä mahdollisen orsiveden korkeustaso ja käyttäytyminen kaivantoalueella ja sen ympäristössä. Lisäksi pohjatutkimus sisältää maarakennustyönjohtajalle tärkeää tietoa ympäristöolosuhteista kaivannon vaikutusalueella. Näitä tietoja ovat esim. aluerakenteiden perustamistavat, olemassa olevien rakennusten ja rakenteiden perustamistavat, -tasot ja kunto, kunnallistekniikan perustamistavat ja kunto, tärinän vaikutus rakenteisiin, laitteisiin ja maakerrokseen, pohjaveden alennuksen vaikutus maakerrokseen ja vaikutusalueella oleviin rakenteisiin. (RIL 263-2014, 21.)

## **Asemapiirrokset**

Asemapiirros on arkkitehdin laatima piirustus, josta selviää rakennuksen sijoittuminen tontille, tontin koko ja rakennusta ympäröivät piharakenteet. Asemapiirroksessa on esitetty rakennuksen päämitat, etäisyys tontin kulmapisteistä ja maanpinnan korkeusasema sekä rakennuksen kulmissa että tontin kulmapisteissä. (Huhtiniemi & Knuutila 2001, 22-23.) Suunnittelijat käyttävät arkkitehdin asemapiirrosta omien suunnitelmapiirrosten pohjana. Saneerauskohteessa asemapiirros laaditaan siltä osin ja siinä laajuudessa kuin korjaustyöllä on vaikutusta tontin tai rakennuspaikan olosuhteisiin tai käyttöön (RakMk A2 2002, 19).

LVI-asempiirros on LVI-suunnittelijan piirtämä asemapiirros, joka on tehty arkkitehdin asemapiirroksen pohjalta. LVI-asempiirroksessa on esitetty tontilla sijaitsevien vesi- ja viemärijohtojen, sekä lämpölinjojen, sijainti- ja korkeusasemat. Piirroksesta on nähtävillä myös putkien liitospisteet runkoihin, putkikoot, kaivojen paikat ja tonttisulkujen sijainti.

Sähkösuunnittelijan, arkkitehdin asemapiirroksen pohjalta, laatimasta sähköasemapiirroksista käy ilmi liittymiskaapeleiden asennusreitit, sähköpääkeskuksen sijainti sekä kaikki tontin sisäiset, maahan asennetut kaapelit ja varausputket. Sähköasemapiirroksessa on myös esitetty tontilla sijaitsevat valaisimet, autosähkötolpat ja ilmalinjat.

## **Rakennepiirrokset**

Maanpaineisiin liittyvissä maarakennustöissä esiintyvät rakennepiirrokset ovat yleensä geo- tai rakennesuunnittelijan laatimia piirroksia, joissa esitetään piirroksin tehtävän työn vaiheita ja niihin liittyviä rakenteita. Rakennepiirrokset ovat yksityiskohtaisia suunnitelmia, jotka ovat jokaisessa työkohteessa erilaiset. Saneerattavan maanpaineisiin maarakennustöissä yleisiä rakennepiirroksia ovat erilaiset tasopiirrokset ja niitä selventävät leikkauspiirrokset.

Geo- tai rakennesuunnittelijan piirtämässä asemapiirroksessa on annettu tarvittavat päämitat työn asemointiin. Mitta-asempiirroksessa selviää mm. saneerattavan kohteen sijainti tontilla, työalueen ja kaivannon rajat, maanpaineeseen sijainti ja anturat sekä kaivantotuen sijainti maanpaineeseen nähden. Asemapiirroksessa ei tarvitse näkyä koko rakennuksen sijaintia tontilla, vaan ainoastaan saneerattava osuus (liite 1).

Perustusrakenteita kuvataan yleensä ylhäältä päin esitettyin tasopiirroksin ja pystysuunnassa esitettyin leikkauspiirroksin. Perustusten tasopiirroksessa on kuvattuna yleensä anturat, routaeristeiden sijainti, maanpaineeseen, kaivantotukiseinä, anturoita ympäröivät salaojat ja salaojakaivot. Tasopiirroksessa on annettu mittoja esimerkiksi anturoiden reunojen ja salaojien etäisyyksistä maanpaineeseen. Anturoiden ylä- ja alapintojen sekä salaojien korkeusasemat on esitetty perustusten tasokuvissa. Tasopiirrosta selventävien leikkauspiirrosten kohdat näkyvät perustusten tasopiirroksista.

Leikkauspiirros on tarkentava kuvaus yksittäisestä kohdasta työkohteesta. Leikkauspiirroksista selviää rakenteet, jotka sillä kohtaa työkohteesta sijaitsee. Leikkauspiirroksessa on kuvattuna esimerkiksi maanpaineeseen anturoineen, kaivantotukiseinä tuettuna, kaivutasot, salaojien sijainti ja maanpinnan taso (liite 2). Lisäksi rakennepiirroksiin kuuluvat rakennetyypit, jotka ovat leikkauspiirroksia yksittäisistä rakenteista, esimerkiksi maanpaineeseen.

### **Kaivantosuunnitelma**

Kaivantosuunnitelma on rakenne-, geo- tai pohjarakennesuunnittelijan laatima suunnitelma kaivantotyön tekemiseen. Kaivantosuunnitelma sisältää tiedot maaperästä, pohjaveden käyttäytymisestä lähiympäristössä, kaivantojen luiskauksesta ja tukemisesta sekä kaivumassojen läjityksestä. Kaivantosuunnitelmassa esitetään kaivutyön vaiheistus ja työvaiheiden edellyttämät toimenpiteet, työhön varattu alue, pohjaveden työnaikainen hallinta, ympäristön tarkkailusuunnitelma ja muut erikoistoimenpi-

teet, kuten tärinämittaus. Kaivantosuunnitelma sisältää tarvittavat pohjarakennuspiirrokset ja sitä on täydennetty mahdollisin työselostein. (Vaara vaanii kaivannossa 2013.)

Kaivantosuunnitelman suunnitteluvaiheessa olisi hyvä ottaa urakoitsija mukaan suunnitteluun, varsinkin silloin kun työssä käytetään kaivantotukia. Yhteistyössä suunnittelija ja urakoitsija voisivat ottaa huomioon urakoitsijan työmenetelmät ja kaluston ja sen pohjalta määrittää esimerkiksi kaivantotuen parhaan mahdollisen aseman. Yhteistyö suunnittelijan ja urakoitsijan välillä tässä vaiheessa nopeuttaisi suunnitelmien laadintaa ja kaivantotyönsuunnittelua. Yhteistyö on usein hankala järjestää, koska suunnittelijat laativat kaivantosuunnitelman ennen urakkatarjouskilpailua. (Tuominiemi 2017.)

### **Työselostus**

Suunnittelijat laativat työselostuksia sellaisista työvaiheista, joissa vaaditaan poikkeuksellista tarkkuutta, erityistä ammattiosaamista tai käsitellään erikoisia materiaaleja. Työselostuksen avulla voidaan määrittellä työvaiheen laatutasoa kuvaamalla erikseen työjärjestys, työtapojen yksityiskohdat, menetelmät ja muut työsuorituksen laatuun vaikuttavat yksityiskohdat. Työselostuksen tarkoituksena on kertoa työn teki-jälle, kuinka työ tehdään ja millä materiaalivaatimuksilla. (Tiula n.d, 5.)

## 2.3.Tarvittavat luvat ja näytöt

### **Katutyölupa**

Katutyölupa tarvitaan silloin kun työmaa ulottuu kaupungin tai kunnan katualueelle tai yleiselle alueelle. Työstä vastaava tekee ilmoituksen tehtävästä työstä viimeistään 21 vuorokautta ennen työn aloittamista. Työn voi aloittaa heti, kun kunta tai kaupunki on antanut suostumuksensa työn aloitukseen ja alkukatselmus on pidetty. (Kattujen ja muiden yleisten alueiden työlupaohjeet ja –ehdot Jyväskylässä 2017.)

Ilmoituksen liitteeksi on tehtävä selvitys työmaan vaatiman alueen laajuudesta, työn arvioidusta kestosta sekä työssä käytettävien koneiden ja materiaalien sijoittumisesta alueelle. Ilmoituksessa esitetään myös liikenteenohjaussuunnitelma sekä työstä vastaava henkilö ja hänen ammattipätevyytensä. (Katujen ja muiden yleisten alueiden työluoahjeet ja –ehdot Jyväskylässä 2017.)

### **Melulupa**

Ympäristösuojelulain (YSL 527/2014) pykälän 118 mukaisesti urakoitsijan on tehtävä kunnan tai kaupungin ympäristösuojeluviranomaiselle kirjallinen ilmoitus melua tai tärinää aiheuttavasta toimenpiteestä. Ilmoitus on tehtävä mikäli melun tai tärinän oletetaan olevan erityisen häiritsevää. Maarakentamisessa tällaisia työvaiheita ovat mm. paalutus ja pontitus. Ilmoitus on tehtävä viimeistään 30 vuorokautta ennen työn ryhtymistä. Työtä ei saa aloittaa, ennen kuin ilmoituksen tekemisestä on kulunut 30 vuorokautta. (Melua tai tärinää aiheuttava tilapäinen toiminta 2014.)

### **Tulityöluo**

Tulityöluo oikeuttaa työntekijän tekemään työvaiheita, joissa on tulipalon syttymisriski. Tulityöluvan antaa yleensä pääurakoitsijan edustaja tai vakuutusnottajan tulityösuunnitelmassa mainittu henkilö. Tulityöluvan myöntäjä selvittää tulityöntekijälle turvatoimet, tulityöpaikan, sallitut tulityöt ja tulityöluvan määräajan. Tulityöluvan myöntäjällä ja tulityöntekijällä täytyy olla voimassa oleva tulityökortti. (Tulityöt turvallisuusohje 2017.)

Tulityöluvassa nimetty tulityöntekijä tarvitsee tulityön tekemiseen tulityövartijan. Tulityövartijan tehtävä on valvoa tulityön tekemistä. Tulityön päätyttyä tulityövartija jää jälkivartioon tulityöpaikalle. Tulityöluvan myöntäjä määrittää keston jälkivartionille. (Tulityöt turvallisuusohje 2017.)



## **Tärinämittaus**

Kaivantotuen, tässä tapauksessa teräsponsittiseinän, asennuksessa ja purkamisessa sekä tiivistystyössä tehtävästä tärytiivistyksestä syntyy rakennustärinää. Pohjatutkimuksen yhteydessä tehdystä ympäristöselvityksestä ilmenee rakennustärinän vaikutusalue kaivannon ympärillä. Vaikutusalueelta suunnittelija on selvittänyt rakennusten, rakenteiden ja tekniikoiden perustamistavat, perustamistasot ja kunnan sekä rakennustärinälle herkäät laitteet ja rakenteet. (RIL 263-2014, 28-29.)

Tärinän vaikutusta mitataan tärinämittareilla. Suunnittelijan laatimasta työselostuksesta ilmenee: montako tärinämittaria tarvitaan, mihin ne asennetaan ja mitkä ovat mitattavat tärinän raja-arvot. Ennen tärinää aiheuttavan työvaiheen alkua pidetään suunnittelijan kanssa katselmus, jonka yhteydessä selviää tärinämittareiden asennuspaikat. Tärinämittareiden hankinta, asennus, hoito ja raja-arvojen tarkkailu kuuluvat maarakennusurakoitsijalle, eli yleensä maarakennustyönjohtajalle. (Jääskeläinen 2010, 250.)

## **Johtotiedot**

Ennen työhön ryhtymistä kaikissa maarakennuskohteissa tulee selvittää alueen maanalaisten johtojen sekä ilmajohtojen sijainnit ja niiden laatu. Suunnittelijoiden piirroksista selviää sähkö- ja telejohtimien reitit sekä muut maanalaiset putket työmaan vaikutuspiirissä ja lähistöllä. Mikäli työkohteen johtotietojen selvittäminen jää maaurakoitsijan tehtäväksi maarakennustyönjohtaja tilaa johtokartat kaupungilta tai energialaitokselta. Energialaitosten johtokartoissa ei näy mahdollisia telejohtimia eikä tontin sisäisiä johtimia. Telejohtimien paikkatiedot tulee selvittää teleoperaattoreiden asiakaspalvelusta ja tontin sisäisten johtimien sijainnit tontin omistajalta. (Kaapeleiden varomisohteet 2014.)

