

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Jonna Otava

TERÄSPONTIN TUNKEUTUMISNOPEUS ERI MAAKERROKSISSA JA PONTITUSTYÖN TÄ- RINÄVAIKUTUKSET

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Jonna Otava

Teräspontin tunkeutumisnopeus eri maakerroksissa ja pontitustyön värinävaikutukset, 39 sivua, 7 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Rakennustekniikka, Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Risto Väättäinen, YIT Rakennus Oy, Tkl Matti Hakulinen Saimaan ammattikorkeakoulu Oy

Opinnäytetyöni aiheena on ponttiseinän tunkeutumisnopeus eri maakerroksissa ja pontituksessa syntyvät värinävaikutukset. Tarkoituksena oli saada aikaan työ, joka herättää kiinnittämään huomion erilaisiin vaikuttajiin työmaan onnistumisen kannalta. Näitä asioita ovat esimerkiksi pontitusmenetelmän valinta, taloudellisuuden pyrkiminen laskentavaiheen ennakoinnilla ja ympäristön huomioiminen. Opinnäytetyössä on perehdytty kolmeen erilaiseen työmaahan, joissa tehtiin erilaisia teräspontin tunkeutumista nopeuttavia esitöitä ja opeteltiin hyödyntämään ja tulkitsemaan pontituskoneiden tietokoneilta saatavaa materiaalia.

Opinnäytetyöhön on saatu teoriaa ja tietoa painetusta kirjallisuudesta sekä opimateriaalista. Lisäksi tutkimusmateriaalia on saatu työmaan läheisyyteen sijaitetuista värinämittareista ja pontituskone RTG 16T:n tietokoneelta saaduista kuvajista.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi yleistä asiaa pontituksesta, kuitenkin tiukasti rajaten ja valmistaen tutkimusosioon, jota käsitellään opinnäytetyön loppupuolella. Teoriaosuus käy läpi yleistä asiaa tukiseinästä, tukiseinän asentamisesta, mahdollisista esitöistä ennen pontitusta ja syntyvistä värinävaikutuksista. Tutkimusosiossa esitellään käytetyt työkoneet, tutkimuskohteet ja työmailta saadut tulokset. Opinnäytetyö osoittaa, että hyvilläkin lähtötiedoilla ja suunnitelmilla voidaan joutua aloittamaan työ joskus aivan alusta. Esimerkiksi Hyvinkään tutkimuskohteessa työmaalle tuotiin esityötä varten augerpora, koska pontit tunkeutuivat hitaasti ja vaurioituivat tunkeutuessaan pahoin. Augerilla työ saatiin tehokkaammaksi. Vaikka augerporaus vei aikaa pontitustyöltä ja toi lisäkustannuksia, saatiin tehot nousemaan, kokonaishyöty suhteessa kustannuksiin oli huomattava ja lisäksi pontit selvisivät pienemmillä vaurioilla.

Asiasanat: teräspontti, tunkeutuminen, värinä

ABSTRACT

Jonna Otava

Sheet pile penetration in different soil layers and vibration effects, 39 pages, 7 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Specialisation in Civil Engineering

Instructors: Unit Manager Risto Väätäinen, YIT Rakennus Oy, Lecturer Matti Hakulinen, Saimaa University of Applied Sciences

The aim of this thesis was to introduce and explore penetration of sheet pile in different soil layers and also learn about the vibration affects that sheet pile causes while it penetrates in the ground. The purpose of this work was to raise attention to different factors that influence a successful building site. These factors are, for example, the method of installing the sheet piles, heading to low economy expenses right from the stage of calculations and observing the environment. This thesis contains three different example building sites and there where different pre-works that had to be done before the main installing. Also computer data from sheet pile machine RTG 16T was used for the first time in these circumstances and in this company.

Information for this thesis was gathered from the literature and educational resources. Vibration meters and RTG 16T's computer offered useful data for the research.

The beginning of the thesis contains general information about installing sheet piles, preparing to the part where the research part is introduced. The theory part includes information about retaining wall, installing the wall, pre-work before installing and about caused vibration. The thesis proves that even with good output data and plans, situations might change and you have to start all over again. For example at the building site in Hyvinkää sheet piles penetrated slowly to the ground and were damaged badly. Pre-work had to be made and although the pre-work took the time from installing and caused more expenses, the overall benefit was significant.

Keywords: sheet pile, sheet pile penetration, vibration

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
2	TERÄSPONTTISEINÄ JA ASENTAMISEN MENETELMÄT	6
2.1	Tukiseinän tehtävä.....	6
2.2	Teräsponttiseinä	7
2.3	Teräsponttiseinän asentaminen.....	8
2.4	Teräspontin tunkeutuminen	9
2.5	Maalle tehtävät esityöt ennen asentamista.....	9
3	PONTITUSTYÖSTÄ AIHEUTUVA TÄRINÄ.....	11
3.1	Tärinän mittaaminen	11
3.2	Täryasennuksen aiheuttama tärinä.....	12
3.3	Lyöntipontituksen aiheuttama tärinä	12
4	TUTKIMUSKOhteiden ESITTELY JA TUTKIMUSTulokset	13
4.1	Työkoneet RTG 15T ja RTG 16T.....	13
4.2	Hyvinkään esittely.....	14
4.2.1	Hyvinkää, teräspontin tunkeutuminen.....	17
4.2.2	Hyvinkään tärinätulokset	19
4.3	Tapionaukio, Länsimetron Itäinen ajotunneli	21
4.3.1	Tapionaukio, teräspontin tunkeutuminen.....	21
4.3.2	Tapionaukion tärinätulokset.....	23
4.4	Hanke X.....	25
4.4.1	Hanke X:n tärinätulokset	26
5	VERTAILU TUTKIMUSKOhteiden TUTKIMUSTulosten KESKEN ...	27
6	YHTEENVETO	28

LIITTEET

Liite 1 Hyvinkään maanäytteiden tutkimustulokset

Liite 2 Hyvinkään Daten -kuvaaja (RTG 16T)

Liite 3 Hyvinkään tärinämittaus

Liite 4 Tapion aukion tunkeutuminen keskiarvotaulukko

Liite 5 Tapion aukion tärinädata

Liite 6 RTG 15T tekniset tiedot

Liite 7 Tapion aukion histogram

1 JOHDANTO

Pontin tunkeutumista ja tärinää on tutkittu yllättävän vähän, vaikka pontti on erittäin tärkeä tekijä monella työmaalla, jossa esiintyy syviä kaivantoja. Kaivannot syvenevät, rakennusten valmiiksi saattamista vaaditaan aikaa ja rahaa säästämällä. Kustannustehokkuus, seinän nopea asentaminen ja työturvallisuus ovat tärkeitä teräsponttiseinän puolestapuhujia.

Saatuani kyseisen aiheen opinnäytetyökseni en ollut perehtynyt tukiseiniin vielä töiden merkeissä, tietoni olivat siis opintojen pohjalta, ja minulla oli paljon opittavaa käytännön työstä. Pontitustyöhön perehtyminen alkoi luonnollisesti perusteista, kuten työkoneisiin ja -menetelmiin tutustumisella.

YIT Rakennus Oy/ Infrapalvelut ja tarkemmin vielä maa-, vesi- ja pohjarakentamisen yksikkö on toiminut työnantajani kesätöiden ja harjoittelun kautta vuodesta 2007, näin ollen myös opinnäytetyön tekeminen kyseenomaiseen yritykseen tuntui luonnolliselta. Opinnäytetyöaiheen hyväksyminen tarkoitti sitä, että laajentaisin infra-alan tuntemustani tukiseiniin uusien ihmisten keskuudessa, kun normaalisti olin toiminut työssäni muun muassa rakennusten perustusten, anturavalujen, pohjaviemäreiden, täyttöjen, massanvaihdon ja salaojien parissa.

Vaikka työmaalta olisikin hyvät ja tarkat lähtötiedot, ei aina työn alkaessa kaikkea osata ennakoida. Esimerkiksi pohjasuhteet ja maa-aineksen käyttäytyminen saattavat yllättää tukiseiniä asennettaessa. Työssäni käsitellään useammalla työmaalla tulleita yllättäviä tekijöitä ja tutkimalla näitä tekijöitä viemme eteenpäin tutkimuksia ja pohdintaa siitä, miksi pontti ei painu maahan odotetulla tavalla ja mihin tämä vaikuttaa.

Työn teoriaosuus käy läpi yleistä asiaa tukiseinästä, teräsponttiseinän asentamisesta eri menetelmin, esitöistä ennen asentamista ja tärinävaikutuksista, joita työstä syntyy. Teoriaosuuden jälkeen työssä esitellään tutkimuskohteet ja tutkimustulokset.

2 TERÄSPONTTISEINÄ JA ASENTAMISEN MENETELMÄT

Tässä luvussa kerron lyhykäisesti yleistä tietoa tukiseinästä, jonka jälkeen syvennyn teräsponttiseinään ja sen käyttöön, seinän asentamiseen erilaisilla menetelmillä sekä tehtäviin esitöihin, joita pohjasuhteet saattavat vaatia.

2.1 Tukiseinän tehtävä

Kun kaivantoja ei voida tehdä luiskaamalla työaluetta esimerkiksi tilan puutteen vuoksi, ratkaistaan kaivantojen turvallisuus rakentamalla tukiseinä kaivannon ympärille. Tukiseiniä käyttämällä siirretään vaakasuuntaiset kuormat eli maan- ja vedenpaine maahan tai kallioon. Tukiseiniltä kuormat yleensä välitetään vielä edelleen maahan tai kallioon käyttämällä muita rakenneosia kuten ankkureita ja sisäpuolisia tukia. Muodonmuutoksia rajoitetaan, jotta ympäröivät, olemassa olevat rakennukset ja rakenteet eivät vaurioituisi. Jos ympäristö on arka painumille, tukiseinä tulee tehdä vesitiiviiksi ja riittävän jäykäksi teräspontti- tai patoseinäksi, jotta siirtymät ympäristössä pysyisivät sallituissa rajoissa. Tukiseiniltä kuormat yleensä siirretään muilla rakenneosilla kuten ankkureilla ja sisäpuolisilla tuilla maahan tai kallioon. Yleisimpiä tukiseinärakenteita ovat pontti-, setti- ja patoseinät. Seuraavaa kuvaa 2.1 voidaan hyödyntää tukiseinätyyppejä valittaessa. (1.)

Vaatus tai olosuhte- tekijä	Pontti- profiiliseinä	Combi- seinä	Putkipontti- seinä	Kaivin- paaluseinä	Kaivanto- seinä	Settiseinä
Käyttötarkoitus						
▪ työnaikainen tuki- seinä	X	(X)	(X)			X
▪ pysyvä tukiseinä	(X)	X	X	X	X	X
▪ toimii myös raken- teen perustuksena	(X)	X	X	X	X	(X)
Vesitiiviysvaatimus						
▪ vesitiivis seinä	X	X	(X)	X	X	
▪ työskentely avo- vesiolosuhteissa	X	X	(X)			
Pohjasuhteet						
▪ pehmeä tai vetelä	X	X	X	X	X	
▪ kiinteä ja kivetön	X	X	X	X	X	X
▪ kova ja kivinen		(X)	(X)	X		(X)
Ympäristö ei saa liikkua tai painua	(X)	X	X	X	X	(X)
X = Seinä soveltuu yleensä käytettäväksi (X) = Seinää voidaan joskus käyttää						

Kuva 2.1 Tukiseinien ominaisuudet eri olosuhteissa (1.)

