



Vera Häyrinen

# Betonitöiden laadunvalvonta työ- maalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

21.1.2025

# Tiivistelmä

Tekijä: Vera Häyrinen  
Otsikko: Betonitöiden laadunvalvonta työmaalla  
Sivumäärä: 42 sivua  
Aika: 21.1.2025

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen  
Ohjaajat: Lehtori Juha Virtanen  
Työpäällikkö Kari Liimu

---

Opinnäytetyö suoritettiin yhteistyössä Peab Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys Peab Oy:n betonitöiden laadunvalvonnan toimenpiteistä paikalla valtuissa rakenteissa. Työ piti sisällään betonitöiden haastattelut, valmisbetonitehtaan Swerock Oy:n haastattelun ja kahden Peab Oy:n yksikön laadunvalvontatoimenpiteiden läpikäymisen. Selvityksen tarkoituksena oli löytää mahdollisia puutteita ja syyt näiden puuttumiselle. Opinnäytetyö tehtiin perehtymällä betonin laadunvalvonnan kirjallisuuteen ja vertaamalla sitä näillä kahdella eri työmaalla tapahtuvaan laadunvalvontaan.

Opinnäytetyö alkoi perehtymällä laadunvalvonnan teoriaan, jonka pohjalta aloitettiin tutkimaan työmaiden laadunvalvonnan sujumista. Ongelmien ilmetessä laadittiin haastattelukysymykset betonityönjohtajille ja valmisbetonitehtaalte, jotta ongelmien syyt selviäisi. Suurimmaksi ongelmaksi ilmeni betonityönjohtajien ajan puute, koska heillä oli betonitöiden lisäksi muitakin työvaiheita suoritettavana. Laatu- ja betonointisuunnitelman puutteellisuus ilmeni projektin aikana. Molemmat suunnitelmat ovat osa ennakkosuunnittelua.

Ennakkosuunnitteluun tulisi jatkossa käyttää enemmän aikaa. Betonityönjohtajien omalla ajanhallinnalla ja tietämyksellä on suuri vaikutus onnistuneeseen laadunvalvontaan.

Avainsanat: laadunvalvonta, betoni, betonointisuunnitelma, betonityönjohtaja

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Vera Häyrinen  
Title: Quality Control of Concrete Works on Construction Site  
Number of Pages: 42 pages  
Date: 21 January 2025

Degree: Bachelor of Construction Management  
Degree Programme: Construction Site Management  
Professional Major: Infrastructure Construction  
Supervisors: Kari Liimu, Site Manager  
Juha Virtanen, Senior Lecturer

---

The graduate study was carried out in collaboration with Peab Oy and the purpose was to investigate the quality control measures of Peab Oy's concrete works in cast-in-place structures. The study included interviews with concrete foreman, an interview with the ready-mix concrete plant Swerock Oy, and a review of the quality control measures at two Peab Oy units. The aim of the investigation was to identify possible deficiencies and the reasons for their absence. The thesis was conducted by studying the literature on concrete quality control and comparing it to the quality control practices at these two different construction sites.

The study began by familiarizing with the theory of quality control, which served as the basis for investigating the quality control processes at the construction sites. When issues arose, interview questions were created for the concrete foremen and the ready-mix concrete plant to clarify the causes of the problems. The most significant identified issue was the lack of time of concrete foremen, as they were responsible for other duties in addition to concrete works. Deficiencies in the quality and concreting plans became evident during the project. Both plans are part of the preliminary planning.

In the future, more time should be allocated for preliminary planning. The time management and knowledge of concrete foremen have a significant impact on the success of quality control.

Keywords: quality control, concrete, concreting plan, concrete foreman

# Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet	1
1.2	Tilajaorganisaatio	1
2	Betonitöiden laadunvalvonta	2
2.1	Betonityönjohtaja	2
2.2	Suunnitelmat/ Asiakirjat	2
2.2.1	Laatusuunnitelma	2
2.2.2	Betonityösuunnitelma	3
2.2.3	Betonointisuunnitelma	4
2.2.4	Talvibetonointisuunnitelma	5
2.3	Aloituskokous	6
2.4	Muotti- ja raudoitustarkastus	6
2.5	Betonin vastaanotto työmaalla	7
2.6	Valmisbetonin testaaminen työmaalla	7
2.6.1	Ilmamäärämittaus	7
2.6.2	Olosuhdekoekappale	8
2.6.3	Lujuudenseuranta	9
2.7	Betonointi	10
2.7.1	Vaakarakenne	10
2.7.2	Pystyrakenne	11
2.8	Jälkihoito	13
2.9	Jännitetty rakenne	14
2.9.1	Tartunnaton jänne	15
2.10	Valmiin rakenneosan testaus	15
2.10.1	Uuden tai rakenteilla olevan rakenneosan testaus	16
2.11	Työturvallisuus	17
2.11.1	Betonipumppu	17
3	Verkkosaaren pysäköintilaitos -hanke	18
3.1	Esivalmistelut betonityön osalta	19
3.1.1	Laatusuunnitelma holvin osalta	19
3.1.2	Betonityösuunnitelma ja betonointisuunnitelma	20
3.1.3	Holvin valusuunnittelupalaveri	21