Ennen kaivutyön aloittamista maarakennustyönjohtaja voi tilata kaivualueelle kaapeleiden näytön. Kaapelinäytössä kaivualueella sijaitsevat johtimet kartoitetaan peilaa-

malla ja merkitään johdinreitit maalaamalla maastoon. Kaapelinäytön tilaama henkilön tai hänen valtuuttamansa edustajan, on oltava paikalla kaapelinäytön ajan. Kaivutyön ulottuessa kaapeleiden läheisyyteen on työssä noudatettava yleisiä ohjeita ja määräyksiä sekä kaapeleiden ja johtimien omistajien ohjeistuksia ja määräyksiä. (Kaapeleiden varomisohteet 2014.)

### **Aloituskatselmus**

Aloituskatselmus pidetään työmaalla ennen töiden aloittamista. Aloituskselmuksessa ovat läsnä maarakennustyönjohtaja, rakennuttajan edustaja, kohteen pääsuunnittelija ja mahdollisesti rakennusvalvonnan edustaja, jos työkohte vaatii rakennuslupa. Saneerauskohteessa riittää yleensä rakennusvalvonnan myöntämä toimenpidelupa työn aloittamiseen. Toimenpidelupaa hakevat rakennuttaja ja urakoitsija yhdessä. Toimenpideluvassa on nimettävä työstä vastaava, joka on yleensä maarakennustyönjohtaja. (Tuominiemi 2017.)

Aloituskatselmuksessa sovitaan osapuolten kesken työjärjestys, toimintatavat, tiedottamisen menettely ja turvallisuusasiat. Aloituskselmuksessa käydään läpi tarvittavat luvat, vastuut, suunnitelma-asiat ja työmaan lähtötilanne. Työmaan lähtötilanne ja työmaata ympäröivät rakenteet ja rakennukset dokumentoidaan digikuvin ja tehdään mahdolliset tarkemittaukset. (Tuominiemi 2017.)

### **Loppukatselmus**

Loppukatselmus pidetään työmaalla töiden valmistuttua. Loppukatselmukseen osallistuvat samat osapuolet kuin aloituskselmukseen. Loppukatselmuksessa käydään läpi tehdyt työt ja todetaan lopputuloksen sopimuksen mukaisuus. Työstä vastaava luovuttaa suunnittelijalle tehdystä työstä tarkepiirroksia lopullisia piirroksia varten. Työmaata ympäröivät rakenteet ja rakennukset katselmoidaan mahdollisten vaurioiden osalta. Lopputarkastuksessa sovitaan korjaus- ja muutostoimenpiteet, mikäli niille on tarvetta. (Tuominiemi 2017.)

## 2.4. Työnjohtajan suunnitelmat

### **Työmaasuunnitelma**

Työmaasuunnitelma on kuvaus työmaa-alueesta ja sen käytöstä. Päätoteuttaja laatii VNA 205/2009 11§:n mukaisesti rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelman. Työmaan rakennusvaiheet muuttuvat jatkuvasti, joten työmaasuunnitelmaa tulee jatkuvasti päivittää. Maarakennustyönjohtajan on suositeltavaa osallistua työmaasuunnitelman laadintaan oman työnsä osalta. Maarakennustöihin liittyvässä työmaasuunnitelmassa otetaan huomioon kaivu- ja täyttömassojen sijoittaminen, koneiden vaatima tila, kaivantojen tuenta, teräsponttien varastointialue, työmaatiet, reitit kaivantoon, kaivantojen suojaus sekä liukkauden ja pölyn hallinta.

### **Turvallisuussuunnitelma**

Turvallisuussuunnitelmassa on esitetty kirjallisesti työmaan työturvallisuusasiat. Turvallisuussuunnitelma on lakisääteinen (VNA 205/2009 10§) ja sen laatii päätoteuttaja. Maarakennustyönjohtaja vastaa omien työntekijöidensä turvallisuudesta sekä heidän perehdyttämisestä työmaahan ja sen olosuhteisiin. Maarakennustöitä tehtäessä on huolehdittava, ettei toiminnasta aiheudu vaaraa muille työmaalla työskenteleville tai työmaan ulkopuolisille henkilöille. Töiden yhteensovituspalaverissa työnjohtajat sopivat työmaa-alueiden käytöstä ja aikataulusta, mahdollisten päällekkäisten työvaiheiden välttämiseksi. Maarakennustyönjohtaja vastaa käyttämiensä koneiden ja laitteiden sekä työmenetelmien turvallisuudesta. Samalla on huolehdittava, että työn riskit on kartoitettu ja, että työ voidaan tehdä turvallisesti ja eri työvaiheet oikein ajoitettuna. (Mikkonen n.d, 4-5.) Maarakennustyönjohtaja tekee tarvittaessa vaativista työvaiheista erillisiä työsuunnitelmia, esimerkiksi kaivantotyösuunnitelman.

Maarakennustyömaan työnjohtaja tai hänen nimeämä henkilö voi käyttää MVR-mittaria lakisääteisten viikoittaisten kunnossapitotarkastusten tekemiseen. Mittauksessa havainnoidaan koko työmaa pienissä alueissa kerrallaan, käyttämällä vakiolomaketta ja tekemällä kunnossa tai korjattavaa -merkintöjä keskeisistä työtapaturmiin vaikuttavista asioista. Havainnoista saadaan työmaan MVR-taso, joka kertoo kunnossa olevien asioiden suhteen kaikkiin tehtyihin havaintoihin. MVR-taso on sata prosenttia silloin, kun kaikki havainnoitavat asiat ovat tarkastuksen aikana kunnossa. MVR-tason mittaukseen on olemassa valmis lomake (liite 3). (MVR-mittari 2015.)

### **Kaivantotyösuunnitelma**

Maarakennusurakoitsija laatii kaivantotyösuunnitelman rakenne-, -geo tai pohjarakennesuunnittelijan tekemän kaivantosuunnitelman pohjalta ja hyväksyttää sen työn tilaajalla ennen työn aloittamista. Kaivantotyösuunnitelmassa tuodaan esille käytettävät työmenetelmät, työn vaiheistus, materiaalit, kalusto ja toimenpiteet turvallisen työskentelyn varmistamiseksi. Kaivantotyösuunnitelma sisältää tarvittavat tarkkailutoimenpiteet esimerkiksi ympäristön, pohjaveden ja tärinän seurantaan. (Vaara vaarallisuudessa kaivannossa 2013.)

## **3 Kaivantotyö**

### **3.1. Yleiskaivutaso**

Maarakennuskohteen kaivutyössä ensimmäinen kaivuvaihe on yleiskaivutasoon kaivaminen, kun kaivanto tehdään luiskattuna. Yleiskaivutaso on kaivannon tasopinta, joka toimii tarkemman kaivutyön työalustana. Ennen varsinaista yleiskaivutason kaivua, on työkohteesta poistettu pintarakenteet ja siirretty kaivun edestä

mahdollisesti työtä haittaavat kaapelit ja tekniikat. Yleiskaivutaso, kaivannon laajuus ja lopullinen pohjan taso on määritelty suunnitelmissa. Pääsääntöisesti yleiskaivutaso riippuu maaperän laadusta ja häiriintymisherkkyydestä. (RIL 132-2000, 28.)

Kaivannon tekemiseen käytetään kaivantotukea, ellei kaivantotyötä voida suorittaa luiskattuna kaivantona. Kaivantotukea vaativassa työssä yleiskaivutasona pidetään yleisesti kaivantotuen asennustasoa. Teräsponttiseinää kaivantotukena käytettäessä yleiskaivutaso on teräspontin asennustaso. Kaivanto tehdään luiskattuna kaivantona yleiskaivutasoon saakka. Kaivannon leikkauspohja toimii teräspontin asennuksen työalustana.

### 3.2. Luiskattu kaivanto

Kaivannon luiskaus on yleisin kaivannon toteutustapa. Luiskaus on yleensä tuentaa edullisempi kaivannon toteutustapa, mikäli olosuhteiden kannalta molemmat ovat hyväksyttäviä vaihtoehtoja. Kaivannon toteutusmuotona luiskaus vaatii enemmän tilaa kuin tuenta ja siitä johtuen luiskaus lisää mm. kaivu-, täyttö- ja pintarakennetöitä maansiirtoineen. (RIL 263-2014, 44-45.)

Tukematon kaivanto tulee olla luiskattuna suunnitelmien mukaan siten, ettei kaivanto aiheuta vaaraa kenellekään missään olosuhteissa. Riittävällä luiskakaltevuudella saadaan riittävä varmuus kaivannon murtumista vastaan kaikissa olosuhteissa. Luiskakaltevuuteen vaikuttavat olosuhdetekijät ja vallitseva maalaji. Huomioitavia olosuhdetekijöitä ovat mm. kaivannon aukioloaika, routiminen, roudan sulaminen, sade, pohjaveden korkeus ja tärinä. Maalajin vaikutuksesta tukemattoman kaivannon luiskakaltevuuteen on olemassa ohjeavot (liite 4). (RIL 132-2000, 30-32.)

Maarakennustyönjohtajan tulee jatkuvasti tarkkailla kaivannon luiskien käyttäytymistä. Mikäli luiskien läheisyydessä havaitaan vetohalkeamia, tulee luiskaa loiventaa tai kaivantoa täyttää. Luiskan sivusuuntaisia siirtymiä voi tarkkailla esimerkiksi luiskan

yläreunaan asennettujen linjakeppien avulla, mikäli kepit alkavat kallistua on luiskassa tapahtunut muutoksia. Kaivannon luiskan yläreunan työaikaiseen käyttöön tulee kiinnittää erityistä huomiota luiskan sortumisvaaran vuoksi. Työkoneiden etäisyys ja kaivumassojen läjitys kaivannon luiskan yläreunan suhteen on harkittava tarkoin. (RIL 132-2000, 30-31.)

### 3.3.Tuettu kaivanto

Työkohteessa, jossa kaivantoa ei voida toteuttaa luiskattuna, kaivanto toteutetaan tuettuna. Kaivanto on perusteltua toteuttaa tuettuna mm. silloin kun käytettävissä oleva tila on riittämätön tai työmaan toimintaympäristö asettaa rajoitteita kaivannon toteutukselle. (RIL 263-2014, 44-45.)

Suunnittelija päättää kaivannon toteutustavan tehtyjen tutkimusten, maaperän ja kaivannon vaativuuden perusteella. Suunnittelija laatii kaivantosuunnitelman valtioneuvoston asetuksen VNA 205/2009 34§:n määrittelemien turvallisuusehtojen pohjalta. (RIL 263-2014, 44.)

Saneerauskohteissa kaivannon toteutustapa määräytyy usein käytettävissä olevan tilan ja työmaan toimintaympäristön perusteella. Kaivannon toteuttaminen tuettuna antaa työmaalle enemmän toimintatilaa ja tehostaa työmaan logistisia toimintoja. Saneerauskohteissa on usein aikaisemmin rakennettua tekniikkaa, jotka voidaan kaivannon tukemisella jättää paikoilleen. Tällöin vältetään työläitä tekniikan siirto-operaatioilta. (RIL 263-2014, 44-45.)

### 3.4. Kaivantotyö tuetussa kaivannossa

Kaivantotuen ja maanpaineseinän välissä tehtävät kaivutyöt edellyttävät huolellista kaivantotyösuunnitelmaa. Kaivantotyösuunnitelmassa kiinnitetään erityisesti huomiota käytettäviin työmenetelmiin ja työn vaiheistukseen (RIL 263-2014, 44-45). Maaurakoitsijan ja rakennesuunnittelijan yhteistyö on ensiarvoisen tärkeää kaivantotyön toteuttamiseksi. Suunnittelija määrittelee esimerkiksi kuinka pitkälle kaivantoa voi kerralla kaivaa auki, ettei kaivantotuki aiheuta maanpaineisiin kohtuutonta rasitusta. Kaivantotyötä rajoittavat tekijät vaikuttavat mm. kaivantotyön vaiheistukseen.

