

Infratöiden laatuaineisto Alatori- hankkeessa

Henri Laitinen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Henri Laitinen	
Työn nimi Infratöiden laatuaineisto Alatori-hankkeessa	
Päiväys 22.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 32
Ohjaaja(t) Raimo Lehtiniemi, lehtori; Antti Leskinen, vastaava työnjohtaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Skanska Infra Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä oli tarkoituksena kerätä tietoa suuren rakennushankkeen infratöistä sekä niiden laadunhallinnasta ja perehtyä lisäksi talonrakennuksen ja maanrakennuksen välisiin ongelmiin ja etsiä niihin ratkaisuja. Tavoitteena oli myös parantaa eri toimijoiden välistä yhteistyön sujuvuutta.</p> <p>Opinnäytetyötä varten perehdyttiin infrarakentamisen työmenetelmiin käytännössä Kuopion Alatorin työmaalla. Työvaiheita seuratessa keskityttiin laadunhallinnan kannalta tärkeimpiin kohtiin, kuten erilaisiin mittauksiin. Työhön saatiin paljon aineistoa RIL-julkaisuista ja työvaihesuunnitelmista. Tämä kirjallinen tieto pyrittiin yhdistämään käytännön kokemukseen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tiivis kokonaisuus infratöiden laajuudesta ja laadunvarmistuksesta. Lisäksi löydettiin ratkaisuja yhteistyön parantamiseksi. Opinnäytetyöstä voi jatkossa hyötyä esimerkiksi talonrakennuksen puolella työskentelevät työnjohtajat. Myös työn tilaaja voi käyttää aineistoa tulevissa rakennushankkeissa.</p>	
Avainsanat Infratyöt, laatu	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Henri Laitinen			
Title of Thesis Quality Material of Infrastructure Works in Alatori Project			
Date	22 April 2012	Pages/Appendices	32
Supervisor(s) Mr Raimo Lehtiniemi, Lecturer; Mr Antti Leskinen, Supervisor			
Client Organisation/Partners Skanska Infrastructure Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of thesis was to collect information about a large infrastructure construction project and its quality management. The work also focused on problems between different partners on a construction site and try to find solutions to them. The work was commissioned by Skanska Infrastructure Ltd.</p> <p>For this thesis the practical experience in infrastructure works was gained in the Kuopio Alatori project. The purpose was to concentrate on operations which included quality management and different kinds of measurements. Written information for the thesis was found in RIL-publications and operation plans. Written information and practical knowledge was aimed to combine.</p> <p>As a result of the work a compact ensemble of infrastructure works and quality management was achieved. In addition, solutions were found to improve cooperation on the construction site. The thesis will be a useful tool, for example, for supervisors. This work can also be used as a guideline in future projects.</p>			
<p>Keywords Infrastructure works, quality</p>			

ALKUSANAT

Kiitokset Skanska Infra Oy:lle ja vastaavalle työnjohtajalle Antti Leskiselle opinnäyte-työni mielekkäästä aiheesta sekä tuesta ja neuvoista työn edetessä. Haluan myös kiittää lehtori Raimo Lehtiniemeä työni hyvästä ohjauksesta.

Kuopiossa

Henri Laitinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Taustat ja tavoitteet	7
1.2	Toimeksiantaja	7
2	HANKKEEN YLEISTIEDOT	8
3	INFRATYÖT	9
3.1	Tuenta	9
3.1.1	Kaivinpaalut	9
3.1.2	Teräsponttiseinät	12
3.1.3	Porapaalut	15
3.1.4	Suihkuinjektointi	17
3.2	Kaivantotyöt	18
3.3	Täyttö- ja tiivistystyöt	20
3.3.1	Levykuormituskoe	21
3.3.2	Pudotuspainokoe	22
3.4	Putkirakenteet ja johdot alueella	24
3.4.1	Työnaikaiset rakenteet	24
3.4.2	Lopulliset rakenteet	25
3.5	Louhinta	25
4	TÖIDEN YHTEENSOVITTAMINEN	28
4.1	Lähiympäristö	28
4.2	Muut urakoitsijat	28
5	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyön taustalla on tarve saada kerättyä laajan rakennushankkeen infratöiden laadunhallintaan soveltuva kokonaisuus. Työssä perehdytään myös infrarakentamisen ja talonrakennuksen yhteensovittamiseen; etsitään epäkohtia niiden välillä ja haetaan ratkaisuja mahdollisiin ongelmiin.

Tavoitteena on oppia hahmottamaan suuren rakennushankkeen laatua sekä sen hallintaa. Työssä halutaan antaa talonrakennuksen puolella työskenteleville tietoa keskeisistä infratöistä, niiden toteutuksesta sekä parantamaan yhteistyön sujuvuutta ottamalla esille yleisiä ongelmia. Tuloksena saadaan yksi kokonaisuus, jossa esitellään Kuopion Alatorihankkeessa käytetyt infrarakentamisen työmenetelmät ja niiden laadullinen näkökulma. Opinnäytetyötä voidaan jatkossa hyödyntää tulevissa hankkeissa. Siitä saadaan yleispätevää tietoa, jota voidaan tarvittaessa täydentää.

Taustatiedot opinnäytetyölle saadaan pääasiassa kirjallisuudesta sekä projektipankin asiakirjoista. Asioita käsitellään myös kokemusperäisesti. Käytännön kokemus aiheeseen haettiin työnjohtoharjoittelusta kesällä 2011.

1.2 Toimeksiantaja

Toimeksiantajana opinnäytetyölleni on Skanska Infra Oy, joka on Suomen neljänneksi suurin infrarakentamiseen erikoistunut yritys. Skanska Infra Oy tarjoaa monipuolista maanrakennusosaamista. Yritys kuuluu osanaan Skanska-konserniin. Skanska-konsernilla on toimintaa ympäri Euroopan, Yhdysvaltojen ja Latinalaisen Amerikan, ja se kuuluu maailman kymmenen suurimman rakennusyhtiön joukkoon. Skanska työllistää noin 52 000 henkilöä, jotka osallistuvat vuosittain noin 12 000 hankkeen toteuttamiseen. (Skanska, 2012.)

2 HANKKEEN YLEISTIEDOT

Kuopion Alatori-hankkeessa rakennetaan 3-kerroksinen maanalainen laajennus jo olemassa olevalle, vuonna 1991 rakennetulle pysäköintihallille. Lisäksi rakennetaan uudet ajorampit Haapaniemenkadulle ja Puijonkadulle torin eteläpäähän. Uusi pysäköintihalli tulee olemaan kolmikerroksinen, bruttoalaltaan noin 30 000 m² ja käsittää noin 700 uutta pysäköintipaikkaa. Hankkeeseen kuuluu kauppakäytävän rakentaminen kauppahallin edustalle sekä uusi paviljonki kalahallin tilalle. Uudesta pysäköintihallista tulee olemaan maanalaiset sisäänkäynnit Sektorin, Anttilan ja Sokoksen kiinteistöjen lisäksi nyt myös Carlsonille ja Apeliin.

Maa- ja pohjarakennusteknisesti Alatori-hanke on erittäin monipuolinen. Erilaisia työtapoja käytetään hyvin laajalti. Kaivannon syvyys on noin 14 m ja maita kaivetaan yhteensä noin 128 000 m³. Alatori-hanke on viivästynyt alkuperäisestä aikataulustaan kalahallin purkuun liittyvän kiistan takia. Arvioitu valmistumisaika on alkuvuodesta 2013. Työntekijöitä on tällä hetkellä noin 40 ja parhaimmillaan työmaa tulee työllistämään lähes 100 rakennusalan ammattilaista. Hanke toteutetaan One Skanska-projektina, jossa maan- ja talonrakennus on sidottu yhteisiin tavoitteisiin ja tulokseen.