Tukiseinät voidaan tehdä rakennusaikaisiksi tai pysyviksi rakenteiksi. Työ-
aikaisien tukiseinien materiaaleina yleensä käytetään teräs- ja puurakenteita,
pysyvissä teräsbetonia ja terästä. Käyttöaika, työmaan pohjasuhteet, vesitiiviys,
kaivannon syvyys ja laajuus, ympäristö, tukiseinän käyttö lopullisena rakenteena,
työmenetelmät ja -tilat sekä kustannukset vaikuttavat merkittävästi tukisei-
nän valintaan. (1.)

2.2 Teräsponttiseinä

Nopea rakentaminen yleistyy ja työvaiheiden vähentyessä myös ponttiseinän
kilpailukyky kasvaa. Ponttiseinä-ajatus on kehittynyt alun perin vierekkäin lyö-
dyistä puupaaluista, jotka muodostivat maanpaineeseen. Kehitys on edennyt
teräkseen ja entistä tiiviimpään sekä tehokkaampaan suuntaan. Suunnittelussa
ja rakentamisessa on otettava teräksen korroosio huomioon. Mahdollisuus käyt-
tää tukiseinärakenteita uudelleen on merkittävä etu. (1.)

Ponttilukkojen avulla teräsponttiseinä muodostaa yhtenäisen ja lähes vesitiiviin
seinän yksittäisistä elementeistä. Elementtien muoto ja paksuus mahdollistaa
yksilöllisen, kohteeseen sopivan rakenneratkaisun valitsemisen. Kivinen tai erit-

täin tiivis maapohja saattaa vaikeuttaa ponttiseinien tunkeutumista maapohjaan. Tunkeutumista voidaan helpottaa muun muassa esiporaamalla tai paalutuskalustojen työputkillä. (1.)

2.3 Teräsponttiseinän asentaminen

Oikean menetelmän valitseminen teräsponttiseinän upottamiselle on erittäin tärkeää. Onnistunut upottaminen vaatii sopivan kaluston olosuhteista riippuen. Upotusmenetelmiä ovat täryttäminen, lyöminen ja painaminen. Seuraavissa luvuissa kerron hieman tarkemmin kyseisistä menetelmistä.

Täryttäminen

Täryttäminen perustuu tukiseinäprofiiliin sekä maan välisen kitkan pienentämiseen. Maa häiriintyy väliaikaisesti ja johtaa näin ollen profiiliin ja maan välisen vastuksen huomattavaan vähenemiseen, tällöin tukiseinä saadaan haluttuun syvyyteen vähäisellä voimalla. Täryjunta on turvallinen ja tehokas menetelmä, joka aiheuttaa vain vähän värähtelyä ympäristöön johtuen korkeataajuudesta ja sen aiheuttamasta värähtelyn pienestä amplitudista. (2.)

Profiiliin tunkeutuminen riippuu pääosin pohjasuhteista. Parhaiten täryttäminen soveltuu karkearakeisiin maakerroksiin, kuten sora tai hiekka, erityisesti jos ne ovat vedellä kyllästettyjä. Täryttämistä voidaan myös käyttää hienorakeisissa ja moreenimaakerroksissa. (2.)

Täryjuntan kokoa määriteltäessä voidaan käyttää soveltavaa kaavaa (2.):

$$F=15(t+2G)/100 \quad (2.)$$

F= keskipakovoima (kN)

t = upotussyvyys (m)

G= profiilin massa (kg)

Lyöminen

Profiilin upottaminen lyömällä soveltuu kaikkiin pohjasuhteisiin. Upottaminen tapahtuu käyttämällä pudotusjärkeä, hydraulisesti tai paineilmalla toimivia menetelmiä. Kaikkia näitä voidaan myös käyttää vedenalaisissa töissä. Matala pudotuskorkeus vähentää melua ja pontin mahdollista vaurioitumista. (1.)

Puristaminen

Perinteisemmän upotuskaluston tilalle on kehitetty myös hydraulisia tunkkeja, joilla teräspontit voidaan puristaa maahan. Tavoitteena on vähentää melua ja värähtelyä, jota ponttityöstä aiheutuu ympäristölle. Tämä menetelmä sopii parhaiten käytettäväksi hienorakeisissa maakerroksissa. (2.)

2.4 Teräspontin tunkeutuminen

Pohjaolosuhteet asettavat rajoituksia eri seinätyyppien soveltuvuudelle. Teräspontti tunkeutuu hyvin hienorakeisissa pehmeissä maakerroksissa, pontti kuitenkin ulotetaan yleensä kallioon tai kantavaan maahan. Tiiviissä ja kivisessä maaperässä teräsprofiilit yleensä tunkeutuvat maahan, jossa heijarikairausvas-tus on 20...40 lyöntiä/0,2 metriä. Erittäin kivinen tai tiivis maakerros voi vaurioit-taa tukiseinäprofiileja. (1.)

Kun pontteja lyödään edellä mainittuun, huonosti tunkeutuvaan tiiviiseen, kivi-seen tai lohkaraiseen maahan, voidaan tehdä erilaisia esitöitä. Kivet ja lohka-reet poistetaan seinälinjan kohdalla ennakkoporauksilla, tarvittaessa maata löy-hennetään räjäytyksillä tai kivet ja lohkaraiset massat voidaan myös poistaa ponttiseinälinjan kohdalta kaivinkoneella ennen ponttien lyöntiä (välppäys). (3.)

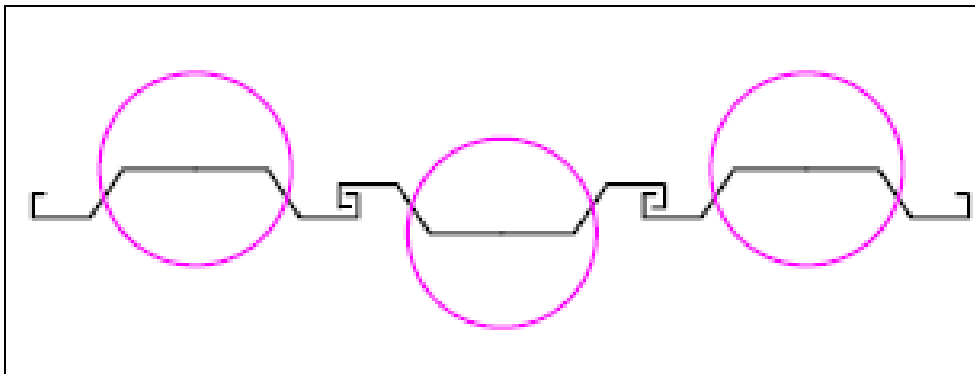
2.5 Maalle tehtävät esityöt ennen asentamista

Teräsponttien tunkeutumista vaikeissa pohjasuhteissa voidaan parantaa esikä-sittelemällä maata. Esikäsittelemällä tiiviitä maakerroksia pyritään löyhentä-

mään ja poistetaan esteet, jotka vaikeuttavat tukiseinäprofiilien tunkeutumista. Kyseisiä menetelmiä ovat esimerkiksi poraus, pehmennysräjäytys, välppäys ja vesihuuhtelu.

Poraus

Poraamalla reikiä löyhennetään maata ennen pontitusta. Menetelmää käytetään esityönä vaikeiden pohjasuhteiden esiintyessä työmailla, jossa pontitus tapahtuu täryttämällä, lyömällä tai painamalla. Reikiä voidaan porata esimerkiksi jokaisen pontin kohdalle, käyttämällä pontin mittaa välimatkana. Kuvassa 2.2 on esitetty ympyrällä augerporauksen sijainti ponttiseinän kohdalle. (2.)



Kuva 2.2 Augerporauksen sijainti ponttiseinässä

Poraus voidaan suorittaa esimerkiksi augerporalla, jossa reikiä porataan ponttiseinän kohdalle ja tiiviissä maassa porataan maahan teräspontin profiilin mitan välein.

Pehmennysräjäytys ja välppäys

Pehmennysräjäytyksessä ja välppäyksessä löyhennetään maata käsittelemällä sitä etukäteen. Pehmennysräjäytystä käytetään, kun työmaalla on tukiseinän asentamista ajatellen vaikeat ja mahdottomat maakerrokset, isoja lohkarkeitä tai vaikkapa kalliota. (2.)

Välppäystä käytetään samoin kuin pehmennysräjäytystä, kun pontituksen eteen tulee lohkarkeitä tai muita maaperässä esiintyviä esteitä. Tällöin esteet poiste-

taan maaperästä kaivamalla ja seulomalla lohkatteet eroon. Välppäys suoritetaan usein työmaalla kaivinkoneella, jolloin maasta poistetaan isot kivet ja lohkatteet alueelta, johon kaivinkone ulottuu ja missä sen on mahdollista välppäys suorittaa. Kaivinkoneella tehtävä välppäys suoritetaan suunnitellulla ponttilinjalla niin syvälle kuin maassa olevia esteitä esiintyy.

Vesihuuhtelu

Vesihuuhtelun pääasiallinen tehtävä on vähentää materiaalivaurioita, värähtelyä maassa ja upotuskalustossa tapahtuvaa ylikuormitusta. Paineellinen vesisuihku johdetaan profiilin kärkeen. Vedenpaineen tarkoitus on löyhentää maata ja poistaa löyhä materiaali profiilin tieltä. Tämän menetelmän tehokkuus on riippuvainen muun muassa maantiiviydestä ja käytettävästä vedenpaineesta. (2.)

3 PONTITUSTYÖSTÄ AIHEUTUVA TÄRINÄ

Tässä luvussa käsitellään tärinää, tärinän mittaamista ja minkälaista tärinää esiintyy erilaisilla ponttustustyömenetelmillä eli täry- ja lyöntiasennuksella.

3.1 Tärinän mittaaminen

Tärinää yleensä mitataan partikkelin heilahdusnopeutena tai kiihtyvyytenä ajan suhteen tietyissä pisteissä. Heilahdusnopeuden maksimiarvo esitetään yleensä muodossa millimetriä sekunnissa (mm/s). Heilahdusnopeuden on havaittu korreloivan rakenteissa esiintyvien vaurioiden ja ihmisten negatiivisen reagoinnin kanssa. Rakennevaurioita syntyy siirtymistä, joita tärinä aiheuttaa, ja ihmiset reagoivat negatiivisesti kiihtyvyyteen, jota tärinä saa aikaan. (4.)

Pontituksesta aiheutuva tärinä on erilaisista aaltotyypeistä muodostunut yhdistelmä, jossa eri aaltotyyppisiä on vaikea erottaa toisistaan. Tarkasteltava tärinä on käytännössä maan liikettä, joka syntyy eri aaltotyypeistä, niiden heijastuksista-

ta ja taittumisista yhdessä. Ominaisuudet maaperässä sekä tärinälähteen sijainti ja ominaisuus vaikuttavat tärinän suuruuteen, etenemiseen ja vaimenemiseen. Nämä puolestaan vaikuttavat tärinän taajuuteen ja aaltotyypeihin. (4.)

