

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööriytyö

Joni Kautonen



Joni Kautonen

Rakentamisen mittaukset Vuosaaren satamatyömaalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Maanmittaustekniikka koulutusohjelma
Opinnäytetyö

Metropolia Ammattikorkeakoulu Insinööriön tiivistelmä

Tekijä Otsikko	Joni Kautonen Rakentamisen mittaukset Vuosaaren satamatyömaalla
Sivumäärä Aika	68 sivua 21.1.2011
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	mittaustyönjohtaja Reijo Kautonen yliopettaja Vesa Rope
<p>Tämän insinööriön aiheena oli kuvata Vuosaaren satamarakennusprojektin eri työvaiheita ja erityisesti vesiväylien ja laituriin rakentamisen yhteydessä suoritettuja mittauksia yksittäisen mittaustilan yrittäjän näkökulmasta.</p> <p>Työn tavoite oli, että lukijalle muodostuisi käsitys sataman rakentamisesta yleisesti sekä käsitys mittamiehen työnkuvasta satamarakennustyömaalla.</p> <p>Insinööriön perustui työmaalla saatuihin kokemuksiin ja havaintoihin työskentelyssä kokeneemman mittamiehen apuna ja lomittajana.</p> <p>Työn aikana korostui mittamiehen työn vastuullisuuden merkitys paljon suuremmaksi mitä ennakkoon saattoi kuvitella. Rakennuttajan käyttämien mittauksia suorittavien alihankkijoiden pätevyyden merkitys ja sen puute nousi selvästi esille. Urakoitsijan käyttämien laadunvalvontajärjestelmien toimittajien laadunvalvonnassa mittausten osalta ilmeni kehitystarvetta.</p> <p>Kaikki suunnitelmat olisi saatava sähköisessä muodossa. Laatuohjelmien mittausten osalta olisi liitettävä lisää varmuuksia. Kiire tällaisissa hankkeissa tulee olemaan aina, mutta jo näillä perusparannuksilla mittamies kokisi työmaalla vähemmän rasittavana, koska kokonaisvastuu oikeellisuudesta ei kertyisi liian paljon yksittäisen mittamiehen taakaksi.</p> <p>Työssä esitetyt työtavat, oivalluksia ja johtopäätöksiä hyödyntämällä on vastaavien tehtävien suorittaminen saavutettavissa yksinkertaisemmaksi ja tehokkaammaksi.</p>	
Hakusanat	satamarakennusmittaukset, laituriinrakennusmittaukset, vedenalainen paalutus, Vuosaaren satama.

Author Title	Joni Kautonen Construction surveying at Vuosaari Port
Number of Pages Date	68 pages 21 January 2011
Degree Programme	Land Surveying
Degree	Bachelor of Engineering
Instructors	Reijo Kautonen Surveying Supervisor Vesa Rope Principal Lecturer
<p>The main purpose of this study was to describe the measuring tasks needed for the waterway and quay construction tasks in Vuosaari port. The perspective taken was that of a single entrepreneur at a measuring company.</p> <p>The aim of this study was to help the reader form an understanding of harbour construction generally and, in particular an understanding of the work of a land surveyor at a harbour construction site.</p> <p>The study is based on the experiences and observations obtained when working aside, and occasionally substituting, for an expired surveyor.</p> <p>During the investigation the extent of the surveyor's responsibility was highlighted. The importance of competence among the subcontractors doing measurements, or the lack there of, was clearly noticed. The authorities doing quality control for the main constructor/contractor should develop their quality control systems concerning measuring.</p> <p>All drawings should be given in an electrical format. The quality control system concerning measuring duties should be made more reliable. There will always be a sense of urgency in these projects, but if these basic suggestions for improvement were implemented, the surveyor in charge would experience less stress in the working environment, because the main responsibility over everything being correct would not lie too much with a single surveyor.</p> <p>By taking into consideration the working methods, remarks and conclusions mentioned in this study, performing similar tasks in the future would become more simple and effective.</p>	
Keywords	harbour construction measuring, quay construction measuring, underwater piling, Vuosaari harbor

Sisällys

1 Johdanto	7
2 Vuosaaren satamahanke	8
3 Terramare Oy	9
3.1 50 vuotta vesirakentamista	9
3.2 Terramaren avainluvut	10
3.3 Päätoimialat	10
3.3.1 Ruoppaus	10
3.3.2 Vedenalainen louhinta	10
3.3.3 Satama- ja rantarakentaminen.....	11
3.3.4 Liukuvalukohteet	11
3.3.5 Ympäristörakentaminen.....	11
3.3.6 Erikoiskohteet	11
4 Ruoppaus ja vedenalainen louhinta	12
4.1 Merellä toimivien yksiköiden paikanmäärityslaitteisto	12
4.2 Ohjelmistot	13
4.3 GPS-järjestelmän kalibrointi	13
4.4 Ruoppaus	13
4.5 Vedenalainen louhinta	14
4.5.1 Vedenalainen louhinta vaatii huolellisuutta.....	15
4.5.2 Vedenalainen louhinta voi epäonnistua	15
4.6 Ruoppausmassat läjitysalueelle ja hyötykäyttöön.....	16
5 Merenpohjan kartoitus ja kulkusyvyiden varmistaminen	17
5.1 Tutkimusmenetelmistä yleisesti	17
5.2 Vuosaaren työmaalla käytettyjä mittausmenetelmiä merellä	18
5.3 Tankoharaus	19
5.3.1 Tankoharauksen paikantamismenetelmät	21
5.3.2 Tankoharaus on virallinen toimitus	23
6 Laiturit.....	23
6.1 Laiturityypit Vuosaaren satamassa.....	23
6.1.1 Kulmatukimuurilaituri	24
6.1.2 Pistolaituri.....	26

7	Laiturielementtien asennusmittaus.....	29
7.1	Linja-asennus vanhalla menetelmällä	29
7.2	Linja-asennus uudella menetelmällä	31
7.3	Sivusta-asennus vanhalla menetelmällä	33
7.4	Sivusta-asennus uudella menetelmällä	34
7.5	Siirtymäennakkoa jo asennusvaiheessa	36
7.6	Tarkepiirustus	37
8	Tunnelilaiturin rakentaminen.....	40
8.1	Tunnelilaituri	40
8.2	Laiturilinjan määrittäminen	41
8.3	Laiturirakenteen korkeuden määrittäminen	42
8.4	Laiturivarusteiden mittaus	42
8.5	Laituripollarin asennus	44
8.6	Laiturin kansirakenteiden mittaus	45
8.7	Nosturikiskojen mittaus.....	46
8.8	Kansiluukkuja.....	48
9	Paalutus	48
9.1	Putkipaalut.....	48
9.2	Koordinaatit paperipiirustuksista.....	50
9.3	Pystypaalun asennusmittaus	50
9.4	Vinopaalun asennusmittaus	52
9.5	Tarkepiirustus	55
10	Kokemuksia kentältä.....	58
10.1	Mittamiehenä ruoppaajalla ja porauslautalla.....	58
10.2	Riskialtis työympäristö lautoilla.....	58
10.3	Mittamiehenä betonirakennustyömaalla.....	59
10.4	Robottitakymetri vai mekaaninen.....	59
10.5	Vanha menetelmä on varma joka säällä	60
11	Yhteenvedo	62
11.1	Virheellinen pistetieto urakoitsijalle.....	62
11.2	Aktiiviprismoista	62
11.3	Prismaheijastintarrat apuna	64
11.4	Korkeuspisteissä outoa epäselvyyttä	64
11.5	Piirustukset vain paperilla	65
11.6	Mittamiehen työssä virheriski mukana.....	66

11.7 Laatu järjestelmissä parantamisen varaa	66
11.8 Laatu järjestelmän parannusehdotus.....	67
11.9 Virhemahdollisuuden poisto.....	67
Lähteet.....	68

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä käsitellään Vuosaaren satamarakennustyömaalla tehtyjä vesistö rakentamiseen ja laiturirakentamiseen liittyviä mittauksia yksittäisen mittausalan yrittäjän näkökulmasta.

Työssä on käsitelty Vuosaaren satamahanketta omassa luvussaan, jotta lukijalle muodostuisi parempi käsitys rakennushankkeen mittakaavasta. Terramare Oy on myös saanut työssä oman osion, koska yrityksen tunnettuus on heikko.

Terramare Oy voitti sataman laivaväylän ja satama-altaiden ruoppauksista käydyn urakkakilpailun. Yrityksen onnistui myöhemmin saada tehtäväkseen vielä laiturirakenneurakat LRU 1 ja LRU 2, sekä reunapalkki- ja pistolaituriurakat RPU 1 ja RPU 2. Tämä insinööriyö perustuu Terramaren työmaajohdon alaisuudessa tehtyyn alihankintatyöhön näihin urakoihin liittyvissä mittaustehtävissä. Insinööriyö keskittyy pääasiallisesti laiturirakentamiseen liittyviin mittauksiin, mutta myös ruoppaajalla, vedenalaista louhintaa suorittavalla porauslautalla ja haralautalla saatuja kokemuksia ja havaintoja on käsitelty.

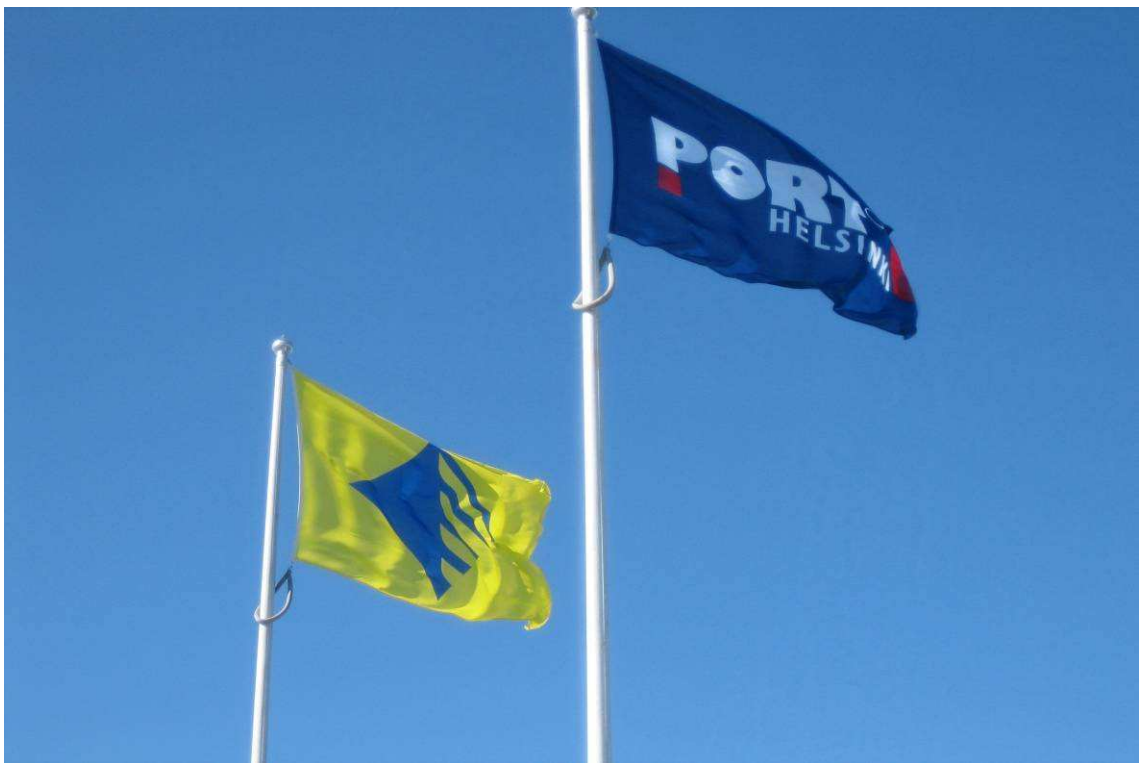
Aiheen valintaan vaikutti se, että sain mahdollisuuden olla mukana työmaalla suorittamassa mittaustehtäviä myös itsenäisesti ja samalla nähdä suuren työmaan toimintaa sisältä päin. Saatujen kokemusten perusteella oli luontevaa valita insinööriyön aihe juuri Vuosaaren satamatyömaasta.

Työmaan kuluessa kertyneiden havaintojen perusteella on jälkikäteen todettavissa, että valtavan projektin kokonaissuunnittelussa ja toteuttamisessa on monella osallistuneella taholla vielä paljon parannettavaa. Työ tässä suhteessa on vielä selvästi kesken, vaikka juhlapuheista sitä ei huomannut.

2 Vuosaaren satamahanke

Vuosaaren satamahankkeen peruskivi muurattiin 7.1.2003. Satamahanke jakautui kahteen päähaaraan, ensimmäinen oli varsinainen satamahanke, josta käytettiin työnimeä Vuosa ja toisen, sataman liikennejärjestelyjä koskevan hankkeen työnimi oli Vuoli.

Vuosa-hanke sisälsi mm. laituri- ja meriväylän rakentamisen. Hankkeen kokonaiskustannukset olivat 380 miljoonaa euroa. Vuoli-hankkeen kokonaiskustannuksiksi muodostui 300 miljoonaa euroa. Sataman alueelle rakennettujen kiinteistöjen rakennuskustannusten yhteisarvo oli noin 500 miljoonaa euroa. Vuosa-hankkeen arjannostajaisia vietettiin 17.5.2007 (*kuva 1*).



Kuva 1. Vuosa-hankkeen harjannostajaisia vietettiin 17.5.2007. Kuvassa Helsingin sataman ja Terramaren liput.

Vuosaaren satama-alueen koko on noin 150 hehtaaria. Konttialuksia varten on laituri metrejä kaikkiaan 1500 metriä. Ro-ro-aluksille on laituri paikkoja yhteensä 15. Satamaan johtava 32 kilometrin pituinen meriväylä alkaa Helsingin majakalta.

Meriväylän virallinen kulkusyvyys on 11,0 metriä, sen leveys on kapeimmillaan 200 metriä. Satama vihittiin virallisesti käyttöön 24.11.2008. (2, s. 1.)

3 Terramare Oy

3.1 50 vuotta vesirakentamista

Terramare Oy tarjoaa asiakkailleen vankan kokemuksen ja monipuolisen erikoisosaamisen satama-, vesi- ja liukuvalurakennuskohteissa. Erikoistuminen erilaisiin ruoppaustöihin, vedenalaiseen louhintaan, satama- ja laiturirakentamiseen, liukuvalukohteisiin sekä ympäristörakentamiseen on tehnyt Terramaresta alan johtavan ammattilaisen ja suunnannäyttäjän, jonka toiminta on nykyisin laajentunut myös maamme rajojen ulkopuolelle.

Terramare Oy on toiminut nykyisellä nimellään runsaat 10 vuotta. Toiminta alkoi 1960-luvun alussa nimellä Vesi-Pekka Oy, nimestä on tänä päivänäkin nähtävissä rippeitä Terramaren vesirakennuskaluston nimissä (Meri-Pekka, Kuokka-Pekka, Nosto-Pekka jne.).

Terramareissa on 50 vuoden vankka kokemus Suomen satama- ja vesiväyläverkoston rakentamisessa sisältäen kaikki osa-alueet. Yrityksellä on alkuajoista saakka ollut oma kalustopankki, jonka tuotantoputkesta on tullut monta aktiivista kehitystyötä innovoivaa vesistö rakentamisen laitetta ja vempainta. Yksi niistä on tribyylitinan kerrosruoppaukseen kehitetty ympäristökauha, jonka avulla ruoppaaja pystyy kerralla lakaisemaan meren pohjasta kyytiin puolen metrin vahvuisen mutakerroksen jopa yli 10 neliömetrin alueelta. Kauhalla voidaan suorittaa tehokas pintaruoppaus saastuneen maaineskerroksen poistamiseksi. Sitä käytettiin menestyksellisesti Vuosaaren satamarakennustyömaalla.

Terramaren toiminta perustuu pitkän ja laajan kokemuksen lisäksi oman ammattitaitoisen ja motivoituneen henkilöstön, omaan monipuoliseen ja suorituskykyiseen erikoiskalustoon sekä niiden kehittämiseen ja kunnossapitoon.

Geologian tuntemus, tarkka laadunvalvonta ja sekä tekniikan että työmenetelmien jatkuva kehitystyö ovat niin ikään toiminnan pääperiaatteita. Lisäksi jatkuva panostus laatuun, työturvallisuuteen ja ympäristönsuojeluun tukevat yrityksen toimintaa kaikilla vesirakentamisen osa-alueilla.

3.2 Terramaren avainluvut

Seuraavassa taulukossa on eritelty Terramaren avainluvut.

LIKEVAIHTO (summat M€)	2005	2006	2007	2008	2009
Kansainväliset toiminnot	5,9	10,5	15,7	23,5	8,6
Suomi	47,8	53,3	54,6	69,6	44,0
Liikevaihto yhteensä	53,7	63,8	70,3	93,3	52,6
Henkilöstö	248	278	270	281	270

3.3 Päätoimialat

3.3.1 Ruoppaus

Yrityksellä on pitkät perinteet ammattitaitoisessa ruoppauksessa vaativissakin kohteissa, kuten laivaväylillä, kanavissa, satama-altaissa ja rantarakennuskohteissa. Lisäksi ympäristöruoppaukset ovat nykyajan yhä kehittyvää osaamisaluetta, samoin kuin ongelmallisten ruoppausmassojen jälkikäsitteilyt.

3.3.2 Vedenalainen louhinta

Terramare Oy on kehittänyt pohjoisille vesialueillemme tyypillisten kovien merenpohjien louhinta-, poraus- ja räjäytysosaamistaan määrätietoisesti. Ammattitaidon ja kaluston lisäksi yritys on kehittänyt mm. tehokkaan ja turvallisen pumpattavaa nestemäistä räjähdysainetta käyttävän panostusmenetelmän sovellutuksen käytettäväksi vedenalaisissa louhintatöissä.