Rakennuttajana hankkeella on Kuopion Pysäköinti Oy. Rakennuttajakonsulttina ja valvojana toimii Pöyry CM Oy, pääsuunnittelusta vastaa QVIM Arkkitehdit Oy ja pääurakoitsijana hankkeessa ovat Skanska Talonrakennus Oy sekä Skanska Infra Oy.

3 INFRATYÖT

Alatorin työmaa on sijaintinsa puolesta haastava kohde infrarakentamiselle. Työt tehdään aivan kaupungin keskustassa lähellä rakennuksia. Tontilla joudutaan tekemään paljon vanhojen putki- ja kaapelilinjojen siirtoja, laajoja kaivutöitä, kaivantojen tuentaa sekä louhintaa. Jokainen työvaihe on tehtävä laadukkaasti ja turvallisesti ympäristö huomioon ottaen.

3.1 Tuenta

Kuopion Alatori-hankkeen suuret kaivantotyöt kaupungin keskustan alueella vaativat hyvin suunnitellun ja huolellisesti toteutetun tuennan. Töiden toteutuksessa on otettava erityisesti huomioon työturvallisuus, vanhojen rakenteiden kestävyys sekä ympäristöön mahdollisesti aiheutuvat haitat. Alatorilla tehdyt tuentatyöt ovat laajuudessaan harvinaisia Suomen rakentamishistoriassa. Myöskään näin monen eri tuentatavan käyttö samassa projektissa ei ole kovin yleistä. Tuentamuotoina on käytetty kaivinpaalua, teräsponttiseinää, porapaalua sekä injektointia. Tässä kappaleessa selostetaan niiden toteutusperiaatetta sekä töihin liittyvää laadunhallintaa.

3.1.1 Kaivinpaalut

Kaivinpaaluseinät muodostuvat toisiaan leikkaavista kaivinpaaluista (KUVA 2). Kaivinpaalu tehdään raudoittamalla ja betonoimalla maahan porattu kaivanto. Paalu on poikkileikkaukseltaan pyöreä ja koko matkaltaan tasapaksu. Kaivinpaaluseinä tehdään yleensä tulevan rakenteen osaksi. Se voi toimia kellarin seinänä tai rakennuksen perustuksena. Kaivinpaaluseinä voidaan rakentaa vettä läpäisemättömäksi ns. patoseinäksi, jolloin pohjavedenpinnan aleneminen estetään. Tämä edellyttää, että paalut ulotetaan kallioon tai kovaan pohjamoreenikerrokseen.

Kaivinpaaluseinä tarvitsee syvässä kaivannossa ankkuroinnin ottamaan vastaan vaakasuuntaisen maanpaineen. Paalut ankkuroidaan määrättyiltä tasoilta joko maatai kallioankkureilla. Ankkuritasoon valetaan vaakapalkki (KUVA 1), jota vasten purnokset voidaan jännittää.



KUVA 1. Kaivinpaaluseinä sekä ankkuripalkin raudoitusta Alatorilla.

Ylempänä valmis, jännitetty palkki. Kuva Henri Laitinen 2011

Kallioon asti ulottuvan kaivinpaaluseinän alapää tuetaan paalun juureen porattavalla kalliotapituksella sekä sen päälle valettavalla raudoitetulla juuripalkilla. Palkin kohdalla on huolehdittava sekä kallionpinnan että kaivinpaalun puhdistamisesta hyvän tartunnan saamiseksi.

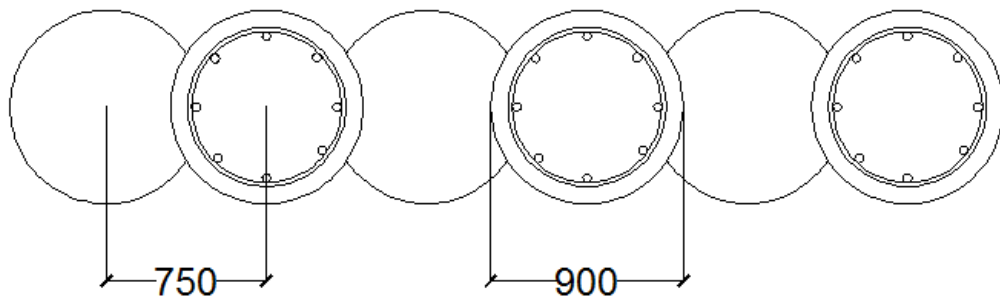
Kaivinpaalun suunnitellun laadun varmistamiseksi on otettava huomioon eräitä seikkoja. Tärkeä osuus on valussa käytettävällä betonilla. Sen täytyy olla riittävän notkeaa ja itsetiivistyvää, jotta paalukaivanto varmasti täyttyy kokonaan. Raudoittamattomia paaluja valettaessa betonin täytyy saavuttaa tarvittava lujuus ja samalla säilyttää työstettävyys. Näin raudoitetut, leikkaavat paalut saadaan tehtyä halutulle paikalleen. Alatorilla kaivinpaaluseinistä, ankkureiden kohdalta, otetaan kimmovasarakokeet. Koetta varten paaluihin tehdään kulmahiomakoneella pienelle alueelle tasainen pinta. Jokaiselta alueelta otetaan tulos kymmenestä eri kohdasta. Näistä saatu keskiarvo kertoo paalun puristuslujuuden.

Kaivinpaaluun asennettava raudoitus on saatava mahdollisimman keskelle. Näin varmistetaan raudoitteen toimivuus sekä suojabetonin riittävyys. Keskeinen sijainti varmistetaan raudoitekehän ympärille asennettavilla ohjaimilla. Betonointi tapahtuu valuputken avulla. Jos kaivannossa on vettä, on valuputken oltava koko ajan betoni-

pinnan alapuolella. Näin saadaan ylimääräinen vesi ja epäpuhtaudet nousemaan pintaan, josta ne on valun päätyttyä helppo poistaa. Raudoitteen paikallaan pysymisen kannalta on tärkeää, että työputkea aletaan nostaa vasta kun betonia on riittävästi kaivannon pohjalla.

Alatori-hankkeessa kaivinpaaluja käytetään uusien ajoramppien kohdalla työnaikaisena tukiseinänä. Pysäköintihallissa sen sijaan kaivinpaaluseinä toimii lopullisena maanpaineseinänä ja paalun pinta jää valmiissa hallissa näkyviin.

Kaivinpaalujen halkaisija on 900 mm ja seinä tehdään raudoittamalla joka toinen paalu. Paalujen keskiöiden välinen etäisyys on 750 mm.



KUVA 2. Periaatepiirros Alatorin pysäköintihallin kaivinpaaluseinästä. Kuva Henri Laitinen

Pysyvien kaivinpaalujen pinta hiekkapuhalletaan, jolloin saadaan esiin työputken jättämät uurteet (KUVA 3). Työnaikaisten kaivinpaalujen ankkurit sen sijaan laukaistaan yksi kerrallaan, kun perusmuurit kestävät syntyvät maanpaineet ja täyttötöyt etenevät ankkurointitasoille.