3.2 Täryasennuksen aiheuttama tärinä

Ponttien täryasennuksen ympäristössä aiheuttamaa tärinää on tutkittu vielä hyvin vähän. Täryttäessä pontin asennettavuutta ja asentamisesta syntyvää tärinää voidaan arvioida sen mukaan, millä nopeudella pontti tunkeutuu maahan: nopeuden kasvaessa myös tärinä ympäristössä kasvaa. (5.)

Asennus olosuhteet voidaan luokitella seuraavasti (5.):

Vaikea, kun tunkeutumisenopeus on alle 22 mm/s

Kohtalainen, kun tunkeutumisenopeus on 22 - 60 mm/s

Helppo, kun tunkeutumisenopeus yli 60 mm/s

Tärinä maaperässä syntyy pontin kärkivastuksen ja vaippavastuksen johdosta. Pallomaisesti etenevät puristus- ja leikkausaallot syntyvät pontin päässä, lisäksi vaipalla syntyy pystysuuntaisia leikkausaaltoja. Täryttäessä tärinä on jatkuvaa ja se aiheuttaa myötävärähtelytilan eli resonanssitilan. Tärinäongelmia työkohteen ympäristössä syntyy yleensä silloin, kun asennuslaite on tärinätaajuudeltaan sama kuin ominaistaajuus ympäröivässä maassa. Täryttäessä maaperä on tärkeässä roolissa. (4.)

Pontteja asennettaessa kitkaa ja tärinää syntyy myös ponttien välisestä lukituksesta, ja se voi parhaimmillaan kaksinkertaistaa esiintyvän tärinän. (4.)

3.3 Lyöntipontituksen aiheuttama tärinä

Lyöntimenetelmää käytettäessä pontti tunkeutuu, kun iskusta alaspäin suuntautuva sykäys murtaa pontin hitausvoimat ja maaperässä tunkeutumista vastustavat voimat. Osa energiasta muuttuu ympäröivässä maassa esiintyväksi tärinä-

si, tämä tarkoittaa sitä, että iskun energia ei kokonaisuudessaan edesauta pontin tunkeutumista (4.)

Lyöntipontituksessa tärinä on vähäisintä, kun olosuhteet ovat helpot, kuten maaperän ollessa pehmeää savea, jossa ei ole tiiviitä pinta- ja välikerroksia. Suurimmillaan tärinä on kohteissa, joissa pontit lyödään tiiviiden kerrosten läpi, ja joissa esiintyy karkeita kerroksia ja moreenikerroksia.(4.)

4 TUTKIMUSKOhteiden ESITTELY JA TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa esitellään työkoneet, tutkimuskohteet ja perehdytään tutkimuksiin, jotka käsittelevät pääosin pontin tunkeutumista eri maakerroksissa. Työmaaesityksen ja pontin tunkeutumista käsittelevän luvun jälkeen on esitelty työmailta kerättyä tärinämateriaalia. Käsiteltävät työmaat sijaitsevat Hyvinkäällä ja Espoossa. Luvun lopussa on myös tietoa ja tärinätutkimuksia rakennushankkeesta, josta käytän rakennuttajan pyynnöstä nimeä Hanke X.

4.1 Työkoneet RTG 15T ja RTG 16T

RTG 15T tai RTG 16T -koneen avulla pontit pystytetään ja asennetaan maanpinnan tasolta niille suunniteltuun lopulliseen tasoonsa. Ponttien nostaminen onnistuu turvallisesti hydraulisten leukojen avulla. Nostamisen jälkeen pontit tärytetään ja painetaan suunniteltuun tasoon käyttämällä muuttuvamomenttista korkeataajuustärytintä ja itse koneen massaa. Kuvassa 4.1 on esitelty RTG 16T itse pontitustyössä Hyvinkään työmaalla.



Kuva 4.1 Ponttikone RTG16T

RTG 16 T -konetyypillä pystytään asentamaan paikoilleen jopa 16-metrinen pontti. Kyseinen kone on suurimpia täryluokan koneita Suomessa. RTG 16 T painaa 55 tonnia ja siirrettäessä sen telaleveys on vain 3 metriä. Telaleveys pystytään työmaalla työskentelyn vakauden varmistamiseksi leventämään vielä 4,2 metriin. RTG 15 T on konetyypiltä muutoin sama RTG 16T kanssa, mutta nimessä mainittu luku (15, 16) kertoo asennettavan pontin maksimipituuden. Liitteessä 6 on esitelty koneen RTG 15 T tekniset tiedot. (6.)

4.2 Hyvinkään esittely

Hyvinkään keskusta on rakentumassa kauppakeskus, jonka maarakennusurakan ponttustyöt toivat minulle tärkeää materiaalia ja näin ollen osoittautuivat parhaimmaksi ja monipuolisimmaksi tutkimuskohteeksi opinnäytetyötäni ajatellen. Rakennuttajana ja pääurakoitsijana toimii YIT Rakennus Oy. Kohteeseen

sa opinnäytetyömateriaalia saatiin kahdesta eri ponttikoneesta: RTG 15T ja RTG 16T. Koneet ovat YIT:n omia. RTG 16T:stä saatiin tietoa myös tietokoneelta ja RTG 15T:n tiedot saatiin aikaa mittaamalla ja videomateriaalilla. Lisäksi tutkimusmateriaalina on käytössä pohjatutkimusleikkauksia ja värinämateriaalia läheisiin kiinteistöihin sijoitetuista värinämittareista. Varsinaista maassa tapahtuvaa värinää ei siis ole mitattu, vaan värinän esiintymistä ja aiheutumista ympäristössä, rakennuksissa.

Pontitustyölle toi haastetta alueen maa-aines, joka maanäytteiden ja pohjatutkimuksien perusteella osoittautui karkeaksi hiekaksi. Rakennettavan alueen pintamaassa oli paikoitellen myös 1 - 2 metrin kerros täytemaata. Maanäytteet ulottuivat noin 4 metriin. Pontituksen tunkeutuminen tähän hiekkaiseen maahan oli erittäin hidasta ja koneellisesti tehoa vaativaa. Hiekka tiivistyi ponttia asennettaessa. Liitteessä 1 on esitetty Hyvinkään työmaalla tehdyn maanäytetutkimuksen tulokset.

Hyvinkäällä maaperää tutkittiin tekemällä puristin- ja heijarikairauksia. Puristinkairauksessa kartiomainen kärkikappale puristetaan maahan tasaisella nopeudella tankojen avulla. Hyvinkäällä puristinkairaus suoritettiin pintamaahan noin metrin matkalta, josta siirryttiin käyttämään heijarikairausta.

Heijarikairauksessa kaira tunkeutuu maahan heijarin lyömänä. Kairausvastus saadaan kairan maahantunkeutumisen syvyysyksikköä kohti tarvittavien lyöntien määrästä. Kairan kärkikappale on halkaisijaltaan 45 mm ja kairatanko 32 mm. Kairaa lyödään heijarilla, jonka pudotuskorkeus on 0,50 (+/- 0,03) kairatankoon kiinnitetylle iskualustalle. Tunkeumaa havainnoidaan merkitsemällä pöytäkirjaan lyöntien määrää jokaista 0,20 metriä kohden. Kairauksesta piirretään kairausvastuskuvaaja. Hyvinkäällä tehdyn heijarikairausvastuksen perusteella voidaan arvioida maakerrosten suhteellista tiiviyttä. Heijarikairausvastuksen perusteella ei pysty saamaan selkeää kuvaa kerrosominaisuuksista, myös maalajienkerrosrajojen selville saaminen on epävarmempaa kuin esimerkiksi painokairausmenetelmällä.

Kairausvastustietojen ja maakerroksen maalajin perusteella pystytään arvioimaan maalajin, tässä tapauksessa Hyvinkäällä esiintyvän hiekan tiiviysominaisuutta, joka osoittautui keskitiiviiksi ja syvemmälle kairattaessa osittain myös tiiviiksi.

Tunkeutumisen helpottamiseksi haettiin tehokasta ja nopeaa menetelmää, esitöinä kokeiltiin sekä vesihuuhtelua ja porausta. Vesihuuhtelu ei tuonut tarvittavaa tehokkuutta työhön, vaan työ oli edelleen hidasta johtuen karkeasta hiekasta. Maa-aineksessa ei ollut löyhää ainesta, joka olisi varsinaisesti poistunut profiilin tunkeutuessa profiilin tieltä pois, joten päätettiin kokeilla vielä porausta. Työmaalle tuotiin Augerpora (ks. kuva 4.2), jolla porattiin leveydeltään teräspon-tin profiilinmittaisia reikiä seinän kohdalle maahan.



Kuva 4.2 Augerpora

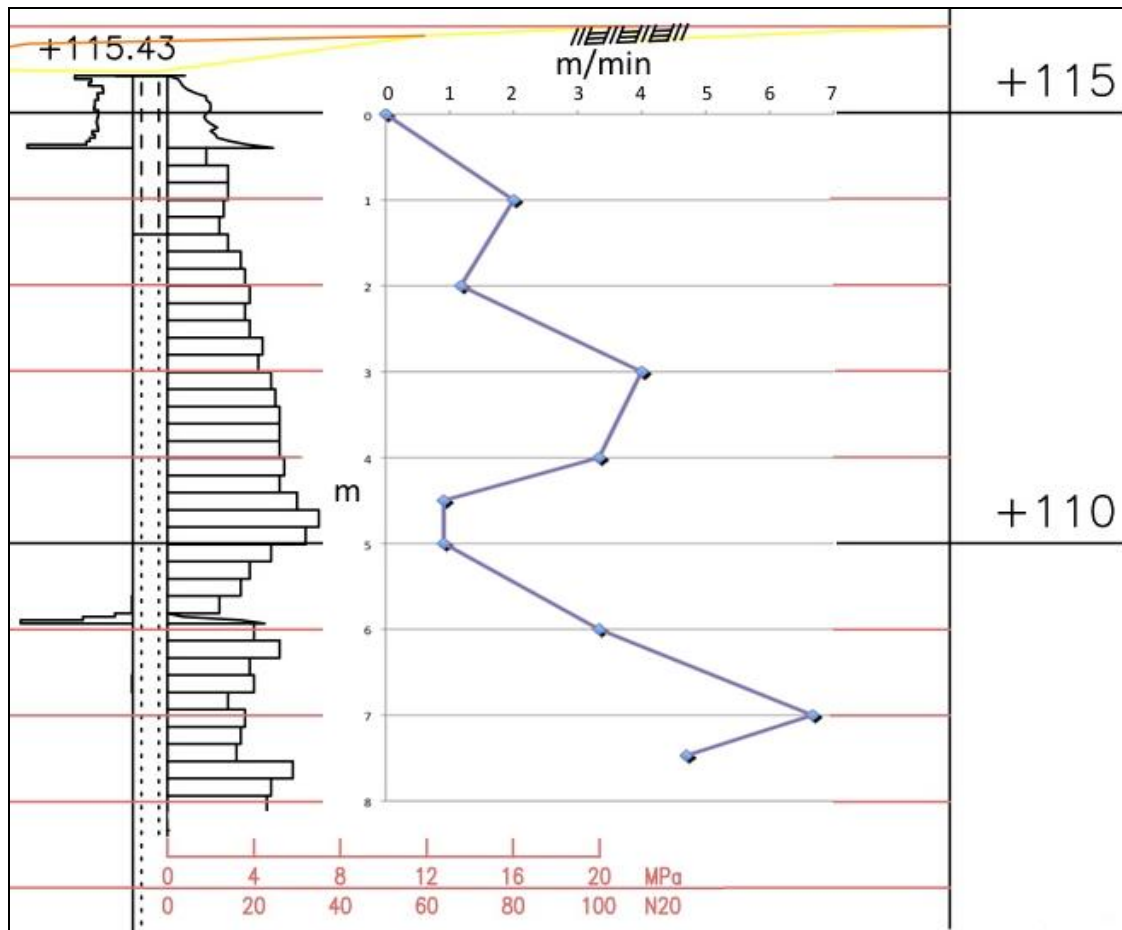
Augerporaus ulottui asennettavien ponttien syvyyteen. Tämä toi toivottuja tuloksia: pontti tunkeutui maahan tehokkaammin, pontit säilyivät paremmassa kunnossa seuraavia käyttökohteita ajatellen ja maaperän tärinä väheni. Uuden koneen työmaalle tuominen vastaavasti toi lisäkustannuksia sekä esiporaaminen vei aikaa pontitustyöltä. Silti esiporaaminen augerilla oli kannattava ratkaisu.

