



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Teräsponttiseinien ankkurointi

Jonni Hautamäki

Opinnäytetyö
Lokakuu 2017
Rakennusalan työnjohto



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohto

Hautamäki Jonni:
Ponttiseinien ankkurointi

Opinnäytetyö 26 sivua
Joulukuu 2017

Opinnäytetyön aiheena oli teräsponttiseinien ankkurointi. Opinnäytetyön toimeksiantaja halusi koottavaksi yhden selkeän tietopakettin aiheesta. Urakoitsijan on tärkeää osata valita oikeanlainen tukiseinän tuentatapa.

Opinnäytetyössä esiteltiin teräsponttiseinän eri tuentatapoja. Työn tarkoituksena oli selvittää lukijalle ponttiseinien tuentatapojen erot ja käyttökohteet. Opinnäytetyö tehtiin laadullista tutkimusmenetelmää käyttäen, ennen työn kirjoittamista tutustuin aiheeseen kirjallisuuden ja haastattelun avulla. Työn toimeksiantaja oli infra-alan yritys Kreate Oy.

Opinnäytetyössä käytiin läpi teräsponttiseiniä ja niiden tuentaan liittyviä asioita. Kirjallisen osuuden jälkeen kokosin ajatukseni yhteen ja laadin kaksi taulukkoa selventämään tuentatapoja lukijalle.

Työn tietoja voidaan käyttää hyväksi teräsponttiseiniä suunniteltaessa. Tukiseinän onnistunut tuenta on työmaalle tärkeää kustannusten ja aikataulujen kannalta. Työtä voitaisiin kehittää ottamalla vertailuun muutamia työmaita ja niiden tuentaratkaisuja.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction site management

Hautamäki Jonni
Anchorage of a sheet pile wall

Bachelor's thesis 26 pages
December 2017

The subject of my thesis was the anchoring of sheet pile walls. The subject was to put together one clear information pack. It is important for the contractor to be able to choose the right wall support.

The thesis presented different ways of supporting the sheet pile wall. The purpose of the thesis was to clarify to the reader the differences and the uses of the support elements of the sheet pile walls. The thesis was made using a qualitative research method, before writing the thesis I studied the topic through literature and interviewing. The job was commissioned by the infra company Kreate Oy.

The thesis involved examining sheet pile walls and their support. After writing, I combined my thoughts together and made two tables to clarify the support methods for the reader.

Work data can be utilized when designing a sheet pile wall. The successful support of the support wall is important for the construction site in terms of costs and schedules. Work could be developed by comparing a few construction sites and their support solutions.

Key words: sheet pile wall, anchorage, support

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	Kaivantojen tuenta.....	6
2.1	Kaivantojen tuenta	6
2.1.1	Tukiseinän valintaperusteet.....	8
2.1.2	Tukiseiniin kohdistuvat kuormat.....	8
2.2	Teräsponttiseinät	9
2.2.1	Teräsponttiseinän asennuksen työjärjestys	12
2.2.2	Teräsponttiseinän upottamisen eri menetelmät.....	12
2.2.3	Teräsponttiseinän vesitiiveys	13
2.2.4	Teräsponttiseinän alapään vesitiiveys kalliota vasten.....	13
3	Teräsponttiseinän tuenta.....	15
3.1	Teräsponttiseinän tuenta	15
3.2	Ulkopuolinen tuenta.....	16
3.2.1	Maa-ankkurointi	17
3.2.2	Kallioankkurointi	18
3.2.3	Passiiviankkuri	18
3.3	Ankkurien kiinnitys tukiseinään	20
4	YHTEENVETO	22
	LÄHTEET.....	26

1 JOHDANTO

Tukiseinien käyttö infrarakentamisessa on usein välttämätöntä. Ennen varsinaisen rakentamisen aloittamista, on yleensä tehtävä jonkinlainen kaivanto, joka on tuettava. Nykyisin yleisin vaihtoehto kaivantojen tukemiseen on teräsponttiseinät. Teräsponttiseinät on myös tuettava tai ankkuroitava. Tämä onkin opinnäytetyön aihe.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on infra-alan yritys Kreate Oy. Idea aiheeseen tuli Kreaten urakoimasta Viinikan sillasta Tampereella. Kyseisessä urakassa jouduttiin muuttamaan teräsponttiseinän ankkurointitapaa suunnitelmista poiketen. Olen työskennellyt Kreatelle yhteensä kolmena kesänä opintojeni kesälomilla. Samalla olen suorittanut opintoihin kuuluvat kolme harjoittelua yrityksessä. Sen takia tuntui luontevalta tehdä myös opinnäytetyö samalle yritykselle.

Työssä käsitellään teräsponttiseiniä yleisellä tasolla, kerron myös hieman tukiseinien valintaperusteista ja asennuksesta. Myöhemmin työssä käsitellään eri ankkurointi- ja tuentatapoja. Työn tarkoituksena on vertailla eri ankkurointi- ja tuentatapoja ja luoda lukijalle selkeä kuva tuentatapojen eroista ja käytöstä. Samalla työn kirjoittajana saan hyödyllistä oppia tulevaisuutta ajatellen.

Aiempaa tietämystä teräsponttiseinien ankkuroinnista löytyi jonkin verran eri ankkurointitavoista. Teräsponttien maahan upottamista olen myös seurannut vierestä ennen työn kirjoittamista.

2 Kaivantojen tuenta

2.1 Kaivantojen tuenta

Usein työmaalla syntyy tilanteita, joissa luiskatun kaivannon käyttö ei ole mahdollista. Luiskatun kaivannon käyttöä estää muun muassa, viereinen katu, naapurirakenteet, rakennusalueen työn aikainen käyttö tai rakennuspaikan maaperä- ja pohjaolosuhteet. Kun luiskatun kaivannon käyttö ei ole mahdollista, joudutaan kaivannot tekemään tuettuina. (Jääskeläinen 2009, 180.)

Geoteknillinen mitoitus on tehtävä lähes aina kaivantoja tuettaessa. Kapeissa kaivannoissa, joissa tuentaa saatetaan tarvita vain turvapönkitystä varmistamassa, ettei suuria maakappaleita pysty valahtamaan alas, voidaan selvittää alla olevan kuvan 1 mukaisella ratkaisulla. (Jääskeläinen 2009, 180.)



