

Matias Kivelä

TUKIMUURITYÖN TUOTANNON HAASTEET JA ONGELMAT

TUKIMUURITYÖN TUOTANNON HAASTEET JA ONGELMAT

Matias Kivelä
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Rakennusalan työnjohdon koulutus
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutus

Tekijä: Matias Kivelä

Opinnäytetyön nimi: Tukimuurityön tuotannon haasteet ja ongelmat

Työn ohjaaja: Raimo Parkkila

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 33

Opinnäytetyön aiheena oli monimuotoisen, sairaalarakennuksen pihan ja ambulanssitiien välisen, tukimuurin rakentaminen. Aihetta käytiin läpi tuotannon näkökulmasta. Työn tavoitteena oli löytää tukimuurirakentamisen haasteet ja ongelmat, joihin projektin aikana törmättiin. Tarkoituksena on löytää sopivat ehdotukset tuotannon parantamiseksi.

Työssä perehdyttiin muutamiin rakennusalan perusperiaatteisiin, perinteisiin paikallavalettavien rakenteiden työmenetelmiin sekä rakentamisen laatuun ja laadunvarmistustoimenpiteisiin. Tietoja näihin kerättiin RT-kortistosta, verkkojulkaisuista ja työmaalta saaduista dokumenteista.

Opinnäytetyön tuloksena oli rakentamisen aikana ja sen jälkeen tunnistetut ongelmat ja haasteet. Selkeitä ongelmia rakentamisen aikana aiheutti työryhmämuutokset, betonisen tukimuurin rimakuvioinnin toteutustavat, nostovälineet ja naapurityömaan logististen tarpeiden huomioiminen. Rakentamisen aikana toteutettiin uusia toimivampia menetelmiä maanrakennustöiden ja routaeristysten osalta, joista opinnäytetyössä myös kerrotaan. Paranneltuja ehdotuksia voidaan hyödyntää muissa samankaltaisissa toistuvissa tehtäväkokonaisuuksissa.

Asiasanat: tukimuuri, betoni, maanvarainen, rauditus, muottijärjestelmä, laatu, laadunvarmistus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Management

Author: Matias Kivelä

Title of thesis: The Challenges of Constructing Retaining Wall

Supervisor: Raimo Parkkila

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2022

Number of pages: 33

The subject of this thesis was the construction of a retaining wall, which divides the curtilage and the road for ambulances of a hospital building. The subject is being viewed from the standpoint of a construction manager. The objective of this thesis was to find the challenges and problems of the construction process of a retaining wall and to generate improved plans for it.

The thesis will include some basic knowledge of the construction industry. A more in-depth look is taken at cast-in-place concrete building parts, how they are produced and at the quality control of a building project. The information was gathered from information collections of Rakennustieto Oy, e-publications and from documents which were acquired from the construction site, where the retaining wall was being built.

There were some clear challenges which were found at the time of construction and after the retaining wall was finished. Problems were found in changes of the work team, equipment which were used and in the logistical needs of the neighboring work site. The result of the thesis was identified problems and more suitable forms of actions to these challenges. Also, there were some problems with the design plans and the thesis contains suggestions of how to possibly make some of the plans simpler. These suggestions can be used in similar projects.

Keywords: retaining wall, concrete, rebar reinforcement, formwork, quality, quality control

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	YLEISTÄ RAKENTAMISEN TUOTANNOSTA.....	7
2.1	Rakentamisvaihe ja tuotannonohjaus.....	7
2.1.1	Tehtäväsuunnitelma.....	7
2.1.2	Potentiaalisten ongelmien analyysi	8
2.2	Betonirakentaminen	9
2.2.1	Maarakennustyöt	9
2.2.2	Muottityöt	10
2.2.3	Raudoitustyöt.....	11
2.2.4	Betonointi.....	13
2.2.5	Kalusto ja työvälineet	14
2.2.6	Olosuhteet.....	15
2.3	Laatu ja laadunvarmistustoimenpiteet	16
2.4	Betonirakennustöiden laadunvarmistus.....	17
3	TUKIMUURIN TYÖMAATOTEUTUS OYS 2030-TYÖMAALLA.....	19
3.1	Aikataulu.....	19
3.2	Työryhmä ja menetelmät.....	20
3.3	Rakenteiden suunnitelmat.....	24
3.4	Nostokoneet ja välineet	25
3.5	Muottikalusto	27
3.6	Olosuhteet.....	29
3.7	Logistiikka ja naapurityömaa	29
3.8	Laadunvarmistustoimenpiteet.....	30
4	POHDINTA	31
	LÄHTEET.....	32

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana ovat monimuotoisen, betonista valetun tukimuurin töihin kohdistuvat haasteet. Tukimuurilla tarkoitetaan muuria, joka estää eri korkeustasoilla sijaitsevien maa-ainesten valumisen. Tukimuurirakenteella voidaan siis toteuttaa suuriakin korkoeroja lyhyellä horisontaalisella matkalla. Muurit valmistetaan yleensä betonista, tiilestä, kivistä tai harkoista.

Opinnäytetyön kohteena on Tulevaisuuden sairaala OYS 2030 -työmaa. Projekti on allianssimuotoinen hanke, jonka rakennusosa A on NCC Suomi Oy:n rakentama. Ambulanssitien ja piha-alueiden jakava tukimuur on pieni, mutta oleellinen osa kokonaisuutta. Allianssihankkeessa toimiminen tuottaa rakentamisen kannalta haasteita, mihin ei välttämättä ”normaaleissa” rakennushankkeissa törmää.

Työn tarkoituksena on löytää samantyyppisten rakenteiden tuotannossa tapahtuvat ongelmakohdat sekä keinot siihen, miten näihin voidaan varautua. Tavoitteena on sisäistää onnistuneen betonisen rakenteen tärkeimmät kohdat työmenetelmien ja materiaalien suhteen ja lopussa pohtia mahdollisia betonirakenteiden sudenkuoppia; mihin kaikkeen tulisi osata varautua tulevaisuudessa työnjohtajana.

Opinnäytetyössä käydään läpi kaikki työvaiheet ensimmäisen kaivannon tekemisestä valmiin tukimuurin pintakäsittelyihin asti. Työssä tarkastellaan aikataulua, työmenetelmiä ja tehtävän aikana käytettyjä kalustoja sekä pureudutaan hiukan suunnitelmiin. Lisäksi käydään läpi, millaisissa olosuhteissa työt toteutettiin ja mitä haasteita kohdattiin logistiikan näkökulmasta.

2 YLEISTÄ RAKENTAMISEN TUOTANNOSTA

Luvussa 2.1 käydään läpi ne aihealueet, jotka osaltansa liittyvät edellä mainitun rakenteen tuotannonohjaukseen ja suunnitteluun. Näillä pyritään selventämään lukijalle, mitä kaikkea rakentamisalan työnohjaukseen liittyy.

2.1 Rakentamisvaihe ja tuotannonohjaus

Rakentamisvaiheella tarkoitetaan rakennushankkeen osaa, jossa rakennustyöt tapahtuvat. Rakentamisvaiheessa tehdään sovitut työt ja työosat, joista valmis lopputuote konkretisoituu ja se päättyy vastaanottopäätökseen. Ennen rakentamisvaihetta tulisi kaikki perussuunnitelmat olla olemassa, tarkastettuina ja hyväksytyinä, jotta tuotanto pääsee aloittamaan työt suunnitellusti. Koska työmaalla toteutettava tuotanto määräytyy suurelta osin rakennuttajan hyväksymien suunnitelmien ja suunnitelmaosien mukaan, tuotannonohjaukselle jää tehtäväksi suunnata työhön varattujen aineellisten resurssien oikeaoppinen järjestäminen. Ohjauksella pyritään siis luomaan suunnitelmien mukainen, kaikkia osapuolia miellyttävä laadukas rakennusosa tai kokonaisuus. (Koski 2010, 10–15.)

Työnjohtajat tekevät rakentamisvaiheen aikana sovittuja suunnitelmia sekä raportteja, jotka toimivat osana laadunvarmistus- ja vastaanottomenettelyitä. Tällaisia ovat esimerkiksi tehtäväsuunnitelmat ja erilaiset pöytäkirjat. Se mitä dokumentteja sisällytetään asiakirjoihin, sovitaan tilaajan, suunnittelijoiden sekä päätoteuttajan kanssa yhdessä. (Koski 2010, 16.)

2.1.1 Tehtäväsuunnitelma

Tehtäväsuunnitelma on yksi osa laadunhallintaan liittyviä työkaluja. Kaikki rakennusvaiheessa tapahtuvat tehtäväosat tulisi aloittaa tehtäväsuunnitelman luomisella. Tehtäväsuunnitelmassa tarkastetaan, että edellytykset tehtävän aloittamiseen ovat olemassa, määritetään työturvallisuustoimet, käydään läpi tehtävään varattu aika, kustannustavoitteet, laadunvarmistustoimet sekä logistiikkaan liittyvät tarpeet. Tällä pyritään varmistamaan, että asetetut aikataulu-, kustannus- ja laatuavoitteet saavutetaan. (Koski 2010, 17–18.)