3.3.3 Satama- ja rantarakentaminen

Yritys on luonut pitkälle satama- ja rantarakentamisen historiaa Suomessa. Satamien ja laituriin rakentamiseen tarvittava kalusto ja osaaminen on yrityksessä hiottu huippuunsa niin suunnittelun, toteutuksen kuin kehitystönkin osalta.

3.3.4 Liukuvalukohteet

Liukuvaluliiketoiminta on osa Terramaren vahvaa osaamisaluetta. Liukuvalukalusto mahdollistaa useiden kohteiden, kuten laiturielementtien, meluseinien toteuttamisen. Liukuvaluosaaaminen sisältää myös monien erikoiskohteiden, kuten porrastornien, savupiippujen, säiliöiden, vesitornien ja vastaavien erityisosaamista vaativien kohteiden toteuttamisen.

3.3.5 Ympäristörakentaminen

Ympäristörakentamiseen kuuluvat mm. saastuneiden maamassojen ruoppaukset, läjitykset ja jälkikäsittelyt. Lisäksi siihen kuuluvat merenpohjassa olevien vaarallisten esineiden kauko-ohjatut käsittelyt sekä rakentamisen puolella myös merialueille sijoitettavien tuulivoimaloiden pohjatyöt.

3.3.6 Erikoiskohteet

Terramare Oy:n erikoisosaaminen soveltuu myös moniin muihin vesi- ja rantakohteisiin, kuten pato- ja aallonmurtajarakentamiseen, laivaväylien merimerkkien asentamiseen, raskaisiin paalutuksiin sekä keinosaarien luomiseen. Kalusto soveltuu myös vaativiin nostotöihin niin meri- kuin sisävesilläkin. (1, s. 1.) Vuosaaren työmaalla työskenneltiin kaikilla Terramaren osaamisalueilla (*kuva 2*).



Kuva 2. Ensimmäinen laiturielementti on mitattu paikoilleen Vuosaaren satamassa ja seuraava on nosturilautan koukussa tulossa asennettavaksi. Taustalla Terramaren laivastoa merellä.

4 Ruoppaus ja vedenalainen louhinta

4.1 Merellä toimivien yksiköiden paikanmäärityslaitteistot

Vuosaaren satamatyömaalla kaikki merellä toimivat yksiköt (ruoppaajat, poralautat, harausalukset, proomut) oli varustettu GPS-vastaanottimin. Kaikki työalukset ja yksiköt käyttivät yhteistä KKK-koordinaattijärjestelmää, niiden paikanmäärityslaitteisto oli lisäksi yhteydessä Vuosaaren satamaan sijoitettuun RTK-tukiasemaan signaalilaadun ja tarkkuuden parantamiseksi.

4.2 Ohjelmistot

Karttaohjelmistot aluksilla olivat jokseenkin yhtenevät, siten ne tukivat toisiaan. Peruskarttaohjelmiston olivat laatineet Terramaren emoyhtiön hollantilaiset työntekijät, jotka olivat itse usein myös mukana varsinaisissa työtehtävissä.

Yksittäisiä koordinaattitietoja oli mahdollisuus lukea ohjelmistosta radiopuhelimen välityksellä suoraan toiselle alukselle, jotka vastaanottaja näppäili omaan ohjelmaansa. Tämä ominaisuus oli kätevä, koska esimerkiksi harausaluksen löytämän pienen törmäyskohdan sijainti voitiin näin välittää ruoppaajalle ilman, että piti lähettää koko laaja haraustiedosto sähköpostissa. Ohjelmisto oli tehty varsin helppokäyttöiseksi ja sitä pyrittiin kehittämään työmaan aikana lisää. Sitä päivitettiin usein koko mittavan satamahankkeen aikana, jotta siitä olisi saatu vielä käyttäjäystävällisempi. Päivitykset onnistuivat mielestäni hyvin, pääsin osaltani myös vaikuttamaan ohjelmiston kehitykseen kertomalla kehittäjille kehitysideoita ja havaitsemiani ongelmia.

4.3 GPS-järjestelmän kalibrointi

Terramaren laatu järjestelmä edellyttää, että jokaisen työmaalla olevan aluksen GPS-järjestelmä kalibroidaan määräajoin. Tämä toteutetaan mittaamalla takymetrillä antennin koordinaatit, joita verrataan GPS-laitteiston antamiin koordinaatteihin. Mikäli koordinaattitiedoissa esiintyi poikkeamia, muutettiin GPS-laitteiston parametreja siten, että keskinäiset arvot taas vastasivat toisiaan.

4.4 Ruoppaus

Ruoppauskohteet oli rakennuttajan toimesta kartoitettu ja määritetty huolellisesti. Jokaisen ruoppaajan tietojärjestelmään oli asennettuna koko työmaan kattava pohjakartta, josta kävi ilmi kaikkien ruopattavien kohteiden sijainti ja urakka-alueiden rajat. Ruoppaajan operaattorilla on edessään kaksi monitoria. Toisessa on esillä ruopattavan kohteen pintakartta, jossa ruoppaustason yläpuolinen osa oli värjätty punaisella värillä. Toisesta monitorista operaattori pystyi seuraamaan puomin ja kauhan liikeratoja kaaviokuvasta, jossa ruoppaajan poikkileikkaus ja meren pohja näkyivät samanaikaisesti. Sitä mukaa ruoppaus edistyi, pintakartan punainen väri muuttui vihreäksi. Tämä tarkoitti sitä, että vihreä alue oli valmis ja ruoppaaja saattoi siirtyä seuraavalle punaiselle kaivuu-alueelle.



Kuva 3. Ruoppaaja on löytänyt suuren kiven

4.5 Vedenalainen louhinta

Mikäli ruoppauksen jälkeen työkohteen pintakartalle jäi punaista väriä, tämä tarkoitti sitä, että ruoppaus ei ole onnistunut, koska kohde on kalliota. Vedenalainen louhinta edellyttää erityisen huolellista paikanmäärittystä sekä louhintatyön onnistumisen että myös työturvallisuuden kannalta (*kuva 3*). Ennen GPS-järjestelmien, tietokoneiden ja ohjelmistojen yleistymistä paikannettiin porauslautat takymetrimittauksella ja porauslinjat piirrettiin erityisen sapluunan avulla millimetripaperille. Sapluunassa oli merkittynä prismapisteiden paikat, joiden perusteella piirtäminen tehtiin. Rivivälien keskinäistä etäisyyttä mitattiin suhdeviivaimella.

Tänä päivänä louhintatyön paikanmäärittämisessä tarvitaan GPS:n lisäksi ainoastaan työkohteen elektroninen pintakartta. Louhinta etenee riveittäin siten, että jokaisella rivillä on kymmenen porareikää 2,5 metrin etäisyydellä toisistaan. Jokainen reikä ladataan räjähdysaineella heti kun poraus on valmis. Tämän jälkeen poraus aloitetaan viereiseltä reiältä. Yleisesti käytetty porausruudukko on kooltaan 2,5 m x 2,5 m.

Kun koko rivi on saatu porattua ja panostettua, siirretään lautta taaksepäin 2,5 m ja aloitetaan uuden rivin poraus. Muutaman porausrivin jälkeen aletaan käyttämään nimitystä louhintakenttä. Louhintakentässä voi helposti olla muutama tuhat kiloa räjähdysainetta.

4.5.1 Vedenalainen louhinta vaatii huolellisuutta

Kun kenttä on valmis, porauslautta siirtyy noin 100 metrin etäisyydelle kentästä ja sen jälkeen kenttä räjäytetään. Vesi vaimentaa räjäytyksen vaikutusta yllättävän voimakkaasti, siksi 100 metrin turvaetäisyys on täysin riittävä. Porauslautan pintakartalle piirtyy jokainen louhintarivi. Paikanmäärityksessä on oltava huolellinen, koska 2,5 metrin etäisyydellä porattavasta reiästä on panostettu reikä, jossa on myös sytytysnalli. Mikäli poraus osuu tällaiseen reikään, on vaarana, että koko kenttä räjähtää päälle hallitsemattomasti.

4.5.2 Vedenalainen louhinta voi epäonnistua

Jos porauslinjojen väli jää liian suureksi, voi louhinta epäonnistua, koska koko kenttä tai osa siitä voi jäädä lukkoon. Kallio ei murskaannu toivotulla tavalla tai louhos voi jäädä niin karkeaksi (*kuva 3*), että lohkaraita joudutaan räjäyttämään uudelleen ennen kuin ruoppaaja pystyy nostamaan kivet proomuun (*kuva 4*).



Kuva 4. Porauslautta on tunkattu irti vedestä räjäytyksen ajaksi. Taustalla on valmis elementtirivi odottamassa asennusta.

4.6 Ruoppausmassat läjitysalueelle ja hyötykäyttöön

Ruoppaus suunnitelmissa osoitettiin ruoppausmassojen läjitysalueet. Maa-ainekset kuljetettiin erityisillä ruoppausproomuilla, joiden lastitilavuus oli keskimäärin noin 500 kuutiometriä. Proomujen rakennetta voi verrata herneen palkoon. Siinä on kaksi ponttoonaa, jotka on yhdistetty yläosastaan saranoilla. Alaosassa on vahvat hydrauliset tunkit kummassakin päässä. Kun tunkit aukaistiin, niin ponttoonit aukesivat alaosasta erilleen toisistaan ja lasti pääsi valumaan mereen. Kun lasti oli purettu, ajettiin tunkit taas kiinni. Ammattipiireissä puhutaan ”palkoproomuista”. Kantavuusominaisuuksiltaan huonot maa-ainekset kuljetettiin läjitysalueille. Louhe pyrittiin hyödyntämään alueen kenttärakenteissa.

Proomujen ohjaamoissa oli tietokoneen näytöllä merkittyinä kaikki läjitysalueet ja kulkureitit. GPS-paikannuksen avulla proomujen oli helppo löytää kulloinenkin läjitysalue ja reitti (kuva 5).



Kuva 5. Etualalla olevan haran takana proomu on matkalla läjitysalueelle. Taustalla on porauslautta ja ruoppaaja työssä.

5 Merenpohjan kartoitus ja kulkusyvyyden varmistaminen

5.1 Tutkimusmenetelmistä yleisesti

Meren pohjatutkimukset voidaan jakaa väylämittauksiin, avomerimittauksiin sekä rannikolla ja sisävesillä tehtäviin aluemittauksiin. Vuosaaressa tehtiin pelkästään väylämittauksia, mikä on vaativinta ja vastuullisinta merimittaustyötä. Väylä- ja avomerimittaukset suoritetaan peittäväillä mittausmenetelmillä, jolloin mitattavalla alueella saadaan pohjasta kattava syvyystieto. GPS-paikannuksen ansiosta sijaintitarkkuus on parantunut merkittävästi. Kaikki merenpohjan kartoitustoimintojen tuottamat mittaustulokset ovat nykyisin elektronisia datatiedostoja.

Väylän suunnittelu ja rakentaminen edellyttää väylämittauksia. Niillä varmistetaan, että alueet ovat riittävän syviä (haluttu syvyys on määrätty työsuunnitelmassa).

Väylämittausten ja -luotausten perusteella määritetään lisätutkimuksia tai ruoppauksia vaativat matalat kohdat meren pohjasta. Mittausten perusteella selvitetään esim. poistettavan matalikon sisältämät ruoppausmassat tai vedenalaisen rakennuskohteen tarkka topografia. Väyläalueiden matalimmat kohdat on lisäksi varmistettava mekaanisesti haraamalla väylän riittävän kulkusyvyuden varmistamiseksi. Merkittävällä osalla väylistä joudutaan tekemään toistuvasti ylläpitoluotauksia, koska pohjan topografia muuttuu jatkuvasti ihmisen toiminnan ja luonnonilmiöiden vaikutuksien seurauksena.

Merenmittauksissa käytetään akustisia, mekaanisia ja optisia menetelmiä. Akustiset menetelmät, kuten monikeilaus, kaikuhaara ja kaikuluotaus, perustuvat laitteen lähettämän ja kohteesta takaisin heijastuneen äänisignaalin kulkuajan mittaamiseen. Mekaaninen tankohara perustuu kiinteän, tiettyyn syvyyteen asetetun poikittaisen teräspalkin kuljettamiseen veden alla. Optiset menetelmät, kuten laserkeilaus, perustuvat lähetetyn valopulssin kulkuajan mittaamiseen lähettimestä kohteeseen ja takaisin. (5, s. 1.)

5.2 Vuosaaren työmaalla käytettyjä mittausmenetelmiä merellä

Kaikuhaarauksessa yhdistyvät periaatteessa sekä kaikuluotaus että tankohara. Kaikuhaara on monikeilauksen tapaan peittävä mittausmenetelmä. Alukseen sijoitetaan useita kaikuantureita poikittain aluksen kölilinjaan nähden riviin siten, että anturien lähettämät kaikupulssit eli mittauskeilat peittävät toisensa.

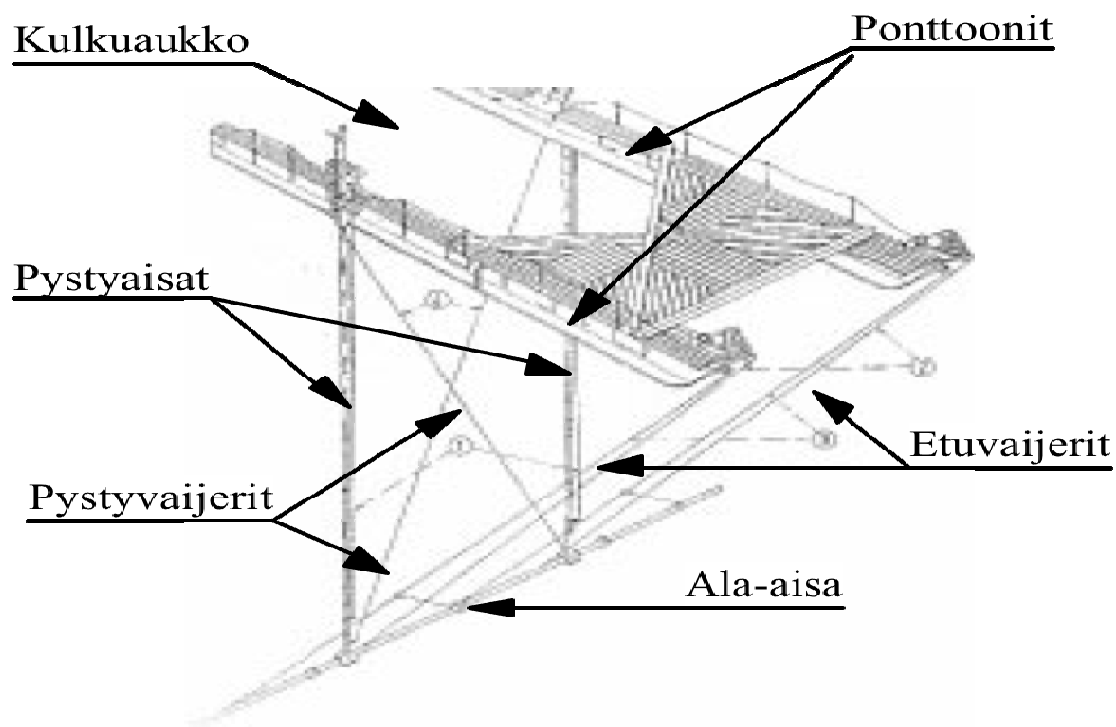
Pohjasta heijastuneen kaikupulssin kulku-aika mitataan. Anturin ja pohjan välinen etäisyys saadaan laskettua, koska tiedetään äänen etenemisnopeus vedessä. Yhdistämällä se muihin laitteiston antamiin tietoihin saadaan laskettua mitatun paikan syvyys. Jotta koko haluttu alue saadaan mitattua peittävästi, sovitetaan aluksen nopeus siten, että mittauskeilat peittävät toisensa myös aluksen etenemissuunnassa. Näin saadaan vesialueen pohjasta tiheä kaikuluotauskartta. Kaikuhaaralauksessa on GPS-vastaanotin, jonka syöttämä sijaintitieto yhdistetään kaikuluotaustiedostoon reaaliajassa ja siitä edelleen yhteiseen karttapohjaan ilman erillisiä välimuokkauksia.

5.3 Tankoharaus

Tankohara on ponttoonien varassa kelluva lautta, jonka keskellä on aukko, josta mittausalus pääsee ponttonien väliin ohjaamaan haran kulkua. Harassa on veden alla tietylle syvyydelle upotettu poikittainen terästanko, ala-aisa. Siitä nousee aluksen kummallekin sivulle pystyaisat, joihin on asetettu syvyyssasteikko. Haran syvyyttä säädetään pystyaisojen sivuilla kulkevien vaijerien avulla, joiden vedenalainen pää on kiinnitetty poikittaiseen ala-aisaan ja yläpää pieneen vintturiin. Haralautan etukulmien kautta on johdettu vaijerit vinsseiltä ala-aisalle. Näiden avulla kontrolloidaan haran pystyaisojen kohtisuoruutta vedenpintaan nähden. Pystyaisat nousevat ylöspäin haran koskettaessa pohjaa (*kuva 6*).

Jos vedenalainen kohde on selvästi haraussyvyyttä matalampi, pysähtyy haran eteneminen törmäyskohdassa kokonaan. Haraamalla voidaan konkreettisesti varmistaa tietyllä syvyydellä olevat kiinteät kohteet ja esteistä vapaa vesitila haraussyvyyteen asti. Joskus haratanko ottaa kiinni kiinteään kohteeseen vain vähän siten, että sitä on vaikea huomata. Hara ei pysähdy, eikä tanko nouse huomattavasti. Tämän takia haran tangosta tulisi pitää harauksen aikana kiinni, jotta voidaan käden avulla tuntea tangon vähäisenkin värähtely ja liike. (6, s. 1.)

