

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Jan Sivén

Viikin uuden väestönsuojan tunnelimittaukset

Insinööri työ 6.6.2010

Ohjaaja: mittaustyönjohtaja Timo Mättö
Ohjaava opettaja: yliopettaja Vesa Rope

Tekijä Otsikko	Jan Sivén Viikin uuden väestönsuojan tunnelimittaukset
Sivumäärä Aika	56 sivua 6.6.2010
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	mittaustyönjohtaja Timo Mättö yliopettaja Vesa Rope
<p>Tässä insinööri­työssä perehdyttiin tunnelityömaan erilaisiin rakennusvaiheisiin ja niiden mittauksiin. Insinööri­työn tueksi työssä pureudutaan erään tietyn tunnelityömaan työvaiheisiin ja niiden työvaiheiden mittaamiseen lähemmin.</p> <p>Työssä kerrotaan yleisesti tunnelityömaalla tapahtuvasta rakentamisesta. Työssä tuodaan esille, miten mittaus sisältyy tunnelityön kuhunkin työvaiheeseen. Työssä käydään läpi tunnelityöskentelyyn soveltuvaa mittauskalustoa ja mittaushjelmistoa. Työssä tuodaan lisäksi esille tunnelimittausten eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia muuhun rakentamisen mittaukseen.</p> <p>Tässä työssä paneuduttiin lisäksi tarkemmin Viikin uuden väestönsuojan työmaan tunnelimittauksiin. Työssä kerrotaan työmaan pisteiden luonnista, pisteverkon tarkistamisesta, louhintavaiheen mittauksista, tunnelityömaan merkintä- ja asennusmittauksista sekä tunnelityömaan kartoitusmittauksista sekä niiden analysoinnista ja oikeanlaisesta raportoinnista. Tämän insinööri­työn perusteella lukija saa kuvan tunnelityöskentelyn perusteista ja siitä, miten mittaukset tulisi soveltaa jokaiseen tilanteeseen.</p>	
Hakusanat	tunneli, maanmittaus, JT – mittaus Oy, väestönsuoja, kartoitusmittaus, Viikin uusi väestönsuoja

Author Title	Jan Sivén Surveying the tunnel in the civil defence shelter in Viikki
Number of Pages Date	56 6 June 2010
Degree Programme	Land Surveying
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Timo Mättö, Surveying Supervisor Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study the differences between tunnel surveying and conventional construction surveying, and get to know tunnel construction and tunnel surveying. To reach the goal, a big tunnel construction site in Viikki, Helsinki was taken a deep look into.</p> <p>The sources used in the final year project were earlier research and the enormous amount of experience certain tunnel surveying professionals possess. The survey in this project was done with a tacheometer because of its accuracy. Various computer programs and surveying methods used in tunnel surveying were also introduced in this bachelor thesis.</p> <p>Tunnel surveying was more precisely looked into through the construction of the civil defense shelter and parking lot in Viikki, Helsinki. The aspects studied in the final year project were the creation of tunnel surveying points, the mapping and the consequent reporting, the way to carry out surveying while mining and drilling operations are in progress, and the analysis of the results.</p> <p>In conclusion, it was established that once the surveyor knows the basics and is ready to learn more, surveying the underground is not difficult.</p>	
Keywords	tunnel, tunnel surveying, land surveying, mapping, mining, drilling, tacheometer, JT-mittaus Oy

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
1.1	Työn taustat ja tavoitteet	6
1.2	Tunnelien mittaukset	6
1.3	Tunnelityömaat	7
2	JT-mittaus Oy	8
2.1	Kalusto ja ohjelmistot	9
2.2	JT-mittaus Oy:n historia tunnelien mittauksissa	9
3	Tunnelirakentaminen	10
3.1	Tunnelirakentamisen alkaminen	10
3.2	Tunnelirakentamisen suunnittelu	11
3.3	Tunnelien rakentaminen	12
4	Tunnelirakentamisen mittaukset	17
4.1	Mittaukset ennen tunnelityömaan alkua	17
4.2	Mittaukset louhintavaiheessa	18
4.3	Lähtöpisteet ja niiden ylläpito sekä valvonta	20
4.4	Mittaukset louhinnan jälkeen	23
4.5	Tarkkeet tunnelityömaalla	25
4.6	Mittaustulosten analysointi ja raportointi	28
5	Viikin uusi väestönsuoja	29
5.1	Viikin uuden väestönsuojan selvitykset ja suunnittelu	29
5.2	Viikin uuden väestönsuojan rakentaminen	31
5.3	Viikin uuden väestönsuojan mittaukset	34
5.3.1	Pisteverkon rakentaminen	35
5.3.2	Merkintämittaukset	36
5.3.2	Tarkemittaukset	41
6	Yhteenveto	43
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1: Viikin uuden väestönsuojan mittaussuunnitelma	47
Liite 2: Erot kaupungin pisteisiin uuden jonomittauksen jälkeen	49
Liite 3: Viikin uuden väestönsuojan jonomittauksen havaintoraportti	50
Liite 4: Salaojakaivopiirustus.....	56

1 Johdanto

1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää erään maanmittauksen erikoisalan, tunnelimittauksen, lainalaisuuksia ja tuoda niistä informaatiota muiden alasta kiinnostuneiden tietoisuuteen erään maanmittausalan yrityksen palveluksessa saatujen kokemusten perusteella. Tarkoituksena on ollut perehtyä syvällisesti tunnelissa tapahtuvien rakennusmittausten perusasioihin, kriittisiin pisteisiin sekä niiden eroihin tavallisista maanrakennus- ja talonrakennusmittauksista.

Työssä tuodaan tarkemmin esiin erääseen tiettyyn tunnelityömaahan liittyviä asioita. Näin saadaan hyvä kuva tunnelityömaan rakentamisen vaiheista ja mittauksista.

1.2 Tunnelien mittaukset

Tunneleissa mitattaessa on tärkeää, että on hyvät lähtöpisteet, joista tehdään jonomittaus kaikkine tasoituksineen. Maan alla luontainen suuntavaisto katoaa, joten lähtöpisteisiin tulee voida luottaa.

Tunneleihin rakennettavan verkon suunnittelussa ja toteutuksessa on kiinnitettävä huomiota erityisesti

- verkon rakenteeseen
- havaintotekniikkaan ja – menettelyyn
- kojeiden ja tähytysten keskistysvirheiden minimointiin
- mittauskaluston valintaan
- verkon laskentaan ja analysointiin. (1)

Tunneleissa työskentelee paljon erilaisia työkoneita, joiden toiminta tulee ymmärtää perusteellisesti, jotta tunnelissa työskentely olisi turvallisempaa ja tehokkaampaa.

Tunneleissa toimii alaansa erikoistunut asiantuntijajoukko, joka tuntee oman erikoisalansa. Tunneleissa mittaavat mittausalan ammattilaiset ovat yleensä erikoistuneet juuri tunneleiden mittaamiseen, joten heistä on kokemuksen myötä kehittynyt oman erikoisosaamisensa ammattilaisia.

1.3 Tunnelityömaat

Tunnelityömaat sijaitsevat pääsääntöisesti maan alla. Maan alle rakennetaan erityisesti tiheään rakennetulla alueella tilan puutteen vuoksi.

Tunnelityömailla poraudutaan yleisesti kallion sisään, sillä kallio on yleensä kestävä materiaalia. Tunnelityömailla louhinta, poraukset, panostamiset, kovat äänet ja räjäyttämiset ovat arkipäivää ja niihin sekä niiden vaikutuksiin tulee varautua hyvillä suunnitelmilla sekä riittävillä varotoimilla.

Tunnelityömaa saattaa olla parkkihalli, väestönsuoja, tietunneli, ratatunneli, huoltotunneli, kylpylä tai vaikkapa kuvan 1 mukainen kallion sisään tehty uimahalli. (2)



Kuva 1. Itäkeskuksen kallion sisään tehty uimahalli (3).

2 JT-mittaus Oy

JT-mittaus Oy on kolmen maanmittausinsinöörin vuonna 2004 perustama maanmittausalan yritys, jonka päätoimipiste on Vantaan Vapaalassa.

Yritys toimii pääsääntöisesti rakennusmittausten toimialalla kohteinaan rautatiet, tiet, sillat, rakennukset sekä tunnelit.

Yrityksen tärkeimpiä yhteistyökumppaneita ovat suuret rakennuttajat, kuten SRV, Niska&Nyyssönen, VR – Rata, Ratahallintokeskus, sekä monet pienemmät rakennusalan toimijat. Yritys on toiminut aliurakoitsijana monilla suurilla työmailla, kuten E18-moottoritie, Vuosaaren satama, Kehä III:n parannus sekä Kamppiparkin tunnelityömaa. Yrityksessä on neljän omistajan lisäksi töissä viisi työntekijää

säännöllisesti sekä kesällä muutama kesätyöntekijä näiden lisäksi. JT-mittaus Oy on saanut paljon myönteistä huomiota myös tunnelimittausten erikoisosaamista vaativalla alalla. (4)

2.1 Kalusto ja ohjelmistot

Mittauskalustoon yritys on hankkinut useita laadukkaita Geotrim Oy:n maahantuomia Trimblen S6-takymetrejä. Käytössä on näiden lisäksi yhä muutamia Trimblen DR5600+-takymetrejä. Yritys panostaa jatkuvasti uuden ja paremman kaluston hankintaan. (4)

Yritys käyttää 3D-Win-maanmittausohjelmistoa, joka on käytössä lähes jokaisessa maanmittausalan yrityksessä Suomessa. Tämän lisäksi rakennusmittausten sektorilla AutoCad -ohjelma on tärkeä, joten AutoCad LT2010-ohjelmisto sekä -lisenssi on jokaisella yrityksen tietokoneella. Tietysti myös välttämättömät MS Office -tekstinkäsittely- ja taulukko-ohjelmat ovat kaikilla yrityksen tietokoneilla. (4)

2.2 JT-mittaus Oy:n historia tunnelien mittauksissa

Tunnelien mittaus on laaja erityisosaamista vaativa rakentamisen osa-alue.

JT-mittaus Oy on koko olemassaolonsa ajan ollut hyvin aktiivinen tarjoamaan tunnelityömaista ja saamaan laajaa osaamista sekä hyvää mainetta niiden hoitamisesta. Kun muutamia tärkeimpiä ja suurimpia mainitaan, JT-mittaus Oy on ollut mittaamassa mm. Turun moottoritien tunneleita, Ratahallintokeskuksen junatunneleita ympäri Suomen (kuva 2), Vuosaaren satamaan liittyviä tunneleita, Kamppiparkkia Helsingin keskustaan ja Eviralle sekä Helsingin yliopistolle uutta pysäköintitilaa sekä väestönsuojaa Helsingin Viikkiin. (4)



Kuva. Paavalinvuoren ratatunnelin suuaukko, jossa JT-mittaus Oy on suorittanut mittaustehtäviä (5).

3 Tunnelirakentaminen

3.1 Tunnelirakentamisen alkaminen

Tunnelien rakentaminen alkaa tunnelityön tilaajalle kehkeytyvästä tarpeesta. Tilaaja kartoittaa eri vaihtoehdot, jonka jälkeen päätyy siihen, että tilanpuutteen, esteettisyyden tai jonkin muun syyn takia maan alle rakentaminen on paras ratkaisu. Tämän jälkeen tilaaja kartoittaa kunnalta kaavan muuttamisen mahdollisuuden, jos tunnelin rakentaminen sitä vaatii ja jos sitä ei ole ennestään kaavassa mahdollistettu. Kaavamuutoksen jälkeen tilaaja kilpailuttaa eri suunnittelutoimistot, jotka laativat kyseiseen kohteeseen rakentamisen mahdollistavat seikkaperäiset ja yleisemmät suunnitelmat, piirustukset ja selostukset.

Suunnittelutoimistojen kilpailutuksen jälkeen kilpailutetaan tunnelinrakennusurakan pääurakoitsija. Pääurakoitsijaehdokkaat pisteytetään hinnan, osaamisen ja kokemusten perusteella. Pisteet lasketaan yhteen, minkä jälkeen eniten pisteitä saanut yritys saa urakan hoitaakseen.

Pääurakoitsija on omaa tarjoustaan laatiessa ottanut yhteyttä omiin yhteistyökumppaneihinsa, aliurakoitsijoihin, joilta on kysytty tarjousta kyseisessä kohteessa tehtävään työhön. Tarjous koostuu siis pääurakoitsijaehdokkaan omien työtuntien ja materiaalien ja aliurakoitsijoiden kustannusten yhteenlasketusta summasta sekä työlle lasketusta katteesta eli voitosta.

Saatuana urakan pääurakoitsija aloittaa sen sovitulla aikataululla ja ilmoittaa omille aliurakoitsijoilleen heitä koskevista aikatauluista. Pääurakoitsija pystyy laskuttamaan erikseen kaikesta lisätyöstä, jota ei ole ollut alkuperäisissä suunnitelmissa.

3.2 Tunnelirakentamisen suunnittelu

Tunnelirakentamisen suunnittelussa on otettava huomioon monenlaisia asioita, jotka eroavat osin tavallisesta rakentamisen suunnittelusta.

Suunnittelussa tulee huomioida etenkin turvallisuus, käytännöllisyys ja tarkoituksenmukaisuus niin rakentamisvaiheessa kuin valmistumisen jälkeenkin.