KUVA 3. Hiekkapuhallettua kaivinpaaluseinää Anttilan edustalla. Kuva Henri Laitinen 2012

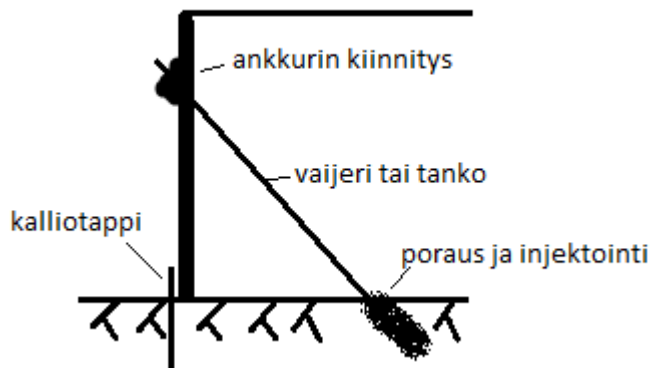
3.1.2 Teräsponttiseinät

Teräsponttiseiniä käytetään rakennuskaivantojen työnaikaiseen ja pysyvään tukemiseen. Teräsponttiseiniä voidaan yleisesti käyttää kaikissa maakerrostumissa. Seinän ponttirakenne mahdollistaa teräslankujen lukittumisen toisiinsa ja rakenteesta saadaan tarvittaessa jopa vedenpitävä. Teräsponttiseinät luokitellaan muotonsa ja taivutusvastuksensa perusteella kevyisiin, raskaisiin ja erikoisprofiileihin. Pysyviksi rakenteiksi kelpaavat muut, paitsi kevyet profiilit. Teräsponttiseinän etuja ovat nopea toteutustapa sekä suhteellisen edullinen hinta.

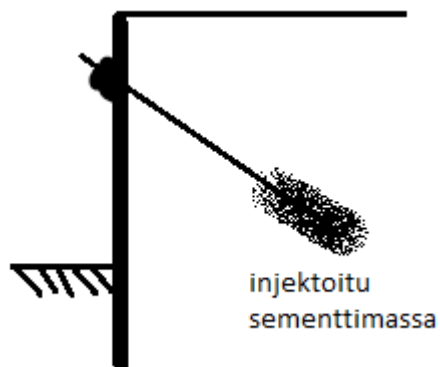
Raskaat profiilit teräsponttiseinissä ovat yleensä joko U- tai Z-profiileja kun taas kevyet ovat oikeastaan pelkkiä tasolevyjä. Erikoisprofiileita käytetään kun halutaan saavuttaa seinään suuri jäykkyys.

Kun teräspontilla tuettu kaivanto on syvä, tarvitaan erilaisia tuentoja. Suurissa kaivannoissa käytetään ulkopuolista tuentaa, johon liittyy ankkurointi. Yleisimmät ankkurointitavat ovat kallio- ja maa-ankkurit. Kallioankkuroinnissa (KUVA 4) ankkurivaijerit

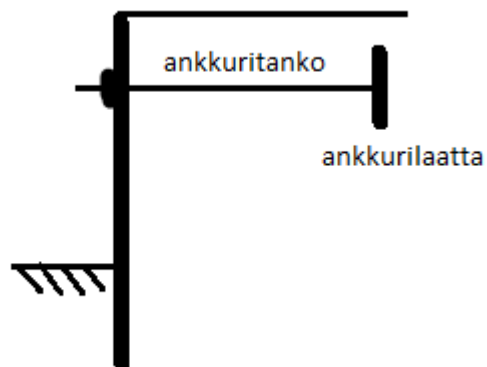
ulotetaan kallioon asti, johon ne injektoidaan kiinni. Seinän alapää tuetaan kalliotapilla ja mahdollisella juuripalkilla. Maa-ankkureita (KUVA 5) taas käytetään kun kallio on syvällä. Tällöin ankkuritangot kiinnitetään injektoituun sementtimassaan tai ankkurilaattaan (KUVA 6).



KUVA 4. Kallioankkuri. Kuva Henri Laitinen



KUVA 5. Injektoitu maa-ankkuri. Kuva Henri Laitinen



KUVA 6. Laatta-ankkuri. Kuva Henri Laitinen

Alatorilla teräsponttiseinää käytetään kaivannon tuentana (KUVA 7) tulevien ajorampien kohdalla Puijonkadulla ja Haapaniemenkadulla. Seinän tyyppi on raskas U-profiili eli ns. Larssen. Seinä on tehty ponttiin lyömällä. Ankkurointitasoja on enimmillään kolme. Koska rakentamisalue sijoittuu kaupungin keskustaan, lähelle muita rakennuksia, on noudatettava erityistä varovaisuutta. Naapurirakennuksissa pidettiin katselmukset ennen töiden aloittamista. Katselmuksissa selvitettiin värinäherkät laitteet ja niiden mahdollinen suojaus. Viereisten rakennusten mahdollisia siirtymiä seurataan pohjarakennustöiden aikana siirtymämittauksin. Tukiseinien tekoon käytettävän asennuskaluston on oltava sellainen, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän värinää ympäristöön. Myös pontteja ylösnostettaessa on oltava varovainen, ettei aiheuteta ylimääräistä värinää. Maanvaraisten perustusten viereen lyödyt pontit jätetäänkin maahan vaurioiden minimoimiseksi.



KUVA 7. Puijonkadun ajorampin ankkuroitua teräsponttiseinää.

Kuva Henri Laitinen 2011

3.1.3 Porapaalut

Porapaalut luetaan pienpaaluihin, eli läpimitaltaan alle 300 mm oleviin teräspaaluihin. Porapaalutyyppejä ovat: porattava teräspuutkipaalu, sydänteräspaalu sekä injektoitu porapaalu. Teräspuutkipaalut ja sydänteräspaalut suunnitellaan yleensä tukipaaluiksi kallioon. Injektoidut paalut sen sijaan asennetaan kitkapaaluiksi karkearakeisiin maakerroksiin. Porapaalujen, kuten muidenkin pienpaalujen, hyviä ominaisuuksia on niiden asennettavuus ahtaissa tiloissa suhteellisen kevyellä kalustolla. Pieni poikkileikkauspinta-ala takaa vähäisemmän maan häiriintymisen, syrjäytymisen ja tiivistymisen. Porapaalut soveltuvat erityisesti käytettäviksi paikoissa, joissa maakerroksissa on kiviä tai lohkareita. Myös lähellä tärinäherkkiä rakenteita ja rakennuksia porapaalujen käyttö on suositeltavaa vähäisen tärinäntuoton vuoksi. Porapaalujen etuihin kuuluu lisäksi suuri kestävyys keskittyneitä kuormituksia vastaan ja muihin menetelmiin verrattuna vähäiset sijaintipoikkeamat.

Porapaalutuskalustoon kuuluu peruskone, joka voi olla esimerkiksi perinteinen teräsbetonipaalujen asentamiseen tarkoitettu paalutuskone, kaivinpaalutuskone, raskas tai kevyt tela-alusta tai kuorma-auto (RIL 230-2007 Pienpaalutusohje, 2007). Porauksessa käytetään uppovasaraan tai päältälyövään vasaraan perustuvia laitteita. Kummassakin voidaan käyttää keskistä tai epäkeskistä porausmenetelmää. Uppovasara iskee ohjainosasta porausputken sisällä olevaan maakenkään, kun taas päältälyövän vasaran isku kohdistuu pyöritettävään poratankoon. Uppovasaraan perustuvilla laitteilla voidaan porata suurempia, jopa 800 mm halkaisijaltaan olevia paaluja. Päältälyövässä menetelmässä suurin halkaisija on noin 200 mm.