Vesistöarakennustöissä on aina mukana muuttuvana tekijänä merivedenpinnan korkeuden vaihtelu. Vedenpinnan korkeutta seurattiin jatkuvasti ja tiedot päivitettiin ruoppaajien ja porauslauttojen järjestelmiin useita kertoja työpäivän aikana. Haraustehtävissä on vedenkorkeutta seurattava erityisen huolellisesti ja säädettävä haran ala-aisan korkeus aina vastaamaan juuri senhetkistä meriveden pinnankorkeutta.



Kuva 6. Tankoharan periaatepiirustus

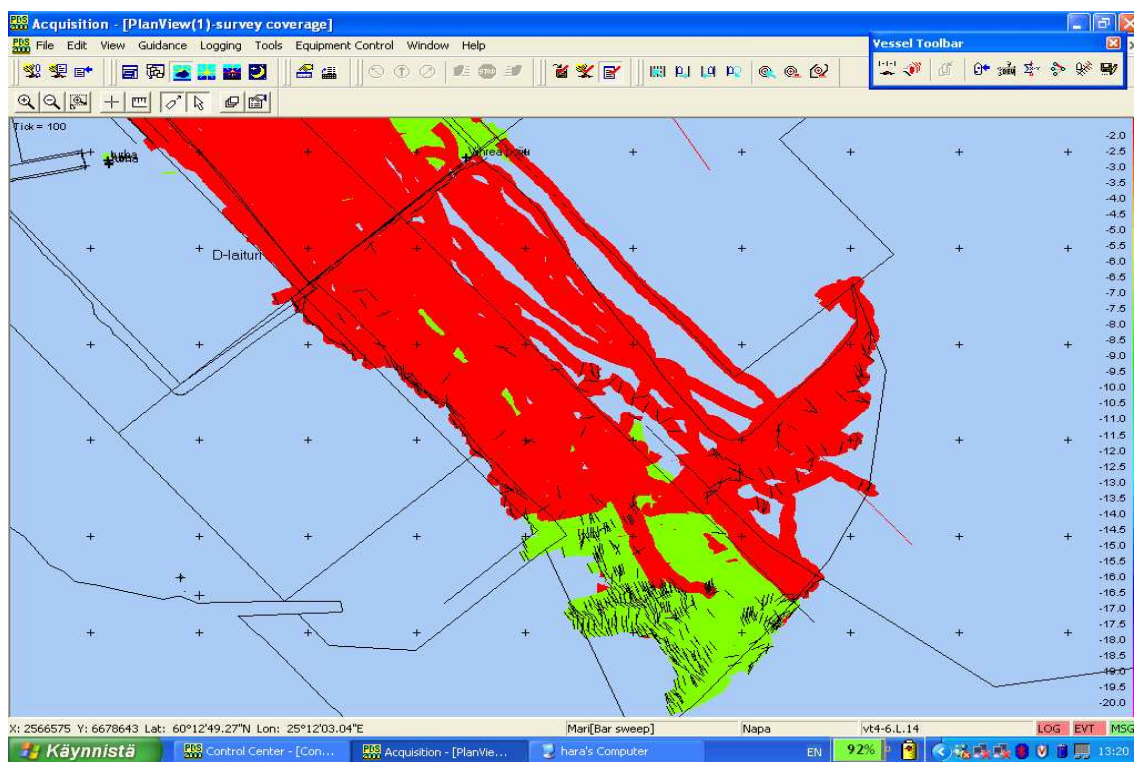


Kuva 7. Tankohara, jossa on GPS-paikannus.

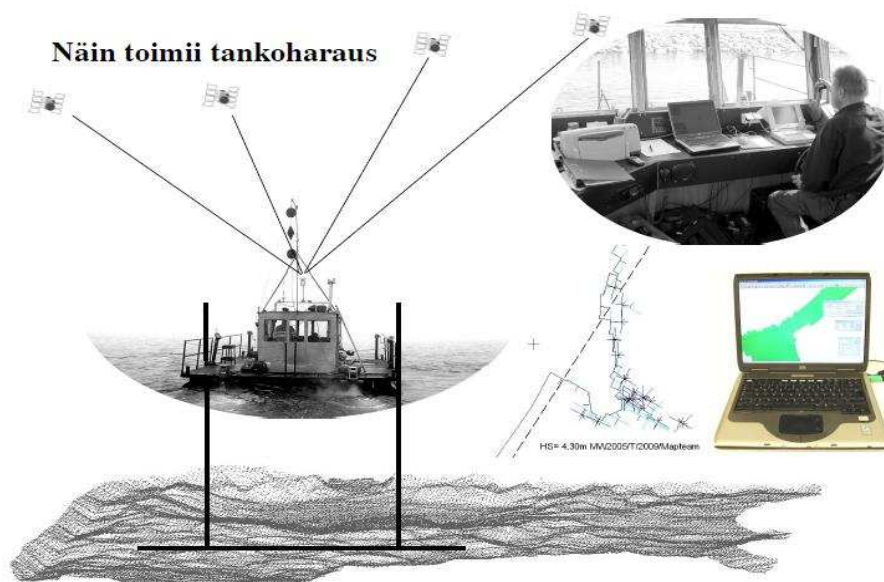
5.3.1 Tankoharauksen paikantamismenetelmät

Haraustyö edellyttää jatkuvaa paikannusta sekä harauslinjojen ja harausaluksen kulun jatkuvaa seuraamista joko takymetrin tai GPS-laitteiston avulla, jotta haraustulos olisi luotettava. Ennen satelliittipaikannusjärjestelmien yleistymistä seurattiin ja ohjattiin harausta takymetrin avulla. Tämä edellytti mittamieheltä huomattavaa tarkkuutta. Radiopuhelimen avulla oli jatkuvasti ilmoitettava harausalukselle ajolinjan korjauksia. Samanaikaisesti oli tehtävä reittitalennuksia kaistojen peiton varmistamiseksi. Lisäksi oli koko ajan oltava valmis kartoittamaan mahdollisen pohjakosketuksen sijainti.

Nykyään harausaluksissa on GPS-vastaanotin (*kuva 7*), (*kuva 9*). Vuosaaren työmaalla oli vielä aineiston luotettavuuden parantamiseksi oma RTK-tukiasema. Harausaluksella on erityinen ohjelma, jossa on yhteinen karttapohja koko työmaasta. Tästä karttapohjasta nähdään harattavan alueen rajat. Tämä ohjelma on reaaliaikaisesti yhteydessä GPS-vastaanottimeen. Harauksen alkaessa käynnistetään tietokoneesta haraustoiminto. Ohjelma piirtää poikittaistangon levyistä kaistaa tietokoneen ruudulle, jonka värin voi valita vapaasti. Jos ja kun hara törmää kiinteään kohteeseen, painetaan osumanappia, jolloin ohjelma piirtää poikittaistangon mittaisen viivan kyseiseen kohtaan kartalle poikittain haran kulkusuuntaan nähden. Tähän kohtaa tulisi ajaa haralla useammasta eri suunnasta. Näin saataisiin tarkempi selvyys törmäyskohdan laajuudesta.



Kuva 8. Harauskartta harausaluksen näytöllä



Kuva 9. Harausten perusteella laaditaan harauskartta.

Haraustulosten perusteella muodostunut kartta (*kuva 8*) toimitetaan ruoppaajille sähköpostina. Ruoppaajan työnjohtaja asettaa karttapohjan ruoppaajan tietojärjestelmään ja ruoppaaja ohjataan sen oman GPS-laitteiston avulla haran törmäyskohtien osittamiin kohteisiin. Ruoppauksen jälkeen suoritetaan kohteen uusintaharaus.

5.3.2 Vastaanottoharaus on virallinen toimitus

Tankoharaus on ainut merenkulkulaitoksen hyväksymä menetelmä, jonka avulla voidaan suorittaa uuden väyläalueen virallinen vastaanotto. Vastaanottoharaus on virallinen toimitus, jonka perusteella laaditaan virallinen harauspöytäkirja liitekarttoineen ja allekirjoituksineen. Työmaan valvojan ja vastaavan työnjohtajan lisäksi mukana vastaanottoharausissa on aina myös merenkulkulaitoksen valtuuttamana virallisten harausten vastaanottajavaltuutuksen omaava tarkastaja.

6 Laiturit

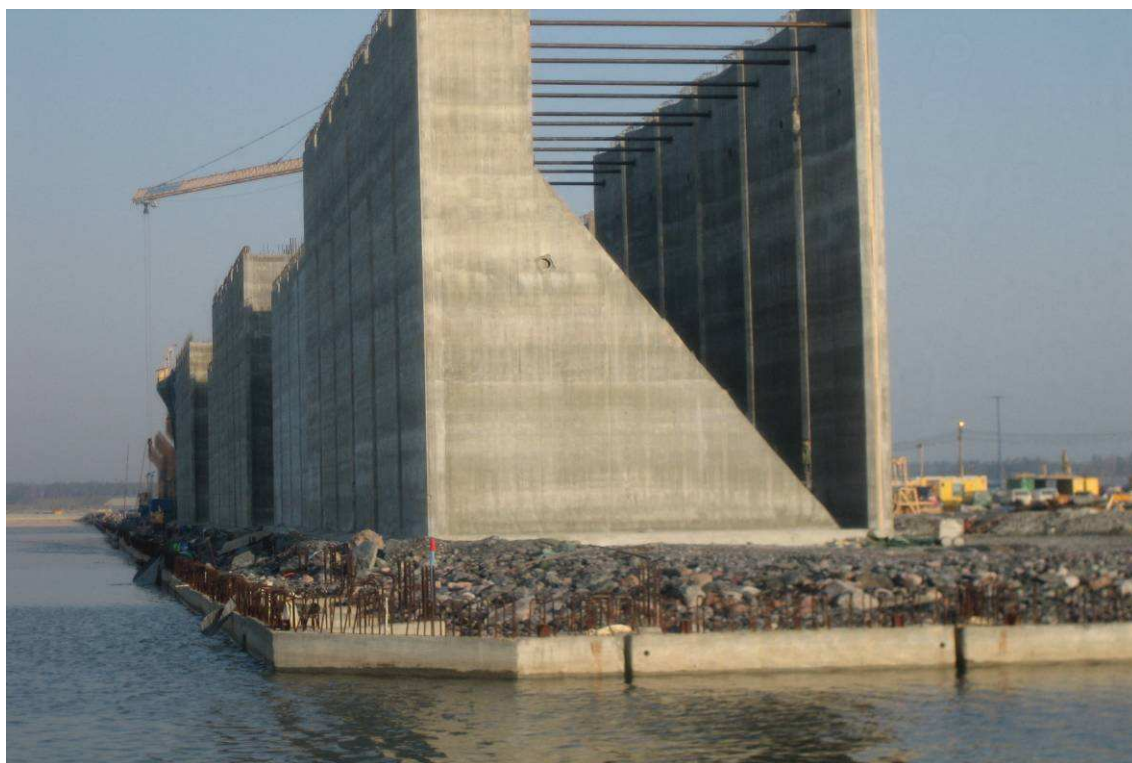
6.1 Laiturityypit Vuosaaren satamassa

Kulmatukimuurilaituri on rakenneperiaatteeltaan varsin pitkälle suunniteltu useasta eri työvaiheesta koostuva massiivinen betonirakennelma. Laiturirakenne on kauttaaltaan betonia. Se sopii käytettäväksi silloin, kun meren pohjan geologia on maaineskoostumukseltaan kantavaa materiaalia. Kallio ja moreeni ovat sopivia perustamisalustoja. Mikäli suunnitelma-alueen pohjamateriaali on savea tai muutoin kantavuusominaisuuksiltaan puutteellinen, on rakennettava teräksisten putkipaalujen varaan tukeutuva laituri, jossa vain merenpäällinen osuus ja paalujen täyttömateriaali on betonia. Putkipaalutus soveltuu erityisesti *pistolaiturin* tukirakenteeksi. Pistolaiturilla tarkoitetaan muutaman kymmenen metrin levyistä laiturirakennetta, jonka molemmat sivut muodostavat laiturin. Vuosaaren satamatyömaalla rakennettiin kumpaakin laitureityyppiä.

6.1.1 Kulmatukimuurilaituri

Kulmatukimuurilaiturin rakentamisen ensimmäinen vaihe on meren pohjan louhinta ja ruoppaus suunnitelmasyvyYTEEN. Ruoppaus tehdään todellisuudessa vielä puoli metriä syvemmäksi, koska järeän ruoppaajan konetyötarkkuus on suuri. Laiturialueen pohjan ja edustan riittävä syvyys varmennetaan tankoharauksella. Epätasaisuudet täytetään ja tasataan 64 mm:n murskeella laiturielementtien alapinnan suunnitelmasyvyYTEEN.

Laiturielementtejä on kahdenlaisia. Raskaampi, jopa yli 300 tonnin painoinen peruselementti on nimeltään K-elementti. Siinä on etulevyn lisäksi pohjalevy eli jalka ja kaksi ”siipeä”. Pohjalevyn vahvuus on puoli metriä, se on koko elementin levyinen ja ulottuu kymmenen metriä tulevan laiturikentän alle. Siipi on kolmion muotoinen pystyseinä jalan takareunasta etulevyn puoliväliin. Kevyempi, noin 80 tonnia painava, jokaisen K-elementin väliin tuleva levymäinen elementti on nimeltään S-elementti. Siinä on vain pystyseinä. Elementtiryhmä on muotoiltu siten, että K-elementit estävät niiden väliin sijoitettavan S-elementin kaatumisen (*kuva 10*).



Kuva 10. K- ja S-elementtejä on liukuvalun jäljiltä hyvällä nostopaikalla odottamassa asennusta. Vesirajassa on asennettuna elementtirivistöä.

Jokainen elementti asennettiin erikseen. Elementtien korkeus oli Vuosaarssa keskimäärin 14 metriä. Rakenteen seinämävahvuus oli 0,35 metriä. Käytetty betoni oli erikoisbetonia. Elementit valmistettiin tasaisen alustan päällä liukuvalutekniikalla siten, että yhdessä liukuvalussa oli useita elementtipareja. Liukuvalupaikat sijoitettiin rannan tuntumaan riviin, josta valmiit elementit oli helppo nostaa asennuslautalle. Elementit kuljetettiin asennuslautalla varsinaiselle asennuspaikalle, jossa mittamies varmisti asennuksen oikealle paikalle (*kuva 11*). Aluksi asennettiin kaksi K-elementtiä ja sen jälkeen S-elementti niiden väliin. Elementtirivistä jäi meren pinnan yläpuolelle näkyviin puoli metriä.



Kuva 11. Elementtirivistöä meressä. Asennus mitattiin takymetrillä.

Elementtien asennuksen jälkeen suoritettiin niiden taustan täyttö louheella. Lohetta ajettiin K-elementin jalan päälle. Tämä tukevoitti rakennetta ja esti elementtiriviä kaatumasta. Taustatäytön jälkeen suoritettiin louhetäytön syvätiivistys. Laiturin reunalueella tiivistys tehtiin raskaalla jyrällä. Lopuksi rakennettiin elementtirivin päälle laiturin varsinaisen näkyvä osuus: tunnelilaituri.

Meren pohjaan laiturin edustalle rakennettiin kauttaaltaan 10 m:n levyinen eroosiolaatta betonista. Laatan tehtävänä oli estää laivojen potkurivirtojen kulkeutuminen laiturielementtien alle ja siten estää elementtien pohjan alla olevan murskeen huuhtoutuminen. Eroosiolaatan vahvuus oli puoli metriä. Noin viiden metrin välein laiturin pituussuunnassa asennettiin sukeltajan ohjauksella maalla tehdyt eroosiopalkit meren pohjaan poikittain laiturilinjaan nähden. Palkkien leveys ja korkeus oli puoli metriä ja pituus 5 metriä. Palkkien sivuilla oli tartuntateräkset. Palkkien välit valettiin vedenalaisena valuna täyteen betonia sukeltajan ohjatessa valuputkea.

6.1.2 Pistolaituri

Pistolaiturin rakenne perustuu meren pohjaan lyötyjen teräksisten vino- ja pystypaalujen muodostaman paaluryhmän päälle rakennettavaan betonirakenteeseen (*kuva 12*). Putkipaalut olivat Vuosaaren työmaalla halkaisijaltaan pääosin 0,914 m keskipituuden ollessa noin 30 m.



Kuva 12. Pistolaituri perustetaan putkipaalujen varaan.

Paalut lyötiin paalutuslautalta paalutuskartan osoittamiin kohtiin ja kaltevuuksiin ja aina kovaan pohjaan asti. Paalujen kärjet ulottuivat parhaimmillaan kymmeniä metrejä meren pohjan alapuolelle tukeutuen vankasti ympäröivään maa-ainekseen myös sivuttaissuunnassa. Paalut katkaistiin suunnitelmakorkeudesta ja paalujen sisään asennettiin maissa valmiiksi tehty raudituskehikko sekä siitä kohtisuoraan ylöspäin noin 2 metrin mittainen I-palkki. Lopuksi paalut valettiin täyteen betonilla. Valun jälkeen valmiista paaluista törrötti joukko jämeriä 32 mm:n tartuntateräksiä ja I-palkki.

I-palkit katkaistiin kaikki samasta korkeudesta, joka oli noin 1,8 metriä paalun pään yläpuolella. Näiden I-palkkien päälle asetettiin laiturilinjaan nähden yli poikittain 500 mm korkeat I-palkit. Näistä palkeista otettiin riippukannatus alaspäin 16 mm Gewi-tangoilla 300 mm korkeisiin I-palkkeihin, jotka olivat lähellä vesirajaa. Nämä palkit asetettiin laiturin pituussuuntaan paalurivien kummallekin puolelle. Niiden yläpintojen korkeudet asetettiin tasoon +0,28 metriä. Jokaisen I-palkin päälle tehtiin kahdeksan tuuman lankuista poikittainen koolaus, jonka päälle asennettiin muottilevy. Pohjamuotin yläpinnan taso oli +0,50 metriä (kuva 13).



Kuva 13. Riipputuenta pistolaiturilla. Keskimmäisellä palkilla on pohja valmiina. Reunapalkin I-palkit odottavat mittamiestä korkeuden säätämistä varten.