Tehtäväsuunnitelman tarkoituksena on auttaa tuotannonjohtoa välttämään riskejä. Rakennustyömaalla jokainen tehtävä on omanlaisensa kokonaisuus, joissa on erilaisia riskejä toisiinsa nähden. Tehtäväsuunnitelman avulla kartoitetaan nämä riskit ja säädetään menettelyt niiden ehkäisemiseksi. Lisäksi sen avulla huolehditaan eri laatuvaatimusten, määräysten ja säädösten täyttymisestä. (Ratu S-1228 2010, 2–3.)

2.1.2 Potentiaalisten ongelmien analyysi

Nostan potentiaalisten ongelmien analyysin omana aiheenaan esiin, koska se on erittäin tärkeä osa tehtäväsuunnittelua. Siinä pyritään selvittämään ja ennakoimaan ongelmat ja haasteet, joita tehtävän suorittamisen aikana mahdollisesti tullaan kohtaamaan. Nämä olisi hyvä miettiä yhdessä työryhmän kanssa, koska työntekijät osaavat usein kertoa jo aiemmasta kokemuksesta esimerkiksi sellaisia haasteita, mitä työnjohtaja ei välttämättä huomaa miettiä. Potentiaalisten ongelmien analyysissa selvitetään tehtävään liittyvät riskit, miten nämä ehkäistään ja miten toimitaan, jos riskit kuitenkin toteutuvat. Ongelmat voidaan jakaa myös aihealueittain esimerkiksi teknisiin tai logistisiin sekä hankinnasta, suunnittelusta, turvallisuudesta tai olosuhteista johtuviin ongelmiin. Nämä vaihtelevat työtehtävän mukaan, sillä kaikki ei välttämättä päde jokaisessa työtehtävässä. (Ratu S-1228 2010, 10.)

Potentiaalisten ongelmien analyysi voidaan toteuttaa esimerkiksi matriisin avulla (Taulukko 1.) Siinä merkitään vaakasarakkeille mahdolliset ongelmat aihealueittain, kuten esimerkiksi tekniset ongelmat ja pystysarakkeille yksittäisten ongelmien hälytin tai torjunta ja korjaustoimenpide. Matriisiin voidaan myös merkitä kullekin ongelmalle vastuuhenkilö, jonka tehtävänä on huolehtia kyseisen ongelman ehkäiseminen. (Ratu S-1228 2010, 10.)

TAULUKKO 1. Esimerkki potentiaalisten ongelmien analyysin matriisista. (Ratu S-1228 2010, 10.)

Väliseinämuurauksen potentiaalisten ongelmien analyysi

Ongelma	Varautuminen/hälytys	Vastuuhenkilö
Tekniset ongelmat		
Sähkö- ja putkieroilo väärässä paikassa tai roilo jäänyt kokonaan pois.	MK ja TP varmistavat roilojen paikat vko 3 palaverissa ennen seinän muurauksen aloitusta.	MK
Viemäri ja vesijohtoreikiä ei päästä tekemään holvin läpi alempaan kerrokseen (alakerran toimivasta osastosta johtuen).	Mk sopii alemman kerroksen toimivan osaston kanssa toteutusjärjestyksen ja aikataulun putki- ja poraustöiden etenemisestä.	MK
Muurauksen mittatarkkuusvirheet ja pinnan epätaisuus.	Muurauksen laatu tarkistetaan ja dokumentoidaan osakohteittain tarkistuslistan avulla.	HL
Suunnitelmista johtuvat ongelmat		
Putkia ei merkitty piirustuksiin.	Suunnitelmien valmius varmistetaan viimeistään viikolla 32.	AP
Turvallisuusongelmat		
Työkohteen epäjärjestys heikentää työturvallisuutta	Siivous ja siihen liittyvät sanktiot käydään läpi aliurakoitsa aloituspalaverissa. Työkohteen siisteyttä ja järjestystä valvotaan päivittäisillä tarkastuksilla. Kohde siivotaan työn edetessä.	AP, HL
Hankinnan ongelmat		
Työ viivästyy, sillä materiaalia ei ole ajoissa työmaalla	AP tarkistaa viikoittain materiaalin määrän ja tilaa uutta.	AP

2.2 Betonirakentaminen

Paikallavalettavien maanvaraisten betonirakenteiden työvaiheet voidaan jaotella pääpiirteittäin neljään kohtaan. Ensimmäisenä tulee tehdä maanrakennustyöt, jota seuraa muottien pystyttäminen, raudoitus sekä viimeisenä itse betonointi. Työvaiheiden välissä tulee suorittaa myös muita toimenpiteitä, kuten esimerkiksi mittapisteiden merkkäamiset sekä tehdä varaukset LVI- ja sähköputkille. Myös betonin jälkihoito täytyy suunnitella ja toteuttaa olosuhteiden mukaan. (RT 1198-S 2002, 6–10.)

2.2.1 Maarakennustyöt

Maarakennustyöt ovat kaiken rakentamisen perusta, joten on erittäin tärkeää huomioida töiden laatuvaatimukset. Mahdolliset ongelmakohdat maarakennustöissä liittyvät usein vääränlaisen maan aineksen käyttöön, maarakennekerrosten väriin paksuuksiin, huonosti tiivistettyihin maakerroksiin tai koneohjauksen puutteelliseen seurantaan (esimerkiksi pinnantasaussuunnitelmaa ei ole päivitetty laitteistoon). Kaivantoa suunniteltaessa eri vaiheissa edellytyksenä on tarpeeksi kattavat pohjatutkimukset ja maaperän laadun määrittelee geosuunnittelija. (Ratu KI-6029 2017, 88–90.)

Työturvallisuuden näkökulmasta kaivannot ovat yksi työmaiden vaarallisimmista alueista työskennellä. Maa-ainekset saattavat käyttäytyä hyvin äkkipikaisesti ja ennalta-arvaamattomasti. Jos kaivantoa ei ole mahdollista luiskata tarpeeksi loivaksi, tulee kaivanto olla tuettu esimerkiksi ponttiseinällä. Kaivannon lähellä tulisi pyrkiä olemaan tekemättä tärinää aiheuttavaa työtä ja raskasajoneuvoliikenne tulisi minimoida. Myös olosuhteita tulee seurata jatkuvasti, sillä niin sateiset kuin kuivatkin kelit voivat muuttaa maaperän käyttäytymistä. Työnjohdon tulee tarkastaa kaivantosuunnitelma ja seurata, että kaivutyöt suoritetaan sen mukaisesti. (Rantanen ym. 2013, 17–27.)

2.2.2 Muottityöt

Betonointi vaatii aina tarkoitukseen sopivan muottikaluston. Muottityöt voidaan toteuttaa nykyään monenlaisilla välineillä. Paikallavalettavissa suurissa pystyrakenteissa käytetään usein eri yritysten valmistamia ja vuokraamia muottijärjestelmiä. Tällaisia ovat esimerkiksi kevyet ja normaalit järjestelmämuotit, suurmuotit, lämmitettävät muotit ja pilarimuotit. Muottikaluston valitsemiseen vaikuttavat rakenteen tyyppi, käytettävissä oleva nostokalusto, valetun betonin haluttu pintatekstuuri, aikataulu, kustannukset sekä käytännöllisyys. Rakentamisen tuotantotekniikka - kirjasta löytyvästä taulukosta voidaan helposti valita oikeanlainen muottityyppi erilaisille rakenteille. (Taulukko 2.)(Kivitalo 2022.)

TAULUKKO 2. Muottityyppien soveltuvuus eri käyttökohteissa. (Koski 2010, 72.)

Muottityyppi	Seinä	Laatta	Pilari	Palkki	Perustus	Holvi-, palkki- ja pila- riraken- teet	Väestönsuoja	Seinä- raken- teet	Holvi- raken- teet	Porras- ja hissikuilu	Seinä- raken- teet	Holvira- kenteet
Suurmuotti	xx						x					
Kulma- ja tunnelimuotti	xx	xx										
Kasettimuotti	xx	x	xx	x	xx		xx	xx	xx	xx		
Lauta- ja levymuotti	x	x	x	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx		xx
Sidejärjestelmämuotti	xx				xx		x					
Vakiopalkit ja muottilevyt	xx	xx	xx		x		x			x		x
Pöytämuotti		xx										
Holvin kasettimuotti		xx		x					xx			
Kupu- ja ripalaattamuotti		xx							x			
Palkkimuotti				xx								
Pilarimuotti			xx									

xx soveltuu hyvin
x soveltuu
ei sovellu

Muottijärjestelmien etuna voidaan pitää niiden luotettavuutta. Muottisuunnitelma luodaan muottiurakoitsijan muottisuunnittelijan toimesta, jossa esitetään muun muassa optimoitu muottikierto, muottien tuenta ja kiinnitys, muottijärjestys jne. Kuitenkin muottijärjestelmissäkin on omat ongelmakohtansa. Yleensä kustannukset ovat kappaletavaramuotteja suuremmat, koska kalusto yleensä vuokrataan. Järjestelmiin kuuluu monia pieniä osia, jotka voivat helposti hävitä työn edetessä. Näin ollen vuokrakaluston osien lunastaminen saattaa tulla osaksi kuluja. (Kivitalo 2022.)