Kaivantotyö aloitetaan työmaatien ja tarvittavien työskentely alueiden rakentamisella. Kaivannosta kaivettuja maa-aineksia ei yleensä pystytä läjittämään työmaalle tilan puutteen vuoksi, joten ne on ajettava pois. Kaivannon kaivaminen määräsyvyyteen kannattaa aloittaa rakennettavien salaojien alimmasta kohdasta veden virtausuuntaa vastaan, koska se helpottaa osaltaan kaivannon työnaikaista kuivatusta.

Kaivannon kuivatuksesta on huolehdittava siten, että kaivannossa tehtävät työt voidaan riskittömästi suorittaa. Pohjaveteen liittyvät toimenpiteet ja mahdollinen pohjaveden alennus tehdään erillisen pohjavedenhallintasuunnitelman mukaan. Yleensä kaivannon kuivatus hoidetaan pumppaamalla vettä erillisistä pumppukuopista tai laskemalla pohjavedentasoa tyhjiöpumppaamalla vettä maahan upotettujen imuputkien avulla. Pumppukuopat kaivetaan tavoitekaivutason alapuolelle ja sijoitetaan siten, että ne eivät estä perusmaan varaan sijoitettavien rakenteiden tekemistä. (RIL 132-2000, 33; RIL 263-2014, 72.)

Kaivannon ulkopuolisten pintavesien pääsy kaivantoon estetään niskaojien tai maanpinnan muotoilun avulla (RIL 132-2000, 33). Kaivantotukena käytettävä teräsponttiseinä on yleensä riittävän vesitiivis työnaikainen tukiseinärakenne (RIL 263-2014, 48). Maarakennustyönjohtajan tulee tarkkailla kaivannon kuivatusta koko kaivutyön ajan,

koska kaivupohjan tulee säilyä häiriintymättömänä ja säilyttää kantavuutensa mm. putkirakenteita perustettaessa (RIL 132-2000, 33).

### **Pilaantuneet maat**

Kaivantotyön yhteydessä tarkkaillaan aistinvaraisesti kaivannosta lähteviä kaivumaita mahdollisten pilaantuneiden maa-aineksien varalta. Kaivumaita on syytä tarkkailla varsinkin silloin, kun tiedetään tontilla aiemmin sijainneen esimerkiksi korjaamotointia. (Jääskeläinen 2005, 14.) Pilaantunut maa haisee voimakkaasti ja on usein värittään erilaista kuin ympärillä vallitseva perusmaa.

Epäily mahdollisesti pilaantuneesta maa-aineksesta ilmoitetaan rakennuttajan edustajalle, joka ilmoittaa asiasta ympäristöviranomaiselle. Pilaantuneiden maa-aineksien laatu ja pilaantuneiden alueiden laajuus selvitetään työmaalla rakennuttajan tilaaman ympäristötekniikan valvojan toimesta. Ympäristötekniikan valvoja antaa maa-ainesten käsittelyyn liittyvät ohjeistukset. Pilaantuneeksi epäiltyjä maa-aineksia ei saa käsitellä työmaalla eikä kuljettaa työmaalta ilman ympäristötekniikan valvojan lupaa.

### **3.5. Kaapelien työnaikainen tukeminen**

Työmaalla sijaitsevien maanalaisten kaapelien käsittely ja tuenta tehdään kaapelien omistajien luvalla, heidän antamia ohjeita noudattaen. Kaapelien käsittelyyn liittyvät työt suorittaa ensisijaisesti kaapelien omistajat, mutta hyvin usein omistajat valtuuttavat maaurakoitsijan tekemään työmaalla tarvittavat toimenpiteet. Kaapelien työaikaisessa tuennassa tulee ottaa huomioon, ettei kaapelille annettua taivutussädettä aliteta ja että kaapeliin kohdistuva vetorasitus minimoidaan. (Kaapelien varomisohteet 2014.)

Tuettuna kaivantona toteutetussa kaivannossa sijaitsevien kaapelien tukeminen osoittautuu yleensä haastavaksi. Maanpaineeseen ja kaivantotuen välissä sijaitsevat kaapelit ovat kaivantotyön vastuksina koko urakan ajan. Seinän varren kaapelit on



tuettava siten, että ne pysyvät vaurioitumattomina kaikissa työvaiheissa. Kaapelit voidaan tukea maanpaineseinään kiinnitettyjen kaapelitukien varaan (kuvio 1) tai maanpaineseinän ulokkeiden päälle (kuvio 2). Kaapelien tuentamenetelmät on hyväksyttävä kaapelien omistajilla.



Kuvio 1. Kaapelien tuenta kaapelitukien varaan (Hautanen n.d.).



Kuvio 2. Kaapelien tuenta maanpaineseinän ulokkeiden päälle.

## 4 Teräsponttiseinä kaivantotukena

### 4.1. Teräsponttiseinä

Teräsponttiseinä on yleisin syvien kaivantojen tukiseinätyyppi. Teräsponttiseinä on suosituin tukiseinätyyppi, koska se on nopea asentaa ja purkaa. Lisäksi teräspontteja voidaan käyttää uudelleen kerta toisensa jälkeen. Teräsponttiseinän käyttö soveltuu hyvin Suomen maalajeihin. Teräsponttien käyttöä rajoittavat hyvin karkeat kitkamaakerrokset ja kiviset maakerrokset. (RIL 263-2014, 47.)

Teräsponttiseinä rakennetaan maahan upotettavista teräsponteista (kuvio 3). Teräspontti on lukkoprofiilein varustettu teräslevy, jonka leveys on yleensä 500mm-600mm, pituus 6m-18m ja seinämän ainesvahvuus 7,5mm-16,5mm (Onninen. Teräspontit). Teräspontteja on saatavilla eri ainevahvuuksilla ja jäykkyyksillä, käyttötarkoituksen mukaan. Ponteissa on lukkourat, joilla pontit liitetään toisiinsa (kuvio 4).

Teräsponttiseinä rakentuu toisiinsa liitettävistä teräsponteista, jotka upotetaan maahan täryttämällä. Toisiinsa liitetyt pontit muodostavat yhtenäisen seinärakenteen. Pontit tärytetään suunnittelijan määräämään pontin alapään tavoitetasoon, joka on yleensä tietty taso kaivannon tavoitesyvyyden alapuolella. Tavoitetasoon lyöty teräsponttiseinä jäykistetään teräksisin vaakapalkkein rakennesuunnitelmien mukaan. Jäykistetty ponttiseinä tuetaan paikoilleen joko seinän sisäpuolisten poikkitukien avulla valmiina oleviin rakenteisiin, esimerkiksi maanpaineisiin, tai ankkuroimalla ponttiseinän takaisiin maakerroksiin tai kallioon. Suunnittelija määrittelee ponttiseinän tuentaan tarvittavien ankkureiden tai poikittaistukien määrän ja asennustasot. (Jääskeläinen 2005, 128-129; Rantamäki & Tammirinne 1979, 115-117.)



Kuvio 3. Teräspontteja.



Kuvio 4. Lukkourat.

## 4.2. Teräsponttiseinän asennus

Teräsponttiseinän asennus voidaan tehdä joko luiskatun kaivannon leikkauspohjalla olevalta työalustalta tai kaivannon luiskan yläreunalta. Teräspontin asennustapa riippuu kaivantoa ympäröivästä tilasta ja vallitsevasta maalajista. Teräspontit upotetaan maahan täryttämällä, käyttäen kaivinkoneeseen liitettävää hydraulista ponttivasaraa (kuvio 5) (RIL 263-2014, 182).

Teräsponttien upotus aloitetaan asettamalla ensimmäinen pontti mahdollisimman suoraan tulevalle tukiseinälinjalle. Seuraava pontti asetetaan edellisen pontin lukkouraan ja tärytetään paikoilleen. Pontteja kannattaa asentaa vuorotellen ensimmäisen pontin molemmin puolin, koska pontit pyrkivät kallistumaan pontitustyön etenemissuuntaan nähden (RIL 263-2014, 161). Tukiseinälinjalla pysymisen varmistamiseksi asennetaan kaivannon pohjalle vaakatasoon teräspontti, jonka avulla pontit saadaan pysymään oikealla linjalla (kuvio 6). Ponttien upotusta maahan ja tukiseinälinjalla pysymistä voidaan parantaa täryttämällä pontit useamman pontin ryhminä (RIL 263-2014, 161). Ponttiryhmän pontteja tärytetään vuorotellen, jolloin pontit upoavat maahan helpommin.

Sujuvan pontitustyön varmistamiseksi tulisi työmaalla olla toinen kaivinkone. Kaivinkoneella kaivetaan tukiseinälinjalta joko ennakkoon tai pontitustyön yhteydessä ponttien asennusta haittaavat kivet. Kaivinkone toimii myös apuna asennettavien teräsponttien siirtelyssä pontitustyötä tekeväälle kaivinkoneelle.

Maarakennustyönjohtajan tulee seurata ponttien käyttäytymistä koko pontitustyön ajan. Mikäli pontit eivät uppoa määräsyyvyteen tai ne karkaavat tavoitetason alapuolelle, tulee asiasta ottaa viipymättä yhteys pohjarakennesuunnittelijaan. Asennettujen teräsponttien yläpäihin maalataan merkkausmaalilla pontin pituus, jotta myöhemmin tiedetään minkä mittaisiin pontteja on käytetty (RIL 263-2014, 161-162).

Teräsponttien asennuksen jälkeen ponttiseinä jäykistetään vaakaan asennetuin teräspalkkein (kuvio 7). Ponttien yläpäät kaivetaan kaivannon puolelta esiin ensimmäiseen tuentatasoon asti. Teräspalkit asetetaan pontteihin hitsattujen tukirautojen vaaraan ja hitsataan kiinni ponttiseinään, suunnittelijan antaman ohjeistuksen mukaan. Teräspalkkien asennuksessa on huomioitava myöhemmin tapahtuva tuentojen purkaminen. Palkkien kiinnitykset ja hitsaukset on toteutettava siten, että tuentojen purkaminen on turvallista ja nopeaa.



Kuvio 5. Ponttivasara.



Kuvio 6. Teräspontti linjauksen ohjurina.



Kuvio 7. Ponttiseinä jäykistetty teräspalkilla.

### 4.3. Teräsponttiseinän tukeminen maanpaineisiin

Teräsponttiseinä tuetaan maanpaineisiin poikkitukia käyttäen (kuvio 8). Poikkituet toimivat kaivannon sisäpuolisina puristussauvoina, joiden tehtävänä on johtaa ponttiseinään kohdistuvia kuormia maanpaineisiin. Poikkitukena käytetään yleensä teräspalkkia tai teräsputkea. (RIL 263-2014, 63.) Rakennesuunnittelija määrittelee poikkitukien materiaalivaatimukset, sijainnit ja asennustavan.

Poikkituki asennetaan maanpaineisiin, tai maanpaineisen ulokkeeseen, teräksisen konsolin kautta. Konsolin tarkoituksena on jakaa laajemmalle alueelle poikkituen maanpaineiselle johtamaa pistekuormaa (Tuominiemi 2017). Konsolina käytetään yleensä teräslevyä (kuvio 9) tai teräspontin pätkeä. Konsoli kiinnitetään maanpaineisiin mekaanisten ankkurien tai teräksisten kierretankojen avulla. Poikkituki asennetaan hitsaamalla kiinni konsoliin.

Poikkituen toinen pää kiinnitetään hitsaamalla ponttiseinän jäykisteenä toimivaan teräksiseen vaakapalkkiin. Poikkituen liitos vaakapalkkiin on tehtävä erityisen huolellisesti, jotta maanpaineen aiheuttama kuorma kohdistuisi keskeisesti poikkitukeen. Liitoksien rakentamisessa on noudatettava tarkoin rakennesuunnittelijan laatimia työohjeita, jotta tukirakenne kestää esimerkiksi tukiseinän muodonmuutokset tai työkooneen aiheuttaman kolhun (RIL 263-2014, 63).