Muottilevyjen päälle mitattiin jokaisen pituussuuntaisen palkin reunalinjat ja pituusjaksot. Laudoituksen ja vankan raudoituksen jälkeen muotteihin valettiin puolen metrin vahvuinen pohjalaatta. Betonivalun kuivuttua kaikki I-palkit poistettiin. Pituussuuntaisten palkkirivien tyhjät välit täytettiin poikittain ladottavilla kuorilaatoilla, jotka tuotiin työmaalle betonitehtaalta valmiina.

Reunimmaisten palkkien päälle rakennettiin reunamuurit ja huoltotunnelit. Kuorilaattojen yhdistämä, huoltotunnelien väliin jäävä alue raudoitettiin yhtenäiseksi ja valettiin kauttaaltaan keskimäärin 0,6 metrin vahvuiseksi kansilaataksi (kuva 14). Reunamuurien yläpinnan taso oli +2,40 metriä. Niiden välisen betonikannen tasoksi muodostui +1,60 metriä. Tämä alue täytettiin murskeella ja asfaltoitiin siten, että koko laiturin kansi oli lopulta kauttaaltaan samassa tasossa.



Kuva 14. Kuorilaattojen alue raudoitettiin ja betonoitiin pistolaiturin kansilaataksi.

7 Laiturielementtien asennusmittaus

7.1 Linja-asennus vanhalla menetelmällä

Laiturielementtien asennuksessa oli apuna nosturilautta Nosto-Pekka silloin, kun elementin painoluokka oli vähemmän kuin 220 tonnia. Korkeat, jopa 350 tonnia painavat elementit nostettiin venäläisellä Bokatyry-nimisellä nostolautalla (*kuva 15*). Nosturilautan operaattorilla oli käytössään elektroninen pohjakartta, johon oli merkittynä elementtien asennuskaavio. Satelliittipaikannuksen avulla operaattori pystyi tuomaan nosturilautan hyvin lähelle elementin varsinaista loppusijoituspaikkaa.

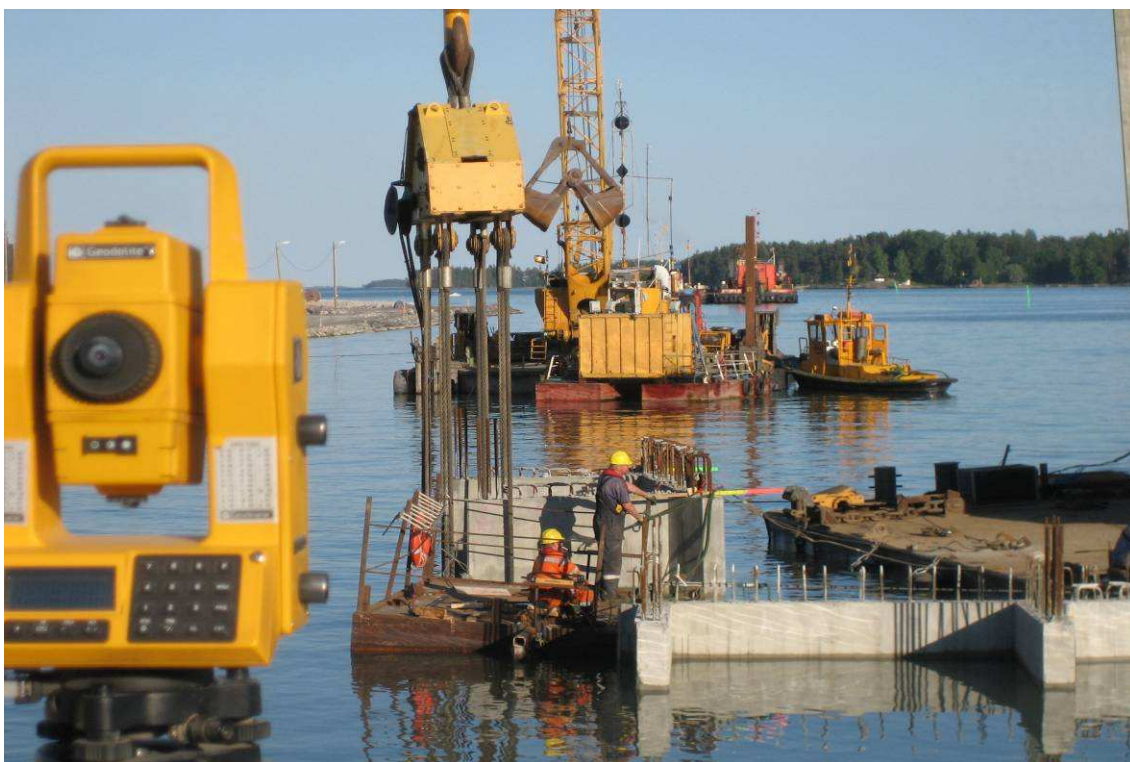
Nosturi haki asennettavan elementin elementtirivistöstä (*kuva 16*). Asennusvaiheessa operaattori laski elementin aivan pohjan tuntumaan kuitenkin siten, että elementti riippui vapaasti (*kuva 17*). Tämän määrittämisen operaattori teki visuaalisesti, koska tiedossa oli, että kun elementin korkeus on paikoillaan, sen yläreuna on tasossa +0,50 m vedenkorkeuden nollassa. Meriveden korkeus oli koko asennuksen ajan kaikkien osallisten tiedossa.



Kuva 15. Vasemmalla Nosto-Pekka, oikealla Bokatyry.



Kuva 16. Elementtirivistö odottamassa asennusta.



Kuva 17. K-elementin asennusmittaus on alkamassa laiturien kulmassa.

Yleensä varsinainen asennusmittaus on suoritettu siten, että **laiturielementtien teoreettisen ulkolinjan betonipinnan jatkeelle rakennetaan apupiste**, jolle määritetään koordinaatit. Takymetriin asetetaan laiturilinjan teoreettinen suuntakulma. Mittamies ohjeistaa operaattoria radiopuhelimitse vertailemalla hiusristikon linjaa ja **elementin betonireunaa keskenään**.

Elementin pituusmittana käytettävää paalulukua on seurattu siten, että prismamies seisoo elementin päällä ja pitää prismaa elementin mittamiehen puoleisessa kulmassa. Tästä asennusmenetelmästä käytettiin nimitystä linja-asennusmenetelmä.

Radiopuhelinkeskustelussa on usein huono kuuluvuus, erilaiset koneäänet vielä häiritsevät kuuluvuutta. Kun mittamies ohjeistaa operaattoria, on kaikkien usein hankala käsittää, kumpaa elementin päätä mittamies kulloinkin yrittää siirättää. Välillä seurataan tämänpuolista, välillä ulkopäätä, välillä sisäpäätä ja välillä Helsingin päätä. Lopulta päät menevät sekaisin, työ menee hankalaksi. Elementillä on tapana vapaana riippuessaan pyöriä ja liikkua, siksi mittamies ei pysty aina näkemään elementin betonista ulkolinjaa selvästi. Lisäksi betonista työntyvät harjaterästartunnat ovat saattaneet vääntyä ja osaltaan peittäneet näkyvyyttä, tai sitten prismamies on muodostanut näköesteen. Lisäksi on muistettava, että työtä tehdään myös yöaikana. Venäläisen nosturilautan veloituserusteena on vuorokausihinta, siksi koko asennus on suoritettava mahdollisimman tehokkaasti ja nopeasti. Usein yöaikaan merenkäynti on rauhallisempaa, mikä on asennuksen kannalta tärkeä etu. Toisinaan sade ja sumu hankaloittavat asennusmittausta. Valtaosa Bokatyriillä asentamistamme elementeistä asennettiin joulukuun lopulla 2007, jolloin pimeys ja huono sää häiritsivät työtä päivittäin. Hankala mittaustyö oli saatava joustavaksi, selkeäksi ja turvallisemmaksi.

7.2 Linja-asennus uudella menetelmällä

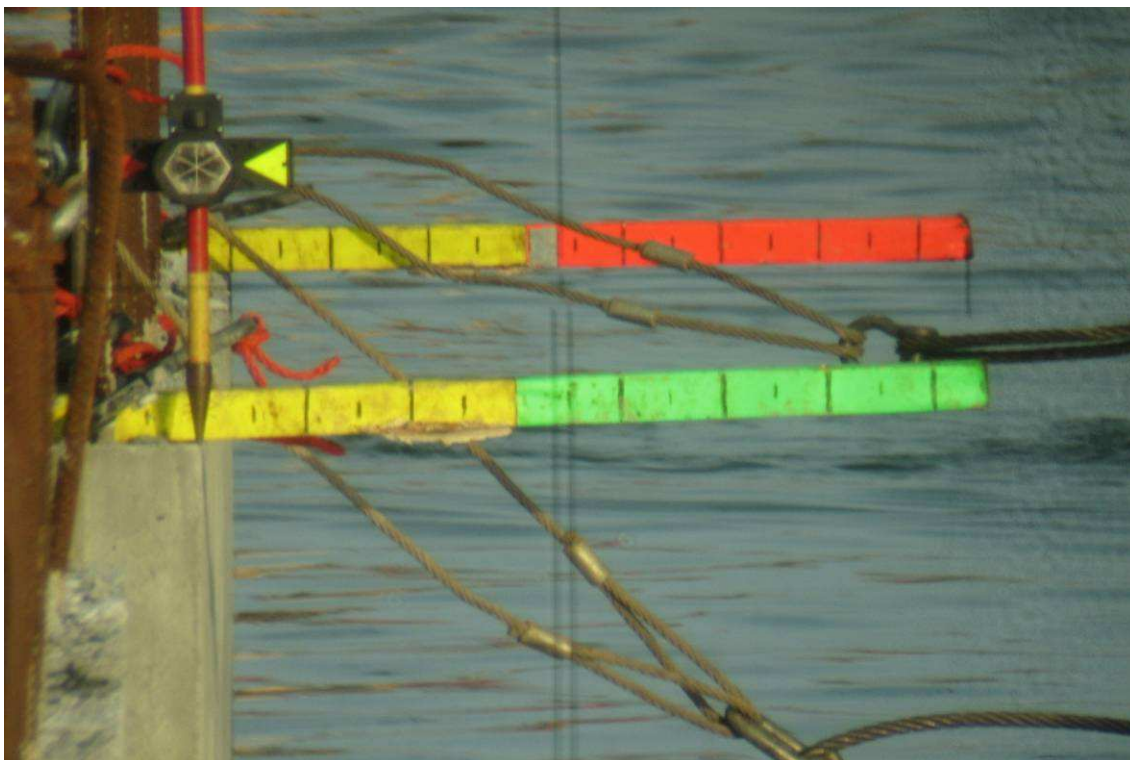
Mainitut ongelmat tiedostaen ryhdyttiin miettimään mittaukseen uusia työmenetelmiä. Asennusmittauksen seurannan ja näkyvyyden esteet on poistettava. Seuranta ja pohjaan laskun jälkeinen sijainti on pystyttävä määrittämään heti, ettei prismamiehen tarvitse asennuksen aikana kävellä joskus jäisenkin elementin yli näyttämään sen toista päätä.

Radioliikenne pitää saada selväksi siten, että jokainen paikallaolija käsittää heti kumpaa päätä elementistä kulloinkin ollaan siirtämässä. Öisin valonheitinten aiheuttaman häikäisyn vuoksi on keksittävä ratkaisu siihen, että mittamies varmasti pystyy seuramaan asennusta ja on koko ajan tietoinen elementin asennosta, koska koko näkymä on häikäistytilanteessa täysin musta takymetrin kiikarissa. Elementtien suuren lukumäärän vuoksi asennusmittauksen vähäisenkin kehitys- tai parannusmenetelmän merkitys olisi huomattava.

Vuosaaren satamatyömaalla otettiin käyttöön uusi työtapa, josta sai alkunsa uusi linja-asennusmenetelmä. **Asennuksessa käytettävä apupiste rakennettiin nyt siten, että se betonireunan sijaan olikin nyt 0,3 metriä varsinaisen laiturielementtien teoreettisen betonilinjan ulkopuolella.**

Nyt ongelmaksi muodostui, miten arvioida tuo etäisyys siten, että asennus onnistuisi. Ratkaisuksi kehitettiin vaakatasoon sijoitettavat mittalaudat, jotka kiinnitettiin elementin kumpaankin päähän. Mittalautoista mittamiehen puoleiseen päähän liimattiin neonvihreä kontaktimuovi ja takimmaiseen neopunainen siten, että teoreettisesta nollalinjasta elementtiä kohden oli molemmissa mittalautoissa liimattuna vain neonkeltainen muovi. Mittalaudassa olevan värimuutoksen kohdalla oli siten siis uuden työtavan mukainen elementin teoreettinen asennuslinja. Lautoihin merkittiin mitta-asteikko, jonka avulla elementin linjapoikkeaman pystyi lukemaan heti. Toiseen mittalautaan liimattiin lisäksi heijastintarra pituusmitan seuraamiseksi. Näin elementin heilumisen, harjaterästen ja prismamiehen aiheuttamat esteet näkyvyydelle oli poistettu. Takimmainen mittalauta asennettiin korkeammalle mittamiehen puoleiseen lautaan nähden. Mittamies tiesi häikäisytilanteessa mustilta näyttävistä laudoista heti, että ylempi lauta on takimmainen ja päinvastoin.

Radiopuhelinliikenne selkiintyi ratkaisevasti, kun ryhdyttiin puhumaan vihreästä ja punaisesta päästä. Samat mittalaudat kiinnitettiin samalla tavalla taas seuraavaan elementtiin, kun uusi asennustilanne oli käsillä. Mittalautoihin perustuva uusi linja-asennusmenetelmä oli menestys, laiturielementtien asennustyö onnistui tällä menetelmällä selvästi paremmin (*kuva 18*).



Kuva 18. Uusi linja-asennusmenetelmä. Vanhassa menetelmässä takymetri osoitti betonireunan linjaa, jossa nyt on prisma. Mittalautojen perusteella vihreä pää on 4 cm ja punainen pää 3 cm sisällä. Keltaisen rajalla on teoreettinen asennuslinja. Punaisessa laudassa on prismaheijastintarra etäisyyden seuraamista varten. Lautojen asteikossa on pystyviivat 10 cm:n jaolla ja pienet apuviivat 5 cm:n etäisyydellä niistä. Prismen avulla tehtiin ensimmäinen tarkemittaus. Ohjainvaijerit on laskettu löysälle.

7.3 Sivusta-asennus vanhalla menetelmällä

Joidenkin laiturilinjojen kohdalla tilanne oli hankalampi, koska linja-asennusmenetelmää ei aina voitu käyttää. Laiturilinjan kummarkaan jatkeen puolella ei ollut mahdollisuutta rakentaa apupistettä, koska siellä oli meri.

Näitä suhteellisen harvinaisia tilanteita varten on käytössä ollut nk. sivusta-asennusmenetelmä. Mittaus suoritetaan rakennettavan laiturin sisäpuolelta. Takymetri asemoidaan silmämääräisesti suunnilleen asennettavan elementin taakse mahdollisimman kohtisuoraan laiturilinjan kanssa (kuva 19). Menetelmä perustuu työtapaan, jossa asennettavan elementin kummassakin ulkokulmassa on prismamies, joka heiluvan elementin päällä yrittää pitää prismasauvan tasauskuplaa paikallaan.

Elementin selkä on 35 cm:n levyinen, siinä on harjaterästartuntoja tiheästi.

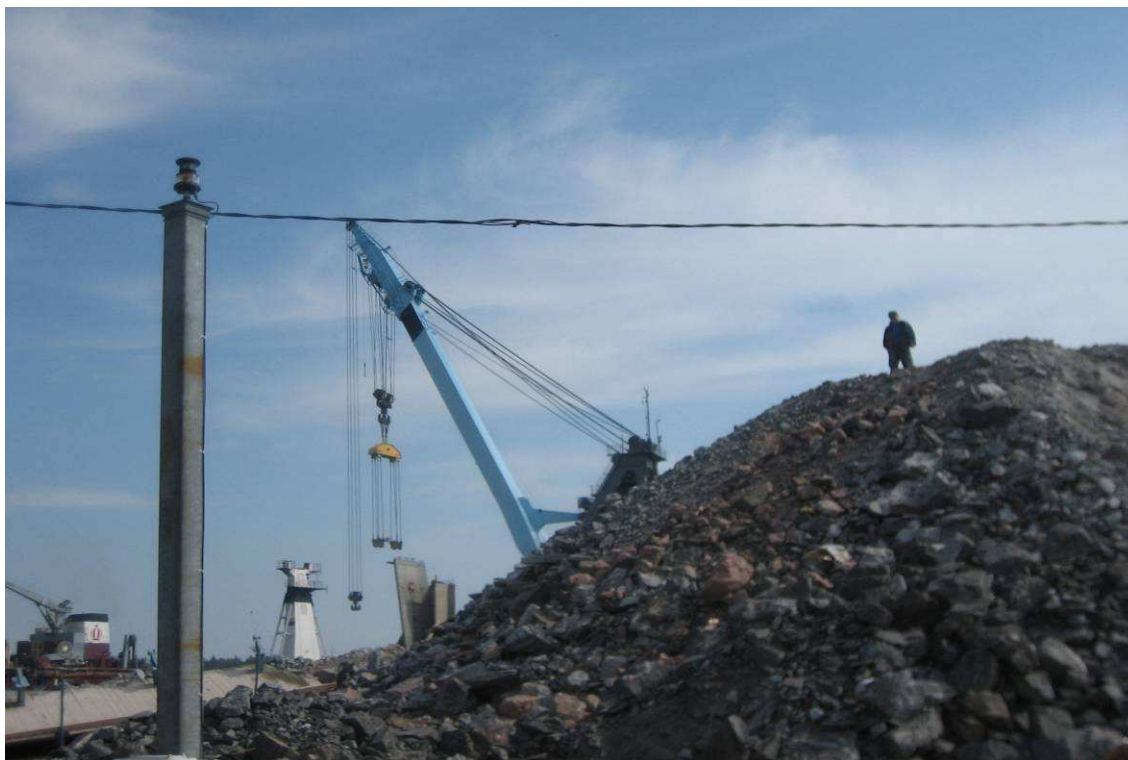
Prismasauvan tasauskupla on pidettävä koko asennuksen ajan paikoillaan, koska prismamies ei ole tietoinen, milloin mittamies seuraa juuri hänen pitämäänsä prismaa.