Muotit voidaan tehdä myös työmaalla lauta- ja levymuotteina (ts. kappaletavaramuotti). Näiden muottien etuna on muottien helppo muokkaaminen ja työstäminen sekä alhaiset kustannukset. Alhaiset kustannukset ei niinkään liity puutavaran hinnoitteluun vaan muottien työstettävyyteen ja käsittelyyn. Muotit eivät yleensä ole kovin suuria, joten niitä voidaan siirrellä käsin, eikä nostoapuvälineille ole suuremmin tarvetta. Kappaletavaramuotit ovat kuitenkin haastavia suurien rakenteiden betonointitöissä. (Kivitalo 2022.)

Muottijärjestelmillä on etulyöntiasema luotettavuudessa kappaletavaramuotteihin nähden. Kun muottijärjestelmiä käytetään valmistajan ohjeiden mukaan, mahdollisuudet esimerkiksi muotin tuennan pettämisessä betonoinnin yhteydessä on käytännössä olemattomat. Kappaletavaramuoteissa riski on huomattavasti suurempi. (Saikkonen 2022.)

2.2.3 Raudoitustyöt

Betonirakenteissa on miltei aina käytettävä raudoitteita. Näiden tarkoituksena on parantaa erityisesti valmiin betonisen rakenteen vetomurtolujuutta. Ilman raudoitusta betoni on luja, mutta herkästi murtuva rakennusmateriaali. Raudoitustöiden aloittamisen vaatimuksena on, että raudoittamiseen tarvittavat suunnitelmat ovat työmaalla käytössä, muottityöt ovat osaltansa valmiit ja että tarvittavat materiaalit sekä välineet ovat työmaalla suunnitelluilla paikoillaan. Raudoituspöytäkirjoista tulisi selvittää määrät, sijainnit, sallitut toleranssit sekä kiinnitys- että liitostavat. Raudoitustöiden yhteydessä asennetaan myös raudoituskorokkeet eli ”korput”, joilla raudoitukset saadaan asettumaan suunniteltujen suojabetonietäisyyksien mittoihin. (Ratu 0402 2012, 5–6.)

1960- ja 70-luvulla luultiin erheellisesti betonin suojaavan raudoituksia kaikissa olosuhteissa. On kuitenkin osoittautunut, että raudoitukset tarvitsevat olosuhteista riippuvan riittävän

suojabetonikerroksen, jotta raudoitukset eivät ala ruostumaan. Tätä ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Siinä betonin alkalisuuden suojaava vaikutus pienenee ajan saatossa ja raudoitteet eivät ole enää suojassa kosteudelta. Näin ollen ruostumisesta aiheutuu raudoitteiden tilavuuden laajeneminen, mikä saattaa johtaa betonin värjäytymiseen, halkeiluun ja lohkeiluun. (Kuva1.)(Betoniteollisuus ry; Suomen Betoniyhdistys ry.)



KUVA 1. Riittämättömän suojabetonietäisyyden aikaansaannos. (Kivelä 2022.)

Raudoitustöissä aiheutuvista ongelmista yksi suuri kompastuskivi on usein raudoitteiden suunnitteluratkaisut ja näistä mahdollisesti johtuvat virheet. Kun raudoitteet suunnitellaan mahdollisimman selkeiksi ja yksinkertaisiksi, voidaan tällä välttää, tai ainakin pienentää, korjaustoimenpiteistä aiheutuvia kuluja aikataulu-, kustannus- ja laatutavoitteisiin. Työnjohdolla tulee olla selkeä kuva siitä, kuinka raudoitukset ovat suunnitelmissa esitetty. (Ratu KI-6029 2017, 120–122.)

2.2.4 Betonointi

Betonirakenteet eivät tietenkään ole mitään ilman betonia. Betoni suunnitellaan täyttämään eri ympäristöolosuhteissa siihen kohdistuvat rasitukset. Lisäksi betonin tulee kestää kuormien aiheuttamat rasitukset koko sen käyttöiän ajan. Rakennesuunnittelija laskee betonin vaaditun lujuusluokan ja määrittää olosuhteiden aiheuttamat rasitukset. (Taulukko 3.) Työmaan tuotannonjohdon tehtäväksi jää oikeaoppisten työmenetelmien käyttö sekä laatuvaatimusten täyttäminen ja niiden raportointi. (Mantila & Petrov 2014.)

TAULUKKO 3. Betonin suunnittelussa määritettävien rasitusluokkien jako. (Rudus 2019.)

Rasitusluokkien jako

XO	ei korroosion tai syöpymisrasituksen riskiä
XC1...XC4	karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio
XD1...XD3	kloridien aiheuttama korroosio
XS1...XS3	merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio
XF1...XF4	jäätymis- / sulamisrasitus
XA1...XA3	kemiallinen rasitus



Betonointi työvaiheena tarkoittaa yksinkertaisuudessaan betonin valamista muotin sisään. Tehtävään on kuitenkin olemassa tiettyjä vaatimuksia ja sääntöjä. Jotta betonista saadaan oikeanlainen lopullinen rakenne tulee huomiota kiinnittää muutamiin seikkoihin:

- betonin valinta,
- valamiskaluston valinta,
- massan pudotuskorkeus,
- betonin tiivistäminen tärysauvalla,
- olosuhteet ja jälkihoito.

Betonin valinta suositellaan suorittamaan rakennesuunnittelijan, työmaan ja betonin toimittajan kanssa yhdessä. Työmaalla voidaan vaikuttaa lähinnä betonin kiviaineksen raekoon ja notkeuden valintaan. Tietyissä tilanteissa esimerkiksi raudoitusten tiheyden takia raekokoa joudutaan

muuttamaan, jotta betoni saadaan tiivistettyä oikein. Vuodenajasta ja halutun rakenteen muodosta riippuen myös betonin notkeutta saatetaan joutua muokkaamaan tilanteeseen sopivaksi. (Betoniteollisuus ry.)

Pudotuskorkeudella tarkoitetaan sitä korkeutta, mistä betoni valetaan muotteihin. Betonin maksimi pudotuskorkeus on 1,5 metriä, mutta se suositellaan valuttamaan mahdollisimman matalalta. Tällä pyritään estämään betonin kiviaineksen ja veden erottuminen massasta. Lisäksi korkea pudotuskorkeus voi aiheuttaa muotteihin liian suuren paineen. (Betoniteollisuus ry.)

Betonin tiivistäminen tapahtuu tärysauvalla. Tiivistysprosessi kuvataan nelivaiheisena ja nämä vaiheet ovat:

- tärysauvan valinta,
- tärytysvälin määrittäminen,
- valukerroksen paksuus,
- tärytysaika.

Oikeaoppisesti tiivistetty kovettunut betoni on tiivis ja yhtenäinen rakenne, missä ei ole rakoja tai aukkoja. Usein hankalimmat tiivistettävät paikat ovat raudoitusten vierukset sekä nurkat. Jotta näiltä sudenkuopilta vältyttäisiin, betonointi ja tiivistäminen tulee tehdä tarpeeksi matalina kerroksina. (Punkki ym. 2019.)

Jälkihoidolla tarkoitetaan betonin suojausta ja kastelua. Kovettuminen vaatii kosteutta ja erityisesti lämpimissä olosuhteissa betoni saattaa kuivua liian nopeasti. Kuivumista voidaan estää kastelemalla betonia tai peittämällä se muoveilla. Muovit estävät kosteuden haihtumisen sekä sen pääsyn betoniin. Jos betonointi tehdään ulkona, on vaarana vesisateiden aiheuttamat liian suuret kosteudet. (Betoniteollisuus ry.)

2.2.5 Kalusto ja työvälineet

Paikallavalettavien betonirakenteiden työmenetelmät ovat riippuvaisia betonoitavasta rakenteesta. Kuitenkin betonitöissä yleensä vaadittuja kalustoja ja työvälineitä ovat:

- muottijärjestelmät,
- nostokoneet,
- tärysauva,

- raudoituskoukku tai sidontakone,
- betonin kuljetus- ja pumppauskalusto,
- betonihierin betonipinnan viimeistelyyn.

Käytettävillä laitteilla ja koneilla tulee olla vaaditut määräaikaishuollot suoritettuna ja hyväksyttyinä.

Työn aikana tulee noudattaa laitteen valmistajan käyttöohjeita ja laitteiden turvallisuusominaisuuksia ei saa irrottaa/kytkeä pois. (Ratu 0403 2012, 13–14.)

