

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikan yksikkö Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Juhani Jaatinen

Kunnallistekniikan rakentaminen haastavissa pohjaolosuhteissa

Opinnäytetyö 2011

Tiivistelmä

Juhani Jaatinen

Kunnallistekniikan rakentaminen haastavissa pohjaolosuhteissa, 45 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikan yksikkö, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: tuntiopettaja Sami Laakso, Saimaan ammattikorkeakoulu, vastaavatyönjohtaja Veli-Pekka Ahonen, Stara

Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu pohjaveden liikkeiden aiheuttamia ongelmia ja pohdittu ratkaisuja paineellisen pohjaveden arvioimiseen. Tämän lisäksi on tutkittu kunnallistekniikan pohjarakentamisessa käytettyjä työmenetelmiä ja materiaaleja sekä tarkasteltu työmaalla käytettyjä suunnitelmia ja niiden yönäikaisia muutoksia.

Sisältö tähän opinnäytetyöhön on saatu pääosin haastatteluilla ja kirjallisuudella sekä kirjoittajan omina havaintoina. Havainnot ovat yhdestä rakennushankkeesta.

Pohjaveden liikkeiden arviointia on tehty useasti, mutta paineellisen pohjaveden niin sanottua vaarallisuutta on todella vaikeata arvioida. Pohjaveden alennus voidaan toteuttaa aina tarvittaessa, mutta siitä ei ole aina hyötyä vaikka pohjavesi olisi lähellä ja paineellista. Turvallisuuden ja työn etenemisen kannalta se kannattaa tehdä, ja mahdollisesti vielä etukäteen.

Asiasanat: kunnallistekniikka, pohjarakentaminen, pohjavesi, pohjaveden alentaminen

Abstract

Juhani Jaatinen

Municipal engineering in challenging ground conditions, 45 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Degree Programme of civil and construction engineering

Civil engineering

Bachelor's Thesis 2011

Instructors: teacher Sami Laakso, Saimaa University of Applied Sciences, technical engineer Veli-Pekka Ahonen, Stara

The objective of the study was to search and gather knowledge of used methods in foundation construction of municipal engineering. The purpose was also to study some of the materials which were used in this construction site and to find out reasons why and how to prevent groundwater movements.

The information was gathered mainly from literature and by interviewing geotechnical engineers. The rest of the data was examined by the writer.

Based on the findings lowering of the groundwater is recommended. Sometimes in construction it does not have effect at all and was not necessary. Lowering of the groundwater is recommended, if possible in advance, in order to increase safety and work progress.

Keywords: foundation, municipal engineering, groundwater, groundwater lowering

Sisältö

1 Johdanto	5
2 Rakennushanke	6
2.1 Rakennushankkeen yleistiedot	6
2.2 Rakennushankkeen tekniset vaatimukset	6
2.3 Mittaukset	6
2.4 Rakennushankkeen rajausta tähän opinnäytetyöhön	7
3 Pohjatutkimukset ja maaperä	7
3.1 Maaperä	7
3.2 Pohjatutkimukset	8
4 Suunnitelmat	8
4.1 Alkuperäiset suunnitelmat	8
4.2 Suunnitelmissa havaitut puutteet	11
4.3 Suunnitelmien muutokset	13
4.3.1 Paalulaatta 3	13
4.3.2 Paalulaatta 1	13
5 Pohjavesi	14
5.1 Pohjaveden muodostuminen	14
5.2 Pohjatutkimuksista arvioitu pohjaveden sijainti	15
5.3 Paineellinen pohjavesi	15
5.4 Pohjaveden mittaaminen	17
5.5 Mahdolliset pohjaveden ja pehmeikön aiheuttamat ongelmat	18
5.6 Pohjaveden alentaminen	20
5.6.1 Tyhjiömenetelmä	20
5.6.2 Pohjaveden alentaminen ja ympäristövaikutukset	24
5.7 Virtaussulku	25
5.8 Pohjaveden liikkeiden arviointi	25
6 Tuentamenetelmät	26
6.1 Teräsponttiseinä	26
6.2 Maamassojen keventäminen	28
7 Perusrakenteet	29
7.1 Teräsbetonipaalut	30
7.2 Teräspaalut	32
7.3 Teräsbetonilaatta	37
7.4 Kiviainesarina	38
8 Vesijohdot	38
9 Hulevesiviemärit	38
9.1 Tarkastus- ja hulevesikaivot	39
9.2 Hulevesiputket	39
10 Sää	39
11 Yhteenveto	41
Kuvat	43
Taulukot	43
Lähteet	44

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selventää ja koota vaativille pohjaolosuhteille rakennettavan kunnallistekniikan työvaiheita ja ongelmia sekä ymmärtää paineellisen pohjaveden syntymistä ja liikkeitä. Opinnäytetyön havainnot ovat tehty tapauskohtaisesti I.K. Inhanpolun rakentamishankkeessa. I.K. Inhanpolku on yhtenä osana isompaa Lallukantien alueen rakentamishanketta, joka muuttaa kunnallistekniikan uuden asemakaavan mukaiseksi.

Luvuissa 2. ja 3. käsitellään rakennushanketta ja sen suorittamista. Luvussa 3. käydään melko tarkasti läpi hankkeen suunnitelmia ja niiden muutoksia. Pohjatutkimuksia tarkastellaan kairaustuloksien ja Kiinteistöviraston geoteknisen osaston pohjarakennustoimiston lausuntojen perusteella. Pohjarakennustoimiston lausuntoja on käsitelty myös pohjavettä käsittelevässä luvussa, jossa myös selvitetään pohjaveden syntyä ja ominaisuuksia. Luvuissa 6. ja 7. käsitellään pohjarakentamista ja sen suorittamista työmaalla, jonka jälkeen käydään läpi rakennettavat vesihuoltojärjestelmät.

Lopuksi arvioidaan sään vaikutus työn suorittamisessa.

Työn tekeminen on suoritettu lähinnä työmaalla työskentelyn ohessa tehdyillä henkilökohtaisilla havainnoinneilla, henkilöhaastatteluilla ja kirjallisuuden avulla.

2 Rakennushanke

2.1 Rakennushankkeen yleistiedot

I.K. Inhanpolku on 4 m leveä kevyenliikenteen raitti, joka toimii osana alueellista kevyenliikenteen verkostoa. Rakennushanke sijaitsee Helsingin kaupungin 45. kaupunginosassa, Vartiokylässä, asemakaavan mukaisella suojaviheralueella. Työkohde rajoittuu lännessä Kehä I:n tiealueeseen ja idässä kortteliin 45585. Työkohde sijaitsee pääosin rakentamattomassa ympäristössä. Rakennushanke sisältää I.K. Inhanpolun ja siihen rakennettavan vesihuollon rakentamisen. (1.)

Rakennushankkeen päätilaaja on HKR/KPO eli Helsingin kaupungin rakennusviraston katu- ja puisto-osasto. Urakoitsijana on Helsingin kaupungin rakentamispalvelu eli Stara.

2.2 Rakennushankkeen tekniset vaatimukset

Hankkeessa noudatettavat tekniset vaatimukset ja kelpoisuudet on esitetty Rakennustieto Oy:n julkaisussa InfraRYL 2010 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa1 ja InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osat 2–4. Rakennusosien ja tuotanto-osien sisällöt on kuvattu Rakennustieto Oy:n julkaisussa Infra 2006 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje, versio 2.1. (1.)

Lisäksi on otettu huomioon seuraavat internetissä (www.RTS.fi/infraryl) julkaisut tarkennukset ja muutokset (1.):

- 1610 Maaleikkaukset määrämittaus 2-1 vahvistettu 21-8-07
- 1710 Kallioleikkaus määrämittaus 2-1 vahvistettu 21-8-07

2.3 Mittaukset

Suunnitelmat on laadittu Helsingin kaupungin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmään. Nykyisten hulevesiviemäreiden korkeusasemat perustuvat maastomittauksiin ja vanhoihin suunnitelmiin. Kadun mittalinjan sijainti on esitetty asemapiirustuksessa ja tyyppipoikkileikkauksissa. Kunnallistekniikan sijainti ja tunnuksot ovat esitetty asemapiirustuksessa. Rakennettavien viemärikaivojen sijainnit on

määritelty suunnitelmissa. Hulevesikaivojen sijainti perustuu viereiseen reunakivilinjaan. Ritiäkantisen hulevesikaivojen keskipiste on 0,40 metrin ja kitakantisten 0,5 metrin etäisyydellä reunakiven etureunasta. (1.)

2.4 Rakennushankkeen rajaus tähän opinnäytetyöhön

Tässä opinnäytetyössä on rakennushanke rajattu käsittelemään pääosin vesijohdon \varnothing 400 siirtämistä, hulevesiviemärin rakentamista ja erityisesti niihin liittyviä pohjatöitä. Käsiteltävä alue sijoittuu rakennushankkeen asemapiirustuksessa paaluille PL 130...270.

3 Pohjatutkimukset ja maaperä

Alueelta oli käytettävissä vanhoja pohjatutkimuksia, joista pääosa oli painokairauksia ja muutama siipikairaus. Rakennushanketta varten tutkimuksia täydennettiin puristinheijari-, siipi- ja porakonekairauksilla sekä näytteenotoilla. (1.)

3.1 Maaperä

Maanpinnan korkeusasema vaihtelee rakennushankkeen sisällä noin rajoissa +10...+17. Alueen pohjoisosa on pintamaaltaan hiekkaa, jonka alapuolella on noin 0...4,5 m paksuinen silttinen kerros. Alueen eteläosa, eli jonne paalulaatta rakennetaan, on savipehmeikköä. Saven paksuus on enimmillään noin 5,5 m. Savikerroksen päällä on etelässä silttikerro ja alueen keskiosassa hiekkaa noin 1...5 m paksuinen kerros. Savikerroksen alla on noin 0...11 m paksuinen siltti-kerros, jonka alapuolella on hiekkaa. Kairaukset on päätetty noin 12,5...20,5 m syvyydessä tasolla noin -12...-5. Tässä syvyydessä ei kairauksissa ole havaittu kalliota. (1.)

Savikerroksen vesipitoisuus on tutkituissa näytteissä ollut noin 51...107 %, silttikerroksissa 11...38 % ja hiekkakerroksissa 6...22 %. Pohjamaa on enimmäkseen routivaa. (1.)

Rakennushankkeen pohjoisosa on harju- ja kangasaluetta, jossa on melko tiheä kasvusto. Lallukantien alueen muilta työmailta, jotka sijaitsevat saman harjun

ympäristössä, on kallioperä havaittu melko korkealta ja paikoin on jopa avokalliota.