Aina ennen paalutustyötä tehdään pohjatutkimuksia paalutettavalla alueella. Tutkimuksen perusteella mitoitetaan paalujen tavoitetaso, halkaisija sekä käytettävä paalutuskalusto. Tutkimusmenetelmät ja -laajuus riippuvat siitä onko kyseessä helppo, vaativa vai hyvin vaativa kohde. Menetelmiä on helppoissa kohteissa erilaiset kairaukset ja vaativimmissa näiden lisäksi näytteidenottoja ja laboratoriotutkimuksia. (RIL 230-2007 Pienpaalutusohje, 2007).

Alatorilla porapaaluja käytetään tuentaan Kalahallin sekä Anttilan edustalla ahtaissa paikoissa, joihin ei kaivinpaaluja ollut mahdollista asentaa. Myös koko vanha torikansi

tuettiin porapaalujen varaan (KUVA 8). Käytössä oli 220 mm ja 273 mm halkaisijaltaan olevia paaluja. Paalut asennettiin torikanteen tehtyjen reikien kautta ja kahden paalun välissä, kantta tukemassa, on HEA500 teräspalkki. Paalut on upotettu suunnitelmien mukaan vähintään 1 000 mm kalliioon. Porapaalut tuettiin kaivun edistyessä nurjahtamisen varalta 100x100 mm:n teräsputkilla. Porapaalutuskalustona vanhan torikannen porapaaluissa käytettiin raskasta tela-alustaista konetta ja ahtaammissa paikoissa, kuten kalahallin alueella, kevyttä kellarivaunua.

Paalutustyön laadunvarmistusta tehtiin koko työn ajan. Paalujen täytyy olla suoria ja tasapäisiä. Kaarevuutta sallitaan korkeintaan 2 mm metriä kohden ja paalun pään tasaisuuden on oltava 2 mm:n sisällä. Hiomalla saadaan korjattua epätasaisuus, mutta liian kaarevat paalut täytyy korvata uusilla. Paalujen oikeille paikoille saamisessa on pätevä mittamies erittäin tärkeä. Sijaintimerkintä saa poiketa suunnitellusta korkeintaan 10 mm. Porattaessa paalun sijaintitarkkuus on 150 mm ja paaluryhmän painopisteen sijaintipoikkeama saa olla enintään 50 mm. Esimerkiksi maassa olevien kivien takia porauskohtaa joudutaan joskus muuttamaan. Asentamisen alkuvaiheessa seurataan paalun kaltevuuden muuttumista. Jos paalu lähtee heti kallistumaan, nostetaan se ylös ja asennetaan uudelleen. Kaltevaa paalua ei voida korjata jatkoksissa, koska se muuttaa paalun rakennetta ja kantavuutta. Kaltevuusvaatimuksena on suunnitellusta 90°:n pystystä enintään 20 mm metriä kohti.

Myös jatkoksien hitsauksilla on suuri merkitys paalun kestävyys. Hitsit tehdään C-luokan mukaan ja ensimmäisestä saumasta otetaan NDT-koee, jolla etsitään halkeamia, säröjä ja muita poikkeamia. Hylätyt liitokset joudutaan korjaamaan ja tutki-
maan uudelleen.



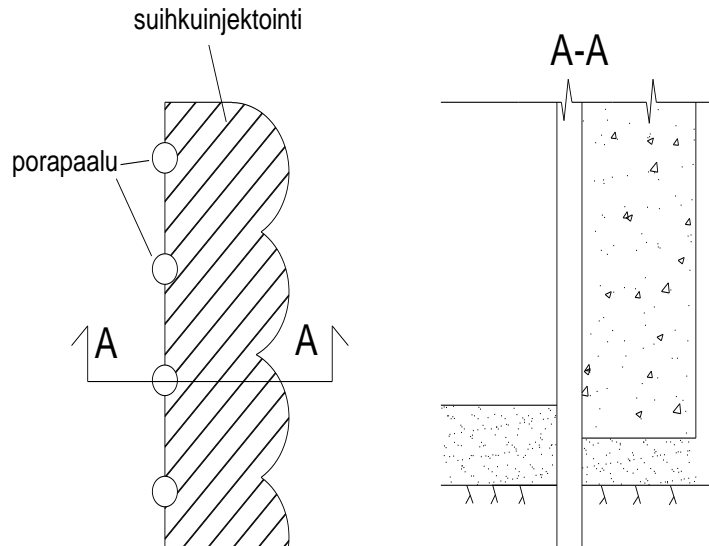
KUVA 8. Vanhan torikannen tuenta porapaaluilla.
Kuva Henri Laitinen 2012.

3.1.4 Suihkuinjektointi

Suihkuinjektointi tai tavanomaisemmin suihkupaalutus on maaperän vahvistus- ja tiivistysmenetelmä. Menetelmässä maahan porataan putki, jonka kautta suihkutetaan veden ja sementin seosta kovalla paineella maaperään. Porausputkea pyöritetään ja nostetaan hitaasti samanaikaisesti. Näin muodostuu maasta ja sementistä koostuva pilarimainen rakenne, jonka halkaisija on noin 1-2 metriä. Suihkuinjektointi voi saavuttaa 15-25 MN:n puristuslujuuden.

Suihkuinjektointia voidaan käyttää maaperän tiivistämisen ja stabiloinnin lisäksi myös perustusten vahvistamiseen. Alatori-hankkeessa suihkuinjektointia käytettiin lähinnä toimimaan porapaalujen kanssa yhtenäisenä tukiseinänä ahtaissa paikoissa vanhan torikannen alla sekä kalahallin alueella. Kunnollisen tukiseinän kannalta on tärkeää,

että suihkuinjektointi tulee aivan kiinni porapaaluihin. Pienetkin raot heikentävät rakenteen toimivuutta.



KUVA 9. Periaatepiirros tukiseinästä suihkuinjektioimalla.

Kuva Henri Laitinen

Suihkupaalujen oikean halkaisijan ja sijainnin varmistamiseksi työt aloitetaan tekeillä muutama koepilari. Niiden yläpäätkäivetaan esiin ja mitataan halkaisijat. Mittausten ja aikaisemman kokemuksen myötä nähdään esim. kuinka kovalla paineella ja pyörimisnopeudella päästään oikeanlaiseen tulokseen. Koepilareista myös porataan näytepalat, jotka viedään testauslaitokselle. Niistä otetaan 28 päivän ikäisinä puristuskokeet. Näin varmistetaan riittävän lujuuden saavuttamisesta.

Suihkutustyön laaduntarkkailua varten automaattiseen seurantalaitteistoon kirjautuu ylös mm. suihkutusaine, porausnopeus ja -syvyys, sekä sementtimenekki. Hyvä laadunvalvontakeino on myös silmämääräinen tarkkailu, jota kokeneet työntekijät jatkuvasti tekevät.

3.2 Kaivantotyöt

Alatorilla alueen kaivantotyöt tehdään suunnitelmissa esitettyjen kaivutasojen mukaan. Kaivutasot määräytyvät aluksi tuenta- eli ankkurointitasoista ja lopulta perustamistasosta. Perustukset tehdään osittain kallionvaraisina ja osittain maanvaraisina. Kallionvaraisena perustettavan osan loppukaivu voidaan tehdä huoletta kaivinkoneella niin pitkälle kuin mahdollista. Maanvaraisten perustusten kohdalla häiriintymisherk-

kä maa-aines kaivetaan 400 mm perustustason alapuolelle, jolloin jää tilaa levitettävälle sepelikerrokselle.

