

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma/ rakennustuotanto

Juha Ravi

KAIVANTOJEN TUKISEINÄJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Rakennustekniikan koulutusohjelma

|                |  |
|----------------|--|
| RAVI, JUHA     | Kaivantojen tukiseinäjärjestelmän kehittäminen       |
| Opinnäytetyö   | 29 sivua + 3 liitesivua                              |
| Työn ohjaaja   | lehtori Juha Karvonen                                |
| Toimeksiantaja | T:mi Olavi Ravi                                      |
| Maaliskuu 2010 |  |
| Avainsanat     | pohjarakennus, kaivanto, tukiseinä, teräsponttiseinä |

Pientaloihin liittyvän maanrakennuksen yhteydessä joudutaan joskus tilanteisiin, joissa ei ole mahdollista toteuttaa kaivantoa luiskattuna. Näissä tilanteissa kaivanto on toteutettava tuettuna, jotta varmistetaan riittävä työturvallisuus. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää pientalojen maanrakennukseen soveltuva tukiseinäjärjestelmä.

Työssä tutkittiin luiskattujen kaivantojen kaltevuuksia eri maalajeissa sekä työturvallisuuteen liittyviä asioita. Lisäksi perehdyttiin erilaisiin kaivantojen tukiseinäratkaisuihin. Lopuksi työssä on selostettu valitun tukiseinäjärjestelmän mitoitusperiaatteet. Työssä tultiin siihen ratkaisuun, että nykyisin käytössä olevat tukiseinäjärjestelmät ovat liian raskaita pientalotyömaille. Siten päädyttiin suunnittelemaan oma tukiseinäjärjestelmä, joka on kevyt ja nopea käyttää.

Tämän opinnäytetyön tuloksena on yrityksellä käytössään sen tarpeita vastaava tukiseinäjärjestelmä. Yrityksen kannattaa edelleen tehdä kaivannot luiskattuina kustannusten vuoksi. Tukiseinäjärjestelmä kuitenkin mahdollistaa yrityksen toiminnan myös olosuhteissa, joissa se ei ole aiemmin voinut toteuttaa kaivantoa turvallisesti.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

RAVI, JUHA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2010

Keywords

Development of Excavation Support Wall System

29 pages + 3 pages of appendices

Juha Karvonen, Senior Lecturer

T:mi Olavi Ravi

excavation, abutment wall, sheet wall, earth construction

In the process of making one-family houses several excavations are necessary. Some of them cannot be done without some kind of support wall. The subject of this thesis is development of a support wall system used in one-family house construction sites.

The goal of this thesis was to create a supporting wall system that is easy to use and install. The support wall system will improve work safety and enables the company to work in more demanding conditions.

First, the gradient of slope in different soil types was studied. Work safety aspects were also considered. Next, different kinds of support wall systems used today were compared. The conclusion was that there is no suitable support wall for one-family house construction sites. Finally a novel excavation support was designed.

The new support wall system makes it possible for the company to do excavations safely and effectively. The company can now work in conditions where it has been impossible before.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

|   |                                       |    |
|---|---------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO                              | 6  |
| 2 | YRITYS                                | 6  |
| 3 | KAIVANNOT                             | 7  |
|   | 3.1 Yleistä                           | 7  |
|   | 3.2 Kaivantotyypit                    | 7  |
|   | 3.3 Kaivantotyypin valinta            | 8  |
|   | 3.4 Luiskatut kaivannot               | 10 |
|   | 3.4.1 Luiskien vakavuus               | 10 |
|   | 3.4.2 Luiskien eroosiosuojaus         | 12 |
|   | 3.4.3 Työturvallisuus                 | 13 |
|   | 3.5 Tuetut kaivannot                  | 14 |
|   | 3.5.1 Yleistä                         | 14 |
|   | 3.5.2 Puulankkuseinät                 | 14 |
|   | 3.5.3 Elementtiseinät                 | 15 |
|   | 3.5.4 Teräsponttiseinät               | 16 |
|   | 3.5.5 Putkiponttiseinät               | 18 |
|   | 3.5.6 Settiseinät                     | 19 |
|   | 3.5.7 Patoseinät                      | 20 |
|   | 3.5.8 Suihkupaaluseinä                | 21 |
|   | 3.5.9 Tukiseinien valintaperusteet    | 23 |
|   | 3.6 Johtopäätökset omaan rakenteeseen | 23 |
| 4 | TUKISEINÄN MITOITUS                   | 24 |
|   | 4.1 Mitoitusperiaatteet               | 24 |
|   | 4.2 Maanpaine                         | 25 |
|   | 4.3 Staattinen malli                  | 26 |
| 5 | TUKISEINÄN KÄYTTÖ                     | 27 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 6 TULOSTEN ARVIONTI | 28 |
| LÄHTEET             | 29 |
| LIITTEET            |    |

Liite 1. Rakenteen kuvat

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella pientalotyömailla tehtävään maanrakennukseen soveltuva kaivantojen tukiseinäjärjestelmä. Yritys, jolle tämä työ tehdään, on nimeltään T:mi Olavi Ravi. Se on Porvoossa toimiva yritys, joka on erikoistunut pientaloihin liittyvään maanrakentamiseen. Yritys tarvitsee tukiseinäjärjestelmää, kun toimitaan ahtaalla tontilla, johon tehdään yli 2 m syvä kaivanto huonosti koossapysyvään maaperään. Tukiseinäjärjestelmän tarkoituksena on estää kaivantojen sortumiset sekä niistä mahdollisesti syntyvät vahingot. Tähän asti yrityksellä ei ole ollut käytössä minkäänlaista järjestelmää kaivantojen tuentaan.

Yritys on myös asettanut omat vaatimukset tukiseinäjärjestelmälle. Yritykselle on tärkeää, että työvaiheesta ei koidu tilaajille suuria kustannuksia, koska yritys tekee töitä pääasiassa yksityisille asiakkaille. Tämän takia järjestelmän on oltava nopea asentaa ja helposti kuljetettavissa paikalle. Samasta syystä sen on oltava myös asennettavissa ilman ylimääräisiä koneita tai laitteita. Koska yritys toimii lähes aina korjausrakentamisen puolella, ei työkohteissa ole yleensä tehty pohjatutkimusta kustannusten vuoksi. Kun maaperän koostumusta ei tiedetä, ei tukiseinäjärjestelmän tarve kyseisessä kohteessa ole selvillä etukäteen. Siksi järjestelmän on käytännössä oltava elementtipohjainen ratkaisu, joka on helppo kuljettaa ja asentaa. Kohteita, jossa tukiseinäjärjestelmää mahdollisesti tarvitaan, ovat kaupunkialueella sijaitsevat ahtaat tontit, joissa on kellarillinen rakennus. Silloin joudutaan yleensä tekemään yli 2 m syvä kaivanto, ja tilahtauden vuoksi sitä ei pystytä tekemään luiskattuna.

## 2 YRITYS

Yrityksen toimeksiantaja on T:mi Olavi Ravi. Se on vuonna 1995 perustettu maanrakennusalan yritys, joka on erikoistunut pientaloihin liittyvään maanrakentamiseen. Yritys toimii pääsääntöisesti Porvoon seudulla, mutta tarvittaessa myös kauempana, muun muassa pääkaupunkiseudulla. Tyypillisiä työtehtäviä ovat pientalojen salaojitukset ja viemärintietyöt. Lisäksi yritys tekee tarvittaessa myös piha-, kaapelointi- ja lumitöitä. Yleensä tehtävät työt ovat korjausrakentamista. Maanrakennuskalustona yrityksellä on Bobcatin 331E 3,5 t painava, teloilla kulkeva, minikaihuri sekä Bobcat S 185 -kauhakuormaaja. Lisäksi sillä on muita tarvittavia laitteita ja työkaluja. Henkilöstöön kuuluu normaalisti kaksi henkilöä, mutta suurempiin projekteihin palkataan

tarvittaessa lisää. Yritys tekee myös tiivistä yhteistyötä paikallisten maansiirto- ja putkiliikkeiden kanssa.

Yritys tarvitsee kaivantojentukijärjestelmää, kun toimitaan ahtaalla tontilla, jossa on huonot pohjaolosuhteet. Myös syvissä kaivannoissa joissa sortumisesta voi koitua vaaraa työntekijöille, tukijärjestelmää tarvitaan.

### 3 KAIVANNOT

#### 3.1 Yleistä

Kaivantoja joudutaan tekemään lähes jokaisen rakennustyön yhteydessä, kun rakennuksen osia sekä talotekniikkaa sijoitetaan alkuperäistä maanpintaa syvemmälle. Yleisempiä maan alle sijoitettavia rakennusosia ovat rakennusten perustukset, viemäröinnit sekä sähkö- ja puhelinkaapelit. Kaivanto on hyvin yksinkertainen ja rutiininomainen työvaihe silloin, kun se voidaan tehdä hyvin koossapysyviin maakerroksiin ja pohjaveden yläpuolelle. Kaivannosta voi kuitenkin muodostua ongelmallinen ja hankalasti toteutettava, jos rakennuspaikalla on epäedulliset olosuhteet. Kaivantojen tekemistä vaikeuttavat mm. kaivannon suuri syvyys, kaivettavien maamassojen epäedulliset ominaisuudet, kaivannon sijainti avovedessä, kaivannon ylettyminen syvälle pohjaveden alapuolelle, tilanahtaus, olemassa olevien rakennuksien ja niiden rakenteiden epäedullinen sijainti, epäedullinen sää ja vuodenaika sekä liikenteen aiheuttamat vaikeudet. Olosuhteet täytyy ottaa huomioon kaivantoa suunniteltaessa ja sitä toteutettaessa. Suunnitelmien tulisi perustua huolella tehtyihin pohjatutkimuksiin. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 104.)

Kaivannot tehdään maansiirtokoneilla. Maansiirtotöissä tarvitaan erilaisia koneita, muun muassa kaivukonetta ja kuormainta. Koneiden valintaan ja työmenetelmiin vaikuttavat maan laatu, työolosuhteet sekä koneiden ominaisuudet. Käsiteltävän maan maarakennusominaisuudet yhdessä työn suuruuden kanssa määräävät käytettävät koneet ja työmenetelmät. (Hartikainen 1995. Maarakennustekniikka, 37.)

#### 3.2 Kaivantotyypit

Kaivanto voidaan toteuttaa joko tukemattomana tai tuettuna. Kun kaivanto tehdään tukemattomana, kaivannon reunat tulee luiskata, minkä takia tukemattomista kaivan-

noista käytetään yleensä nimitystä luiskattu kaivanto. Luiskan kaltevuus määräytyy maaperän ominaisuuksien mukaan. Tuetulla kaivannolla tarkoitetaan kaivantoja, joiden seinämät on tuettu jollakin tukirakenteella. Tukiseinät voivat myös jäädä osaksi tulevaa rakennetta, jolloin ne luokitellaan pysyviksi tukiseiniksi. Yleensä kaivannot tuetaan tilapäisillä rakenteilla, jotka luokitellaan työnaikaisiksi tukiseiniksi. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 464.) Näiden lisäksi on olemassa erikoismenetelmiä, joissa ei tarvitse tehdä kaivantoa ollenkaan, mutta niitä ei tarkemmin käsitellä tässä työssä.