KUVA 1. (Jonni Hautamäki 2017)

Kuvassa 1 on kapea kaivanto, joka on tuettu sisäpuolisilla tuilla. Tukina toimivat HEB-teräspalkit, jotka on osittain polttoleikattu muotoon. Osaan palkkeihin on hitsattu lattateräs palkin päälle, joka tukeutuu paikalleen hitsattuun vaakapalkkiin. Kuvassa näkyy myös hieman ponttiseinän hyötykäyttöä pilarimuotin tukena.

Tukiseinä toimii yleensä vain työn aikaisena lisärakenteena, joka poistetaan rakennuksen valmistuessa. Eli se on työn suorittamiseksi vaadittava lisäkustannus, joka saisi jäädä mahdollisimman pieneksi. Tukiseinää valittaessa etsitään siis aina edullisinta vaihtoehtoratkaisua, joka kuitenkin tyydyttää teknilliset sekä turvallisuusvaatimukset. Edullisin tuentatapa riippuu monista asioista. Joskus tukiseinän kustannukset voivat nousta niin suuriksi, että rakennuttaja vaihtaa rakennusratkaisua vapautuakseen tukiseinän kustannuksista. Esimerkiksi kaupunkien keskustoissa, joissa tonttien arvo on korkea, on usein edullista rakentaa mahdollisesti useitakin kellarikerroksia tukiseinien kustannuksista huolimatta. Kun taas omakotirakentajalle järeiden tukiseinien rakentaminen on todella poikkeuksellista. (Jääskeläinen 2009, 181.)

Vuosien varrella eri kustannustekijöiden muuttuessa ovat myös tukiseinärakenteet muuttuneet. Käytännössä puisten ponttien käyttö on loppunut ja muutenkin puun käyttö tukirakenteissa on vähentynyt. Ne hankaloittavat koneiden liikkumista kaivannossa ja teettävät muitakin lisätöitä. Kun tukiseinän käyttöön päädytään, yleensä pyritään siihen, että kaivanto olisi mahdollisimman avoin. Alapohja- ja anturarakenteita voidaan myös tarvittaessa hyödyntää tukirakenteina. Tällaisessa ratkaisussa voidaan esimerkiksi kaivaa kaivannon keskiosa luiskattuna kaivantona. Rakennetaan kaivantoon sinne tulevat perustukset ja niiden ylärakenteita painon ja jäykkyyden lisäämiseksi. Tämän jälkeen rakennetaan kaivannon tukiseinät tukien ne tätä keskiosaa vasten ja päästen jatkamaan rakennustyötä tontin reuna-alalla. (Jääskeläinen 2009, 181.)

Yleisimmät tukiseinätyypit ovat teräsponttiseinä ja settiseinä. Niille soveltuu osittain samanlaiset tuentaratkaisut, vaikka seinien erilaisesta jäykkyydestä johtuen tuenta settiseinällä on usein tiheämpi. (Jääskeläinen 2009, 181.)

2.1.1 Tukiseinän valintaperusteet

Tärkein valintaperuste tukiseinätyyppiä valittaessa on seinän kustannukset. Kuitenkin on samalla tarkasteltava asiaa koko rakennushankkeen kokonaiskustannusten valossa. Tukiseinää valittaessa on otettava huomioon, että seinätyyppi voi vaikuttaa rakentamisaika-
tauluun, seinä voi toimia pysyvänä tukirakenteena, betonirakenteiden valumuottina jne. Usein kaivannon tukiseinän valintaa ovat rajoittamassa monet olosuhdetekijät, joista mainittakoon seuraavat:

- kaivannon syvyys
- kaivantomaaperän laatu
- tukiseinän toimivuus avovesiolosuhteissa
- tukiseinän vesitiiviystarve
- seinän takaisten maakerrosten löyhtymättömyyden ja liikkumattomuuden välttämättömyys
- seinän käyttöaika ja toimiminen pysyvänä rakenteena.

(Rantamäki & Tamminne 2000, 121.)

Teräsponttiseinä käy tilapäiseksi tukiseinäksi lähes kaikissa olosuhteissa. Jos kaivantomaaperä on kivistä, teräspontin upotus voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta. Silloin vaihtoehtoisena tukiseinärakenteena potentiaalisia vaihtoehtoja ovat settiseinä ja patoseinä. (Rantamäki & Tamminne 2000, 121.)

2.1.2 Tukiseiniin kohdistuvat kuormat

Peruskaivannon tukiseiniin kaivannon ulkopuolelta vaikuttavia kuormia ovat seuraavat:

- maanpaine
- vedenpaine
- maanpinnalla olevien kuormien aiheuttama paine
- maan tiivistymisestä johtuva paine
- jäätyamisen synnyttämät kuormat

(Rantamäki & Tamminne 2000, 122.)

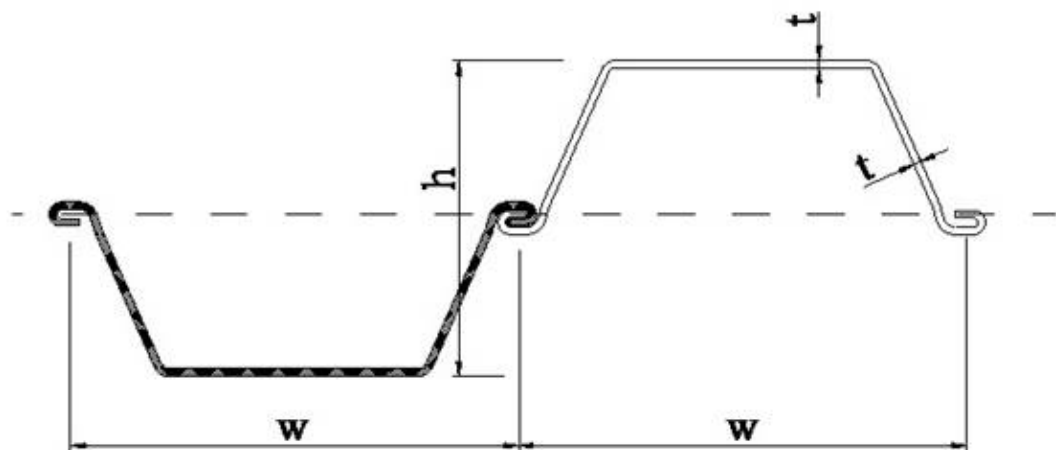
Näistä kuormista esiintyvät yleisimmin maanpaine ja vedenpaine ja niiden yhteisvaikutus on yleensä määräävintä tukiseinien suunnittelussa. Maanpaine riippuu maan geoteknisistä

ominaisuuksista sekä seinän tuentatavasta ja käyttöajasta. Taipuisten, yhdeltä tasolta tuettujen väliaikaisten seinien, kuten teräspontti- ja settiseinän maanpaineet lasketaan yleensä klassisen paineteorian mukaan. (Rantamäki & Tammirinne 2000, 122.)