3.1.4	Holvin muotti- ja raudoitustarkastus	22
3.2	Valupäivä	24
3.2.1	Aloitus	24
3.2.2	Holvin betonointi	25
3.2.3	Betonityönjohtajan työt valun aikana	29
3.2.4	Holvin betonointipöytäkirja	29
4	VTT-kohde	30
4.1	Laatusuunnitelma	31
4.2	Betonityösuunnitelma	31
4.3	Raudoitustarkastus	32
4.4	Hissikuilun seinävalu	32
4.4.1	Aloitus	32
4.4.2	Hissikuilun seinän betonointi	33
4.4.3	Betonityönjohtajan työt valun aikana	35
4.5	Betonointipöytäkirja	35
5	Betonityönjohtajien haastattelut	36
5.1	Haasteet ja virheet	36
5.2	Betonityönjohtajan tehtävät	37
5.3	Valmiskonitehtaan hyödyntäminen laadunvalvonnassa	37
5.4	Valmiin betonirakenteen testaus	37
6	Betonitehtaan haastattelu	38
7	Yhteenveto	38
7.1	Ennakkosuunnittelu	38
7.2	Valujen seuranta	39
7.3	Dokumentointi	39
7.4	Valmis rakenne	39
8	Pohdinta	40
	Lähteet	41

# 1 Johdanto

## 1.1 Tavoitteet

Opinnäytetyössä perehdytään betonitöiden laadun valvontaan työmaalla. Projektissa tutkitaan Peab Oy:n toimintatapoja betonitöiden laadunvalvonnan suhteen paikalla valettavissa rakenteissa. Opinnäytetyön prosessiin kuuluu kahden eri rakenneosan valun seuranta, jotka sijoittuvat kahdelle eri työmaalle. Yksi työmaista on Verkkosaaren pysäköintilaitos, jonka rakentaa Peab Oy:n asuinrakentamisen yksikkö. Pysäköintilaitoksessa käydään seuraamassa jännitettyä holvivalua. Toinen kohteista on VTT-hanke Peab Oy:n toimitilayksikön puolelta, jossa käydään seuraamassa hissikuilun seinän valua. Näiden kahden seurantakohteen osalta käydään läpi heidän ennakkosuunnittelunsa ennen valua, valun aikaiset työmenetelmät ja valun jälkeiset laadunvalvontatoimenpiteet.

Osana opinnäytetyötä suoritetaan kolmen betonityönjohtajan haastattelu. Haastattelun tarkoituksena on selvittää betonityönjohtajien näkemys laadunvalvonnan haasteista ja puutteista. Haastatteluissa selvitetään myös lopullisen betonirakenteen laadunvalvonnan toimenpiteet. Haastattelu suoritetaan myös valmisbetontehtaan Swerock Oy:n kanssa ja tällä pyritään selvittämään millaisia laadunvalvonnan toimenpiteitä heillä on tarjota työmaille.

## 1.2 Tilaajaorganisaatio

Peab on lähtöisin vuonna 1959 pienestä perheyriyksestä ja kasvanut siitä Pohjoismaiden suurimmaksi rakennusliikkeeksi. He rakentavat ja korjaavat asuntoja, toimitiloja ja infrastruktuuria. He tuottavat myös kiviaineksia ja betonia. Swerock kuuluu Peab-konserniin ja on yksi Pohjoismaiden suurimmista betonitoimittajista. Peab työllistää 14 000 henkeä, joista Suomessa työntekijöitä on 2000 henkilöä.

[1.]

## 2 Betonitöiden laadunvalvonta

Betonitöiden vaaditun laadun saavuttaminen edellyttää määräysten, standardien ja ohjeiden noudattamista sekä asianmukaisia laadunvarmistustoimenpiteitä ja dokumentointia. [2.]

Laadun täytyminen varmistetaan työmaan aikana toteutettavilla laadunvarmistustoimilla. Tavoitteena on estää virheiden syntyminen ja havaita mahdolliset poikkeamat varhaisessa vaiheessa, jotta ne voidaan korjata nopeasti ja minimoida niiden aiheuttamat haitat. Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan, että laatuvaatimukset ja muu tärkeä tieto kulkevat sujuvasti ja järjestelmällisesti eri osapuolten välillä. [2.]

### 2.1 Betonityönjohtaja

Betonirakenteiden valmistuksesta vastaa betonityönjohtaja, jolla täytyy olla rakenteiden ja toteutuksen vaatavuutta vastaava pätevyys. Tavanomaisessa, vaativassa tai poikkeuksellisen vaativassa luokassa pätevyyttä voi hakea ja sen myöntämisperusteena on rakennusalan teknillinen koulutus ja riittävä työkokemus betonitöiden tekemisestä. [3, s. 181.]

Betonoinnin aikana betonityönjohtajan tulee olla paikalla ja hänellä ei saa olla tuolloin muita työtehtäviä, jos poikkeuksellisen vaativan luokan omaava betonityönjohtaja joutuu poistumaan paikalta, tulee hänen tuuraajansa omata vähintään vaativan betonityönjohtajan pätevyudet. [4, s. 91.]

### 2.2 Suunnitelmat/ Asiakirjat

#### 2.2.1 Laatusuunnitelma

Ympäristöministeriön asetuksessa kantavista rakenteista (477/2014), 9§ Rakenteiden toteutuksen työsuunnitelmassa on esitetty työmaata koskevia vaatimuksia laatusuunnitelmaa koskien. [4, s. 109.]