### 3.3 Kaivantotyypin valinta

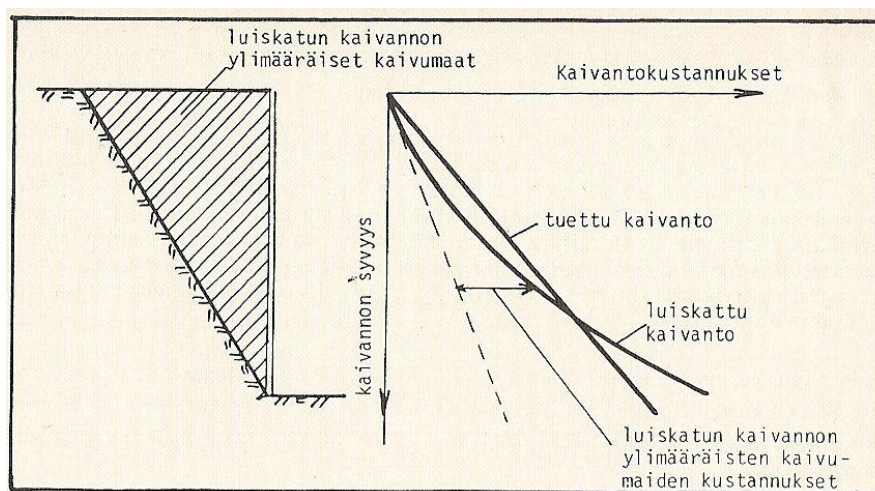
Tärkeimpiä kaivantotyypin valintaperusteita ovat työturvallisuus ja taloudellisuus, joihin kumpaakin vaikuttavat maaperän geotekniset ominaisuudet ja pohjavesi olosuhteet. Työturvallisuus täytyy ottaa huomioon, koska periaatteessa kaivannossa on aina sortumisvaara ja sortuman syntyessä voi aiheutua vaaratilanteita työntekijöille. Kaivannon sortumisia on todettu sattuvan eniten tukemattomissa, jyrkkäluiskaisissa, 2 – 5 m:n syvyisissä kaivannoissa, jotka on tehty helposti sortuvaan maaperään ja joihin kohdistuu värinää. Kaivantojen sortumisen ehkäisy on myös mainittu rakennustyössä noudatettavissa järjestysohjeissa. Siellä on mainittu, että mikäli kaivannossa on olosuhteiden vuoksi sortumavaara, kaivanto on tuettava sortumisen estämiseksi tai se on tehtävä erittäin loivasti luiskattuna. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 105.)

Toinen merkittävä asia on taloudellisuus. Luiskattu kaivanto vaatii enemmän tilaa kuin vastaava tuettu kaivanto. Silloin kun on käytössä riittävästi tilaa, luiskattu kaivanto on edullinen ja järkevä valinta, mutta mikäli kyseessä on ahdas työmaa tai joudutaan tekemään syvä kaivanto, on syytä tehdä se tuettuna. Syvää luiskattua kaivantoa tehdessä nousevat kustannukset lisääntyneen maansiirtotyön vuoksi, kuten kuvassa 1 on esitetty. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 104.) Kaivantopaikan ympäristö yleensä määrää käytetäänkö tuettua vai luiskattua kaivantoa. Luiskien alle jää paljon maa-alueita, ja mikäli ympäröivää luontoa halutaan säästää, ei kaivantoa voi tehdä luiskattuna. (RIL 181–1989 Rakennuskaivanto-ohje 1989, 11.) Usein rakennuspaikalla on tiestöä, maahan kaivettuja putkia ja kaapeleita, jotka on säilytettävä toiminta Kuntosina kaivannon teon yhteydessä. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 464) Luonnollisesti on myös huomioitava kohteen pohjaolosuhteet, sillä löyhiin maaperiin tehdyt luiskaukset on tehtävä loivemmiksi kuin hyviin olosuhteisiin tehdyt luiskaukset ja silloin kaivannon tilantarve kasvaa. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 104.)



Lisäksi on otettava huomioon paikalliset pohjaolosuhteet, joihin kuuluu maaperän laatu ja kerrostumat sekä pohjavesi olosuhteet. Maaperän laatu vaikuttaa myös tukiseinän tekemiseen, sillä tukiseinä on huomattavasti helpompi upottaa koheesio- kuin kitka-maahan. Erityisesti moreeni ja kivet aiheuttavat ongelmia. Koheesiomaasta aiheutuu puolestaan haasteita tuennalle, koska sen kitkakulma on pienempi ja näin ollen maaines liikkuu ja häiriintyy helpommin. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 464.)

Kaivanto tulisi toteuttaa niin että pohjavedenpinta muuttuu mahdollisimman vähän. Pohjaveden pinnan aleneminen aiheuttaa vaurioitumisriskiä ympäröiville rakenteille. Erityisesti hienorakeiselle maaperälle perustetut rakennukset saattavat painua maan tiivistymisen myötä. Lisäksi läheisten rakennusten paalukuormat saattavat kasvaa ylittävästi. (RIL 121–2004 Pohjarakennusohjeet 2005, 70.) Myös vuodenaajalla on merkitystä ja erityisesti ongelmia aiheuttaa roudan sulaminen ja sade. Kaivantotyypin valinta tulisi siis tehdä huomioiden kyseisen kohteen olosuhteet, vuodenaika, työturvallisuus ja taloudellisuus. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 105.)



Kuva 1. Kaivantojen kustannusvertailu (Rantamäki & Tammirinne 1994, 105.)

Edellä mainitut asiat täytyy ottaa huomioon myös tämän työn tilanteessa yrityksessä, sillä myös putkikaivannot ulottuvat joskus noin 2 m:n syvyyteen ja jopa sen yli. Putkikaivannoissa on tapahtunut myös kuolemaan johtaneita onnettomuuksia Suomessa. Onnettomuudet johtuvat siitä, että kyseiset työt koetaan usein pieniksi ja helpoiksi. Näitä kaivantoja ei useinkaan tehdä tuettuina. Kaivantojen luiskaukset tehdään liian jyrkinä, usein melkein pystysuorina. Halutaan pitää kustannukset mahdollisimman pieninä ja saada työ nopeasti tehdyksi sekä myös sen takia, että on aina toimittu samalla tavalla. Usein työn tekee henkilö, jolla ei ole riittävä geoteknistä koulutusta tai

tietoa maaperäolosuhteista, jotta voisi tilanteen mukaan suunnitella tarvittavat ratkaisut. Projektissa ei ole myöskään mukana suunnittelijaa, joka suunnitelmat osaisi tehdä. Lisäksi työn tilaa usein yksityinen asiakas, jolla ei välttämättä ole halua maksaa ”turhasta” työstä. Suuremmissa kohteissa tämä ei ole ongelma, sillä siellä suunnittelija on etukäteen tehtyjen pohjatutkimusten mukaan suunnitellut tulevan kaivannon. Myös kaivannon kustannukset on huomioitu hankkeen budjetissa.

### 3.4 Luiskatut kaivannot

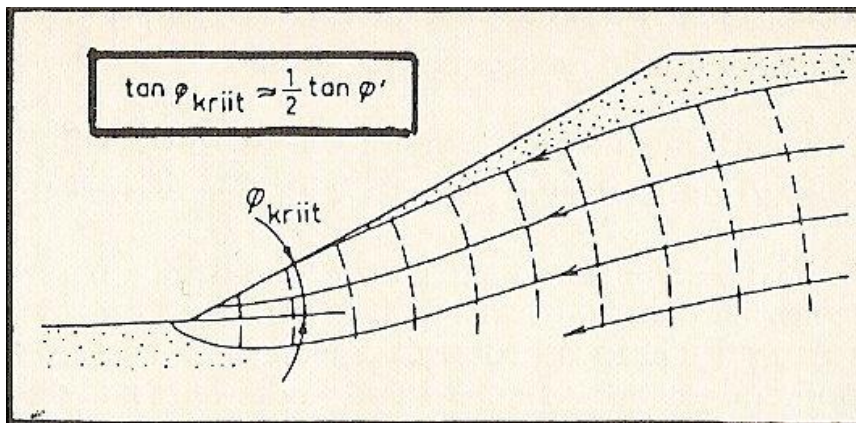
#### 3.4.1 Luiskien vakavuus

Luiskattujen kaivantojen kaltevuus on suunniteltava siten, että saadaan riittävä varmuus kaivantojen sortumisen estämiseksi. Luiskien kaltevuus valitaan maalajien ominaisuuksien mukaan. Suurimmat sallitut luiskakaltevuudet ovat taulukoitu maalajeittain. Karkearakeisissa maalajeissa ja moreenimaalajeissa luiskien kaltevuuteen vaikuttaa eniten maan kitkakulma, joka puolestaan riippuu maan rakeisuudesta sekä tiiviyydestä. Tavanomaisten kaivantojen kaltevuus voidaan näissä maalajeissa valita taulukon 1 mukaan. Näissä tapauksissa maan tiiviys voidaan selvittää joko kuivatilavuuspainon tai kairausvastuksen mukaan. Taulukon 1 kaltevuuksissa on käytetty kokonaisvarmuuskerrointa  $F=1,3$ . Lisäksi luiskatussa kaivannossa kaivumaita ei saa läjittää luiskan välittömään läheisyyteen. Mikäli kaivantoluiskan kaltevuus on huomattavan suuri, voidaan luiskan kaltevuus suunnitella kitkaympyrämenetelmällä tai  $c - \varphi$  -menetelmällä. Tässä työssä näitä tilanteita ei kuitenkaan tarkastella. Jos luiskien kautta pohjavettä virtaa kaivantoon, luiskien kaltevuus on sovitettava kuvan 2 mukaisesti. (Rantamäki & Tamminen 1994, 110.)

Taulukko 1. Maaluiskankaltevuus maalajien mukaan (Rantamäki & Tammirinne 1994, 110.)