Kallion laatu otetaan huomioon suunnittelussa. Kallion laatu varmistetaan seismisillä mittauksilla, ja kairauksilla otetuista kallionäytteistä ennen rakentamisen aloittamista, mutta yllätyksiä saattaa tulla eteen louhinnan edetessä, jolloin siihen on reagoitava lisäämällä pulttitusta, jonka tehtävä on lujittaa kalliota tai ruiskubetonin määrää. Tarpeen mukaan kattovuodot on myös injektoitava.

Suunnitelmissa huomioidaan myös työmaan aikaiset, turvallisuuteen vaikuttavat seikat. Muuhun ympäröivään ympäristöön vaikuttavat seikat tulee myös huomioida. Ympäristöministeriö antaa meluluvan tapauskohtaisesti. Meluluvassa määritellään jokaiselle työmaalle omat sijaintiin sopivat lousinta-ajat.

3.3 Tunnelien rakentaminen

Tunnelien rakentamisen alkaessa kaikki suunnittelutoimiston suunnitelmat kyseisestä kohteesta on toimitettu hyvissä ajoin pääurakoitsijalle, jotta tämä pystyy suunnittelemaan työn aloittamisen ja eri vaiheet kunnolla.

Tunnelityömaalla työtä ja sen toteutumista suunnittelee pääurakoitsijan työnjohto, johon kuuluvat yleensä työpäällikkö, työmaainsinööri, vastaava työnjohtaja sekä työmaan koosta riippuen, yhdestä useampaan työmaamestaria. Työn tilaaja palkkaa työkohteeseen myös yhdestä useampaan puolueetonta työmaavalvojaa, jotka valvovat työmaan suunnitelmien mukaista, turvallista ja tilaajan etuja toteuttavaa rakentamista.

Työnjohdon sekä työmaavalvojat tunnistaa työmaalla valkoisesta kypärästä, kun taas työntekijöillä on yrityksestä riippuen siniset, keltaiset tai vihreät kypärät.

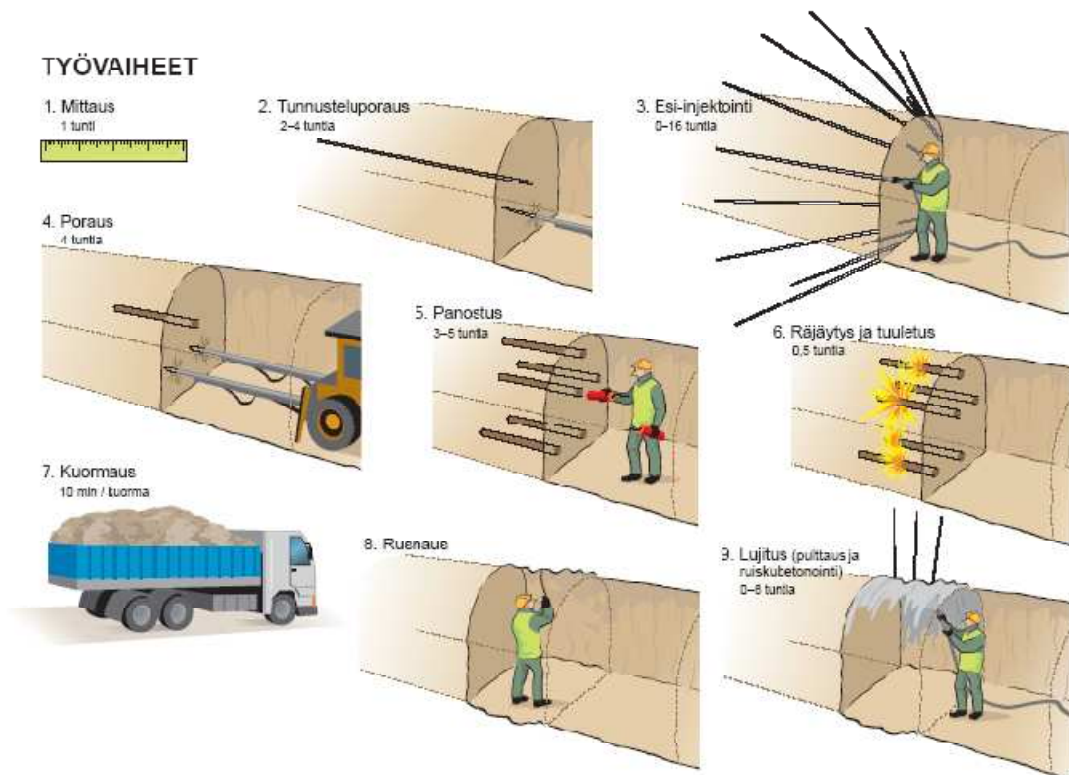
Nykyisin tunnelityömaalla saattaa työnjohdon lisäksi olla vain muutama pääurakoitsijan oma työntekijä. Monet erikoisosaamista vaativat työtehtävät on ulkoistettu tehtävän osaavalle ammattilaiselle, aliurakoitsijalle. Yleensä sähköistyksen, ilmanvaihdot, putkitukset, kaivamiset, kuljetukset, rakenteet ja erikoistyöt, on ulkoistettu. Myös mittaukset on yrityksestä riippuen ulkoistettu oman erikoisalansa ammattilaiselle, aliurakoitsijalle.

Tunnelin rakentaminen alkaa suuaukoilla ja mahdollisilla kuiluilla tapahtuvalla avolouhinnalla. Kun tarvittavat avolouhinnat on tehty, voidaan tunnelin rakentamista jatkaa tunnelin louhinnalla suunnitellulta suuaukolta. Tunnelia voidaan myös alkaa louhia useasta suunnasta samaan aikaan jolloin suuaukkoja on useampia. Tunnelin työvaiheet etenevät käytännöllisyyden ja turvallisuuden takia hyvin pitkälti saman kaavan mukaisesti, kuten kuvassa 3 esitetään. Tunnelia porataan ensin porausjumbolla. Tämän jälkeen tunnelin perää panostetaan räjähteillä. Nämä työvaiheet saattavat kestää tunnista päiviin kumpikin, riippuen välineistä, niiden kestävydestä ja porattavan/panostettavan tunneliprofiilin koosta. Panostamisen jälkeen tunnelin perä ammutaan.

Tämän jälkeen on nykyään niin sanottu savutunti, jonka aikana tunnelin ammuttuun perään ei kenelläkään ole asiaa. Kun tunnelin perä on rauhoittunut ja savu hälvennyt, työmaan vastaava mestari käy tarkistamassa tunnelin perän. Ennen kuin työmaan vastaava työnjohtaja on tarkastanut perän, ei sinne ole kenelläkään menemistä, koska vastaavalla työnjohtajalla on työturvallisuuteen liittyviä vastuita. Kun työmaan vastaava mestari antaa luvan, rusnataan tunnelin perä, katto ja seinät. Rusnauksella tarkoitetaan manuaalista irtokivien poistamista kaivinkoneella, jotta tunnelin perässä olisi taas turvallista työskennellä. Kiviaines ajetaan pois dumppereilla tai kuorma-autoilla pyöräkuormaajien lastatessa kuormia. Tarvittaessa tunnelin perä ja katto tulee pultittaa, injektoida ja ruiskubetonoida, jotta tarvittava työturvallisuus saavutetaan.

Joissain työkohteissa koko tunnelin katto ja seinät pultitetaan ja ruiskubetonoidaan, jolla varmistetaan se, että tunnelin katosta ei romahda mitään kenenkään päälle.

Pultitus on normaalimpi tapa pitää tunnelin katto tiiviinä, jos tunnelin katto ei näytä kestävältä. Ruiskubetonointi tehdään yleensä vasta kattosalaojituksen jälkeen, mutta sitä voidaan käyttää louhinnan aikanakin, jos jo louhitussa katossa alkaa näkyä vaurioita kuten halkeamia. (6)



Kuva 3. Tunnelin louhintavaiheen työvaiheet (7).

Louhintaurakka kestää pitkään, kun se suhteutetaan koko työmaan ajalliseen keston. Louhintaurakassa työllistyvät eniten porarit, panostajat, louhintamestarit ja mittamies.

Tunnelin poraus tapahtuu 2-puomisella, 3-puomisella tai jopa 4-puomisella porausjumbolla, joista 2-puominen porausjumbo työskentelee kuvassa 4. Porausjumbo saattaa koostaan riippuen olla jopa liki 30 tonnia painava. Porausjumbo poraa maksimissaan kuusi metriä yhdellä kerralla ja maksimissaan siis neljää reikää samaan aikaan, jos kyseessä on nelipuominen porausjumbo.

Yhden reiän poraus kestää noin kaksi minuuttia. Porausjumboissa on tietokoneohjelma, johon on syötetty porauskaavio etenemisen mukaan. Riittää, kun porausjumbo tietää oman sijaintinsa. Sijainnin määrittämisen hoitaa työmaan mittamies.



Kuva 4. Porausjumbo tunnelin suuaukolla (8).

Panostamisesta huolehtii työmaalla oma panostamiseen erikoistunut yksikkö, jolla on yleensä paljon kokemusta räjähteistä ja niiden käyttämisestä tunneleiden louhinnassa. Panostamisen, niin kuin poraamisenkin tekee, normaaleista maanrakennustyömaista poiketen, useimmiten pääurakoitsijan omat työntekijät. Tunnelityömaalla porauksen tai panostuksen virheellisyys saattaa tulla maksamaan paljon.

Panostamiseen kuluu tuhansia kiloja räjähdettä pienenkin tunnelityömaan aikana.

Panostamisessa käytetty räjähdde on aina sellaista, mikä herkistyy vasta joutuessaan kosketukseen kallion kanssa, jolloin työturvallisuus on parempi ja räjähteiden käsittely turvallisempaa.

Räjähdyks tapahtuu millisekuntien mittaisissa jaksoissa, jotka alkavat yleensä keskeltä ja sen jälkeen keskustan ympäriltä pyörittämällä. Tämän jälkeen romahdutetaan seinät, sitten tunnelin pohja ja viimeisenä katto. Räjähdyssarja saattaa suuremmissa tunneleissa alkaa myös reunasta, jos tunnelia ei pystytä poraamaan ja ampumaan koko profiililtaan melu- ja värinähaittojen takia. (6)

Tämän jälkeen alkaa tunnelin lujittaminen. Tunnelia lujitetaan geologin tarkoin määrittellemille paikoille pulteilla. Pulteille määritellään tarkasti niin pultin laatu kuin sijaintikin. Pultituksen jälkeen tunnelin seinät ja katto injektoidaan. Injektoinnilla tiivistetään rikkonaista kalliota. Tämän jälkeen tunnelin katto ja seinät salaojitetaan kaiken nestemäisen keräämiseksi salaojakaivoihin. Kun salaojitus katossa ja seinissä on valmis, ruiskubetonoidaan yleensä koko tunneli tunnelin lujittamiseksi ja varmistamaan sen, että irtokiviä ei pääse putoamaan.

Tunnelin louhinnan jälkeen aloitetaan tunnelin erilaisten rakenteiden rakentamistyöt. Tunneleissa tapahtuu louhimisen jälkeen erilaisia valuja, sähkötöitä, ilmastointitöitä, putkituksia ja muita erikoistöitä, kuten hissien ja portaiden rakentamista. Kun tunneli on louhittu, viimeistellään katon salaojitus, injektoinnit ja ruiskubetonointi. Katon tulee olla kestävä, ja se ei saa vuotaa mistään kohdasta. Myös maan pinnalle pystysuoraan suuntautuvat kuilut lujitetaan, injektoidaan, salaojitetaan ja ruiskubetonoidaan yleensä kauttaaltaan.

Tunneleissa lattiat ovat yleensä betonia, koska se on kestävä, ja tunnelioloissa lattioiden ja rakenteiden huoltotyöt pitää yrittää pitää minimissään, koska silloin koko tunneli saattaa olla suljettuna.

Ennen kuin lattioita ruvetaan valamaan, täytyy kuitenkin tunneleiden lattian alainen osuus saattaa valmiiseen tilaan. Kaikki tunnelin sisäpuoliset täytöt täytyy tässä vaiheessa tehdä. Tunneliin ajetaan kuormittain lattianalustäyttöön soveltuvaa murskettä oikean kokoisena. Mitä pienemmäksi raekoko menee, sitä kalliimpaa se on. Täten pientä murskettä, kuten salaojasoraa (kooltaan yleensä 6-16 mm), ei käytetä yhtään enempää kuin on suunnitelmissa määrätty.

Myös lattian tasoon ja sen alle tulevat sadevesijärjestelmät, viemäroinnit, mahdolliset sähköistykset sekä salaojitukset tehdään ennen lattioiden valua. Lattioiden valussa tunneleissa tulee ottaa huomioon liikuntasaumot niin kuin maan päälläkin tapahtuvissa betonivaluissa, esimerkiksi siltojen kansien valuissa. Kun lattiat on valettu, alkaa muiden kiinteiden rakenteiden teko.

Erilaiset seinät valetaan yleensä paikallavaluna, sillä seinien tulisi mukailla tunnelin muotoja ilman ylimääräisiä rakoja. Seinät saattavat olla poistumisteiden, hissikuilujen, tunnelin suuaukon tai vaikkapa ilmastoinnin konehuoneen seiniä. Tunnelityömaan loppuvaiheessa tehdään myös ilmastointi-, sähkö- ja vesijohtotyöt valmiiksi. Kaikki kaapeloinnit ja putkitukset yritetään saada piiloon ihmisten katseilta sijoittamalla ne erilaisiin kouruihin tai kattoon, joka peitetään myöhemmin välikattomateriaalilla. Tunnelin edessä luovutuskuntoon varmistetaan, että kaikki on niin kuin pitääkin ja jälki on virheetöntä.