4.2.1 Hyvinkää, teräspontin tunkeutuminen

RTG 16T tulokset

Hyvinkään työmaalla käytettiin augerporaa helpottamaan pontitustyötä. RG16 :n tietokoneelta saatu materiaali kertoo pontin tunkeutuneen hyvin esiporauksen jälkeen. Toisinaan taas pontti tunkeutui hyvin 4,3 - 4,8 metriä, joiden jälkeen asentaminen vaati koneelta enemmän tehoa ja työ hidastui. Liittessä 2 on Datén kuvaaja tunkeutumisesta.

Kuvassa 4.3 on esitetty pontin tunkeutumista verrattuna puristin-heijarikairaus -tuloksiin. Pontin tunkeutuminen on esitetty metrin välein, kyseisessä tapauksessa käytettiin esityönä augerporausta. Hiekka on kairauksen ja maalajin perusteella tiiviysluokaltaan keskitiiviin ja tiivin rajalla.



Kuva 4.3 Kuvassa vasemmalla on puristin-heijarikairausdiagrammi ja oikealla pontin tunkeutuminen esitettynä metriä minuutissa (m/min).

RTG 15T tulokset

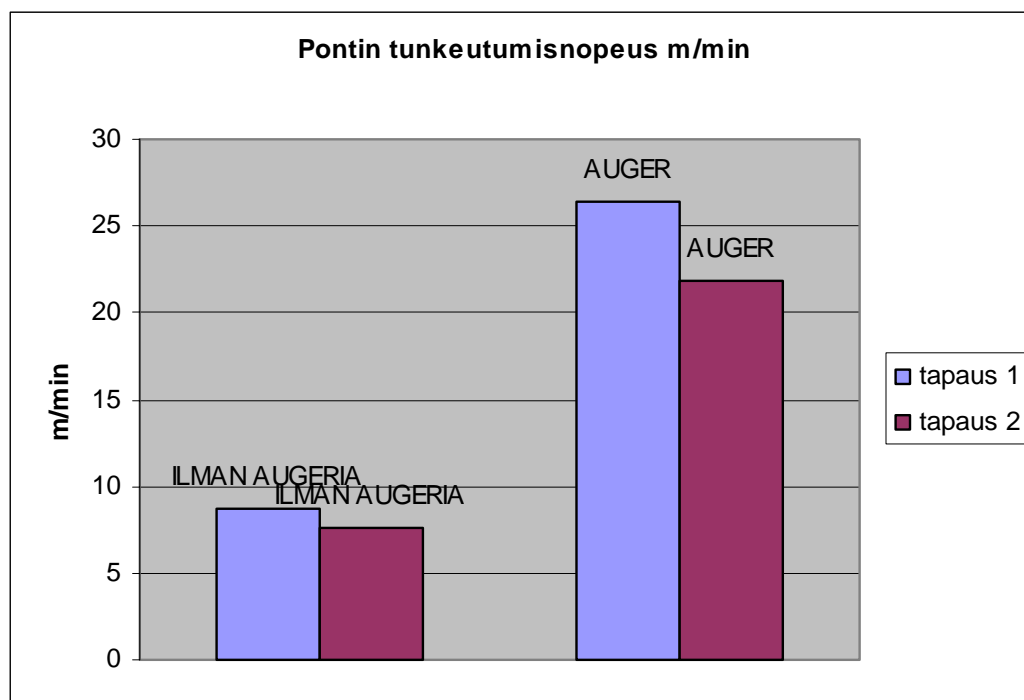
Kun kävin työmaalla kuvaamassa RG 15 suoritusta, tehtiin kokeita, joissa pontteja lyötiin porattuun ja poraamattomaan maahan. Ero ajassa ja maaperän täri-
nässä oli silmin nähtävä. Pontin tunkeutuminen maahan kolminkertaistui verrat-
taessa poraamattomaan maahan.

Seuraavan kuvan 4.4 taulukossa ja kuvaajassa on asia esitetty havainnollisesti:

Taulukossa on merkittynä pontin **pituus (L)**, aika joka kului pontin uppoamiseen **ilman augerporausta (A)**, aika **augeroituun maahan (B)** sekä kummankin tapauksen **tulos metreinä minuutissa (A, m/min) ja (B, m/min)**

Huom. Testi tehtiin maahan yksittäisenä kappaleena, jolloin lukkojen kitka ei hidasta tunkeutumista.

L(m)	A	min	B	min	A m/min	B m/min
7,5	0:00:52	0,87	0:00:17	0,28	8,65	26,47
8	0:01:03	1,05	0:00:22	0,37	7,62	21,82



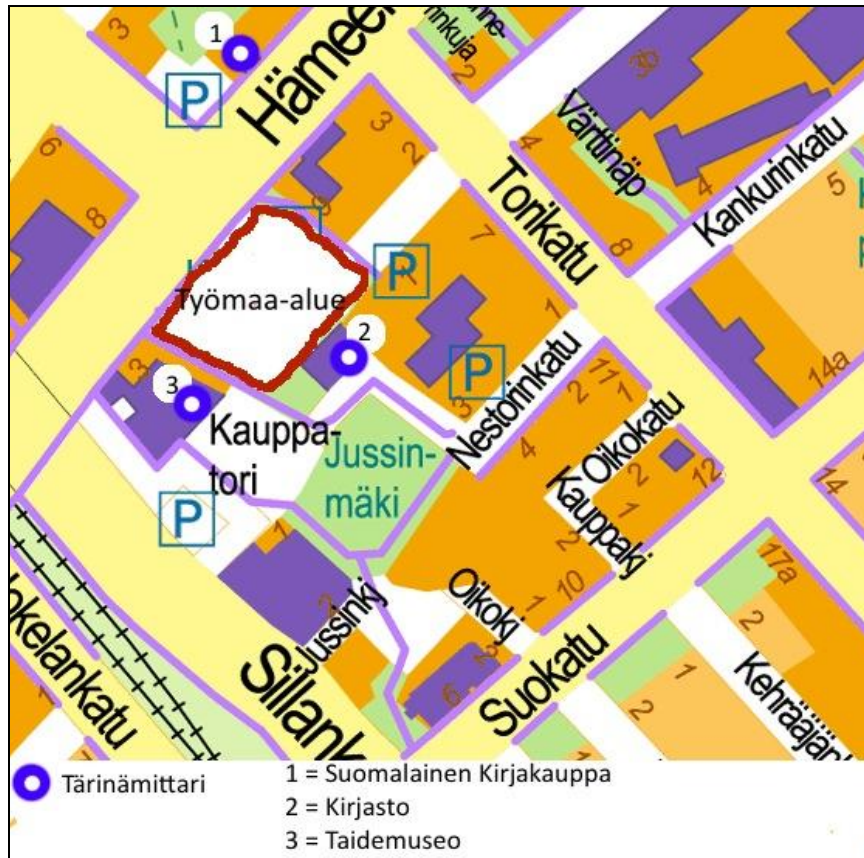
Kuva 4.4 Kuvaaja kahden eripituisen pontin tunkeutumisesta yllä olevan taulukon pohjalta

Pontin asentaminen suoraan seinään on ponttilukkojen mahdollisten muodonmuutoksien ja epätasaisuuksien sekä lukkojen keskinäisen kitkan takia hitaampaa. Testi tehtiin maahan niin, että ponttia ei asennettu ponttiseinään kiinni vaan pontti asennettiin yksittäisenä kappaleena maahan. Tarkoituksena oli näin saada maahan pontin tunkeutumisesta vertailukelpoisia tuloksia.

4.2.2 Hyvinkään tärinätulokset

Tärinämittauksia suoritettiin työmaaympäristön rakennuksissa. Mittareita asennettiin neljän rakennuksen perustuksiin: kirjastoon, Suomalaiseen kirjakauppaan, taidemuseoon ja Anttilaan, sekä torikadun ja Kutomokadun risteyk-

sessä sijaitsevaan kaukolämpökaivoon. Kuvassa 4.5 on esitetty Hyvinkään keskustasta kartta, työmaa-alue sijoittuu kirjastoaukion alueelle. Tärinämittarit sijaitsivat viereisissä rakennuksissa



Kuva 4.5 Kartta Hyvinkään työmaa-alueesta

Mittaustuloksia opinnäytetyötäni varten sain kolmesta mittauspisteestä. Mittauksia analysoi työmaan tärinämittauksia tekemään tilattu Räjätyskonsultit Oy. Liitteessä 3 olevissa mittaustuloksissa näkyy päivän suurimmat huippuarvot, jotka ovat yleensä yksittäisiä ja hetkellisiä tärinäpiikkejä. Tärinäpiikit yleensä johtuvat esteistä maassa, kivistä ja lohkareista. Suurin sallittu raja-arvo työmaalla määräytyy uuden RIL -ohjeistuksen mukaisesti, rakennuskohtaisesti. Tärinämittaus työmaalla jatkuu edelleen, jonka jälkeen tehdään kattava tärinäraportti työmaalta mitattuja tärinöitä ajatellen.

Tärinämittarit sijoitettiin läheisten rakennuksien **perustuksiin**. Kolmen mittauspisteen mittaustulosten tarkemman analysoinnin perusteella jatkuvaluonteisen / pitkäkestoisen tärinän arvot ovat seuraavat:

- Taidemuseo (Hämeenkatu 3): 0,6 mm/s
- Kirjasto (Hämeenkatu 7): 2,4 mm/s
- Suomalainen kirjakauppa (Hämeenkatu 12): 2,5mm/s

4.3 Tapionaukio, Länsimetron itäinen ajotunneli

Espoon Tapiolassa on käynnissä Länsimetron itäisen ajotunnelin urakka. Työmaa on myös YIT Rakennus Oy:n maarakennusurakka. Työmaa sijaitsee Tapiolassa, Helsingin länsipuolella, aivan kehä 1:n läheisyydessä, maamerkkinä mainittakoon myös Tapiola Garden hotelli.