Sopiva pumppauskalusto on hyvä miettiä yhdessä betonin toimittajan kanssa. Ennen pumppausta tilaajan ja toimittajan tulee tehdä yhdessä riskiarvio sekä täyttää pystytyspöytäkirja. Pumppauskalusto tulee olla sellaisessa sijainnissa, missä maaperä on todettu tarpeeksi kestäväksi, kuljettajalla on esteetön näkyvyys koko työalueelle, pumppauskalustolla ei ole vaaraa osua esimerkiksi sähkölinjoihin ja työmaan muut toiminnot eivät häiriidy. (Suomen Betoniyhdistys ry.)

2.2.6 Olosuhteet

Olosuhdehallinnalla tarkoitetaan niin ulko- kuin sisätiloissa tehtäviä toimenpiteitä, joilla pyritään varmistamaan rakennusmääräyksiin asetetut vaatimukset. Sisätiloissa olosuhteiden hallinta on huomattavasti helpompaa kuin ulkona. Ulkona tapahtuvalle rakentamiselle on olemassa toimenpiteitä, joilla saadaan aikaiseksi halutut olosuhteet, mutta nämä voivat olla hyvin kalliita ratkaisuja. Vesikattosaneerauksen voi tehdä taivasalla erilaisia suojausmenetelmiä käyttäen, mutta jos halutaan varmistua siitä, ettei rakennukseen aiheudu kosteusvaurioita, tulisi tällaiset saneeraukset tehdä sääsuojassa. Tämä voi olla merkittävä kuluerä kokonaiskustannuksiin. (Myller.)

Työnjohdon on tärkeää seurata ja tarkkailla sääolosuhteita rakentamisen aikana ja tulevia tehtäviä suunniteltaessa. Vaikka sääennusteet ovat juuri ennusteita, eivätkä tarkkaa tiedettä, antavat ne kuitenkin osviittaa tulevien hetkien olosuhteista. Sääolosuhteet vaikuttavat suurimmin rakennusmateriaaleihin ja niiden laatuun, jos suojaus on puutteellinen varastoinnin aikana. Kun työmaalle tuodaan rakennusmateriaaleja eikä niitä voida säilyttää sisätiloissa, tulisi ne suojata sateelta ja auringolta asennushetkeen asti. (Myller.)

2.3 Laatu ja laadunvarmistustoimenpiteet

Laatua voidaan tarkastella eri näkökannoilta. Joillekin laatu tarkoittaa suunnitelmien seuraamista ja niissä pysymistä, toisille laatu voi olla pelkästään lopputuotteen virheettömyys. Kuitenkin yleisesti ajatellaan laadun olevan monen tekijän summa. Laatu voidaan jakaa esimerkiksi suunnittelun, valmistuksen, ympäristökeskeisyyden ja asiakkaan havaitseman laadun pohjalta. Yrityksen toiminta voi myös olla laadukasta. Toiminnan laadulla tarkoitetaan, vastaako yrityksen sisäinen kulttuuri ja toimintatavat asiakkaan ja sidosryhmien asettamia odotuksia. Tällaiset tekijät ovat suoraan oleellisia asioita muun muassa yrityksen kilpailukyvyn kehittämisessä. (Ratu KI-6029 2017, 7–8.)

Rakennusallalla laadunvarmistusjärjestelmät ovat yksi osa yrityksen toimintajärjestelmää. Rakentamisen laatu on yhtä lailla jaettavissa osiin. Näissä on hyvinkin samankaltaisia piirteitä yleisen laatukäsityksen kanssa, koska rakentamisen laatu osiin jaettuna on: suunnittelun, tuotannon, asiakkaan ja ympäristön laatu. Suunnittelun laadulla tarkoitetaan suunnitelmien vastaavuutta tilaajan määrittämiin tarpeisiin ja odotuksiin. Koska kaikkia tilaajan vaatimuksia ja tarpeita ei ole aina mahdollista toteuttaa, tulee suunnittelussa pyrkiä kuitenkin vastaamaan pääosin näihin. Suunnitelmien tulee olla siis toteutuskelpoisia ja tarkkoja, jotta työmaan tuotanto ei kärsi. (Ratu KI-6029 2017, 11.)

Tuotannon laatu on osaltaan jaettavissa osiin. Nämä osat ovat: aikataulu- ja kustannustavoitteissa pysyminen, työn turvallinen toteuttaminen sekä rakennetun kokonaisuuden tai osan vastaavuus suunnitelmiin. Tilaaja odottaa suunnitelmien pohjalta tietynlaista kokonaisuutta ja tuotannon tulee vastata näihin odotuksiin. Tuotannon on siis tärkeä ylläpitää hyvää yhteistyötä niin tilaajan, suunnittelijoiden kuin muidenkin sidosryhmien kesken. Tällä vastataan asiakaskeskeiseen laatuun. Ympäristökeskeinen laatu vastaa yhteiskunnan ja toimintaympäristön asettamiin vaatimuksiin. On esimerkiksi olemassa asetettuja vaatimuksia rakennusten ja rakennustöiden aiheuttamien päästöjen osalta. (Ratu KI-6029 2017, 13.)

2.4 Betonirakennustöiden laadunvarmistus

Betonirakentamisessa tulee varmistaa töiden laatuvaatimusten täyttäminen. Sopimusasiakirjoissa tulee löytyä asetetut vaatimukset ja urakoitsijan on seurattava näitä määräyksiä. Lisäksi paikallavalettujen betonirakenteiden tulee täyttää tietyt mittatarkkuusvaatimukset (Taulukko 4.). Tilaaja voi vaatia urakoitsijaa täyttämään tietyn luokan mittatarkkuuden betonirakenteissa ja näistä tulee tehdä laadunvarmistusdokumentteja kuten betonointipöytäkirja. Betoniset rakenteet eivät ole usein silmin nähtävissä, joten näistä dokumenteista voidaan jälkikäteen tarkastaa, onko laatuvaatimuksia noudatettu. (Ratu KI-6029 2017, 114–116.)

TAULUKKO 4. Paikallavalettujen betonirakenteiden mittatarkkuusvaatimuksia. (Ratu KI-6029 2017, 118.)

	kellariseinät ja liukuvalu	normaaliluokka	erikoisluokka
Korkeus (H)	± 15 mm	± 10 mm	± 8 mm
Pituus (L)	± 15 mm tai L/350 ¹⁾	± 10 mm tai L/750 ¹⁾	± 8 mm tai L/500 ¹⁾
Paksuus (b)	± 10 mm ²⁾	± 8 mm ³⁾	± 5 mm
Sivun käyryys			
– seinä (a)	± 15 mm	± 10 mm	± 5 mm
– ovi ja ikkuna (a ₁)	± 8 mm	± 5 mm	± 5 mm
Aukot, joka suunnasta			
– mitat h ja l	- 5, + 15 mm	- 5, + 15 mm	- 5, + 15 mm
– mitat e	± 20 mm	± 15 mm	± 10 mm
– kulmien sijainnin ero e ₁ - e ₂	15 mm	10 mm	10 mm
Seinän käyristymä ⁴⁾ (d) tai poikkeama pystysuorasta (p)	L/200	L/300	L/400
Sivusijainti (S)	± 20 mm	± 15 mm	± 10 mm
Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä (s)	± 15 mm	± 10 mm	± 5 mm
Vapaa väli (V)	± 20 mm	± 15 mm	± 10 mm
Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liityttäessä (K)	± 15 mm	± 10 mm	± 5 mm

Yleensä käytetään normaaliluokkaa. Erikoisluokka voidaan valita ulkonäöllisesti vaativiin kohteisiin, joissa mittatarkkuudella on tärkeä merkitys. Mittatarkkuusluokka mainitaan suunnitelmissa tai sopimusasiakirjoissa.

¹⁾ Lukuarvoista käytetään suurempaa.

²⁾ Alle 200 mm paksuisissa 1-rakenneluokan kantavissa seinissä toleranssit ovat -5 mm ja +10 mm.

³⁾ Alle 200 mm paksuisissa 1-rakenneluokan kantavissa seinissä toleranssit ovat -5 mm ja +8 mm.

⁴⁾ Muille kuin betonipintaisille seinille määritellään pintamateriaalin vaikutuksen huomioon ottava arvo.

Työmaalla tulee tehdä säännöllisiä mittauksia ja tarkastuksia, jotta halutuissa laatutavoitteissa pysytään. Näitä tehdään yleensä ennen työvaihetta, sen aikana sekä työvaiheen jälkeen. Erityisesti betonisten rakenteiden valmistuksessa nämä vaiheet ovat selkeästi nähtävissä. Ennen betonointia tuotannonjohdon tulee tarkistaa ulkoilman olosuhteet sekä muottien ja raudoitustöiden mittatarkkuus. Betonoinnin aikana tulee varmistaa oikeaoppiset työmenetelmät kuten betonin pudotuskorkeus sekä riittävä täryytysaika ja betonoinnin jälkeen tulee varmistaa olosuhteista

riippuvaiset betonin jälkihoitomenetelmät. Lisäksi muottien purkaminen saadaan toteuttaa vasta kun betoni on saavuttanut vähintään 60 % nimellislujuudesta. (Ratu KI-6029 2017, 117.)