4 Tunnelirakentamisen mittaukset

Tunnelimittaukset eroavat olosuhteiltaan monella tavalla maanpäällisistä mittauksista. Tunneleissa mittauksia helpottavat tasainen lämpötila, muuttumaton ilman kosteus ja sama ilman paine. Tunnelimittauksia vaikeuttavat pimeys, näkyvyys, savu ja pöly.

4.1 Mittaukset ennen tunnelityömaan alkua

Tunnelityömaalla tehdään monenlaisia mittauksia ennen varsinaisten töiden aloittamista. Alueella selvitetään maanperän koostumusta erilaisin maaperätutkimuksin, ympäristön kartoitusta maastomallin tekoa varten sekä maastomittauksia pisteverkon rakentamisen muodossa.

Yleensä rakennettavasta alueesta tehdään maastomalli suunnittelijoiden käyttöön. Kartoitusta tehdään joko takymetrikalustolla tai yhä yleisemmin nykyään myös GPS-laitteella. VRS:n ja RTK:n kehittymisen myötä satelliittimittauksesta on tullut yhä helpompaa ja käytetympää tämänkaltaisiin mittauksiin.

Maaperätutkimusten ja seismisten mittausten perusteella tiedetään, missä kallio sijaitsee ja minkälaista kalliota missäkin kohtaa on. Kartoituksessa tulee kartoittaa kaikki merkittävät maaperätutkimuspaikat, pinnanmuodot, rakennukset, kalliot, purot, polut ja tiet. Suunnittelijat tekevät näiden saatujen tietojen perusteella parhaat ratkaisut pitäen päämäärän, aikataulun ja turvallisuuden tärkeimpinä asioina mielessä. Samalla selviää kartoituksen myötä parhaat paikat suuaukoille, sisääntulokuiluille, ilmastointikuiluille ja hätäuloskäyntikuiluille.

4.2 Mittaukset louhintavaiheessa

Ennen kuin varsinaista tunnelia päästään louhimaan tulee mittamiehen kartoittaa ja määrittää mahdolliset avolouhinnat. Avolouhintoja todennäköisesti tulee ainakin suuaukoilla ja kuiluilla. Kun avolouhinnat on tehty, nähdään, mihin tunnelin todelliset suuaukot saadaan tehtyä. Maaperätutkimukset ovat harvoin niin kattavia, että kallio sijaitisi teoreettisella suuaukolla niin kuin tutkimukset ovat antaneet olettaa. Kun avolouhinnat on saatu tehtyä, tulee geologi ja rakennesuunnittelija katsastamaan suuaukon paikan. Tämän jälkeen mittamiehen tulee suunnittelijan uusien suunnitelmien pohjalta määrittää tunnelin suuaukko.

Louhintavaiheessa tärkeintä on edetä suunnitelmien mukaisesti oikeaan suuntaan ja oikeilla leveyksillä sekä oikeilla korkeuksilla. Louhinnan alkaessa mittamies antaa louhintaa varten merkinnät kallioon. Mittamies maalaa tunnelin suuaukon profiilin kokonaisuudessaan kallioon. Merkinnöillään hän selvittää myös aloitussuunnan, johon louhintaa lähdetään viemään. Louhintaa saatetaan usein ainakin paikallista mediaa usein kiinnostavan avauspaukun jälkeen jatkaa monelta eri suunnalta. Tunnelia saatetaan louhia samanaikaisesti useilta eri suuaukoilta ja kuiluilta käsin, jolloin mittamiehen täytyy olla tilanteen tasalla, jotta hän pysyy merkinnöillään louhintaporukan tahdissa.

Työmaan koosta riippuen työmaan ja yrityksen johdon tuleekin miettiä, mikä on mittauksen tarve, jotta työmaa pysyy suunnitellussa aikataulussaan ja jotta yksittäisiä mittamiehiä ei tarvitse kuormittaa liikaa.

Louhintavaiheessa mittamies työskentelee työnjohdon lisäksi eniten porarin kanssa. Isoilla tunnelityömailla käytössä on usein kaksi-, kolmi- tai nelipuominen porausjumbo. Mittamiehelle kaikkein paras vaihtoehto on se, että porausjumbo on moderniin tapaan varustettu sivuilla sijaitsevilla prismoilla sekä tietokoneella ja tarvittavilla ohjelmilla. Tällöin mittamiehen tulee vain orientoida takymetri pisteiltä ja mitata porausjumbon prismoihin. Tämän jälkeen mittamies kertoo porarille tulokset, jotka hän sai mittauksista. Saatuaan tiedot porari syöttää ne porausjumbon tietokoneelle. Tietokone laskee saatujen koordinaattien perusteella oman sijaintinsa. Porausjumbon tietokoneohjelmiin on valmiiksi syötetty koko tunnelin porauskaavio ja saamiensa koordinaattien perusteella se pystyy poraamaan ilman mitään muita mittoja seuraavan porauskatkon. Tämä toistuu aina jokaisen räjäytyksen jälkeen. (9)

Toinen mahdollinen tapa antaa porarille suunta on niin sanottu vanha tapa. Siinä suunta määritetään putkilaserilla. Mittamies antaa putkilaserin kohdalle tarkan sijainnin. Putkilaser laitetaan esimerkiksi metrin mittaisen putken päähän. Samaa putkea käytetään usein koko louhintojen ajan. Sijainti annetaan paalulukuna ja sivumittana sekä *xyh*-koordinaatteina. Nämä tiedot annetaan porarille. Tämän jälkeen jollekin paaluluvulle tunnelin perän ja laserinvälille kiinnitetään koukku. Koukun kohdalta mitataan paalulukua ja samalla sivumitalla mittalinjaan nähden tähdättyyn putkilaseriin. Tämä on niin sanottu tähtäyspiste. Tämän lisäksi tunnelin perään laitetaan samalla sivumitalla piste helpottamaan porausjumbon suuntaamista. Tämän jälkeen porausjumbo antaa putkilaserin kulkea toisen peilinsä läpi, missä on reikä keskellä, jonka jälkeen putkilaser osuu etutähyksen keskelle, josta porari tietää sijaintinsa. (9)

Pisteiden kunnosta, toimivuudesta ja sisäisestä sekä ulkoisesta tarkkuudesta huolehtiminen on mittauksien onnistumisen kannalta tärkeää. Kun tunnelissa edetään syvemmälle ja syvemmälle, hämärtyvät ihmiselle luonnolliset aistit ja suunnan taju. Kymmeniä metrejä maan alla pienet ja isotkin virheet jäävät helposti huomaamatta, jos mittoja ei tarkisteta jatkuvasti. Tunnelissa ei ole mitään, mihin ihmisen aistit normaalisti ulkona mitattaessa kiinnittävät huomiota havaintojensa helpottamiseksi. Jos suuntaan kasaantuu mittausvirheitä, voidaan harhautua halutusta teoreettisesta suunnasta. Mittausvirheet koostuvat kojeen tarkkuudesta, lähtöpisteiden tarkkuudesta, asemapisteen määrystä ja mittamiehen ammattitaidosta. Jos suunta jossain louhinnan vaiheessa lähtee vinoon, on sitä myöhemmässä vaiheessa vaikeaa tai jopa mahdotonta korjata. Moneen muuhun rakennustyömailla työskentelevään työntekijään verrattuna mittamiehen virheet ovat kalleudessa yleensä omaa luokkaansa, ja tämä lisää muutoinkin tarkkaan työhön omat paineensa. (9)

4.3 Lähtöpisteet ja niiden ylläpito sekä valvonta

Lähtöpisteet ovat tunnelityömaan tärkein asia. Tunnelityömaan suunnittelun alkaessa, kun asemakaavaan on kaavoitettu tunnelin sijainti, kaupunki yleensä tekee jonomittaukset tulevan työmaan ympäristössä parantaakseen pisteitään ja lisätäkseen niiden tiheyttä. Kaupunki omalta taholtaan auttaa, rakentamalla kattavan pisteverkon työmaan tuntumaan, työmaan ulkoisen tarkkuuden paranemista. Kaupunki myös tasoittaa jononsa uudelleen, jolloin vanhatkin pisteet saavat uudet koordinaatit. Kaupunki ja tilaaja myös yleensä vaativat, että hyvän ulkoisen tarkkuuden aikaansaamiseksi mittausten lähtöpisteinä käytetään kaupungin pisteverkkoa. Tilaaja ja urakoitsija vaativat myös mittamieheltä hyvää sisäistä tarkkuutta tunnelin rakentamisessa. Sen takia on tärkeää, että koko työmaa mitataan samoilta lähtöpisteiltä.

Tunnelityömaan mittamies tarkistaa kaupungin antamat lähtöpisteet tekemällä omat jonot. Mittamies käyttää vähintään viittä havaintosarjaa ja kaupungin pisteitä. Samalla myös varmistetaan, että jonot kulkevat kaikkien suuaukkojen ja kuilujen kautta. Mittamies tasoittaa jonohavainnot pienimmän neliösumman menetelmällä. Jos pisteissä on eroa, hyväksytetään omat pisteet kaupungin mittaussosastolla tai pyydetään kaupungin mittaussosastoa tuomaan alueelle uudet pisteet. Kaupungin pisteissä saattaa usein olla virhettä, jos tunnelin toisen pään jono on valmistunut 1960-luvulla ja tunnelin toisen pään jono on valmistunut 40 vuotta myöhemmin. Lähtöpisteiltä mittamies vetää omat jonomittauksensa tunnelin suuaukolle, ja lopulta kun tunnelista pääsee läpi kuilusta tai tunnelin toisesta päästä, mittamies sulkee jonon ulkona oleville lähtöpisteille, jotka ovat eri pisteet kuin tunnelin sisälle lähdetessä käytetyt mikäli tämä on mahdollista. Näin virheiden mahdollisuus pienenee ja samalla nähdään mahdollisesti jo syntyneen mittausvirheen suuruus. Pisteiden laatua ja mittauksia tulee tarkistaa lähtöpisteille jatkuvasti.

Tunnelin louhinnan edetessä pisteitä tulee tehdä koko ajan sopivin välimatkoin; mielellään kuitenkin koko ajan yhtä suurin välimatkoin. Tunnelimittauspisteet tehdään aina jonona, joka muodostuu väkisinkin piikkimäiseksi, mutta jono suljetaan aina eri lähtöpisteille kuin jonon aloituksessa käytetyt lähtöpisteet. Jonossa tulee myöskin tunnelissa käyttää aina vähintään viittä havaintosarjaa pisteiden laadun varmistamiseksi. Tunnelipisteet lasketaan käyttämällä pienimmän neliösumman tasoitusta.

Tunnelissa pisteiden laatu on hieman erilainen kuin ulkona. Ulkona rakennusmittauksessa käytetään hyvin usein tarrapisteitä tai maapisteitä. Tarrapisteitä on kiinnitetty tolppiin, kallioon, puihin ja erilaisiin rakennelmiin. Maapisteet saattavat olla asfalttinauloja, pultteja, putkipyykkejä tai vaikkapa nauloja puun kannoissa.

Tunnelissa pisteet ovat kuvan 5 kaltaisia eli yleensä joko putkipisteitä tai peilipisteitä, koska tarra- tai maapisteet eivät louhintavaiheessa pysyisi hyvässä mitattavassa kunnossa räjähdysten ja siitä syntyvän paineen ja pölyn vuoksi. Jo louhintavaiheessa korostuu mittauksissa tunnelin pisteverkon oikeanlainen rakentaminen, jotta tunnelin jokaisesta paikasta nähtäisiin vähintään kahdelle pisteelle. Tunnelin tuleva pisteverkko vaatiikin hyvää suunnittelua, jotta se toimisi louhintojen jälkeenkin, kun tielle nousee muita rakenteita. Kummankin pistetyypin tekemiseen tarvitaan poraa. Peilipisteen tekemiseen pientä poraa ja putkipisteen tekemiseen isoa poraa. Poraamisen jälkeen seinään upotetaan ja juotetaan vastakappale ruuvattavalle putki- tai peilipisteelle. Kaikki pisteet ovat kiinteitä.

Kaikilla pisteillä on käytettävän korkeusjärjestelmän mukainen oikea korkeus. Putki- ja peilipisteellä prismakorkeudeksi määritetään nolla mittausten helpottamiseksi ja epävarmuustekijöiden vähentämiseksi. Putkipisteellä täytyy tehdä tasaus normaalilla rasiatasaimella, jotta piste olisi aina samalla paikalla. Tunnelin ulkopuolella pisteet voivat tietenkin olla normaaleja rakennusmittauksissa käytettäviä pisteitä. Tunnelityömaan edetessä ja louhintojen loputtua tunneliin voi tietysti tehdä lisää pisteitä tehdystä pisterungosta. Tällöin pisteiden ei tarvitse olla niin pysyviä, vaan pisteinä voidaan käyttää esimerkiksi tarrapisteitä apupisteinä.



Kuva 5. Vasemmanpuoleisessa kuvassa peilipiste ja oikeanpuoleisessa kuvassa putkipiste (10).