Lisäksi prisman on oltava vähintään puolen metrin korkeudella, koska muuten harjateräkset estävät mittamiestä näkemästä prismaa. Hankalissa asennustapauksissa koko työ saattaa kestää parikin tuntia, usein työtä tehdään huonossa säässä tai esimerkiksi pimeässä. Tämä menetelmä on todettu hyvin hankalaksi ja työturvallisuutta vaarantavaksi.

7.4 Sivusta-asennus uudella menetelmällä

Uudesta linja-asennusmenetelmästä saatujen positiivisten kokemusten innoittamana kehittyi uusi sivusta-asennusmenetelmä. Tämäkin menetelmä perustui mittalautoihin, jotka nyt asennettiin siten, että laudan lappeen sisäpinta ja elementin ulkopinta olivat samaa pystytasoa. Toiseen lautaan liimattiin punainen ja toiseen vihreä kontaktimuovi ja lisäksi prismaheijastintarrat kumpaankin lautaan. Prismamiehiä ei enää tarvittu, koska etäisyyksiä mitattiin nyt näistä prismaheijastintarroista. Talvisaikaan kun elementin päällä on lunta ja jäätä, menetelmän merkitys prismamiesten työturvallisuuden kannalta on huomattava. Samalla prismamiehinä toimineet vapautuvat muihin tehtäviin elementin asennuksen ajaksi.

Takymetrin näytöllä näkyi suorakulmainen poikkeamamitta teoreettiseen asennuslinjaan nähden. Mittamies tavoitteli lukemaksi -50 mm. Koska prismaheijastintarrat olivat samalla korkeudella, seurantamittauksen vaihto elementin kulmien kesken onnistui nopeasti, mittalautojen värien perusteella nosturilautalle komennetut ohjauskäskyt olivat lyhyitä ja selkeitä (*kuvat 19 ja 20*).



Kuva 19. Sivusta-asennusta varten takymetrin asemointipaikan valinnassa oli huomioitava aktiiviprismojen hankala sijainti.



Kuva 20. Sivusta-asennusmittaus käynnissä.

7.5 Siirtymäennakkoa jo asennusvaiheessa

Laiturielementtien asennustoleranssi oli 50 mm joka suuntaan. Aikaisemmilta työmailta saatujen kokemusten perusteella oli tiedossa, että laiturielementtien taustatäytön yhteydessä elementit kallistuvat laiturilinjaan nähden ulospäin noin 50–80 mm.

Elementissä on nk. jalka, mikä on koko elementin levyinen ja ulottuu keskimäärin 10 metriä tulevan laiturin alle. Elementin poikkileikkaus on L-kirjaimen muotoinen. Aluksi laiturin taustatäyttö tehdään elementin jalan päälle ja laiturin reunan läheisyydessä aina laituriin nähden pituussuuntaisesti, jotta elementtiin ei kohdistuisi kohtisuoraa ulospäin työntävää kuormitusta. Täyttötavasta huolimatta elementit siirtyivät Vuosaarssakin keskimäärin oletetun mukaisesti. Tämä todennäköinen siirtymä ennakoitiin asennusmittausten yhteydessä pyrkimällä asentamaan elementit tietoisesti 50 mm:n sisään teoreettisesta asennuslinjasta.

Asennusten yhteydessä ilmeni, että jokainen elementti oli oma yksilö ja käyttäytyi eri tavalla. Muutaman senttimetrin virhe nostoreikien sijainnissa tai elementin painopisteessä kertautui laskemisvaiheessa siten, että mittamies joutui ottamaan lisää ennakkoa, koska elementti ei riippunutkaan nosturin koukussa enää vaakasuorassa. Tämän seurauksena elementti osui pohjaan kulma edellä yläpäähän siirtyessä sitä mukaa kun elementti laskeutui alemmaksi (*kuva 21*).

Laskukertojen yhteydessä ennakkoa oli usein muutettava, elementtiä jouduttiin toisinaan käyttämään toistuvasti pohjassa, ennen kuin haluttu lopullinen sijainti oli saavutettu. Asennustyön yhteydessä karttuneen kokemuksen perusteella mittamies pystyi elementin asennon perusteella arvioimaan kulloinkin tarvittavan ennakon jo etukäteen yllättävän tarkasti. Usein rajustikin kallellaan riippunut elementti osui paikoilleen ensimmäisellä laskukerralla, vaikka ennakkoa saattoi parhaimmillaan olla alun toista metriä.



Kuva 21. K-elementti riippuu vinossa. Kannella mukana myös S-elementti.

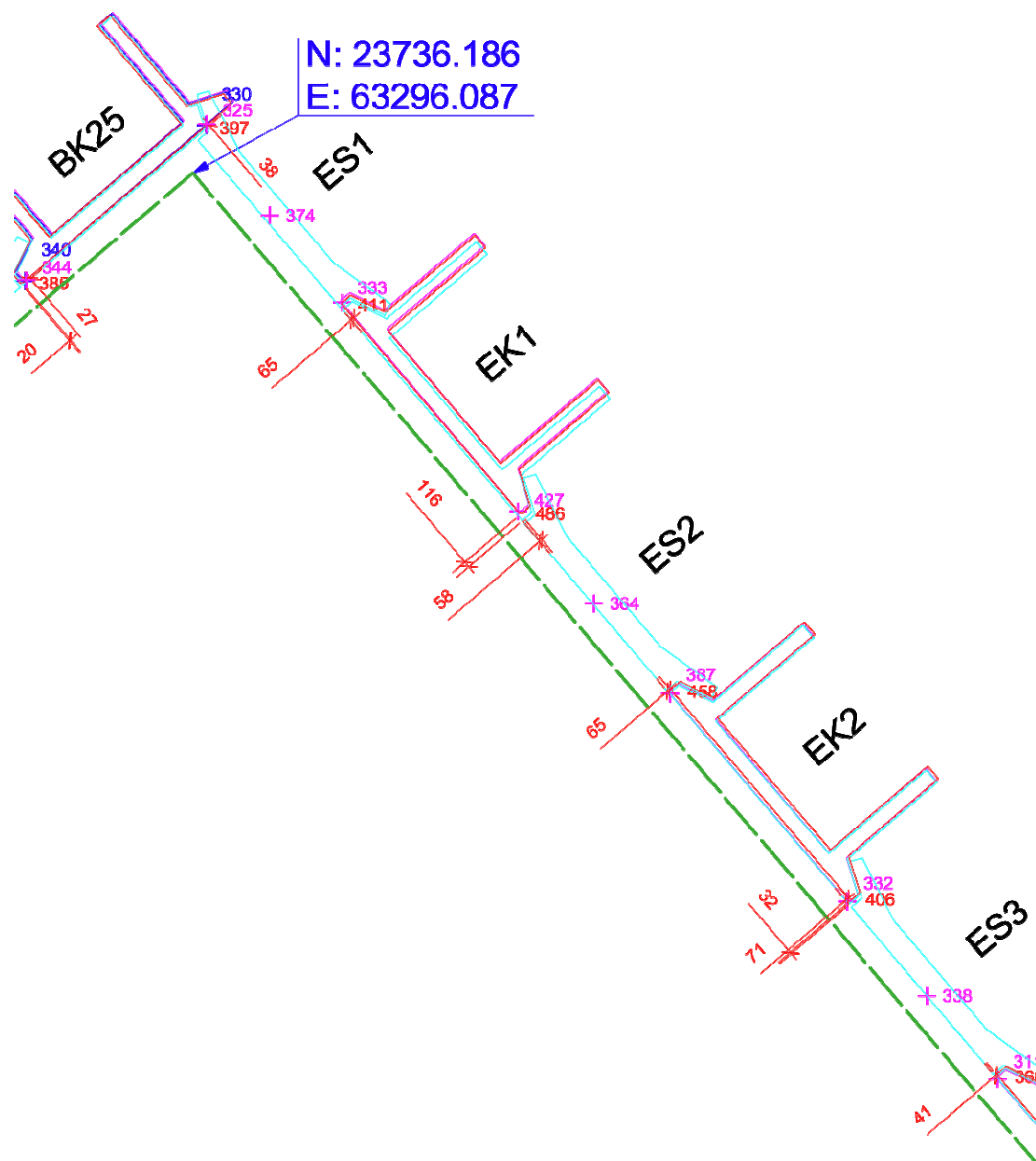
7.6 Tarkepiirustus

Kun elementti on paikoillaan, niin sen kummastakin etukulmasta mitataan asennuskoordinaatit ennen kuin nostolautta lähtee noutamaan seuraavaa elementtiä. Taustatäytön jälkeen elementtien sijainti mitataan uudelleen ja ennen rakennekerroksia suoritettavan syvätiivistyksen jälkeen vielä kertaalleen. Mittausten perusteella laaditaan DWG-formaatissa tarkemittauspiirustus, jonka pohjakuvana on suunnittelijan paperille laatima elementtikaaviopiirustus. Mittamies on piirtänyt tämän kaaviopiirustuksen sähköiseen muotoon. Tähän tarkepiirustukseen lisätään omalle tasolleen jokaisen mittauskerran tulokset piirtämällä elementin sen hetken kaaviokuva aina uudelleen. Lisäksi siihen merkitään siirtymämitat elementin teoreettiseen sijaintiin nähden sekä korkeus (*kuva 22*).

Teoreettinen elementin sijainti on merkitty turkoosilla värillä. Jokainen tarkemittaus mittoineen ja korkeuslukuineen asetetaan omalla värillään omalle tasolleen. Merkintä BK25 tarkoittaa B-laiturilla, K-elementti numero 25.

ES1 tarkoittaa E-laiturilla, S-elementti numero 1. Kuvassa 22 K-elementti BK25 on ensimmäisen kerran tarkemittattu punaisella värillä, sitä kertaa koskevat siirtymät ja korkeudet näkyvät piirustuksessa. Toinen mittauskerta merkittiin violetilla ja kolmas sinisellä värillä. Tarkemittaus tehtiin K-elementtien molemmista päistä. S-elementeistä seurattiin ainoastaan sen keskikohdan korkeutta satunnaisesti.

Laiturin näkyviin jäävän reunamuurin ulkolinja on merkitty vihreällä katkoviivalla. Se on puoli metriä ulompana elementtien asennuslinjasta. Tarkemittauspiirustukset toimitettiin sähköpostin välityksellä suunnittelijalle DWG-formaatissa. Suunnittelijan hyväksynnän jälkeen voitiin aloittaa hyväksytyn elementtirivistön taustan täyttö louheella. Taustatäytön ja syvätiivistyksen jälkeen rakennettiin elementtirivistön päälle varsinainen näkyvä laiturirakenne, josta suurin osuus oli tunnelilaituria.



Kuva 22. Ote elementtiasennuksen tarkepiirustuksesta (3, s. 1).

8 Tunnelilaiturin rakentaminen

8.1 Tunnelilaituri

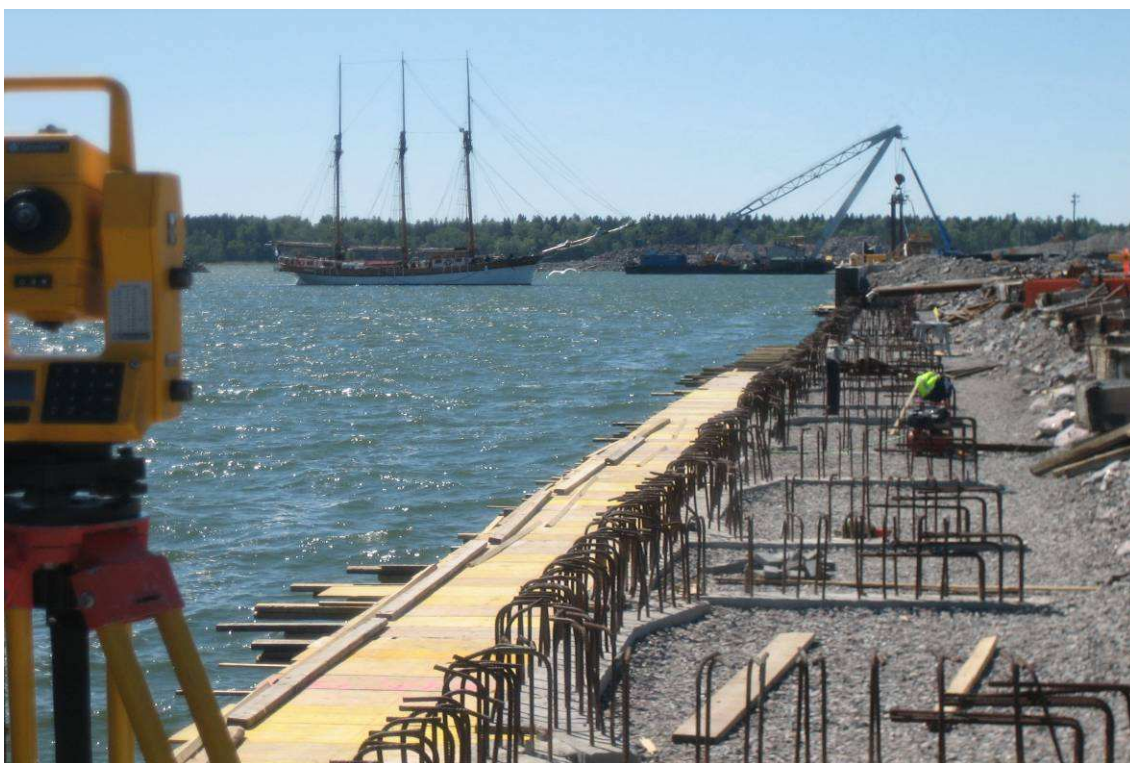
Kun laiturielementit oli asennettu ja taustatäyttö tehty, aloitettiin varsinainen laiturin näkyvän osuuden rakentaminen. Laiturirakenteen sisälle jäi huoltotunneli, johon sijoitettiin sähkökaapeloinnit ja muut johdotukset. Tästä laiturityypistä käytetään yleisnimitystä tunnelilaituri (*kuva 23*). Vuosaassa tunnelilaiturin poikkileikkauksen leveys oli 3,4 m ja korkeus 1,9 m. Pohjalaatan vahvuus oli 0,3 m, se valettiin aluksi kauttaaltaan koko reunamuurirakenteen työalustaksi tasoon +0,80 m. Pohjalaatan ulkoreunaan valettiin 1,0 m ja sisäreunaan 0,9 m leveä betonipalkki, jonka yläreunan korkeus oli tasossa + 1,90 m. Palkkien väli jäi avoimeksi. Lopuksi palkkien ja tunnelin päälle valettiin kauttaaltaan puolen metrin vahvuinen pintalaatta. Näin rakenteen sisälle jäi 1,5 m leveä ja 1,1 m korkea huoltotunneli. Laiturin yläpinnan valmiin pinnan taso oli +2,40 m.



Kuva 23. Tunnelilaiturin poikkileikkaus.

8.2 Laiturilinjan määrittäminen

Laiturielementeistä jäi asennuksen jälkeen näkyviin puoli metriä yläpään suunnitelmatason ollessa +0,50 m. Tähän osaan kiinnitettiin kannatinkonsolit noin metrin välein laiturin pituussuunnassa. Konsolien päälle tehtiin tukikoolausta, jonka päälle asennettiin muottilevy. Tähän muottilevyyn mitattiin reunamuurin linjamerkit (kuva 24).



Kuva 24. Laiturin reunamuurilinjan merkintämittausta on alkamassa. Prismamies etsii kynää. Taustalla Nosto-Pekka odottaa mittamiestä elementin asennusmittaukseen.

Tämän linjan päätepisteiden koordinaatit oli annettu suunnitelmapiirustuksessa. Merkintä tehtiin takymetrin vertailulinja-ohjelmalla. Laituria rakennettiin 20 metrin jaksoissa ja jokaisen jakson rajalle tehtiin liikuntasäily, jossa vastakkaisten betonipintojen väliin asennettiin bitumihuopakaista. Muottilevyyn merkittiin laiturilinjamerkin lisäksi aina myös laiturin pituussuuntainen lukemamerkki jakson rajamerkiksi. Vuosaaren työmaalla pisin yhtenäinen suora laiturilinja oli pituudeltaan 748,8 metriä.

8.3 Laiturirakenteen korkeuden määrittäminen

Reunamuurin alareunan suunnittelukorkeus oli +0,50 m. Konsolien yläpinnan tasoksi asetettiin +0,38 m. Koolauksen korkeus oli 100 mm ja muottilevyn 20 mm. Muottilevyn yläpinnan tasoksi muodostui näin +0,50 m, mikä oli myös reunamuurin alapinnan taso. Konsolien korkeus mitattiin tasolaserilla ja lähtökorkeus laserille otettiin alueen virallisen korkeuskiintopistejärjestelmän alapisteestä, jonka mittamies oli tuonut työkohteen tuntumaan. Reunamuurin yläpinnan suunnittelutaso oli +2,40 m. Kun muottiseinä oli saatu laudoitettua, oli seuraavassa vaiheessa mittamiehen vuoro. Tasolaserin avulla mittamies löi seinämuottiin valmiin pinnan tasoa osoittavat korkeusnaulat 2-3 metrin välein. Naulat vahvistettiin pienillä maalimerkeillä, koska oli vaarana, että ne sekoittuvat kirvesmiesten ja raudoittajien käyttämien apunaulojen kanssa. Pohjalaatan raudoituksen jälkeen merkittiin sen valukorkeus teipeillä harjaterästartuntoihin. Höyrymuodostus talviaikaan esti tasolaserin käytön.