Raudoituksista tehdään mallityö, jonka rakennuttaja, suunnittelija ja urakoitsija käyvät katselmoimassa. Mallityö tehdään niin laaja-alaisesti, että sen perusteella voidaan hyväksyä käytettävät materiaalit ja työmenetelmät. Työnjohdon tehtävänä on varmistaa, että raudoitukset täyttävät kaikki sopimusasiakirjoissa asetetut vaatimukset raudoitteiden sekä asennustyön osalta. Jos näissä on liian suuria poikkeamia, tulee ne korjata välittömästi. Raudoitusten sijaintien osalta on myös olemassa luokkakohtaiset sallitut mittatoleranssit (Taulukko 5.), joita tulee noudattaa. (Ratu 0402 2012, 18; Ratu KI-6029 2017, 121.)

TAULUKKO 5. Raudoituksen mittatoleranssit. (Ratu KI-6029, 122.)

Raudoituksen mittatoleranssit (by 47, luku 4.2.4.6) raudoitteen mitat	mittatarkkuusvaatimus	
	normaaliluokka	erikoisluokka
L < 500 mm	± 10 mm	± 5 mm
L = 500...1000 mm	± 15 mm	± 10 mm
L = 1000...2000 mm	± 20 mm	± 15 mm
L > 2000 mm	± 30 mm	± 20 mm
Ankkurointi-, jatkos-, tartuntapituudet		
ø ≤ 16 mm	- 20 mm	- 20 mm
ø > 16 mm	- 40 mm	- 40 mm

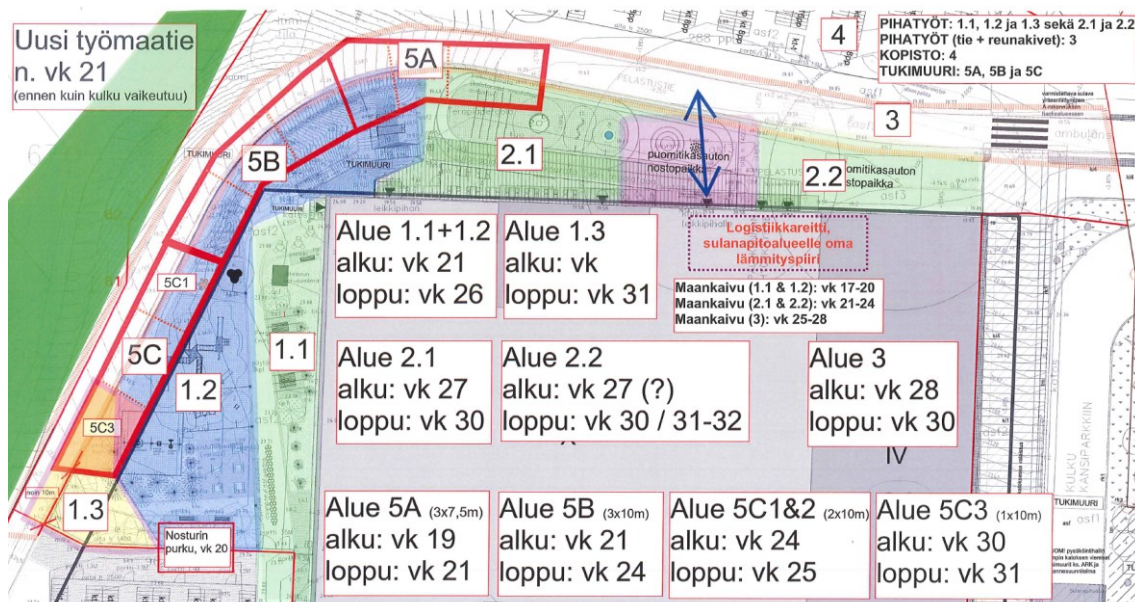
3 TUKIMUURIN TYÖMAATOTEUTUS OYS 2030-TYÖMAALLA

Luvuissa 3.1–3.8 käsitellään OYS 2030-työmaan tukimuurin rakentamiseen käytetyt menetelmät sekä toteutuksen kannalta merkittävimpiä aihealueita, joissa ongelmia esiintyi. Tehtävä aloitettiin tekemällä tehtäväsuunnitelma, joka käytiin työryhmän kanssa läpi aloituspalaverissa. Tässä yhteydessä käytiin myös läpi aikataulu, työn turvallisuussuunnitelma ja käytettävät menetelmät.

3.1 Aikataulu

Aikataulun hahmottamiseen käytettiin pohjakuva-vinjettiä, koska työtehtävät jakautuivat pieniin osiin alueittain. Pohjakuvaan merkittiin myös alueen muut pihatyöt, jolla pyrittiin ennaltaehkäisemään mahdolliset päällekkäisyydet sekä varmistamaan se, että molemmille työvaiheille on rauhoitettut ja toisistaan erilliset mestat. Kokonaisuudessaan työlle oli varattu aikaa kolme kuukautta. Aikataulusta poiketen työt päästiin aloittamaan viikkoa myöhemmin.

Tukimuurityöt jaettiin kolmeen lohkoon 5A, 5B, 5C. ja nämä jaettiin vielä liikuntasaumojen sekä porrastusvälien mukaan kolmeen itsenäiseen lohkoon 5C1, 5C2, 5C3 ja niin edelleen.



KUVA 2. Pohjakuva-vinjetti. (Saikkonen & Väisänen 2022.)

Käytännössä yhden päälohkon valmistumiseen jouduttiin kertaamaan 30 itsenäistä työvaihetta. Joitain työvaiheita voitiin aloittaa päällekkäin, kuten esimerkiksi anturamuottien purkaminen sekä tukimuurin muottien 1-pinnan asennus tai tukimuurin muottien 1-pinnan asennus ja tukimuurin raudoitustyöt. Erityisesti näiden vaiheiden aikana tuli kuitenkin varmistaa, että kaikkia työturvallisuustoimenpiteitä noudatettiin huolellisesti. Seuraavassa on kuvaus työvaiheista, jotka tuli toteuttaa yhden pienemmän lohkon valmistumiseksi.

1. Maankaivuu ja pohjatyöt
2. Anturan muottityöt
3. Anturan raudoitustyöt
4. Anturan betonointi
5. Anturamuottien purkaminen
6. Tukimuurin muottien 1-pinta sekä rimakuviointi
7. Tukimuurin raudoitustyöt
8. Tukimuurin muottien 2-pinta
9. Tukimuurin betonointi
10. Muottien purkaminen ja putsaus.

Koska työt toteutettiin kesäaikaan, kesä- ja heinäkuun aikana oli neljän viikon kesälomatauko. Vaikka tukimuuria ei saatu tehtyä ennalta määritettyyn pisteeseen saakka ennen kesälomia, ei muurin valmistuminen myöhästynyt lopussa kuitenkaan kuin viikon. Tässä auttoi lohkojen 5C1 ja 5C2 yhtäaikainen suoritus. Lohko 5C3 jouduttiin tekemään erillisenä osana, jotta naapurityömaan mobiilinosusturilla oli häiriötöntä tilaa mahdollisimman paljon.

3.2 Työryhmä ja menetelmät

Alkuperäisenä ajatuksena oli, että yksi työryhmä toteuttaa tukimuurin alusta loppuun, mutta muiden työtehtävien aikataululliset kiireet sekoittivat tämän suunnitelman. Tästä johtuen osa raudoitus- ja muottitöistä jouduttiin toteuttamaan aliurakoitsijoiden voimin. Alkuperäinen työryhmä koostui kolmesta työntekijästä, joista yksi oli vuokratyöntekijä. Jo ensimmäisen viikon jälkeen tähän tuli muutos, koska rakennusliikkeen omista työntekijöistä toinen joutui siirtymään muihin työtehtäviin. Työryhmän henkilöstömuutokset jarruttivat töitä oleellisesti, koska uusien työntekijöiden

perehdyttäminen työtehtäviin söi aikaa ja muita resursseja. Kuitenkin sopivan työryhmän ja rutiinin löydyttyä, työt alkoivat sujua sulavasti.

Työmenetelminä oli perinteiset paikallavalettavien betonirakenteiden menetelmät. Työt aloitettiin pihan pohjoispuolelta maarakennustöillä ja pohjan pinnan korko käytiin merkkäämassa mittaajan toimesta. Suunnitelmissa kuviin oli merkattu anturan pohjan pinta, mutta koska tukimuuri vaati 100 mm Finnfoam routaeristykseen tuli kuviin merkittyjen pohjien pinnasta vielä vähentää 100 mm.

Maarakennustöiden ja pohjien mittaamisen ja tiivistämisen jälkeen aloitettiin anturan muottityöt. Pohjalle levitettiin Finnfoam -routaeristys ja tämän päälle asennettiin kappaletavaramuotit routaeristykseen merkittyjen kulmapisteiden avulla. Muottien pohjalle asennettiin raudoituskorokkeiden varaan työraudat. Raudoituskorokkeilla varmistettiin tarvittava suojabetonietäisyys ja työrautojen avulla saatiin asennettua ensimmäiset rakenteelliset raudoitukset. Raudoitukset tuli asentaa pohjalta ylöspäin ja raudoituskuvista katsottiin, missä järjestyksessä nämä tuli tehdä. Raudoituskorokkeita tuli asentaa myös anturan sivuille, joilla varmistettiin näiden osien riittävä suojabetonietäisyys. Suojabetonietäisyys oli laskettu rakennesuunnittelijan toimesta. Viimeisenä raudoituksista asennettiin tartuntaraudat, joilla itse tukimuuri saadaan yhdistettyä anturaan.