2.2 Teräsponttiseinät

Teräsponttiseinä muodostuu pystysuorista teräsponttilankuista, jotka ponttirakenne sitoo toisiinsa. Teräsponttiseinä on maailmassa eniten käytetty tukiseinätyyppi.

Teräsponttilankkujen muoto- ja kokovalikoima on laaja, profiilit voidaan kuitenkin jakaa kolmeen ryhmään: kevyisiin, raskaisiin ja erikoisprofiileihin. Kevyet teräsponttiprofiilit ovat lähes tasolevyisiä tai matalasti aaltomaisia. Raskaat teräsponttilankut ovat yleensä Z- tai U- profiileja. Tällaisten lankkujen taivutusvastus on suuri, joten lankkujen tukiväli voi olla melko suuri. Raskaat profiilit ovat Suomessa teräsponttilankuista suosituimpia ja erityisen paljon on käytetty kahdesta U-profiilista koostuvaa teräsponttiyhdistelmää, jossa ponttikiinnitys sijoittuu seinän poikkileikkauksen neutraaliakselille. (Rantamäki & Tammirinne 2000, 115.)



KUVIO 1. (China steelpiling 2017)

Kuviossa 1 esitetään teräspontin tyypillinen rakenne sekä kahden teräsponttilankun liitos.

Teräsponttiseinää tehtäessä maanpintaan tehdään usein matala alkukaivanto, jolloin maanpinnalla olevat kivet ja mahdolliset päällysrakennekerrokset saadaan poistettua ennen ponttien lyöntiä. Tämän alkukaivannon pohjalle voidaan asentaa ohjauslankut, jotka helpottavat ponttien lyömistä oikeaan linjaan. Tavoitteena on saada lyötyä pontit uriinsa,

jolloin seinälle syntyy valmistajan suunnittelema jäykkyys ja käytännössä seinästä tulee myös varsin vesitiivis. Jos pontit joudutaan lyömään limittäin, jää rakenne huomattavasti heikommaksi. Tällaisiakin tilanteita välillä syntyy, varsinkin jos maa on kivistä. Myös ponttiseinän kulmakohdissa voidaan joutua lyömään pontit limittäin, jos ei ole kulmaprofiilia käytettävissä. Teräspontittien käyttö sopii parhaiten kivettömiin maihin. (Jääskeläinen 2009, 182.)

Usein käytetään hieman ylijäykkiä pontteja. Tällöin pontit kestävät rasitusta enemmän, nouset helpommin pois ja säilyvät paremmin uusia käyttökohteita varten. Teräspontit pyrkivät taipuilemaan tunkeutuessaan maahan, tästä syystä ponttien suunnan säilymistä on valvottava upotuksen aikana. (Jääskeläinen 2009, 182.)

Joissain tapauksissa teräsponttiseinien jäykkyys sallii sen, että varsinkin tiiveissä maala-jeissa voidaan kaivaa kohtuullinen alkukaivanto ilman tuentaa. Kun seinä on saatu tuettua ensimmäiseltä tasolta, voidaan kaivua jatkaa ennalta lasketun suunnitelman mukaan seuraavalle tasolle. Matalissa kaivannoissa, joissa pontin alapää saadaan lyötyä riittävästi tarvittavan kaivupohjan alle, riittää usein yksi tuentataso. (Jääskeläinen 2009, 183.)

Pontin alapään on otettava kallioon kiinni, kun kaivu ulottuu kalliopintaan tai lähelle sitä. Tällaisessa tapauksessa pontin alapään liikettä estetään kallioon poratuilla terästapeilla. Jos halutaan varmentaa kyseistä ratkaisua, voidaan pienentää pontin liikemahdollisuutta valamalla betoninen juuripalkki pontin alapäähän. Juuripalkin paikallaan pysyvyyttä voidaan varmentaa vielä ankkuroimalla se kallioon. (Jääskeläinen 2009, 183.)

Rakenteet mitoitetaan ja lasketaan jokaiselle työvaiheelle alkukaivusta pontin alapään tuentaan. Valitun teräspontin jäykkyys vaikuttaa osaltaan ankkurointitasojen valintaan. Ankkurien sijoitustiheyteen vaikuttavat vaakapalkin jäykkyys ja ankkureille sallitut kuormat. Tavanomaisissa kohteissa vaakapalkit ovat yleensä tarkoitukseen valmistettuja teräspalkkeja asennuskappaleineen. Erikoiskohteissa voidaan mahdollisesti käyttää teräsbetonirakenteita. Ponttiseinä suojaa usein lähellä olevia arkoja rakenteita, silloin pyritään kaikissa vaiheissa estämään maaperää ottamasta muodonmuutoksia naapurirakenteiden alla. (Jääskeläinen 2009, 183.)



KUVA 2. (Jonni Hautamäki 19.10.2017)

Kuvassa 2 näkyy valmista teräsponttiseinää. Kuvassa näkyvä ponttiseinä on ankkuroitu maahan.

2.2.1 Teräsponttiseinän asennuksen työjärjestys

Tässä luvussa käydään läpi teräsponttiseinän tyypillinen rakentamisen työjärjestys.

Tyypillinen tukiseinän rakentamisjärjestely on seuraava:

1. Luiskatun alkukaivannon tekeminen koko rakennusalueelle tai massanvaihtokaivu tukiseinän kohdalle mahdollisen täytteen läpäisemiseksi. Alkukaivannon kaivutaso ei saa ulottua liian lähelle pohjaveden pintaa.
2. Teräsponttien paalutus tai lyönti Movaxin sivusta tarttuvalla paaluniskijällä. Tarvittaessa lähelle kalliopintaa ulottuvien teräsponttien alapään tiivistysinjektointi.
3. Pohjaveden alennus tukiseinien sisältä.
4. Kaivannon kaivu ensimmäiselle tukitasolle. Tasauspalkkien rakentaminen, ankkureiden poraus, jänneterästen asennus ja ankkureiden jännittäminen tai sisäpuolisten tukien rakentaminen. Lisäksi mahdollisesti tarvittavien tukiseinän pohjatappien poraus ja asentaminen.
5. Kaivannon kaivu toiselle tukitasolle, kolmannelle jne. Tasauspalkkien rakentaminen, ankkureiden poraus, jänneterästen asennus ja ankkureiden jännittäminen tai sisäpuolisten tukien rakentaminen.
6. Kaivun ulottaminen kaivannon pohjalle. Jos teräsponttiseinä ei ulotu kallion pintaan ja kaivantoa louhitaan syvemmälle, on ponttiseinän alapää tiivistettävä juuripalkilla tai muulla betonirakenteella.