3.2 Pohjatutkimukset

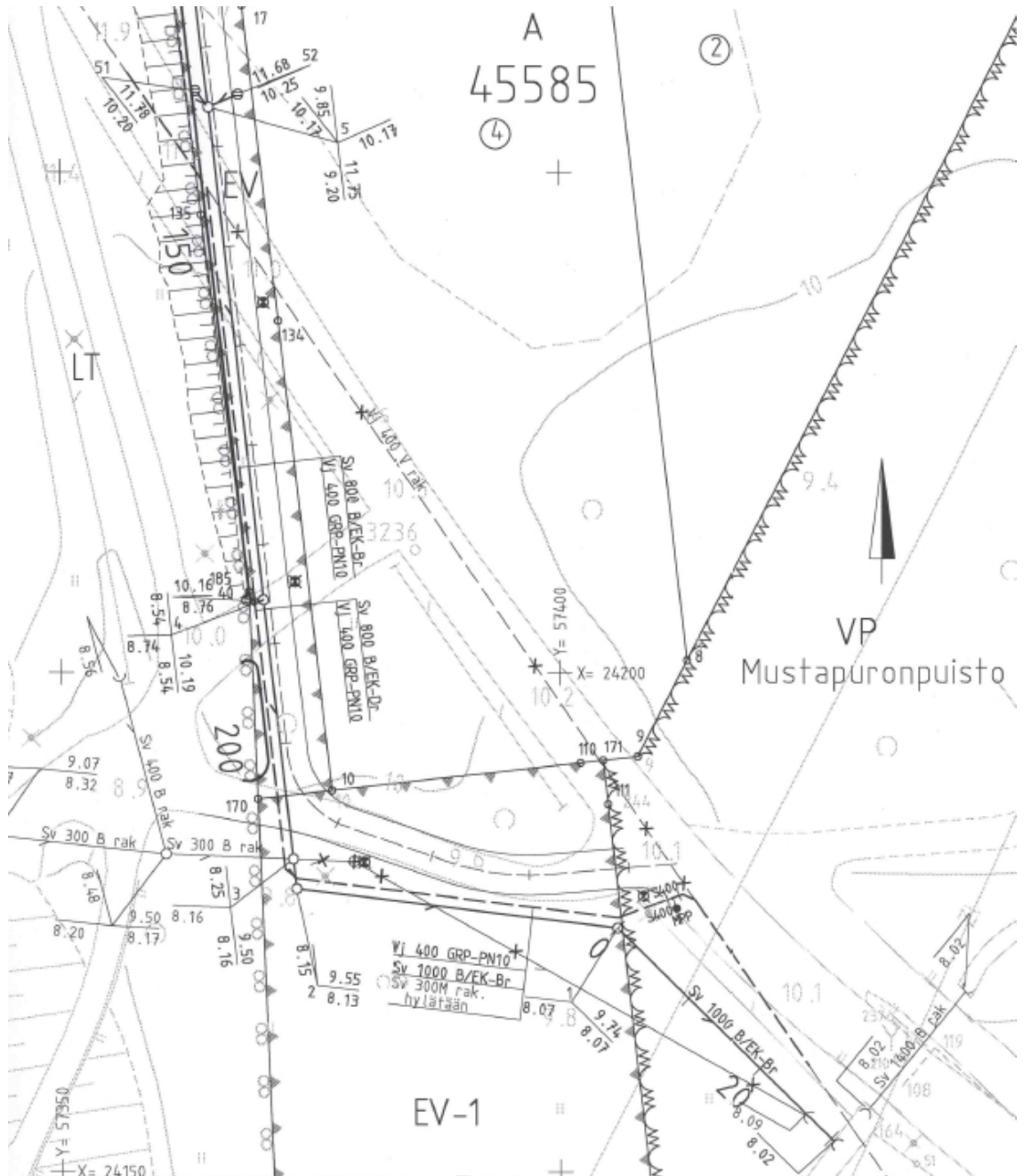
Pohjatutkimukset Staran rakennushankkeille suorittaa Helsingin rakentamispalvelun sisäinen Geopalvelu-yksikkö. Valittujen kairauksien sijainnit ja käytetty kairaustapa ovat esitetty liitteissä 1 ja 2. Pohjatutkimuksia käsitellään enemmän luvussa 5.2.

4 Suunnitelmat

Suunnitelmat I.K. Inhanpolulle on tehnyt Pöyry Finland Oy osana isompaa Lallukantien alueen rakennushanketta. Suunnitelmissa vesijohto \varnothing 400 ja hulevesiviemärit rakennetaan kiviainesarinan ja teräsbetonipaalulaatan päälle. Tässä luvussa käydään yksityiskohtaisesti läpi rakennushankkeen suunnitelmia ja niiden muutoksia.

4.1 Alkuperäiset suunnitelmat

Suunnitelmiin tehtiin muutoksia, kun saatiin selville rakennetun vesijohdon sijainti. Alkuperäiset suunnitelmat olivat tehty arviointiin perustuen. Suunnitelmissa vesijohto oli sijoitettu aivan vanhan kaukolämpöputkiston viereen ja samaan kulmaan (Kuva 1). Kuvassa olemassa oleva vesijohto menee tontin 45585/4 läpi vanhan kevyen liikenteen väylän suuntaisesti.



Kuva 1. Asemapiirustus, detalji 28.3.2011. (2.)

Paalulaatat sijoittuvat kuvaan siten, että paalulaatta 1 on noin paaluvälillä 130...215, paalulaatta 2 noin paaluvälillä 215...240 ja paalulaatta on kuvan mukaan paaluvälillä 0...30 (Kuva 2). Vesijohdon \varnothing 400 GRP-PN10 oli tarkoitus liittyä vanhaan vesijohtoon paalulaatan 2 ja 3 välisestä kulmasta ja jatkaa sen jälkeen paalulaatan 2 suuntaisesti paalulaatalle 1, josta se liittyy takaisin jo rakennettuun vesijohtoon.

Hulevesiviemärit suunniteltiin paalulaatoille 2 ja 3 1000 mm halkaisijaltaan olevalla betoniputkella ja paalulaatalla 1 yläjuoksulle päin jatketaan \varnothing 800 mm betoniputkella. Hulevesiviemärikaivoja paalulaatoilla on 8 kappaletta, joista 5 on tarkastuskaivoja ja 3 hulevesikaivoja. Lisäksi jo rakennettu \varnothing 300 mm sadevesiputki liitetään yhteen tarkastuskaivoon.

Suunnitelmissa teräsbetonipaalulaattojen raudoitukset on valmiiksi taivutettuja 16 ja 12 mm A500HW harjateräsrautoja. Teräksien jatkospituudeksi oli suunniteltu 1400 mm.

Suunniteltukäyttöikä paalulaatoille on 100 vuotta. Tähän käyttöikään päästään 95 %:n varmuudella (3, s. 29). Suunniteltuna betonilaatuna käytetään C35/45-2, R2.

Paalut suunniteltiin tukipaaluiksi ja niiden katkaisu suunniteltiin siten, että 50 mm paalusta jää teräsbetonilaatan sisään. Paalulaatat on mitoitettu kevyenliikenteen väylän kuormituksille.

Paalulaatta 3 sijaitsee hulevesiviemärin viimeisellä osalla, jossa viemäri laskee Mustapuroon tehtaalla valmiiksi viistetyllä \varnothing 1000 B/EK-Br putkella. Laatan pituus on noin 30 metriä ja leveys 3,0 m. Paaluina käytetään teräsputkipaaluja RR140/10 ja paalutusluokka on II. Paalut varustettiin paaluhatuilla ja maakärjillä. Teräsputkipaaluja oli suunniteltu paalulaatta 3:een yhteensä 26 kappaletta. Teräsputkipaaluja käytettiin, koska paalulaatta 3 sijaitsi kokonaan 110 kV voimajohtolinjan alapuolella. Turvaetäisyys voimajohtolinjalle oli 5 metriä (4). Laatan alle jäävä vanha muovinen hulevesiputki poistetaan.

Paalulaattojen 2 ja 3 väliin oli suunniteltu ylimääräinen lyhyt paalulaatta, jonka tarkoitus oli olla pohjarakenteena vanhan vesijohdon ja uuden vesijohdon liitokselle. Suunnitelmissa käytettiin samoja materiaaleja kuin paalulaatalla 3. Laattojen 2 ja 3 kulmassa on muista suunnitelmista poikkeava raudoitus.

Paalulaatta 2 sijaitsee olemassa olevan kevyen liikenteen väylän suuntaisesti. Teräsbetonipaalulaatta toimii pohjarakenteena vesijohdolle \varnothing 400 GRP-PN10 ja hulevesiviemärille \varnothing 1000 B/EK-Br. Laatan pituus on 27,1 m ja leveys 3,6 m. Paaluina käytettiin kahta teräsputkipaaluja RR140/10 ja 20 teräsbetonipaaluja

250x250 mm² sekä paalutusluokkaa II. Teräspaalut lyötiin paalulaatan itäpään laatan 2 ja 3 välisen liikuntasauaman viereen. Teräspaaluja käytettiin samasta syystä kuin paalulaatassa 3 eli 110 kV voimajohtolinjan turvaetäisyyden takia. Paalut varustettiin paaluhatuilla ja maakärjillä. Laatan alle ja viereen jäävä hulevesiviemäri poistettiin. Teräsbetonipaalulaatan länsipäässä on myös liikuntasauama.

Paalulaatta 1 sijaitsee paalulaatan 2 länsipäästä etelä-pohjoissuuntaan kohti pohjoista. Teräsbetonipaalulaatta toimii pohjarakenteena vesijohdolle ø 400 GRP-PN10 ja hulevesiviemäriksi ø 800 B/EK-Dr. Laatan pituus on 70,0 m ja leveys 5,5 m. Lisäksi rakennettavana on paalulaatan 1 ja 2 kulmalaatta, hulevesiviemäriksi tarkoitettu jatkolaatta sekä laatan lopettava teräsbetonilaatta siirtymärakenne. Paaluina käytetään teräspuutkipaaluja RR140/10 ja teräsbetonipaaluja 250x250 mm² sekä paalutusluokkaa II.

Laattojen 1 ja 2 välisessä kulmassa on 2 liikuntasaumaa ja muista teräsbetonilaatan suunnitelmista poikkeava raudoitus. Suoralla laatalle liikuntasaumoja on 3. Ensimmäinen 23,2 m päästä kulmalaatan liikuntasauhasta, seuraava 24 m päässä ja suoran laatan lopettava kolmas sauma on 22,83 m päässä.