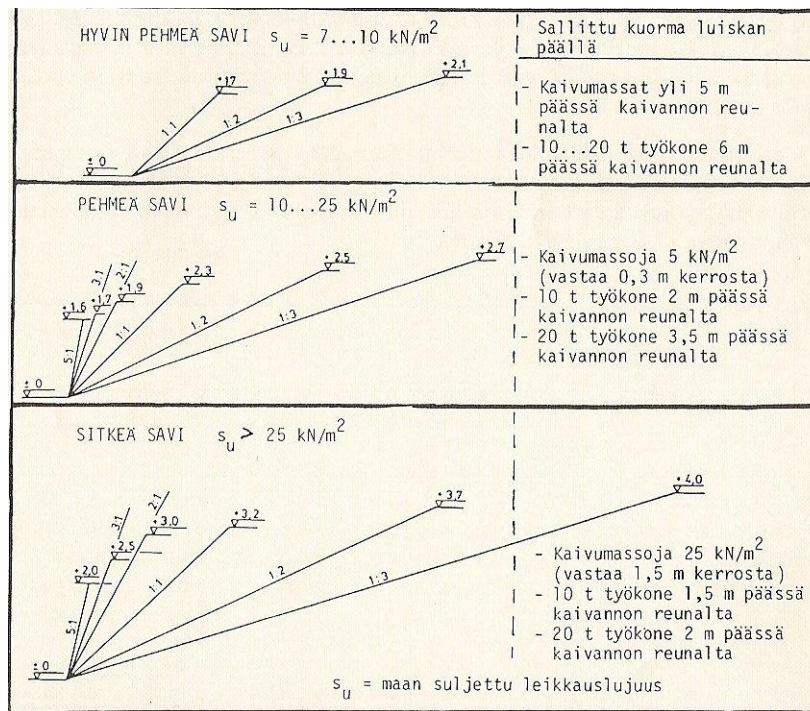
| Luokka            | Maapohja  | Kaivannon syvyys |   |           |
|-------------------|---|------------------|---|-----------|
|                   |   | H < 1,2 m        | H = 1,2... 2,0 m  | H > 2,0 m |
| Luiskan kaltevuus |   |                  |   |           |
| I                 | Löyhä ja keskitiivis siltti<br>Löyhä ja keskitiivis hiekka<br>Löyhä sora<br>Löyhä moreeni | Pystysuora       | 20°...45° riippuen maa-aineksen laadusta ja ominaisuuksista |           |
| II                | Tiivis siltti*)<br>Tiivis hiekka*)<br>Keskitiivis sora<br>Keskitiivis moreeni*)           | Pystysuora       | < 2:1   | < 1:1     |
| III               | Tiivis sora<br>Tiivis moreeni   | Pystysuora       | < 4:1   | < 2:1     |

\*) Mikäli kaivu tapahtuu pohjavesipinnan tuntumassa tai sen alapuolella, on käytettävä luokan I mukaisia kaltevuuksia.



Kuva 2. Luiskan kaltevuus kitkamaassa pohjaveden virratessa kaivantoon (Rantamäki & Tammirinne 1994, 111.)

Koheesiomaalajeissa kaivantojen pysyvyys määräytyy maan leikkauslujuuden mukaan. Leikkauslujuus taas muodostuu maan koheesiosta. Koheesiomaalajit ryhmitellään niiden lujuutta ilmaisevan koostumuksen mukaan. Vetelään saveen ei kaivantoja voida tehdä ollenkaan luiskattuina, sillä vetelä savi valuu ympäristöstä kaivantoon, mikä lisää kaivumassoja ja aiheuttaa ylimääräistä painumista ympäröivässä maaperässä. Hyvin pehmeään saveen, pehmeään saveen sekä sitkeään saveen kaivannon luiskakaltevuudet valitaan kuvan 3 mukaisesti. Tällöin leikkauslujuutena käytetään kaivutason yläpuolella olevan maan leikkauslujuutta. Luiskan vakavuus voidaan tutkia tarkemmin ns.  $\varphi=0$  -liukupintamenetelmällä. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 111.)

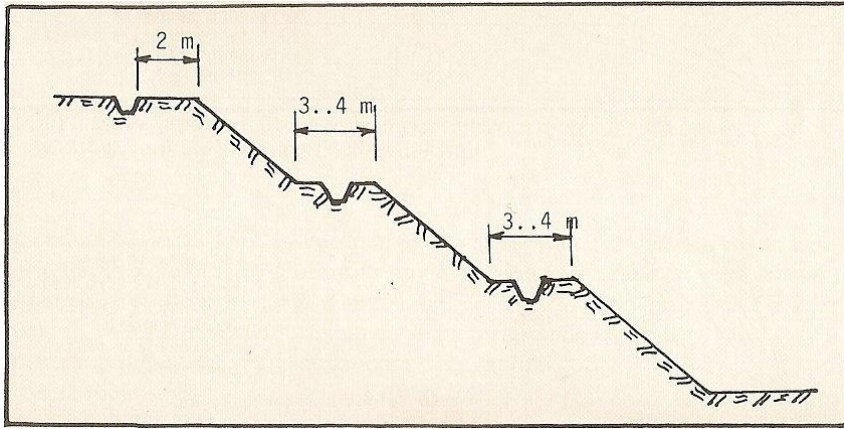


Kuva 3. Luiskan kaltevuuden valinta savimaassa (Rantamäki & Tammirinne 1994, 111.)

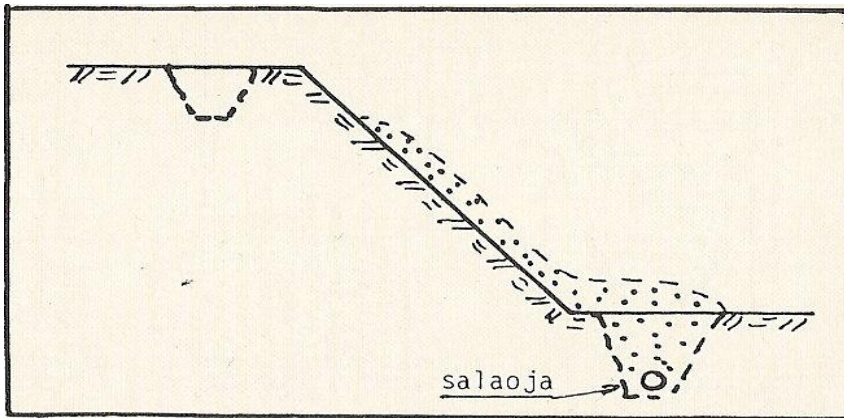
### 3.4.2 Luiskien eroosiosuojaus

Eroosioksi kutsutaan ilmiötä, jossa virtaava vesi pyrkii kuljettamaan mukanaan luiskapinnan maarakeita. Veden virtailu luiskan reunoja pitkin voi vaarantaa luiskan koossapysymisen. Eroosiosta aiheutuu luiskiin uria, ja pahimmassa tapauksessa koko luiska voi sortua. Eroosiolle erityisen herkkiä maalajeja ovat hieno hiekka, karkea siltti ja vastaavat moreenit. Eroosiota aiheuttava virtaava vesi voi olla joko pintavettä tai toisinaan myös pohjavettä. Veden eroosiovaikutusta voidaan ehkäistä estämällä ympäristöstä tulevien vesien pääsy kaivannon luiskiin ympäröimällä kaivanto avo-ojilla sekä lyhentämällä vedenvirtausmatkaa välitasanteilla korkeissa luiskissa. Välitasanteisiin tehdään myös vesiä kerääviä avo-ojia, joita pitkin vesi saadaan johdettua pois kaivannon luiskilta (kuva 4). (Rantamäki & Tammirinne 1994, 112.)

Pohjaveden virtailun aiheuttamalta eroosiolta voidaan luiskia suojata tekemällä luiskien alaosiin suodatinkerroksia. Alin suodatinkerros voidaan korvata myös suodatinkankaalla. Suodatinkerroksen toimintaperiaate on päästää virtaava vesi kerroksen läpi mutta estää maarakeiden irtoaminen ja kulkeutuminen veden mukana. Suodatinkerroksen toiminta on esitetty kuvassa 5. Pysyvissä luiskissa on eroosio ehkäistävä esimerkiksi istutuksilla tai päällysteillä. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 112.)



Kuva 4. Luiskien eroosiosuojaus välitasanteilla ja avo-øjilla (Rantamäki & Tammirinne 1994, 112.)



Kuva 5. Luiskan suojaus pohjaveden eroosiolta (Rantamäki & Tammirinne 1979, 113.)

### 3.4.3 Työturvallisuus

Luiskattuja kaivantoja tehdessä on otettava huomioon rakennustyön työturvallisuuteen liittyvät määräykset. Niissä todetaan, että kaivannon reunan on oltava vähintään puolen metrin leveydeltä vapaana irtomaasta, kivistä ja muista kaivantoon mahdollisesti vierivistä tai kaivannon sortumisvaaran aiheuttavista esineistä, kun kyseessä on yli 1 m syvä kaivanto. Myös tärinää aiheuttavat maanrakennuskoneet sekä muut laitteet on sijoitettava turvallisen etäisyyden päähän kaivannon reunasta. Lisäksi liikenne on ohjattava riittävän kauaksi kaivannon reunasta tarkoitukseen sopivin ohjauspuomien ja esteiden avulla. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 112.)

### 3.5 Tuetut kaivannot

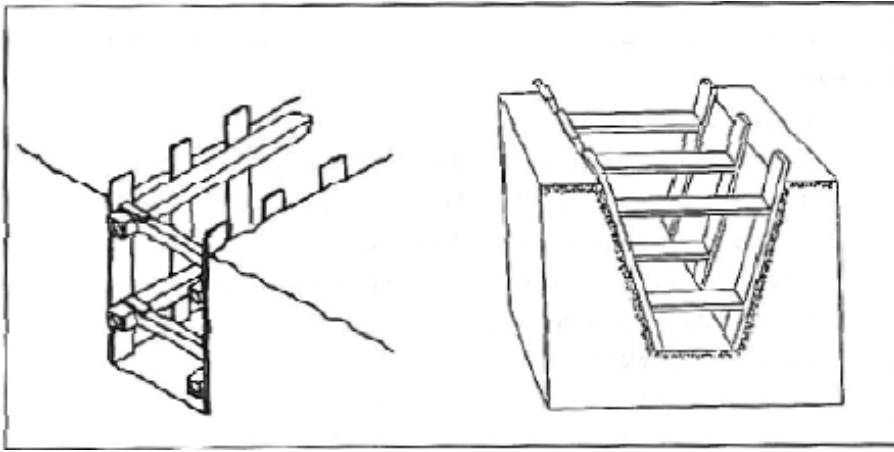
#### 3.5.1 Yleistä

Kun kaivantoa ei pystytä tekemään turvallisesti ja taloudellisesti luiskattuna kaivanto on tuettava muilla keinoin. Tukemista varten on kehitetty erilaisia tukiseinäratkaisuja eri tarkoituksiin. Yleensä nykyään markkinoilla olevat tukiseinät on tarkoitettu suuriin ja pitkäkestoisiin työmaihin kuten kerrostalon peruskaivantoihin.