4.4 Mittaukset louhinnan jälkeen

Louhintojen jälkeen kannattaa tihentää pisteverkkoa, jotta takymetrin orientointi onnistuu helpommin. Louhintojen jälkeen mittamiehen tulee perehtyä tarkemmin sadevesikaivojen, salaojien, viemäreiden ja kaikkien muiden lattian alle tehtävien rakenteiden piirustuksiin ja suunnitelmiin. Lattian alle tehtävät rakenteet on tehtävä ensin, jotta lattiat päästään valamaan, kuten kuvassa 6 tapahtuu.

Kaivojen mittaamiseen mittamies saa suunnittelijalta yleispiirustuksen, josta mittamies näkee kaivojen sijainnit tunnelin muihin rakenteisiin nähden. Tämän lisäksi mittamiehelle luovutetaan yksilölliset kaivokortit, joista näkyy jokaisen kaivon pohjan korkeus, vesijuoksujen korkeudet, kannen korkeus ja muut tarvittavat mitat kaivojen onnistuneeseen asentamiseen. Kaivojen asentamisessa tärkeintä on huolehtia kaivon vesijuoksun korkeudesta, jotta vesi virtaa suunnitelmien mukaisesti oikeaan suuntaan. Tärkeää on myöskin olla perillä siitä, onko kaivo sakkapesällinen vai onko vesijuoksu kaivon pohjassa, jotta kaivolle tehtävästä kaivannosta tulee oikean syvyinen. Viemäreiden mittaamisessa pätevät hyvin pitkälti samat lainalaisuudet kuin sadevesikaivojenkin asennuksessakin.

Kun lattian alle on tehty kaikki tarvittavat rakenteet, perehdytään lattioiden rakentamiseen. Tunnelissa kallio ei ole kovin kaukana alapuolella, ja myös siellä tehdään usein kerroksia lattian alle oikeanlaisen tiivyyden aikaansaamiseksi. Lattioiden alle laitetaan ensin louhetta jakavana kerroksena, sitten mursketta kantavaksi kerrokseksi ja sitten hienompaa mursketta kuten salaojasoraa (raekoko 6-16 mm) pohjien viimeistelyyn. Mittamies merkitsee kaikki lattianaluskerroksien korkeudet sekä lattian korkeuden tunnelin seiniin. Kun lattioiden alustat on täytetty mittamiehen merkkien mukaisesti oikeaan korkeustasoonsa, alkaa lattioiden valu. Lattiat valetaan yleensä jaksoissa liikuntasaumojen mukaan. Liikuntasaumojen paikat on tärkeä valuihin liittyvä mittauksellinen asia. Liikuntasaumojen tiedot tulee ottaa lattiapiirustuksesta ja merkitä oikeaan kohtaan.



Kuva 6. Kaivoverkoston asentaminen Viikin uuden väestönsuojan parkkihallissa (11).

Riippuen käytettävästä seinärakenteesta, mittaukset aloitetaan joko ennen tai jälkeen lattiavalun. Kevyet, kantamattomat seinät voidaan rakentaa suoraan lattian päälle ja ne mitataan vasta valun jälkeen. Kantavat betoniseinät tuetaan anturoilla. Anturat täytyy pultata kunnolla kallioon mittamiehen merkitsemänä ja kartoittamana. Tämän jälkeen mittamies antaa mitat anturalle ja antura valetaan ennen lattiavalua. Seinärakenteet ulotetaan tunnelissa yleensä todelliseen louhittuun kallion pintaan. Seinien saattaminen oikeaan xy -sijaintiinsa suunnittelijan piirustuksien mukaisesti on kaikkein tärkeintä. Seiniä saattaa tunnelista riippuen tulla paljonkin: hissikuiluihin, porraskäytäviin, poistumisteihin, suuaukoille ja erilaisiin huoltotiloihin. Seinien lisäksi myös ovien paikka tulee mitoittaa huolellisesti.

Lattioiden valun jälkeen aletaan rakentamaan myös ilmastointia, sähkötyksiä sekä muita putkituksia, jotka vedetään katon rajassa. Mittamiehen ei tarvitse yleensä antaa näille merkkejä. Esimerkiksi yhteiskannakkeiden ja läpivientien paikkoja ja korkeuksia voi joutua merkitsemään. Yhteiskannakkeet merkitään joko suoraan kattoon tai lattiaan, josta ne siirretään laserilla kattoon yhteiskannakkeita kiinnitettäessä.

Tunnelin suuaukolla rakennustyöt sujuvat aivan kuten rakennustöissä normaalistikin. Tunnelin suuaukkojen täytyy visuaalisesti sopia ympäristöön, joten ne ovat yleensä ulkonäöllisesti tunnelin pelkistettyjä sisäosia hienompia. Myös mittojen täytyy olla tällöin tarkkoja jotta suuaukko näyttää suunnitelmien mukaiselta. Suuaukon läheisyydessä joudutaan yleensä tekemään tavallisia maanrakennustöitä, ja liitynnät vanhaan sadevesi-, jätevesi- ja vesijohtoverkkoon tulee hoitaa tarkasti. Vanhat kaivot ja niiden vesijuoksut tulee ensin tarkastaa, koska ne eivät ole välttämättä siinä korkeudessa kuin suunnitelmissa lukee.

4.5 Tarkkeet tunnelityömaalla

Tarkkeiden ottamisella varmistetaan sijainti ja korkeusasema. Sijainti ja korkeusasema dokumentoidaan arkistoihin myöhempää tilaajalle luovuttamista varten.

Tunnelityömaalla tarkkeiden ottamista tulee paljon. Tarkkeiden otto tulisi hoitaa mielellään mahdollisimman nopeasti asennuksen jälkeen, kun esimerkiksi kaivo on varmasti paikallaan ja näkyvissä. Tarkkeiden otto tulisi hoitaa nopeasti senkin takia, että tarketyöt eivät kasaudu työmaan lopussa. Tällöin työmäärä saattaa olla suuri, jos työmaa on luovutuskunnossa ja tilaaja haluaa myös tarkemateriaalit itselleen luovutusvaiheessa. Tarkkeet on myös helppo hoitaa heti asennuksien jälkeen, koska useimmiten takymetri on asentamista varten jo valmiiksi pystyssä kyseisen kohteen vieressä.

Tunnelityömaalla tarkkeiden ottaminen alkaa jo louhintavaiheessa. Tällöin mittamies ottaa tarkkeita tunnelin louhitusta profiilista, jotta selviää, ollaanko suunnitelmien mukaisissa mitoissa ja suunnassa. Tällä toiminnalla saadaan aikaiseksi myös kontrollia louhinnan etenemiseen. Mittamiehen tulee myös laskea tilavuudet louhinnasta eli määrä, paljonko kuutioita ja neliöitä on tullut louhittua. Tätä tulosta verrataan suunnitelmiin ja sen mukaisesti maksetaan louhinta-aliurakoitsijalle. Tarketulokset joka vaiheesta antavat myös tietynlaista turvaa pääurakoitsijalle.

Kun tunneli on louhittu, tulee mittamiehellä olla tunnelin todellisesta louhitusta profiilista tarkkeet koko tunnelista. Louhinnan jälkeen tarkkeiden ottaminen jatkuu rakentamisen mukaisessa järjestyksessä. Tarkkeiden ottaminen etenee rakentamisen rinnalla. Jotkin asiat, kuten lattiapinnasta tarkkeiden ottaminen, on järkevää tehdä lopuksi, koska työmaan kiireisinä aikoina edessä saattaa olla liikaa työvälineitä ja muita esteitä. Tämä ei kuitenkaan estä kontrollitarkkeiden ottamista heti valun kuivuttua.

Louhinnan jälkeen aletaan asentaa sadevesi-, jätevesi- ja vesiputkiverkostoa. Tarkkeet tulee ottaa jokaisen kaivon kohdalta tulevista vesijuoksusta, lähtevistä vesijuoksuista, keskeltä pohjasta ja keskeltä kannesta. Tärkeimpiä ovat vesijuoksujen korkeudet, jotta vesi virtaa suunnitelmien mukaisessa kaltevuudessa oikeaan suuntaan ja jotta vääränsuuntaista kaltevuutta ei pääse syntymään. Tärkeää on myös kannen korkeus, jotta se tulee oikeaan tasoon tulevan lattiapinnan kanssa.

Lattiaan ja kattoon asennettavista salaojista tulee ottaa tarkkeet putken päältä. Salaojien tarkastuskaivoista tulee myös ottaa tarkkeet samoin kuin muistakin kaivoista. Kattosalaojista on helpointa ottaa tarkkeet takymetrin pintaan mittaavaa laseria käyttäen. Muista putkituksista, jotka menevät lattiatasossa, kannattaa ottaa tarkkeet normaalisti prisman avulla.

Kun latioista pääsee ottamaan tarkkeet, täytyy liikuntasaumoista ottaa tarkkeet päistä ja muutamalla tarkepisteellä siitä välistä. Lattiapinnasta otetaan normaalisti tarkkeet viisi kertaa viiden metrin ruutuihin, jos pinnanmuodoissa ei ole paljon eroja. Jos on paljon pinnanmuotoja, tarkkeiden ottamista tulee tihentää. Lattioiden alapuolisista kerroksista tulee myös ottaa tarkkeet samalla tavalla. Tarkkeiden ottamisen jälkeen mittamiehen tulee laskea lattian valuun kuluneet kuutiot, jotta siitä laskutetaan oikein.

Kaikista seinistä ja pysyvistä rakenteista tulee ottaa tarkkeet niin, että niistä käy ilmi seinän xy-sijainti, korkeus ja muoto. Seinät kannattaa kartoittaa takymetrillä pintaan mittaamalla ja laseria käyttäen. Seinistä, joissa on oviaukko, tulee ottaa tarkkeet siten, että oviaukon sijainti ja korkeus selviävät. Myös seinistä ja muista pysyvistä rakenteista tulee laskea valukuutiot aliurakoisijan laskuttamista varten.

Tunnelin suuaukoilla ja kuiluilla myös kaikki betonirakenteet tulee kartoittaa samalla tavalla kuin tunnelin sisälläkin. Myös kaivot ja putkitukset, tulee ulkona ja suuaukon kohdalla kartoittaa normaalilla tavalla. Ulkona joutuu tietysti kartoittamaan myöskin vanhoja, jo ennestään olemassa olevia rakenteita niistä kohdista, missä uudet liittyvät vanhaan – oli sitten kyseessä kaivoverkosto tai asfaltin pinta.

Kun tiedot tarkkeista on mittaamalla kerätty, täytyy niistä tietokoneella editoida selkeä versio. Ohjelmia, joilla tarkkeita käsitellään, voivat olla esimerkiksi 3D-Win, AutoCad tai Excel. Alkuperäinen mittaustiedosto tulee säilyttää sellaisenaan ja dokumentoida omaan kansioonsa. Editoidulle tiedostolle annetaan yksilöivä nimi, josta tiedoston tunnistaa muiden tiedostojen joukosta. Osa editoiduista tarkketiedostoista on sellaisia, että niihin kerätään työmaan edetessä työmaan kaikki kyseiset tarkkeet. Tällaisia ovat usein esimerkiksi kaivo- ja kaapelitarkketiedostot. Näistä aina uusin päivitetty nimetään kyseisen päivän mukaan esimerkiksi *kaivotarkkeet23032010.gt*, mutta myös vanhempi versio tulee aina säilyttää. Työmaan aikana mitään tarkkeisiin liittyvää tiedostoa ei saa hävittää, vaan kaikesta täytyy aina sopivin väliajoin tehdä varmuuskopio. Vain ja ainoastaan sellaisia merkintämittaustiedostoja, joita ei sataprosenttisen varmasti enää tarvitse, voi hävittää – sitäkään ei työmaan aikana kannata tehdä, sillä koskaan ei tiedä, vaikka jotain tiedostoa sittenkin vielä tarvitsisi.

4.6 Mittaustulosten analysointi ja raportointi

Usein työmailla, ja varsinkin tunnelityömailla, tehdään mittauksia, joiden lopputuloksia käsitellään heti. Mitataan useampana päivänä, viikkona, kuukautena rakenteita, jotka saattavat syystä tai toisesta muuttaa sijaintia ja ovat onnistumisen tai turvallisuuden kannalta kriittisiä. Saatetaan myös mitata erillisestä pyynnöstä jotain, minkä oikeellisuudesta tunnelityömaan työnjohtajat ovat kiinnostuneita. Kokenut mittamies pystyy myös itse analysoimaan jokaista mittaustulostaan ja huomaamaan tuloksissaan, jos jotain on väärin. Mittaustuloksia käsitellään usein työmaan työnjohdon kanssa yhteisissä palaverissa ja päivittäin tapahtuvissa keskusteluissa. Mittamiehen tulosten perusteella kokenut mittamies pystyy itse ehdottamaan korjaavia toimenpiteitä, mutta usein niin tekee viimeistään työmaan johto.

Mittamiehen työpäivään kuuluu myös raportointi jokaisesta tarke- ja kartoitusmittauksesta. Raportin tulee sisältää tieto parhaiten sen esille tuovassa muodossa. Raportti voi olla Word-dokumentti, Excel-taulukko tai olennaisen hyvin esille tuova kuva Autocad-, pdf- tai 3D-Win-muodossa riippuen siitä, missä muodoissa vastaanottajien on mahdollisuus tiedostoja lukea. Raportissa tulee olla mitattu kohde, mittajaan nimi, mittajaan yritys, päivämäärä, lyhyt kuvaus tuloksista, mittauslaitteen sarjanumero ja tyyppi ja tulokset tai kuva. Mittaukset tulee dokumentoida sähköisesti ja editoida niistä selkeä tulostettava versio. Tulostettu raportti tulee useimmiten esittää niin työmaan johdolle kuin työmaan valvojallekin. Työmaainsinööri dokumentoi tulostetun paperin kansioon ja haluaa usein myös sähköisen version sähköiseen kirjastoon.