Laatan pohjoispäässä on suunnitelmista poikkeava raudoitus ja laatta on epäsymmetrinen. Paalulaatta kaventuu 2,5 metriin viimeisellä osiolla ennen siirtymärakennetta, jolla ei ole ollenkaan paaluja. Paalulaatalla on teräsbetonipaaluja 103 kappaletta ja teräspuutkipaaluja 25 kappaletta. Teräspuutkipaalut on varustettu paaluhatuilla ja maakärjillä. Teräspuutkipaaluja käytettiin paalulaatta 1:ssä, koska rakennettu vesijohto ø 400 on paalujen välissä. Kulmalaatan alle jäävät hulevesiputki ja kaivo poistetaan.

4.2 Suunnitelmissa havaitut puutteet

Vesijohdon siirtämistä varten tehdyt suunnitelmat olivat tehty johtokartan osoittaman arvion mukaan. Vesijohto kaivettiin esille paaluttajia varten, että he voivat lyödä paalut turvallisesti ja vesijohtoa rikkomatta. Vesijohto sijaitsi noin 4 metriä etelämpänä ja oli hieman loivemmassa kulmassa pohjois-eteläsuunnassa kuin suunnitelmiin oli piirretty (Kuva 2).

4.3 Suunnitelmien muutokset

Vesijohdon sijainnin epävarmuudesta johtuen muutokset suunnitelmiin tehtiin vasta, kun rakennettava osio oli jo rakennettu. Uusien suunnitelmien odottaminen olisi myöhästyttänyt työmaan aikataulua liian paljon.

4.3.1 Paalulaatta 3

Tontille 45585/4 rakennettu \varnothing 400 vesijohto oli suunnitelmista poiketen paljon lähempänä suunniteltua paalulaattaa 3. Näin ollen viimeisiä teräspaaluja paalulaatalle 3 ei voitu lyödä. Tämän vuoksi yhdessä pääsuunnittelijan kanssa päätettiin lyhentää laattaa noin 10 m ja jättää 10 viimeistä paalua lyömättä. Laatan leveyttä kasvatettiin 300 mm molemmilta puolilta, joten laatan uusi leveys oli 3600 mm.

Hulevesiviemärin loppuosa rakennettaisiin muuten samoin kuin alkuperäisissä suunnitelmissa, mutta viimeiset noin 10 m toteutettaisiin avo-ojana. Vesijohto liittyy paalulaatalle jo sen päästä, ja se kulkisi hulevesiviemärin rinnalla aivan kuin paalulaatalla 2. Näin ollen paalulaattojen 2 ja 3 välissä oleva lisäosa jää pois.

Vanhan ja uuden vesijohdon liitosta varten tehdään teräsbetonipanta asennusta varten ja myöhemmin teräsbetoninen kulmatuki. Paalulaatan korkeus laskettiin vesijohdon tasolle, joten kiviainesarina hulevesiviemärille on uusissa suunnitelmissa hieman paksumpi.

4.3.2 Paalulaatta 1

Tontille 45585/4 rakennettu \varnothing 400 vesijohto oli suunnitelmista poiketen paljon etelämpänä. Rakennettu vesijohto olisi jäänyt monen paalun alle ja koska paaluttajat olivat jo lyöneet joitain teräspaaluja ennen kuin uudet suunnitelmat saatiin työmaan käyttöön. Teräspaalujen määrä kasvoi 25 suunnitellusta 34 kappaaleeseen ja teräsbetonipaaluja lyötiin 94 kappaletta.

5 Pohjavesi

Pohjaveden mittauspisteitä rakennushankkeen lähetyvillä on 4 kappaletta. Pohjavedenpinta on alueen pohjoisosassa noin 1,5...2 metrin syvyydessä, eteläosassa pohjavesi on paineellista. Ylimmät mitatut pohjaveden pinnat ovat yli 0,8 m maanpinnan yläpuolella. Pohjavedenpinnan havaintoputkien tuloksia on esitetty liitteissä 1 ja 2. (1.)

5.1 Pohjaveden muodostuminen

Veden kiertokulkuun maapallolla kuuluu olennaisena osana pohjavesi. Vesi imeytyy maa- ja kallioperän pinnan läpi maanpinnalle tulleesta sadannasta ja pintavesistä sekä mahdollisesti kastelun tai tekopohjaveden muodostamisen ansiosta. Lopulta pohjavedet suotautuvat vesistöihin tai nousevat takaisin maa-vesikerrokseen. (8, s. 15.)

Maavesivyöhykkeen veden määrä riippuu pääosin maan raekoostumuksesta, tiiveydestä ja vesipitoisuudesta. Maavesivyöhykkeestä pohjavedeksi suotautuvan sadannan suhdetta kutsutaan imeytymiskertoimeksi, joka ilmaistaan usein myös prosenttilukuna. (8, s. 24.)

I.K. Inhanpolun pohjatutkimukset osoittavat, että harjun päällä oleva hiekkakerros jää savi- ja silttikerrosten alle. Tämä on yleistä rannikkoseudulla, ja mahdollisesti harjun reunaosien sisälle on muodostunut savikiiloja. Harju- ja kangasalueilla sadannasta muuttuu pohjavedeksi 30...60 % ja jopa enemmänkin. Tämä lisää hiekan imeytymiskerrointa joka on melko matala, sadannasta vain 10...30 % päätyy pohjavedeksi. Savimaat saattavat sisältää paljon vettä, kuten pohjatutkimukset osoittaa, mutta sen vedenjohtavuus on erittäin pieni. Tästä syystä arvioidaan, että savimailla sadannasta muodostuu pohjavedeksi 0...10 %. (8, s. 25, 26.)

Rannikkoalueelle muodostuu hienorakeisista maalajeista koostuvia kerroksia, jotka ovat muodostuneet Itämeren entisille rannoille. Näissä kerrostumissa voi pohjavesi olla salpavettä eli paineenalaista (Kuva 7). (8, s. 27.)

5.2 Pohjatutkimuksista arvioitu pohjaveden sijainti

Pohjatutkimuksia oli alueella suoritettu useita kymmeniä, joiden perusteella arviot maaperästä ja pohjavedestä ovat tehty. Liitteisiin 1 & 2 on poimittu I.K. Inhanpolkua mukailevat pohjatutkimukset.

Alueen pohjoisosassa on pohjaveden arvioitu olevan hiekka- ja sorakerrosten alapuolella. Etelän suuntaan liikuttaessa siltin ja saven esiintyminen lisääntyy. Saven ja siltin kerrokset ovat tasaisen hiekkakerroksen päällä, joka löytyy kaikista valituista kairaustuloksista paitsi kairauksesta 12, jossa tämä kerros on silttiä.

Pohjoisosan pohjavedenpinnan havaintoputkista on mitattu pohjavedenpinnan korkeudeksi lähes sama korkeus, josta löytyy kapea savikerros. Näiden perusteella pohjavedenpinta on arvioitu samaan korkeuteen muissakin kairaustuloksissa. Näin voidaan olettaa, että pohjavesi on tämän savikerroksen alapuolella tai sen sisällä. Oletusta vahventaa painokairaus ja pohjavedenpinnan havaintoputki numero 9, jossa pohjavedenpinta on mitattu korkeammalle kuin maanpintaa. Havaintoputki tai kairaus on rikkonut savikerroksen ja vesi on päässyt purkautumaan maanpinnalle.

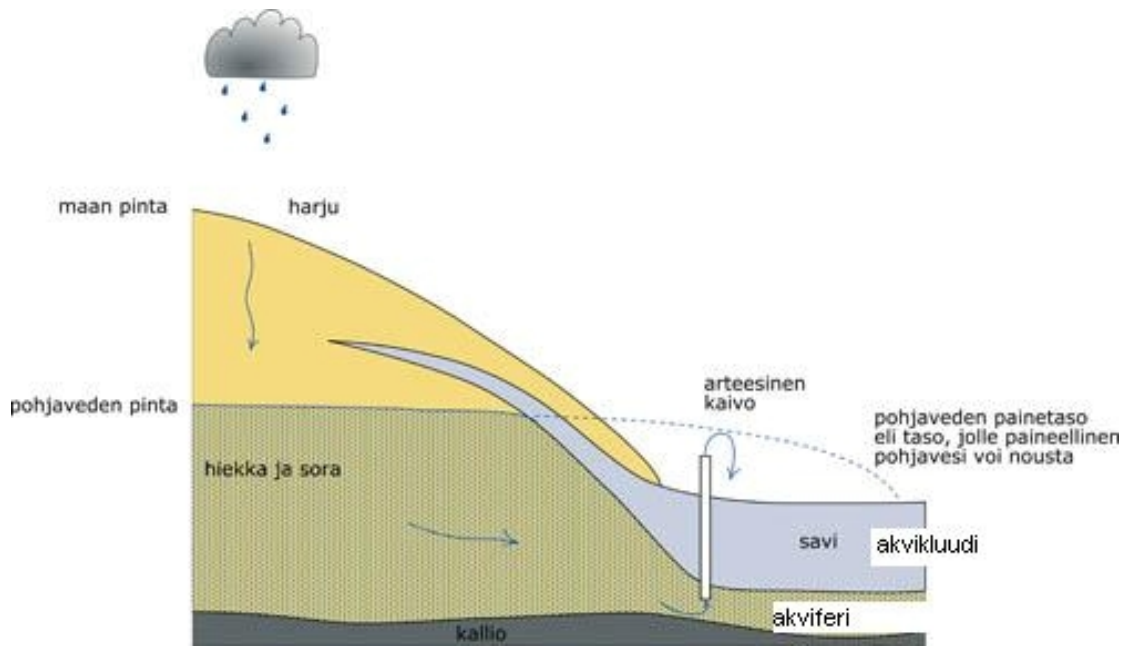
5.3 Paineellinen pohjavesi

Hydraulisesti yhtenäisiä muodostumia kutsutaan akvifereiksi. Ne sisältävät pohjavettä ja vettä hyvin johtavia geologisia muodostumia. Sana akviferi on peräisin latinankielestä (aqua = vesi, ferre = kantaa). (8, s. 47.)

Akviferit

Akviferit voidaan jakaa kahteen pääryhmään .

Vapaan akviferin vedenpinta ei rajoitu vettä läpäisemättömään maakerrokseen. Vapaan akviferin sisältämää vettä kutsutaan vapaaksi pohjavedeksi. Paine on vedenpinnassa ilmakehän paineen suuruinen. Jos vapaan akviferin yläpuolelle kerrostuu ohut vettä läpäisemätön maakerros, sen päälle kerääntyvä vapaa pohjavesi on orsivettä. Vapaan akviferin alapuolella on vettä läpäisemätön pohja, esimerkiksi kallio tai savikerros eli akvikluudi. (8, s. 48.)