#### 3.5.2 Puulankkuseinät

Puulankkuseinä on tarkoitettu erityisesti johtokaivantojen tukiseinäksi. Sitä voi käyttää enintään 4 m:n syvyisissä kaivannoissa. Tavallisesti puulankkuseinä on pystysuora lankutus, joka on tuettu kaivannon poikki sisäpuolelta, kuten kuvassa 6 on esitetty. Lankutus tehdään joko harvana tai tiiviinä särmälankutuksena tai uralankutuksena. Uralankutusta käytetään silloin, kun halutaan saada aikaiseksi vesitiivis seinä ja kun lankut joudutaan lyömään maahan ennen kaivannon kaivamista. Hyvin koossapysyvissä maakerroksissa voidaan tehdä matala ja kapea kaivanto tukemalla harva pystytai vaakalaudoitus kaivannon poikki. Tätä ns. pönkitystä on hyvä käyttää silloin, kun tiedetään olevan sortumavaara, vaikka sitä ei pystytä laskelmin osoittamaan. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 113.) Puulankkuseinistä kehittyi ajansaatossa teräsponttiseinä kun puulankut korvattiin teräksisillä. Aluksi käytettiin valurautaa, josta siirryttiin teräkseen. (Nykänen 2009, 21)

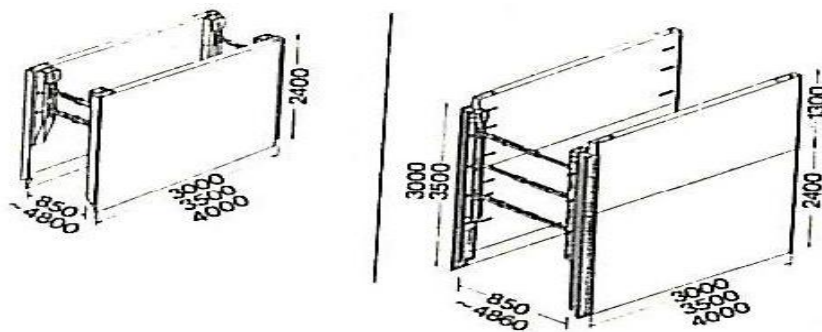
Vaikka puulankkuseinä on myös tämän työn tilanneelle yritykselle sovelias ratkaisu, ei sitä kuitenkaan voi suositella asennuksen hitauden vuoksi. Lisäksi materiaali-menekki kasvaa, kun kyseessä on kertakäyttöinen ratkaisu. Tämän vuoksi puulankkuseiniä ei enää juurikaan näe käytettävän.



Kuva 6. Puulankuilla tuettu kaivanto (RIL 194–1992 Putkikaivanto-ohje 1992, 30.)

### 3.5.3 Elementtiseinät

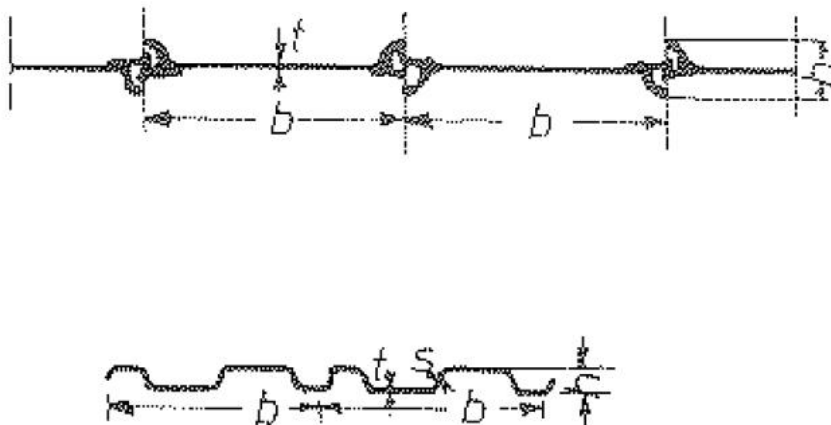
Kapeisiin kaivantoihin voidaan käyttää tukena valmiita teräs- ja puurakenteisia tukiseinäelementtejä. Tukiseinäelementeillä voidaan tukea 2- 3 m syvä kaivanto. Ne takaavat riittävän työturvallisuuden, mutta eivät kuitenkaan estä maanliikkeitä kaivannon pohjassa. Sen takia niitä ei suositella käytettäväksi syvissä kaivannoissa. (RIL 194–1992 Putkikaivanto-ohje 1992, 32.) Tukiseinäelementit toimivat siten, että ne lasketaan kaivannon pohjalle ja niiden tuet kiristetään (kuva 7). Näitä käytettäessä voidaan materiaalikustannuksia pienentää ja asennusta nopeuttaa, mutta suuremman valmistushinnan takia niille on oltava jatkuvaa käyttöä. Elementtiseinä on myös työn tilanteelle yritykselle erittäin hyvä ratkaisu, sillä se on nopea asentaa ja uudelleen käytettävissä. Vaikka elementtiseinä on kirjallisuudessa mainittu, ei sellaisia kuitenkaan valmisteta. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 114.)



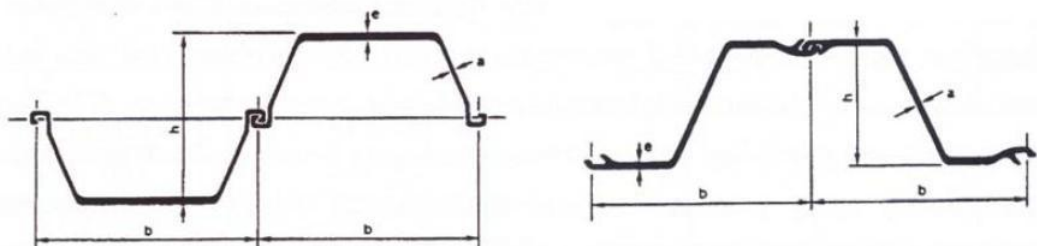
Kuva 7. Elementtiseiniä (RIL 194–1992 Putkikaivanto-ohje 1992, 32.)

### 3.5.4 Teräsponttiseinät

Teräsponttiseinät ovat nykyään käytössä olevista tukiseinistä eniten käytettyjä. Teräsponttiseinä koostuu useammasta pystysuorasta teräslankusta, jotka lyödään maahan vieriviereen. Teräsponttiseinän ponttirakenne lukitsee teräslankut toisiinsa ja muodostaa tarvittaessa jopa vesitiiviin rakenteen. Teräsponttilankkuvalikoimassa on useita erilaisia kokoja ja muotoja, ja ne ryhmitellään kevyisiin, raskaisiin ja erikoisprofiileihin niiden muodon ja taivutusvastuksen mukaan. Pysyviksi rakenteiksi kelpaavat kaikki paitsi kevyet profiilit. (RIL 181–1989 Rakennuskaivanto-ohje 1989, 28.) Kevyet profiilit ovat lähes tasolevyjä (kuva 8), kun taas raskaat profiilit ovat yleensä U- tai Z-profiileja (kuva 9). Erikoisprofiileissa on koottavia kotelomaisia profiileja, joilla saavutetaan teräsponttiseinään suuri jäykkyys (kuva 10). Suomessa eniten käytetään raskaita profiileja ja erityisesti kahdesta U-profiilista koostuvaa teräsponttiyhdistelmää. (Rantamäki & Tamminne 1994, 115.)

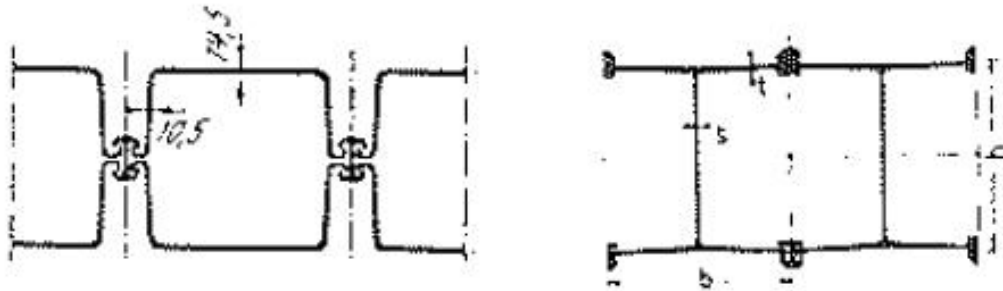


Kuva 8. Kevyitä ponttiprofiileja (Nykänen 2009, 22.)



Kuva 9. Raskaita U- ja Z- ponttiprofiileja (Nykänen 2009, 22.)





Kuva 10. Erikoisprofiileja (Nykänen 2009, 23.)

Teräsponttiseinää käytetään syvissä kaivannoissa ja niitä voidaan lyödä myös melko kovaan maahan. Tiiviiseen moreeniin tai karkearakeiseen maaperään teräsponttiseinää ei kuitenkaan voi käyttää, sillä silloin teräsponttilankku saattaa taipua tai sen kärki voi rikkoutua osuessaan kiveen. (Nykänen 2009, 26.) Teräsponttiseinän soveltuvuutta voidaan selvittää etukäteen tehtävillä koelankutuksilla. Teräsponttiseinä asennetaan lyömällä paalutuskalustolla ponttilankut maahan vierekkäin ennalta määritettyyn syvyyteen. Lyöntilaitteena voi käyttää esimerkiksi järkälejuntaa, jossa on 2 - 3 tonnin järkäle, tai täryvasaraa, jolla voi myös vetää lankut ylös. Jotta teräsponttilankut saadaan lyötyä suoraan, maanpinnalle on ensin rakennettu ohjauskehukset, jotka varmistavat ponttilankkujen pysymisen halutussa suunnassa. Yleensä lankut lyödään maahan asteittain useamman lankun sarjoina. Tätä kutsutaan paneelimenettelyksi. Lankkujen lyönnissä tapahtuvaa lankkujen kallistumista voidaan ehkäistä tukemalla lankkua seinän suunnassa kiristetyllä vaijerilla. Kun kaikki lankut on saatu lyötyä maahan, kaivetaan kaivanto. Samalla tuetaan teräsponttiseinä vaakasuorilla teräspalkeilla (kuva 11), jotka yleensä ankkuroidaan seinän takana oleviin maakerrokseen tai kallioon. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 117.)

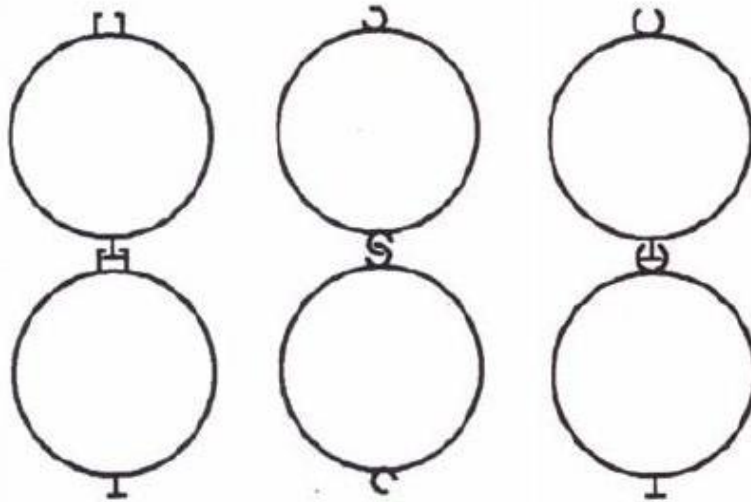


Kuva 11. Teräsponttiseinän vaakapalkisto (Nykänen 2009, 10.)

Teräsponttiseinien hyviin ominaisuuksiin kuuluvat teräsponttilankkujen uudelleen käytettävyys ja lisäksi niillä voidaan tukea syvä kaivanto ilman mainittavaa tärinää. Haittana on teräsponttilankkujen korkea hinta, jonka takia ne eivät sovellu pieniin kohteisiin. Suurempiin ja pitkäkestoisiin projekteihin teräsponttiseinä on kuitenkin sovelias ja edullinen ratkaisu.