Kirjallinen laatusuunnitelma pitää laatia, kun rakennuskohde kuuluu seuraamislukkiin CC2 tai CC3. Tämän mukaisesti laadunvalvonnan toimenpiteet tulee suorittaa ja dokumentoida. Laatusuunnitelmassa kerrotaan laadunvalvonnan toimintatapojen suoritus ja niiden dokumentointi. Laatusuunnitelmassa kuvataan hankeorganisaatio ja vastuuhenkilöt. Siinä kerrotaan toteuttajan osaaminen ja resurssien arviointi asetettujen vaatimuksien näkökulmasta. [4, s. 109.]

Kantavien rakenteiden laatusuunnitelma kuuluu osaksi koko rakennushankkeen laatusuunnitelmaa sekä toteutuksen työsuunnitelmaa. Hankkeen tilaajan on huolehdittava, että työmaatoteutuksen laatusuunnitelma tehdään hankekohtaisesti. Laatusuunnitelman tarpeellisuuden päättää paikallinen rakennusvalvonta. Ennen kantavien rakenteiden aloituskokousta laatusuunnitelma tulee yleensä esittää rakennusvalvonnalle. [4, s. 109.]

Kantavien rakenteiden laatusuunnitelman toteutuksen seuranta varten on nimetty pätevä asiantuntija, joka arvioi kantavien rakenteiden laatusuunnitelman sisällön ja antaa lausunnon. Hän valvoo, että laatusuunnitelmaa noudatetaan ja kirjaa toteutusta koskevat tarkastusmerkinnät tarkastusasiakirjaan ja yhteenvetolomakkeeseen. [4, s. 109.]

Työmaan laadunvarmistussuunnitelma pitää sisällään erilaisia dokumentteja ja toteutussuunnitelmia, joita ovat esimerkiksi

- rakenteiden suunnittelu ja toteutuksen perusteet
- betonityösuunnitelma ja betonointisuunnitelma
- valmisbetonitoimittajan varmennustodistus. [4, s. 109.]

### 2.2.2 Betonityösuunnitelma

Ennen betonitöiden aloittamista betonityönjohtaja laatii dokumentoidun betonityösuunnitelman koko työmaalla tehtäville betonitöille, jotka kuuluvat toteutusluokan 2 ja 3 rakenteisiin. Betonityösuunnitelma laaditaan tiiviissä

vuorovaikutuksessa rakennesuunnittelijan, muotti- ja tukitelinetoimittajan, betonitoimittajan sekä betonitöiden tekijöiden kanssa ja muiden työmaalla työskentelevien työnjohtajien kanssa. Betonityösuunnitelma pitää sisällään betonirakentamista koskevat yleiset betonitöiden toteutussuunnitelmat rakennushankekohtaisesti, jossa huomioidaan hankkeen laajuus, vaatimukset ja paikalliset olosuhteet. Suunnitelmaa voidaan tarvittaessa tarkentaa ja muuttaa enne kutakin betonoitavaa rakennetta. [5.]

### 2.2.3 Betonointisuunnitelma

Betonointisuunnitelma laaditaan toteutusluokkien 2 ja 3 kustakin betonointiosasta. Tämä täydentää koko rakennushankkeen betonityösuunnitelmaa ja toimivat liitteenä sitä mukaan, kun niitä tehdään. Suunnitelma laaditaan hyvissä ajoin ennen valujankohtaa. [6.]

Betonointisuunnitelma tulee käydä läpi betonointityötä tekevien työntekijöiden kanssa. Betonointisuunnitelma pitää sisällään seuraavat

- Valettavan rakenteen tunnistetiedot
- valmisbetonin toimittaja
- toimitus, purkutapa, toimitusaika, -nopeus ja -määrä.
- kalusto, valu- ja tiivistysmenettelyt
- jälkihoito- ja lämmönkäsittelytoimenpiteet.
- tarkastukset ennen betonointia
- laadunvarmistustoimenpiteet
- muut huomioon otettavat erityistoimenpiteet. [6.]

## 2.2.4 Talvibetonointisuunnitelma

Talvibetonoinniksi katsotaan sellaiset betonivalut, kun ulkoilman lämpötila laskee vuorokauden kuluessa alle +5 °C:n. Talvibetonoinnin vaativiin toimenpiteisiin tulee varautua tällöin. Betonin hydrataatio hidastuu merkittävästi kylmissä olosuhteissa, joka vaikuttaa rakentamisen aikatauluun. Jos betonointia joudutaan tekemään kylmässä säässä, on laadittava talvibetonointisuunnitelma. Talvibetonointisuunnitelman laatii betonityönjohtaja. [4, s. 106.]

Suunnitelman laatiminen aloitetaan selvittämällä kohteen lähtötiedot. Tarvittavia tietoja ovat esimerkiksi

- Rakenteiden vahvuudet ja betonoitava koko
- asetetut vaatimukset rakenteelle ja betonille
- muottikalusto
- työsaumat
- raudoitus
- lämmitys
- suojaus
- aikataulu
- yhteyshenkilöt. [3, s. 520.]

Tärkeää on huomioida betonipäivän sääennuste. Varmistetaan, että betonointi pystytään toteuttamaan kyseisenä päivänä. Sääennusteen perusteella mietitään suojaus ja lämmitys ennen betonointia, betonoinnin aikana ja betonoinnin jälkeen. [3, s.520.]

## 2.3 Aloituskokous

Talvibetonoinniksi katsotaan sellaiset betonivalut, kun ulkoilman lämpötila laskee vuorokauden kuluessa alle +5 °C:n. Talvibetonoinnin vaativiin toimenpiteisiin tulee varautua tällöin. Betonin hydrataatio hidastuu merkittävästi kylmissä olosuhteissa, joka vaikuttaa rakentamisen aikatauluun.