Kuvio 8. Poikkituenta.



Kuvio 9. Konsoli.



### Poikkituki konepetinä

Poikkituennan käyttö konepetinä edellyttää rakennesuunnittelijan ja maaurakoitsijan yhteistyötä tuentojen suunnitteluvaiheessa (kuvio 10). Maaurakoitsija ilmoittaa rakennesuunnittelijalle tiedot käytettävästä kalustosta, tilan tarpeesta ja kaivannon toteuttamisen menetelmistä. Rakennesuunnittelija suunnittelee poikkituennan kestämään kaivutyössä käytettävän kaluston ja kaivusta aiheutuvat rasitukset.

Konepeti tehdään kahdesta teräsponnistista, jotka asetetaan poikkitukien päälle. Teräsponnttien alapintaan hitsataan kulmarautoista topparit, jotka estävät ponttien liukumisen poikkitukien päällä. Teräsponnttien toiseen päähän tehdään reiät, joista pontit sidotaan ketjuilla tai kuormaliinoilla poikkituentaan. Sidonnalla estetään teräsponnttien päiden mahdollinen nousu kaivutyön yhteydessä.

Kaivantotyössä käytettävä kaivinkone joko ajetaan tai nostetaan konepetinä toimivien teräsponnttien päälle. Konepetinä toimivien teräsponnttien yläpintaan hitsataan kulmaraudat rajoittamaan kaivinkoneen ajoa liian lähelle pontin ulkoreunaa. Kaivinkone ajetaan tehtävän kaivantotyön puoleiselle reunalle, rajoitin kulmarautoihin kiinni. Kaivinkone voidaan tarvittaessa kiinnittää paikoilleen ketjulla, sitomalla se esimerkiksi puskulevystä poikkituentaan.

Konepedille asennetulla kaivinkoneella kaivetaan silloin, kun teräsponnttiseinän ulkopuolella olevan kaivinkoneen ulottuma ei muuten riitä. Konepedillä olevalla kaivinkoneella kaivetaan maata maanpaineiseinän varresta ja nostetaan se teräsponnttiseinän ulkopuolelle. Teräsponnttiseinän ulkopuolelle nostetut maat kuormataan toisella kaivinkoneella kuorma-autoon. Mikäli konepedillä oleva kaivinkone ei yllä kaivun tavoitetasoon, lasketaan kaivannon pohjalle pienempi kaivinkone loppukaivun kaivamiseksi.

Konepedin päältä tehtävä kaivutyö edellyttää huolellista työvaiheiden suunnittelua maarakennustyönjohtajalta. Työnjohtajan on tarkkailtava teräsponnttiseinän tuentojen käyttäytymistä koko kaivutyön ajan. Mikäli teräsponnttiseinässä tai tuennoissa tapahtuu liikettä, tulee kaivutyö keskeyttää ja ottaa yhteyttä rakennesuunnittelijaan.

Maarakennustyönjohtajan on huolehdittava työntekijöiden riittävästä opastuksesta konepediltä tehtävän kaivutyön turvallisuuden varmistamiseksi.



Kuvio 10. Poikkituki konepetinä.

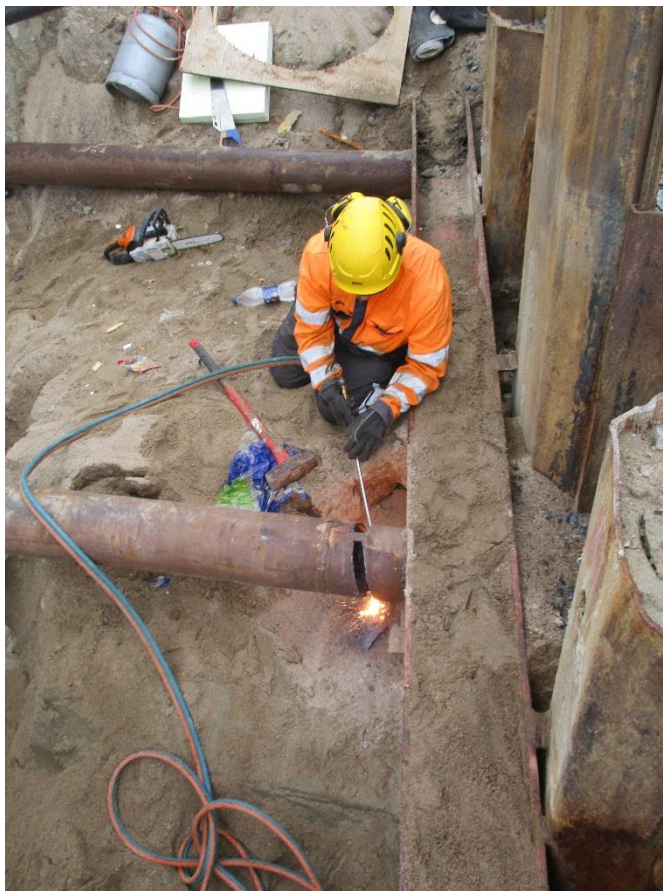
#### 4.4. Teräsponttiseinän purkaminen

Teräsponttiseinän purkaminen aloitetaan poikkitukien poistamisella. Poikkituet voidaan poistaa siinä vaiheessa, kun kaivannon täyttötyöt on tehty mahdollisimman lähelle poikkituen alapintaa. Poikkituet katkaistaan teräsponttiseinän jäykisteenä toimivan teräspalkin puoleisesta päästä. Poikkitukia katkaistaessa teräsponttiseinä pyrkii työntämään katkaisusaumaa kiinni. Katkaisuun käytetään polttoleikkausvälineitä (kuvio 11), koska maanpaineen aiheuttama, poikkitukeen kohdistuva puristusvoima

on tällöin helpommin hallittavissa. Mikäli katkaisuun käytettäisiin laikkaleikkuria, vaarana olisi laikan jumittuminen katkaisusaumaan. Katkaisun jälkeen irrotetaan konsoli poikkitukineen maanpaineisesta.

Teräsponttiseinän jäykisteinä toimineet teräspalkit poistetaan poikkitukien irrotuksen jälkeen. Teräspalkit polttoleikataan hitsauksistaan siten, ettei teräsponttiin synny vaurioita. Poistettava palkki kiinnitetään ketjulla kaivinkoneen nostokoukkuun irrotuksen ajaksi, ettei palkki irrotessaan aiheuta vaaratilannetta.

Teräspalkkien ja poikkitukien poiston jälkeen jatketaan täyttötöitä teräsponttien yläpintaan saakka. Täytön voi tehdä teräsponttien yläpäiden yläpuolelle yhtenäisen tiivistystyön varmistamiseksi. Ennen teräsponttien poistoa kaivetaan ponttien yläpäät näkyviin poistamisen vaatimassa laajuudessa (kuvio 12). Ponttien poisto tapahtuu täryttämällä kaivinkoneeseen liitettävällä hydraulisella ponttivasaralla kuten pontin asennuskin. Teräsponttien viereen tehdään tasainen työmaatie työalustaksi pontin poistoa varten. Ponttien poisto on nopeaa ja siksi työmaalle on varattava riittävästi tilaa ponttien varastointiin.



Kuvio 11. Poikkituen poisto polttoleikkaamalla.



Kuvio 12. Teräsponnit kaivettu näkyviin poistoa varten.

## 5 Täytöt

### 5.1. Salaojakaivannon täyttö

Maanpaineseinän ja tukiseinän välisen kaivannon täyttötyö aloitetaan anturan viereen sijoitetun salaojakaivannon täytöllä. Salaojan rakentamisessa noudatetaan suunnittelijan laatimia rakennussuunnitelmia perustusten kuivatuksesta. Rakennussuunnitelmissa esitetään mm. salaojien minimikaltevuus, materiaalivaatimukset ja salaojien perustustapa.

Salaojaputkina käytetään pääsääntöisesti muovisia, kaksoiseinämällä jäykistettyjä SN 8 luokan putkia. Salaojien tarkastuskaivot ovat yleensä sakkapesällä varustettuja, vähintään 400mm halkaisijaltaan olevia muovikaivoja. Syvissä kaivannoissa käytetään betonisia tai teräsbetonisia tarkastuskaivoja. (RIL 126-2009, 69-70.) Maanpaineisen saneerauskohteessa käytetään salaojien tarkastuskaivoina betonisia kaivoja joh-tuen kaivannon syvyydestä ja ahtaista työtiloista.

Salaojien rakentaminen kannattaa aloittaa kohdasta, jonne perustusten kuivatusvedet tullaan johtamaan (Infra RYL 2006, 305). Tämä kohta on yleensä salaojakaivan-non alin kohta, josta kuivatusvedet johdetaan edelleen joko sadevesiviemäriverkos-toon tai imeytetään maastoon. Salaojan rakentaminen alimmasta kohdasta veden virtaussuuntaa vastaan helpottaa kaivannon työaikaista kuivatusta. (RIL 126-2009, 81.)

Salaoja asennetaan yleensä suoraan suunnitelmissa määriteltyyn kaltevuuteen ta-satun perusmaan päälle. Salaojaputken ja perusmaan väliin laitetaan suodatinkangas. Suodatinkangas levitetään yhtenäisenä salaojaputken alta kaivannon seinämälle (ku-vio 13). Suodatinkangasta ei laiteta salaojan ja anturan väliin. Suodatinkangas estää maa-ainesten sekoittumisen ja perusmaassa olevan hienoaineksen pääsyn salaojara-kenteeseen. (RIL 126-2009, 84.)

Paikoilleen asennettu salaojaputki peitetään joko salaojasoralla tai sepelillä raken-nussuunnitelmassa annettujen materiaalivaatimusten mukaan (liite 5). Salaojaputken päälle tehdään alkutäyttö, jossa salaojaputken sivuilla tulee olla vähintään 100mm ja päällä vähintään 200mm salaojakiviainesta. Alkutäyttö tiivistetään koneellisesti, esi-merkiksi tärylevyllä. (RIL 126-2009, 84-85.)



Kuvio 13. Suodatinkangas perusmaan ja salaojaputken välissä.

## 5.2. Maanpaineseinän vierustäyttö

Salaojakaivannon alkutäytön jälkeen maanpaineseinän ja tukiseinän välisen kaivannon täyttöä jatketaan routimattomalla, vettä hyvin läpäisevällä maa-aineksella tai kaivumailla. Maanpaineseinän ja tukiseinän välinen etäisyys on pieni, joten useiden eri täyttömateriaalien käyttö ei ole työteknisesti järkevää. Kaivumaiden käytön sijasta täyttömateriaalina käytetään hiekkaa ja salaojasoraa. (RIL 126-2009, 85.)

Ennen täytön aloitusta maanpaineseinään ja anturan päälle asennetaan routaeriste (kuvio 14). Anturan päälle asennetun routaeristeen tehtävä on suojata anturan päällä olevaa vedeneristystä, mahdollisilta täyttötyössä tapahtuvilta mekaanisilta vaurioilta.

Maanpaineisiin asennetun routaeristeen tarkoitus on suojata vedeneristettä täyttötyössä tapahtuvalta mekaaniselta rasitukselta ja katkaista maasta johtuvan lämmön siirtyminen seinärakenteeseen. (Tuominiemi 2017.)

Täyttötyö etenee kaivannossa vaiheittain. Täytön eteneminen riippuu maanpaineisiin tehtävien työvaiheiden valmistumisesta. Täyttötyö joudutaan tekemään osissa, joten täyttö tehdään porrastetusti kerroksittain tiivistäen. Porrastetusti tehdyllä täytöllä varmistetaan jokaisen täyttökerroksen yhdenmukainen tiivistyminen. Kerrosten tiivistämisestä on annettu ohjeet perustussuunnitelmissa.