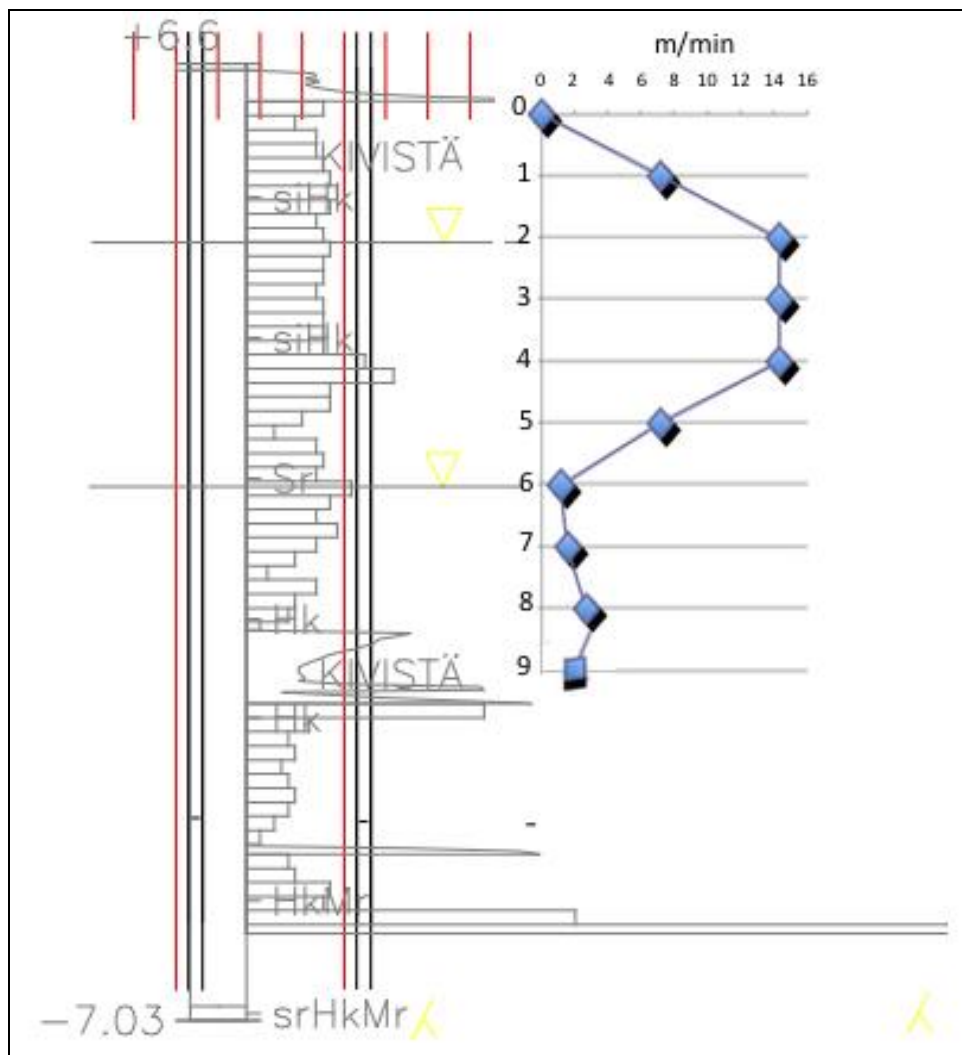
Kaivussyvyys tutkimusalueella on syvimmillään noin 10 metriä maanpinnasta, jonka jälkeen kallionpinta tulee vastaan, siitä alaspäin jatketaan louhinnalla. Maaperä Tapionaukiolla on pohjatutkimusten perusteella silttinen hiekka ja hiekkamoreenia. Tosin pontitusta aloittaessa pontti ei uponnutkaan odotetusti vaan maassa ilmeni olevan isoja kiviä ja lohkareita. Kun asiaa tiedusteltiin, selvisi, että alueella on täytemaata. Työmaalla kaivinkone suoritti välppäyksen. Välppäyksessä maasta poistetaan tukiseinän kohdalla kulkevat ja asentamista vaikeuttavat kivet ja lohkareet. Näin päästiin jatkamaan työtä eteenpäin.

Kyseisellä työmaalla sain kerättyä enemmän tietoa RTG 16T -tietokoneelta kuin Hyvinkään kohteessa. Tiedoista olen tehnyt taulukon, josta selviää teräspontin tunkeutumisen keskiarvo esitettynä muodossa metriä minuutissa. (Liite 4)

4.3.1 Tapionaukio, teräspontin tunkeutuminen

Tapionaukion työmaalta sain kuvaajia ja tiedostoja RTG 16T -tietokoneelta. Esimerkki kyseisestä kuvaaja -tiedostosta on esitetty liitteessä 2. Tietokoneelta saatua dokumenttia oli 37 kappaletta. Kun kuvaajia tarkastelee lähemmin voi huomata, että pontit ovat tunkeutuneet hyvin 5 - 6 metriä, jonka jälkeen maaines muuttui. (Liite 4, tunkeutumisen keskiarvo)

Kairauskuvaajan ja tunkeutumisen (m/min) voidaan nähdä, kuinka pontti on tunkeutunut maassa. Alussa pontti tunkeutuu hyvin, kunnes neljän metrin jälkeen pontin eteneminen hidastuu ja kuuden metrin jälkeen tunkeutuminen on hidasta. Seuraavassa kuvassa 4.6 asia on esitetty havainnollisesti, yhdistettynä samaan mittakaavaan.

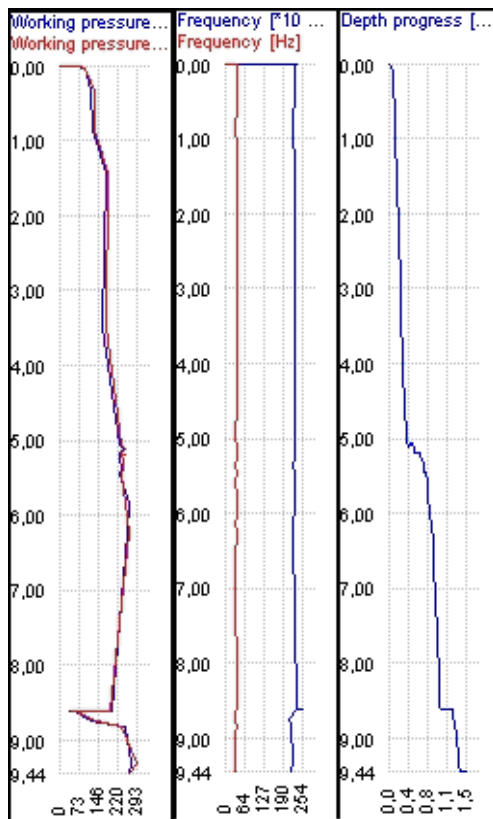


Kuva 4.6 Tapion aukion heijarikairaus -kuva verrattuna tunkeutuminen (m/min)

Työt aloitettiin ja huomattiin, että pontitus ei onnistunut odotetulla tavalla ja teholla. Maassa tuntui olevan esteitä, jotka hidastivat pontitusta. Pinnan täyte-
maassa esiintyi myös kiviä, jotka aiheuttivat tärinää työmaan lähistöllä. Tästä
syystä alueella suoritettiin välppäys esityönä, jossa poistettiin isommat kivet ja
esteet pontituksen tieltä. Pohjatutkimustulokset ja pontin huono uppoaminen
olivat kuin kaksi eri työmaatapausta, alueelta löytyi lohkkareita ja esteitä, sekä

silttiä, jota ei varsinaisesti pohjatutkimuksissa ilmennyt. Syytä eriäviin pohjatutkimustietoihin ei ole selvinnyt. Kuvassa 4.7 on esitettyä työpaine, jonka yksikkö on (bar), taajuus (*10 R/min ja Hz) ja tunkeutumisen edistyminen (min). Kuva on RTG 16T -tietokoneelta saatu tiedosto Tapion aukion työmaalta.

Kuvaajasta voi päätellä pontin tunkeutuvan hyvin noin viiteen metriin asti, jossa tunkeutuminen hidastuu ja jälleen jatkaa tunkeutumista hyvin noin 8,5 metriin asti. 8,5 metrissä työ on pysähtynyt, työpaine ja taajuus pienenee, hetken päästä työ jälleen jatkuu ja pontti on saatetaan 9,44 metriin saakka.

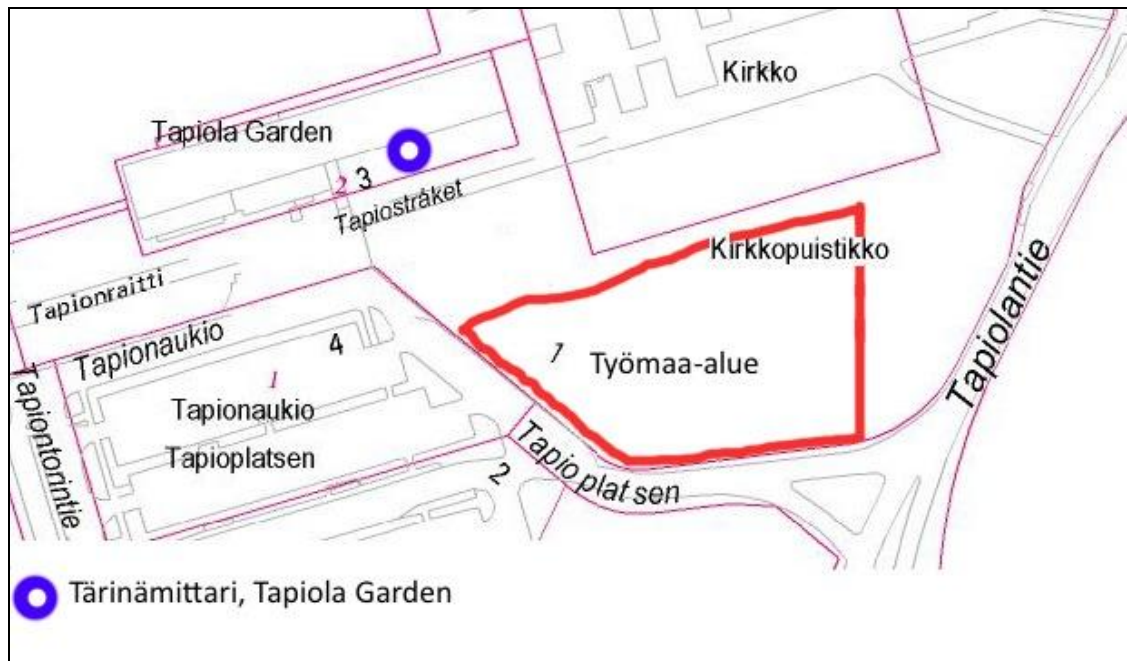


Kuva 4.7 Tiedosto RTG 16T -tietokoneelta. Kuvasta nähdään pontin tunkeutumisen edistyminen ja samanaikaisesti työpaine sekä taajuus.