Aloituskokous järjestetään työmaalla ennen betonitöiden alkamista. Rakennushankkeen vaativuudella on merkitystä missä vaiheessa aloituskokous järjestetään, tavanomaisissa kohteissa se järjestetään 2–4 viikkoa ja vaativissa kohteissa se järjestetään 6–8 viikkoa ennen valuajankohtaa. Aloituskokouksessa tulee olla läsnä rakennushakkeeseen ryhtyvä tai hänen edustajansa, rakennustöiden valvoja, betonityönjohtaja, betonitehtaan edustaja, betonin siirrosta vastaavan edustaja, rakennesuunnittelija ja urakoitsijan työnjohtaja, joka vastaa valu töistä. Aloituskokouksia voidaan järjestää useampi riippuen kohteen vaativuudesta. [4, s. 92.]

Aloituskokouksessa käydään läpi kaikki betonitöihin vaikuttavat asiat mm, betonin ominaisuudet ja rasitusluokat, betonointimenetelmät, kuljetukset ja niiden vaikutukset betoniin, resurssit valupäivänä, ongelmatilanteisiin varautuminen, työmaalla ja tehtaalla tehtävät testit betonista, perehdytykset, betonin lujuuden kehityksen seuranta ja talvibetonoinnin vaatimukset. Aloituskokouksen sisältö perustuu rakennushankkeen vaativuuden ja laajuuden perusteella. [4, s. 92.]

## 2.4 Muotti- ja raudoitustarkastus

Muotti- ja raudoitustarkastus pidetään ennen valua, kun ne ovat valmistuneet. Siihen osallistuu pääurakoitsijan ja raudoitusurakoitsijan lisäksi rakennushankkeen rakennustöiden valvoja, rakennesuunnittelija ja betonityösuunnitelmassa hyväksytty henkilö. Betonityönjohtajan olisi hyvä osallistua myös

raudoitustarkastukseen, jotta voidaan ennakoida mahdolliset erikoistiivistysmenetelmät ja betonin vaatimukset. [4, s. 97.]

Tarkastuksessa käydään läpi tulevan rakenteen raudoitus. Mahdollisten puutteiden ilmetessä, ne tulee korjata ennen betonivalua. Laadunvarmistuksen kannalta raudoitustarkastus on oleellinen osa. Tarkastuksesta tehdään kirjallinen dokumentti. [4, s. 97]

## 2.5 Betonin vastaanotto työmaalla

Ennen valupäivää on valmisbetonin toimittajalle ilmoitettava turvallinen ajo reitti työmaalle. Suunnitelmissa on käytävä ilmi ajoreitti, purkupaikka ja kaluston pesupaikka. [4, s. 106.] Betonin tilaaja vastaa siitä, että ajoreitit ja kuorman purkupaikat ovat ajokelpoisia, riittävän kantavia ja riittävän tilavia. [7.]

Betonimassan saapuessa työmaalle pyörintäsäilöautolla tulee vastaanottajan tarkastaa kuormakirjasta, että betonimassa vastaa tilattua. [4, s. 106.] Rahtikirjasta ilmenee betonin lujuusluokat, toimituksen määrät ja lisäainemerkinnät. Betonitehtaalle tulee ilmoittaa mahdollisista virheistä ja puutteista välittömästi. Tilaaja tai tilaajan edustaja kuittaa toimituksen vastaanotetuksi. [7.]

## 2.6 Valmisbetonin testaaminen työmaalla

Työmaalla suoritettavat betonin testaukset ja näytteenotot ilmoitetaan toteutusasiakirjoissa, jotka tulee sisältyä laatusuunnitelmaan. Henkilöllä, joka suorittaa testaukset tulee olla riittävä asiantuntemus ja kokemus kyseisten testausten suorittamisesta [4, s. 111.]

### 2.6.1 Ilmamäärämittaus

Ennen kuin betoni levitetään muottiin, tulee lisähuokostetuille betoneille tehdä ilmamäärämittaus valupaikalla. Ilmamäärätestauksessa yksittäiset mittaustulokset saavat alittaa tavoiteilmamäärän enintään 1% ja ylittää tavoiteilmamäärän

korkeintaan 2,5%. Betoniannoksesta määritetään puristuslujuus kahdella laadunvalvonnan ylimääräisellä koekappaleella tai se tulee hylätä, jos ilmamäärä ylittyy 2,5%. Tässä tapauksessa ilmamäärä tulee myös mitata seuraavasta lisähuokotetusta betoniannoksesta. Enemmän kuin 5% ylittyessä, betoniannos hylätään aina. Rakennesuunnittelija määrittelee kokeiden määrän rasitusluokittain. Rasitusluokissa XF1 ja XF3 rakennesuunnittelija määrittää korkeimmin kuormitetun pystyrakenteet ja vaakarakenteiden ilmamäärämittausten määrä. Rasitusluokissa XF2 ja XF4 ilmamäärämittaus tehdään kolmesta ensimmäisestä kuormasta ja tämän jälkeen joka neljännessä, jos tulokset ovat hyväksyttäviä. [4, s. 111.]