Maanpaineisiin viereen tehdään vähintään 200mm leveä salaojasorakerros, joka jatkuu yhtenäisenä salaojan alkutäyttökerroksesta maanpintaan saakka. Salaojasorakerros erotetaan muusta täyttömateriaalista tai perusmaasta levittämällä suodatinkangas salaojasorakerroksen ja muun täyttömateriaalin tai perusmaan väliin. Suodatinkankaan liitoskohdissa saumat limitetään vähintään 0,5m. (RIL 126-2009, 84-85.)

Betonisia salaojan tarkastuskaivoja korotetaan betonirenkain täytön edetessä (kuvio 15). Betonirenkain toteutettu salaojakaivo on helpompi rakentaa kuin muovinen salaojakaivo. Muovinen salaojakaivo olisi hankala tukea pystyyn korkeutensa vuoksi ja se olisi täyttötyön tiellä ahtaassa kaivannossa. Täyttötyö etenee vaiheittain teräsponttiseinän poikkitukien ja teräsponttiseinän purkuvaiheisiin saakka. Teräsponttiseinän purkamisen jälkeen kaivannon täyttö rakennetaan tulevien rakennekerrosten alapintaan saakka.



Kuvio 14. Routaeriste maanpaineseinän ja anturan suojana.



Kuvio 15. Betonirenkain toteutettu salaojakaivo.



### 5.3.Rakennekerrokset

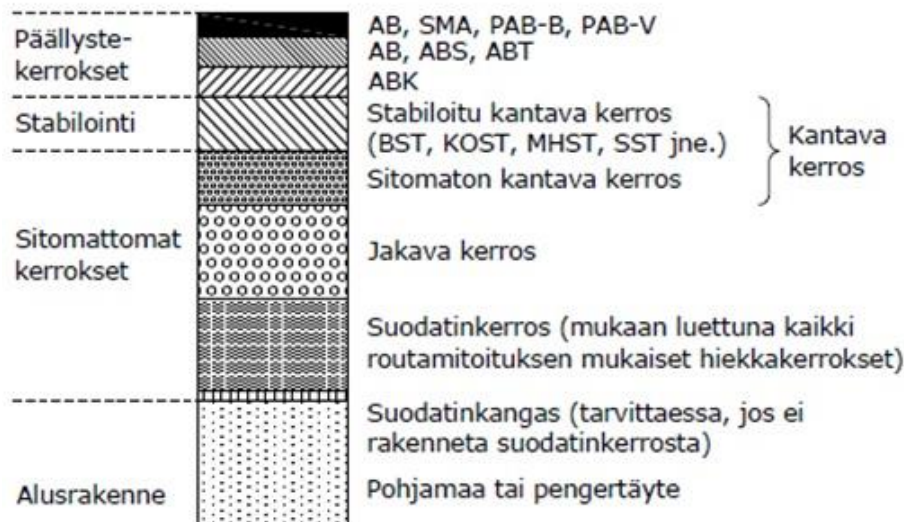
Maanpainesoinän vierustäyttö saatetaan loppuun tekemällä piha-alueen päällysrakenteen rakennekerrokset (kuvio 16). Saneerauskohteessa piharakenteet pyritään yleensä saattamaan samanlaisiksi kuin ne olivat kaivantotyön lähtötilanteessa. Kaivantotyö tehdään siten, että olevia piharakenteita jouduttaisiin uusimaan mahdollisimman vähän. Tästä johtuen rakennekerrokset tehdään vastaamaan alkuperäistä lähtötilannetta. Mikäli piha-alueen käyttötarkoitus muuttuu aiemmasta, niin uudet rakennekerrokset toteutetaan suunnittelijan antamien ohjeiden mukaan.

Uusien rakennekerrosten liittäminen vanhoihin rakennekerrokseen ei saa muodostaa epäjatkuvuus kohtaa. Vanhan ja uuden rakenteen liittymäkohdissa käytetään siirtymäkiilaa, mikäli uusien rakennekerrosten maa-ainesvahvuudet poikkeavat vanhoissa piharakenteissa oleviin rakennekerrokseen verrattuna. Siirtymäkiila on rakenne, joka tehdään tiettyyn kaltevuuteen ja syvyyteen tasaamaan vanhan ja uuden rakennekerroksen välille syntyviä routanousu- ja painumaeroja. Suunnittelija määrittelee siirtymäkiilan syvyyden, kaltevuuden ja rakentamisessa käytettävän materiaalin. (Infra RYL 2006, 72-73.)

Rakennekerrokset ylhäältäpäin:

- päällystekerrokset
- kantava kerros
- jakava kerros
- suodatinkerros
- alusrakenne.

Rakennekerroksissa käytettävien maa-ainesten tulee täyttää niille asetetut tiiveys-, kantavuus- ja rakeisuusvaatimukset (liite 6).



Kuvio 16. Rakennekerrokset (Infra RYL 2006, 109).

Suodatinkerros erottaa perusmaan ja rakennekerrokset toisistaan. Perusmaasta riippuen suodatinkerroksen ja perusmaan väliin asennetaan suodatinkangas, estämään maa-ainesten sekoittuminen keskenään. Suodatinkerros rakennetaan hiekasta kerroksittain tiivistäen (kuvio 17). Lisäksi suodatinkerros kuivattaa rakennekerroksia, vähentää veden kapillaarista nousua rakennekerrokseen sekä hidastaa roudan tunkeutumista perusmaahan. (Infra RYL 2006, 115.)

Jakava kerros rakennetaan suodatinkerroksen päälle kerroksittain tiivistäen. Jakava kerros jakaa pihaan kohdistuvia kuormitusrasituksia suodatinkerrokseen ja sitä kautta perusmaahan. Jakava kerros hidastaa roudan tunkeutumista perusmaahan ja tasaa roudan muodostumisesta aiheutuvia routanousueroja. (Infra RYL 2006, 115). Jakava kerroksen materiaalina käytetään yleensä soraa, mursketta tai soramursketta. (RIL 132-2000, 49.)

Kantava kerros jakaa pihaan kohdistuvia kuormituksia alemmille rakennekerroksille. Kantava kerros muodostaa jäykän ja lujan alustan pihan pintamateriaalia varten. Kantavan kerroksen pinta muotoillaan pihan kallistuksien mukaan, jotta pihan pintamateriaalin päälle muodostuvat sade- ja sulamisvedet voidaan hallitusti johtaa piha-alueelta. (Infra RYL 2006, 115.) Kantavan kerroksen materiaalina käytetään mursketta tai soramursketta (RIL 132-2000, 51).

Rakennekerrosten päälle rakennettava päällyste voi olla esimerkiksi asfaltti tai la-  
dottu pihakiveys. Päällyste rakennetaan pihan kallistuksiin muotoillun ja tiivistetyn  
kantavan kerroksen päälle. Päällysteestä riippumatta piha-alueen tulee kallistua  
3m:n matkalla vähintään 1:20 pois päin maanpaineisesta (RIL 234-2007, 57-58).



Kuvio 17. Suodatinkerros.

#### 5.4. Routasuojaus

Maanpaineisän routasuojaus tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Yleensä maanpaineisän routasuojauksena käytetään suulakepuristettuja polystyreenilevyjä eli XPS-eristelevyjä. Eristelevyt asennetaan vaakatasoon vähintään 300mm:n syvyyteen valmiista maanpinnasta (RIL 234-2007, 46). Tyypillisesti eristelevyt asennetaan päällysrakenteen suodatinkerrokseen seinänvarren kuivatuksen varmistamiseksi. Eristelevyjen asennusalusta tehdään sorasta ja tasataan 1:50 kaltevuus-

teen maanpaineseinästä ulospäin. Paikoilleen asennettujen eristelevyjen päälle laitetaan vähintään 100mm suodatinhiekkää eristelevyjen suojaksi (kuvio 18). Suodatinhiekan päälle rakennetaan päällysrakenteen kantavat kerrokset. (RIL 234-2007, 96.)



Kuvio 18. Paikoilleen asennetut eristelevyt.

## 6 Laadunvalvonta

### 6.1. Täyttömateriaalien hyväksyntä

Ennen työn aloittamista maarakennusurakoitsijan tulee osoittaa työssä käytettävien maa-ainesten vaatimustenmukaisuus työn tilaajalle. Maa-ainesten vaatimustenmukaisuus osoitetaan rakeisuuskäyrillä ja CE-todistuksilla. Rakeisuuskäyrät toimitetaan

suodatinkerroksen hiekasta, jakavan kerroksen sorasta tai murskeesta, kantavan kerroksen murskeesta, maanpaineseinän varren kuivatukseen käytettävästä sorasta tai sepelistä ja salaojien ympärillä käytettävästä sorasta tai sepelistä. Tarvittavat rakeisuuskäyrät tilataan materiaalien toimittajalta. Tarvittaessa maa-ainesten rakeisuuskäyrä määritellään työmaalta otettavan näytteen avulla. Työmaalta otetusta näytteestä tehdään seulonta, jonka tuloksena saadaan maa-aineksen rakeisuuskäyrä. Työmaalta otetaan näyte, mikäli työn tilaaja niin vaatii tai työmaalla epäillään käytettävän maa-aineksen kelpoisuutta.

Rakeisuuskäyrien lisäksi maarakennusurakoitsija toimittaa työn tilaajalle CE-todistukset rakennuskäyttöön jalostetuista maa- ja kiviaineksista. CE-merkinnällä todistetaan työssä käytettävän maa- tai kiviaineksen vaatimustenmukaisuus. CE-todistus toimitetaan työssä käytettävästä sepelistä ja murskeesta. Maarakennusurakoitsija saa työssä käytettävien maa- ja kiviainesten CE-todistukset materiaalien toimittajalta.

## 6.2.Kantavuus- ja tiiveyskokeet

Maanpaineseinän varren täyttöjen ja rakennekerrosten tiivistystöiden laatua mitataan kantavuus- ja tiiveyskokein. Kantavuus- ja tiiveyskokeita tehdään työmaalla täyttöön aloitusvaiheesta aina kantavan kerroksen pintaan asti. Kantavuus- ja tiiveyskokeiden lukumäärä ja mitattavien täyttökerroksien sijainti- ja korkeusasemat mainitaan rakennusselostuksessa. Maarakennusurakoitsija tilaa kantavuus- ja tiiveyskokeiden tekijän työmaalle.

Kantavuus- ja tiiveyskokeet tehdään yleensä Loadman-pudotuspainolaitteella. Laitte on kevyt käsitellä työmaalla ja sen avulla voidaan suorittaa mittauksia myös ahtaissa paikoissa. Mittaus tapahtuu asettamalla erillinen aluslevy tiivistetyn täytön pinnalle. Pudotuspainolaite asetetaan aluslevyn päälle. Laitteen sisällä on punnus, jota pudotetaan aluslevyn päälle. Laitte mittaa punnuksen aiheuttamaa painumaa ja ilmoittaa kantavuuden E-arvona. Useiden pudotusmittausten avulla lasketaan tiiveyden E2/E1-

arvo. Pudotuskokeita tehdään yleensä paikaltaan viisi kappaletta. Mittauksesta saatuja tuloksia verrataan mitattavan maamateriaalin ohjeellisiin kantavuus- ja tiiveysarvoihin. Loadman-pudotuspainolaitteella voidaan mitata kantavuutta noin 0,5m syvyyteen ja tiiveyttä 200-450mm syvyyteen riippuen mittauksessa käytettävän aluslevyn halkaisijasta. (Laadunvarmistuksen menettelyt n.d.) Kantavuus- ja tiiveyskokeiden tulokset toimitetaan työn tilaajalle.

### 6.3.Putkistojen kuvaus

Rakennettujen, uusien putkilinjojen toimivuus ja asennuksen onnistuminen todennetaan kuvaamalla putkilinjat. Putkilinjat kuvataan heti putkilinjan valmistuttua, kuitenkin siten, että mahdollisesti jatkuvat täyttötöyt eivät aiheuta putkilinjoihin kuvauksen jälkeen muodonmuutoksia tai vauriota. Varsinkin syvissä kaivannoissa putkilinjat kuvataan mahdollisimman nopeasti putkilinjan valmistuttua, jotta kuvauksessa ilmenneet mahdolliset vauriot olisivat kohtuullisella vaivalla korjattavissa.