Kuva 3. Paineellinen pohjavesi ja pohjaveden korkeus (9.)

Paineellinen akviferi rajoittuu ylä- ja alapuolelta vettä läpäisemättömään maakerrokseen eli akvikluudiin. Paineellisen akviferin pohjavesi on salpavettä. Vedenpaine on paineellisen akviferin yläpinnassa ilmakehän painetta suurempi. Kun akvikluudin läpi lyödään havaintoputki, vedenpinta nousee kerroksen yläpuolelle paineellisen akviferin paine- eli pietsometriselle tasolle. Jos pietsometrisen taso nousee maanpinnan yläpuolelle, akviferia ja sen vettä kutsutaan arteesiseksi (Kuva 3). (8, s. 48.)



Kuva 4. Siltti ja hiekka nousivat kaivannon pohjalle pohjaveden mukana.

Arteesinen vesi nousi työmaalla maanpinnalle monella eri tavalla. Sitä havaittiin lähteinä kaivannon pohjalla pieninä siltti ja hiekka kukkuloina (Kuva 4). Työmaan edetessä vesi nousi akvikluudin rikkouduttua myös teräspontin kylkeä pitkin (Kuva 5).

5.4 Pohjaveden mittaaminen

Kiinteistöviraston geoteknisen osaston pohjarakennustoimiston pohjavesimittaukset suoritettiin niin sanotulla avoimella järjestelmällä. Kohteessa käytettiin halkaisijaltaan 32 mm:n rautaputkia, jotka ovat varustettu siiviläkärjillä. Tämä suodattava siivilä mahdollistaa veden pääsyn putkeen ilman, että se olisi täynnä maa-aineksia. Vesi asettuu putkeen pohjaveden painetaso korkeudelle. Siivilää lukuun ottamatta putken alapää on tulpattu. (10.)

Pohjavedenpinnan mittaus suoritetaan manuaalisesti sähköisellä kosketusmittarilla. Mittauksessa mittanauhassa kiinni oleva mittausanturi lasketaan putkeen, ja vettä koskettaessa mittari antaa merkkiään. Mittaustulokset kirjataan ylös ja tuloksia verrataan putken yläpään korkeustasoon, josta voidaan laskea poh-

javedenpinnan taso. Mittauksia suoritetaan kerran kuukaudessa, ja niitä suoritetaan rakentamisen aikana sekä tarvittaessa kauemmin. (10.)

5.5 Mahdolliset pohjaveden ja pehmeikön aiheuttamat ongelmat

Kiinteistöviraston geotekninen osaston pohjarakennustoimisto suoritti rakennushankkeen pohjavesimittauksen lisäksi myös maaperän arvioinnin.

Pohjarakennustoimiston mukaan alueen eteläosassa pohjavesi liikkuu huonosti vettä johtavien maakerrosten alla. Savikerros estää veden purkautumisen maanpinnalle. Kerroksen rikkouduttua vesi nousee kohti maanpintaa, kuten esimerkiksi pontituksen seurauksena. (Kuva 5).



Kuva 5. Pohjavesi nousee teräspontin kylkeä pitkin.

Tutkimusten mukaan paineellinen pohjavesi voi purkautua paalutuksen yhteydessä ja mahdolliset pysyvät vuodot tulisi estää esimerkiksi bentoniitilla.

Pohjaveden korkeus hankaloittaa myös putkijohtokaivantojen toteuttamista. Kaivutason lähestyessä hyvin vettä johtavaa kerrosta voi vedenpaine aiheuttaa kaivannon pohjan hydraulisen murtumisen. Hydraulisen murtumisen välttämi-

seksi on noudatettava Liikennevirasto määräämää ohjetta Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet.

Jos hydraulisen murtumavaaran aiheuttavan pohjavesipinnan korkeutta tarkkailaan, kokonaisvarmuuden murtumaa vastaan on oltava vähintään 1,2. Jos pohjavesipinnan korkeutta ei tarkkailla, kokonaisvarmuuden on vastaavasti oltava vähintään 1,5. (11.)

Maaleikkauksen suunnittelussa noudatetaan ohjeita Geotekniset laskelmat TIEL 2180002 ja Pehmeikölle rakennettavien tieleikkausten geotekniset laskelmat (11).

Pohjarakennustoimiston mukaan maan häiriintymisherkkyys silttipitoisilla mailla voi veden ja kaivu- tai tiivistystyön seurauksena aiheuttaa maaperän häiriintymistä. Silttinen maa menettää silloin kantavuutensa ja täytyy tehdä massanvaihto. Kaivannosta aiheutunut maan keveneminen näkyi paalujen tunkeutumisena väliaikaisen kevyen liikenteen väylän maakerrosten läpi (Kuva 6).



Kuva 6. Paalu tunkeutui väliaikaisen tierakenteen läpi.

Pohjavettä alentamalla pyritään vähentämään mahdollisia ongelmia rakennuskohteessa asentamalla niin sanottu imuputkisto. Pohjarakennustoimisto kieltää pohjaveden pysyvän alentamisen, koska se heikentää maahan kohdistuvaa nostetta ja aiheuttaa maalle lisäkuormaa, joka aiheuttaa painumia.

Putkijohtokaivannossa käytetään hyvin vettä johtavia kiviaineksia, muun muassa kiviainesarinassa ja alkutäytössä, jotka lisäävät pohjaveden virtauksia. Se voi myös aiheuttaa pysyvän pohjaveden alenemisen. Tässä kohteessa siihen on varauduttu suunnittelemalla kaivantoon 50 metrin välein virtaussulku. Virtaussulusta lisää luvussa 5.7.

5.6 Pohjaveden alentaminen

Pohjaveden alentaminen tehdään olosuhteiden vaatimalla kalustolla (10). Vaadittava pohjaveden alennussyvyys on I.K. Inhanpolun rakennushankkeessa suunniteltu pituusleikkaukseen ja imuputkisto täytyy asentaa koko opinnäyte-työhön rajattuun alueeseen.

5.6.1 Tyhjiömenetelmä

I.K. Inhanpolulla pohjaveden alentamisessa käytettiin tyhjiömenetelmää, koska menetelmää käytetään hienorakeisissa maalajeissa kuten siltissä tai silttimoreenissa, joiden vedenläpäisevyyskerroin on $k = 10^{-7} \dots 10^{-5}$ m/s. (12.)



Kuva 7. Imuputken asennus.



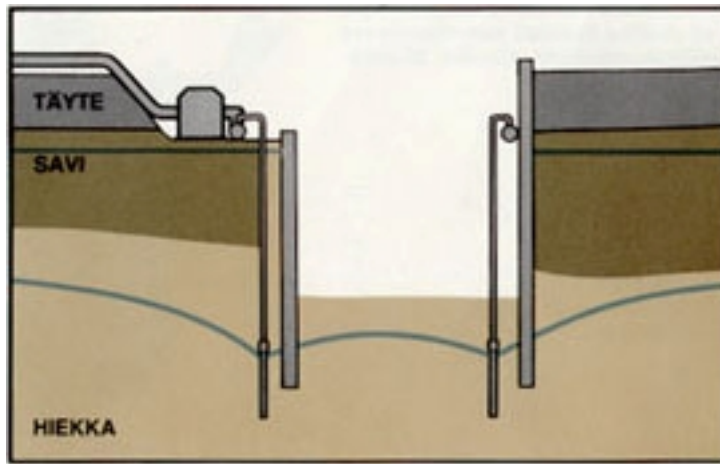
Kuva 8. Vesihuuhteluun tarvittava allas ja pumppu.

Menetelmässä maahan upotetaan vesihuuhtelulla kärjestään noin metrin matkalta rei'itettyjä siiviläputkia (Kuva 9). Vesihuuhtelu toteutettiin dieselmoottorisella pumpulla ja pumpattava vesi otettiin koottavasta altaasta (Kuva 8). Suojaputkea ei käytetä asennettaessa. Alaspainettaessa putken huuhtelu muodostaa noin 250...300 mm reiän. Huuhtoutuva maa-aines nousee maanpinnalle. Muodostunut reikä täytetään putken ympäriltä suodatinhiekalla (Kuva 7). (12 s. 120.)



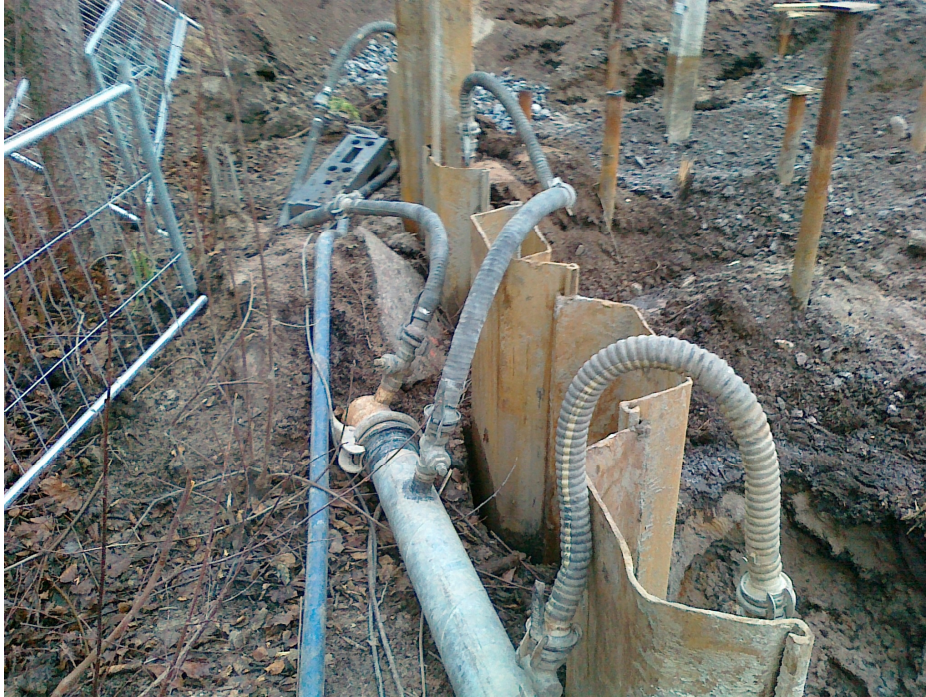
Kuva 9. Imuputkiston suodatinosa.

I.K. Inhanpolun pohjaveden alennuksen teki aliurakoitsijana toiminut PVA-Palvelu Oy.



Kuva 10. Siiviläkärkiputkia tuetun kaivannon sisä- ja ulkopuolella. (13.)