Ilmamäärää voidaan mitata kolmella eri menetelmällä. Nämä menetelmät ovat manuaalinen painemenetelmä, AVA-ilmamäärämittari tai betonisekoittimeen asennutetulla jatkuvatoimisella mittauslaitteella. Paineilmamenetelmässä laborantti täyttää astian betonilla. Täyttäminen tapahtuu yhdessä tai useammassa erässä, riippuen betonin ominaisuuksista. Betonin tiivistämisellä on tarkoitus poistaa tiivistysilmahuukoiset. Astian täyttäessä tulisi välttää ylitäyttöä, siitä ei saisi viimeisen tiivistämisen jälkeen poistaa betonia. IT-betonin testauksessa astia täytetään kokonaan ja tiivistämistä ei suoriteta. Kun täytöt ja tiivistyksen on tehty, reuna puhdistetaan, jotta kansi saadaan tiiviisti paikalleen. Kannen ja astian välitila täytetään vedellä kannen sivuilla olevista venttiileistä. Paineastiaan pumpataan painetta, kunnes mittaviisari on aloitusviivalla. Koe toteutetaan painamalla testinappulaa, jolloin paine vapautuu kannesta astiaan. Vesi toimii väliaineena, joka jakaa paineen tasaisesti betoniin. Paine puristaa betonia, jolloin betonissa oleva ilma tiivistyy ja purkautuu mittauspisteen kautta. Kannen päällä olevasta mittarista nähdään poistuneen ilman määrä prosentteina. [8.]

## 2.6.2 Olosuhdekoekappale

Työmaalla valettavia olosuhdekoekappaleita hyödynnetään lujuudenkehityksen arviointiin. Säilytys tapahtuu yleensä valetun rakenteen lähistöllä. Tämä mahdollistaa lujuuden kehityksen arvioimisen työmaaolosuhteissa ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi jännityshetken tai muotinpurkulujuuden saavuttamisen arviointiin. Työmaankoekappaleita ei tule sekoittaa olosuhdekoekappaleisiin.

Olosuhdekoekappaleita ei saa käyttää betonin laadunvarmistukseen, koska niiden säilytyslämpötilat ja -olosuhteet poikkeavat lujuuden määrittämistä koskevien standardien vaatimuksista. [9.]

Vaikka olosuhdekoekappaleiden tarkoitus on simuloida muotissa kovettuvan rakenteen lujuudenkehitystä, niiden olosuhteet eroavat todellisen valun olosuhteista. Betonin kovettumisessa syntyy lämpöä, minkä vuoksi isompi betonimassa rakenteessa saavuttaa nopeammin lujuuden verrattuna olosuhdekoekappaleeseen. Tarkempia tietoja betonin lujuudenkehityksestä voidaan saada mittaamalla ja seuraamalla betonin lämpötilan muutoksia. [9.]

Työmaalla valettavat olosuhdekoekappaleet eivät täytä vaatimuksia lujuuden osoittamiseksi, mutta niitä voidaan käyttää vain lujuudenkehityksen arvioimiseen jännittämis- tai muotinpurkuajankohdan määrittämisessä. [9.]

### 2.6.3 Lujuudenseuranta

Betonirakenteen lujuutta pitää arvioida aina ensisijaisesti betonista mitattujen lämpötilojen pohjalta. Lujuudenkehityksen arviointiin on käytössä tietokonesovelluksia, joilla lujuudenkehitystä voidaan arvioida etukäteen tai laskea määrättyllä hetkellä rakenteesta mitattujen lämpötilojen avulla. Lujuus voidaan arvioida lämpötilatietojen perusteella myös käsin laskennalla, esimerkiksi Sadgroven kaavan avulla tai eurokoodeissa esitetyllä arviointimenetelmällä. [10.]

Lämpötilamittaus suoritetaan yleensä rakenteeseen asennettujen termoparilankojen (NiCr-Ni) ja automaattisen tallentimen, eli dataloggerin, avulla. Esimerkiksi yhteen Teston dataloggeriin voidaan liittää tavallisesti 2–4 termolankaa, jolloin mittauksia voidaan tehdä useista erillisistä mittapisteistä. Dataloggeri näyttää reaaliaikaiset lämpötilat näytöltä ja tallentaa mittaustiedot muistiinsa. [10.]

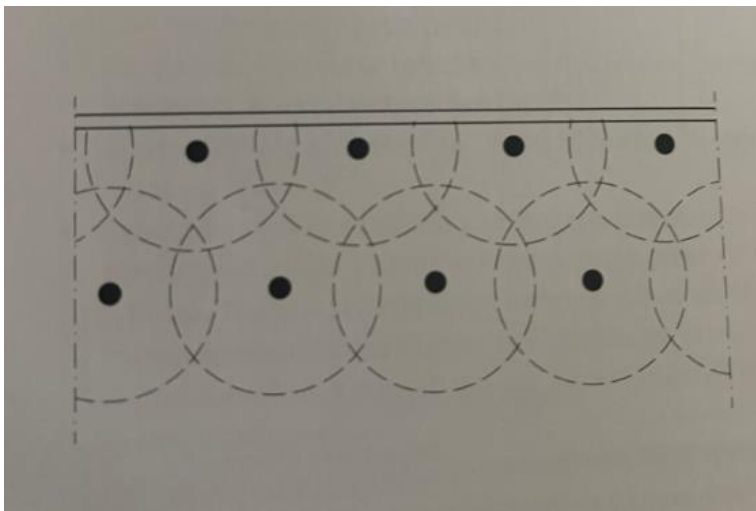
## 2.7 Betonointi

Betonoinnin aikana valvotaan muotin liikkeitä ja muodonmuutoksia sekä toteutetaan tarvittavat toimenpiteet vahinkojen estämiseksi. [11.]