5 Viikin uusi väestönsuoja

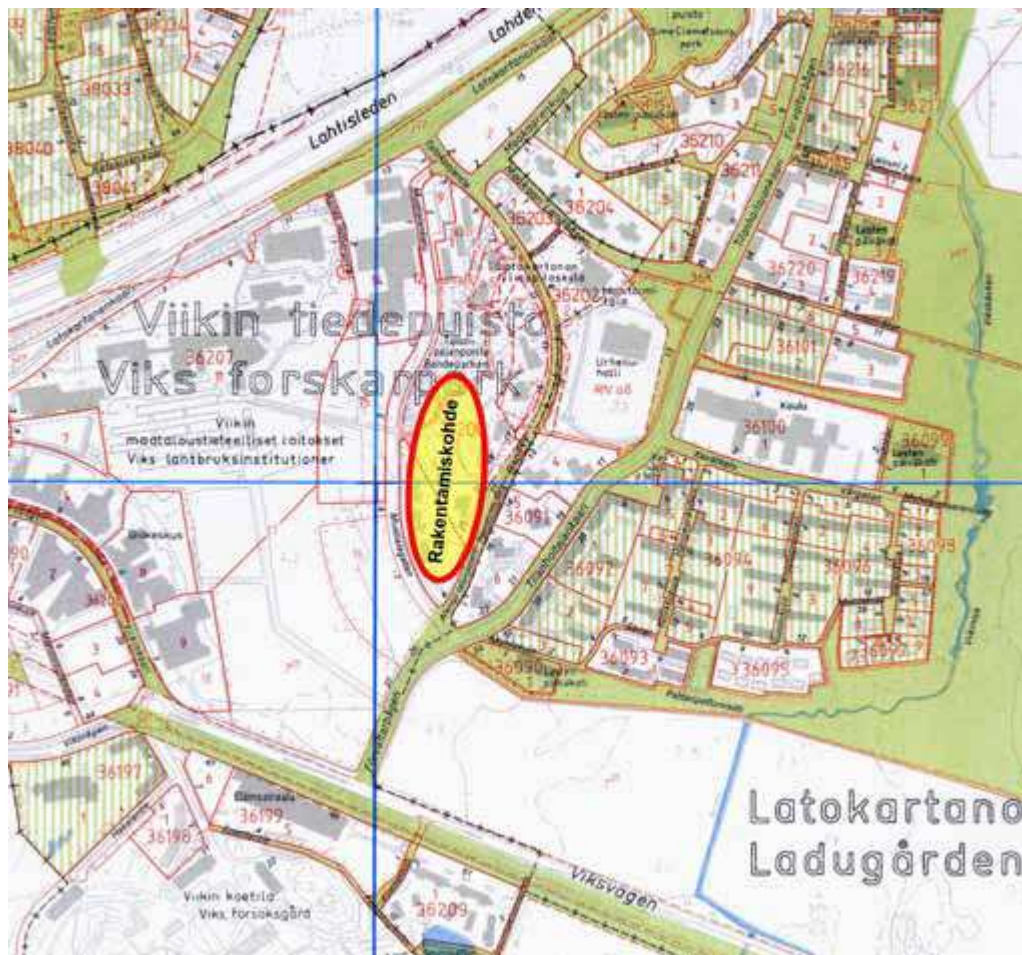
5.1 Viikin uuden väestönsuojan selvitykset ja suunnittelu

Viikin uusi väestönsuoja sekä pysäköintihalli Elintarvikevirastolle ja Helsingin yliopistolle sijaitsevat Helsingin Viikissä Latokartanon alueella, kuten kuvasta 7 näkyy. Elintarvikevirasto ja Helsingin yliopisto sijaitsevat Viikin uuden väestönsuojan läheisyydessä. Väestönsuojaan tulee 150 pysäköintipaikkaa vakituiseen käyttöön Elintarvikeviraston ja Helsingin yliopiston työntekijöille sekä 3100 hengelle väestönsuojatilat. Rakennuskohde louhitaan maan alle pääsisäänkäynnin ja ajokäytävän ollessa Mustialankadulle päin. Louhintakuutioita piti suunnitelmien mukaan tulla noin 35 000 m³. Väestönsuojan rakennusaikaisen melun, tärinän ja pölyn vaikutusalueella on opiskelija-asuntoloita, Helsingin yliopiston rakennuksia, Elintarvikeviraston päätoimipisteen rakennukset, tavallisia asuinkerrostaloja sekä yksi päiväkotia. Väestönsuojan valmiin lattian yleistaso on noin -5,0 metriä meren pinnan alla, ja valmiin katon yleistaso on noin +0,25 metriä merenpinnan yläpuolella. Maanpinta luonnontilassaan on tunnelin yläpuolella noin +8 metriä merenpinnan yläpuolella. (12)

Viikin uudesta väestönsuojasta on tehty ympäristöselvitys, jonka suorittaja on väestönsuojan yksi suunnittelijoista WSP Finland Oy. Tämän kokoisissa projekteissa ympäristöselvitys on pakollinen. Ympäristöselvityksessä selvitetään hankkeen vaikutukset ympäröivään luontoon, ihmisiin, rakennuksiin, maanalaisiin rakenteisiin ja liikenteeseen. Ympäristöselvityksen perusteella annetaan suositukset louhintaan liittyvistä räjäytysmääristä, räjäytysajoista, räjäytykseen liittyvästä suojaamisesta ja räjäytyksen ilmoittamisesta. (13)

Geokeskus Oy teki kallioperäselvitykset alueelle ennen varsinaisten rakennustöiden alkamista. Tutkimukset tehtiin useilla eri tyylisillä kairauksilla, videokuvaamalla ja laboratorionäytteillä. Kairaukset ulotettiin tasoon -5,0 metriä merenpinnan alapuolella, koska haluttiin varmistua koko louhittavan kallioalueen kallion laadusta. Kallioperätutkimusten pohjalta pystytään päättelemään kallion olevan laadultaan kestävä. (14)

Suunnittelutyö Viikin uudessa väestönsuojassa jaettu kahteen osaan. Pääsuunnitteluvastuun on saanut WSP Finland Oy. WSP Finland Oy vastaa yleis-, kalliorakennus- ja rakennesuunnittelusta. Arkkitehtuuritoimisto B&M vastaa maanpäällisten rakennusten suunnittelusta. Yhteisvastuussa nämä suunnittelijat ovat sisätilojen suunnittelusta. Viikin uuden väestönsuojan kaikki suunnitelmat tulevat työmaalle aina paperiversioina. Tämän lisäksi suunnitelmat löytyvät projektipankista, johon kaikilla työmaanjohtoon kuuluvilla, työmaan valvojalla sekä mittamiehellä on tunnukset ja salasana. Projektipankissa suunnitelmakuvat ovat joko Autocadin dwg-muodossa tai sitten ne ovat Adobe Acrobat pdf- muodossa. (15)

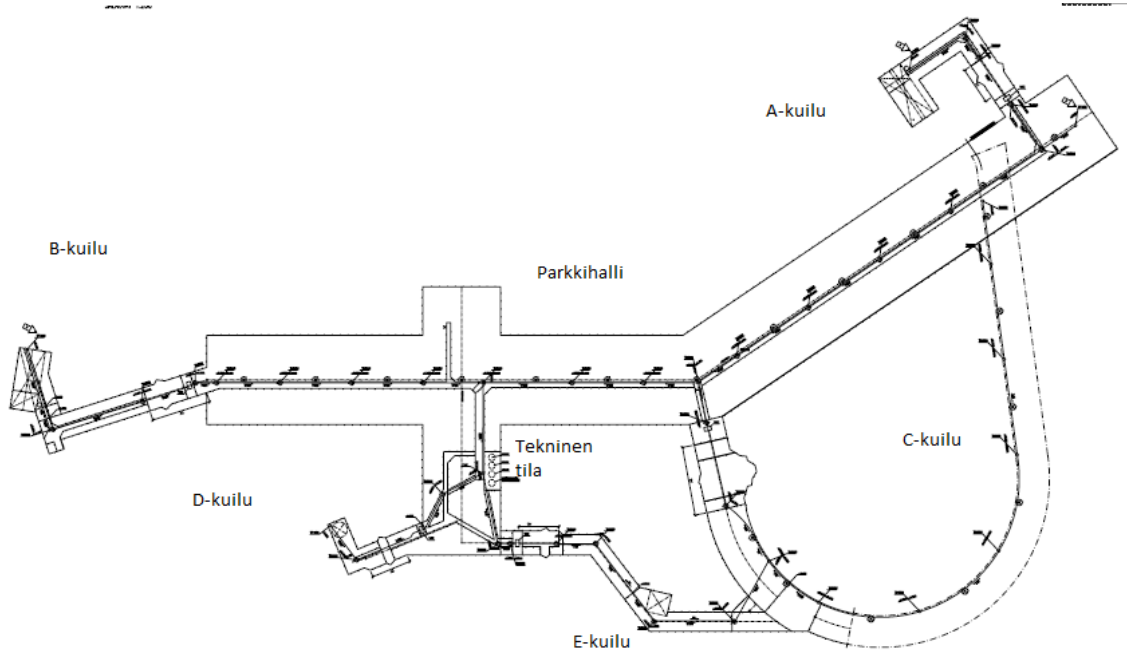


Kuva 7. Rakentamiskohteen sijainti Helsingin kaupungin kaupunkimittaussaston karttaotteella (15).

5.2 Viikin uuden väestönsuojan rakentaminen

Viikin uuden väestönsuojan pääurakoitsijaksi valittiin SRV toimitilat. SRV:llä on runsaasti kokemusta erilaisista maan alle louhittavista työmaista. SRV on kilpailuttanut aliurakoitsijoilla lähes kaikki työtehtävät mitä työmaalta löytyy. Mittaustyön kilpailutuksen tuloksena JT-mittaus Oy:n maanmittausinsinööri ja yksi yrityksen omistajista sai mittaustyönjohtajan työn hoitaakseen kyseisellä työmaalla. Hän on saanut mainetta tunnelirakentamisen mittausten asiantuntijana ja on toiminut SRV:n kanssa yhteistyössä jo aiemmin myös esimerkiksi isolla Kamppiparkin louhintatyömaalla Helsingin keskustassa. Viikin uusi väestönsuoja jakaantui A-, B-, C-, D- ja E-kuiluihin, pysäköintihalliin, tekniseen tilaan ja sprinklerhuoneeseen kuvan 8 mukaisesti. C-kuilu on samalla tunnelin sisäänajokuilu. A- ja B-kuiluista tapahtuu jalkaisin tapahtuva liikenne pysäköintihalliin.

Tunnelityömaan rakentaminen alkoi suuaukon ensimmäisellä louhinnalla 18.1.2009. Louhintavaiheen porauksissa käytettiin 2-puomista porausjumboa ja 4-puomista porausjumboa. 2-puomista porausjumboa käytettiin tiukkojen mutkien poraamiseen ja 4-puomista muuhun poraamiseen nopeutensa vuoksi. Louhinnat etenivät päätökseensä 13.6.2009. Louhintojen jälkeen kalliopinnat pultitettiin, salaojitettiin ja ruiskubetonointiin kestävyuden parantamiseksi ja vesivuotojen ehkäisemiseksi.



Kuva 8. Viikin uusi väestönsuoja, salaojapiirustus (Liite 4) (16).

Louhintojen jälkeen alkoi oikeanlaisen maa-aineksen eli murskeen ja salaojasoran ajo tunneliin lattioiden alustäytön korkeuson. Samalla asennettiin kaikki kaivot ja putkitukset lattioiden alle oikeaan korkeuteensa.

Lattioiden valu alkoi loppuvuodesta 2009 A-kuilusta, josta edettiin säännönmukaisesti pysäköintihallia pitkin kohti B-kuilua. Sen jälkeen tehtiin muiden kuilujen ja teknisen tilan lattioiden valut. Ajokäytävä eli C-kuilu jätettiin valamatta liikenteen jatkuvuuden takaamiseksi tunneliin. Työt olisivat tunnelissa rajoittuneet suuaukon rakentamiseen ainakin kuukaudeksi, jos ajokäytävä olisi valettu. Ajokäytävä valettiin maaliskuussa 2010, yhden viikon aikana. A- ja B-kuilulle vieviin käytäviin asennettiin mosaiikkilaatoitus ja valu jätettiin tarkoituksella noin kuusi senttiä alle valmiin pinnan, jotta mosaiikkilaatoitukselle jää tilaa.

Seinien rakentaminen alkoi kuiluista A ja B. Näihin kuiluihin tulee porraskäytävät ja hissikuilut. Näistä kuiluista tapahtuu myös jatkuva ulos- ja sisäänkäynti jalkaisin väestönsuojaan. Kuilu C:n kautta tapahtuu kuiluun kulkeminen ajoneuvolla liikuttaessa. Kuilu D on raitisilman tulokuilu, ja kuilu E on poistoilman kuilu varustettuna hätäpoistumis- ja huoltoreitillä. Kaikki seinärakenteet tehtiin työmaalla paikalla valuna, ja seinät eivät siis tulleet missään vaiheessa valmiina elementteinä.