### 3.5.5 Putkiponttiseinät

Putkiponttiseinät kuuluvat oikeastaan teräsponttiseinän erikoisprofiileihin, mutta koska ne ovat kuitenkin niin poikkeavia, ne kannattaa käsitellä erikseen. Putkiponttiseinä koostuu teräsputkipaaluista, jotka on liitetty ponttilukoin toisiinsa (kuva 12). Ponttilukot on hitsattu kiinni putkipaaluihin. Putkiponttiprofiilit kestävät teräsponttilankkuja paremmin lyöntiä, joten ne soveltuvat myös tiiviisiin maihin. Joitakin putkiprofiileja, kuten Ruukin RD -paaluseinä, voi myös asentaa poraamalla. Silloin maaperä ei häiriinny eikä synny tärinää. Putkiponttiseinillä saavutetaan suuri taivutusvastus ja rakenteellinen kantavuus. Niitä käytetään erittäin syvissä kaivannoissa yleensä pysyvinä rakenteina. (Nykänen 2009, 24.)

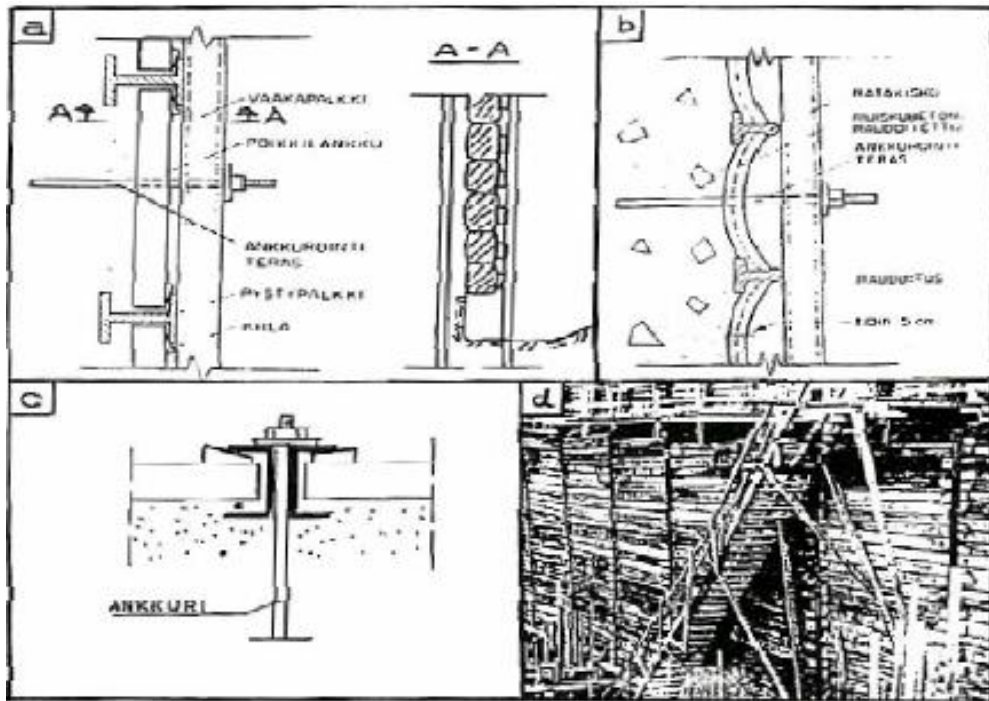


Kuva 12. Putkiponttiseinän erilaisia ponttiratkaisuita (Nykänen 2009, 24.)

### 3.5.6 Settiseinät

Settiseinät koostuvat maahan lyödyistä pystysuorista teräskannattajista sekä niiden väliin asennettavista vaakasuorista settilankuista. Settilankkuina käytetään lankkuja, paruja ja hirsii. Pystykannattajat ovat leveälappaisia I-palkkeja tai kahden U-profiilin yhdistelmiä. Settiseinä rakennetaan lyömällä pystykannattajat maahan 1 - 4 m:n välein, minkä jälkeen aloitetaan kaivannon kaivu. Kaivutyön etenemisen mukaan asennetaan settilankut paikoilleen ja ne kiilataan taustamaata vasten. Ankkurit asennetaan paikalleen, kun on päästy niiden syvyydelle. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 117.)

Settiseinän huonona puolena on, että se ei ole vesitiivis. Niinpä sitä voidaan käyttää vain pohjaveden yläpuolella, tai muussa tapauksessa on pohjavettä alennettava. Lisäksi maaperän on oltava niin koossapysyvää, että settilankut saadaan asennettua. Settiseinä on myös suhteellisen monimutkainen ja hidas rakennettava, joten sitä ei juuri enää käytetä. Kuvassa 13 on esitetty settiseinän rakenne. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 117.)



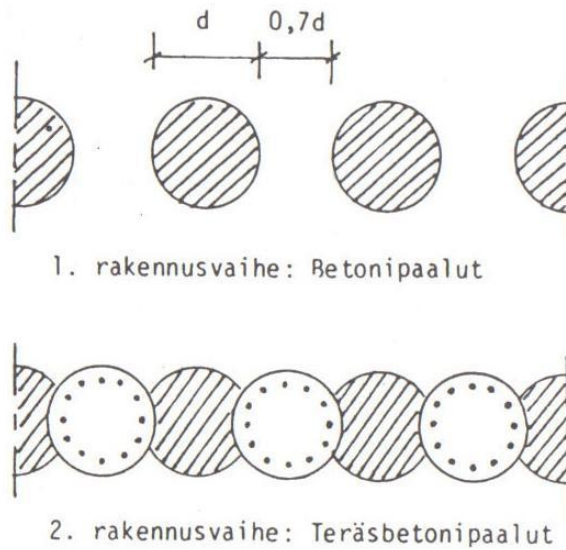
Kuva 13. Settiseinän rakenne (Perkkiö 2009, 19.)

### 3.5.7 Patoseinät

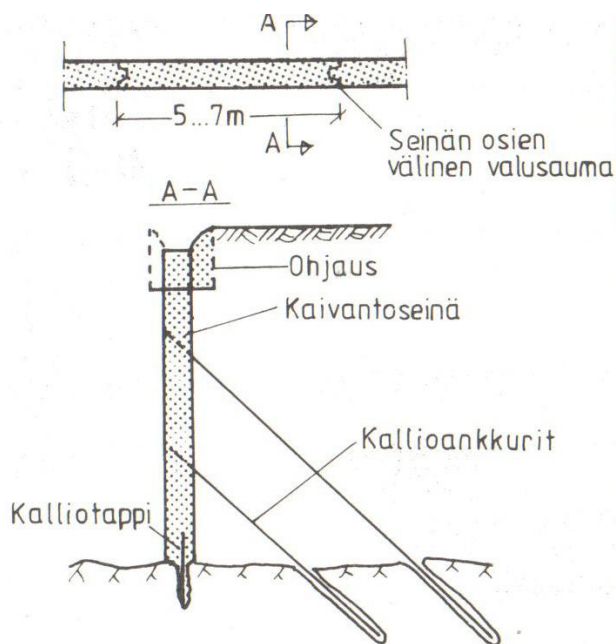
Patoseinät ovat ennen kaivannon kaivua betonista maan sisään tehtyjä seiniä. Ne toimivat sekä kaivannon tukiseininä että myöhemmin kantavana rakenteena. Seinästä muodostuu erittäin jäykkä rakenne, joten niitä käytetään erittäin syvissä kaivannoissa. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 472.) Jotta saavutettaisiin riittävä kantavuus, patoseinät tulee ulottaa kallioon asti. Patoseinät ovat myös yleensä täysin vesitiiviitä. Patoseinät ovat kalliita ja hitaita rakentaa, mutta koska ne jäävät osaksi pysyvää rakennetta niiden teko on joskus perusteltua. Patoseiniä käytetäänkin yleensä silloin, kun mikään muu ratkaisu ei ole järkevä tai mahdollinen. Patoseiniä on kahta eri tyyppiä: kaivinpaaluseiniä sekä kaivantoseiniä. Tyyppi määräytyy seinän rakenteen mukaan. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 118.)

Kaivinpaaluseinät (kuva 14) muodostuvat osittain toistensa sisään limittäin tehdyistä betonipaaluista. Betonipaalujen halkaisijat ovat 0,7 - 1,2 m ja niistä joka toinen tehdään raudoitettuna. (Nykänen 2009, 35.) Kaivantoseinät (kuva 15) muodostuvat maan sisään valetuista seinälohkoista, jotka liittyvät toisiinsa tiiviisti ponttiliitos periaatteella. Lisäksi kaivantoseinät ankkuroidaan kaivannon ulkopuolelle. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 119.) Koska kyseiset seinät jäävät osaksi pysyvää rakennetta, ne eivät

ole varsinaisia työnaikaisia tukiseinä rakenteita. Tästä syystä niitä ei käsitellä tarkemmin.



Kuva 14. Paaluseinien rakennusperiaate (Rantamäki & Tamminen 1979, 120.)

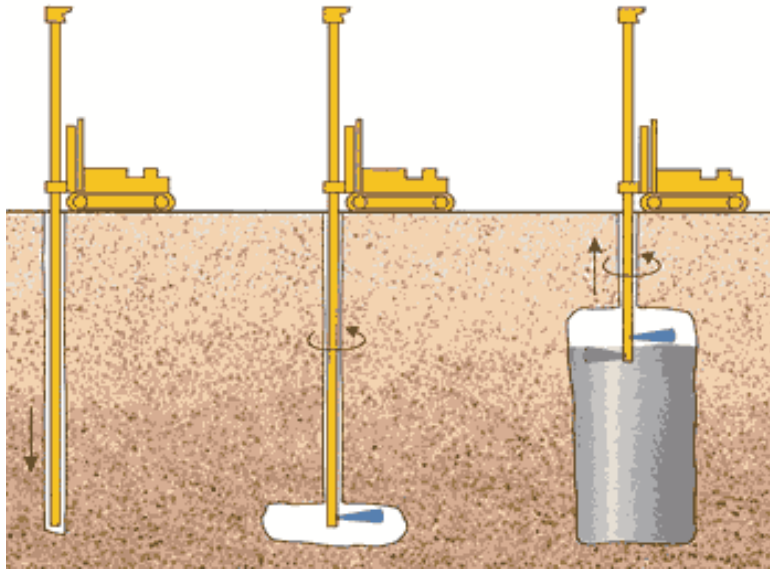


Kuva 15. Kaivantoseinien rakennusperiaate (Nykänen 2009, 34.)