Rakennusalue kuuluu harjumuodostelmaan ja maalajeina ovat hiekka ja sora. Kaupatori on rakennettua aluetta, joten pinnassa on myös täyttökerroksia. Alueelta kaivettua maa-ainesta voidaan käyttää monessa kohtaa täyttöihin. Muutoin kaivettu maa kuljetetaan kaupungin osoittamiin paikkoihin.



KUVA 10. Maankaivu käynnissä Alatorilla. Kuva Henri Laitinen 2011

Suuren kaivannon työnaikainen kuivana pitäminen on tärkeää. Kaivannossa tehtävät työt on pystyttävä asianmukaisesti suorittamaan eikä pohjamaa saa häiriintyä maanvaraisten rakenteiden kohdalla. Ulkopuolisten pintavesien kulkeutumista kaivantoon pyritään välttämään esimerkiksi ojien tai kaivannon reunan muotoilun avulla. Kaivantoon päässeet vedet pumpataan pois erillisistä suodattimilla varustetuista pumppukuopista. Mikäli maalaji on häiriintymisherkkää, suoritetaan pohjavedenalennus ennen kaivun aloittamista.

Alatorilla pohjaveden pinta on rakenteiden perustamistason alapuolella. Tästä syystä pohjavedenalennusta ei tarvinnut tehdä. Kaivantoon vettä tuli lähinnä sateena sekä valumavesinä olevalta torikannelta. Katujen ja torikannen pesuvedet valuivat suuriltoisin kaivantoon. Torin alueella oli myös pohjavesipinnan yläpuolelle, vettä läpäise-

mättömien maakerrosten päälle, muodostunut orsivettä. Vedenpoisto tapahtui uppopumpuilla montuista (KUVA 11). Vesi joko imeytettiin hiekkaan tai johdettiin suoraan viemäriin.



KUVA 11. Uppopumppu työssänsä torimontussa. Kuva Henri Laitinen 2011

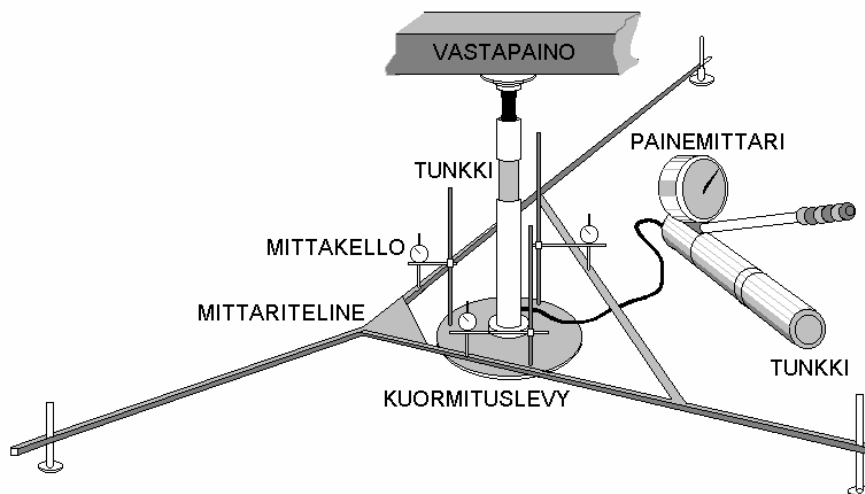
3.3 Täyttö- ja tiivistystyöt

Täyttötyöt kohteessa ovat vaativia. Osittain täyttökerrokset ovat yli 10 m korkeita ja paikoittain hyvinkin kapeissa tiloissa. Erityisesti uusien ajotunneleiden vierustäytöt ovat haastavia. Siellä täytöt tehdään alle metrin levyisiin, useita metrejä syviin kanaaleihin. Yläpuolelle tulee katurakenteita, joten maakerrokset on saatava tiiviiksi. Täytöt joudutaan tekemään ohuissa, korkeintaan 40 cm:n kerroksissa sulan maan aikaan. Täyttömateriaalit toimittaa Rudus Oy ja käytössä on myös torin kaivutöiden yhteydessä saatua materiaalia. Levitys hoidetaan kaivinkoneella ja tiivistykset tehdään tapauskohtaisesti. Käytössä on aina 90 kg:n tärylevystä 6 000 kg:n jyriin. Täyttötöiden teossa tärkeää on kokenut ja vastuuntuntoinen työryhmä. Täytöt jäävät valmiissa rakennuksessa piiloon katseilta, joten työn jälkeä täytyy tarkastaa koko ajan sen edetessä. Mahdollisia virheitä ja laiminlyöntejä on kallista korjata jälkikäteen.

Täyttötyöt ja niiden laadunvalvonta tehdään RIL 132-2000 ”Talorakennuksen maa- rakenteet” ohjeita noudattaen. Perustusten alustäytöissä noudatetaan laatuluokkia 1 ja 2. Maanvaraisen lattian ja salaojituskerroksen osalta laatuluokkaa 1. Materiaalien käyttökelpoisuus todetaan työmaalla sinne toimitetuista materiaaleista. Täyttömateriaalien tiiviyyttä ja kantavuutta mitataan levykuormitus- sekä pudotuspainokokeilla.

3.3.1 Levykuormituskoe

Levykuormituskoe soveltuu karkearakeisille kiviaineksille, joiden tilavuuspainon määrittäminen muuten on epätarkkaa. Kokeessa alustaa kuormitetaan pyöreän teräslevyn välityksellä ja mitataan levyn alapinnassa vaikuttavan paineen aiheuttamaa painumaa. Levykuormituskokeen laitteisto koostuu pyöreästä teräslevystä, hydraulisesta tunkista, mittaritelineestä, mittakelloista (3 kpl, tarkkuus 0,01 mm), vastapainosta (vähintään 80 kN) sekä apuvälineistä.



KUVA 12. Levykuormituskoealusteisto (Lehtiniemi, 2011a)

Kokeen suorittamista varten tutkittavalta alueelta poistetaan kaikki irtonaiset ainekset. Tämän jälkeen alue tasataan ohuella hiekkakerroksella. Kuormituslevy ja vastapaino laitetaan paikalleen. Vastapainona työmaalla toimii yleensä jokin työkone, kuten Alatorilla käytettiin pyöräalustaista kaivinkonetta. Vastapainon ja levyn väliin asetetaan hydraulinen tunkki ja sen ympärille mittariteline sekä mittakellot. Mittakellot tulee olla levyn reunan kolmannespisteissä ja pystysuorassa lukemisen helpottamiseksi.