Seiniä rakennettiin myös poistumisteitä, teknisiä tiloja, sprinklerallashuonetta ja sprinklerallasta varten. Näitä seiniä pystyttiin rakentamaan samanaikaisesti kuilujen kanssa lattioiden valun valmistuttua. Väestönsuojiiin sen toimintaperiaatteen mukaisesti valmistettavia kaasu- ja paineseinät rakennettiin niin, että kulku pysäköintihallin puolelle oli kokoajan jotakin kautta käytettävissä. Ennen kuin paine- ja kaasuseiniä alettiin rakentamaan, paikalle asennettiin järeät ja tiiviit ovet.

Tunnelin ulkopuolisia rakenteita pystyttiin rakentamaan jokaiselle kuilulle ja suuaukolle samanaikaisesti tunnelin sisällä tapahtuvien rakennustöiden kanssa. Kaikille kuiluille rakennettavia rakennelmia pystyttiin rakentamaan samanaikaisesti.

Lattioiden valamisen jälkeen pystyttiin tunnelin sisäpuolelle rakentamaan verkkokaton yläpuolelle lähelle kattoa tulevia ilmanvaihtoputkituksia, sähkö- ja kaapelointivetoja ja sprinkleriputkituksia. Niitä varten kattoon porattiin terästäpit, joiden varaan tulivat yhteiskannakkeet, ja niiden varaan putket. Yhteiskannakkeet tulivat kolmen metrin korkeuteen lattian pinnasta ja niiden alle tuli verkkokatto peittämään kaikki putket. Verkkokattoon kiinnitettiin tunnelin lopullinen valaistus.

5.3 Viikin uuden väestönsuojan mittaukset

Viikin uuden väestönsuojan mittaustyönjohtajan mittauskalusto koostui (kuva 9) Trimble S6 -takymetristä, kolmijalasta ja Trimble 360° -prismasauvasta. Lisäksi avustavia varusteita olivat Hiltin yleislaser, jolla pystytään mittaamaan korkeutta, suoruutta ja kohtisuoruutta, vatupassi, mittanauha, putkipiste, peilipiste, Fiat Scudo vm. 1998 -tunneliauto. Tunnelityömaalla asiat pitää pystyä tarvittaessa hoitamaan nopeasti ja tarkasti. Tästä syystä Trimblen S6-takymetri oli oikea väline työmaan mittauksiin. Tehokas ja tarkka laser sekä profiilien syöttäminen takymetriin mittauksien nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi olivat myöskin kyseisen takymetrin etuja puhumattakaan TCU-näytön tuomasta käytettävyyden helppoudesta. (9)



Kuva 9. Viikin uuden väestönsuojan mittauskalusto (10).

5.3.1 Pisteverkon rakentaminen

Ennen työmaan varsinaisen rakennustyön alkua työmaan mittaustyönjohtaja aloitti kunnollisen ja luotettavan pisteverkon rakentamisen. Pisteverkko rakennettiin Helsingin kaupungin Viikin alueella olevista kiintopisteistä ja korkeuspisteistä, jotka ovat tarkemmin eriteltynä taulukossa 1. Pisteverkko tulee nimenomaan olla Helsingin kaupungin käyttämään koordinaatistoon sidottavissa. On tärkeää, että pisteverkko on sidottu juuri tiettyihin pisteisiin luotettavuuden ja saumattoman ketjun muodostamiseksi uusien pisteiden ja lähtöpisteiden välille. (9; 18)

Taulukko 1. Helsingin kaupungin mittausosaston antamat pisteet, joita väestönsuojan mittauksissa tuli käyttää tunnelityömaan mittaustyönjohtajan tasoituksen jälkeen (18).

Piste	X	Y	Z
MP3077	24730.422	54017.939	0.000
MP1291	24892.706	54014.004	0.000
MP1290	24994.427	54056.980	0.000
MP1078	24976.684	54105.440	0.000
MP1077	24933.968	54164.250	0.000
MP1153	24934.281	54214.129	0.000
MP1147	24817.138	54154.890	0.000
KP220	24803.450	54126.842	17.414
KP207	24694.125	54060.367	10.302
KP167	24933.570	54212.829	19.877

Pisteverkko työmaalle on toteutettu jonomittauksena Helsingin kaupungin pisteiltä niin, että kone on koko ajan ollut tunnetulla asemapisteellä eikä vapaalla asemapisteellä (Liite 2 ja Liite 3). Tunnelityömaan edetessä jonoja on vedetty useita ja uusia pisteitä on tehty yhä syvemmälle tunnelin sisälle. Kun läpipääsy tunnelista oli mahdollista, tuli tunnelin pisteverkko sulkea tunnelin läpi tunnetulle pisteelle pisteverkon varmistamiseksi ja tasoittamiseksi. (9)

Pisteverkko itse tunnelissa koostuu kahdeksasta putkipisteestä ja kahdeksasta peilipisteestä. Kahdeksan putkipistettä on tehty jonona tunneliin, ja ne ovat tunnelin runkopisteitä. Peilipisteet on tehty tunnelin runkopisteistä. Pisteet on tehty tunneliin siten, että aina on näkyvyys kahdelle pisteelle ongelmitta, jotta mittauksissa ei koskaan tulisi ongelmaa pisteiden näkyvyyden suhteen. (9)

Työmaan aikana pisteitä tehdessä tehtiin jono aina tunnetuille Helsingin kaupungin pisteille varmuuden vuoksi. Tunnelissa mitattaessa ihmisen luonnollinen vaistomainen suuntavaisto katoaa ja idästä tuleekin nopeasti länsi. (9)

5.3.2 Merkintämittaukset

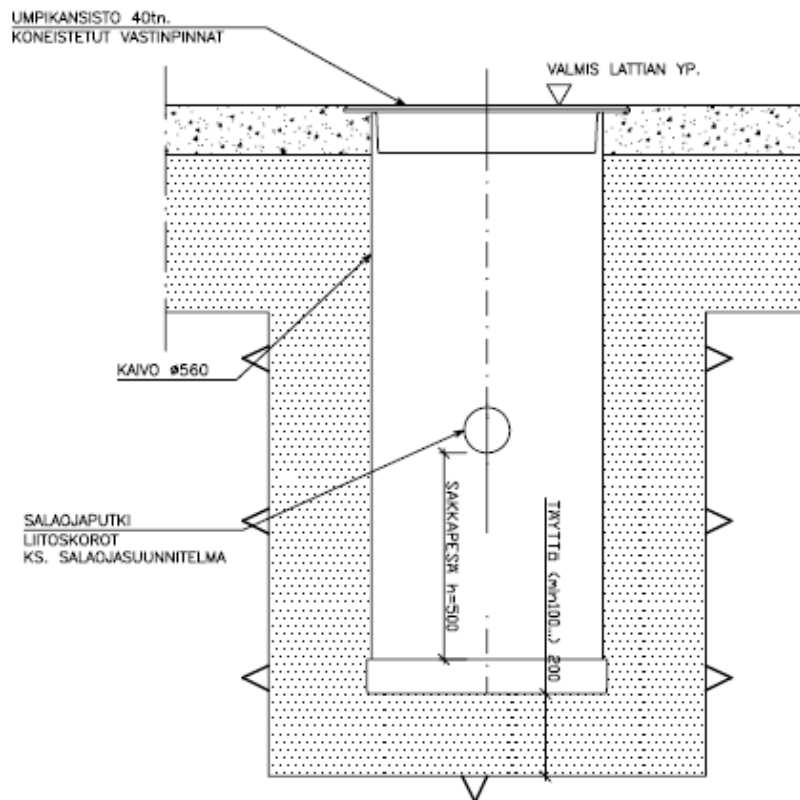
Väestönsuojan merkintämittaukset oli kaikissa tapauksissa tehtävä kaupungin pisteverkkoon sidotuista koordinaateista. Kaikki suunnittelijalta tulleet koordinaatit ja kuvat olivat myös kaupungin käyttämässä koordinaatistossa. (9; 18)

Louhinta-aikana mittamiehen tuli seurata lähellä olevien rakennusten ja pohjaveden liikehdintää ja reagointia tärinään ja paineaaltoon. Lähellä sijaitseviin taloihin kiinnitettiin tarkoin määritetyt korkeuspultit, joiden paikat geologi määrittä tarkasti. Pultteihin mitattiin työmaan alussa xyh -koordinaatit ennen louhintojen alkua. Louhintojen alettua talojen reagointia räjäytyksiin kontrolloitiin kahden viikon välein tapahtuneilla kontrollimittauksilla. Mittauksissa kartoitettiin taloihin kiinnitetyt pultit ja verrattiin saatuja tuloksia alkuperäisiin koordinaatteihin. Pohjaveden korkeutta kontrolloitiin mittaamalla pohjavesiputkista kahden viikon välein. Pohjavesiputkien paikat määrittä geologi. Lähtökorkeus pohjavesiputkista otettiin ennen louhintojen alkua ja saatuja tuloksia verrattiin siihen. (9)

Työmaan merkintämittaukset toteutettiin usein siten, että työmaan johto etukäteen kertoi, mitä seuraavaksi voisi valmistella. Näin tehtynä mittamies pysyi aina askeleen edellä rakentamista ja varsinaiselta kiireeltä vältytään. Työmaalla rauhallisesti edeten mittaukset voidaan tehdä huolellisesti ja vältytään kovassa kiireessä tehdyissä mittauksissa usein ilmeneviltä huolimattomuusvirheiltä. Mittamiehen toimesta työmaalla oltiin valmistettu mittausteline työmaan kaikkiin käytäviin ja kuiluihin. Mittalinjat sisälsivät sekä pysty- että vaakageometrian. Ajokäytävään oli huomioitu myös kallistukset mittaamisen helpottamiseksi. Mitattavat kohteet oli siis helppo mitata eromittana linjalta. Suunnittelijan antamissa piirustuksissa eromitat oli annettu joko tunnetusta linjasta tietyllä paaluluvulla tai suunnittelija oli itse antanut muutamalle pisteelle piirustukseensa koordinaatit, joista koko kohde saatiin mitoitettua. Suunnittelija antaa myös piirustuksissaan yleensä kriittisille kohdille Helsingin kaupungin käyttämän N43-korkeusjärjestelmän mukaisen korkeuden, josta muut korkeudet on helppo määrittää. (9)

Louhintavaiheessa mittamies hoiti merkintämittaukset merkitsemällä tunnelin perään suunnan porarille. Uudet suuntamerkit porarille tuli antaa jokaiseen tai vähintään joka toiseen perään aina ammutun perän jälkeen. Kontrollin vuoksi perään merkitään välillä myös korkeus ja paalulukku. Porarille ja työmaan johdolle tuli merkitä tunnelin sivuille jatkuvasti korkeutta maalilla metriviivan muodossa, jotta porari pystyi suuntaamaan porauksensa oikein ja työmaan johto pysyi mukana tunnelin korkeuden seurannassa. Metriviiva on aina metrin yläpuolella teoreettisesta louhinnasta. (9)

Louhintojen jälkeen mitattavaksi tuli koko tunneliin lattianalustäytön korot ja liikuntasauvojen paikat. Samanaikaisesti alettiin tekemään salaojakaivojen (kuvassa 9) ja hiekanerotuskaivojen verkostoa tunnelin laajuudelta. Tunnelityömailla merkintämittauksia hoidetaan vain harvoin normaalilla paalu/sihtilappu-metodilla. Useimmiten merkinnät hoidetaan maalilla ja tussilla siten, että ne eivät jää lopullisesti näkyviin. Kaivoja mitattiin asennusmittausmetodilla eli niitä mitattiin paikalleen mittaamalla jatkuvasti uudelleen niin kauan, kunnes kaivo saatiin oikealle paikalleen. Kaivojen asennuksessa tärkeintä olivat vesijuoksujen korkeudet, jotta vesi virtaisi suunnitelmien mukaisesti oikeaan suuntaan. Kaivojen kansien korkeudet olivat myös tärkeitä, jotta kannet tulevat tulevan lattian pinnan korkeustasoon. (9)



Kuva 9. Viikin uuden väestönsuojan salaojakaivon periaatepiirustus detaljipiirustuksena (13).

Lattian betonivaluja varten (kuvassa 10) mittamiehen tuli merkitä lattian yläpinnan korkeus riittäväillä merkinnöillä seiniin ja asennettuihin kaivoihin. Jos osa liikuntasaumoista oli jäänyt jostain syystä merkitsemättä, tuli ne tässä vaiheessa merkintämitata molemmille puolille tunnelia kohtaan, johon ne tulevat pienillä merkinnöillä varsinkin, jos seinät on jo maalattu lopulliseen ulkoasuunsa. (9)



Kuva 10. Kuvassa Viikin uuden väestönsuojan pysäköintihallin osa on valettu seuraavaan liikuntasaumaan saakka (8).