### 3.5.8 Suihkupaaluseinä

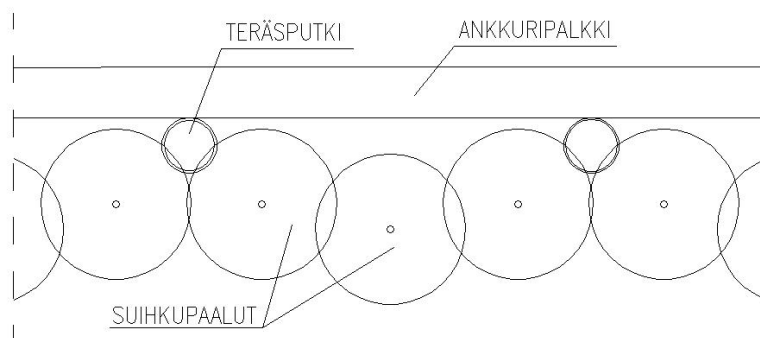
Kaivannon tukiseiniä voi myös tehdä suihkupaalutusmenetelmällä. Menetelmä kehitettiin vuonna 1973 Japanissa, ja se yhdisti paalutuksen ja maaperän vahvistamisen injektoimalla. Vaikka suihkupaalutuksella voi tehdä tukiseiniä, se luokitellaan maanvahvistusmenetelmiin. Suihkupaalutuksessa maahan suihkutetaan sementtisuspensiota

suuttimella varustettujen tankojen avulla. Kun tankoja suihkutuksen aikana pyöritetään ja nostetaan ylöspäin, muodostuu maasta ja siihen suihkutetusta sementtisuspensiosta maabetonilieriö. Menetelmä on esitetty kuvassa 16. Suihkupaalua voi pitää raudoittamattomana betonirakenteena, jonka lujuus riippuu maan ominaisuuksista. (Finnsementti Oy 2010).



Kuva 16. Suihkupaalutus työmenetelmänä (Finnsementti Oy 2010.)

Tukiseinä saadaan aikaiseksi tekemällä suihkupaaluja vieriviereen. Suihkupaalujen kanssa käytetään yleensä myös muita paaluja, koska suihkupaalua ei pystytä raudoittamaan, eikä näin saavuteta riittävää taivutusvastusta. Suihkupaalujen tehtävä onkin välittää kuormat primäärirakenteille. Kuvassa 17 on esitetty suihkupaaluseinän toteutusperiaate. Suihkupaalutus on erikoismenetelmä, joten se on myös hinnaltaan kallis ja sen takia myös harvoin käytetty tukiseinäinä. Siitä syystä sitä ei käydy tarkemmin läpi tässä työssä. Suihkupaalutusta käytetään yleisemmin vanhojen perustusten tukemiseen. (Nykänen 2009, 32.)



Kuva 17. Suihkupaaluseinän rakenne (Nykänen 2009, 32.)

### 3.5.9 Tukiseinien valintaperusteet

Tukiseinän tärkein valintaperuste on siitä aiheutuvat kustannukset, mutta seinän kustannukset on kuitenkin osattava suhteuttaa hankkeen kokonaiskustannuksiin. Pieniin töihin ei kannata käyttää turhan järeätä ja kallista ratkaisua, kun taas isossa projektissa sitä saattaa pystyä hyödyntämään esimerkiksi pysyvänä tukirakenteena. Sen vuoksi projektin kesto onkin tukiseinän kannalta tärkeä valintaperuste. Tukiseinän valintaan vaikuttavista olosuhteista tärkeimmät ovat maaperän laatu ja kaivannon syvyys. Lisäksi täytyy ottaa huomioon pohjavesi ja seinän vedentiivistystarve. Tukiseinien soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin on listattu taulukossa 2. (Rantamäki & Tammirinne 1994, 120.)

Taulukko 2. Tukiseinätyypin soveltuvuus (Rantamäki & Tammirinne 1994, 122.)

| Vaatus tai olosuhdetekijä   | Puulankkuseinä         |                | Teräsponttiseinä | Settiseinä | Patoseinä   | Uppo-kaivo  |
|---|------------------------|----------------|------------------|------------|-------------|-------------|
|   | Tavallinen lankkuseinä | Uralankkuseinä |                  |            |             |             |
| Kestoikä<br>— pysyvä tukiseinä<br>— tilapäinen tukiseinä                        | X                      | X              | (X)<br>X         | X          | X           | X           |
| Kaivannon syvyys<br>< 4 m<br>> 4 m  | X                      | X              | (X)<br>X         | (X)<br>X   | (X)<br>X    | (X)<br>X    |
| Vesiolosuhteet<br>— avovesiolosuhteet<br>— vesitiivis seinä                     |                        | X<br>X         | X<br>X           |            | X           | X           |
| Kaivantomaaperä<br>— pehmeä tai vetelä<br>— kiinteä, kivetön<br>— kova, kivinen | X                      | X<br>X         | X<br>X           | X<br>(X)   | X<br>X<br>X | X<br>X<br>X |
| Ympäristö ei saa liikua tai painua  |                        |                |                  |            | X           |             |
| Tukiseinästä tulee osa lopullista rakennetta                                    |                        |                |                  |            | X           | X           |

### 3.6 Johtopäätökset omaan rakenteeseen

Yritys tarvitsee toimintaansa sopivan tukiseinäjärjestelmän. Koska yritys on erikoistunut pientaloihin liittyvään maanrakentamiseen, voidaan raskaat yli 4 m:n syvyisiin kaivantoihin tarkoitetut tukiseinät jättää pois. Tukiseinästä ei myöskään tule osa pysyvää rakennetta eikä yrityksen tarvitseman tukiseinän tarvitse olla vesitiivis. Jäljelle jääviä vaihtoehtoja ovat puulankkuseinä ja elementtiseinä. Puulankkuseinä on sinänsä

toimiva ratkaisu, mutta se on yrityksen tarpeisiin turhan hidas asennettava. Jäljelle jää elementtiseinä, joka on yrityksen kannalta paras ratkaisu, sillä se on helppo tuoda paikalle ja nopea asentaa. Elementtiseinää voi myös käyttää tilanteissa, joissa sortumisvaaraa ei voida laskelmin osoittaa, vaikka se on kokemuksen mukaan olemassa. Elementtiseinän huono puoli on se, että niitä ei ole saatavilla, vaan ne on tehtävä itse.

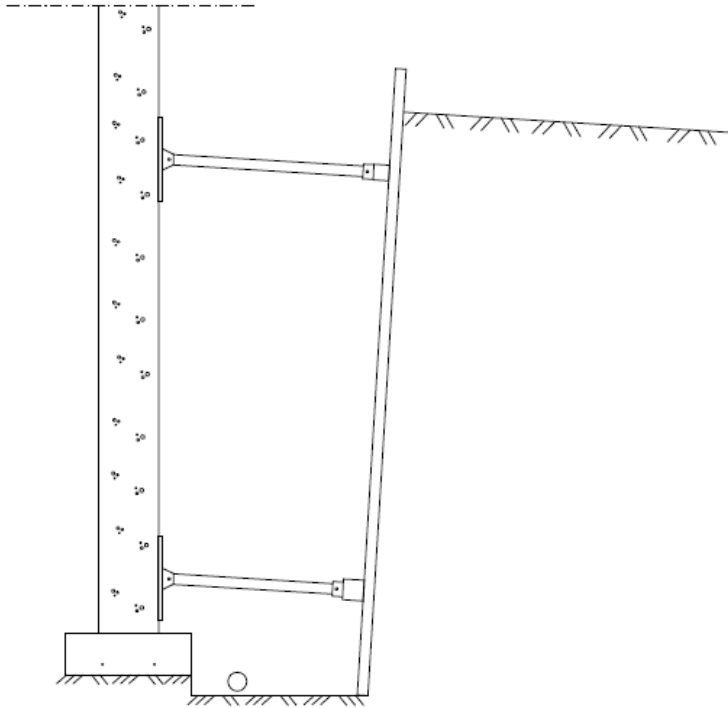
Hyvästä tukiseinäjärjestelmästä huolimatta on yrityksen kannalta suositeltavaa tehdä kaivannot luiskattuina aina, kun se on mahdollista. Tähän on syynä se, että yritys tekee pääsääntöisesti vain matalia kaivantoja, joissa sortumavaara on pieni. Sen vuoksi luiskaukset ovat suhteellisen jyrkkiä. Aina ei tilanahtauden ja huonojen pohjaolosuhteiden vuoksi kuitenkaan voida tehdä luiskattua kaivantoa, joten hyvää tukiseinäjärjestelmää tarvitaan. Mikäli elementtiseinää ei toteuteta, yrityksellä ei ole keinoja tehdä turvallista kaivantoa tällaisiin olosuhteisiin.

## 4 TUKISEINÄN MITOITUS

### 4.1 Mitoitusperiaatteet

Tässä työssä keskitytään vain kyseisen elementtiseinän mitoitukseen, joten tätä työtä ei voi käyttää tukiseinien mitoitusohjeena. Mitoitettava rakenne on kahdelta tasolta tuettu elementtiseinä, jonka kuorma muodostuu maanpaineesta. Se tukeutuu joko vieressä olevaan perusmuuriin tai vastakkaisella puolella olevaan samanlaiseen elementtiin (kuva 18). Vedenpainetta ei tarvitse ottaa tässä huomioon, sillä elementit eivät ole vesitiiviitä ja niitä käytetään vain pohjavedenpinnan yläpuolella. Rakenteet poikki- ja vaakatuot ovat terästä ja itse levy on puuta, tarkemmin ottaen vaneria. Rakenteiden mitoituksessa käytettiin nykyisiä suunnittelustandardeja. Teräsosat mitoitettiin EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu -standardin ja puuosat EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu -standardin mukaan.





Kuva 18. Tukielementin periaatekuva

#### 4.2 Maanpaine

Maanpaine on mitoitettu aktiivisena maanpaineena, sillä vaikka kyseessä on kahdelta tasolta tuettu rakenne, sitä ei kuitenkaan ole lyöty maahan, joten se voidaan katsoa siirtyväksi rakenteeksi. Lisäksi kyseessä on väliaikainen rakenne, joka on tarkoitettu verrattain mataliin kaivantoihin. Mikäli kyseessä olisi siirtymätön rakenne, mitoitettaisiin se lepopaineena. Koska kyseessä on erilaisissa olosuhteissa käytettävä elementti, täytyy ensiksi selvittää, mikä maalaji kuormittaa rakennetta eniten. Tämä on selvitetty taulukossa 3. Suurin kuormitus aiheutui löyhästä hienosta hiekasta. Laskelmissa on käytetty tasaista kuormaa  $20 \text{ kN/m}^2$  maanpinnalla kaivannon vieressä. Rakenteeseen kohdistuva maanpaine on laskettu taulukossa 4.