(Tuhola 2017, 582.)

2.2.2 Teräsponttiseinän upottamisen eri menetelmät

Teräspontteja voidaan lyödä maahan hydraulisesti tai mekaanisesti toimivilla paalujuntilla, eli saman tyyppisellä kalustolla kuin lyöntipaalut. Lisäksi teräspontteja voidaan upottaa maahan myös hydraulisi- ja sähkötoimisilla täryjuntilla. Nykyään kaivinkoneisiin kiinnitettävien hydraulitoimisten täryjunttien (ponttivararoiden) käyttö on yleistynyt teräsponttien lyöntityössä. Täryjunttien etuna lyöntityössä on tarvittaessa suurenkin iskuenergian lisäksi niiden aikaansaama ponttien värähdysliike, joka pienentää ponttipinto-

hin kohdistuvaa vaippavastusta ja helpottaa ponttien maahan upottamista. Lisäksi ponttien nopea värähtely pienentää ympäristöön leviävän tärinän mahdollisia haittavaikutuksia. Täryjunttia käytetään myös teräsponttien nostotyössä. (Tuhola 2017, 582.)

2.2.3 Teräsponttiseinän vesitiiveys

Teräsponttien lukkoliitos ei ole vesitiivis sellaisenaan. Seinän vesitiivisyys riippuu lähinnä vedenpaine-erosta seinän eri puolten välillä ja maapohjan vedenläpäisevyydestä. Maapohjan vedenläpäisevyyden ollessa pieni (hienoainespitoiset maat) ja vedenpaine-ero seinän eri puolten välillä on kohtuullinen, vuotoveden mukana kulkeutuva hienoaines tukkii yleensä lukkoliitokset. Näissä olosuhteissa teräsponttiseinä on yleensä riittävän vesitiivis työnaikaisena tukiseinänä. On kuitenkin otettava huomioon, että vaikeissa pohjaolosuhteissa teräsponttien lukkoliitoksiin voi syntyä muodonmuutoksia, jolloin vesivuotojen riski kasvaa. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 48.)

Vesitiiveyttä lukkoliitoksissa voidaan parantaa täyttämällä lukkourat tiivistysmassalla ennen ponttien asentamista. Pysyvässä ponttiseinässä kaivannon pohjatason yläpuolisen seinäosan vesitiivisyys voidaan varmistaa lisäksi hitsaamalla ponttiliitokset umpeen. Vuotavissa ponttiliitoksissa voidaan hitsata teräslevy liitoksen eteen ja tarvittaessa injektoida teräslevyn ja pontin väli. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 49.)

2.2.4 Teräsponttiseinän alapään vesitiiveys kalliota vasten

Teräsponttiseinän alapään liitos kallioon ei ole vesitiivis sellaisenaan. On tärkeää, että teräspontit saadaan upotetuksi kalliopintaan kiinni, sillä tämä rajoittaa ponttien alitse tulevaa vesivuotoa. Vaikka pontit lyödään kallioon asti, pääosa pontin leveydestä on irti kallioista kalliopinnan epätasaisuuden vuoksi. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 68.) ”Ponttien tunkeutumista kiinni kallioon voidaan paikallisesti parantaa löyhdyttämällä maakerrosta poraamalla” (RIL Kaivanto-ohje 2014, 68).

Alapään kallioliitoksen tiivistäminen on usein mahdollista tehdä kaivannon pohjalta kaivun jälkeen. Sitä ennen on kuitenkin todettava, että teräsponttiseinä on pystytty upottamaan kiinni kallioon. Kalliopintaa peittävän maakerroksen vedenjohtavuus ja vedenpaine

ovat määrääviä asioita jälkitiivistyksen onnistumisen kannalta. Jälkitiivistystapa on aina harkittava huolellisesti etukäteen pohjatutkimustietojen ja pontituksen toteumatietojen perusteella. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 68.)

Jälkitiivistys usein aloitetaan hitsaamalla ponttien alapäihin teräslevykappaleita ponttien alapään rakojen kohdille. Tämän jälkeen taustoja tiivistetään nopeasti reagoivalla polyuretaanilla vedenpitävyyden varmistamiseksi. Pieniä vesivuotoja voi edelleen ilmetä, ne voidaan tiivistää betonisella juuripalkilla. Ennen palkin valua seinän juureen asennetaan palkin pituussuuntainen salaoja, joka kokoaa vuotovedet ja johtaa ne pois valettavasta palkkiosasta. Salaoja injektoidaan umpeen, kun betoni on lujittunut. Juuripalkin toimivuutta voidaan parantaa bentoniittinauhoilla ja injektointiletkuilla, jotka asennetaan kalliopinnalle ja tukiseinäpinnalle. Rajapinnat voidaan injektoida jälkikäteen tiiviiksi injektointiletkujen avulla. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 68.)

Ennen kuin pohjavettä alennetaan ja kaivutyöt voidaan aloittaa, teräsponttiseinän alapään kallioliitoksen vesitiiviys ja pystykuormien siirtyminen kallioon on varmistettava. Tämä on tärkeää varsinkin erittäin vaativissa olosuhteissa. Varmistaminen voidaan tehdä suihkuinjektioimalla teräsponttiseinän juuri. Suihkuinjektointi voidaan tehdä maanpinnalta teräsponttiseinän vierestä. Injektointi limitetään vähintään yhden metrin verran ylöspäin teräsponttien alapäästä. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 68.)

Joissakin tapauksissa kallion ja teräsponttiseinän alapään välin tiivistäminen voidaan tehdä maainjektioinnilla. Sitä ennen on menetelmän toimivuus selvitettävä. Maanäytteillä (rakeisuusmäärityksillä) saadaan selvitettyä kalliopintaa peittävän maakerroksen injektoituvuus ja siihen soveltuva injektointiaine. Koeinjektointi tehdään, jos maakerros on rakeisuudeltaan injektoituvaa. Koeinjektioinnin jälkeen otetaan poranäytteet koeinjektointikohdasta, joista injektointitulokset selvitetään. Silloin kun teräsponttiseinän alapään kallioliitos suunnitellaan maainjektioinnilla, tulee työmenetelmä määritellä yksityiskohtaisesti suunnitelma-asiakirjoissa. (RIL Kaivanto-ohje 2014, 68.)