Seinärakenteita ja ovia merkintämitatessa mittamiehen täytyy antaa seinän tai oven sijaintitietoja merkitsemällä niitä lattiaan tai kallion seinään. Korkeusmerkintöinä riittää yleensä muutama korkeus kallion seinään merkittynä, josta työmiehet ottavat laserilla omat korkeusnsa. Seinien anturoissa täytyy merkintämitata myös kalliotartuntojen paikat, anturoiden nurkat ja alapinnan korkeus. (9)

Tunnelin ulkopuolisissa rakenteissa pätee samat asiat kuin sisälläkin. Seinien mittaamisessa sijainti ja korkeus annetaan samoin kuin tunnelin sisäpuolellakin. Kun liitettiin kaivot ja suuaukon edustat jo olemassa oleviin vanhoihin kaivoihin tai Mustialankatuun tulee ottaa huomioon, että liityntäkorkeudet eivät välttämättä ole suunnitelmien mukaiset. Vanhaan liityttäessä täytyy ensin kartoittaa vanhat ja sitten mitata uudet siten, että ne sopivat vanhoihin rakennelmiin saumattomasti. (9)

Yhteiskannakkeita mitattaessa kannakkeille porattavat teräsputket merkintämitattiin maahan siihen kohtaan johon ne tulevat. Kannakkeiden mittaamisessa käytettiin sen käytävän mittalinjaa missä käytävässä oltiin. Kannakkeet tulivat kahden ja puolen metrin välein mittauslinjan paaluluvultaan ja kahden metrin välein sivumitaltaan. Kannakkeiden asentaja otti ruksista laserilla pystysuoran linjan kattoon saaden täten tarkan paikan poraamiselle. Korkeus kannakkeille saatiin siten, että yksi kannake laitettiin yhdessä asentajan kanssa paikalleen, jonka jälkeen asentaja otti laserilla korkeuden ensimmäisestä kannakkeesta muihin kannakkeisiin. Tunnelityömaan loppuvaiheessa tuli myös mitata maalattavat parkkipaikat, jotta ne tulevat varmasti oikeille paikoilleen. (9)

Takymetrillä paikalle merkitsemisen lisäksi tunneleissa on paljon sellaisia paikkoja, joihin ei pääse helposti takymetrillä mittaamaan, esimerkiksi hissikuilut. Ahtaat paikat, joissa seinät ovat ympärillä, pystytään usein mittaamaan mittanauhalla ja laserilla. Toinen vaihtoehto on tuoda apupisteiden avulla pisteet siten, että koneen saa hyvään paikkaan. (9)

5.3.2 Tarkemittaukset

Viikin uudessa väestönsuojassa oli paljon tarkkeiden ottamista ja kartoitettavaa. Periaatteessa kaikesta, mitä on mitattu paikoilleen, pitää myös ottaa tarkkeet. Saattaa olla myös kohteita, joita ei ole mitannut paikalleen mutta joista pitää kuitenkin ottaa tarkkeet. Loppujen lopuksi tilaajalle tulee antaa koko tunnelin tarkkeet lattiasta kattoon kaikkine rakenteineen. Tarkkeiden ottamisen ja kartoittamisen tavoitteena on varmistaa, että kaikki on tehty suunnitelmien mukaisesti ja oikein. Toinen tärkeä seikka, miksi kaikesta pitää ottaa tarkkeet, on tieto siitä, että missä mikäkin kaivo tai putki tarkalleen on jos niitä pitää korjata, vaihtaa tai huoltaa. Tällöin ei tarvitse repiä koko lattiaa auki. (9)

Kun tunneli louhitaan, varmistetaan tarkkeita ottamalla koko ajan tunnelin todellinen sijainti. Mittamiehen tuli mitata metriviiva koko tunnelista ja merkata sitä maalilla tunnelin molempiin seiniin. Metriviiva tarkoittaa metrin korkeudelta louhinnan teoriakorosta molemmiin puolin tunnelia mitattua tarketietoa, jonka perusteella selviää tunnelin leveys, suunta ja sijainti. Mittamies mittasi poikkileikkaukset tunnelin joka kohdasta 2,5 metrin välein. Vaatimus oli, että poikkileikkausprofiilit tehtiin viiden metrin välein, mutta 2,5 metrin tehdyt poikkileikkausprofiilit helpottavat poikkeamien havaitsemista. Kuiluista poikkileikkaukset piti ottaa kahden metrin välein. Poikkileikkauksista pystyttiin vertaamaan todellisia louhintoja teoreettiseen louhinnan määrään kokonaisuudessaan ja myös tietystä yksittäisessä kohdassa. Poikkileikkauksien avulla pystyttiin myös laskemaan louhinnan todelliset tilavuudet, eli paljonko kertyi kuutiometrejä louhittua kiveä. Poikkileikkauksista saatiin laskettua myös koko tunnelin maalausneliöt. Tunneli maalattiin kauttaaltaan ruiskumaalaamalla valkoiseksi. Poikkileikkaukset ja metriviiva kartoitettiin käyttämällä Trimble S6-takymetrin pintaan mittaavaa lasertoimintoa. Editointi suoritettiin käyttämällä 3D-Win-ohjelmaa, Exceliä ja Autocadia. (9)

Kun tunneli oli louhittu ja lattian alustäyttö ajettu, tuli tästä ottaa lattian alustäytön tarkkeet. Kun alustäytöstä oli otettu tarkkeet, pystyttiin lattiavalun tilavuudet laskemaan sen jälkeen, kun valmiista lattiapinnasta oli otettu tarkkeet. Lattiapinnan tarkkeiden avulla pystyttiin seuraamaan, tuliko lattian pinta suunniteltuun korkeustasoon. Lattiapinnan tarkkeiden kautta nähtiin myös, tulivatko kaltevuudet kaivoille oikein, jotta vesi ei jää seisomaan tunneliin. Lattioiden ja lattioiden alustäytön tarkkeet otettiin prismasauvalla viisi kertaa viiden metrin ruutuina. Liikuntasamat tarkemittattiin molemmista päistä ja muutamalla tarkemittauksella päiden välistä. Lattiapintojen tarkkeiden muokkaamiseen käytettiin 3D-Win-ohjelmaa ja Exceliä. (9)

Kaivoista otettiin tarkkeet vesijuoksuista, pohjasta keskeltä ja kaivon kannesta keskeltä. Vesijuoksutiedot ovat tärkeimmät, sillä niiden perusteella selviää, virtaako vesi oikeaan suuntaan. Kaikista putkista otettiin tarkkeet suoralla viiden – kymmenen metrin välein ja kaikista mutkista. Kaivotarkkeet editoitiin 3D-Win-ohjelmalla, josta ne siirrettiin dxf-muodossa Autocadiin, jossa ne viimeisteltiin lopulliseen muotoonsa. (9)

Seinistä ja muista pysyvistä rakenteista otettiin tarkkeet Trimble S6 takymetrin laserilla seinän pinnasta. Seinistä tarkkeiden ottamisessa olennaisinta on xy -sijainti. Seinien taitekohdista ja kulmista otettiin kaikista kohdin tarkkeet. Ovien kohdalta otettiin kulmista tarkkeet ja korkeus kynnyksestä oven kohdalta. Katoista korkeustieto oli kaikkein tärkein, xy -sijainnilla ei ole niin merkitystä, koska ne rajoittuvat xy -sijainniltaan niitä kannatteleviin seiniin, joista tämä tieto on jo olemassa. Tunnelin ulkopuoliset seinät ja muut rakenteet kartoitettiin samalla tavalla kuin tunnelin sisäpuolellakin. Kaikki data editoitiin 3D-Win-ohjelmaa ja Autocadia käyttäen. (9)

Raportoinnit tarkkeista ja kartoituksista käytiin läpi työmaalla työn johdon kanssa. Jos raporteista kävi ilmi jotain sellaista, mitä piti korjata, ryhdyttiin tarvittaviin toimenpiteisiin. Työmaalla mittamiehen tuli laskea kaikista työmaalla tehdyistä valuista neliöt ja kuutiot.

Tunnelityömaalla tärkeintä on oman pisteverkon luotettavuus. Kun pisteisiin voidaan luottaa, on luottamus mittamiehen itsensä antamiin mittoihin myös paremmin kunnossa. Kokemuksen myötä mittamiehelle tosin syntyy tunne siitä, että kaikki ei ole kohdallaan. Tällöin tarkastetaan ja varmistetaan, että kaikki on kunnossa. Työmaan pisteiden rakentamiseen kannattaa käyttää aikaa ja vaivaa. Ne pitää tehdä jonomittauksella ja sitoa lähtökoordinaatistoon. Pisteet täytyy rakentaa niin, että ne näkyvät sokkeloisessakin tunnelissa hyvin ja ovat suojassa myös työmaanaikaiselta toiminnalta.

Tunnelityömaalla on tärkeää osata hyvin erilaiset tilavuuden laskennat.

Tunnelityömaalla tunneli yleensä rakennetaan kallion sisään, joten tilavuuslaskentoja kertyy usein paljon jo pelkistä louhinnoista. Tunneleissa suoritetaan yleensä myös paljon betonivaluja, joista tilavuudet ja neliöt jäävät yleensä mittamiehen laskettavaksi.

Muuten tunnelimittaukset eivät paljonkaan eroa tavallisista maanpäällisistä rakennusmittauksista. Ei tarvita kuin hieman uskallusta hypätä tuntemattomaan, ennakkoluulottomuutta ja paljon halua oppia lisää.

Lähteet

- 1 Erikoismittaukset. (WWW-dokumentti.) Destia.
http://www.destia.fi/palvelut/mittaus_tutkimuspalvelut/Erikoismittaukset_1009.pdf. Luettu 9.2.2010.
- 2 Tunneli. (WWW-dokumentti.) wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Tunneli>.
Luettu 27.2.2010.
- 3 Kuva kallion sisään rakennetusta Itäkeskuksen uimahallista. (WWW-dokumentti) MTRY. <http://www.mtry.fi/uimahalli2.htm>. Luettu 11.3.2010.
- 4 JT-mittaus Oy:n kotisivut. (WWW-dokumentti.) <http://www.JT-mittaus.com/>.
Luettu 19.2.2010.
- 5 Kuva Paavalinvuoren junaratatunnelin suuaukosta. (WWW-dokumentti.)
Wikimedia.http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Northern_entrance_of_Paavalinvuori_tunnel2.jpg. Luettu 13.3.2010.
- 6 Latvanen Kari, Siistiä sisätyötä, YIT:n Paikan päällä –lehti, s. 30–31, 2005
- 7 Savonen Arto, Kalliorakennustyömaiden toteumatietojen keruujärjestelmä, Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2007
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9736/TMP.objres.948.pdf?sequence=2>. Luettu 13.3.2010.
- 8 Kuva porausjumbosta. (WWW-dokumentti.) Liikennevirasto. http://e18.ppviestinta.fi/kuvat/16500-30_TT_24B.jpg. Luettu 18.3.2010.
- 9 Mättö Timo, mittaustyönjohtaja, Viikin uusi väestönsuoja. Haastattelu 3.3.2010.
- 10 Sivén Jan. Kuvat Viikin uuden väestönsuojan työmaalta 16.1.2010 – 1.3.2010
- 11 Nyroos Henri, työmaainsinööri. Kuvat Viikin uuden väestönsuojan työmaakerrokselta. 1.1.2009 – 1.3.2010
- 12 Viikin kalliorakentaminen. (WWW-dokumentti.) SRV:n kotisivut.
<http://www.srv.fi/rakentaminen/kalliorakentaminen/viikin>. Luettu 1.3.2010.
- 13 Viikin uusi väestönsuoja. Louhintatyön selvitys, 11.4.2008, WSP Finland Oy
- 14 Viikin uusi väestönsuoja. Tutkimusselostus, 21.10.2005, Jaakko Pöyry Infra
- 15 Viikin uusi väestönsuoja. Rakennusselostus, 13.6.2008, WSP Finland Oy ja Arkkitehtuuritoimisto B&M

- 16 Salaojapiirustus GEE 4301, Viikin uuden väestönsuoja piirustukset, (Liite 4)
31.8.2009
- 17 Mättö Timo, mittaustyönjohtaja, Viikin uusi väestönsuoja, Liite 1:
mittaussuunnitelma, 19.1.2009.
- 18 Mättö Timo, mittaustyönjohtaja, esimerkki tilaajalle luovutettavasta kaivojen
tarkekuvasta, 18.10.2009.

Liite 1: Viikin uuden väestösuojan mittaussuunnitelma

HELSINKI, Viikki

Viikin uusi väestösuoja

MITTAUSSUUNNITELMA
19.1.2009

TOIMEKSIANTO JA MITTAUSKOHDE

Toimeksiannosta suoritamme viikin uuden väestönsuojan paikalleen mittauksen. Toimeksiantajana on SRV. Työmaan mittauksista rakennuskohteessa vastaa Timo Mättö JT - Mittaus Oy:stä.

YLEISTÄ

Työmaan mittaukset on sidottu Helsingin kaupunginkoordinaattijärjestelmään. Mittauksissa käytämme MP1290, MP1291, MP 3077, MP 1147, MP 1153, MP 1077, MP1078, KP 207, KP 220 ja KP167. Lähtöpisteet tarkastetaan jonomittauksella.

TYÖMAAN MITTAUSPERUSTA

Työmaan mittaukset pyritään suorittamaan edellä mainituilla pisteillä, mutta tarvittaessa teemme apupisteitä. Apupisteet tehdään jonomittauksella tunnetulta asemapisteeltä.

KÄYTETTÄVÄ MITTAUSKALUSTO

Mittauksissa käytetään Trimble S6-sarjan robottitakymetriä. Koje tarkastetaan maahantuojaan huollossa noin kerran vuodessa. Kojeelle suoritetaan lisäksi mittauksen yhteydessä seuranta, jolla kojeen käyttökelpoisuutta valvotaan.

MITTAUSTEN SUORITTAMINEN

Mittaukset suoritetaan takymetrillä. Mittausten lähtöaineistona käytetään kohteista olevia piirustuksia sekä suunnittelijalta saatuja suunnitelmia. Tarketiedot rakennetuista kohteista luovutetaan tilaajalle.