Putkilinjojen kuvausta varten tarvitaan tasokuva tai asemapiirros, josta selviää kaikki putkilinjalla sijaitsevat kaivot. Kaivot numeroidaan piirroksen kuvausjärjestyksessä. Putkilinja kuvataan kaivoväli kerrallaan työntämällä kuitukaapelilla varustettu kamera kaivon kautta kuvattavaan putkeen. Kamerasta välittyy kuva tietokoneen näyttöruudulle, josta voidaan tarkkailla putkilinjan kuntoa. Kameran välittämästä kuvasta nähdään mm. putken kaltevuus, sisäpinnan kunto ja putkiliitosten kunto. Kuvaustapahtumat tallennetaan tietokoneelle. Putkistojen kuvaaja laatii putkistokuvausraportin, joka sisältää kuvaustapahtuman, esimerkiksi muistitikulla ja kaivonumerot sisältävän piirroksen. Maarakennusurakoitsija toimittaa putkistokuvausraportin työn tilaajalle.

## 6.4. Työmaapäiväkirja

Maarakennustyönjohtaja täyttää päivittäin työmaapäiväkirjaa (liite 7). Työmaapäiväkirja toimii rakentamisen laadunvarmistuksen työkaluna. Työmaan valvoja kuittaa työmaapäiväkirjaan kirjatut päivittäiset tapahtumat allekirjoituksellaan ja täten hyväksyy päivän työtapahtumat.

Työmaapäiväkirjaan merkitään päivittäiset perustiedot, kuten: sääolosuhteet, työmaan vahvuus ja käytössä oleva kalusto. Työmaapäiväkirjaan merkitään päivän aikana tehdyt työt, niiden eteneminen ja mahdolliset työvaiheen laaduntarkkailutoimenpiteet. Päivän aikana tehdyistä töistä kannattaa ottaa valokuvia ja liittää niitä työmaapäiväkirjan liitteeksi. Maarakennustöissä valokuvien toteutettu työvaiheen dokumentointi on tärkeää. Esimerkiksi salaojaputket peitetään heti asennuksen jälkeen, joten asennukseen liittyviä asioita on vaikea todentaa jälkikäteen. Suunnittelijoiden ja työmaahan liittyvien henkilöiden kanssa sovitut asiat ja työmenetelmät kirjataan työmaapäiväkirjaan. Työmaalla pidettyjen kokousten aihe, sovitut toimenpiteet ja läsnäolijat kirjataan työmaapäiväkirjaan.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Maarakennusurakan toteutus riippuu toteutettavan työmaan lähtötiedoista, laajuudesta ja urakkamuodosta. Urakkamuoto määrittelee osaltaan maarakennustyönjohtajan toimenkuvaa ja velvollisuuksia. Esimerkiksi laskutyöurakassa työmaan lähtötiedot voivat olla hyvin puutteellisia, joten työnjohtajalta vaaditaan laaja-alaista näkemystä työmaan johtamisesta ja reagointikykyä puuttua hyvissä ajoin työmaan ongelmakohtiin.

Maarakennustyönjohtajan velvollisuudet ja vastuut riippuvat siitä, onko maarakennusurakoitsija työmaan pääurakoitsija vai aliurakoitsija. Pääurakoitsijana oleminen

tuotua työnjohtajalle lisää lakisääteisiä vastuualueita koskien mm. työmaan yleisjohtamista ja työturvallisuustehtäviä.

Maarakennustyönjohtajan yhteistyö työmaan valvojan ja suunnittelijoiden kanssa on ensiarvoisen tärkeää. Tärkeys korostuu, kun työt koskevat syviä kaivantoja ja kaivantotutkia. Kaivannon tuentaa vaativat työkohteet ovat haasteellisia ja ne edellyttävät työn osapuolilta erikoisosaamista. Maarakennusurakoitsijan ja suunnittelijan yhteistyö urakan suunnitteluvaiheessa antaa parhaan mahdollisen lähtökohdan töiden toteuttamiselle. Suunnittelija ottaa huomioon maarakennusurakoitsijan työmenetelmät ja suunnittelee niiden pohjalta esimerkiksi kaivantotuen etäisyyden maanpaineisestä. Yhteistyö maarakennusurakoitsijan ja suunnittelijan välillä suunnitelmavaiheessa ei aina ole mahdollista, koska alustavat suunnitelmat ovat yleensä valmiina urakkatarjousvaiheessa. Tästä johtuen alustavia suunnitelmia tarkennetaan ottaen huomioon maarakennusurakoitsijan työmenetelmät ja kaivantotyösuunnitelma.

Maarakennustyönjohtajan toimenkuva on laaja ja se vaatii työnjohtajalta rohkeutta tehdä työtä koskevia päätöksiä päivittäin. Työnjohtajan työkokemus helpottaa oikeiden päätösten tekoa. Jokainen työnjohtaja on joutunut aloittamaan työnsä ilman kattavaa työkokemusta. Työmaan alussa työnjohtajalla ei välttämättä ole selvillä, miten työmaa etenee tai mitä työvaiheita on edessä.

Suurten ikäluokkien eläköitymisestä ja rakentamisen vilkastumisesta johtuen rakennusalalla vallitsee pula työmaan työnjohtajista. Suuri määrä tietoa ja taitoa siirtyy pois työmarkkinoilta suurten ikäluokkien eläköitymisen myötä. Uusien työnjohtajien lähtökohdat työnjohtotehtäviin voivat olla hyvin erilaiset. Opinnäytetyö on tehty työmaan työnjohtajan näkökulmasta auttamaan osaltaan uusia työnjohtajia työmaan työnjohtotehtävissä.

Pyrin opinnäytetyössäni tuomaan esille maanpaineeseinän saneeraustöissä vastaan tulevat työvaiheet ja toimenpiteet maarakennuksen osalta. Aihe on laaja ja teoria-tieto on pirstoutuneena useisiin eri tietolähteisiin. Teoriatiedon käyttö ja aiheen rajaaminen tuottivat hankaluuksia, jotta käsiteltävä aihe pysyisi johdonmukaisena ja loogisena. Lopputuloksena työmaan työnjohtaja ja maarakennusurakoitsija saavat käyttöönsä työkalun, jonka avulla aiheen mukaisen urakan valmistelu ja työvaiheiden läpivienti helpottuvat.



## Lähteet

- Hautanen, M. N.d. Kaapelien tuenta kaapelitukien varaan. Kuva. Viitattu 21.3.2017.
- Huhtiniemi, S. & Knuuttila, I. 2001. Talonrakentajan ammattipiirustus. Saarijärvi. Viitattu 16.3.2017.
- Infra RYL. 2006. Osa 1. Väylät ja alueet. Rakennustieto Oy. Helsinki. Viitattu 5.4.2017.
- Junnonen, J-M. & Kankainen, J. 2017. Rakennuttaminen. 5. Korjattu painos. Vaasa. Viitattu 10.3.2017.
- Jääskeläinen, R. 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. 1. painos. Porvoo. Viitattu 21.3.2017.
- Jääskeläinen, R. 2005. Pohjarakennuksen perusteet. 2. painos. Tampere. Viitattu 28.3.2017.
- Kaapeleiden varomisohteet. 2014. JE-Siirto/Jyväskylän kaupunki. Pdf-tiedosto. Viitattu 21.3.2017. [http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/754-Kaapeleiden varomisohte\\_2014\\_valmis\\_nettiresoluutio.pdf](http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/754-Kaapeleiden_varomisohte_2014_valmis_nettiresoluutio.pdf)
- Katujen ja muiden yleisten alueiden työluoahjeet ja –ehdot Jyväskylässä. 2017. Jyväskylän kaupunki. Pdf-tiedosto. Viitattu 17.3.2017. [http://www.jyvaskyla.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/jyvaskyla/embeds/jyvaskylawwwstructure/23023\\_katutyoluoahje.pdf](http://www.jyvaskyla.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/jyvaskyla/embeds/jyvaskylawwwstructure/23023_katutyoluoahje.pdf)
- Kortene, M. & Olin, T. 2013. Infrarakentajan käsikirja. 1. painos. Tammerprint Oy. Viitattu 12.4.2017.
- Laadunvarmistuksen menettelyt. N.d. Tekninen kauppa. Verkkosivu. Viitattu 11.4.2017 <https://www.rakennuskone.fi/laadunvarmistuksen-menettelyt/>
- Melua tai tärinää aiheuttava tilapäinen toiminta. 2014. Ympäristöhallinto. Viitattu 17.3.2017. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Ymparistonsuojelulain\\_mukaiset\\_ilmoitukset/Melua\\_tai\\_tarinaa\\_ahieuttava\\_tilapainen\\_toiminta](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistonsuojelulain_mukaiset_ilmoitukset/Melua_tai_tarinaa_ahieuttava_tilapainen_toiminta)
- Mikkonen, A. N.d. Rakennustyömaan työturvallisuussuunnittelu. Pdf-tiedosto. Viitattu 22.3.2017. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK060502.pdf>
- MVR-mittari. 2015. Työsuojeluhallinto. Pdf-tiedosto. Viitattu 22.3.2017. <http://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/tyoolosuohdemittarit/mvr-mittari>
- RakMK A2. 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 8.5.2002. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohteet. Viitattu 16.3.2017.
- Rantamäki, M. & Tamminne, M. 1979. Pohjarakennus. 12. muuttumaton painos. Hakapaino Oy 2002. Viitattu 28.3.2017.

RIL 263-2014. 2014. Kaivanto-ohje. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2-painos. Tammerprint Oy. Viitattu 16.3.2017.

RIL 126-2009. 2010. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 4-painos. Hansaprint. Viitattu 4.4.2017.

RIL 234-2007. 2007. Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. Suunnittelu- ja rakentamisohteet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 1-painos. Hakapaino Oy. Viitattu 10.4.2017.

RIL 132-2000. 2000. Talonrakennuksen maarakenteet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Yleisjäljennös Oy. Viitattu 23.3.2017.

Teräspontit. N.d. Onninen. Pdf-tiedosto. Viitattu 27.3.2017.

<http://onninen.procus.fi/documents/original/102187/7/1/teraspontit.pdf>

Tiula, M. N.d. Rakennusselostus ja työselostukset. Pdf-tiedosto. Viitattu 17.3.2017.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010301.pdf>

Tulityöt turvallisuusohje. 2017. Finanssialan keskusliitto. Pdf-tiedosto. Viitattu 17.3.2017.