Taulukko 3. Aktiivinen maanpaine maatyypeittäin

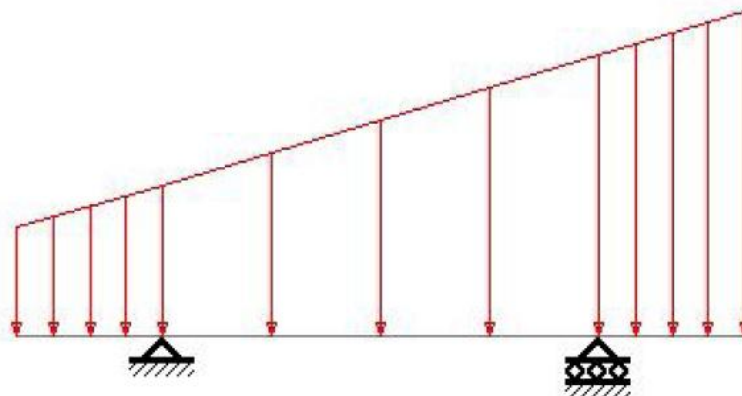
| Maalaji          | Z   | TILAVUUSPAINO | KN/m <sup>2</sup> | KUORMA KN/m <sup>2</sup> | KITKAKULMA | Ka    | C | Pa    |
|------------------|-----|---------------|-------------------|--------------------------|------------|-------|---|-------|
| 1. Hienohiekka L | 2,5 | 16            | 40                | 20                       | 30         | 0,333 | 0 | 19,98 |
| 1. Hienohiekka K | 2,5 | 17            | 42,5              | 20                       | 33         | 0,295 | 0 | 18,44 |
| 1. Hienohiekka T | 2,5 | 18            | 45                | 20                       | 36         | 0,26  | 0 | 16,90 |
| 2. Hiekka L      | 2,5 | 17            | 42,5              | 20                       | 32         | 0,307 | 0 | 19,19 |
| 2. Hiekka K      | 2,5 | 18            | 45                | 20                       | 35         | 0,271 | 0 | 17,62 |
| 2. Hiekka T      | 2,5 | 19            | 47,5              | 20                       | 38         | 0,237 | 0 | 16,00 |
| 3. Sora L        | 2,5 | 18            | 45                | 20                       | 34         | 0,282 | 0 | 18,33 |
| 3. Sora K        | 2,5 | 19            | 47,5              | 20                       | 37         | 0,249 | 0 | 16,81 |
| 3. Sora T        | 2,5 | 20            | 50                | 20                       | 38         | 0,237 | 0 | 16,59 |
| 4. Moreeni L     | 2,5 | 20            | 50                | 20                       | 36         | 0,26  | 0 | 18,20 |
| 4. Moreeni K     | 2,5 | 21            | 52,5              | 20                       | 38         | 0,237 | 0 | 17,18 |
| 4. Moreeni T     | 2,5 | 23            | 57,5              | 20                       | 40         | 0,21  | 0 | 16,28 |

Taulukko 4. Rakenteeseen kohdistuva maanpaine

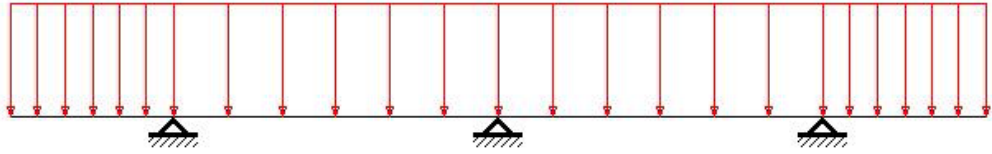
|           | Z   | TILAVUUSPAINO | KN/m <sup>2</sup> | KUORMA KN/m <sup>2</sup> | KITKAKULMA | Ka    | C | Pa    |
|-----------|-----|---------------|-------------------|--------------------------|------------|-------|---|-------|
| Maanpinta | 0   | 16            | 0                 | 20                       | 30         | 0,333 | 0 | 6,66  |
| Ylätuki   | 0,5 | 16            | 8                 | 20                       | 30         | 0,333 | 0 | 9,32  |
| Alatuki   | 2,0 | 16            | 32                | 20                       | 30         | 0,333 | 0 | 17,32 |
| Pohja     | 2,5 | 16            | 40                | 20                       | 30         | 0,333 | 0 | 19,98 |

#### 4.3 Staattinen malli

Rakenteen staattinen malli on esitetty kuvassa 19. Rakenne on yksiaukkoinen palkki, jossa on ulokkeet molemmissa päissä. Vaakapalkiston staattinen malli on esitetty kuvassa 20, ja se on jatkuva palkki, jonka tukiväli on 1,5 m. Näistä malleista ratkaistiin eri rakennusosien rasitukset niiden mitoitus varten. Rakenteen lopulliset mitat ja va-litut profiilit on nähtävissä liitteessä 1.



Kuva 19. Tukiseinän staattinen malli vaakaan käännettynä

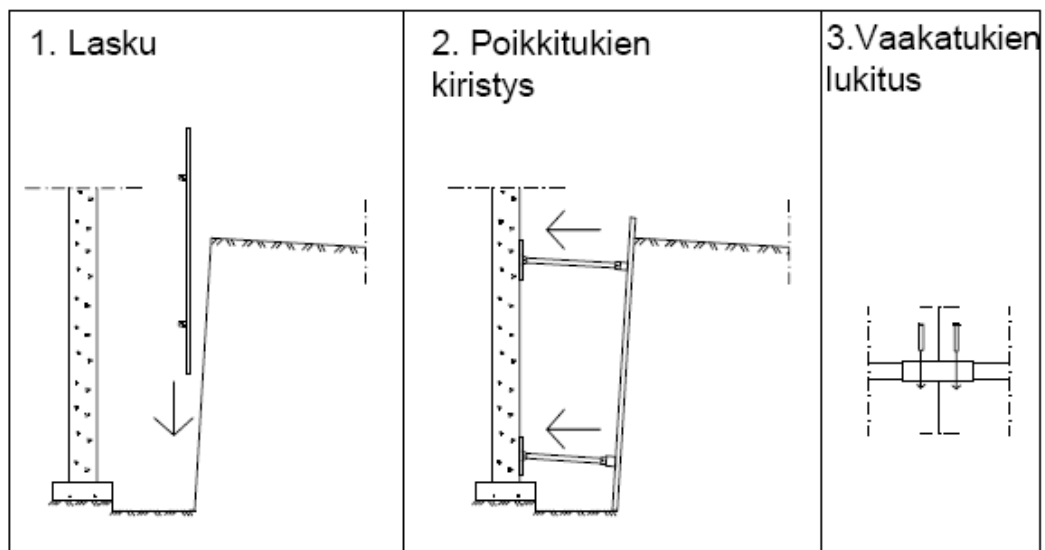


Kuva 20. Vaakapalkiston staattinen malli

## 5 TUKISEINÄN KÄYTTÖ

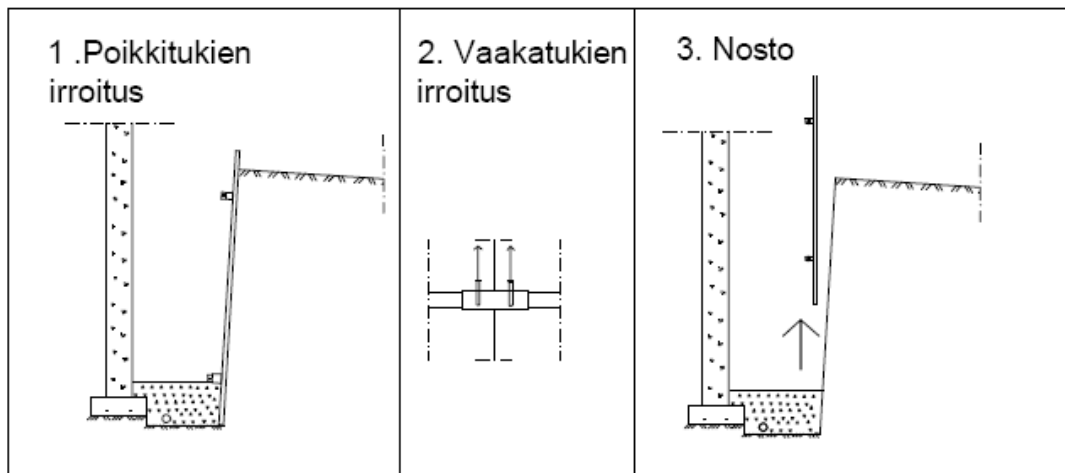
Tukiseinäelementit tuodaan työmaalle kuorma-autolla, kun työmaalla on todettu kaivannossa olevan sortumavaara. Tukiseinäelementtien poikkituet ovat irrallaan, joten ne eivät vie paljoa tilaa. Mikäli kohteessa tarvitaan vain muutama elementti, voidaan ne tuoda paikalla myös peräkärjyssä. Tukiseinäelementit ovat myös niin kevyitä, että niitä jaksaa kantaa käsin. Tukiseinien käyttöön ei tarvita ylimääräisiä koneita tai laitteita.

Tukiseinien asennus tapahtuu siten, että tukiseinäelementit lasketaan yksi kerallaan kaivannon pohjalle. Kun ensimmäinen tukiseinäelementti on laskettu, sen poikkituet säädetään oikeaan mittaan vetämällä ja liitos lukitaan tapilla. Tämän jälkeen poikkituet kiristetään vielä avaimella. Kun sama on tehty viereiselle elementille, lukitaan niiden vaakatuot toisiinsa lukituspaloilla ja tapeilla. Tukiseinäelementtejä asennetaan koko matkan kaivannon siihen osaan, jossa sortumisvaara on. Kun tarvittava määrä tukiseinäelementtejä on asennettu, varmistetaan, että kaikki tuet ovat lukittuja ja kiristettyjä. (Kuva 21)



Kuva 21. Tukiseinän asennus

Purkuvaiheessa kaivanto täytetään ensin sopivalla maa-aineksella alempaan poikkitukkeen asti minkä jälkeen kyseinen tuki poistetaan ja alemman vaakatuken lukitus avataan. Täyttämistä jatketaan vielä alemman vaakatuken yläpintaan asti, minkä jälkeen ylempi vaakatuki avataan ja ylempi poikkituki poistetaan. Seuraavaksi voidaan kyseinen tukielementti nostaa pois ja täyttää kaivanto siltä osin ylös asti. Nostamisessa voi apuna käyttää nostoliinaa. Näin jatketaan, kunnes kaikki elementit on nostettu ylös ja kaivanto täytetty. Tärkeää on nostaa tukielementit yksitellen ylös ja täyttää kaivanto sen kohdalta, ennen kuin alkaa irrottaa seuraavan tukielementin tukia. (Kuva 22)



Kuva 22. Tukiseinän purku

## 6 TULOSTEN ARVIONTI

Tämän työn tuloksena on yrityksellä nyt toimiva tukiseinäjärjestelmä, joka vastaa hyvin yrityksen sille asettamia vaatimuksia. Tukiseinäelementtejä on tarkoitus valmistaa kesän 2010 aikana. Aluksi tehdään viiden kappaleen koesarja. Mikäli tukiseinäelementit osoittautuvat toimiviksi, valmistetaan niitä myöhemmin lisää.

Tukiseinäjärjestelmä mahdollistaa yrityksen turvallisen ja ammattimaisen toiminnan sellaisissa olosuhteissa, missä se ei ennen ollut mahdollista. Tukiseinäjärjestelmän käyttö pienillä työmailla on harvinaista, sillä tarkoitukseen sopivia tukiseinäjärjestelmiä ei ole ollut saatavilla. Tukiseinäelementit saattavatkin antaa tulevaisuudessa kilpailuetua yritykselle, etenkin jos valvonta lisääntyisi myös pienillä työmailla. Tukiseinäelementtien kehitystä tulee myös jatkaa saatujen käytännön kokemusten mukaan, jotta niiden käyttöä saadaan nopeutettua ja helpotettua entisestään.