### 2.7.1 Vaakarakenne

Paksujen betonilaattojen valu aloitetaan yhdestä laidasta ja edetään kaista kerrollaan. Betonin pudotuskorkeus tulee olla alle 0,5 m , ja sen annetaan levitä edellisen kaistan viereen. [4, s.98.] Jos laatta on paksumpi kuin 300–400 mm, betonointi tehdään kerroksittain. Uusi kerros valetaan, kun edellinen kerros on saavuttanut 5–10 metrin matkan. Betonointinopeus ja massan kovettumisaika vaikuttavat siihen, kuinka kaukana kerrokset voivat olla toisistaan. Tarvittaessa käytetään hidastettua betonia. [12.]

Betoni tiivistetään pääsääntöisesti sauvatäryttimillä. [4, s. 98.] Tiivistämisen täytyy olla tarkkaa ja suunniteltua. Se tulee suorittaa noin 300 mm x 300 mm alueissa tiivistyskaluston vaikutusalueen mukaan. Kuvassa 1 esimerkkinä kuinka tiheässä ja suunnitelmallisesti tärytintä tulee käyttää betonimassaan. Ottorintama ei saa alittaa 0,5 m etäisyyttä tärytyksestä. Massaa ei saa siirtää täryttimen avulla. Tärytin on pidettävä pystysuorana ja se täytyy upottaa edelliseen valukerrokseen vähintään 100 mm paksuimmissa laatoissa ja palkeissa. Pitää huomioida myös, että tiivistysmassaa ei saa ylitäryttää. [4, s. 102.] Valun paksuus tarkistetaan laserilla, koetinteräksellä tai korkolautojen avulla. [12.]



Kuva 1 Vaakarakenteen tiivistäminen [4, s. 102.]

Raakavaluissa betonin pinta tasoitetaan oikolaudalla tai pitkällä hiertimellä. Hierttäminen aloitetaan kauimpana olevasta kohdasta, ja kuivuneet alueet hierretään ensin. Lattiapintojen viimeistelyssä käytetään hiertokoneita. [4, s. 98.]

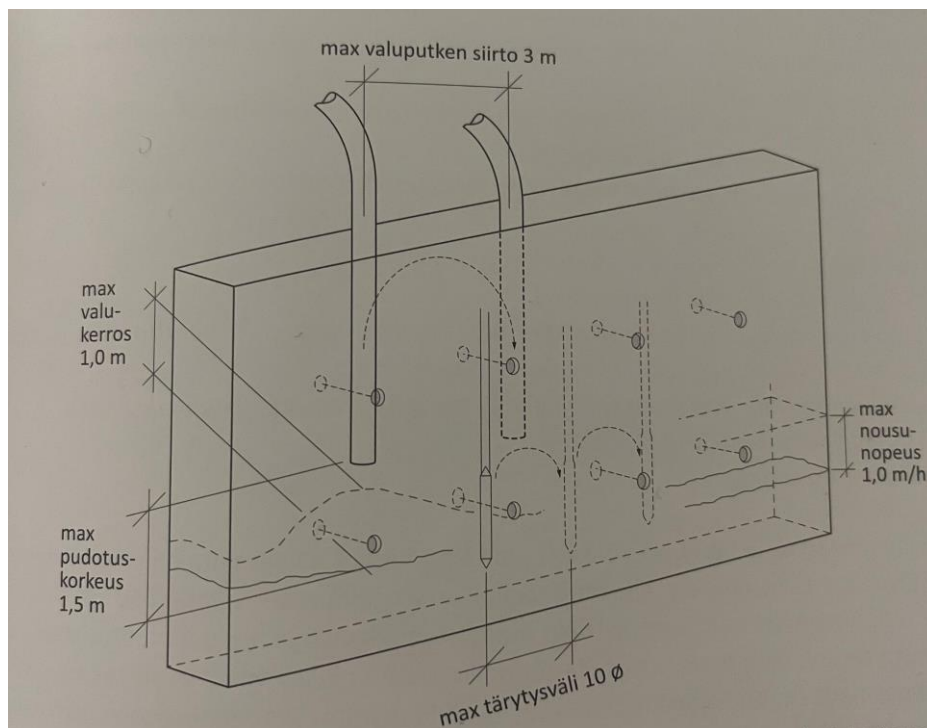
Betonin jälkihoidolla varmistetaan, että se kovettuu oikein, eli säilyy kosteana ja oikeassa lämpötilassa sekä suojataan ulkoisilta haitoilta, kuten sateelta ja auringonpaisteelta. [4, s. 98.]

### 2.7.2 Pystyrakenne

Ahtaissa pystyrakenteissa, esimerkiksi seinä-, pilari- ja seinämäisten palkkimuotien betonimassan siirtäminen muottiin järjestetään tavallisesti valusukkien, -suppiloiden tai -putkien avulla. Yleensä tärytys pyritään tekemään ylhäältä päin, mutta tiheän raudoituksen tai valussa olevien varusteiden takia sitä ei voida aina toteuttaa, joten on mahdollista myös tehdä muottiin 1,0 m – 1,5 m välein tärytysaukkoja. Seinämäisessä rakenteessa on myös mahdollista tuplata muottia valun aikana. [3, s. 338.]