KUVA 3. Anturan raudoituksia ja raudoituskorokkeita. (Kivelä 2022.)

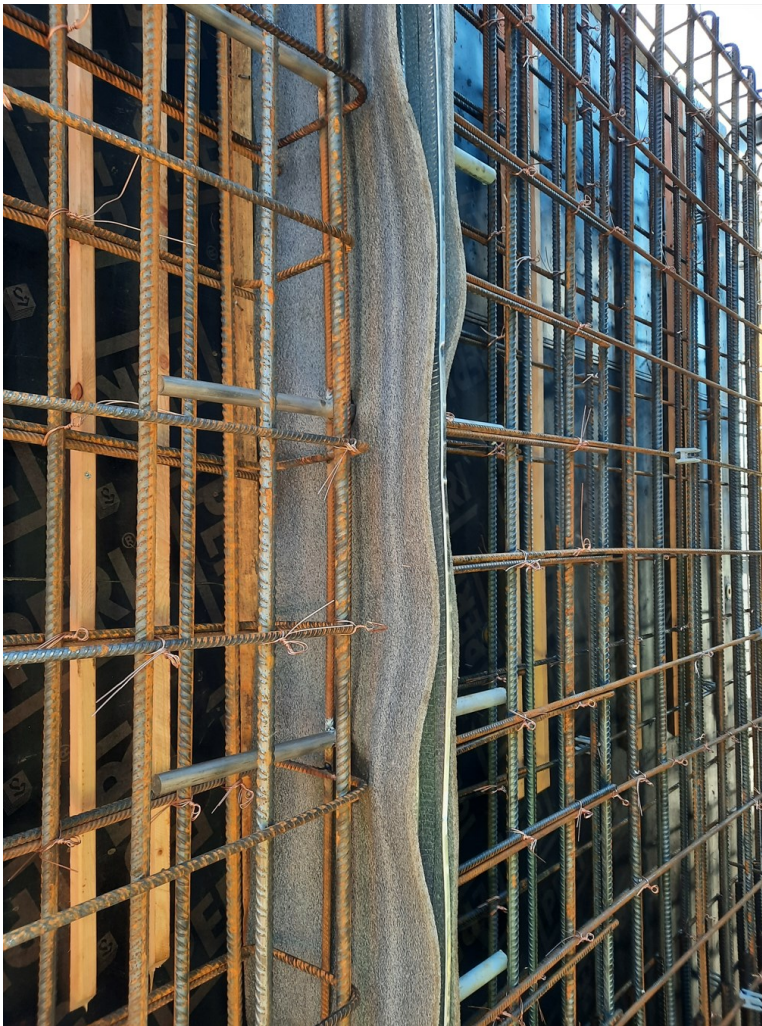
Raudoitustöiden jälkeen anturat valettiin betonilla. Betoni olisi hyvä tilata viimeistään vuorokausi ennen valutöitä. Ennen betonitilausta pumppauskoneistolle tuli tarkastaa sopiva paikka, jotta koneet osattiin ohjata jo tilausvaiheessa oikeaan paikkaan. Tässä vaiheessa tuli myös ottaa yhteys naapurityömaan logistiikkaosastoon, jotta osattiin ennakoida mahdolliset kuljetusten päällekkäisyydet. Pumppauskalustona käytettiin kuljetuspumppuautoa, koska valettavat rakenteet olivat suuruudeltaan pieniä ja työmaa-alue ahdas.



KUVA 4. Valettu antura ja routaeristys. (Kivelä 2022.)

Tämän työvaiheen jälkeen aloitettiin muottien 1-pinnan asennus. Mittaaja kävi merkitsemässä tukimuurin kulmapisteet moduulimitoittain, koska tukimuuri kaartaa miltei koko matkalta. Jokainen muotti siis kääntyi hiukan viereiseen muottiin verrattuna. Muotit asennettiin nostovälineen avulla paikoilleen ja tuettiin muottijärjestelmään kuuluvilla vinotuilla. Kun muottiparien ensimmäinen sivu oli asennettu, tuli näihin kiinnittää rimakuvioinnin toteuttavat rimat. Rimakuvioinnista kerrotaan enemmän luvussa 3.3. Rimojen kiinnityksen jälkeen asennettiin tukimuurin raudoitukset ja nämä aloitettiin kiinnittämällä pystyraudat jo olemassa oleviin tartuntarautoihin. Tämän jälkeen

asennettiin vaakaraudat, jotka aloitettiin 1-pintaa vasten tulevilla raudoituksilla työn helpottamiseksi. Vaakarautojen asentamisen jälkeen asennettiin vielä ylähakaset sekä liikuntasaumaraudat. Vaakarautojen asentamisen yhteydessä raudoituksiin liitettiin luonnollisesti myös raudoituskorokkeet. Raudoituskorokkeina käytettiin piikkipäisiä korokkeita, jotta nämä eivät näy valmiissa tukimuuripinnassa. Seuraavana vaiheessa oli muottiparin toisen pinnan asennus ja kiinnitys, valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kun muottiparit olivat paikoillaan kiinnitettynä ja tuettuina, voitiin betonointityöt suorittaa normaaliin tapaan.



KUVA 5. Liikuntasaumarakenne, tukimuurin rimakuviointia ja raudoituksia. (Kivelä 2022.)

Rakenteiden suunnitelmat

Rakennesuunnitelmissa tukimuurin rakenne oli jaettu kolmeen osaan, koska muuri on noin 80 metriä pitkä. Tästä saatiin pääjako myös aikatauluun. Rakennesuunnitelmiin perehdyttäessä kiinnitettiin huomiota erityisesti raudoitusten positioihin ja määriin. Raudoitukset oli tilattu rakennepiirustusten mukaan, joten jokaiselle raudalle oli olemassa tietty ennalta määritetty sijainti. Näiden kanssa luonnollisesti tuli haasteita, koska työmaa oli kaikin puolin ahdas ja osa raudoituksiin kiinnitetyistä positiolapuista meni rautoja siirrettäessä hukkaan. Rakennusliikkeellä oli lähellä toinen työmaa, jossa oli raudoituspiste, mistä saatiin tilattua pienempiä hukkaan menneitä raudoituksia. Suunnitelmat olivat osittain hieman vaikealukuisia juuri raudoitusten määrän ja vaihteluiden vuoksi. Myös anturan sijainti tukimuriin nähden vaihtui tietyssä sijainnissa, koska maamassoista aiheutuva paine vaihtoi puolta. Tämä auttoi onneksi osaltaan logistiikkaväylän sujuvoittamisessa, koska puolen vaihtaminen tapahtui juuri ennen ambulanssitien kaarretta eli ahtainta kohtaa väylässä.

Suunnitelmiin oli merkitty routaeristys jatkumaan anturan reunoilta noin 1 000 mm yli. Tämä tarkoitti kaivannon leveyden kasvamista. Kaivinkonekuskilla oli ehdotus, millä kaivantoa voisi kaventaa. Jos routaeristys nostetaan anturan pohjalta suoraan anturan sivuja myöten ylös ja jatketaan tästä puolet vaadittavasta 1 000 mm:n ylityksestä, tulisi eristyksen toimia yhtä hyvin kuin alkuperäinen suunnitelma. Tätä ehdotettiin rakennesuunnittelijalle, joka hyväksyi ehdotuksen. Näin ollen kaivanto saatiin kavennettua, mikä auttoi entisestään logistiikkaväylän kanssa.

Suunnitelmiin oli myös piirretty tukimuurin tienpuoleiselle osuudelle tehtävä rimakuviointi. Arkkitehti oli tehnyt suunnitelmat rimojen sijainneille, mutta työmaan tehtäväksi jäi suunnitella tämän toteutus. Kuvioinnin syvyydeksi ja leveydeksi oli merkitty noin 20 mm ja rimojen kuviointi toistui muottien moduulimittojen mukaan eli joka 2 400 mm:n välein. Rimoina kokeiltiin kahta eri materiaalia. Ensimmäisenä rimat tehtiin 20 mm paksusta höylätystä laudasta, joka leikattiin 20 mm leveiksi rimoin. Ensimmäisen tukimuuriosan tekemisen aikana rimat öljyttiin muottipintojen öljyämisen yhteydessä kerran. Kertaalleen öljyminen ei ollut kuitenkaan riittävä menetelmä, sillä muotteja irrottaessa rimat olivat jääneet hyvin tiukasti betoniin kiinni. Seuraavalla osalla rimat öljyttiin useampaan kertaan, mutta puurimat jäivät silti kovettuneeseen betoniin jumiin.