## LÄHTEET

Finnsementti Oy. 2010. Suihkuinjektointi. Saatavissa:

<http://www.finnsementti.fi/index2.html> [viitattu 6.4.2010].

Hartikainen, O-P. 1995. Maarakennustekniikka 435. 6. täydennetty ja korjattu painos. Saarijärvi: Gummerrus Kirjapaino Oy

Nykänen, S. 2009. Kaivantojen tukiseinien suunnittelu ja toteuttaminen pysyvinä rakenteina. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.

Perkkiö, H. 2009. Tuettujen kaivantojen riskienhallinta. Diplomityö. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu.

Rantamäki, M. & Tammirinne, M. 1994. Pohjarakennus 465. 9. muuttumaton painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 2004. RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet. Yleisjäljennös – painopörssi.

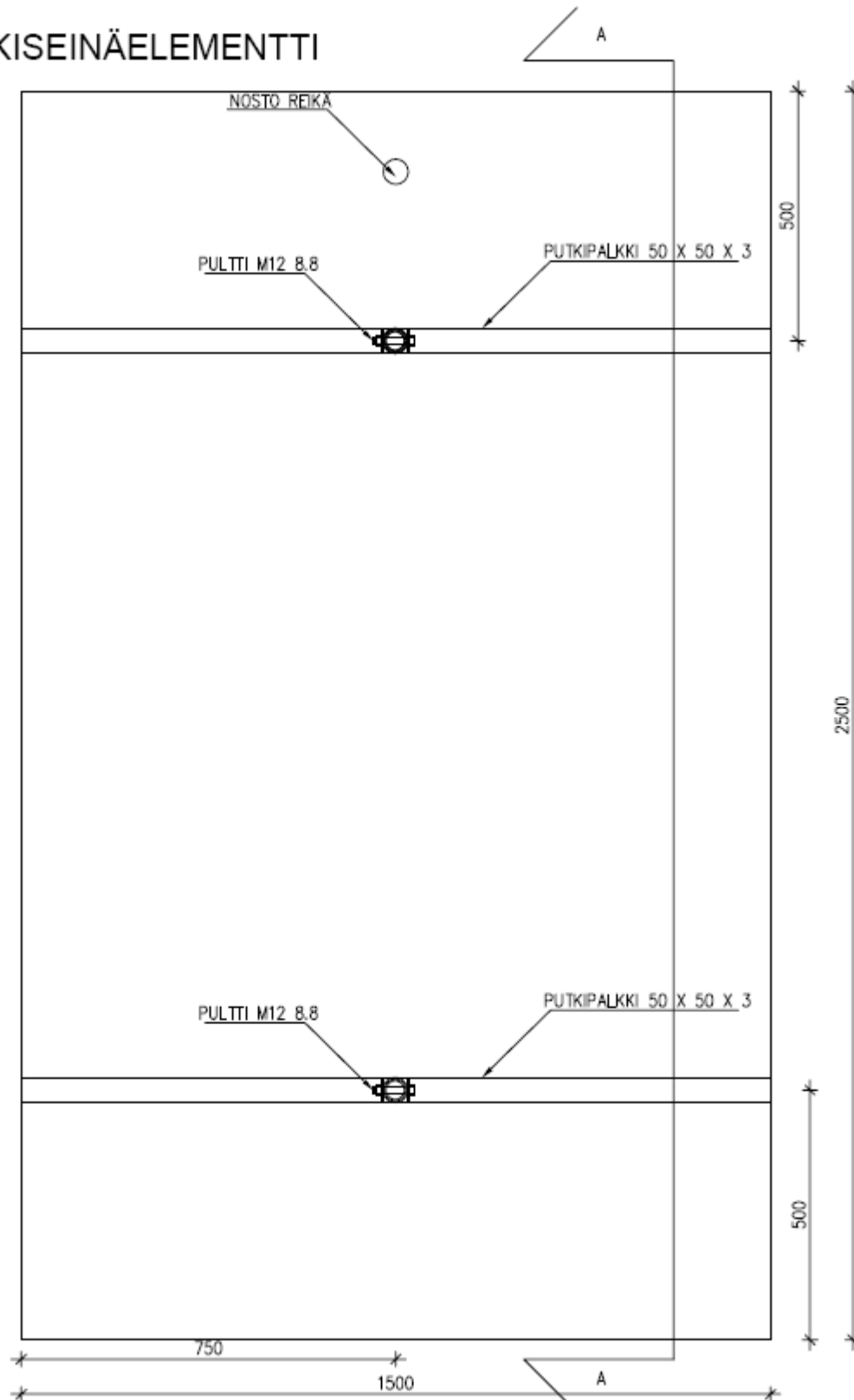
Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 1986. RIL 166 Pohjarakenteet. Hanko: Hangon Kirjapaino Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 1989. RIL 181-1989 Rakennuskaivanto-ohje. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

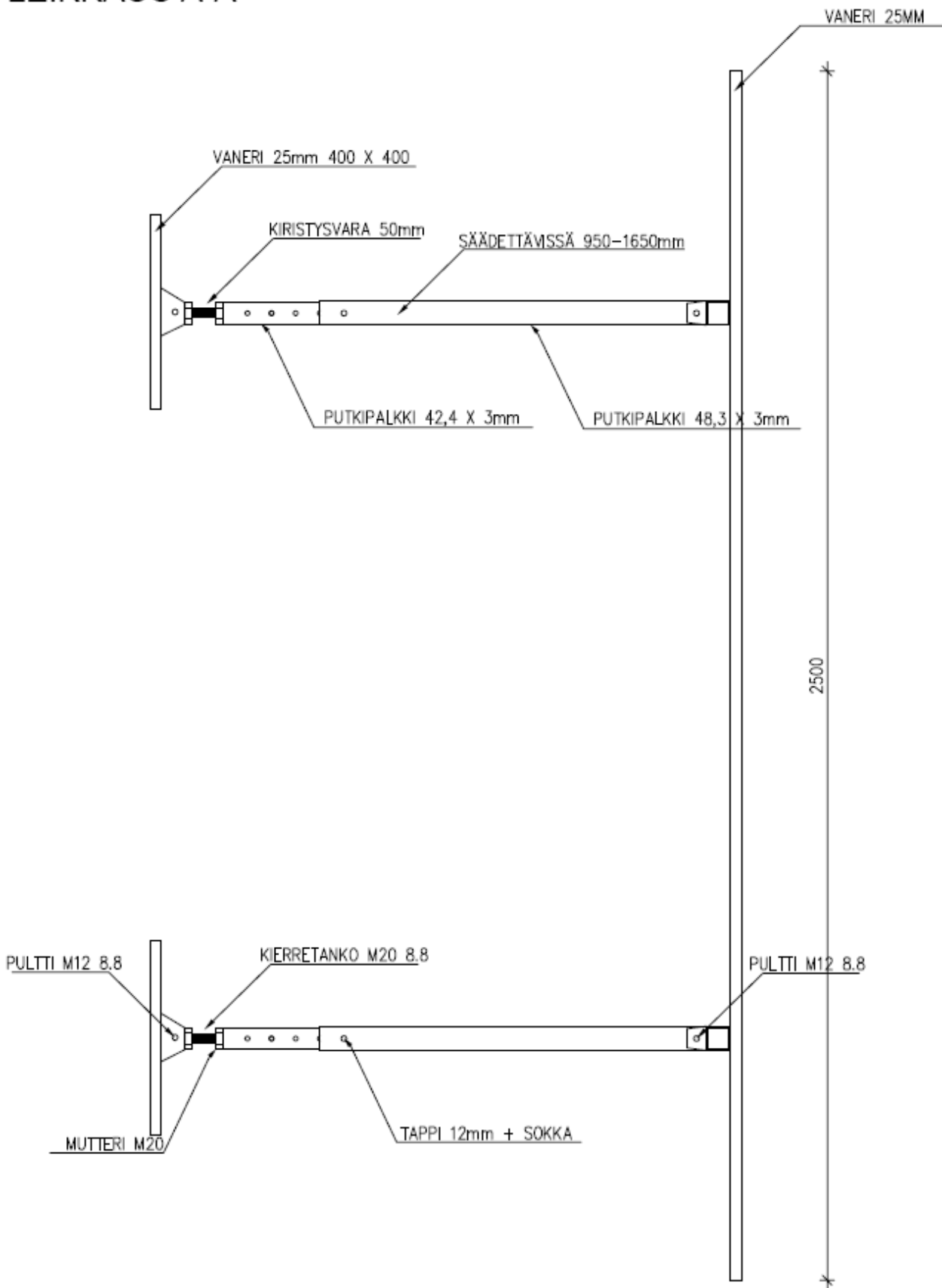
Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 1992. RIL 194-1992 Putkikaivanto-ohje. Lahti: Lahden Kirjapaino ja Sanomalehti Oy.

## RAKENTEEN KUVAT

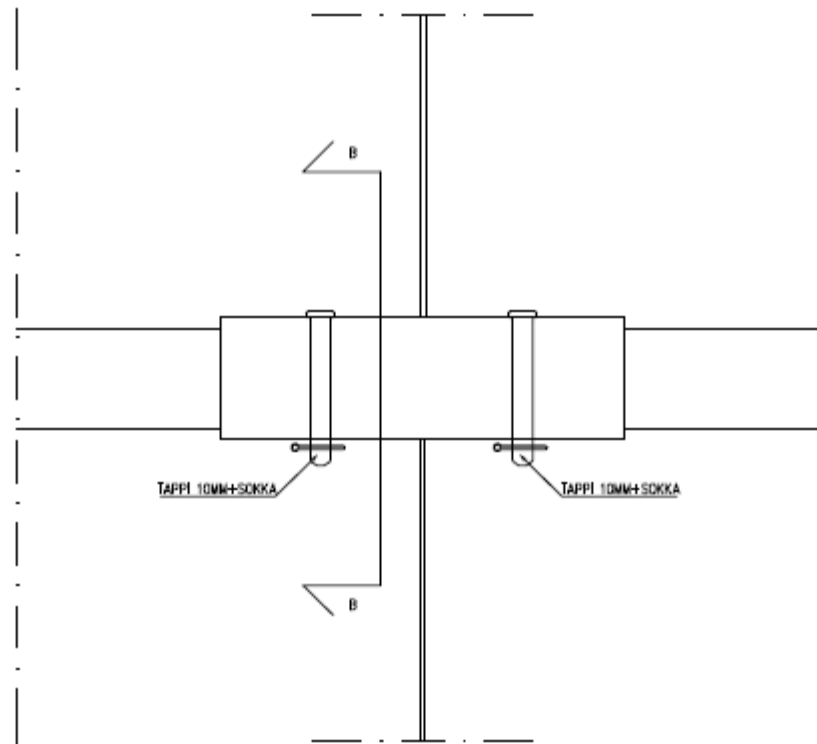
## TUKISEINÄELEMENTTI



# LEIKKAUS A-A



## DET 1. TUKISEINÄELEMENTTIEN LIITOS



### LEIKKAUS B-B