Mittamiehen tehtävänä oli merkitä muotteihin apukorkeuksia raudoittajille ja erilaisia valukorkeuksia betonimiehille (*kuva 25*). Betoniterästen tartunnat jatkuivat palkeista pintalaatan yläverkkoon asti. Korkeusmerkkien tehtävänä oli estää tartuntaterästen nouseminen ”kovalle”. Betonipinnan ja lähimmän raudoitusteräksen sivun välinen suojaetäisyys oli piirustuksissa määrätty 50 mm:n mittaiseksi. Tässä tapauksessa siis varmistettiin, että raudoitusverkon yläpinnan taso ei ylettynyt tason +2,35 m yläpuolelle.

8.4 Laiturivarusteiden mittaus

Kun sekä ulkoreunan että sisäreunan muotti oli paikoillaan, merkittiin mittamies muottiin laiturivarusteiden paikkoja. Vuosaaren työmaalla jokaiseen 20 metrin pituiseen jaksoon tuli kaksi törmäyskumia, joista käytettiin nimitystä fenderi.

Sen tehtävänä on suojata laituria ja siihen kiinnittyvää alusta kolhuilta. Fenderin kiinnityspulttien paikat merkittiin muottiin. Laiturin yläreunassa kulkee kauttaaltaan 200 mm x 200 mm reunaparru, jonka kiinnityspulttien paikat merkittiin metrin välein.

Muutamaan jaksoon sijoitettiin lisäksi laituriportaat, joiden kiinnityspulttien paikat mittamies niin ikään merkitsi muottilevyyn. Tunnelilaiturin sisäpuolen muottiin merkittiin putkiläpivientien varausten paikkoja.



Kuva 25. Mittamies on asettanut teippimerkit valumiehille tunnelilaiturin pohjalaatan valua varten. Reunapalkkien ja pohjalaatan valukorkeutta osoittava kulmarima on paikoillaan. Raudoitushakasten korkeus on asennettu mittamiehen asettamien merkkien perusteella.

Tämä muottilevyjen välissä suoritettu laiturivarusteiden merkintämittaus tehtiin perinteisin menetelmin. Edellisen jakson liikuntasaumamerkin kohdalle, silmien korkeudelle lyötiin naula, johon mittanauhan nollapää asetettiin.

Jakson toiseen päähän lyötiin naula liikuntasaumasta puolisen metriä yli ja mittanauha lukittiin sopivaan mittaan siten, että kun mittanauhan kahva laitettiin naulaan, nauha oli kireällä. Juokseva pituusmitta oli näin silmien korkeudella koko merkinnän ajan.

Pitkällä vatupassilla projisoitiin haluttu pituusmitta merkittävälle kohdalle ja korkeus mitattiin taskumitalalla puhtaan pinnan korkeusnaulasta vatupassilla piirrettyä pystyviivaa pitkin.

8.5 Laituripollarin asennus

Laituripollarin asennus tehtiin aina takymetrimittauksena. Pollarin yläpinnan suunnittelutaso oli +3,00 m. Yleensä pollari tuli aina jakson puoliväliin ja ulompaan reunapalkkiin, jonne mittamies oli merkinnyt pituus- ja korkeusmerkin muiden seinälle tehtyjen merkintöjen yhteydessä. Korkeusmerkin perusteella hitsari teki paksuista harjateräksistä asennusalustan puolitoista tonnia painavalle pollarille. Pollari nostettiin alustalle autonosturilla (*kuva 26*). Siihen merkittiin keskimerkki, josta mitattiin laiturin suuntaista pituusmittaa, poikittaiset keskimerkit kumpaankin päähän, joista mitattiin kohtisuoraa etäisyyttä laiturilinjaan nähden. Kun pollarin kummankin pään keskimerkin poikkeama kohtisuoraan laiturilinjasta oli 0,625 m ja korkeus +3,00 m sekä keskimerkin pituuslukema suunnitelman mukainen, oli pollari paikoillaan.



Kuva 26. Laituripollarin asennusmittaus tehtiin tässä vinopaalun mittauksen yhteydessä.

8.6 Laiturin kansirakenteiden mittaus

Tunnelilaiturin kanteen tuli koko matkalle keltainen, halkaisijaltaan 60 mm:n vahvuinen pyöreä umpirautainen reunateräs (kuva 27). Reunateräskaitteen yläpinnan taso on +2,54 m ja korkeus 140 mm. Reunateräksestä johtivat jalkatartunnat kansilaatan raudoitukseen puolen metrin välein, ne valettiin kiinni kannen betonoinnin yhteydessä. Kaitteen tehtävä on varoittaa laiturilla kulkijaa 0,25 metrin etäisyydellä olevasta laiturin ulkoreunasta ja putoamisvaarasta.

Satamanosturin virransyöttökaapeliin ohjainteräkset ovat reunateräksen kaltaisia. Ohjainteräksiä on kaksin kappalein rinnakkain siten, että niiden väli keskeltä keskelle on 0,4 m ja etäisyys laiturilinjasta terästen puoliväliin 2,28 m. Ohjainterästen yläpinta on 140 mm laiturin pinnan yläpuolella. Ohjainterästen avulla nosturin virransyöttökaapeli pysyy nosturia liikutellessa niiden välissä. Tunnelilaiturin sisäpuolisen palkin keskellä, kolmen metrin etäisyydellä laiturilinjasta on merenpuoleisen nosturikiskon keskilinja.

Ennen laiturikannen betonointia asetettiin laiturijakson molempiin päihin lankut poikittain laiturilinjaan nähden. Vertailulinja-ohjelmalla kumpaankin lankkuun mitattiin takymetrillä naulamerkki reunateräksen, ohjainterästen ja nosturikiskon keskilinjalle. Naulojen väliin kiristettiin siimalanka, jonka avulla hitsarit linjasivat teräkset oikeisiin kohtiin.



Kuva 27. Tunnelilaiturin kansi. Kuvassa pollarin ulkopuolella on keltainen reunateräs ja sisäpuolella nosturin keltaiset virranottokaapeliin ohjainteräkset. Nosturikiskon aluslevy on aluspulttien mutterien varassa. Aluslevyjen korkeus on säädetty millimetritarkkuudella. Kiskon asennuksen jälkeen kiskopalkin ja aluslevyn väliin tehtiin jälkivalu.

8.7 Nosturikiskojen mittaus

Nosturikisko oli hyvin haastava ja monivaiheinen mittauskohde, koska mittojen tarkkuustoleranssit olivat kaikkiin suuntiin hyvin pienet. Ennen laiturikannen betonointia asennettiin kiskojen aluspulttien sapluunat. Jokainen pultti työnnettiin alakautta sapluunaan siten, että yläpuolelle jäi kierrettä näkyviin 70 mm pultin kannan osoittaessa alaspäin. Pultin yläpäähän kierrettiin mutteri, joka esti sitä painumasta alaspäin. Yhden sapluunan pituus oli 3,9 m ja leveys 0,45 m. Pulttijako kiskon pituussuunnassa oli 0,5 m. Pultin pituus oli 0,3 m ja halkaisija 20 mm. Pultteja oli kahdessa rivissä, niiden väli oli 0,42 m.

Sapluunat pultteineen linjattiin tarkasti paikoilleen ja lopuksi pulttien yläpäiden korkeudet hienosäädettiin tasolaserin avulla suunnitelmakorkeuteen. Kun sapluuna pultteineen oli oikeassa korkeudessa, hitsattiin sapluunatuet tilapäisten työtukien tilalle.

Sapluunat asetettiin koko jakson matkalle, lopulta nosturipalkin päällä oli kahdessa rivissä pultteja puolen metrin jaolla tarkalleen samassa tasossa.

Kun laiturin kansi oli valettu, poistettiin sapluunat leikkaamalla kulmahiomakoneella asennustuet poikki. Aluspulttien kierteet puhdistettiin betonista. Pulteissa olevat sapluunan kannatinmutterit asetettiin seuraavaksi vaaitsemalla samaan korkeuteen millimetrin toleranssilla. Sapluunan tilalle asetettiin seuraavaksi teräksinen nosturikiskon aluslevy, jonka pituus oli 3,9 m, leveys 0,45 m ja vahvuus 20 mm. Levyn reikäjako oli sama kuin sapluunassa. Levy asetettiin pulteissa olevien mutterien varaan. Pulttien kierteisiin kiristettiin toiset mutterit aluslevyn yläpuolelle.

Nosturikiskot toimitettiin työmaalle pitkinä salkoina. Kiskot asetettiin aluslevyjen päälle päät vastakkain. Mittamies määrittä kiskon keskilinjan jatkeelle tarkan mittapisteen. Takymetri asemoitiin tälle pisteelle. Kiskolinjan teoreettinen suuntakulma asetettiin takymetriin ja sivuttainen säätöruuvi lukittiin. Kisko linjattiin hiusristikon pystylangan avulla. Hitsari asetti kiskon päälle vaakatasoon U-raudasta tehdyn mittaussapluunan selkäpuoli ylöspäin. U-rauta oli muotoiltu siten, että se istui jämäkästi kiskon päällä. Sen keskellä oli ohut, 20 mm korkea tähtäyspiikki. Kiskoa käännettiin, kunnes tähtäyspiikki oli takymetrin hiuslangan kanssa samassa linjassa. Kisko hitsattiin siltä kohdalta kevyesti kiinni aluslevyyn. Sama työ toistettiin kolmen metrin välein uudelleen ja jatkettiin tällä menetelmällä koko kiskon matkalta. Linjauksen jälkeen kisko hitsattiin kiinni lopullisesti.

Toisen kiskoparin asennus tehtiin samalla menetelmällä. Lisäksi asennuksen yhteydessä työtä seurattiin mittaamalla mittanauhalla kohtisuoraan jänneväliä noin 10 metrin välein. Vuosaaren työmaalla nosturikiskojen korkeustoleranssi oli 2 mm. Jännevälin toleranssi oli 5 mm.

8.8 Kansiluukkuja

Tunnelilaiturin kansilaataan mitattiin lisäksi satunnaisia kulkuaukkoja, sadevesikaivoja ja huoltoluukkuja (kuva 28). Niiden sijainnit mitattiin takymetrillä. Korkeusnaulat näiden valumuotteihin mitattiin tasolaserilla.



Kuva 28. Tunnelilaiturin kansilaatan jakso on valmis betonoitavaksi.

9 Paalutus

9.1 Putkipaalut

Vuosaaren työmaalla lyötiin meren pohjaan kaikkiaan 768 kpl teräsputkipaaluja, joissa kaikissa oli kalliokärki. Keskimäärin joka toinen paaluista oli vinopaalu kaltevuudella 3:1, loput paalut lyötiin pystyasennossa. Paalutuslauttana toimi Meri-Pekka-niminen työlautta (kuva 29), jonka ruoppauspuomistoon oli rakennettu erityinen teline putkipaalutusta varten.



Kuva 29. Paalutuslautta Meri-Pekka suorittamassa pistolaiturin paalutusta.

Lyöntivasarana toimi järeä Junttan-merkkinen vasara. Lyöntikorkeus vaihteli 1,0 ja 0,2 metrin korkeuksien välillä. Loppulyöntitaulukot oli laadittu PDA-mittausten perusteella siten, että paaluihin ei päässyt lyönnin aikana kohdistumaan voimia, jotka olisivat saattaneet vahingoittaa paalun rakennetta. Kaikki paalut lyötiin kallioon tai kantavaan pohjaan asti. Paalukartoissa esitetty sijaintitoleranssi oli 100 mm. Teräsputkipaalujen halkaisija oli 0,914 m ja keskimääräinen pituus lähes 30 m. Kaikkien paalujen yhteenlaskettu pituus oli yli 22 km. Paalujen kantoja, eli katkaisukorkeuden yläpuolisia hukkaputkia jäi noin 2 000 m.

Paalut toimitti Rautaruukin Raahan tehdas. Työmaalle ne kuljetettiin maanteitse rekka-autoilla keskimäärin 20–30 metrin mittaisina. Työmaalle rakennettiin erityinen pyörivä laitteisto, ”tehdas”, jonka päällä kaksi paalua jatkettiin yhteen hitsaamalla yhdeksi pitkäksi paaluksi. Kaikki hitsausaumat röntgenkuvattiin ennen paalujen siirtämistä varsinaiseen lyöntivarastoon. Paalut tilattiin tarkasti koodattuina, koska jokaisen paalun loppusijoituspaikka ja suunnitelmepituus oli tarkasti määritetty alustavien pohjatutkimustietojen perusteella.



Kuva 30. Mittamies laski putkipaalujen koordinaatit paperipiirustusten perusteella.

9.2 Koordinaatit paperipiirustuksista

Paalutuspiirustuksia ei ollut mahdollista saada sellaisessa formaatissa, että paalujen koordinaatit olisi voinut lukea suoraan piirustuksista takymetrin muistiin sähköisesti. Mittamies joutui laatimaan paperipiirustusten perusteella oman sähköisen piirustuksen tietokoneelle, josta paalujen koordinaatit pistenumeroineen siirrettiin takymetrin muistiin. Tämä oli toimintamalli koko työmaan ajan jokaisen paalun kohdalla. Tekniikassa mentiin 10–15 vuotta taaksepäin. Asiaa kummasteltiin yleisesti, mutta kukaan ei onnistunut kääntämään suunnittelijan päätä tässä asiassa. Mittamiehen tekemien laskelmien oikeellisuuden varmistamismekanismeja ei ollut (*kuva 30*).

9.3 Pystypaalun asennusmittaus

Paalujen asennusmittaus tehtiin takymetrimittauksena. Takymetri asetoitiin vapaalle kojeasemalle ja mittaus perustui takymetrissä olevaan pisteenmerkintä ohjelmistoon. Haluttu paalunumero näppäiltiin mittalaitteeseen, ohjelma valitsi sen perusteella mitattavan paalun keskipisteen koordinaatit vertailuun mitattujen arvojen kanssa.

Takymetrin ohjelmisto näyttää ruudulla suorakulmaiset koordinaattien erotusmitat takymetrin ja mitattavan paalun suhteessa. A-mitta on erotus etäisyyden suhteessa ja B-mitta erotus sivusuunnassa.

Aluksi paalutuskone nosti paalun kyytiin. Ennen pystypaalun mittauksen aloittamista varmistettiin paalun pystysuoruus mekaanisella vatupassilla tarkistaen kahdelta sivulta. Mittamiehen suunnasta katsottuna etäisyys paaluun mitattiin sen keskeltä vähentämällä etäisyydestä paalun säteen mitta. Radiopuhelimen avulla mittamies luki sijaintikorjauksia paalutuslautan operaattorille, joka siirsi lautan puomistoa toivottuun suuntaan siten, että paalu pysyi koko ajan pystyasennossa (*kuva 31*). Kun paalun keskeltä saavutettiin mittauslukemat $A = +0,46$ ja $B = 0,00$, voitiin paalu laskea pohjaan.

Muutaman lyöntikerran jälkeen tarkistettiin, että paalun sijainti ei ollut muuttunut. Jos siirtymää havaittiin, operaattori korjasi paalun uudelleen oikeaan kohtaan mittamiehen lukemien ohjeiden mukaisesti. Mittamies seurasi paalutusta lyömisen aikana herkeämättä, heti kun siirtymää oli havaittavissa, täytyi lyönti keskeyttää ja tehdä uusi sijaintikorjaus. Pystypaalun asennuksen yhteydessä oli lisäksi seurattava paalun pystysuoruutta takymetrin hiusristikon avulla.

Lyönnin aikaista seurantamittausta ja tarvittavia sijaintikorjauksia jatkettiin, kunnes paalu oli niin syvällä maan sisällä, että mahdollisten sijaintikorjausten vaatimaa mekaanista voimaa ei työkoneesta enää löytynyt.



Kuva 31. Pystypaalun asennusmittaus.

9.4 Vinopaalun asennusmittaus

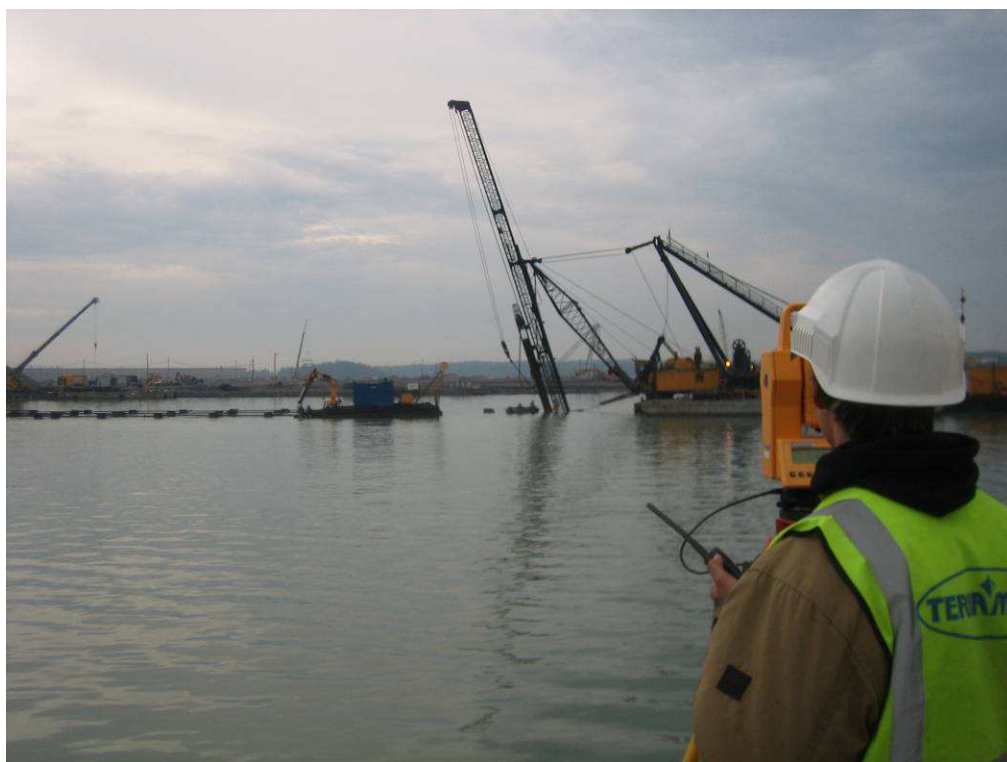
Vinopaalun kohdalla työtapa oli pääpiirteiltään samanlainen. Paalun pystykaltevuus asetettiin etukäteen erityisellä vinovatupassilla. Sijaintimittaus tehtiin pisteenmerkintä ohjelmiston avulla samalla tavoin kun pystypaalunkin kohdalla sillä poikkeuksella, että mittauskohdan korkeusaseman oli nyt oltava paalun katkaisutasossa (*kuva 32*).