[http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Tulityot\\_turvallisuusohje.pdf](http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Tulityot_turvallisuusohje.pdf)

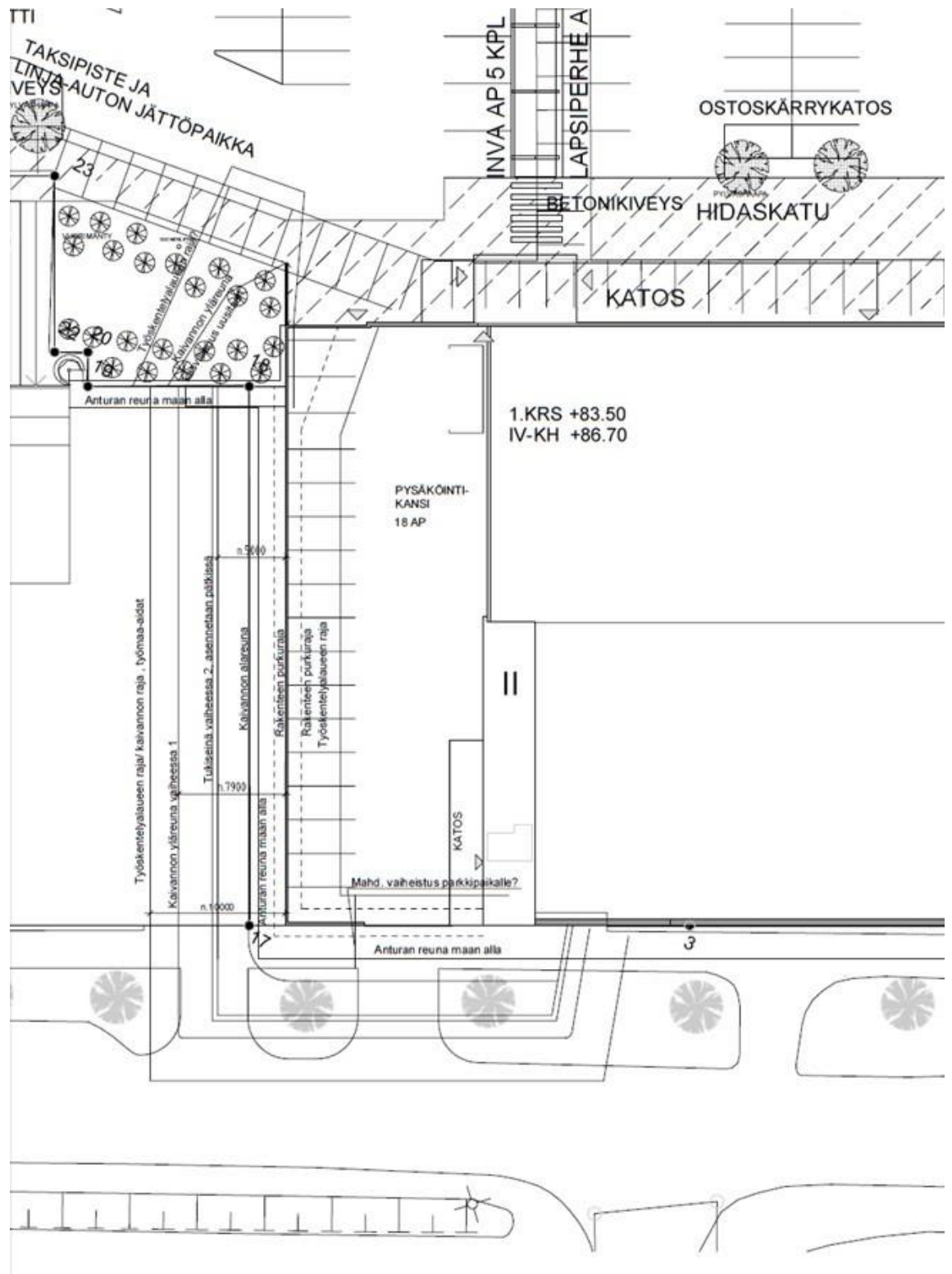
Tuominiemi, J. 2017. Toimitusjohtaja, Maajukka Oy. Haastattelu 18.3.2017.

Vaara vaanii kaivannossa. 2013. Ramboll Finland Oy. Pdf-tiedosto. Viitattu 20.3.2017.

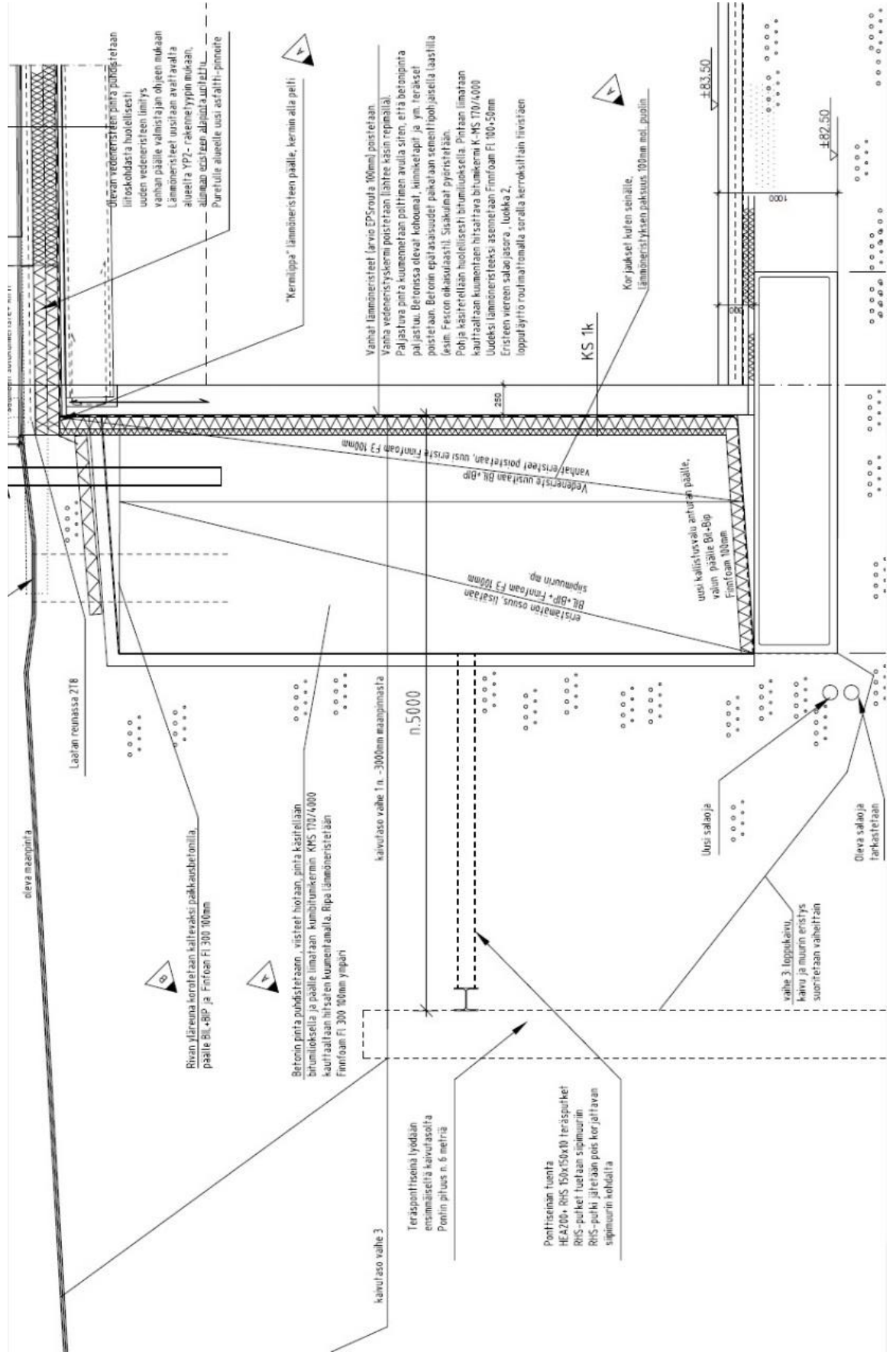
[https://www.vvy.fi/files/3203/Vaara\\_vaanii\\_kaivannossa\\_opas.pdf](https://www.vvy.fi/files/3203/Vaara_vaanii_kaivannossa_opas.pdf)

# Liitteet

Liite 1. Asemapiirros



Liite 2. Leikkauspiirros



## Liite 3. MVR-lomake

**MVR –MITTARI**

Rakennusliike:

Työmaa:

Päiväys:

	KUNNOSSA (OIKEIN)	YHT.	EI KUNNOSSA (VÄÄRIN)	YHT.
1. TYÖSKENTELY JA KONEENKÄYTTÖ				
2. KALUSTO, SÄHKÖT JA VALAISTUS				
3. SUOJAUKSET JA VAROALUEET				
4. AJO- JA KULKUVÄYLÄT				
5. JÄRJESTYS JA VARASTOINTI				
	KUNNOSSA YHTEENSÄ		EI KUNNOSSA YHTEENSÄ	
$\text{MVR –INDEKSI} = \frac{\text{KUNNOSSA (KPL)}}{\text{KUNNOSSA + EI KUNNOSSA (KPL)}} \times 100 =$		$\text{_____} \times 100 = \text{_____} \%$		
Korjattavaa / Huomautukset	Vastuhenkilö	Korjattu PVM		

VÄLITONTÄ KORJAAMISTA VAATIVAT PUUTTEET SEKÄ PUUTTEET, JOITA EI MAINITA KRITEREISSÄ, MERKITÄÄN KORJATTAVAA -KOHTAAN

TARKASTAJA \_\_\_\_\_

## MVR –MITTARI

MVR -MITTAUSKOHDDE	HAVAINNOT / RUUTU	HYVÄKSYMISPERUSTEET
<b>1. TYÖSKENTELY JA KONEENKÄYTTÖ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• suojainten käyttö</li> <li>• riskin ottaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jokaisesta työntekijästä (myös kuljettajat)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käytetään tarvittavia suojaimia</li> <li>• ei oteta riskiä (esim. putoamisvaara, koneen sopimattomuus työhön...)</li> </ul>
<b>2. KALUSTO, SÄHKÖT JA VALAISTUS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• työkoneet ja nostokalusto</li> <li>• pienkalusto</li> <li>• sähköistys</li> <li>• valaistus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jokaisesta työkoneesta, pienkoneesta (esim. sirkkelit, täryt, nosto-apuvälineet...), yli 16A sähkökeskuksesta ja yli 220V kaapelista. Valaistus vain, kun valaistusta tarvitaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• koneiden työskentelyalusta ja yleiskunto (valot, kulkutasot...)</li> <li>• pienkaluston yleiskunto ja laitekohtaiset määräykset</li> <li>• sähkökeskusten ja kaapeleiden sijoittaminen ja suojaus</li> <li>• yleis- ja työkohteiden valaistus on riittävä</li> </ul>
<b>3. SUOJAUKSET JA VAROALUEET</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• putoamisvaara</li> <li>• sortumavaara</li> <li>• koneiden varoalueet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vapaat reunat ja aukot</li> <li>• kohdat, joissa sortumavaara (kaivannot, maaperä, tunnelin katto...)</li> <li>• jokainen kone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• suojakaiteet: käsi- ja välilohde</li> <li>• luiskaukset, tuennat, lujittaminen, vaarallisen alueen eristäminen</li> <li>• työskentelyn vaatima alue, merkinnät</li> </ul>
<b>4. AJO- JA KULKUVÄYLÄT</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ulkopuolinen liikenne ja jalankulku</li> <li>• työmaatiet</li> <li>• kulkutiet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jokaisesta alueesta, jossa työmaa vaikuttaa yleisiin teihin tai jalankulkuväyliin</li> <li>• työmaatie kokonaan tai osissa</li> <li>• jokaisesta alueen kulkutiestä ja portaasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varoitusmerkinnät ja –vilkut, eristäminen, kulkureitit</li> <li>• työmaateiden kunto ja kulkuesteet</li> <li>• kulkuteiden sijoittelu, kunto ja kulkuesteet</li> </ul>
<b>5. JÄRJESTYS JA VARASTOINTI</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• yleisjärjestys</li> <li>• jäteasiat</li> <li>• vaarallisten aineiden varastointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 jokaisesta alueesta ja jäteastiasta</li> <li>• jokaisesta vaarallisten aineiden varastosta (esim. poltto- ja räjähdysaineet...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• järjestys hyvä turvallisuuden ja laadun kannalta. Maa-aines ei leviä ympäristöön</li> <li>• jäteastian ympäristö on siisti</li> <li>• jäteastia on oikein kuormattu</li> <li>• lajittelu</li> <li>• öljyjätteiden lajittelu ja säiliöiden kunto</li> <li>• räjähteet lukitussa, määräysten mukaisessa varastosuojassa</li> </ul>

## Liite 4. Tukemattoman kaivannon ohjeelliset luiskakaltevuudet

Tukemattoman kaivannon luiskakaltevuudet karkearakeisissa maissa sekä moreenissa ja karkeissa silttimaissa.