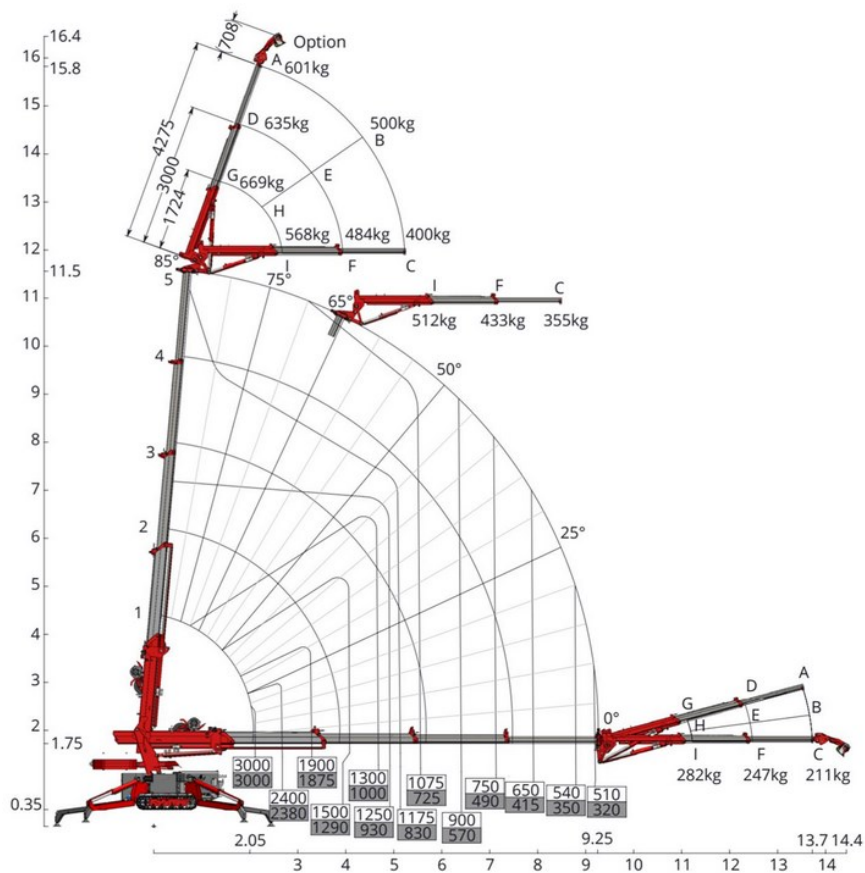


KUVA 6. Betonipintaan jumittuneita puurimoja. (Kivelä 2022.)

Toisena materiaalina rimakuviointia kokeiltiin tehdä muovisilla rimoilla. Tähän valittiin ABS-levyistä leikattuja rimoja. ABS on styreenimuovi, jonka iskulujuus ja kemiallinen kestävyys on huomattavasti parempia kuin polystyreenin. Nämä rimat irtosivat betonista helpommin, mutta uudeksi haasteeksi koitui rimojen vääntely. Koska työt tehtiin kesän kuumimpaan aikaan, mustat muovirimat alkoivat auringon säteilyssä vääntyä mutkalle. Opastin työryhmää kiinnittämään rimat tiheämmällä jaolla kiinni, mutta kiireistä johtuen osaa rimoista ei keretty oikomaan. Tästä aiheutui myöhemmässä vaiheessa lisäkustannuksia, koska valmis betonipinta jouduttiin paikkaamaan ja leikkaamaan uudet kuviot timanttisahalla. Jäljellä olevat rimakuviointit toteutettiin loppuun puurimojen avulla.

3.3 Nostokoneet ja välineet

Alussa muottiosille nostokoneena kokeiltiin Hoeflon C6 -mininosturia. Tämän kanssa vaikeuksia oli alusta asti. Teoreettiset nostamisen painorajat eivät riittäneet alkuunkaan, sillä painavin muottijärjestelmän osa oli noin 365 kg ja nosturin kuvauksessa tällaisen painon olisi tullut nousta reilun kahdeksan metrin etäisyydeltä. Vaikka nosturi oli lähempänä kuin kahdeksan metriä muottiosasta, nostorajat tulivat vastaan.



KUVA 7. Hoeflon C6 –mininosturin painorajakartta. (Storent Oy 2022.)

Lisäksi mininosturin ajamisen ja siirtämisen kanssa oli ongelmia. Koska nosturia jouduttiin käyttämään epätasaisella ja hiekkaisella alustalla, sen käyttäminen osoittautui kohtalokkaaksi. Toinen teloista oli kulunut jo nosturin tullessa työmaalle ja hiekan päästessä telan ja rattaiden väliin tämä tela rikkoutui. Näistä syistä johtuen nosturi päätettiin palauttaa ja käyttää tilalla muita vuokrattavia nostokoneita, kuten kuormausnostureita.



KUVA 8. Mininosturin rikkoutunut tela. (Kivelä 2022.)

3.4 Muottikalusto

Suuren koon sekä kaarevan muodon vuoksi itse tukimuuri vaati mittavat anturat. Nämä anturat olivat käytännöllisistä syistä suositeltava tehdä kappaletavaramuotteilla. Anturoiden korkeus vaihteli 400 mm:stä 600 mm:iin ja tilatut vanerit olivat mitoiltaan 1 200 mm x 1 200 mm. Yhdestä vanerista saatiin leikattua siis kätevästi 600 mm leveitä kappaleita. Kappaletavaramuotteja pystyi käyttämään useampaan kertaan ja niitä voitiin tarvittaessa korjata. Anturoiden muodot myös vaihtelivat. Joissain anturoissa oli useampi kuin neljä kulmaa ja yleisesti ottaen jokainen sivu oli eri mittainen. Kappaletavaramuottien työstettävyyden ansiosta nämä seikat eivät haitanneet. Lisäksi anturat porrastavat liikuntasauvojen kohdalla, eli anturoiden toisessa päässä on kiilamainen muoto, millä korkotasot saatiin muutettua. Näihin kohtiin tarvittiin alapäästä viistoon leikattuja muottiosia.



KUVA 9. Esimerkki viistoon leikatusta muottiosasta. (Kivelä 2022.)

Tukimuuriosat toteutettiin PERI:n muottijärjestelmällä. Muottijärjestelmän etuna oli (oikean nostokaluston löydyttyä) helppo ja nopea asennus. Valmistajalta saatiin valmiit muottisuunnitelmat, mutta näistä jouduttiin hieman poikkeamaan. Muoteista jää valmiiseen betonipintaan näkyviä saumoja ja mahdollisia muottien paikkausjälkiä, joten muottijärjestystä säädettiin piilottamaan tällaisia kohtia.

Tukimuurirakenteen kaareva muoto, anturoiden porrastus ja anturoiden pituuden vaihtelu aiheuttivat valitulle muottijärjestelmälle yhden selkeän haasteen. Kaarevan muodon takia kaarteeseen sisempi seinäpinta on pituudeltaan lyhyempi kuin ulompi pinta. Tästä johtuen vastakkaisten muottipintojen sidepulttien reiät eivät osuneet täysin kohdakkain. Lisäksi anturoiden porrastus ja rakennussuunta (matalimmasta päästä korkeimpaan päähän) yhdessä kaarevan muodon kanssa muodostivat ongelmaksi sen, että seinämuottiosat tuli lähteä asentamaan porrastavan anturan ”kyljestä”. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että porrastava antura tuli betonoida, ennen kuin edeltävän anturan seinäosat pystytettiin aloittamaan. Toinen huomautettava asia muottijärjestelmiä

käytettäessä oli sidepulteista jäävät reiät kovettuneeseen betonipintaan, jotka piti jälkikäteen paikata.

3.5 Olosuhteet

Olosuhteet olivat onneksi tukimuurin rakentamisen ajan suuremmalti osin hyvät. Kesäaikana täytyi varautua kuitenkin vesisateisiin, kuumiin lämpötiloihin ja koviin tuuliin. Oikealla varustautumisella ja ennakkoinnilla nämäkin haastavat olosuhteet saatiin kuriin.

Työvaiheista betonointi oli ainoa osa, jossa vesisade ja lämpimät päivät aiheuttivat lisätoimenpiteitä. Anturoita valettaessa vesisateita ei sattuneet kohdalle, mutta tukimuuriosien betonoinnin aikana näin kävi muutaman kerran. Tämä ongelma oli helppo taltuttaa suojamuoveilla, jotka asennettiin betonipinnan hiertämisen jälkeen muottiparien yläpinnan päälle. Tukimuurityön ajanjakson aikana kesäkuun viimeinen viikko, oli koko kesän kuumimpia. Työt olivat erittäin haastavia tänä aikana. Tukimuuri sattui kuitenkin sijaitsemaan rakennukseen nähden siten, että aurinko ei päässyt paistamaan suoraan työpisteeseen muuten, kuin iltapäivällä. Tästä syystä työt aloitettiin normaalia aikaisemmin. Tänä aikana kastelimme betonipintaa betonointitöiden jälkeen, jotta se ei kuivuisi liian nopeasti, eikä aiheuttaisi halkeiluja.