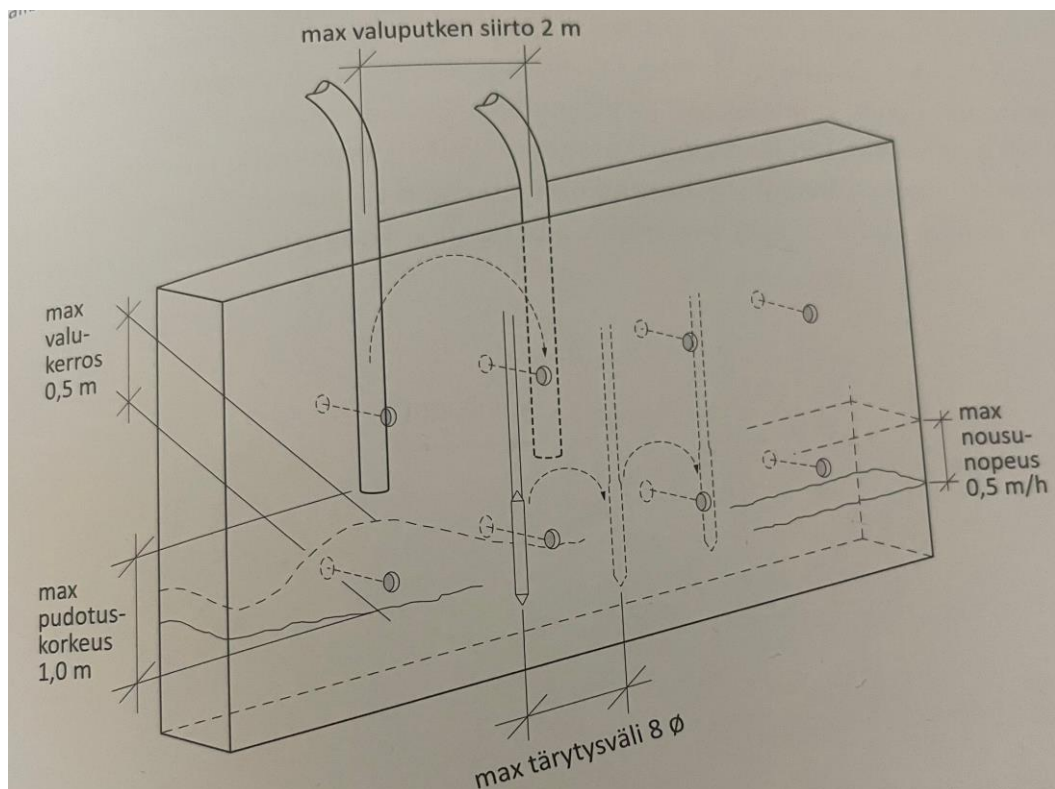
Betoni siirretään muottiin yleensä 300 mm – 500 mm kerroksina ja tiivistämiseen käytetään sauvatärytintä. Sauvatäryttimen ohella voidaan hyödyntää muottitärytintä, jos valettava muotti on ahdas tai siinä on paljon varusteita. Tällöin

muottisuunnitelmassa tulee olla mainittuna muottitärhtimen käyttö. Pinnan laatuvaatimuksen tai rakenteen ympäristöolosuhteiden mukaan määräytyy seinien, pilarien ja seinämäisten palkkien valun ja tiivistyksen vaativuus. Kuvissa 2 ja 3 näytetään valu- ja tiivistysohjeita eri rasitusluokissa.



Kuva 2 X0 ja XC1 rasitusluokassa olevan seinämäisen rakenteen valu- ja tiivistysohje normaalilla betonilla valaessa. [3, s. 339.]

Rasitusluokissa X0 ja XC1 valuputkea siirretään enintään 3,0 m kerrallaan ja pudotuskorkeuden tulee olla enintään 1,5 m. Nousunopeus eli miten paljon betonimassaa valetaan kerralla 1,0 m/h ja valukerros saa olla enintään 1,0 m. Rasitusluokissa XC2, XC3, XC3, XS, XD, XF ja XA pitää huomioida, että valuputkea siirretään enintään 2,0 m kerrallaan. Pudotuskorkeus on enintään 1,0 m. Nousunopeus näissä rasitusluokissa on enintään 0,5 m/h ja valukerros enintään 0,5 m. Tärytysväli saa olla enintään 8 tai 10 kertaa täryttimen halkaisija rasitusluokan mukaan. [3, s. 339.]



Kuva 3 Rasitusluokissa XC2, XC3, XC3, XS, XD, XF ja XA olevien seinien valuja tiivistysohje normaalibetonilla valaessa. [3, s. 339.]

## 2.8 Jälkihoito

Jälkihoito rakennusprosessissa tarkoittaa oikeiden kosteus- ja lämpötilaolosuhteiden varmistamista sekä betonin suojaamista ulkoisilta vaikutuksilta kovettumisen alkuvaiheessa. Sen tavoitteena on luoda olosuhteet, joissa betonirakenne kovettuu suunnitellusti, saavuttaen halutun lopullisen lujuuden ja muut tekniset vaatimukset. [13.]

Jälkihoidon pääasiallinen tarkoitus on estää betonin pinnan liian nopea kuivuminen ja taata hydrataatioprosessin jatkuminen oikeissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa. Jälkihoidolla pyritään myös estämään suurten lämpötilaerojen syntyminen betonin sisä- ja ulkopintojen välille kovettumisen aikana sekä suojaamaan betonia talvella nopealta jäähtymiseltä tai jäätymiseltä. [13.]