Vinopaalujen sijainti ja asento oli suunniteltu vastaanottamaan laiturin peruslinjaan nähden vinosti kohdistuvia kuormia. Tämän johdosta oli vinopaalujen asentosuunnitelmissa samanaikaisesti huomioitu pystykaltevuuden lisäksi myös sivuttaiskaltevuus laiturin pitkittäiseen keskilinjaan nähden. Sivuttaiskaltevuutta mitattiin takymetrin vertailulinja ohjelmistoa käyttäen. Tätä varten mittamiehen oli paalujen koordinaattitietoja laskiessaan laskettava jokaiselle vinopaalulle katkaisutason keskipisteen koordinaattien lisäksi toinen koordinaattipiste suoralta, joka kulki paalun keskipisteen kautta suunnitelman mukaiseen sivusuuntaan pystykaltevuudella 3:1.

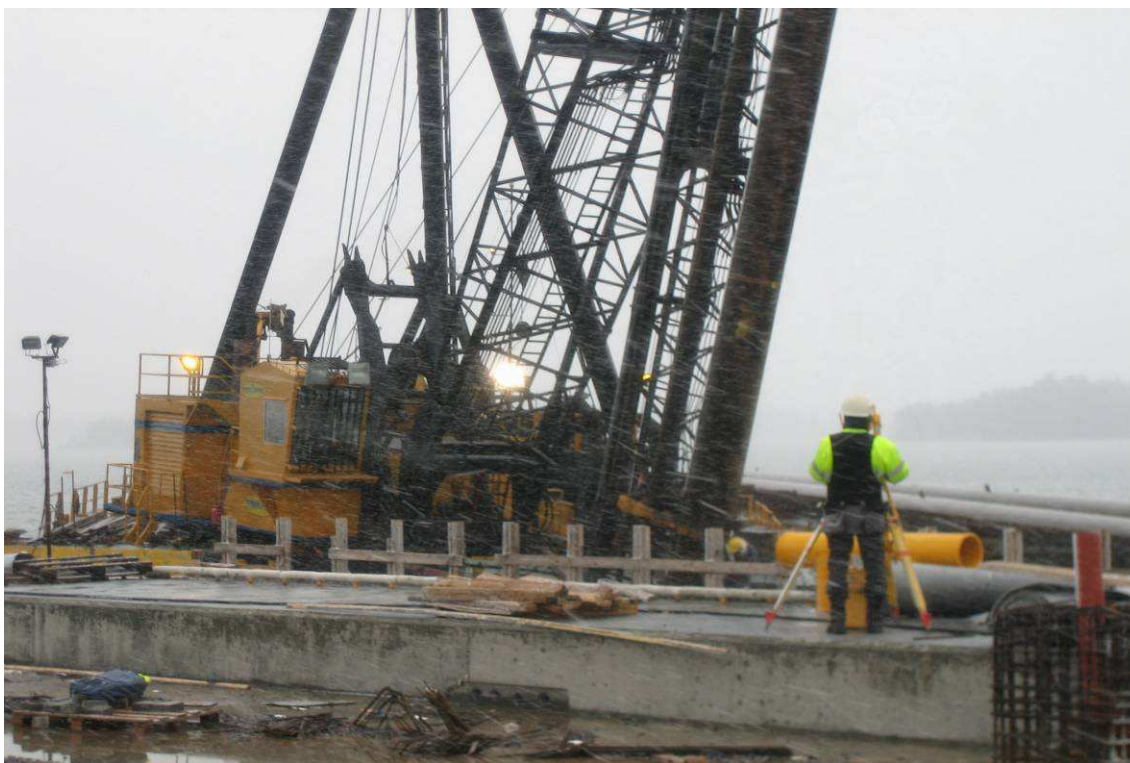
Tästä kolmiulotteisesta linjasta käytettiin työnimeä ”avaruuslinja”. Tätä toista koordinaattia ei suunnitelmissa annettu koskaan koko työmaan aikana. Mittamies määrittä nämäkin koordinaatit itse.

Vinopaalu asetettiin silmämääräisesti lähelle oikeaa sijaintia. Pisteenerkintä ohjelmistolla paalun katkaisutaso mitattiin paikoilleen. Vertailulinjaohjelmistoa käyttäen mittamies mittasi lukeman paalun sivulta, sen katkaisutasosta ja toisen lukeman mahdollisimman korkealta paalun sivulta. Mittauskohdat sivuilta järjestettiin siten, että ne olivat paalun selkälinjaan nähden suorassa kulmassa samalla puolella paalua. Vertailulinja ohjelmiston A-mitta osoittaa mittauskohdan pituusmitan suhteessa paalun katkaisutason pituusmittaan avaruuslinjan suunnassa. B-mitta osoittaa suorakulmaisen poikkeamamitan teoreettisesta avaruuslinjasta sivulle. Kun kummastakin mittauspisteestä saavutettiin sama B-mitta 0,46 m, oli vinopaalu oikeassa paikassa. Ennen lyönnin aloittamista tarkistettiin vielä kertaalleen katkaisutason sijainti pistenerkintä ohjelmistolla (*kuva 33*).

B-mitta voi olla myös negatiivinen luku $-0,46$ m, riippuen siitä, kummalla puolella avaruuslinjaa mittamies sattuu olemaan. Tärkeää on, että B-mitan etumerkki on molemmissa sivujen mittauskohdissa sama. Vinopaalujen lyönninaikainen seurantamittaus noudatti pystypaalujen seurantaperiaatetta ja katkaisutason sijaintia oli seurattava mahdollisimman pitkään ja tiiviisti.



Kuva 32. Vinopaalun asennusmittausta hyvällä säällä.



Kuva 33. Vinopaalun asennusmittausta räntäsateessa.

Lopuksi mittamies merkitsi paaluihin katkaisukorkeudet, työlautan henkilöstö sitoi paalut hitsaamalla ne 100 mm:n RHS-palkeilla toisiinsa kiinni yhdeksi paketiksi, ettei myrsky tai muu mahdollinen ulkoinen tekijä päässyt liikuttamaan paaluja (kuva 34).



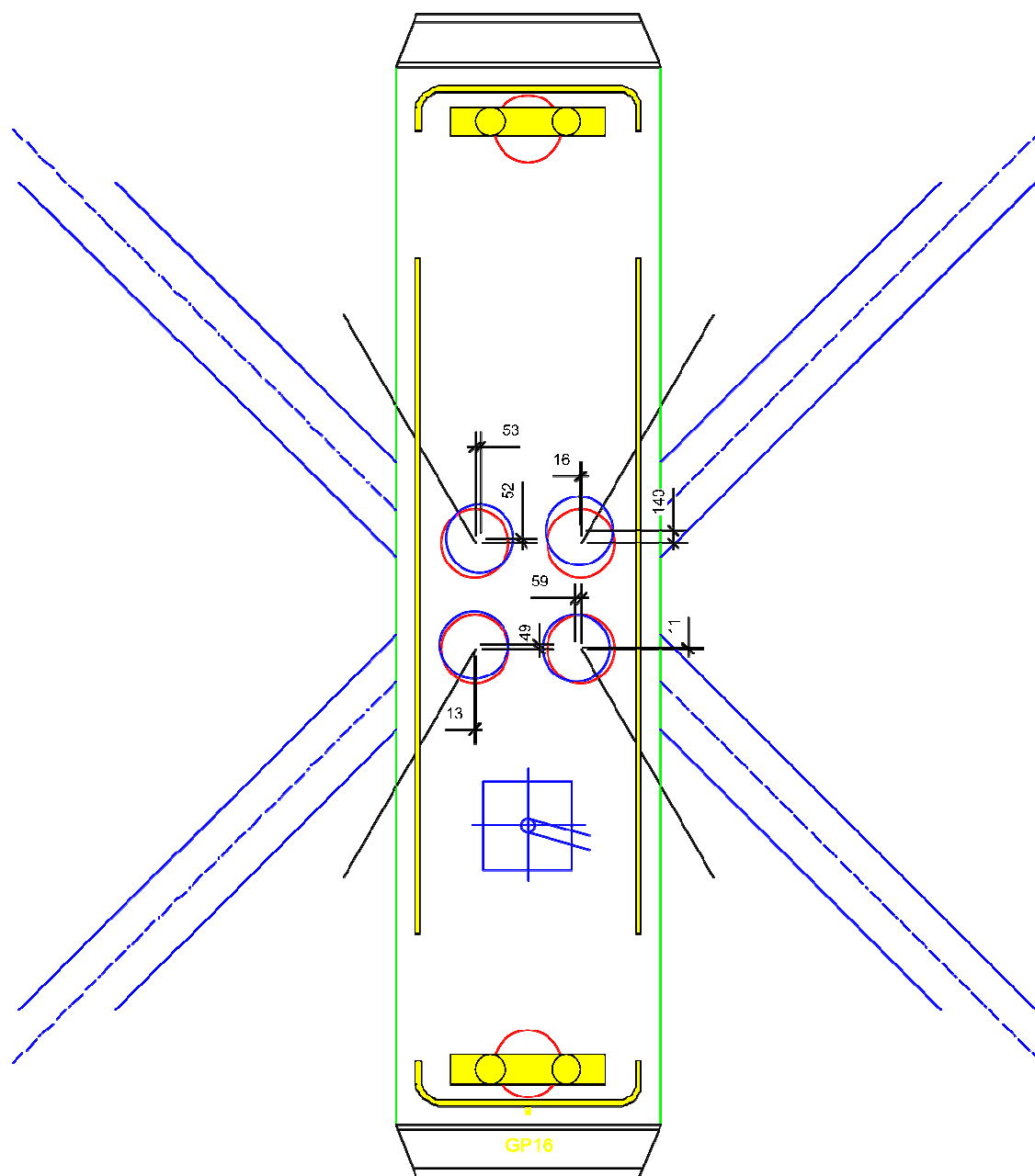
Kuva 34. Putkipaalujen lyönnin jälkeen ne katkaistiin mittamiehen antamien korkeusmerkkien perusteella ja tuettiin toisiinsa.

9.5 Tarkepiirustus

Paalujen katkaisun ja sidonnan jälkeen suoritettiin niiden sijainnin tarkistusmittaus. Jokaisen paalun katkaisutasossa katkaisusauman kehältä mitattiin kolme pistettä jakamalla mittauspisteet mahdollisimman etäälle toisistaan. Tulokset siirrettiin takymetrin muistista mittamiehen laatimalle elektroniselle paalutuskartalle. Paalujen teoreettiset ympyrämerkit oli asetettu tasolle, jonka nimi oli *teorettinen*. Pistetiedosto tuotiin tasolle, jonka nimi oli *pisteet*. Piirto-ohjelmiston toiminnalla tehtiin ympyrä kolmen pisteen kautta, piirrettiin paalujen toteutuneita sijainteja vastaavat ympyrämerkit ruudulle. Uudet ympyrämerkit siirrettiin lopuksi tasolle, jonka nimi oli *toteutuneet*.

Teoreettinen ja toteutunut taso asetettiin samanaikaisesti näkymään tietokoneen ruudulle ja kumpikin taso korostettiin eri värillä luettavuuden parantamiseksi. Mittalanka toiminnolla piirrettiin jokaisen paalua kuvaavan ympyrämerkin teoreettisen ja toteutuneen keskipisteen välinen siirtymämitta laiturin pituus- ja poikittaissuunnassa. Mittalukema piirrettiin sille puolelle teoreettista ympyrämerkkiä, minne toteutunut ympyrämerkki oli sijoittunut. Lukeman sijainti teoreettiseen ympyrämerkkiin nähden siis osoitti siirtymän suunnan. Mittalukuarvo ilmoitti sen määrän millimetreinä. Tarkepiirustus toimitettiin sähköpostin välityksellä suunnittelijalle hyväksyttäväksi. Tarkepiirustuksen hyväksynnän jälkeen voitiin aloittaa seuraavat työvaiheet (*kuva 35*).

Kuvan 35 esittämästä piirustuksesta ilmenee, että vain yhden paalun kohdalla toinen siirtymämitta on ollut suurempi kuin sallittu 100 mm:n asennustoleranssi. Siirtymämittojen keskiarvo on 50 mm. Putkipaalutus onnistui kaikkiaan erinomaisesti, valtaosa koko ison työmaan paalumäärästä pystyttiin toteuttamaan annettujen sijaintitoleranssien rajoissa. Huolellisen paalutustyön merkitys korostui seuraavien työvaiheiden yhteydessä, koska suunnittelijan ei tarvinnut tehdä lisäpiirustuksia paalujen sijainneista johtuvien poikkeamien vuoksi. Muottityöt ja raudoitukset voitiin näin toteuttaa alkuperäisten suunnitelmien mukaisina.



Kuva 35. Ote putkipaalutuksen tarkepiirustuksesta. Punaisella värillä on merkittynä vinopaalujen teoreettinen sijainti. Toteutunut sijainti on merkitty sinisellä värillä. Siirtymämitan lukuarvon puoli teoreettiseen paalusymboliin nähden osoittaa siirtymän suunnan ja lukuarvo sen määrän millimetreinä. Mustalla merkityt viivat osoittavat vinopaalujen suuntakulmia.

10 Kokemuksia kentältä

10.1 Mittamiehenä ruoppaajalla ja porauslautalla

Vuosaaren satamatyömaalla tekemäni mittaukset ja työt jakautuivat monille eri osa-alueille. Merimittaustöissä pääsin käyttämään viimeisintä tekniikkaa olevia paikannuslaitteita ja ohjelmistoja, joista monet on erityisesti kehitetty satamarakennustarpeita varten. Muutamissa ohjelmissa ilmeni joitakin puutteita ja keskeneräisyyksiä, mutta niitä pyrittiin koko ajan kehittämään paremmin toimiviksi. Ruoppaajilla ja porauslautoilla tehtävä paikannustyö sekä kartoitus- ja määrälaskentatyö ovat mittamiehen näkökulmasta hyvin yksitoikkoisia työtehtäviä, jossa muutamat samanlaiset työrutiinit toistuvat päivittäin. Mittamiesten työ näyttikin keskittyvän paljolti järjestelmien ylläpitoon, koska jatkuva tärinä ja kosteus aiheuttivat paikannus- ja näyttölaitteisiin ongelmia, jotka johtuivat pääosin liitoksissa ja kaapeloinneissa ilmenneistä vioista.

10.2 Riskialtis työympäristö lautoilla

Oli kuitenkin mielenkiintoista nähdä ja päästä kokeilemaan käytännössä mittamiehen tehtäviä ruoppaus- ja porausaluksilla. Työvuorojen pituus lautoilla oli 12 tuntia, työtä tehtiin periaatteella kaksi viikkoa työssä ja viikko vapaalla. Joka toinen työviikko oli yövuoroviikko, jolloin vuoro alkoi iltakuudelta ja päättyi aamukuudelta.

Työskentelypaikkana työalus on selvä terveysriski, vaikka työturvallisuutta onkin viime vuosina lisätty perusteellisesti kouluttamalla henkilöstöä ja lisäämällä suojavarustusta sekä kehittämällä teknisiä ratkaisuja, jotka estävät altistumista tapaturmille.

Terramaressa on työturvallisuusvaatimukset tänä päivänä huipputasolla. Silti toimintaympäristössä on yhä terveydellisiä riskitekijöitä, joita ei vain ole mahdollista kokonaan poistaa milloinkaan. Niitä on sekä pitkällä aikavälillä että välittömän tapaturman vaaran muodossa. Ruoppaajia ja porauslautoja on haaksirikkoutunut myrskyissä ja joskus varsin kohtalokkain seurauksin.

Lautoilla työskentelevä altistuu jatkuvalla mikrotärinälle ja melulle, lisäksi mereen putoamisen vaara on aina olemassa. Voiteluaineita pääsee väkisininkin jossain määrin lautan kannelle lisäten liukastumisriskiä, lisäksi metallisen kannen päälle kertynyt jää ja lumi yhdessä puutteellinen valaistuksen kanssa muodostavat myös liukastumisriskin, koska kannen levyypinta on sileä toisin kuin maanpinta. Pitkään jatkuneen yövuorotyön on lisäksi monissa tutkimuksissa todettu altistavan sydän- ja verisuonitaudeille.

10.3 Mittamiehenä betonirakennustyömaalla

Maanrakennustehtävissä käytössä oli vanhanmallinen mekaaninen takymetri, jolla mitattiin betonirakentamista sekä paalutusta. Lisäksi mittausvarustukseen kuului perinteinen kirvesmiehen varustus, kuten naulareppu, vasara, pitkä vatupassi, pitkä ja lyhyt mitta, taskulamppu jne. Pystyin tehtävissä hyödyntämään sekä kartoittajakoulutustani että maanmittauslinjan insinöörikoulutuksessa saamiani tietoja ja taitoja. Samalla sain vankan käsityksen kokonaisvaltaisesta mittaustyöstä ison projektin sisällä, oppien työn aikana erilaisia niksejä ja työmenetelmiä kokeneiden tekijöiden opastuksen ja neuvojen kautta.