Pohjaveden alennus suoritettiin siten, että kavetun alueen ympärille upotettiin 7 metriä pitkiä imukärkiä noin metrin välein. Imukärjet asennettiin vesihuuhtelulla. Imukärkien suodatinosa asennettiin kaivutason alapuolelle vettä johtavaan kerrokseen (Kuva 10). Imuputkien suodatinkärjissä käytettiin tiheäsilmäistä metalliverkkoa, jolloin imukärjen vapaa pinta-ala on noin 40 % (Kuva 9). Tästä huolimatta verkon läpäisevät kiintoainesrakeet jäivät hyvin pieniksi. Tämä oli ainakin tavoite, mutta vaihtoehtoisesti pyrittiin löytämään haittaava pohjavesi kertymä. (13.)



Kuva 11. Liitosputkia ja runkoputken pää.

Imukärkien nousuputket yhdistettiin liitosletkuilla runkoputkeen (Kuva 11). Jokaisessa liitosletkussa on oma venttiili, jolla imukärki voidaan kytkeä pois käytöstä tai säätää sen imutehoa. Runkoputki liitetään imupumppuun, jossa on alipainepumppu ja veden poistava vesipumppu (Kuva 13). Imuputkia oli enimmillään käytössä yhtä aikaan 19 kappaletta (Kuva 12). (13.)



Kuva 12. Imuputkia tarvittiin vaikeissa paikoissa monta kappaletta.

Alipainepumpun teoreettisen alipaineen ollessa 0,8...0,9 baaria voidaan pohjavedenpintaa tai sen painetasoa kuitenkin alentaa vain 6 metriä imupumpun korkeustason alapuolelle. (13.)



Kuva 13. Imupumppu, Hüdig Elektro

Pohjaveden alennusputkisto oli työmaalla käytössä heti sen alkamisesta lähtien elokuussa. Mustapuron vierestä lähtenyt urakka ei välttämättä olisi tarvinnut aivan alusta lähtien pohjaveden alennusta, koska pohjaveden määrä oli vähäistä. Pintavesi oli ongelma Mustapuron vieressä. Silloin imuputkistoa käytettiin myös kaivannon tyhjentämiseen sadevedestä..

5.6.2 Pohjaveden alentaminen ja ympäristövaikutukset

Pohjaveden alentamisjärjestelmä asennetaan kokeneen asiantuntijan toimesta. Alentamisjärjestelmän toimivuus on varmistettava, koska hydraulisen murtumisen vaara on olemassa. (12, s. 121.)

Pohjaveden asentaminen on suunniteltava ja toteutettava ympäristöä vahingoittamatta. Kaivannon ulkopuolista pohjaveden alennusta varten on selvitettävä, onko alentaminen luvanvaraista. Suunnitelmissa on arvioitava mahdollinen painumasta johtuva vaurioriski. (12, s. 121)

5.7 Virtaussulku

I.K. Inhanpolulla maaperä on pääosin savea ja silttiä. Näin ollen virtaussulku tehtiin savesta ja sen tekemiseen käytettiin kaivumassoja. Virtaussulku rakennettiin suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti 50 metrin välein. Virtaussulku tehdään noin metrin pituisista suluista jotka ovat vedenläpäisevyydeltään samanarvoisia kuin ympäröivä maaperä. Sulun tarkoitus on estää vesien liikkuminen teräsbetoni-laatan alapuolella sekä estää maan häiriintyminen ja hydraulinen murtuma. (14, s. 294.)

5.8 Pohjaveden liikkeiden arviointi

Pohjaveden liikkeitä ei voida kuin arvioida. Tässäkin rakennushankkeessa pohjaveden alennusta suoritettiin jatkuvasti rakentamisen aikana vaikka se ei olisi ollut tarpeellista, koska pohjaveden pinta oli matalalla. Paikoin taas rakentamista ei voitu turvallisesti jatkaa ennen putkiston uudelleen asennusta ja putkien lisäämistä.

Pohjavedenpinnan korkeus nousee ja laskee sadannan ja haihdunnan vaihtelun mukaan. Vapaan ja rajatun pohjaveden pietsometrinen taso ilmoittavat ilmähän paineen korkeusaseman akviferissa. Täten kaikki pohjaveteen kohdistuvat paineen muutokset vaikuttavat myös pohjaveden korkeuteen. Läheiset pintavedet saattavat vaikuttaa myös vaikuttaa pohjavedenpinnan korkeuteen. Ihminen aiheuttaa pohjavedenpinnan muutoksia muun muassa rakentamisen, vedenoton ja liikenteen johdosta. (8, s. 51.)

Lyhytaikaiset vaihtelut pohjavedenpintaan ovat joko välittömiä tai välillisiä. Välittömiä muutoksia ovat rankkasateet ja pintaveden muutokset ja välillisesti vaikuttavat ilmanpaine ja liikenteen kuormitus. (8, s. 51.)

Pohjavedenpinnan luonnolliset vuosivaihtelut johtuvat sadannan ja haihdunnan muutoksista. Imeytyminen on kuitenkin hidasta ja muutoksissa on aikaviipymä, jonka pituus voi olla tunneista kuukausiin. Aikaviipymään vaikuttavat maan vesipitoisuus, maan vedenjohtavuus, pohjavedenpinnan korkeusasema sekä pohjavesialtaan muoto ja pituus. (8, s. 51.)

6 Tuentamenetelmät

Kaivannon tuenta tehdään käyttämällä teräspontteja ja teräskehikoita. Ponttiseinät olivat vain työnaikaisia rakenteita. Ponttiseinä rakennettiin paalutuksen jälkeen. Työmaan edetessä käytössä olevia pontteja siirrettiin uudelle paikalle, kun ne oli turvallista ottaa käyttöön. Tarkoittaen, että arinarakenteet, vesijohdot, hulevesi-kaivot ja –putket olisivat ympäristäytön kanssa rakennettu valmiiksi.

6.1 Teräsponttiseinä

Teräspontteina käytettiin Larsen 603 U-profiilipontteja, jotka olivat pituudeltaan 9 ja 12 metrisiä. Lyhyempää ponttiseinää käytettiin 110 kV voimalinjan alapuolella turvallisuussyistä. Pontit olivat hyötyleveydeltään 0,6 m, ja ne asennettiin vastakkain, jotta saatiin seinästä aaltoileva (Kuva 14).



Kuva 14. Asennettua ponttiseinää.

Ponttiseinät tuettiin ponttiseinän suuntaisesti HE280A (teräs S355J2) teräspalkkeilla ja ponttiseinien välissä käytettiin HEB300 (teräs S355J2) teräspalkkeja 6 metrin välein. Suunnitelmissa suositeltiin käytettävän vaakatukena HEA260 (teräs S355J2) teräspalkkeja 4 m välein ja käyttäen kahta vaakatukea, joista alempi poistetaan laatan valamisen ja asennusalustan tekemisen jälkeen.



Kuva 15. Teräskehikoiden osia.

Pontitusurakoitsijan oli kuitenkin helpompi käyttää toteutettua vaihtoehtoa materiaaleina, ja työteknisesti alempi vaakatuki on epäkäytännöllinen ratkaisu. Teräspalkkien muodostamat kulmat olivat suunnitelmien mukaan tuettu jäykistelyllä, jotka oli korvattu omilla kulmakappaleilla (Kuva 15). Nämä osat muodostivat niin sanotun kehikon. Kehikot oli varmistettu ketjuilla ponttiseinien päähän.

Teräsponttiseinien asentaminen

Teräspontit asennettiin maahan täryjunttaa käyttämällä. Juntta oli kiinnitetty tavalliseen telakaivinkoneeseen. Täryttämistä käytettiin, koska se on tehokkain ja tarkin tapa ponttien maahan upottamiseen. Pontitusurakoitsijalla oli laitteisto ja kokemusta kyseisestä menetelmästä (Kuva 16). (15, s. 61.)



Kuva 16. Täryjunta.

Täryttämässä pontin ja maan välinen kitka pienenee, jolloin pontti saadaan tunkeutumaan haluttuun syvyyteen pienellä voimalla. Juntien täryttämistäajuden täytyy olla säädettävissä, jotta voidaan välttää ympäristön kanssa resonointi. (15, s. 61.)

6.2 Maamassojen keventäminen

Putkijohtokaivanto tehdään siis teräsponttiseinän sisälle. Kaivannosta nostettava maamassa keventää maan- ja pohjavedenpainetta, jotka pitävät ympärillä olevat maamassat ja rakenteet paikoillaan. Tämä toimii myös toisinpäin eli putkijohtokaivannon viereiset maamassa nostavat kaivannon pohjaa ylös.

Kaivamisesta johtuvat maamassojen liikkeet aiheuttivat maan halkeilua ponttiseinän tuntumassa ja jopa muutamien metrien päässä kaivannosta sekä putkijohtokaivannon alustäytön korkeus muuttui joitain senttejä työpäivän aikana.



Kuva 17. Kevyen liikenteen väylä halkeilee

I.K. Inhanpolun työmaan aloituspaikasta eli Mustapuron vierestä jouduimme keventämään ympäröivän maan aiheuttamaa painetta putkijohtokaivantoon. Halkeilua oli jopa nähtävissä työmaan vieressä olevalla kevyen liikenteen väylällä (Kuva 17).

7 Perustusrakenteet

Maaperä on pääosin koheesiomaata eikä pohjatutkimuksissa ole löydetty kalliota. Näin ollen putkitusten ja kaivojen arinarakenteet perustetaan teräsbetonipaalulaatalle, jossa käytetään teräs- ja teräsbetonipaaluja. Paalujen rasitusluokaksi oli suunniteltu XC2. Paalut mitoitettiin ja valmistettiin Lyöntipaalutusohje LPO-2005 mukaan paalutusluokkaan II.

Paalutuksessa noudatettiin seuraavia ohjeita (2.):

- Lyöntipaalutusohje LPO-2005
- Pienpaalutusohje PPO-2007

- InfraRYL 2010, Osa 1 Väylät ja alueet
- InfraRYL 2006, Osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat
- InfraRYL 2006, Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat
- Infra 2006 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, määrämittausohje sekä päivitykset 26.3.2010 saakka.

Paalutuksissa sallittu poikkeamat (2.):

- Teräspaaluista 10 %:lle tulee suorittaa PDA-mittaus (paalulaatta 1 vähintään 3 kpl).
- Yksittäinen paalun sijainti vaakasuunnassa katkaisutasossa +/- 100 mm.
- Paalujen yläpään katkaisutaso +10/-50 mm
- Paalun kaltevuuspoikkeama +/- 0,04

Paaluttaminen suoritettiin työmaalla ennen muita työvaiheita. Raivaus ja työmaan rajaaminen muilta alueen käyttäjiltä olivat tehty aikaisemmin.