3 Teräsponttiseinän tuenta

3.1 Teräsponttiseinän tuenta

Teräsponttiseinä on mahdollista tukea vaakakuormia vastaan joko kaivannon ulkopuolisin vetoankkurein tai kaivannon sisäpuolisin puristusrakeintein tai näiden yhdistelmin. (RIL kaivanto-ohje 2014, 59.)

Ulkopuolisen tuennan etuja ovat, että kaivantoon ei tule rakentamista haittaavia rakenteita. Ulkopuolinen tuenta on myös teknisesti yksinkertaisempi ratkaisu, kuin sisäpuolinen tuenta, varsinkin laajoissa kaivannoissa. (RIL kaivanto-ohje 2014, 60.)

Laajat ja syvät, monelta tasolta tuettavat kaivannot ovat tyypillisiä ulkopuolisen tuennan käyttökohteita. (RIL kaivanto-ohje 2014, 60.)

Ankkurien pystykuormat tulee siirtää kantavaan pohjaan paaluilla tai pitkillä ponteilla, jos teräsponttiseinän alapään pystykantavuus ei ole riittävä. Vaihtoehtoisesti ulkopuolisenä tuentana voidaan käyttää esimerkiksi vaakasuoria passiivirakenteita tai maa-ankkuureita jotka ovat riittävän loivassa kulmassa. (RIL kaivanto-ohje 2014, 60.)

Kaivannon sisäpuolinen tuenta tehdään poikki kaivannon, joko yhdeltä tai useammalta tasolta. Tuenta on myös mahdollista tehdä vinosti kaivannon pohjalta. Sisäpuolista tuentaa suunnitellessa on kuitenkin tärkeää huomioida, että runsaat tukirakenteet aiheuttavat kaivannossa ahtautta, mikä voi johtaa työtaturmiin sekä kaivutöiden vaikeutumiseen ja hidastumiseen. (Rantamäki & Tamminen 1999, 129.)

Sisäpuolisen tuennan etuna voidaan pitää sitä, että tuennan rakennuskustannukset ovat yleensä pienemmät kuin ulkopuolisen tuennan. Myöskään pystykuormaa ei aiheudu vaakasuorasta sisäpuolisesta tuennasta. (RIL kaivanto-ohje 2014, 60.)

Sisäpuolisen tuennan tyypillisiä käyttökohteita ovat seuraavat:

- putkikaivannot ja kuilukaivannot (kuilukaivantojen tuenta seinä sivuavien vaakapalkein)

- laajemmat kaivannot silloin, kun tukirakenteet ja työvaiheistus kyetään suunnittelemaan siten, että tukirakenteiden aiheuttama haitta rakentamiselle jää kohtuulliseksi
 - kaivannot, joita ympäristöolosuhteiden vuoksi ei voida tukea ulkopuolisesti
 - kaivannot, joissa tukiseinän alapään pystykantavuus ei ole riittävä ulkopuolisten ankkurien pystykuormille.
- (RIL kaivanto-ohje 2014, 60.)

3.2 Ulkopuolinen tuenta

Kallioankkurin koevetovoima on käytännössä enintään noin 4 000 kiloNewtonia, kun maa-ankkurin vastaava voima voi olla enintään noin 700 kiloNewtonia.

Ulkopuolisessa tuennassa tukiseinä ankkuroidaan ulkopuolisin vetoankkurein. Ankkurointitavan mukaan erotetaan seuraavat ankkurityypit:

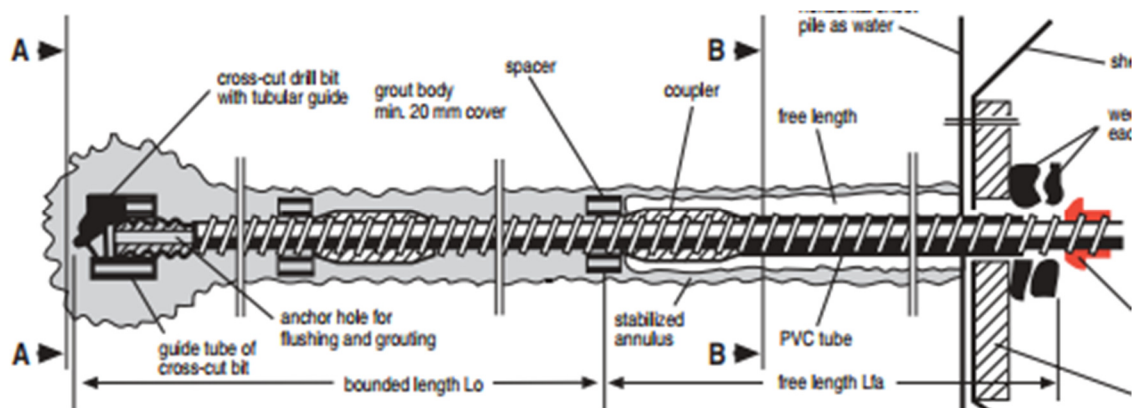
- kallioankkuri, ankkuroidaan kallioon
- maa-ankkuri, ankkuroidaan maakerrokseen
- passiiviankkuri, ankkuroidaan ankkuripontteihin (vastapontti), ankkurilaattaan tai vastaavaan. (RIL kaivanto-ohje 2014, 61.)

Ankkuroinnin suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavaa:

- Ankkuri on tilapäinen, jos sen käyttöikä on korkeintaan 2 vuotta ja pysyvä, jos sen käyttöikä on yli 2 vuotta. Pysyvän ankkurin tulee olla kaksinkertaisesti korroosiosuojattu.
 - Naapurikiinteistön puolelle ulottuvalle ankkurille tulee saada kiinteistön omistajan suostumus. Lisäksi pysyvä ankkuri edellyttää rasiitteen muodostamista naapurikiinteistölle
 - Maa- ja kalliopohjassa mahdollisesti olevat rakenteet ja kunnallistekniikka tulee selvittää ankkurien ulottuma-alueella. Ankkurien sijoittelu ja suuntaus tulee suunnitella siten, että vahingonvaaraa ei ole. Tulee myös varmistaa, ettei ankkurien injektointilaasti kulkeudu ympäristöön aiheuttaen vaurioita.
- (RIL kaivanto-ohje 2014, 61.)