10.4 Robottitakymetri vai mekaaninen

Nykyaikainen robottitakymetri on varsin kätevä, kun ollaan avarassa maastossa ja kartoitetaan esimerkiksi maastoa vaikkapa massanlaskentaa varten. Kun mitattiin betonirakenteita, mittauskohde oli useimmiten sellaisessa paikassa, että mittalaite oli tuotava aivan kohteen tuntumaan ja asemoitava parhaimpina päivinä jopa yli kolmekymmentä kertaa. Kaukana kentällä koko työpäivän olevaa robottitakymetriä ei olisi mitenkään voinut käyttää, koska jokaisen mittauskohteen ympäristössä tapasi olla näköesteinä muottipinoja, maa-ainekasoja, työkoneita jne.

Mittamies sijoittui lähelle mittauskohdetta kirvesmiehen tai hitsarin toimiessa prismamiehenä; näin he tiesivät, mitä oli merkitty ja missä merkinnät olivat. Mittaustarkkuutta varmennettiin asettamalla prisma muutaman senttimetrin korkeudelle, jotta prismasauvan tasauskuplan lukemavirhe ei pääsisi vaikuttamaan mittaustulokseen.

Vuosaaren työmaalla esiintyi tarkemittaustehtävissä robottitakymetrin käyttäjiä, joilla prisma-sauvassa prisma saattoi olla jopa yli kahden metrin korkeudella. Pieni kuplan lukemavirhe tai sauvan heilahdus tallennusnäppäilyn yhteydessä voi helposti aikaansaada senttimetriluokkaa olevan virheen mittaustulokseen.

10.5 Vanha menetelmä on varma joka säällä

Uusimpien takymetrimallien näyttöruutuun on mahdollista asettaa koko työmaan kartasto ja poimia sieltä erityisellä osoitintikulla merkittävät pisteet ja linjat vapaasti mitattaviksi. Ominaisuus on varsin kätevä, mutta kun toimitaan ulkoilmassa kaikkina vuoden- ja vuorokaudenaikoina (*kuva 37*), pienen näyttöruudun varaan tukeutuminen vaikkapa pimeään aikaan sankassa räntäsateessa tai paukkupakkasessa olisi selvä virheriski. Silmälaseja käyttävien kohdalla ongelma vielä korostuisi, kun mittamies yrittää märkien tai huurteisten silmälasien läpi tutkia piskuista näyttöruutua.



Kuva 37. Sää ei estänyt mittauksia.

Mekaanisen takymetrin näytöllä oli kolme riviä suuria numeroita ja kertynyt röntä oli helposti yhdellä pyyhkäisyllä poistettu. Koko työmaakartan kattavia sopivassa mittakaavassa olevia A4-koon osatulosteita pistenumeroineen oli mukana muovikelmuissa. Pistenumeroiden kirjasinkoko oli suuri. Tällä menetelmällä oli etu juuri siinä, että se toimi varmasti kaikissa tilanteissa juuri hyvän luottavuutensa ansiosta. Työmaalla oli useita työvaiheita samanaikaisesti. Työryhmiä oli erilaisissa tehtävissä, ja mittamiehen oli oltava koko ajan valmiudessa. Työtilauksia tuli paljon myös pimeän aikana ja surkean sään vallitessa. Mainoksissa uusia takymetrimalleja esitellään T-paitoihin pukeutuneina kauniissa poutasäässä (*kuva 38*).



Kuva 38. Mittamiehiä työssä takymetrin mainoskuvassa. (7, s. 1)

11 Yhteenveto

11.1 Virheellinen pistetieto urakoitsijalle

Vuosaaren sataman työmaa-alueelle oli rakennuttajan toimesta perustettu kiintopisteverkosto. Työmaan kiintopistetiedot osoitettiin maastossa ja urakoitsijalle luovutettiin pisteselityskortit, joiden perusteella työmaan mittaus oli tarkoitus toteuttaa. Meluntorjuntaseinän rakentamisen alkuvaiheessa osoittautui, että takymetrin asemointi tuotti ison sulkuvirheen tiettyjen pisteiden kautta asemoitaessa. Asemoinnissa käytettävät pisteet oli valittu siten, että asemointi onnistui. Kävi ilmi, että yksi rakennuttajan antamista kiintopisteistä oli koordinaateiltaan väärin. Se oli kymmenisen senttimetriä virheellinen muuhun pistejoukkoon nähden. Rakennuttajan käyttämä mittakonsultti ilmoitti löydöksen jälkeen, että tämä kiintopiste kuului eri pisteverkkoon ja että virhe johtui siitä. Onni onnettomuudessa oli, että pistevirhe onnistuttiin havaitsemaan ennen kuin ehdittiin valamaan betonirakenteita.

11.2 Aktiiviprismoista

Työmaan edetessä rakennuttaja toimitti työmaa-alueelle lisäksi muutamia aktiiviprismoja. Osa oli sijoitettu satamassa olevien rakennusten katoille pystytettyihin salkoihin mahdollisimman korkealle. Jotkut oli perustettu kentällä olevien kallioalueiden päälle rakennettuihin mastoihin ja kaksi meluseinän päälle myös mahdollisimman korkealle. Rakennuttaja osoitti pisteille taso- ja korkeuskoordinaatit.

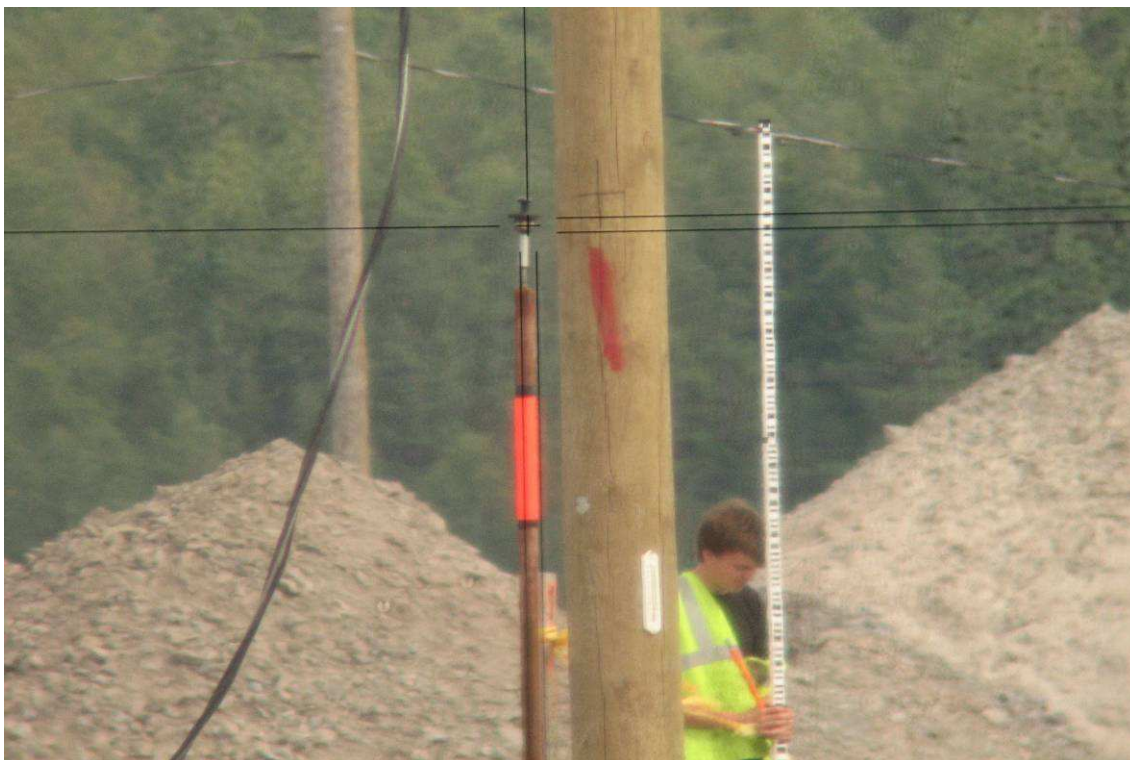
Työmaan aikana aktiiviprismojen koordinaatteja päivitettiin useampaan kertaan pienin muutoksin, mikä tuntui täysin käsittämättömältä, koska lopullisia betonirakenteita oli jo osittain valmistunut ja uusia valettiin lähes päivittäin. Kun työ eteni pidemmälle ulkomeren suuntaan, etäisyydet aktiiviprismoihin kasvoivat parhaimmillaan jopa yli kilometrin mittaisiksi, mikä hankaloitti asemointeja selvästi (*kuva 36*).



Kuva 36. Viralliset aktiiviprismat sijaitsivat aivan liian kaukana ja näkyvyys työmaalta prismoille oli keho.

Säästä johtuvat tekijät hankaloittivat osaltaan mittamiehen työtä. Välillä sumu tai lumisade esti näkyvyyden prismoille, toisinaan taas pakkaskuura tai viistoon satanut lumi oli täyttänyt prismakupit. Prismoja ei voinut puhdistaa, koska ne sijaitsivat liian hankalasti lähestyttävissä paikoissa.

Rakennuttajan olisi ehdottomasti pitänyt perustaa työmaalle lisää aktiiviprismoja jo valmistuneisiin betonirakenteisiin ja perustaa ne siten, että prisman lasi olisi ollut tarvittaessa puhdistettavissa. Onneksi urakoitsija ymmärsi tilanteen ja hankki työmaalle kaksi uutta aktiiviprismaa omalla kustannuksellaan. Näiden paikkoja muunneltiin itse työmaan edetessä kulloisenkin tarpeen mukaan (kuva 37).



Kuva 37. Terramare osti työmaalle lisää prismoja. Alueen mittapistepulasta kertoo etualan sähkötolppaan tehdyt apupisteet, musta tussiristi punaisen maalimerkin yläpuolella ja prisma tarra puolisen metriä sen alapuolella.

11.3 Prismaheijastintarrat apuna

Joskus näkymät mittauskohteista aktiiviprismoille olivat niin rajalliset, että työn kuluessa oli ryhdyttävä rakentamaan virallisen pisteverkon lisäksi omaa epävirallista apupisteverkkoa. Tämä toteutettiin liimaamalla prismaheijastintarroja valomastoihin. Näille tarroille määritettiin koordinaatit. Monesti keliolosuhteet olivat niin surkeat tai näkyvyys muuten niin estynyt, että takymetrin asemointi oli suoritettava pelkästään prismaheijastintarrojen perusteella.

11.4 Korkeuspisteissä outoa epäselvyyttä

Työmaalle oli tasopisteverkon lisäksi perustettu urakoitsijoiden käytettäväksi myös korkeuspisteverkko kalliopulttien avulla. Korkeusmittauksien yhteydessä käytettiin yleensä lähimpänä olevaa korkeuspistettä lähtöpisteenä. Työmaan puolivälin tietämillä kävi ilmi, että rakenteiden korkeuksissa oli pieniä poikkeamia.

Tarkistimme tarkkavaaituksena rakennuttajan antamien korkeuspisteitten P1 ja P32 keskinäisen korkeuseron. Pisteiden välinen lyhin etäisyys oli noin 400 metriä. Mittauksen tulos osoitti, että pisteiden välinen korkeusero poikkesi 21 mm pisteselityskorttien osoittamasta korkeuslukemien erotuksesta.

Myöhemmin tuli virallinen määräys, että kaikki korkeusmittaukset on jatkossa sidottava korkeuspisteeseen P32. Muutaman kuukauden kuluttua ilmoitettiin pisteelle P32 rakennuttajan toimesta vielä uusi korkeuslukema. Se poikkesi aikaisemmin ilmoitetusta lukemasta 12 mm. Tämän muutosilmoituksen järkevyyttä hämmästeltiin yleisesti.

11.5 Pääpiirustukset vain paperilla

Vuosaaren satamatyömaan laiturirakennepiirustuksia ei lukuisista pyynnöistä huolimatta koskaan toimitettu urakoitsijalle sähköisessä CAD-muodossa. Mittausohjelmistot edellyttävät sähköisessä muodossa olevaa mittapiirustusta, josta pisteiden koordinaatit voidaan lukea suoraan takymetrin muistiin. Mittamies joutui tässä tilanteessa laatimaan paperipiirustusten perusteella CAD-ohjelmalle sähköisessä muodossa olevat mittapiirustukset. Näistä piirustuksesta luettiin koordinaatteja takymetrin muistiin. Esimerkiksi putkipaalujen asennuskoordinaatit määritettiin näin.

Vasta myöhemmissä revisioissa, kun jo huomattava määrä paaluista oli lyöty, oli paalupiirustusten laitaan tehty paalujen katkaisutason sijanjeista koordinaattilistaus, mikä olisi pitänyt siitä käsin näppäilemällä syöttää mittausohjelmaan. Vinopaalujen mittauksessa välttämättömän toisen paalukohtaisen asennuskoordinaatin puuttumista ei huomannut kukaan. Mittamies laski myös nämä asennuskoordinaatit.

Molemmissa tasokoordinaateissa oli kahdeksan numeroa ja korkeuskoordinaatissa vielä neljä numeroa. Yhtä paalua kohden olisi pitänyt tehdä kaksikymmentä numeronäppäilyä. Paalujen kokonaismäärän oltua 768 kappaletta olisi näppäilyjä pitänyt suorittaa kaikkiaan 1536 kertaa. Virheellisen näppäinpainalluksen mahdollisuus näillä määrillä on melko suuri.

11.6 Mittamiehen työssä virheriski mukana

Yksittäisen mittamiehen laskemien putkipaalujen koordinaattien tai laiturielementtien asennuslinjoille merkitsemien linjanaulojen oikeellisuuden varmistusmekanismia ei ollut. Sama mittamies jatkaa työtä siitä, mihin eilen jäätiin ja ulkoisesti työn jälki voi näyttää järkevältä ja hyvältä.

Tosiasiasa koko pistolaiturin paalutus voi olla kaikkien paalujen osalta esimerkiksi metrin sivussa tai vastaavasti komea 200 metrin pituinen juuri asennettu laiturielementtirivi voi olla metrin pielessä oikeasta laiturilinjasta. Näppäilyvirhe peruslinjan toisen tasokoordinaatin desimaalipilkkua edeltävän numeron kohdalla on riittävä aikaansaamaan kuvatonlaiset virhetilanteet. Karkeammat näppäilyvirheet on helppo havaita maastossa, mutta sopivassa kohdassa sattunut ”pieni” näppäilyvirhe on vaikeammin havaittavissa. Näppäilyvirheen aiheuttama vähäinen kokonaisvirhe voi jatkua hyvinkin pitkään ilman, että kukaan huomaa mitään. Kun virhe sitten viimein havaitaan, niin vahingon taloudellinen merkitys saattaa olla jo miljoonien suuruinen. Mittamiesten keskuudessa puhutaan karkeasta virheestä ja -virheuhasta.

11.7 Laatu järjestelmissä parantamisen varaa

Laatujärjestelmien käyttöönotto perustuu juuri siihen, että mainitun kaltaisia virheellisiä mittauksia ei voisi tapahtua. Kaikista mittauslaitteista ja -kojeista on esitettävä voimassa olevat kalibrointitodistukset ja työmaan mittauksista on laadittava erityinen mittaussuunnitelma allekirjoituksineen. Nämä vaatimukset eivät kuitenkaan millään muodoin sulje pois mainittujen virheiden mahdollisuutta. Kalibrointitodistuksen merkitys on noussut aivan käsittämättömään asemaan laatujärjestelmissä. Tilanteen nurinkurisuutta voisi karrikoida seuraavasti: kun auto on katsastettu, kolaria ei voi tulla.

11.8 Laatujärjestelmän parannusehdotus

Työmaan alkuvaiheessa mittamies rakentaa työmaalle omia apupisteitä, joiden avulla suoritetaan täydentäviä mittauksia. Ennen kuin aloitetaan jokin erityinen asennustyö tai betonointityö, olisi otettava käyttöön uusi varmennusmekanismi. Tässä mekanismissa kolmatta osapuolta edustava ”ulkopuolinen” mittamies tekisi työmaalla tarkistusmittauksia omista lähtökohdistaan ja tarkistaisi kaikki ne varsinaisen mittamiehen rakentamat mittapisteet ja linjanaulat, joita työssä on tarkoitus käyttää. Itse tehty koordinaattien laskenta olisi myös syytä tarkistuttaa.

11.9 Virhemahdollisuuden poisto

Tarkistusmittaus olisi helposti tehtävissä yhden työpäivän puitteissa, joten sen aiheuttama kustannuslisä olisi sinällään vähäinen. Jos laatujärjestelmiin mittausten osalta voitaisiin liittää kuvatuunlainen varmennusmekanismi, yllä mainittuja virhemahdollisuuksia ei olisi tai ainakin todennäköisyys karkeisiin virheisiin ylipäätään vähenisi ratkaisevasti. Lisäksi yksittäinen mittausalun yrittäjä voisi nukkua yönsä levollisin mielin.

Lähteet

- 1 Yritysesittely. (WWW-dokumentti.) Terramare Oy.
<<http://www.terramare.fi/?Yritysesittely>>. Luettu 2.10.2006.
- 2 Vuosaaren sataman perustiedot. (WWW-dokumentti.) Wikipedia
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Vuosaaren_satama>. Luettu 29.10.2010.
- 3 Yrityksen sivut. (WWW-dokumentti.) RK-Mittapiste Oy.
<<http://www.rkmittapiste.fi/index.php?pageid=3>>. Luettu 2.12.2010.
- 4 Arkisto. Luettu 15.12.2010. RK-Mittapiste Oy.
- 5 Haraus. (WWW-dokumentti.) Merenkulkulaitos.
<http://portal.fma.fi/portal/page/portal/fma_fi/merenkulun_palvelut/merikartat/kartansynty/content.xml>. Luettu 2.2.2010.
- 6 Haraus. (WWW-dokumentti.) Mapteam Oy.
<<http://www.mapteam.fi/pdf/Merimittaukset.pdfMerenkulkulaitoksensivut>>. Luettu 2.2.2010.
- 7 Takymetri mainoskuva (WWW-dokumentti.) Geotrim Oy.
<http://www.geotrim.fi/ep/CustomPic/TAKYTT_silta_web.jpg>. Luettu 15.1.2011.