7.1 Teräsbetonipaalut

Teräsbetonipaalujen materiaalit osoitetaan standardien hyväksymäksi CE-merkinnällä tai ne voidaan hyväksyttää asianomaisen ministeriön tuotehyväksynnällä taikka rakennuspaikkakohtaisilla kokeilla. Betonin valmistuksessa, lujuusvaatimuksissa ja kelpoisuuden toteamisessa noudatetaan RakMK:n osaa B4 ja Betoninormeja (BY 50) sekä standardeja SFS-EN 206-1 ja SFS-EN 12794. (14, s. 49.)

Paalun geotekninen kantavuus määritetään Lyöntipaalutusohje LPO-2005 ohjeiden mukaisesti siten, että paalua tukeva maapohja kestää sille siirtyvät paalukuormat niin, että paalun siirtymät pysyvät rakenteen sietämissä rajoissa. Geotekninen kantavuus määritetään pohjasuhteiden ja paalutustyön vaatimusten mukaan. (16, s.50.)



Kuva 18. Teräsbetonipaaluja.

I.K. Inhanpolulla käytettiin 250x250 mm maakärjillä varustettuja teräsbetonipaaluja (Kuva 18). Asennussyvyyteen lyötyjä paaluja jatkokappaleineen lyötiin rakennushankkeessa 123 kappaletta. Työmaalla käytettiin muun muassa 15 ja 7 metrin kokoisia paaluja, jotka tarvittaessa yhdistettiin toisiinsa teräskiiloilla. Paalutusväli oli laskennallisesti todettu 2,6 metriin, mutta paalut lyötiin enintään 2 metrin välein. Paalut toimivat tukipaaluina ja niiden geotekninen kantavuus on 437 kN, josta hyödynnettiin 74,346 % (käyttöaste). (17.)



Kuva 19. Lyöntipaalutuskone Junttan.

Paalut asennettiin Junttan lyöntipaalutuskoneella (Kuva 19). Paalutuksen suoritti Kantolan Paalutus Oy.

7.2 Teräspaalut

Teräspaalujen kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä tai asianomaisen ministeriön tuotehyväksynnällä tai rakennuspaikkakohtaisilla kokeilla. Teräspaalujen materiaalien täytyy olla standardin SFS-EN 10025-2 vaatimusten mukaisia. (14, s. 54.)

RR-paalujen mitoituksessa on otettava huomioon ainakin geotekninen kestävyys, paalun rakenteellinen kestävyys (muun muassa poikkileikkauksen taivu-

tusmurtokestävyys ja paalun nurjahduskestävyys), siirtymät ja pitkäaikaiskestävyys. Rakennushankkeen teräspaalut ovat tukipaaluja ja niiden laskennallinen käyttöaste on 75,643 % (17; 18.)



Kuva 20. Paaluhatuilla varustettuja RR-paaluja.

I.K. Inhanpolulla käytettiin Rautaruukki Oyj:n valmistamia RR140/10-paaluja (Kuva 20). Kylmämuovatus RR-paaluputket tehdään kuumavalssatusta teräsnauhasta pituussaumahitsaamalla ja niiden teräslaji on S440J2H. Laskennoissa on käytetty korroosiovarana 2 mm 100 vuodessa. Korroosiovara tarkoittaa teräspaalun seinämien paksuuden kasvattamista siten, että paalu on arvioidun käyttöiän ja tavoiteiän aikana tarpeeksi luja kantamaan rakenteelle suunnitellut kuormat. Tarvittava korroosiovara määritellään maapohjan korroosio ominaisuuksista ja käyttöiän mukaan. Taulukossa 1 on SFS-EN 1993-5:n mukaiset suositeltavat korroosiovarat empiiristen tulosten perusteella. (18; 19.)

Olosuhteet	Korroosio 100 vuodessa [mm]
Homogeeniset luonnonmaaolosuhteet pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella	1,2
Tiivistetyt kivennäismaatäytöt pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella	1,5
Tiivistämättömät kivennäismaatäytöt pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella	2,0

Taulukko 1. Teräsputkipaalujen korroosio. (20.)

Vaihtoehtoisesti mitoitus voidaan arvioida tilastollisella käsittelyllä, jossa olosuhteiden riskit on huomioitu niin sanotulla kuoppakorroosiotekijällä ja sisäpuolinen korroosio laskelmilla (Taulukko 2). (18.)

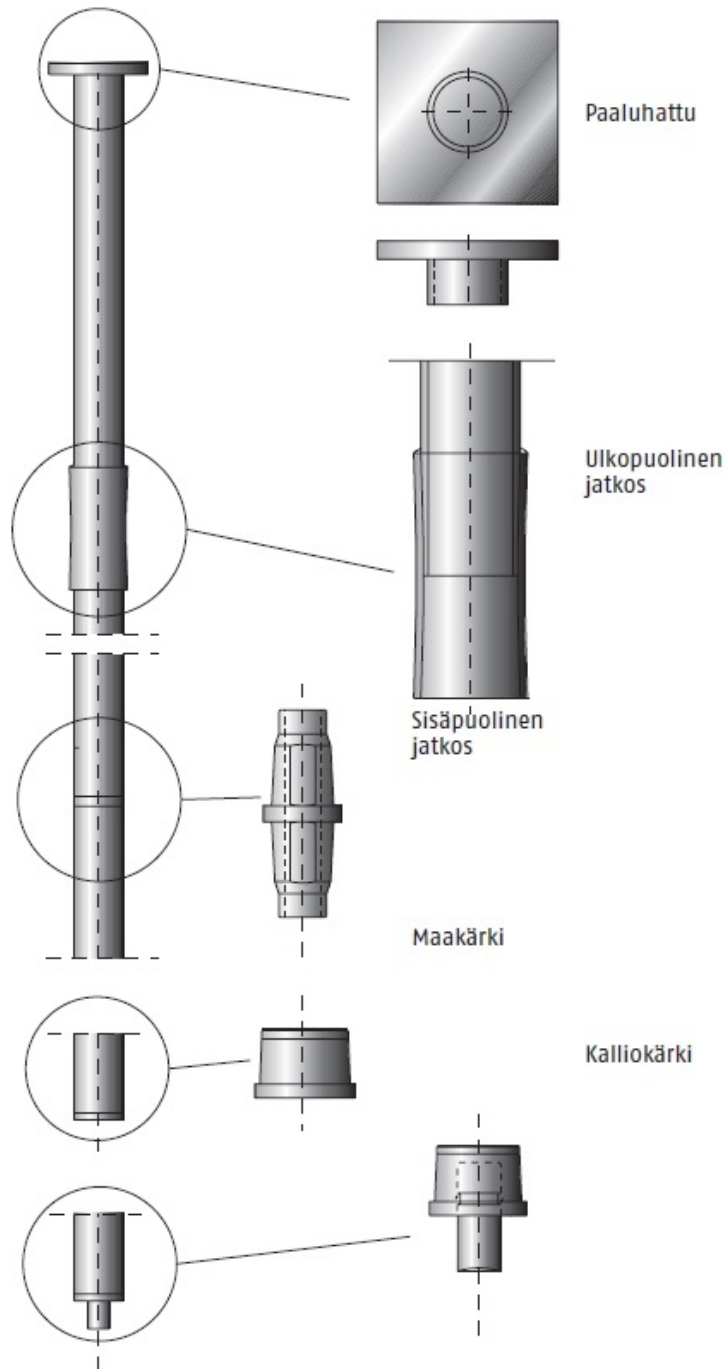
Tavoitekäyttökä	5 vuotta	25 vuotta	50 vuotta	75 vuotta	100 vuotta
Tavanomaiset olosuhteet					
Häiriintymättömät luonnonmaat (hiekkä, siltti, savi, liuskekivi)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Tiivistämättömät kivennäismaatäytöt	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Tavanomaisesta poikkeavat tai aggressiiviset olosuhteet					
Saastuneet luonnonmaat ja teollisuusalueiden maa-alueet	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressiiviset luonnonmaat (suo, räme, turve)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Tiivistämättömät ja aggressiiviset täyttömaat (tuhka, kuona)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
Huom.					
<ul style="list-style-type: none"> • Korroosionopeudet tiivistetyissä täytöissä ovat pienempiä kuin tiivistämättömissä. Tiivistetyssä täytössä yllä olevat arvot voidaan jakaa kahdella. • Annetut arvot ovat vain ohjeellisia. Paikalliset olosuhteet tulee ottaa huomioon. • 5 ja 25 vuodelle esitetyt arvot perustuvat mittauksiin, muut arvot on ekstrapoloitu. • Korroosio ilmassa sadalle vuodelle: 1 mm normaali-ilmastossa ja 2 mm lähellä merta 					

Taulukko 2. Korroosion aiheuttama seinämäpaksuuden menetys [mm] maassa oleville suojaamattomille teräspaaluille pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella. (21.)



Kuva 21. Lyöntipaalutuskone Fambo. (22.)

RR140/10-pienpaalut ovat halkaisijaltaan 139,7 mm ja teräksen paksuus paaluputkessa on 10,0 mm. I.K. Inhanpolulla paalut asennettiin lyömällä, mutta ne voidaan asentaa myös puristamalla (Kuva 21). Paalut olivat muun muassa 6 metriä pitkiä ja paikoin pitempiä. Paalut lyötiin samalla paalutusvälillä kuin teräsbetonipaalut.



Kuva 22. RR-paalun rakenne ja osat (18.)

Paalut varustettiin 250 x 250 x 25 mm kokoisilla paaluhatuilla, joiden tarkoitus on siirtää ylärakenteiden kuormat paaluille. Paaluhatut keskitetään paaluun sisäpuolisella holkilla. Paalut varustettiin myös kitkan avulla kiinnittyvillä maakärjillä (Kuva 22). (18.)

Käytettävät RR140/10-teräspaalut olivat paaluelementtejä eli teräsputkipaalun päähän on valmiiksi asennettu ulkopuolinen holkkijatkos. Jatkos on valmiiksi

tehtaalla varmistettu hitsaamalla, jotta se kestäisi paalun asentamisen. Jatkok-sien kiinnittyminen perustuu kitkaan. (18.)