3.2.1 Maa-ankkurointi

Teräsponttiseinän ankkuroinnissa käytetään maa-ankkureita, kun kallio ei ole sopivalla etäisyydellä. Siihen on olemassa erilaisia menetelmiä. Kuitenkin kaikissa on sama perusajatus. Ankkurointiosan ympärille puristetaan sementtilaastia niin, että siihen syntyy lieriömäinen betonikimpale, jossa ankkuri on keskellä. Joissakin menetelmissä mennään suojaputkella ankkurointiosan alkupäähän, sitten varsinaisella ankkuriksi jäävällä osalla porataan eteenpäin puristaen sementtilietettä samalla ympärille. Joissakin tapauksissa maaperää huuhdotaan vedellä hienoainesten poistamiseksi ennen sementtilietteen syöttämistä jne. Ankkurointi on kokemusta vaativaa työtä. Töitä suorittavilla yrityksillä on kokemukseen perustuvia työtapoja, joiden mukaan he työn suorittavat, vaikka syntyvän betonikimpaleen koosta ja sen antamasta ankkurointivoimasta on olemassa laskukaavoja. Koeveto paljastaa lopulta kuinka hyvin työ on onnistunut. (Jääskeläinen 2009, 186.)



KUVIO 2. (Ischebeck Titan 2017).

Kuviossa 2 on esitetty esimerkki maa-ankkurista, kyseessä on Ischebeckin yksitankoinen vetoankkuri. Ischebeckin ankkurissa on poratangon keskellä reikä, jota kautta huuhtelu ja injektointi tapahtuu. Porattaessa reikää huuhdellaan injektointiaineella. Samalla reiän seinämätkin stabiloituvat. Kun tavoitesyvyys on saavutettu, voidaan aloittaa varsinainen injektointi. Injektoinnin aikana pora pyörii koko ajan suorittaen tiivistystyötä. Kun injektointimassa alkaa tiivistymään, harjateräspinta murtaa siihen rakoja. Raot täyttyvät uudella aineella ja painetta voidaan lisätä. Paine voidaan nostaa jopa kahteensataan baariin olosuhteiden ollessa sopivat. Porauksen aikaisessa huuhtelussa paine on 15-20 baarin suuruusluokkaa. (Jääskeläinen 2009, 187.)

Kaltevuuskulma on 45 astetta tai loivempi siten, että ankkuri tavoittaa ankkuroitumiseen soveltuvan tiiviin kitkamaakerroksen. Ennen ankkurointia maahan on tutkittava mihin kohtaan varsinaiset ankkuriosat ovat turvallista sijoittaa, koska maa-ankkurin tekeminen voi aiheuttaa maaperään pieniä muodonmuutoksia. Naapurirakennuksen anturan tai maanvaraislattian pinnan lähelle ei tulisi sijoittaa ankkuriosaa. Mitä paksumpi maakerros puristaa ankkuria, sitä suurempi murtokuorma on. Tämä puoltaa ankkurin sijoittamista syvemmälle. Kuitenkin, mitä jyrkempään ankkurikin suunnataan, sitä pienemmäksi muuttuu sen vaakasuora, maanpainetta vastaan ottava komponentti. (Jääskeläinen 2009, 187.)

3.2.2 Kallioankkurointi

Yleinen kaltevuuskulma kallioankkurille on 45 astetta. Kun ankkurin maaporauspituus on alle 20...25 metriä, on kallioankkurin käyttö suositeltavaa. Ankkurin alapää injektoidaan sementtilaastilla tartuntapituuden verran kiinni kallioreikään. (RIL kaivanto-ohje 2014, 61.)

Luonnon kallio on yleisesti niin rikkonainen, että aina on mahdollisuus, että siitä nousee ylös vain teräspätkän riiputtama lohkar. Tämän takia kallioankkureita ei voida mitoittaa siten, että niillä on kalliossa vain teräksen tartuntapituus. Mitoitus lähteekin siitä, että ankkuriteräs nostaa kallioista noustessaan kartiomaisen kallio-kappaleen. Yleensä oletetaan kartion kärkikulman olevan 30 asteen kulmassa ankkuriteräkseen nähden. Tämän kallio-kartion paino on sama kuin kallioista saatavan ankkurivoiman laskennallinen arvo. Kyseessä oleva kalliotilavuus on usein pohjaveden alla, mikä nosteellaan keventää kallion painoa. Saatu voima on murtovoima, siihen on vielä lisättävä varmuuskerroin. (RIL kaivanto-ohje 2014, 61.)

3.2.3 Passiiviankkuri

Passiiviankkurointi on ulkopuolisen tuennan tapa, joka on usein edullisempi kuin maatai kallioankkurointi. Passiiviankkurina voi toimia esimerkiksi teräspontit eli vastapontit, passiiviankkuri voi myös olla betoninen laatta tai vastaava.

Vastaponttimenetelmä on teknisesti yksinkertaisempi toteuttaa kuin maa- tai kallioankkuri. Vastapontteina käytetään samoja teräspontteja kuin tukiseinissä. Teräsponttiseinän

ja vastapontin välissä olevana vetotankona käytetään tavallista harjaterästä, joka on paksuudeltaan noin. 28-32 millimetriä. Vetotanko hitsataan huolellisesti kiinni tukiseinän ja vastaponttien vaakapalkkeihin.

Vastaponttimenetelmä sopii hyvin junaratatöihin. Kun tuettavaa kaivantoa tehdään radan vieressä, voidaan vastapontit upottaa radan toiselle puolen. Yksinkertaisin tapa on viedä vetotangot kiskojen alitse ratapölkkyjen vierestä. Tällöin vetotangot on suojattava raiteiden kohdalta suojaputkella, jotta tangot eivät kosketa raidekiskoja ja sekoita raiteiden virtapiiriä. Vaihtoehtoisesti tangot voidaan viedä ratapenkereen läpi myös poraamalla. Suojamaadoitus on käytännössä aina tehtävä myös vastaponttiseinälle kun tangot viedään raidepenkereen lävitse. (Kauppinen 2015. 14.)



KUVA 3 (Jonni Hautamäki 2017)

Kuvassa 3 näkyy vaakapalkkiin hitsattu harjateräs, joka on toiminut vetotankona ponttien välissä. Harjateräs on myöhemmin katkaistu vaakapalkin uusiokäyttöä varten.