3.6 Logistiikka ja naapurityömaa

Tukimuurityöt aloitettiin rakennuksen pohjoispuolelta, koska naapurityömaalle kulkeva logistinen väylä sijoittui läntiselle sivulle, jonne tukimuuri kaartuu ambulanssitietä myöten. Logistiikkaväylä tuli olla avoinna ja ajettavissa koko tukimuurin rakentamisen ajan. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan väylälle olisi ollut tarvetta vain tukimuuritöiden aloittamisajankohdasta noin 1–2 kuukautta eteenpäin. Jos logistiikkaväylä olisi saatu sulkea muita konsultoimatta, olisivat työt sujuneet huomattavasti helpommin. Väylä kuitenkin jouduttiin pitämään auki koko muurin rakentamisen ajan.

Työt tehtiin kaivannossa, mikä aiheutti tiettyjä lisätoimenpiteitä, jotta työt pystyttiin suorittamaan turvallisesti. Koska kaivanto sijaitsi käytännössä keskellä aiempaa logistiikkaväylää, tuli kaivannon reunoilla olla raskassuuoja-aidat kriittisillä alueilla. Nämä eivät estä suuria raskasajoneuvoja tippumasta kaivantoon, mutta ne olivat huomauttamassa kuljettajia varovaisuuteen.

3.7 Laadunvarmistustoimenpiteet

Rakennusliike käytti laadunvarmistukseen normaaleja betonointitöissä käytettäviä dokumentteja. Ennen työvaiheen aloitusta tuli tehdä betonointityösuunnitelma, jossa käydään läpi mm. käytettävät betonointimenetelmät, tarkastusmenettelyt, muottityöjärjestelmä, raudoitukset ja metalliosat ja vastaanottotarkastukset. Jokaisesta betonoinnista tuli tehdä betonointipöytäkirja, johon merkitään tilatun betonin ominaisuudet, betonointi- ja tiivistämiskalusto ja jälkihoitomenettelyt. Muottien purkulujuus tuli tarkistaa tähän tarkoitettu ohjelmistolta. Kaikkinensa betonityöt dokumentoitiin hyvin tarkasti jo työn suunnitteluvaiheesta lähtien.

Työmaalla käytettiin Congrid -ohjelmistoa osana laadunvarmistustoimenpiteitä. Ohjelmistoon tehtiin työvaiheelle pohja, johon lisättiin kuvia mm. raudoitusten ja muottien mittatoleransseista (Kuva 10). Tällä tavoin piiloon jäävistä osista voidaan jälkikäteen tarkastaa, onko rakenteet tehty suunnitelmien mukaisesti. Alla olevassa kuvassa näkyy anturan raudoitteista otettu kuva, joka on lisätty Congridiin. Kyseisten raudoitteiden jako oli K150, josta huomataan näiden olevan toleranssien sisällä.



KUVA 10. Anturan pohjalle jäävien raudoitteiden mittaustarkastus. (Kivelä 2022.)

4 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tunnistaa mahdollisia korjausehdotuksia käytettyihin menetelmiin ja suunnitelmiin. Työn kuluessa ja lopullisen muurin valmistuttua tällaisia tuli useita. Ensimmäisenä mieleeni tulee nostokalustovaikkeudet. Mininosturi olisi ollut kätevä nostoväline, mutta sen olisi tullut olla raskaampaa mallia. Tätä vaihtoehtoa pohdittiin työn aikana, mutta valitettavasti järeämpää mallia ei ollut työn suorituksen aikana saatavilla. Lisäksi yritimme toimia kyseisen koneen kanssa liian kauan. Jos mininosturi olisi toiminut toivotulla tavalla, olisi se varmasti säästänyt kustannuksissa, mutta käytetyllä menettelyllä se luultavasti tuli nostamaan niitä.

Toisekseen pohdin myös suunnitelmia ja niiden hankaluuksia, erityisesti raudoitusten osalta. Koska raudoitukset olivat tilattu suunnitelmien mukaan ja jokaiselle raudalle oli olemassa ennaltamääritetty positio, aikaa kului näiden löytämiseen. Koska kaikki raudoitukset oli tilattu kerralla, tulivat ne myös työmaalle yhtenä kuljetuksena. Tilausvaiheessa raudoitukset olisi pitänyt tilata paremmin ajoitettuna, eli ottaa raodat työmaalle rakennettavan osan mukaan. Mietin myös olisiko raudoituksia voinut toteuttaa osaltaan raudoitusverkkoina. Näillä olisimme säästäneet paljon aikaa ja kuluja raudoitustöissä. Suunnitelmien osalta toteutimme käytännössä kaivinkonekuljettajan ehdotuksen kapeammasta kaivannosta. Opin työn aikana sen, että kokeneita työntekijöitä on syytä kuunnella, sillä heillä voi olla ideoita ja ehdotuksia, jotka voivat helpottaa kaikkien osapuolien töitä.

Harjoitteluni alkaessa olin toiminut rakennusosalalla ainoastaan bitumieristäjänä ja bitumieristystöiden työjohtoharjoittelijana. Ennen harjoittelua minulla ei ollut kokemusta betonirakentamisesta. Otin kuitenkin nämä tehtävät vastaan avoimin ja innokkain mielin ja sain rakennusalan kokemusta, josta varmasti tulen hyötymään tulevaisuudessa.

Kesä oli hyvin opettavainen ja sain hyvän perusymmärryksen betonirakenteista, niiden työvaiheista ja -turvallisuudesta sekä siitä, millaisia laadunvarmistustoimenpiteitä tulee tehdä. Sain myös katsauksen allianssihankkeeseen ja siihen, miten tällaisissa hankkeissa toimitaan.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry 2022. Betonityypit. Hakupäivä 20.11.2022. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonityypit-ja-oikean-betonin-valinta/>.

Betoniteollisuus ry 2022. Betonointi. Hakupäivä 20.11.2022. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonityypit-ja-oikean-betonin-valinta/>.

Betoniteollisuus ry 2022. Jälkihoito. Hakupäivä 20.11.2022. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/>.

Betoniteollisuus ry 2022. Todellisia ja luultuja ongelmia. Hakupäivä 20.11.2022. <https://betoni.com/tietoa-betonista/ominaisuudet-ja-edut/ongelmia-ja-luuloja/>.

Kivitalo 2022. Muotit. Hakupäivä 28.9.2022. <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muotit/>.

Kivitalo 2022. Muottijärjestelmät. Hakupäivä 28.9.2022. <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottijarjestelmat/>.

Kivelä, Matias 2022. Valokuva. Oulu: Kivelä Matiaksen kokoelmat.

Koski, Hannu 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mantila, Ari & Petrow, Seppo 2014. Lattiabetonin valinta. Hakupäivä 20.11.2022. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1403_76-89.pdf

Myller, Veikko. Rakennustyömaan sääsuojaus ja olosuhdehallinta. Hakupäivä 20.11.2022. https://www.tts.fi/files/656/Esitys_BUS_2_Rakennustyomaan_saasuojaus_Veikko_Myller.pdf.

Punkki, Jouni, Ojala, Teemu, Petrow, Seppo, Vuorio, Max & Mantila, Ari 2019. Ohjeistus betonin tiivistämiseksi tärysauvalla. Hakupäivä 20.11.2022. https://betoni.com/wp-content/uploads/2019/05/BET1902_104-107.pdf.

Ratu 0402 2012. Raudoitus. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 0403 2012. Betonointi. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 1198-S 2002. Perustukset. Tehtäväsuunnittelu – aliurakka, työkauppa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu KI-6029 2017. Rakennustöiden laatu 2017. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu S-1228 2010. Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rantanen, Eeva, Harju, Mervi, Norokorpi, Loviisa & Uusitalo, Juha 2013. Vaara vaanii kaivannossa. Tutkimushanke kaivantojen turvallisuudesta. Helsinki: Liikennevirasto.

Saikkonen, Juha 2022. Työnjohtaja. NCC Suomi Oy. Keskustelu 10.7.2022.

Saikkonen, Juha & Väisänen, Janne 2022. Pohjakuva-vinjetti. Oulu: NCC Suomi Oy.

Storent Oy 2022. Kuvakaappaus. Hakupäivä 20.11.2022.
<https://www.storent.fi/fi/catalog/product/Hoeflon1C6>.

Suomen Betoniyhdistys ry 2022. Työturvallisuus betonitöissä. Hakupäivä 20.11.2022.
<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/tyoturvallisuus-betonitoissa.html>.

Suomen Betoniyhdistys ry 2022. Karbonatisoituminen. Hakupäivä 20.11.2022.
<https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/karbonisoituminen.html>.

Timonen-Nissi, Hannu 2019. Rasitusluokat. Rudus Betoniakatemia. Hakupäivä 20.11.2022.
<https://docplayer.fi/129004879-Rasitusluokat-rudus-betoniakatemia-hannu-timonen-nissi.html>.