7.3 Teräsbetonilaatta

Teräsbetonilaatat tehtiin paalujen päälle siten, että paalut tulivat 50 mm laatan sisälle. Teräsbetonipaalujen katkaisussa käytettiin niin sanottua paalusahaa, eli polttomoottorisella timanttisahalla. Teräspaalut katkaistiin hitsaamalla, ja paalun päähän asennettava paaluhattu jää laatan rakenteen sisään. Paalulaatan alle levitettiin käyttöluokan N3 kuitukangas eli suodatinkangas, jonka tarkoitus on estää maalajien sekoittuminen. Työalustaksi tehtiin 150 mm paksuinen murskekerros, joka on raekooltaan 0...90 mm. Paalulaatan paksuus on 400 mm.

Teräsbetonilaatan betonilaatuna käytettiin C35/45-2, R2. Lujusluokkana on C35/45, jossa kiviainesten raekoko on 0...16 mm ja on notkeusluokkaa S2 eli notkea. (23.)



Kuva 23. Teräsbetonilaatan ensimmäinen raudoitus.

Raudoituksissa käytettiin A500HW harjateräksiä, jotka olivat työmaalle tullessa valmiiksi taivutettuja. Käytettyjen teräksien paksuus on laatan sijainnin mukaan 12 tai 16 mm. Pienempää terästä käytettiin pääosin laatan alapinnassa. Jatkos-pituus laatan edetessä on 1400 mm. Raudoituksen yhteen sitomisessa käytet-

tiin niin sanottua surrilankaa eli taipuisaksi hehkutettua teräslankaa. Ensimmäinen laatan rauditus pystyttiin nostamaan kaivantoon, joten se tehtiin kaivannon ulkopuolella (Kuva 23).

7.4 Kiviainesarina

Kiviainesarina on asennusalusta, jolle putket ja kaivot asennetaan. Kiviainesarina tehdään teräsbetonipaalulaatan päälle ja sen paksuus vesijohdolle on 150 mm laatan päältä. Kiviainesarina tehtiin 0...32 raekokoisesta soramurskeesta. Hulevesiviemäriarinnan paksuus vaihteli laatan mukaan eikä sitä ollut tarkemmin suunnitelmissa määrätty. Arinnan paksuus oli noin 0,5...0,7 m. Arinat tiivistetään käyttämällä maantiivistäjää eli tärylevykonetta.

8 Vesijohdot

Vesijohdon tekniset vaatimukset ovat InfraRYL 31300:n mukaiset ja materiaalina käytettiin pallografiittivalurautaa (GRP) ja sisäpuoli on keskipakovalettua sementtiä.

Putket liitettiin toisiinsa kaksikammioisella muhviitoksella. Ensimmäinen muhviiliitos on vetoa kestävä vakiotiivisteellinen liitos, ja toinen on vetoa kestävä liitos erillisellä lukituselementillä varustettuna. Liitoksia ei tarvinnut hitsata.

Kyseessä olevat liitokset mahdollistivat, että vesijohdon kulmakappaleissa, T-haaroissa, umpilairoissa ja muissa paineellisissa putkenosissa ei tarvittu kulmatukia. (1.)

9 Hulevesiviemärit

Hulevesiviemärien tekniset vaatimukset ovat InfraRYL 31200:n mukaiset ja betoniputkina käytetään raudoitettuja putkia.

9.1 Tarkastus- ja hulevesikaivot

Tarkastus- ja hulevesikaivoina käytetään esiasennetulla kumitiivisteellä varustettuja betonikaivoja eli EK-betonikaivoja. Kaivojen lujuusluokkana käytetään Cr, joka on raudoittamaton ja mitoitettu liikennealueille. Tarkastuskaivoissa on tehdasvalmisteinen kourupohja. Kansistojen kuormituskestävyys on 40 tonnia sekä tarkastuskaivojen kansistoissa on merkintä HSY ja hulevesikaivojen kansistoissa merkintä HKR. Kannen reunan korkeus on 50 mm. (1; 23.)

Kaivoelementeissä on valmiiksi tehdyt liitoskohdat putkille, mutta paikoin niitä jouduttiin isontamaan, esimerkiksi kun olemassa oleva \varnothing 300 mm hulevesiputki liitettiin uudestaan vanhan kaivon tilalle tulleeseen uuteen tarkastuskaivoon. Muita liitoksia hulevesi- ja tarkastuskaivojen välillä ei ehditty tehdä tähän mennessä. (1.)

9.2 Hulevesiputket

Hulevesiputkina käytettiin eteläosassa \varnothing 1000 B/EK-Br raudoitettua betoniputkea ja I.K. Inhanpolun kulmassa käytettiin pohjoissuuntaan \varnothing 800 B/EK-Dr raudoitettua betoniputkea.

Raudoitettuja putkia käytetään suurläpimittaisissa viemäreissä. Raudoituksella parannetaan putkilinjan murtumissitkeyttä ja estetään putkien äkillinen sortuminen painumien tai kuormien takia. Urakan lopuksi viemärit tv-kuvataan. (1; 24.)

10 Sää

Säällä oli muutenkin vetisiin olosuhteisiin moninkertaistava vaikutus. Kaivannoista pumpattava vesi ei imeytynyt maahan vaan kerääntyi viereiseen viheralueeseen, josta se ennen pitkää tuli pintamaakerrosten läpi takaisin kaivantoon (Kuva 24). Vaikka työmaa sijaitsi Mustapuron läheisyydessä, puroon ei saanut pumpata sade- tai pohjavesiä, sillä puro on Ympäristökeskuksen suojeluksessa kalakantansa takia.



Kuva 24. Vesisade täytti kaivannot usein.

Pahimpina päivinä vettä satoi niin paljon, että kaivannon tyhjentämiseen meni koko päivä. Loppukesän rankkasateet haittasivat hieman myös teräsbetonilaatan raudoituksen tekemistä, sillä liiallinen vesisade olisi voinut nostaa ja sekoittaa teräsbetonilaatan alle jäänyttä pohjatäyttöä.

Paalutuksen aikana täytyi paaluttajille ottaa esille siirrettäväksi suunniteltu vesijohto \varnothing 400. Kovan vesisateen takia kyseinen putki kaivettiin esiin useamman kerran, vaikka se merkattiin pystyyn lyötävillä merkkipaaluilla (Kuva 25).



Kuva 25. Vesijohdon kaivanto täyttyi vedellä usein.

Rakennusalueen pohjoisosassa sijaitsevan mäen päälle kerääntyi iso vesiallas. Tämä vesimassa lisäsi paineellisen pohjaveden painetta. Pahimmalla pohjavesialueella vaikutus oli huomattava kuivempaan kauteen verrattuna.

11 Yhteenveto

I.K. Inhanpolun kunnallistekniikan pohjarakentaminen oli opinnäytetyöhön rajatulla alueella erittäin haastavaa. Normaalisti pehmeiköille rakentaminen on hidasta ja työlästä. Rakennushankkeessa oli suurena vaivana paineellinen pohjavesi, joka vesisateiden kanssa oli merkittävä työmaata hidastava tekijä.

Pohjaveden alennusta tehtiin koko työmaan ajan. Alennus oli usein välttämätön, sillä veden ja pehmeän saven aiheuttamat muutokset teräsbetonipaalulaatan asennusrakenteissa olivat suuria. Usein työmaalla päivät saattoivat mennä kaivantojen tyhjentämiseen vedestä, koska sitä ei saatu johdettua muualle kuin lähimaastoon, josta se virtasi nopeasti takaisin.

Paineellisen pohjaveden haittavaikutuksia on vaikea arvioida etukäteen. Hyvää ja luotettavaa arviointia ei voida tehdä. Paineellinen pohjavesi voidaan todeta etukäteen mittauspisteistä ja siten määritellä suunnitteluperusteet. Veden vaikutus ja tarkka sijainti kuitenkin vaatisi liikaa tutkimuksia, jotta se olisi taloudellisesti järkevää. Pohjaveden alennus on hyvä toimenpide, ja se kannattaa tehdä mahdollisesti reilusti etukäteen.

Kuvat

- Kuva 1. Asemapiirustus, detalji 28.3.2011. (2.) s. 9
Kuva 2. Asemapiirustus, detalji 24.8.2011 ja paalulaattojen sijoittuminen. (2.) s. 12
Kuva 3. Paineellinen pohjavesi ja pohjaveden korkeus. (9.) s. 16
Kuva 4. Siltti ja hiekka nousivat kaivannon pohjalle pohjaveden mukana. s. 17
Kuva 5. Pohjavesi nousee teräsponatin kylkeä pitkin. s. 18
Kuva 6. Paalu tunkeutui väliaikaisen tierakenteen läpi. s. 19
Kuva 7. Imuputken asennus. s. 20
Kuva 8. Vesihuuhteluun tarvittava allas ja pumppu. s. 21
Kuva 9. Imuputkiston suodatinosa. s. 21
Kuva 10. Siiviläkärkiputkia tuetun kaivannon sisä- ja ulkopuolella. s. 22
Kuva 11. Liitosputkia ja runkoputken pää. s. 23
Kuva 12. Imuputkia tarvittiin vaikeissa paikoissa monta kappaletta. s. 23
Kuva 13. Imupumppu, Hüdig Elektro. s. 24
Kuva 14. Asennettua ponttiseinää. s. 26
Kuva 15. Teräskehikoiden osia. s. 27
Kuva 16. Täryjunta. s. 28
Kuva 17. Kevyen liikenteen väylä halkeilee. s. 29
Kuva 18. Teräsbetonipaaluja. s. 31
Kuva 19. Lyöntipaalutuskone Junttan. s. 32
Kuva 20. Paaluhatuilla varustettuja RR –paaluja. s. 33
Kuva 21. Lyöntipaalutuskone Fambo. (22.) s. 35
Kuva 22. RR -paalun rakenne ja osat (18.) s. 36
Kuva 23. Teräsbetonilaatan ensimmäinen rauditus. s. 37
Kuva 24. Vesisade täytti kaivannot usein. s. 40
Kuva 25. Vesijohdon kaivanto täyttyi vedellä usein. s. 41