3.3 Ankkurien kiinnitys tukiseinään

Ankkurien kiinnitysrakenne on aina suunniteltava huolellisesti, jotta siitä ei tulisi tukiseinän heikointa kohtaa. Seuraavia asioita on otettava huomioon suunnittelussa:

- Usein on edullisinta kiinnittää ankkuri ja seinää jäykistävä sekä kuormia siirtävä vaakapalkki kiinnittää samalla rakenteella seinään. Rakenteen tulee olla sellainen, että se sallii vähintään 0...200 mm:n välyksen palkin ja pontin välissä.
- Yleisesti käytössä oleva periaateratkaisu on, että vaakapalkki on sijoitettu välittömästi ankkurin alapuolelle kuitenkin siten, että palkin laippaa ei kolota. Tässä tapauksessa syntyy taivutusmomenttia kiinnitysrakenteen yläreunan suhteen. Tämä tulee huomioida mitoituksessa esimerkiksi siten, että vaakapalkki hitsataan kiinni tukiseinään.
- Hitsausaumojen tulee sijaita siten, että ne voidaan tehdä palkin päältä ja että niille on tarpeeksi työtilaa.
- Ankkurin kiinnityskohtaa heikentää ankkuriporauksessa tehtävä reikä.

(RIL Kaivanto-ohje 2014, 61.)

Vaakapalkin tehtävä tukiseinärakenteessa on jäykistää tukiseinää vaakatasossa ja siirtää kuormia tukipisteelle. Vaakapalkki suunnitellaan yleensä jatkuvaksi palkiksi. HEB-teräs on yleisin käytetty vaakapalkki, mutta se voi olla myös teräspontti, putkipalkki tai betonirakenne. (RIL Kaivanto-ohje, 62.)



KUVA 4 (Jonni Hautamäki 2017)

Kuvassa 4 nähdään ankkurin kiinnitys niin teräsponttiseinään kuin vaakapalkkiinkin. Vaakapalkin alapuolella näkyy ponttiseinään hitsatut neliöputket jotka kannattelevat vaakapalkin ja ankkurin tuomia kuormia. Kuvan ankkuri on maa-ankkuri ja se on 45 asteen kulmassa. Ankkurin jännityksen jälkeen se lukitaan paikoilleen kuvassa näkyvällä mutterilla, jota varten on ponttiin hitsattu kulmaraudat ja niiden päälle vielä lattarauta minkä läpi ankkurin tanko menee. Teräsponttiseiniä voidaan käyttää hyväksi muun muassa valumuottien tukina, kuten kuvassa oikeassa alakulmassa näkyy. Myös voimakkaapelit kulkevat kätevästi vaakapalkkeja pitkin ympäri työmaata.

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni käsittelin teräsponttiseinää rakennuksen aikaisena tukiseinänä ja keskityin myöhemmin teräsponttiseinän tuentatapoihin. Työn ensimmäisissä luvuissa esiteltiin kaivantojen tuentaa yleisellä tasolla, tukiseinän valintaa ja siihen kohdistuvia kuormia. Näiden aiheiden jälkeen siirryin loogisessa järjestyksessä teräsponttiseinien rakentamisesta ja vesitiiveydestä ponttiseinien tuentaan.

Useiden rakennushankkeiden prosessiin kuuluu tukiseinien käyttö, jossain vaiheessa rakennusurakan aikana. Yleensä tukiseinien käyttö sijoittuu kuitenkin rakennushankkeen alkuvaiheille, mutta voi myös kestää jopa koko rakennushankkeen loppuvaiheille.

Teräsponttiseinä on Suomessa yleisimmin käytetty rakentamisen aikainen tukiseinätyyppi. Teräsponttiseinien asennus on helppoa ja alan yrityksiä löytyy paljon. Teräspontit eivät ole myöskään kertakäyttöisiä, vaan niitä voidaan käyttää useaan kertaan. Teräsponttien laajan valikoiman ja eri tukemistapojen ansiosta se on saavuttanut suuren suosionsa.

Suurimmat haasteet teräsponttiseinien käytössä sijoittuvat kaupunkialueella rakentamiseen. Teräsponttien upottaminen edellyttää kaapelinäytöt ja sijaintikartat maan alla menevistä telekaapeleista ja kunnallistekniikasta.

Viime kesänä 2017 Tampereella alkoi Viinikan uuden sillan rakennushanke, johon urakoitsijaksi valikoitui Kreate Oy. Siellä teräsponttiseinän rakentaminen oli välttämätöntä. Aluksi tukiseinän tuenta oli suunniteltu tehtäväksi vastaponttimenetelmällä. Vastaponttiseinän käyttö olisi edellyttänyt ponttien upottamista todella vilkkaasti liikennöidyn tien toiselle puolelle lähelle rakennuksia. Tämän lisäksi vetotangot olisi porattu ponttien välille tien alitse vaakaan. Kyseisen tien alla menee paljon kunnallistekniikkaa, joten vaakaan porattaessa olisi ollut suuri riski osua kunnallistekniikkaan tai muuhun telekaapeliin. Lisäksi ponttien upotus aiheuttaa tärinää, jotka voivat olla haitallisia lähellä olevien rakennusten perustuksille. Jos kuitenkin joudutaan rakentamaan tukiseinää lähellä rakennuksia, voidaan rakennuksiin asentaa tärinämittareita, joilla seurataan rakentamisen aiheuttamia tärinöitä.

Urakoitsija päätti Viinikassa vaihtaa ponttiseinän tuennan vastaponttimenetelmästä maa-ankkurointiin, joka edellytti tuennan uutta suunnittelua. Tämä on hyvä esimerkki siitä, kuinka teräsponttiseinät voidaan rakentaa lähes kaikissa olosuhteissa. Yksi suuresti rajoittava olosuhteellinen este kuitenkin on hyvin kivinen maa. Silloin teräsponttien upotus voi olla haasteellista tai jopa mahdotonta. Silloin on mietittävä vaihtoehtoisia ratkaisua, joka voi olla settiseinä tai patoseinä.

Kuten ponttiprofiileita myös seinän tuentatapoja on monia. Tukiseinä voidaan tukea joko sisäpuolelta tai ulkopuolisilla ankkureilla. Sisäpuolista tuentaa käytetään paljon kapeissa putkikaivannoissa sen helppouden takia. Kun tukiseinät on upotettu vastakkain, on ne helppo tukea HEB-teräspalkilla vaakaan toisiaan vasten. Tuenta voidaan tehdä myös kaivannon pohjalta, jolloin teräspalkki tukeutuu kaivannon pohjalle tehtävään tukeen ja siitä viistosti tukiseinää vasten. Sisäpuolinen tuenta aiheuttaa kuitenkin aina ahtautta kaivannoissa, joka onkin sen suurin haittapuoli. Se voi vaikuttaa kaivuun aikatauluun ja työturvallisuuteen negatiivisesti.