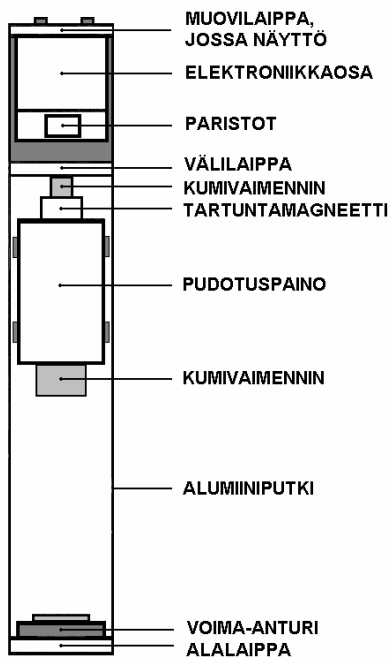
Tasaushiekan tiivistymiseksi levyä kuormitetaan 3,5 kN:n esikuormalla. Esikuormituksen ja kuorman poistamisen jälkeen mittakellot nollataan. Kokeessa maapohjaa

kuormitetaan 10 kN:n välein aina 60 kN:iin asti. Kun levyn painumisnopeus jokaisella kuormitusportaalla on laskenut alle 0,1 mm/min, mittakellot luetaan ja tulokset merkaataan pöytäkirjaan. Viimeisen portaan jälkeen kuormitus poistetaan ja pysyvä painuma mitataan. Sitten koe toistetaan. Kokeen jälkeen lasketaan painumalukemien keskiarvot ja laaditaan kuormitus-painuma-kuvaaja. Kuvaajan ja painumien keskiarvojen perusteella lasketaan E-arvot, jotka kertovat kuormituskokeissa saadut maapohjan kantavuudet (MN/m²). Tiivistystarkkailua varten lasketaan lopuksi suhde E_2/E_1 , eli toisen kuormituskokeen tulos jaettuna ensimmäisen kokeen tuloksella. Tämä luku ei saa olla ohjearvoa 2,2 suurempi. Levykuormituskokeita suoritetaan suunnitelmien edellyttämällä laajuudella, kuitenkin yleensä tekemällä vähintään 1 mittaus/400m² tai kerralla tiivistettävä kerros (RIL 132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet, 2000).

Jotta levykuormituskoe olisi mahdollisimman luotettava, on otettava huomioon eräitä seikkoja. Kokeen aikana kaikkea tärinää on vältettävä. Esim. vastapainona käytettävää työkonetta ei saa käynnistää tai käyttää. On myös tarkkailtava, tapahtuuko maapohjassa murtumista. Murtuminen havaitaan painumisnopeuden hitaana vähenemisenä tai painuminen ei vähene ollenkaan. Murtuneesta maapohjasta saatuja koetuloksia ei voida käyttää. Levykuormituskokeen syvyysvaikutus on melko suuri (n. 1,5...2,0 x levyn halkaisija). Tästä syystä koepaikalla olevat syvemmät maakerrokset ja niiden epähomogeenisuus, kuten kivet, humus ym., voivat vaikuttaa koetulokseen. (Lehtiniemi 2011a.)

3.3.2 Pudotuspainokoe

Pudotuspainokokeet tehdään kannettavalla Loadman II pudotuspainolaitteella. Alatorilla laitetta käytetään paikoissa joihin vastapainon saaminen levykuormituskoetta varten on hankalaa, kuten syvissä kaivannoissa. Pudotuspainolaitteella kuormitus saadaan aikaan pudottamalla laitteen sisällä oleva teräspaino vaimentimelle, josta kuormitus siirtyy kuormituslevyn kautta maanpintaan. Laitteessa oleva kiihtyvyyssanturi mittaa pudotuspainon aiheuttaman kiihtyvyyden, kun paino osuu kuormituslevyyn. Laitte muuttaa kiihtyvyyssarvon alustan taipumaksi ja laskee taipuma-arvon perusteella kantavuusmoduulin E. Tiiviyden tarkastelua varten tehdään toinen mittaus ja saatua E-moduulia verrataan ensimmäiseen. Mitä lähempänä E-moduulien suhde on lukua 1, sitä tiiviimpää maarakenne sillä kohtaa on. Tarkkoja mittaustuloksia varten laite on asetettava pystysuoraan ja se hierotaan paikalleen, jolloin pohjalevy koskettaa koko alaltaan alustaa.



KUVA 13. Loadman II pudotuspainolaitteen periaatepiirros
(Lehtiniemi, 2011b)

Perustusten alustäytöt rakennetaan murskeesta. Työt tehdään täyttökerroksittain ja tiivistetään huolellisesti kultakin kerrokselta. Tiiviysastevaatimuksena on 95 % (laatu-luokka 2), eli täyttömateriaalista mitatun kuivatilavuuspainon on oltava vähintäänkin 95 % parannetulla Proctor-kokeella saadusta maksimikuivatilavuuspainosta. Kuitenkin täyttökerroksen ollessa yli 2,0 m, tiiviysvaatimuksena on 97 % (laatu-luokka 1). Perustusten alapuolisen täytteen pinta saa poiketa suunnitelmien mukaisesta tasosta -50...+0 mm. Alustäyttöjä tulee tontille melko paljon, koska noin puolet alueesta perustetaan maanvaraisena.

Maanvaraisen lattian alle tulevat alustäytöt tehdään routimattomista maalajeista, louheesta tai murskeesta. Alustäytön tiiviysastevaatimuksena on laatu-luokka 1 eli 93 %. Käytettävän materiaalin tulee olla sekarakeista, rapautumatonta ja hyvin rapautumista kestävä. Materiaali saa sisältää #0,25 mm pienempää ainesta korkeintaan 20 %. Materiaalin hienoainespitoisuus ($\# < 0,06$ mm) saa olla korkeintaan 10% laskettuna #20 mm pienemmistä aineksista (RIL 132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet, 2000). Salaojituskerros tehdään salaojasepelistä. Kerroksen paksuuden tulee olla vähintään 300 mm. Toleranssina salaojituskerroksen alapuolisen täytteen pinnalle on -50...+0 mm ja salaojituskerroksen yläpinnalle -20...+0 mm suunnitellusta tasosta.

Rakenteiden vierustäytöt sokkelin ja perusmuurin viereen tehdään 300 mm paksuisesta salaojituskerroksesta, joka ulotetaan yhteyteen salaojaputkiston kanssa. Lopputäyttö tehdään kerroksittain tiivistettävästä materiaalista. (Lehtiniemi 2011b.)

3.4 Putkirakenteet ja johdot alueella

Ennen varsinaisten rakennustöiden aloittamista on kartoitettava olemassa olevat putket ja kaapelit karttojen avulla. Näin vältetään rikkomasta mitään kaivun aikana. Myös alueen vesihuolto on suunniteltava hyvin etukäteen. Vesihuoltosuunnitelmasta selvittää työnaikaisten sekä lopullisten linjojen rakentaminen.

Alatorin alueen vesihuoltoverkosto on pääosin 1990-luvulla rakennettua/saneerattua ja se on hyväkuntoinen. Hankkeella on suuri vaikutus alueen vesihuoltoverkostoihin. Haapaniemenkadun ja Puijonkadun alla kaivettavilla alueilla kulkee vesijohdot sekä jäteveden ja sadeveden runkoputket, jotka palvelevat ympäröiviä kiinteistöjä. Vesihuollon on toimittava myös rakentamisen aikana, joten väliaikaisia järjestelyjä on tehtävä paljon. (Alatorin vesihuollon yleissuunnitelma 2008.)

Urakoitsija tekee kaikille lopullisille putkilinjoille koeponnistukset ja hoitaa vesijohtojen desinfioinnin. Viemäriinjoita videokuvataan ja materiaali annetaan valvojalle tarkastettavaksi ennen linjan käyttöönottoa.