4.3.2 Tapionaukion tärinätulokset

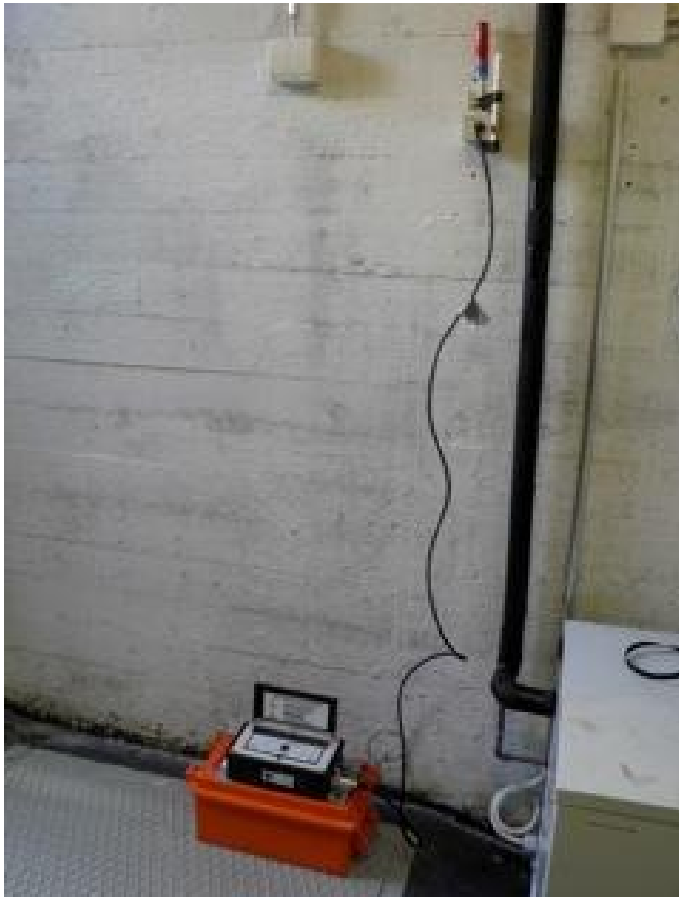
Tärinämittari sijoitettiin työmaan läheisyydessä sijaitsevan hotellin Tapola Gardenin kellariin. Kuvassa 4.8 on tärinämittarin sijainti osoitettuna kartalla. Matkaa

hotellilta työmaalle on noin 50 metriä. Tärinämittausta suoritettiin kahden viikon ajalta elokuun 2010 lopulla.



Kuva 4.8 Tärinämittarin sijainti osoitettuna kartalla

Liite 5 on kooste pontituksen aiheuttaman tärinänmittauksesta Tapiola Gardenista. Koosteessa PEAK-sarakkeen alta näkee mittausjakson suurimman hetkellisen heilahdusnopeuden (mm/s) arvon. Suurin rekisteröitynyt arvo oli 0,5 mm/s eli noin 1/10 sallitusta raja-arvosta, joka on 5 mm/s. Kuvassa 4.9 on tärinämittari asennettuna kellariin.



Kuva 4.9 Kuva Tapiola Garden -hotelliin sijoitetusta tärinämittarista

Liitteessä 6 on esitetty myös yksi päiväkohtainen (1.9.2010) pylväsdiagrammikuva, josta saa käsityksen kyseisen päivän tärinätahtumista.

4.4 Hanke X

Tätä hanketta käsittelen nimellä Hanke X rakennuttajan pyynnöstä. Kohteen pohjaolosuhteet havaittiin asennuksen aikana olevan tiivistä silttiä. Tukiseinän kohdalle osui paikoin myös moreenia, joka aiheutti vaikeuksia asentaessa tukiseinää sekä lisäsi tärinän voimakkuutta.

Koska tähän rakennuskohteeseen on pontitustyöt tehty jo kaksi vuotta ennen työni aloittamista, ei käytössä ole materiaalia pontin tunkeutumisesta. Sen sijaan hankkeessa seurattiin tarkkaan tärinöitä, jotka kulkeutuivat olemassa olevaan rakennukseen.

Hanke X on laajennuskohde, jossa uusi rakennus liittyy vanhaan rakennukseen. Maarakennusurakkaan kuului myös rakennuskaivannon tukiseinätyöt. Tärinämittaukset kuuluivat Hanke X:n rakennuskaivannon tuentatyöhön, eli tukiseinien teräsponttien asentamiseen. Teräsponttien asennus suoritettiin käyttäen kaivinkonetta ja paalutuskonetta. Kaivussyvyys syvimmillään oli 8 - 11 metriä maapinnasta.

Mittauksien pyrkimys oli ohjata tukiseinien pontitusta siten, että läheisten rakennusten rakenteille ei aiheutuisi vaarallisen suurta tärinää. Mittauksilla seurattiin työstä aiheutuvaa pystysuuntaista heilahdusnopeutta sekä taajuutta. Pystysuuntaisena heilahdusnopeuden raja-arvoina käytettiin annettuja pohjarakennustyöselostuksen arvoja (7.):

- 3 mm/s, kun heilahdustaajuus on 10 Hz tai pienempi
- 5 mm/s, kun heilahdustaajuus on 30 Hz
- 8 mm/s, kun heilahdustaajuus on 50 Hz tai suurempi

4.4.1 Hanke X:n tärinätulokset

Tärinän vaikutus rakenteisiin on yksilöllistä ja riippuvainen tärinän heilahdusnopeudesta, -taajuudesta ja -pituudesta. Tärinäaallossa esiintyvää pystysuuntaista nopeutta pidetään rakennukselle pahiten vaurioita aiheuttavana tekijänä. Hanke X:n työmaalla pontit lyötiin maahan Junttan -paalutuskoneella. Kohteessa huomattiin rakennuksen ylempien kerrosten heilahdusnopeuden kasvavan alempiin verrattuna. Kyseisessä kohteessa mitattujen tärinäarvojen taajuus vaihteli 10 - 100 Hz välillä. Tärinän voimakkuutta lisäävät rakennuksista, maakerroksista ja kallioperästä heijastuvat aallot. (7.)

Aluksi mittauspisteitä oli kaiken kaikkiaan 8 kpl, mutta myöhemmin niitä vähennettiin 6 kpl:seen. Heilahdusnopeuksille asetetut raja-arvojen ylitykset tapahtuivat pääsääntöisesti, kun teräsponttia lyötiin paalutuskoneella ja tukiseinän asentaminen sijoittui mittauspisteen lähetyville. (7.)

Tukiseinätyöstä aiheutuvaa tärinää pyrittiin pienentämään usein eri tavoin. Teräsponttiseinien lukkoihin laitettiin uretaania, jotta lukko ei tukkeutuisi, maata yritettiin myös löyhentää poraamalla tukiseinän kohdalle reikiä lähes ponttien tavoitesyvyyteen saakka. Toimenpiteet eivät kuitenkaan tuoneen toivottua tulosta ja päädyttiin vaihtamaan tukiseinän kohdalta tiivis maa-aines karkeampaan murskeeseen. Tämä toimenpide pienensi tärinäarvoja sen verran, että tukiseinän asennus oli mahdollista. (7.)

Tärinät työmaalla olivat korkeita maarakennustyön aiheuttamaksi tärinäksi. Raja-arvoja ylitettiin toistuvasti ja ponttiseinän asentaminen jouduttiin tästä johtuen keskeyttämään useita kertoja. Tärinämittaus mahdollisti tärinä voimakkuuksien seuraamisen ja työmaa saatettiin keskeyttää raja-arvojen ylittyessä. (7.)

Kaksi esimerkkiä tärinöiden analysoinneista työmaalla (7.):

Mittauspiste 1 suurin pystysuuntainen mittaustulos oli 7,62 mm/s (14Hz). Suurin sallittu raja-arvo noin 3,7 mm/s (14Hz). Tärinäpiikin aiheuttanut kivi poistettiin pontin alta.

Mittauspiste 2 pontituskoneen työskennellessä lähellä mittauspistettä, syntyi kymmenkunta raja-arvon ylitystä. Ponttia ei saatu asennettua oikeaan syvyyteen, vaan se pysähtyi luultavammin kiveen. Suurin pystysuuntainen heilahdus tässä mittauspisteessä oli 8,13 mm/s (23 Hz), kun sallittu raja-arvo on 4,6 mm/s (23 Hz).

5 VERTAILU TUTKIMUSKOHTEIDEN TUTKIMUSTULOSTEN KESKEN

Tutkimuskohteiden vertailu näiden kolmen työmaan kesken on loppujen lopuksi melko monimutkaista. Työmaat olivat erilaisia ja työmenetelmät poikkesivat toisistaan. Kaikilla työmailla tuli kuitenkin vastaan eräänlaisia ongelmia, joihin etsittiin työmaan kannalta sopivia ratkaisuja. Hyvinkään työmaalla ongelmia syntyi tunkeutumisen hitaudesta ja heräsi kysymyksiä siitä, miksi pontti ei tunkeudu-

kaan maaperään odotetusti. Tapion aukion työmaalla maaperätutkimukset ajoivat harhaan ja silttinen maaperä vaikeutti myös ponttien ankkurointia ja Hanke X:n työmaalla työstä aiheutunut tärinä aiheutti suurimmat ongelmat.

Hyvinkäällä saatiin hyvää materiaalia siitä, kuinka augerporan käyttö tehosti työn etenemistä ja tärinät työmaaympäristössäkkin vähenivät. Karkea hiekka työmaalla aiheutti vaikeuksia ja onnistuneet tulokset tunkeutumiseen saatiin erilaisten kokeilujen jälkeen vasta poraamalla maahan reikiä ponttien kohdalle. Poraamisen jälkeen työ nopeutui kolminkertaiseksi. Työmaalta saadut tiedot ja kokemukset olivat uusia ja opettavaisia. Myös tietokoneelta saatua tietoa voidaan jatkossa hyödyntää, sillä kyseenomaiseen tietoon ei aikaisemmin oltu perehdytty.

Tapion aukiolla ihmetystä toi pohjatutkimukset. Työmaa-alueen pintamaassa olleet isot kivet aiheuttivat tärinää ja huononsivat tunkeutumista pontittaessa. Ponttilinjalla tehtiin välppäys ja saatiin kummatkin ongelmat tunkeutumisen kannalta kuntoon.

Hanke X:n työmaalla tärinää olisi luultavammin pystytty pienentämään käyttämällä jotakin muuta menetelmää kuin pontin lyömistä. Tehokkaana ja varteenotettavana vaihtoehtona mainittakoon RTG 15T tai 16T. Tästä kertoo myös hyvät tulokset, joita saatiin, kun RTG 16T tuotiin paikalle ponttien pois nostoa varten. Tietysti välppäys ja massanvaihto helpotti ja nopeutti työtä vaikuttaen myös tärinäihin oleellisesti.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni käsittelin tukiseinän, ja lähinnä teräsponttiseinän asentamista sekä teräsponttiseinän asentamisesta syntyviä tärinävaikutuksia. Työn ensimmäisissä luvuissa on käyty läpi supistetusti eri työmenetelmiä pontin asentamiseksi, ennen pontitusta tehtäviä esitöitä (poraus, vesihuuhtelu, välppäys),

tärinän mittausta ja täry- ja lyöntiasennuksessa työmenetelmillä syntyviä tärinävaikutuksia.