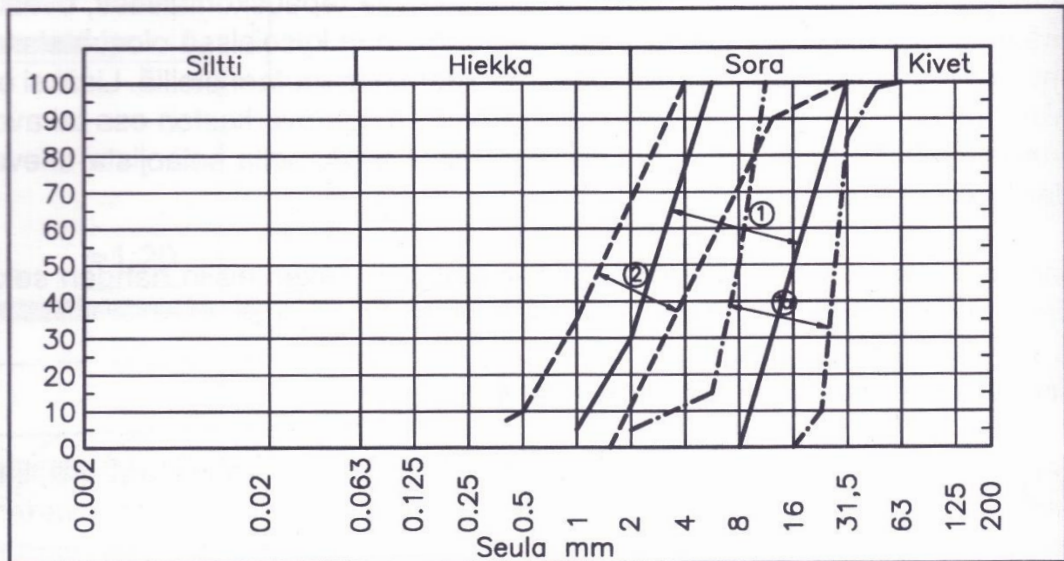
Luokka	Maapohja	Kaivannon syvyys		
		h<1,2 m	1,2<h<2,0	h>2,0 m
		Luiskan kaltevuus		
I	Löyhä ja keskitiivis siltti Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	Pystysuora	1:2,5...1:1 riippuen maa-aineksen laadusta ja ominaisuuksista	
II	Tiivis siltti <sup>*)</sup> Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni <sup>*)</sup>	Pystysuora	< 2:1...3:1	< 1:1...2:1
III	Tiivis sora Tiivis moreeni	Pystysuora	< 4:1...5:1	< 3:1...4:1

<sup>\*)</sup> Mikäli kaivu tapahtuu pohjavedenpinnan tuntumassa tai sen alapuolella, on käytettävä luokan I mukaisia kaltevuuksia.

Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon suurin syvyys ja luiskan kaltevuus koheesiomaissa ( $s_u$  = pienin mitattu suljettu leikkauslujuus).

Luokka	Maapohja	Luiskan kaltevuus					
		5:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3
		Suurin kaivussyvyys [m]					
IV	Hyvin pehmeä savi ( $s_u=7...10$ kPa)	-	-	-	1,7	1,9	2,1
V	Pehmeä savi ( $s_u=10...20$ kPa)	1,6	1,7	1,9	2,3	2,5	2,7
VI	Sitkeä savi ( $s_u>20$ kPa)	2,0	2,5	3,0	3,2	3,7	4,0

## Liite 5. Salaojituskerroksen rakeisuus- ja tiiveysvaatimukset



Käytettävien kiviainesten rakeisuuskäyrien tulee kulkea materiaalien rakeisuusvaatimusten rajakäyrien sisällä. Vaatimusalueen vasemman puoleisen rajakäyrän alitusta ei sallita.

1a Materiaalia käytetään rakennuksen alapohjan alle tehtävässä kapillaarikatkona toimivassa salaojituskerroksessa aina ja perusmuurin vierustan salaojituskerroksessa silloin, kun pohja- tai vajovesiä virtaa voimakkaasti rakennuksen vierustalle maakerroksia tai kallionpintaa pitkin. Tällaisia ovat esimerkiksi paikat, joissa rakennus sijaitsee rakennusta kohti viettävässä rinteessä.

1 Materiaalia käytetään normaalissa kuivatusolosuhteissa rakennuksen perusmuurin vastaisessa salaojituskerroksessa. Alapohjan alla käytetään kuitenkin 1a kiviainesta.

2 Materiaalia käytetään normaaleissa kuivatusolosuhteissa piha-alueilla tehtävissä salaojituskerroksissa. Päällysrakenteen sivulta voimakkaasti tapahtuvan pohja- tai vajovesien virtauksen katkaisuun käytetään rakeisuusalueen 1 kiviainesta.

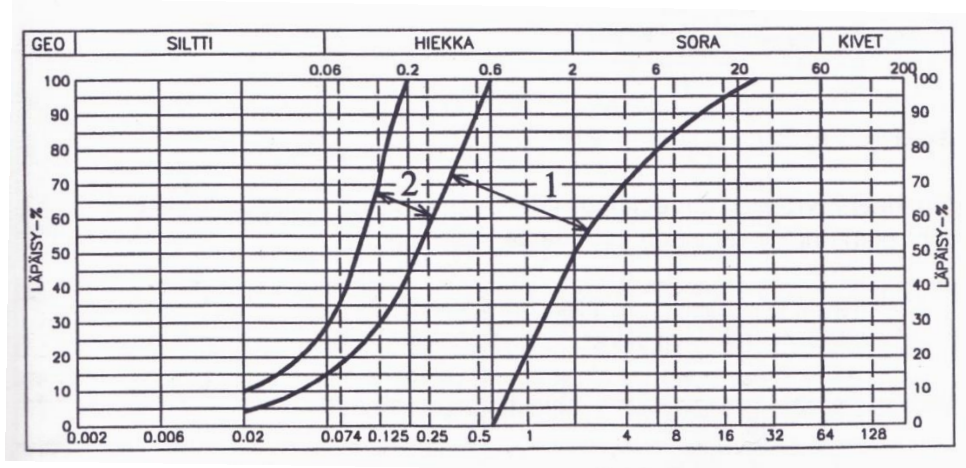
Valmiin salaojituskerroksen tiiveysarvot:

		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 95	≥ 92	≥ 90



## Liite 6. Rakennekerrosten rakeisuus-, tiiveys- ja kantavuusvaatimukset

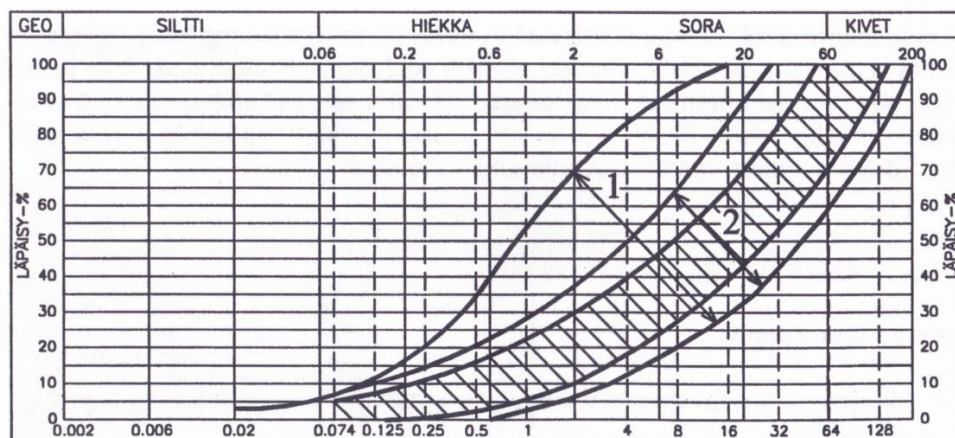
Suodatinkerroksen rakeisuuskäyrä.



Valmiin suodatinkerroksen tiiveysarvot:

		Laatuluokka	
		I	II
Pienin sallittu keskimäär. tiiveysaste	%	≥ 92	≥ 90
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 90	≥ 85

Jakavan kerroksen rakeisuuskäyrä.

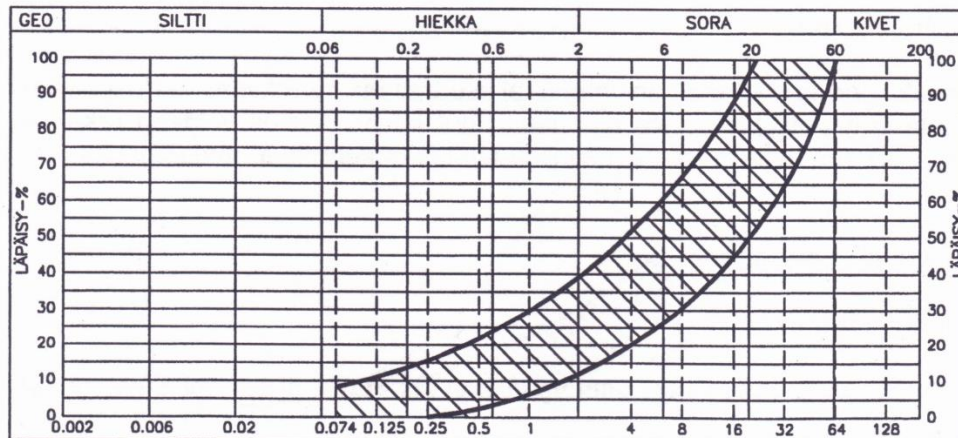


Valmiin jakavan kerroksen tiiveys- ja kantavuusarvot:

		Laatuluokka	
		I	II
Pienin sallittu keskimäär. tiivysaste	%	≥ 95	≥ 92
Pienin sallittu yksittäinen tiivysaste	%	≥ 92	≥ 87
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m <sup>2</sup>	E <sub>2</sub> ≥ 90	E <sub>2</sub> ≥ 80
Suurin sallittu keskimäär. kantavuussuhde <sup>*)</sup>	E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>	≤ 2,2	≤ 2,2

<sup>\*)</sup> Saa olla suurempi, jos E<sub>1</sub>-arvo on vähintään 50 % vaaditusta E<sub>2</sub>-arvosta

Kantavan kerroksen rakeisuuskäyrä.



Valmiin kantavan kerroksen tiiveys- ja kantavuusarvot:

		Laatuluokka	
		I	II
Pienin sallittu keskimäär. tiivysaste	%	≥ 95	≥ 92
Pienin sallittu yksittäinen tiivysaste	%	≥ 92	≥ 87
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m <sup>2</sup>	E <sub>2</sub> ≥ 120	E <sub>2</sub> ≥ 100
Suurin sallittu keskimäär. kantavuussuhde <sup>*)</sup>	E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>	≤ 2,2	≤ 2,2

<sup>\*)</sup> Saa olla suurempi, jos E<sub>1</sub>-arvo on vähintään 50 % vaaditusta E<sub>2</sub>-arvosta

## Liite 7. Työmaapäiväkirja

MAARAKENNUSLIIKE  
MAAJUKKA OY

## PÄIVÄKIRJA

Sivu n:o \_\_\_\_\_

Työmaa Urakka \_\_\_\_\_

Työvuoro / Pvm / Työviikko n:o \_\_\_\_\_

Sää	Klo 8.00 lämpötila _____ °C	Klo 12.00 lämpötila _____ °C		
	<input type="checkbox"/> kirkasta	<input type="checkbox"/> tuulista	<input type="checkbox"/> kirkasta	<input type="checkbox"/> tuulista
	<input type="checkbox"/> puolipilvistä	<input type="checkbox"/> vesisadetta	<input type="checkbox"/> puolipilvistä	<input type="checkbox"/> vesisadetta
	<input type="checkbox"/> pilvistä	<input type="checkbox"/> lumisadetta	<input type="checkbox"/> pilvistä	<input type="checkbox"/> lumisadetta
	Työ keskeytynyt klo _____ - _____	Työ keskeytynyt klo _____ - _____		

Työvoima ja koneet	Tekn. henkilöt _____ kpl	koneet _____ kpl
	Toimihenkilöt _____ kpl	_____ kpl
	Ammattimiehet _____ kpl	_____ kpl
	Apumiehet _____ kpl	_____ kpl
	_____ kpl	_____ kpl

Töiden kulku	

Valvojan merkinnät	

Tarkastukset Kokoukset	

Allekirjoitukset \_\_\_\_\_  
 Urakoitsijan edustaja Rakennuttajan / tilaajan edustaja