HELSINGISSÄ 19.1.2009

JT-MITTAUS OY

Timo Mättö

Liite 2: Erot kaupungin pisteisiin uuden jonomittauksen jälkeen

|

Tarkemittaus

Ero kaupungin runkopisteisiin. Mitatut- ero kaupungin pisteisiin

T1	T2	T3	T4	X	Y	dx	dY	dz	
			MP1078	24976.684	54105.440	0.059	0.059	0.000	
			MP1153	24934.281	54214.129	-0.047	0.002	0.000	
			MP1147	24817.138	54154.890	-0.031	-0.006	0.000	
					Min	N=3	-0.047	-0.006	0.000
					Max	N=3	0.059	0.059	0.000
					Mean	N=3	-0.006	0.018	0.000
					MeanAbs	N=3	0.045	0.022	0.000
					StdDev	N=3	0.057	0.035	0.000

Liite 3: Viikin uuden väestönsuojan jonomittauksen havaintoraportti

JT-Mittaus Oy 20.01.2009

Havaintokirjan laskenta

Käytetyt kiintopisteet

3077	24730.422	54017.939	7.676
1291	24892.706	54014.004	9.075
1290A	24994.427	54056.980	10.761
1291A	24892.706	54014.004	9.075

Asemapiste 3077, mukana XYZ, tyyppi **, laskentatapa PNS
3077 24730.422 54017.939 7.676

Liitospiste 1291, mukana XYZ, havaintoja = 10
1291 24892.706 54014.004 9.075

Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	192.4441	99.4856	157.744	HVS 157.739
Hav 1	192.4390	99.4914	162.336	HVS
Hav 2	392.4490	300.5199	162.334	HVS
Hav 3	192.4389	99.4912	162.338	HVS
Hav 4	392.4492	300.5201	162.333	HVS
Hav 5	192.4391	99.4914	162.338	HVS
Hav 6	392.4489	300.5204	162.334	HVS
Hav 7	192.4391	99.4912	162.337	HVS
Hav 8	392.4494	300.5201	162.334	HVS
Hav 9	192.4391	99.4914	162.338	HVS
Hav 10	392.4488	300.5202	116.423	HVS
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000	HVS

Liitospiste AP1, mukana XYZ, havaintoja = 10
AP1 24629.576 54076.092 6.305

Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	360.6898	100.8950	116.423	HVS 116.411
Hav 1	360.6873	100.9004	116.423	HVS
Hav 2	160.6925	299.1105	116.423	HVS
Hav 3	360.6873	100.9005	116.423	HVS
Hav 4	160.6925	299.1103	116.422	HVS
Hav 5	360.6874	100.9006	116.423	HVS
Hav 6	160.6920	299.1105	116.424	HVS
Hav 7	360.6873	100.9007	116.424	HVS
Hav 8	160.6925	299.1105	116.422	HVS

Hav 9	360.6874	100.9006	116.423 HVS	
Hav 10	160.6921	299.1107	116.422 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Asemapiste	AP1, mukana -, tyyppi **, laskentatapa PNS			
	AP1	24629.576	54076.092	6.305
Liitospiste	3077, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	3077	24730.422	54017.939	7.676
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	231.1522	99.2039	116.421 HVS	116.412
Hav 1	231.1477	99.2094	116.422 HVS	
Hav 2	31.1567	300.8017	116.421 HVS	
Hav 3	231.1476	99.2097	116.423 HVS	
Hav 4	31.1564	300.8018	116.421 HVS	
Hav 5	231.1480	99.2094	116.422 HVS	
Hav 6	31.1565	300.8018	116.419 HVS	
Hav 7	231.1479	99.2097	116.422 HVS	
Hav 8	31.1564	300.8015	116.421 HVS	
Hav 9	231.1480	99.2095	116.422 HVS	
Hav 10	31.1566	300.8018	116.421 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Liitospiste	1147, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	1147	24817.169	54154.896	16.920
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	289.7687	96.6634	203.748 HVS	203.469
Hav 1	289.7633	96.6698	203.749 HVS	
Hav 2	89.7725	303.3413	203.748 HVS	
Hav 3	289.7641	96.6696	203.749 HVS	
Hav 4	89.7742	303.3426	203.748 HVS	
Hav 5	289.7645	96.6684	203.749 HVS	
Hav 6	89.7741	303.3418	203.747 HVS	
Hav 7	289.7645	96.6684	203.749 HVS	
Hav 8	89.7727	303.3419	203.748 HVS	
Hav 9	289.7648	96.6680	203.749 HVS	
Hav 10	89.7724	303.3426	203.747 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Asemapiste	1147, mukana -, tyyppi **, laskentatapa PNS			
	1147	24817.169	54154.896	16.920
Liitospiste	AP1, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	AP1	24629.576	54076.092	6.305
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	353.0447	103.3945	203.759 HVS	203.469

Hav 1	353.0421	103.4005	203.759 HVS	
Hav 2	153.0480	296.6122	203.759 HVS	
Hav 3	353.0411	103.4027	203.759 HVS	
Hav 4	153.0476	296.6120	203.758 HVS	
Hav 5	353.0416	103.4006	203.759 HVS	
Hav 6	153.0478	296.6122	203.759 HVS	
Hav 7	353.0416	103.4006	203.759 HVS	
Hav 8	153.0476	296.6121	203.758 HVS	
Hav 9	353.0416	103.4005	203.759 HVS	
Hav 10	153.0477	296.6114	203.760 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Liitospiste	1153, mukana XYZ, havainnot = 10			
	1153	24934.328	54214.127	19.784
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	157.5267	98.7352	131.304 HVS	131.278
Hav 1	157.5239	98.7413	131.303 HVS	
Hav 2	357.5297	301.2708	131.304 HVS	
Hav 3	157.5236	98.7413	131.305 HVS	
Hav 4	357.5303	301.2709	131.302 HVS	
Hav 5	157.5238	98.7414	131.304 HVS	
Hav 6	357.5300	301.2709	131.304 HVS	
Hav 7	157.5236	98.7414	131.305 HVS	
Hav 8	357.5294	301.2709	131.302 HVS	
Hav 9	157.5235	98.7415	131.304 HVS	
Hav 10	357.5290	301.2710	131.304 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Asemapistete	1153, mukana -, tyyppi **, laskentatapa PNS			
	1153	24934.328	54214.127	19.784
Liitospiste	1147, mukana XYZ, havainnot = 10			
	1147	24817.169	54154.896	16.920
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	133.3369	101.3525	131.308 HVS	131.278
Hav 1	133.3342	101.3584	131.309 HVS	
Hav 2	333.3399	298.6533	131.308 HVS	
Hav 3	133.3344	101.3582	131.309 HVS	
Hav 4	333.3396	298.6534	131.305 HVS	
Hav 5	133.3344	101.3581	131.308 HVS	
Hav 6	333.3393	298.6533	131.308 HVS	
Hav 7	133.3343	101.3585	131.307 HVS	
Hav 8	333.3394	298.6532	131.305 HVS	
Hav 9	133.3342	101.3582	131.309 HVS	
Hav 10	333.3389	298.6534	131.308 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	

Liitospiste	AP2, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	AP2	24926.918	54177.927	25.780
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	190.6855	92.1936	37.231 HVS	36.951
Hav 1	190.6826	92.2001	37.230 HVS	
Hav 2	390.6884	307.8123	37.231 HVS	
Hav 3	190.6827	92.1998	37.230 HVS	
Hav 4	390.6886	307.8126	37.231 HVS	
Hav 5	190.6825	92.1998	37.230 HVS	
Hav 6	390.6883	307.8127	37.232 HVS	
Hav 7	190.6823	92.1999	37.231 HVS	
Hav 8	390.6884	307.8126	37.232 HVS	
Hav 9	190.6825	92.1997	37.231 HVS	
Hav 10	390.6884	307.8128	37.232 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Asemapiste	AP2, mukana -, tyyppi **, laskentatapa PNS			
	AP2	24926.918	54177.927	25.780
Liitospiste	1153, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	1153	24934.328	54214.127	19.784
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	19.1596	108.1071	37.254 HVS	36.952
Hav 1	19.1583	108.1131	37.254 HVS	
Hav 2	219.1605	291.8986	37.254 HVS	
Hav 3	19.1587	108.1128	37.254 HVS	
Hav 4	219.1595	291.8985	37.254 HVS	
Hav 5	19.1598	108.1124	37.253 HVS	
Hav 6	219.1599	291.8985	37.255 HVS	
Hav 7	19.1595	108.1124	37.255 HVS	
Hav 8	219.1600	291.8983	37.253 HVS	
Hav 9	19.1603	108.1122	37.253 HVS	
Hav 10	219.1598	291.8984	37.253 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Liitospiste	1078, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	1078	24976.625	54105.381	25.822
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	270.2555	99.1459	87.951 HVS	87.943
Hav 1	270.2511	99.1513	87.951 HVS	
Hav 2	70.2597	300.8601	87.951 HVS	
Hav 3	270.2512	99.1515	87.951 HVS	
Hav 4	70.2598	300.8595	87.951 HVS	
Hav 5	270.2519	99.1513	87.950 HVS	
Hav 6	70.2594	300.8595	87.951 HVS	
Hav 7	270.2519	99.1514	87.951 HVS	
Hav 8	70.2595	300.8593	87.951 HVS	

Hav 9	270.2519	99.1512	87.950 HVS	
Hav 10	70.2591	300.8594	87.949 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Asemapiste	1078, mukana -, tyyppi **, laskentatapa PNS			
	1078	24976.625	54105.381	25.822
Liitospiste	AP2, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	AP2	24926.918	54177.927	25.780
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	270.6233	100.9840	87.953 HVS	87.942
Hav 1	270.6192	100.9889	87.953 HVS	
Hav 2	70.6272	299.0212	87.951 HVS	
Hav 3	270.6195	100.9892	87.955 HVS	
Hav 4	70.6271	299.0212	87.952 HVS	
Hav 5	270.6192	100.9892	87.953 HVS	
Hav 6	70.6273	299.0212	87.952 HVS	
Hav 7	270.6197	100.9893	87.952 HVS	
Hav 8	70.6271	299.0213	87.953 HVS	
Hav 9	270.6195	100.9892	87.954 HVS	
Hav 10	70.6273	299.0213	87.953 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Liitospiste	1290A, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	1290A	24994.427	54056.980	10.761
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	54.8188	117.7392	53.641 HVS	51.572
Hav 1	54.8172	117.7452	53.640 HVS	
Hav 2	254.8204	282.2669	53.641 HVS	
Hav 3	54.8166	117.7457	53.641 HVS	
Hav 4	254.8211	282.2672	53.640 HVS	
Hav 5	54.8170	117.7455	53.641 HVS	
Hav 6	254.8207	282.2672	53.642 HVS	
Hav 7	54.8171	117.7455	53.641 HVS	
Hav 8	254.8205	282.2669	53.641 HVS	
Hav 9	54.8170	117.7458	53.642 HVS	
Hav 10	254.8204	282.2671	53.641 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	
Asemapiste	1290A, mukana XYZ, tyyppi **, laskentatapa PNS			
	1290A	24994.427	54056.980	10.761
Liitospiste	1078, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	1078	24976.625	54105.381	25.822
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	14.0131	82.4573	53.594 HVS	51.572

Hav 1	14.0151	82.4651	53.594 HVS
Hav 2	214.0115	317.5507	53.594 HVS
Hav 3	14.0148	82.4652	53.594 HVS
Hav 4	214.0115	317.5508	53.593 HVS
Hav 5	14.0150	82.4652	53.594 HVS
Hav 6	214.0112	317.5506	53.593 HVS
Hav 7	14.0147	82.4653	53.593 HVS
Hav 8	214.0112	317.5508	53.594 HVS
Hav 9	14.0146	82.4653	53.594 HVS
Hav 10	214.0112	317.5507	53.594 HVS
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS

Liitospiste	1291A, mukana XYZ, havaintoja = 10			
	1291A	24892.706	54014.004	9.075
Havainnot	HA	VA	SD	HD
Keskiarvo	117.0265	101.1593	110.447 HVS	110.429
Hav 1	117.0246	101.1644	110.447 HVS	
Hav 2	317.0287	298.8461	110.447 HVS	
Hav 3	117.0244	101.1646	110.447 HVS	
Hav 4	317.0286	298.8461	110.448 HVS	
Hav 5	117.0239	101.1646	110.447 HVS	
Hav 6	317.0287	298.8460	110.445 HVS	
Hav 7	117.0244	101.1646	110.447 HVS	
Hav 8	317.0285	298.8461	110.447 HVS	
Hav 9	117.0246	101.1646	110.447 HVS	
Hav 10	317.0286	298.8460	110.447 HVS	
Hav virhe	0.0000	0.0000	0.000 HVS	

Jonomittaus

Sivujen lukumäärä: 6

Jonon pituus: 627.628 m

Laskennassa käytetty jonoluokka: V

Kulmasulkuvirhe	0.0061	Sallittu virhe : 0.0093 (65 %)
Pistesulkuvirhe	0.016	Sallittu virhe : 0.251 (6 %)
Koordinaattisulkuvirhe	-0.007	-0.014
Virheen suunta	269.0315 gon	

Uudet pisteet

AP1	24629.576	54076.092	6.305
1147	24817.169	54154.896	16.920
1153	24934.328	54214.127	19.784
AP2	24926.918	54177.927	25.780
1078	24976.625	54105.381	25.822

Raportin loppu

Liite 4: Salaojapiirustus GEE 4301