3.4.1 Työnaikaiset rakenteet

Jäte- ja sadevesiviemärit toteutetaan rakentamisen aikana väliaikaisella paineviemäriellä. Putket ripustetaan kulkemaan liikkeiden kulkusiltojen alla ja jokainen putki lämpöeristetään talven ajaksi sekä varustetaan itsesäätyvällä lämpökaapelilla. Niin jätekuin sadevesiviemärinkin on oltava toiminnassa katkotta koko rakentamisajan. Haapaniemenkadun vesijohto on osa keskustan kiertovesijohtoja ja sen kautta hoituu viereisten kiinteistöjen sprinklerien vedensyöttö. Runkovesijohdon on siis toimittava myös rakentamisen aikana. Sen sijaan Puijonkadun syöttövesijohdossa sallitaan lyhyet katkokset. Katkoksista on aina ilmoitettava etukäteen.



KUVA 14. Työnaikaisten putkien kannatusta Puijonkadulla. Kuva Henri Laitinen 2012

3.4.2 Lopulliset rakenteet

Lopullisessa tilanteessa sadevesijohdot Haapaniemenkadulla ja Puijonkadulla kannatetaan parkkihallin katosta ja seinistä. Putket lämpöeristetään ja koteloidaan uretaanieristeellä. Kauppakadun eteläpuolella Haapaniemenkadulla ja Puijonkadulla niin sadevesi-, viemäri-, kuin vesijohtoputketkin kulkevat maassa. Korkean täytön varaan asennettujen linjojen kohdalla on oltava erityisen tarkka tiivistystyön laadusta, ettei jälkipainumia synny. Maahan asennettavat putket eristetään, jos ne sijaitsevat kylmien rakenteiden läheisyydessä tai peittosyvyys jää matalaksi.

Oman hankaluutensa tuovat tonttijohdot. Niitä varten tukiseinään on tehtävä aukkoja. Teräsponsittiseinän kohdalla ponttipaalu jätetään lyömättä ja tonttijohdon liittämisen jälkeen tukiseinä viimeistellään hitsaamalla teräslevyjä kaivun edetessä. Kaivinpaalu-seinän kohdalla pyritään sijoittamaan raudoittamaton paalu tonttijohdon kohdalle. Tällöin voidaan paaluun porata reikä johtoa varten.

3.5 Louhinta

Louhintatyöt vaativat aina luvat, ilmoitukset ja vastuuhenkilöiden nimeämiset. Ennen louhintatöiden aloittamista pidetään katselmus jossa arvioidaan tärinälle alttiita rakennuksia, rakenteita ja laitteita. Katselmuksessa myös dokumentoidaan jo olemassa olevat vauriot ennen töiden aloittamista. Vauriot kartoitetaan uudestaan louhinnan jälkeen. Tämä helpottaa mahdollisten vahinkojen aiheuttamien korvausten määräytymistä jälkeenpäin. Alatori-hankeessa katselmuksia oli tehtävä vähintään 70 m:n säteellä louhinta-alueesta. Ennen töiden aloitusta urakoitsija laatii louhintatyön yleis-

suunnitelman, josta ilmenee mm. louhintajärjestys ja irroitussuunta. Lisäksi tehdään yksityiskohtaiset poraus-, panostus- ja sytytyssuunnitelmat. Suunnitelmat toimitetaan rakennuttajalle ennen poraustöiden aloittamista.

Torin ympäristössä on paljon tärinäherkkiä rakenteita ja laitteita. Vanha kivilatomuksen varaan perustettu Kuopion Lyseon lukio on yksi näistä. Myös vieressä sijaitsevat pankit, apteekit ja optikkoliikkeet ovat tärinälle herkkiä. Urakoitsija suorittaa koko louhintatyön ajan tärinävalvontaa lähimmissä kiinteistöissä. Tärinäantureiden paikat sovitaan valvojan kanssa ja niistä saadut arvot välittyvät räjäytyksen jälkeen tietokoneelle tai vastaavasti panostajan puhelimeen. Tulokset merkataan työmaapäiväkirjaan ja niistä toimitetaan raportti valvojalle viikoittain.

Louhinnasta aiheutuvat ympäristöhaitat on pyrittävä minimoimaan. Porauksesta tuleva kivi- ja pöly johdetaan poravaunun pölynkeräysastiaan ja kuormattavaa louhetta kastellaan tarpeen mukaan pölyämisen estämiseksi. Poravaunuista, kompressoreista ja muista laitteista syntyy myös melua. Tarvittaessa melulähteet on sijoitettava äänieristettyyn tilaan. Alatorilla melu ei saanut ylittää lähimmissä huonetiloissa mitattuna arvoa 45 dB eikä jalkakäytävillä 75 dB. Louhintakentät täytyy suojata raskailla kumimatoilla tai teollisuushuovilla kivien ylisuuren heiton ja sinkoutumisen estämiseksi. Suojaustyössä tärkeää on myös porauksen oikea suuntaus sekä kallion laadun mukaan tehty panostus.

Alatorilla louhinta suoritettiin pääosin avolouhintana. Myös tarkkuuslouhintaa käytettiin joiltain osin, esimerkiksi vanhan torikannen tukena olevien porapaalujen läheisyydessä. Lisäksi louhittiin kanaaleita putkille ja kaapeleille sekä erillisiä syvennyksiä esimerkiksi pumppaamoille. Louhittavaa aluetta oli yhteensä noin 1 700 m² ja louhetta syntyi 11 500 m³ ktr. Ylimääräinen louhe kuljetettiin kaupungin osoittamiin paikkoihin.

Louhintatoleranssina käytettiin normaalilouhinnassa -100...+400 mm teoreettisesta profiilista. Tarkkuuslouhinnassa arvot ovat puolta pienemmät. Suurin sallittu lohkokoko on 600 mm. Osittain louhinta ylitti huomattavasti sallitut toleranssit. Tämä johtui kallion laadusta, ei niinkään ammattitaidottomuudesta tai liian suuren panoksen käyttämisestä.



KUVA 15. Louhintatyöt käynnissä Alatorin työmaalla. Kuva Henri Laitinen 2011

4 TÖIDEN YHTEENSOVITTAMINEN

4.1 Lähiympäristö

Keskusta-alueen työmaan sijoittaminen ympäristöönsä vaatii huolellisen ennakkosuunnittelun. Työmaa ei saa tarpeettomasti hankaloittaa ihmisten liikkumista. Jalankulkijoille varataan tarpeeksi tilaa ja kulkutiet aidataan hyvin, ettei tapaturmia satu. Kaivutöiden edetessä aitaukset täytyy vahvistaa putoamisen estämiseksi. Kulkuteiden kuntoa seurataan päivittäin. Kaivaminen ja varsinkin sateet voivat syödä maata aitauksien vierestä ja aiheuttaa vaarallisia sortumia. Aitaukset on hyvä käydä tarkistamassa myös viikonloppuisin, jolloin jalankulkijoita on paljon liikkeellä. Muuttuneet järjestelyt pyritään osoittamaan liikennemerkein mahdollisimman selkeästi.

Raskaan kaluston tuonti työmaalle on mietittävä yksityiskohtaisesti. Siirtäminen voi olla hidasta ja vaatia esim. teiden väli aikaista katkaisemista. Tämän takia ajankohdaksi sopii hyvin aikainen aamu tai myöhäinen ilta. Myös siirtoreittien kantavuudesta on varmistuttava etukäteen.