Työtä varten valittiin työmaita, joilta saisi monipuolista ja vertailukelpoista aineistoa. Esimerkki työmaiksi valittiin Hyvinkäälle rakentuvan Prisman maarakennusurakka sekä Espoon Tapion aukion maarakennusurakka. Tärinäistä saatiin esimerkki työmaa, josta käytetään rakennuttajan pyynnöstä nimeä Hanke X.

Tutkimissani työmaissa oli monta muuttuvaa tekijää. Odotukset työmaasta, työmaaolosuhteiden vaikeusaste ja käytännön työn suorittaminen oli kuitenkin ristiriidassa. Hyvinkään työmaa osoitti sen, kuinka pohjasuhteet voivat yllättää rakentajan. Hiekka maa-aineena on kuultujen kokemusten perusteella tuottanut useamminkin päänvaivaa työmailla, eikä Hyvinkään tapaus ollut eriävä. Paikalle tuotiin tehokkaat RTG 15T- ja RTG 16T -koneet. Jopa ponttien pois nostaminenkin oli hidasta ja hankalaa, kun siihen käytettiin Kaivinkoneeseen liitettävää Movax-ponttitärytintä. Tunkeutuminen kyseisellä Movax-koneella oli erittäin hidasta ja vaivalloista, lähes tuloksetonta. Kuvassa 6.1 olen esitellyt yhteenvedona havaintoja eri työmailta.

	Maapohja	Pontin tunkeutuminen	Tärinä	Ongelmat	Ratkaisut
Hyvinkää, tärytys RTG 15T	Karkea hiekka	Augerporauksen avulla tunkeutumisnopeus jopa kolminkertaistui	Augerporauksen jälkeen tärinä pieni. Jatkuvaluonteinen tärinän arvo 2,5 mm/s	Tunkeutumisnopeus hidas, maalaji karheaa hiekkaa	Augerporaus ennen pontitusta
Tapiola, tärytys RTG 15T	Hiekka ja hiekkainen moreeni	välppäyksen jälkeen tunkeutui hyvin	Ei suuria tärinöitä välppäyksen jälkeen, suurin mitattu tärinäpiikki oli 0,5 mm/s.	Pohjatutkimukset, siiltinen maaperä	Välpättiin maaperää pontituslinjalta
Hanke X, lyöminen paalutus-kone Junttan	Tiivis siilti, paikoin moreeni	Hidasta ennen välppäystä.	Tärinäarvot suuria ja raja-arvon ylityksiä toistuvasti	Tärinä, isot kivet	Ponttilinja välpättiin, työskentelyaikoja suunniteltiin. Pontteja pois nostaessa vaihdettiin kone, jolloin tärinät pieneni huomattavasti

Kuva 6.1 Yhteenvetotaulukko

Hanke X on hyvä esimerkkityömaa siitä syystä, että tärinävaikutuksia seurattiin tarkkaan ja useasta pisteestä. Tärinöitä olisi kenties voitu pienentää erityyppisen ponttikoneen valinnalla. Tästä antoi viitteitä se, että pontteja ylös nostetta-

essa ja tärinöiden ylitettyä raja-arvoja, työmaalle tuotiin RTG 16T, joka pienensi tärinöitä ja raja-arvot eivät ylittyneet.

Työn tavoite oli tuottaa opinnäytetyö, joka mahdollisesti helpottaisi eri työmenetelmien valitsemista työkohteissa. Näin saataisiin työmaan maalajiin valittua kustannustehokkain ja ympäristölle sopivin työmenetelmä. Lisäksi opinnäytetyössä on esitelty pontitustyötä ja siinä esiintyviä tekijöitä. Opinnäytetyöni toi työmaille ajatusta, jossa tietokoneelta saatavia tietoja voitaisiin kenties jatkossakin hyödyntää, kun suunnitellaan työmaalle tehtävää pontitusta tai kun työskennellään tärinäherkällä alueella. On myös edullisempaa suunnitella, tulkita ja huomioida tulevia töitä etukäteen, ennen työmaan aloittamista. Tämä voidaan tehdä myös vertailemalla samankaltaisten työmaiden kesken onnistumisia ja epäonnistumisia, sekä oppia tutkimalla ja kokeilemalla uusia menetelmiä.

KUVAT

Kuva 2.1 Tukiseinien ominaisuudet eri olosuhteissa, s. 7

Kuva 2.2 Augerporauksen sijainti ponttiseinässä, s. 10

Kuva 4.1 Ponttikone RTG16T, s. 14

Kuva 4.2 Augerpora, s.16

Kuva 4.3 Puristin-heijarikairausdiagrammi / pontin tunkeutuminen (m/min), s. 18

Kuva 4.4 Kuvaaja kahden eri pituisen pontin tunkeutumisesta, s. 19

Kuva 4.5 Karttakuva hyvinkää <http://kartta.hyvinkaa.fi/>, s. 20

Kuva 4.6 Tapion aukion heijarikairaus ja pontin tunkeutuminen (m/min), s. 22

Kuva 4.7 tiedosto RTG 16 T tietokoneelta, s. 23

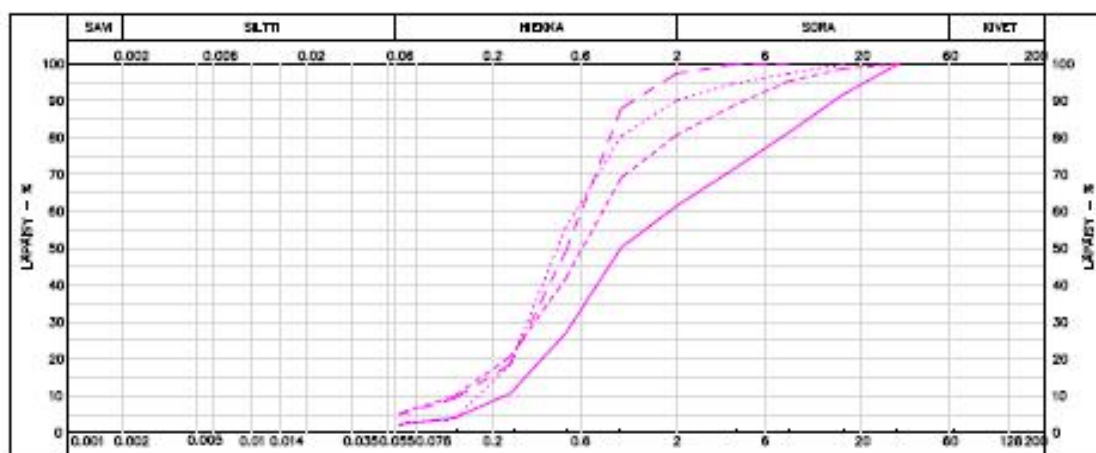
Kuva 4.8 kartta Tapionaukiosta, s. 24

Kuva 4.9 Tapiola Garden -hotelliin sijoitetusta tärinämittaristas, s. 25

Kuva 6.1 Yhteenvetotaulukko, s. 29

LÄHTEET

1. Hakulinen M. Oppimateriaali, Teräs pohja- ja maarakentamisessa, 1.7.2003 s.55-62.
2. Eronen, S. Teräksiset tukiseinärakenteet, TTKK Geotekniikan laboratorio julkaisu 32, Tampere 1995 s.86-92.
3. Tiehallinto, Sillan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset -SYL2
<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl22001.pdf> (Luettu 9.1.2011)
4. Leppänen, H. Paalutuksesta ja pontituksesta aiheutuva värinä, Diplomityö 2008, Tampereen teknillinen yliopisto, s.32-47.
5. Tampereen teknillinen yliopisto, Liite 3. Värinän suuruuden arviointi eri työmenetelmillä, http://www.ril.fi/web/files/t_liite_3.pdf (Luettu 8.12.2010)
6. Bauer RTG 16T, Fussey piling Ltd
<http://www.fusseypiling.com/bauerrtg16t-inst.html> (Luettu 7.12.2010).
7. Värinämittaus raportti Hanke X.
8. Rantamäki M., Jääskeläinen R. & Tammirinne M. 2006. Geotekniikka 464. Otatieto: Helsinki.

[illegible]

Näyte 5 _____ 6 _____ Näyte 7 _____ 10 _____

TUNNUS		MUUTOS		NIMIK.		PÄIVÄYS	
KAUPUNGINOSA/KYLA		KORTTELI/TILA		TONTTI/R.NO		VIRANOMAISTEN ARKISTOINTIMÄRKINTÖJÄ VARTEN	
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE HYVINKÄÄN KESKUSTAKORTTELI				PERUSTUSLAJI POHJATUTKIMUS			
				PERUSTUKSEN SISÄLTÖ MITTAKAAVA			
HYVINKÄÄ				LOKKAUS F-F 1:200/1:100			
		Insinööritoimisto Geotesti Oy SATAKUNNANKATU 23, 33210 TAMPERE HARAKANTIE 18A, 02650 ESPOO PUH 0207 911 611 FAX 0207 911 612					
TUTK. VO.TR./JPY		PERT. JP		SUUNN. ALA GEO		TYÖ N:O 080054	
SUUNN.				LITTYY PERUSTUKSEEN N:O 1		ATK. NIMI 080054LE.dwg	
HYK.				PÄIVÄYS 20.03.2008		PIR. N:O 7	



Files Selected in File Review List

C:\Users\Tomi L\Desktop\Tärinät\YIT\Hämeenkatu, Hyvinkää\Hämeenkatu 12 Kirjakauppa