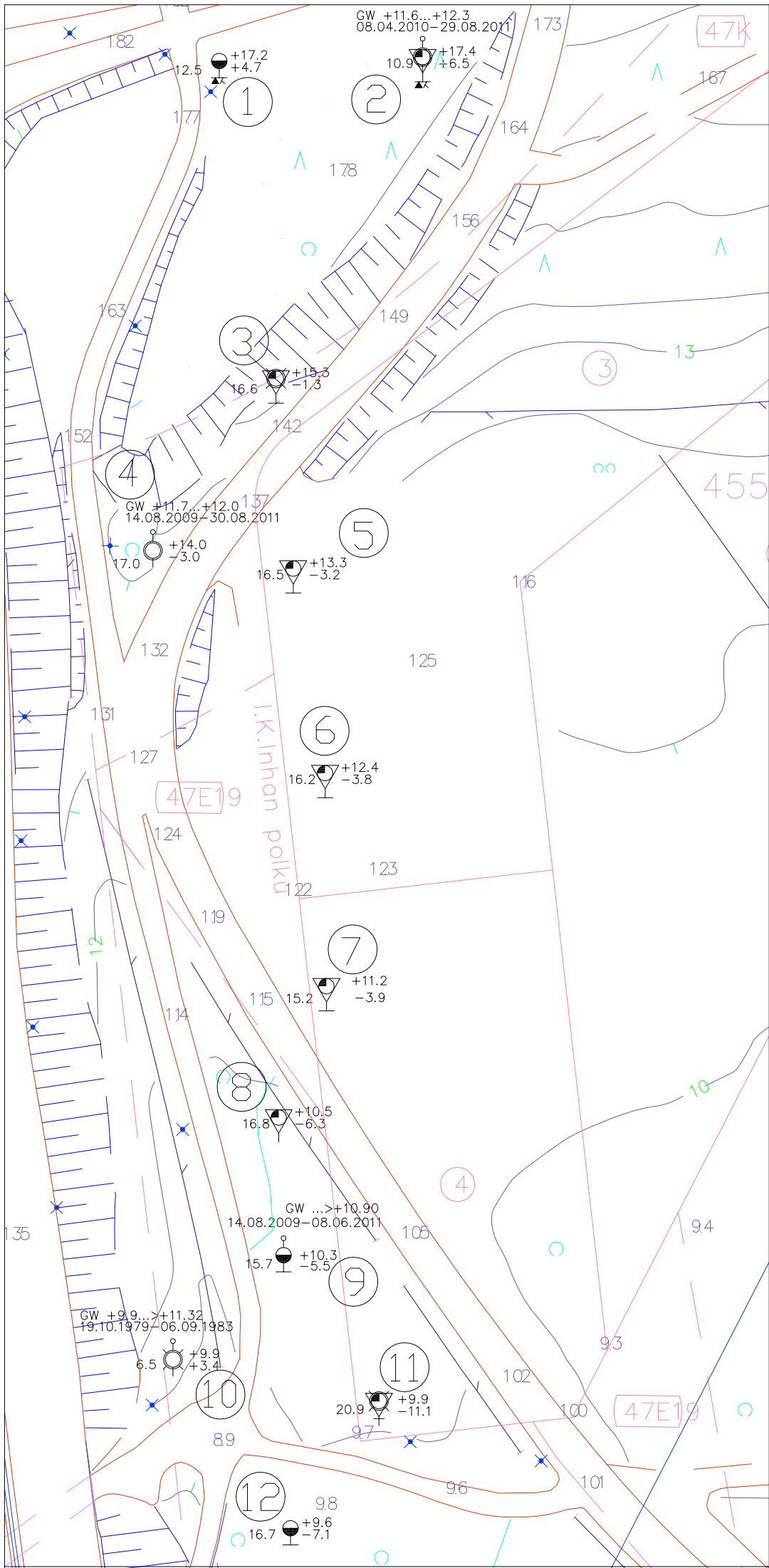
Taulukot

- Taulukko 1. Teräsputkipaalujen korroosio. (20.) s.34
Taulukko 2. Korroosion aiheuttama seinämäpaksuuden menetys [mm] maassa oleville suojaamattomille teräspaaluille pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella. (21.) s.34

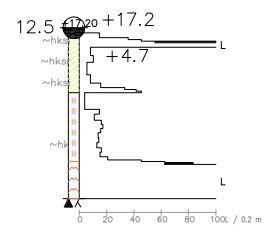
Lähteet

1. HKR/KPO Lallukantien alue I.K. Inhanpolku – Työselostus. 2011
2. Pöyry Finland Oy. Heikkinen, J. & Väätäinen J. & Pelli, J. Lallukantien alue – I.K. Inhanpolku. Rakenne- ja yleissuunnitelmat. 2011
3. InfraRYL 2006, Osa 1 Väylät ja alueet
4. Stara IKT/IRA – Turvallisuussuunnitelma Lallukantien alue.2011
5. Rantamäki, M. & Jääskeläinen, R. & Tammirinne, M. 2002. Geotekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy
6. Tiehallinto. Teiden pehmeikkötutkimukset. 1998.
<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/pehmtutk3200520.pdf> Luettu 30.11.2011
7. Melander, K. 1989. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto geotekninen osasto. Purisn - Heijarikairausmenetelmät. Geoteknisen osaston tiedote 48. Helsinki.
8. Airaksinen, J. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu: Pohjoinen
9. Juvankoski nousee ry, <http://www.harjureitti.fi> Luettu 23.11.2011
10. SFS-käsikirja 179-3. Geotekninen tutkimus ja koestus. Osa 3: Näytteenotto, pohjavesimittaukset ja yleiset Suomessa käytettävät kenttäkokeet. Menetelmäkuvaukset soveltamisohjeineen.
11. Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto 2001. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100002-01i.pdf> Luettu 23.11.2011
12. MaaRYL 2010 Talonrakennuksen maatyöt
13. <http://www.pva-palvelu.fi/pohjaveden-alentaminen> Luettu 23.11.2011
14. InfraRYL 2010, Osa 1 Väylät ja alueet
15. Hakulinen, M. 2003. Teräs pohja- ja maarakentamisessa. Oppimateriaali.
16. RIL 223-2005. Lyöntipaalutusohje 2005 LPO-2005.
17. Pöyry Finland Oy. I.K. Inhanpolku. Vesihuollon paalulaatta: Mitoittavat kuormat ja laatan leikkaustarkastelu. 2011. Vanne, H. Ollila
18. Rautaruukki Oyj 2009. <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Infrastruktuuriratkaisut/Teraspaalut/~media/Finland/Files/Infra/Ruukki-RR-paalutusohje.ashx> Luettu 25.11.2011

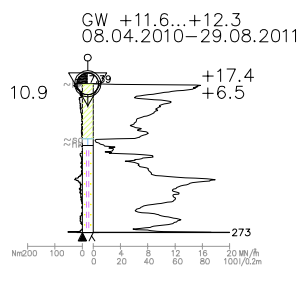
19. Rautaruukki Oy. 2011. <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Infrastruktuuriratkaisut/Teraspaalut/Lyotavat-RR-pienpaalut#> Luettu 25.11.2011
20. Törnqvist, J. 2004 Teräsputkipaalujen korroosio. Mitoitus empiiristen empiiriseen aineistoon pohjautuen. Espoo: VTT Rakennus ja yhdyskuntatekniikka.
21. SFS-EN 1993-5 Eurokoodi: 3 Teräsrakenteiden suunnittelu. 2008.
22. Kantolan Paalutus Oy, <http://www.kantolanpaalutus.fi> Luettu 25.11.2011
23. Suomen Betoniyhdistys Ry. 2009. By 50 Betoninormit 2004. Helsinki
24. Betoniteollisuus Ry. 2011. <http://www.betoni.com/files/files/betoniviemärit.pdf> Luettu 28.11.2011



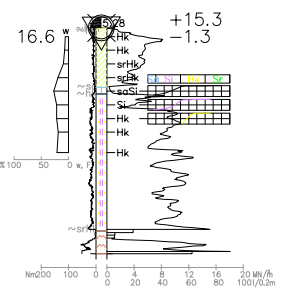
1 PAINOKAIRAUS



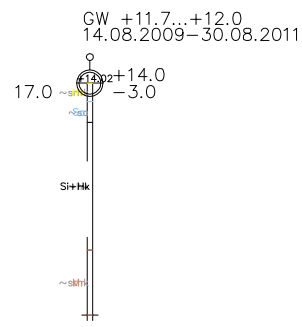
2 PURISTINHEIJARIKAIRAUS
PV-PINNAN HAIVAINPUTKI



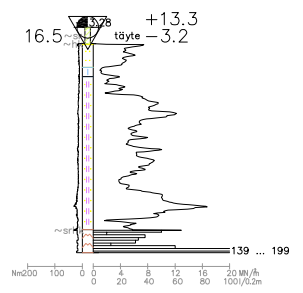
3 PURISTINHEIJARIKAIRAUS
SIIPIKAIRAUS



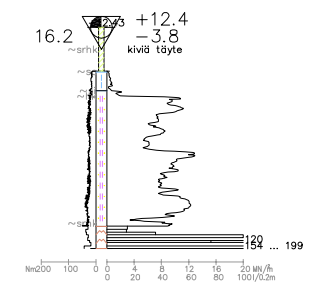
4 PORAKONEKAIRAUS
PV-PINNAN HAIVAINPUTKI



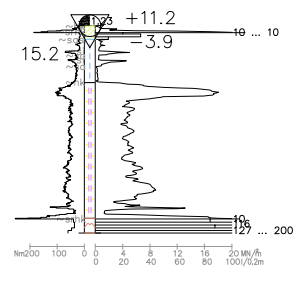
5 PURISTINHEIJARIKAIRAUS



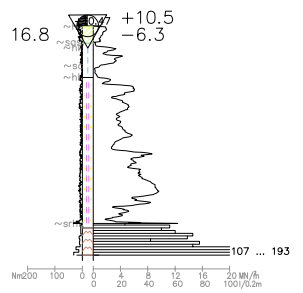
6 PURISTINHEIJARIKAIRAUS



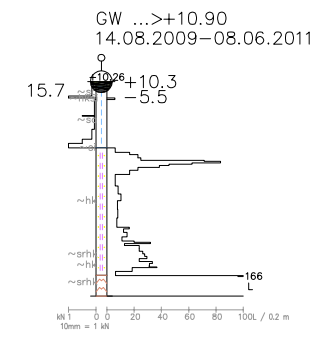
7 PURISTINHEIJARIKAIRAUS



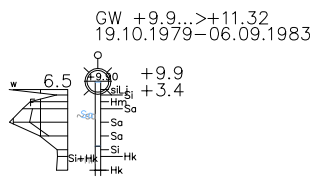
8 PURISTINHEIJARIKAIRAUS



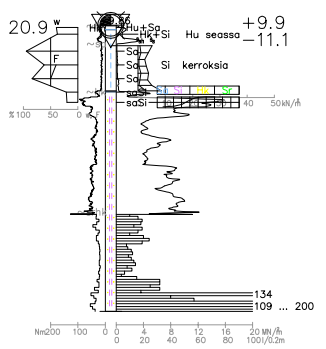
9 PAINOKAIRAUS
PV-PINNAN HAIVAINPUTKI



10 SIIPIKAIRAUS
PV-PINNAN HAIVAINPUTKI



11 PURISTINHEIJARIKAIRAUS
SIIPIKAIRAUS



12 PAINOKAIRAUS