4.2 Muut urakoitsijat

Suuri infrapainoitteinen hanke, jossa myös talonrakennus toimii samanaikaisesti, aiheuttaa aina logistisia ongelmia työmaalla. Niin myös Alatorilla. Vaikka tilaa on paljon, siitä ei voida hyödyntää kuin murto-osa. Koko ajan etenevät kaivutyöt syövät omalta osaltaan tilaa, koska kaivannon täytyy olla luiskattu noin suhteessa 1:1. Myös ajoradat on kaivutöiden aikana pystyttävä pitämään kunnossa niin, että niillä voidaan liikkua raskaillakin ajoneuvoilla. Hienorakeinen hiekka on kaivettaessa hankalaa, koska se on hyvin upottavaa. Monesti ajoratojen kohdalla hiekan päälle joudutaankin ajamaan kerros karkearakeisempaa ainesta, kuten soraa. Näin varmistetaan tarvittava kantavuus.

Vuorovaikutteinen ennakkosuunnittelu on töiden yhteensovittamisessa tärkein asia. Mikäli mahdollista tontille tehdään monta sisään- ja ulosajoreittiä. Maanajon on kuljetettava keskeytyksettä vaikka tontilla on paljon muutakin liikennettä samanaikaisesti. Esimerkiksi ajoneuvonosturit vaativat tilaa ja ovat monesti paikallaan useita tunteja. Niille on valmisteltava kantava alusta ja mietittävä sen paikka etukäteen. Myös perustustyöt etenevät usein samanaikaisesti kaivutöiden kanssa. Betonipumput ja -autot tarvitsevat esteettömän kulun, koska betonoinnit ovat osaltaan tahdistavia työvaihei-

ta. Betonipumppuautot ovat kiireisiä varsinkin kesäaikaan ja silloin työtunnit on käytettävä tehokkaasti hyödyksi.

Maan- ja talonrakennuksen olisi hyvä perehdyttää toista osapuolta omiin töihinsä. Molemmilla on omat näkemyksensä ja tavoitteensa töiden etenemisestä. Aina aikataulutus ei kuitenkaan ole kovin totuudenmukainen; jokin yksinkertaiselta tuntuva työvaihe saattaa todellisuudessa viedä paljon enemmän aikaa ja resursseja mitä ennalta voisi luulla. Tästä syystä aikataulujen yhteensovitus ja töiden etenemisen yhdessä miettiminen ovat ensiarvoisen tärkeitä. Esimerkkinä tästä on Alatorilta kaivinpääluseiniin tehtävät ankkuripalkit. Ensiksi kaivutyöt on tehtävä oikeisiin kaivutasoihin. Sitten päästään puhdistamaan paalun pintaa ja poraamaan tartuntateräksiä. Tämän jälkeen raudoittajat pääsevät työhönsä ja palkin muottityöt voidaan aloittaa. Valun jälkeen muotit puretaan ja betonin annetaan kovettua noin viikko. Vasta sitten ankkurit pystytään jännittämään. Lyhyelläkin palkkiosuudella tähän menee helposti 2-4 viikkoa ennen kuin kaivutöitä voidaan jatkaa alaspäin. Samankaltaisia työvaiheita on tällaisessa projektissa paljon. Siksi realistinen aikataulutus ja toisen osapuolen töistä perillä oleminen helpottaa todella paljon. Järkevää on myös pitää varalla muutamia työpisteitä auki, ettei turhia odotuksia synny.

Oman hankaluutensa tuovat materiaalitoimitukset, joita saattaa varsinkin aliurakoitsijoiden toimesta tulla tontille miten sattuu. Helpointa on, kun aliurakoitsijat velvoitetaan ilmoittamaan toimitusten saapumisesta etukäteen ja heille osoitetaan selkeä paikka, jonne lastin voi purkaa. Suurten toimitusten purku kestää kauan ja voi huonossa paikassa huonoon aikaan keskeyttää muun liikenteen.

Louhintatyöt tuovat oman lisänsä töiden yhteensovittamiseen. Maanrakentajien on huolehdittava kallionpinnan esille kaivamisesta sekä pidettävä alusta tarpeeksi tasaisena poravaunujen kuljettavaksi. Louhinnan on myös edettävä johdonmukaisesti ja mahdolliset syvennykset sekä kanaalit louhitaan mahdollisuuksien mukaan ennen perustustöiden aloittamista. Tämä helpottaa talonrakennuksen työtä huomattavasti. Anturamuotit päästään rakentamaan rauhassa ja valut voidaan suorittaa ilman, että vieressä räjäytetään. Sitoutumisvaiheessa olevan betonin värinänkestävyys on nimitäin huonoa. Kaikista pahin aika on 6 - 72 tuntia valusta. Liian lähellä tehtävien räjäytystöiden vuoksi myös anturamuotit voivat särkyä räjäytyksen voimasta. Tämä teettää taas paljon lisätyötä.

Kallionvaraisten anturoiden kohdalla louhinta tehdään erityisen huolellisesti. Vajaaksi jäänyttä louhintaa joudutaan ampumaan uudestaan tai vaihtoehtoisesti lyömään kairavinkoneen iskuvasaralla. Yli mennyt louhinta taas aiheuttaa muita ongelmia. Pahimmassa tapauksessa joudutaan tekemään uudet suunnitelmat anturan raudoituksen osalta. Myös materiaalimenekit ovat ylilouhinnasta johtuen huomattavasti suuremmat. Tällaiset riskit on huomioitava sopimuksessa ja vastuuta siirrettävä louhintaurakoitsijalle. Näin saadaan huomattavasti tarkempaa työn jälkeä.

5 YHTEENVETO

Laajoissa rakennushankkeissa täytyy aikataulullisen ja taloudellisen paineen lisäksi keskittyä entistä enemmän työn laadulliseen puoleen. On myös mietittävä eri työvaiheiden yhteensovittamista ja hahmotettava hankkeen kokonaisuus. Opinnäytetyössäni tarkoituksena oli tutustua erilaisiin infrarakentamisen työmenetelmiin ja niiden laadunhallintaan. Työ soveltuu myös talonrakennuksen puolella työskenteleville eräänlaisena käsikirjana infratöistä ja niiden sisällöstä.

Vaikka opinnäytetyöni käsitteleekin pääasiassa Alatori-hankkeen työvaiheita, se toivottavasti antaa myös yleisen käsityksen infratöiden laajuudesta. Viime kesän kokemuksen perusteella töiden yhteensovittamisessa on vielä paljon parannettavaa. Yhteisiin tavoitteisiin pääsemiseksi myös hieman tuntemattommista menetelmistä on hyvä ottaa selvää. Aineistoihin tutustuminen auttoi ainakin itseäni ymmärtämään kuinka erilaiset vaatimukset ohjaavat rakentamista ja miksi työt tehdään tietyllä tavalla. Tulevaisuutta ajatellen opinnäytetyöhön käytetty aika ei varmasti ole mennyt hukkaan ja uutta on tullut opittua paljon. Uusien kokemusten myötä myös työn täydentäminen on mahdollista jolloin kokonaisuudesta saadaan entistä kattavampi.

LÄHTEET

Alatorin vesihuollon yleissuunnitelma 15.8.2008.

Lehtiniemi, Raimo. Työohjeet s2011, levykuormituskoe. Savonia AMK.

Lehtiniemi, Raimo. Työohjeet s2011, pudotuspainokoe. Savonia AMK.

RIL 230-2007. Pienpaalutusohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2007.

RIL 132-2000. Talonrakennuksen maarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2000.