Tukiseiniä suunniteltaessa isoja tekijöitä rakennusurakan kannalta ovat kustannukset ja aikataululliset tekijät. Sisäpuolinen tuenta on usein edullisempi ratkaisu, kuin ulkopuolinen tuenta. Sisäpuolisesta tuennasta voi myöhemmin tulla hidastava tekijä, jos se hidastaa kaivuu- tai muuta työvaihetta tukirakenteiden takia. Ulkopuolisesta tuennasta passiiviankkuri on usein edullisempi kustannusten ja aikataulun suhteen. Maa- ja kallioankkurit vaativat injektoinnin toimiakseen. Injektoinnin jälkeen on odotettava viikko ennen jännittämistä. Vastapontteja käytettäessä seinän tuenta edellyttää vain mahdollisen porauksen tai kaivuun vetotangoille ja sen jälkeen ankkuri voidaan lukita muttereilla.

Tukiseinän tuennan kustannuksia ei ole tässä työssä tarkemmin lähdetty vertailemaan, koska tuentatapa on suunniteltava aina tapauskohtaisesti. Usein ympäristö- ja olosuhdetekijöiden takia ei valinnanvaraa tuentatavoissa ole. Joskus ahtaat tilat mm. kaupunkiolosuhteissa estävät sisäpuolisen tuennan rakentamisen vaativan tilan takia. Voi tulla myös tilanteita, joissa taas esimerkiksi ankkurointi maahan tai kallioon ei ole mahdollista. Silloin on harkittava sisäpuolista tuentaa tai esimerkiksi vastaponttimenetelmää. Kustannusten vertailu voi tulla kyseeseen esimerkiksi, jos olosuhdetekijät sallivat molemmat niin sisäpuolisen kuin ulkopuolisen tuennan.

Työn tarkoituksena on luoda lukijalle selkeä kuva siitä, mikä tuentatapa on milloinkin järkevintä valita, kun teräsponttiseinän käyttö on välttämätöntä. Taulukoilla 1-2 pyrin tuomaan tuentatavat vielä selkeämmin esille.

TAULUKKO 1. Sisä- ja ulkopuolisen tuennan vertailu

	Sisäpuolinen tuenta	Ulkopuolinen tuenta
Käyttökohteita	<ul style="list-style-type: none"> - putkikaivannot, - kuilukaivannot - laajemmat kaivannot, kun tukirakenteiden aiheuttama haitta jää mahd. pieneksi - kaivannot, joita ei voida tukea ulkopuolisesti - kaivannot, joissa tukiseinän pystykantavuus ei ole riittävä ulkopuolisille ankkureille 	<ul style="list-style-type: none"> - laajat kaivannot - syvät, monelta tasolta tuettavat kaivannot
Edut	<ul style="list-style-type: none"> - kustannukset yleensä edullisemmat, kuin ulkopuolisessa tuennassa - vaakasuora tuenta ei aiheuta pystykuormia tukiseinään - aikataulullisesti yleensä edullisempi, kuin ulkopuolinen tuenta 	<ul style="list-style-type: none"> - kaivantoon ei tule rakentamista haittaavia rakenteita - laajoissa kaivannoissa teknisesti yksinkertaisempi ratkaisu, kuin sisäpuolinen tuenta
Haitat	<ul style="list-style-type: none"> - tukirakenteet vievät aina tilaa kaivannosta 	<ul style="list-style-type: none"> - mahdollinen vaikutus maanalaisiin rakenteisiin ja kunnallistekniikkaan

TAULUKKO 2. Ulkopuolisen tuennan vertailua.

Koska käytetään	Kallioankkuri	Järkevää käyttää, kun maaporauspituus on enintään 20...25 metriä.
	Maa-ankkuri	Käytetään kun maaporauspituus on liian pitkä kallioankkurille.
	Passiiviankkuri	Hyvä valinta esim. ratatöissä. Järkevä valinta, jos vastapontit ja vetotangot on helppo asentaa.
Lisätietoja	Kallioankkuri	Hyvä vetolujuus, koevetovoima enintään 4000 kN. Kaltevuuskulma 45°
	Maa-ankkuri	Koevetovoima enintään 700 kN. Kaltevuuskulma 45°, tai loivempi siten, että ankkuri tavoittaa tiiviin kitkamaakerroksen.
	Passiiviankkuri	Nopea rakentaa, edullisempi kuin muut ankkurit. Vetotankojen eri vahvuisina.

Ennen työn kirjoittamista tutustuin aiheeseen kirjallisuuden ja haastattelun avulla. Haastattelin Kreate Oy:n työmaainsinööriä Viinikan sillan työmaalla, josta kuvat on otettu. Vaikka ennakkotietoa löytyi, silti oppimista tapahtui suuri määrä, joka hyödyttää tulevaa uraa.

Työtä voitaisiin jatkaa ottamalla vertailuun useampi työmaa ja vertailla näiden ankkurointitöiden kustannuksia ja aikatauluja. Tämäntapaisen tutkimuksen avulla päästäisiin paremmin selville teräsponttiseinän ankkuroinnin todellisista kustannuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä.

LÄHTEET

China steelpiling LTD. U Type sheet piles. 2017. Luettu 11.10.2017
<http://www.china-steelpiling.com/product/u-type-sheet-piles-1.html>

Heija, M. työmaainsinööri. 2017. Haastattelu 18.8.2017. Kreate Oy. Viinikan sillan rakennustyömaa.

Ischebeck Titan. 2017. Titan Anchor Piles from Ischebeck Titan. Luettu 18.10.2017
<http://www.ischebeck-titan.co.uk/gebrochures/Anchor%20Piles.pdf>

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. 1. painos. Tampere: Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy

Kauppinen, J. 2015. Tukiseinän toteuttaminen rautatiealueella. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Rantamäki, M & Tammirinne, M. 2000. Pohjarakennus. 11. painos. Helsinki: Oy Yliopistokustannus.

RIL 263-2014 Kaivanto-ohje. 2014. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tuhola, M. 2017. Rakennuskaivannon tekeminen. Rakennustieto.fi. Luettu 1.6.2017.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK98s579.pdf>