File Name	Number	Date	Time	End Date	End Time	PPV (mm/sec)	Air (dB)	Air (Mb)	Air (psi)	Air (kPa)	Comment
426420100310001.BAR	001	10.3.2010	11:46	10.3.2010	21:00	1,524	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100311002.BAR	002	11.3.2010	06:02	11.3.2010	14:23	1,397	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100311003.BAR	003	11.3.2010	14:30	11.3.2010	21:00	1,524	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100312004.BAR	004	12.3.2010	06:02	12.3.2010	21:00	1,397	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100313005.BAR	005	13.3.2010	06:02	13.3.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100314006.BAR	006	14.3.2010	06:02	14.3.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100315007.BAR	007	15.3.2010	06:02	15.3.2010	21:00	1,905	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100316008.BAR	008	16.3.2010	06:02	16.3.2010	21:00	1,397	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100317009.BAR	009	17.3.2010	06:02	17.3.2010	21:00	1,524	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100318010.BAR	010	18.3.2010	06:02	18.3.2010	21:00	2,540	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100319011.BAR	011	19.3.2010	06:02	19.3.2010	21:00	2,159	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100320012.BAR	012	20.3.2010	06:02	20.3.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100321013.BAR	013	21.3.2010	06:02	21.3.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100322014.BAR	014	22.3.2010	06:02	22.3.2010	21:00	1,524	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100323015.BAR	015	23.3.2010	06:02	23.3.2010	21:00	2,667	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100324016.BAR	016	24.3.2010	06:02	24.3.2010	21:00	1,905	100	0,02	0,0003	0,002	
426420100325017.BAR	017	25.3.2010	06:02	25.3.2010	07:10	1,016	112	0,08	0,0012	0,008	
426420100326018.BAR	018	26.3.2010	12:50	26.3.2010	21:00	1,016	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100327019.BAR	019	27.3.2010	06:02	27.3.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100328020.BAR	020	28.3.2010	06:02	28.3.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100329021.BAR	021	29.3.2010	06:02	29.3.2010	21:00	2,921	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100330022.BAR	022	30.3.2010	06:02	30.3.2010	21:00	1,524	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100331023.BAR	023	31.3.2010	06:02	31.3.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100401024.BAR	024	1.4.2010	06:02	1.4.2010	21:00	1,524	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100402025.BAR	025	2.4.2010	06:02	2.4.2010	21:00	0,508	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100403026.BAR	026	3.4.2010	06:02	3.4.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100404027.BAR	027	4.4.2010	06:02	4.4.2010	19:07	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100404028.BAR	028	4.4.2010	19:12	4.4.2010	21:00	0,127			0,0003	<0.002	
426420100405029.BAR	029	5.4.2010	06:02	5.4.2010	21:00	0,381			0,0003	<0.002	
426420100406030.BAR	030	6.4.2010	06:02	6.4.2010	21:00	0,762			0,0003	<0.002	
426420100407031.BAR	031	7.4.2010	06:02	7.4.2010	21:00	0,635			0,0003	<0.002	
426420100408032.BAR	032	8.4.2010	06:02	8.4.2010	21:00	0,889			0,0003	<0.002	
426420100409033.BAR	033	9.4.2010	06:02	9.4.2010	21:00	0,508			0,0003	<0.002	
426420100410034.BAR	034	10.4.2010	06:02	10.4.2010	21:00	0,254			0,0003	<0.002	
426420100411035.BAR	035	11.4.2010	06:02	11.4.2010	21:00	3,429	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100412036.BAR	036	12.4.2010	06:02	12.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100413037.BAR	037	13.4.2010	06:01	13.4.2010	21:00	0,762	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100414038.BAR	038	14.4.2010	06:02	14.4.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100415039.BAR	039	15.4.2010	05:46	15.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100416040.BAR	040	16.4.2010	06:02	16.4.2010	21:00	0,889	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100417041.BAR	041	17.4.2010	06:02	17.4.2010	21:00	0,127	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100418042.BAR	042	18.4.2010	06:02	18.4.2010	21:00	3,302	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100419043.BAR	043	19.4.2010	06:02	19.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100420044.BAR	044	20.4.2010	05:40	20.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100421045.BAR	045	21.4.2010	06:02	21.4.2010	21:00	1,270	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100422046.BAR	046	22.4.2010	06:02	22.4.2010	21:00	0,508	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100423047.BAR	047	23.4.2010	05:48	23.4.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100424048.BAR	048	24.4.2010	06:02	24.4.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100425049.BAR	049	25.4.2010	06:02	25.4.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100426050.BAR	050	26.4.2010	05:45	26.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100427051.BAR	051	27.4.2010	06:02	27.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100428052.BAR	052	28.4.2010	06:02	28.4.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100429053.BAR	053	29.4.2010	05:47	29.4.2010	21:00	0,508	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100430054.BAR	054	30.4.2010	06:02	30.4.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100501055.BAR	055	1.5.2010	06:02	1.5.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100502056.BAR	056	2.5.2010	06:02	2.5.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100503057.BAR	057	3.5.2010	06:02	3.5.2010	21:00	0,381	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100504058.BAR	058	4.5.2010	06:02	4.5.2010	21:00	0,508	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100505059.BAR	059	5.5.2010	06:02	5.5.2010	21:00	0,762	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100506060.BAR	060	6.5.2010	06:02	6.5.2010	21:00	0,508	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100507061.BAR	061	7.5.2010	06:02	7.5.2010	21:00	0,635	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100508062.BAR	062	8.5.2010	06:02	8.5.2010	21:00	0,254	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100509063.BAR	063	9.5.2010	06:02	9.5.2010	21:00	2,667	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100510064.BAR	064	10.5.2010	06:02	10.5.2010	21:00	0,889	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100511065.BAR	065	11.5.2010	06:02	11.5.2010	21:00	1,143	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	
426420100512066.BAR	066	12.5.2010	06:02	12.5.2010	12:21	0,762	<100	<0.02	<0.0003	<0.002	

11.4. suurin
huippuarvo
(tärinäpiikki)

Tapionaukion tunkeutuminen, keskiarvotaulukko

Liite 4
1 (1)

TAPION AUKIO, ESPOO
TAPIOLA GARDEN

PONTTI	TUNKEUMA	AIKA	s	min	M/MIN	M/s
5	9,52	0:01:34	94	1,57	6,077	0,101277
6	9,63	0:00:57	57	0,95	10,137	0,168947
7	9,37	0:01:33	93	1,55	6,045	0,100753
8	9,94	0:01:09	69	1,15	8,643	0,144058
9	9,15	0:02:57	177	2,95	3,102	0,051695
10	9,64	0:02:37	157	2,62	3,684	0,061401
11	9,52	0:01:34	94	1,57	6,077	0,101277
12	10,15	0:03:38	218	3,63	2,794	0,04656
13	9,6	0:02:48	168	2,80	3,429	0,057143
14	9,64					
15	9,26	0:04:16	256	4,27	2,170	0,036172
16	9,86	0:04:01	241	4,02	2,455	0,040913
17	9,57	0:04:37	277	4,62	2,073	0,034549
18	10,03	0:03:39	219	3,65	2,748	0,045799
19	9,68	0:01:32	92	1,53	6,313	0,105217
20	9,97	0:01:36	96	1,60	6,231	0,103854
21	9,34	0:03:54	234	3,90	2,395	0,039915
22	10,06					
23	9,44	0:01:33	93	1,55	6,090	0,101505
24	8,81	0:01:24	84	1,40	6,293	0,104881
25	9,62	0:01:32	92	1,53	6,274	0,104565
26	11,69	0:01:07	67	1,12	10,469	0,174478
27	10,09	0:00:54	54	0,90	11,211	0,186852
28	11,8	0:01:53	113	1,88	6,265	0,104425
29	10,26	0:03:13	193	3,23	3,173	0,053161
30	10,18	0:03:14	194	3,23	3,148	0,052474
31	9,52	0:01:34	94	1,57	6,077	0,101277
32	11,56	0:02:12	132	2,20	5,255	0,087576
33	10,56	0:01:28	88	1,47	7,200	0,12
34	10,97	0:01:22	82	1,37	8,027	0,13378
35	11,06	0:01:00	60	1,00	11,060	0,184333
36	10,84					
37	11,03	0:00:59	59	0,98	11,217	0,186949
38	11,17	0:01:13	73	1,22	9,181	0,153014
39	11,46					
40	11,4	0:01:11	71	1,18	9,634	0,160563
41	11,31	0:01:27	87	1,45	7,800	0,13
42	11,36	0:01:09	69	1,15	9,878	0,164638
				ka	6,254	0,104

YIT
Tapionaukio, Espoo
Pontitus
Mp: Sokos Hotel Tapiola Garden/tekninen tila

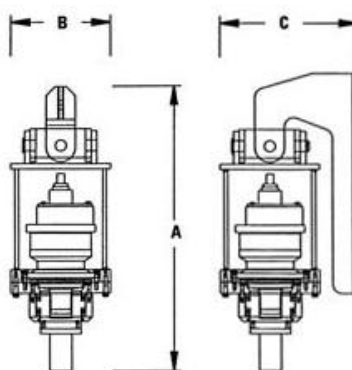
Page: 1

File Name	Date	Peak (mm/s)	Acoustic (dB)	Radial (mm/s)	Vertical (mm/s)	Transverse (mm/s)	Peak Acceleration (g's)
Number	Time	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
309320100910011.BAR 011	10.9.2010 - 10.9.2010 06:02 - 09:51	0,381 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100909010.BAR 010	9.9.2010 - 9.9.2010 06:02 - 21:00	0,381 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100908009.BAR 009	8.9.2010 - 8.9.2010 06:02 - 21:00	0,381 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100907008.BAR 008	7.9.2010 - 7.9.2010 06:02 - 21:00	0,381 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100906007.BAR 007	6.9.2010 - 6.9.2010 06:02 - 21:00	0,508 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100905006.BAR 006	5.9.2010 - 5.9.2010 06:02 - 21:00	0,254 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100904005.BAR 005	4.9.2010 - 4.9.2010 06:02 - 21:00	0,254 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100903004.BAR 004	3.9.2010 - 3.9.2010 06:02 - 21:00	0,381 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100902003.BAR 003	2.9.2010 - 2.9.2010 06:02 - 21:00	0,508 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100901002.BAR 002	1.9.2010 - 1.9.2010 06:02 - 21:00	0,508 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0
309320100831001.BAR 001	31.8.2010 - 31.8.2010 14:09 - 21:00	0,508 0	100 0	0 0	0 0	0 0	0 0

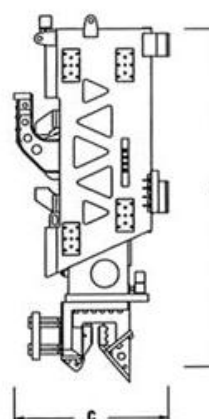
Suurin arvo

**Bauer RTG RG 15T Telescopic
Leader Rig**RTG 15T:n
tekniset tiedot

Dimensions (mm)		RTG 15T	RTG 20T
A Height	mm	1600	1880
B Width	mm	540	710
C Depth	mm	750	810
Max. torque (300bar)	kNm	20.0	47.0
Max. torque (330bar)	kNm	22.0	52.6
Max. pressure	bar	375	375
Max. speed	rpm	110	80
Axial load (traction/pressure)	kNm	160	220
Hexagon socket SW	mm	80	120



Dimensions (mm)		RTG 15T
A Overall height	mm	3080
B Width	mm	530
C Depth	mm	1230
Max. centrifugal force	kN	900
Speed	rpm	2400
Static torque	Nm	0-143
Hydr. rating on vibrator	kW	285
Clamping force (standard clamp)	kN	110
Max. axial load/traction	kN	160
Max. axial load/pressure	kN	120
Total weight (with clamp)	kg	4800
Vibrating weight	kg	4900



Dimensions (mm)		RTG 15T
A Max. mast height (leader extended, min. work radius)		19.280mm
B Length of mast (leader extended)		16.580mm
B' Length of mast (leader retracted)		9.860mm
C Max. length of piles (with vibrator, min. work radius)		15.000mm
D Working radius (minimum)		3.600mm
D* Working radius (maximum)		5.260mm
Bottom of mast (max. position above ground)		2.705mm
Bottom of mast (min. position below ground)		1.410mm
Mast inclination (forward/backward/sideways)		4°/10°/4°
Mast turning angle (right/left)		100°/100°
Crowd force at sledge of vibrator (push)		120kN
Crowd force at sledge of vibrator (pull)		160kN
Allowable torque		40kNm