Jälkihoidon yksi tavoitteista on myös suojata avoimia betonipintoja mekaanisilta rasituksilta ja likaantumiselta. Suojausmenetelminä käytetään muun muassa muotteja, muovikalvoja, ruiskutettavia jälkihoitoaineita sekä tiiviitä lämmöneristeitä ja peitteitä. Jälkihoitoon kuuluu myös betonirakenteen suojaaminen sään vaihteluilta, kuten sateelta, tuulelta, auringonpaisteelta, virtaavalta vedeltä, kylmyydeltä ja tärinältä. Lisäksi varmistetaan veden haihtumisen estäminen ja rakenteen kosteana pitäminen. Tärkeää on myös huolehtia siitä, että betoni kovettuu oikeassa lämpötilassa, jotta saavutetaan halutut rakenteelliset ominaisuudet. [13.]

## 2.9 Jännitetty rakenne

Rakenteiden jännityksessä periaate perustuu samaan kuin esimerkiksi jousipysyssä, sateenvarjon toiminnassa sekä tennismailan jousituksen ideassa. Betonirakentamisessa jännitystä voidaan hyödyntää, kun halutaan pidemmät jännevälit tai kapeammat rakenteet, taloudellisista syistä, mahdollisen halkeilun rajoittaminen tai poistaminen, muutoksien pienentäminen, vetojännityksen poistaminen tai rajoittaminen tai jos halutaan pienentää lämpöjännitystä tai dynaamista rasitusta. [3, s. 381.]

Betonin lujuusluokan on oltava vähintään C30/37. Jänniteraudoitus on erityisen herkkä suoloille. Jännitettyjen rakenteiden betonissa ei saa käyttää klorideja sisältäviä lisäaineita eikä merivettä. Betonille tehdään tarvittavat kelpoisuus- ja laadunvalvontakokeet. [3, s. 383.] Jännitettyt rakenteet ovat usein toteutusluokan 3 rakenteita. Työmaalla vastaavan betonityönjohtajan tulee omata tehtävän vaatimukset täyttävä pätevyys, ja hänen tulee olla perehtynyt käytettävään jännittämismenetelmään. Työmaalla on oltava kirjallinen jännitystyösuunnitelma. [14.]

Betonin jälkihoidossa kiinnitetään erityistä huomiota haitallisten jännitysten estämiseen, joita voivat aiheuttaa lämpötilan epätasainen jakautuminen ja veden haihtuminen. [3, s. 383.]

Jännittämisajankohta määritetään yleensä seuraamalla betonin lujuudenkehitystä rakenteeseen asennetuilla antureilla. Joissain tapauksissa lujuus voidaan määrittää laskelmilla, koekappaleilla, kimmovasaralla tai muilla vastaavilla menetelmillä. [3, s. 383.]

### 2.9.1 Tartunnaton jänne

Jänne on tartunnaton, eli niin kutsuttu rasvajänne. Seitsemänlangalliset jänteet on suojattu rasvakerroksella ja tartunnan estävällä muovikuorella. Jänteet asennetaan suoraan valuun ilman erillisiä suojaputkia, jännitetään betonin kovettuttua noin 200 kN:n voimaan ja kiilataan ankkurointia varten. Rasvakerroksen ansiosta kitka on vähäinen, ja se suojaa jänteet myös korroosiolta. [3, s. 382.]

### 2.10 Valmiin rakenneosan testaus

Valmiin betonirakenneosan lujuuden tarkastamiseen on useimmiten syynä jompikumpi seuraavista:

1. Pitkään käytössä olleesta betonirakenteesta tarvitaan tieto sen puristuslujuudesta, eikä sen betonista tai sen ominaisuuksista ole riittävästi tietoa saatavilla.
2. Kun epäillään rakenteilla olevan tai uuden rakenneosan betonointitöiden suorituksessa tapahtuneen puutteita tai työmaalla on tapahtunut jotain poikkeavaa. [15, s. 87.]

Näiden kahden eri tapauksen tutkimusmenetelmissä on eroja, siksi on tärkeää huomioida, että kaikilla osapuolilla on selkeä yhteinen käsitys, kummasta on kyse. Ominaispuristuslujuutta arvioidaan tapauksessa 1. ja suunnitelmien mukaan betonin lujuusluokkaa arvioidaan tapauksessa 2. [15, s. 87.]

### 2.10.1 Uuden tai rakenteilla olevan rakenneosan testaus

Standardin SFS- EN 13791 luvun 9 mukaisella menettelyllä voidaan arvioida uuden tai rakenteilla olevan betonirakenteen puristuslujuuden vaatimuksenmukaisuutta, kun epäillään sen täyttymistä. Epäilyksen syynä voi olla betonitöiden ohessa tapahtuvat virheet, jotka vaikuttavat laatuun. Veden lisääminen betoniin ilman betonitehtaan lupaa, poikkeuksen pitkät viiveet valussa, puutteellinen tai liiallinen tiivistäminen ja muottien liiallinen taipuminen valun yhteydessä ovat epäilyksen syitä. Muita syitä ovat työmaan poikkeukselliset tapahtumat, kuten tulipalo tai koepalan teossa, käsittelyssä, säilytyksessä tai testauksessa ei ole seurattu ohjeita ja standardeja. [15, s. 88.]

Uuden tai rakenteilla olevan rakenneosan testaaminen voidaan suorittaa kahdella eri tavalla: kimmovasaralla tai porakappaleella. Testauksen ja näytteenoton tekijältä vaaditaan kokemusta ja riittävää pätevyyttä tehtävästä. [15, s. 88–89.]

Kimmoasaralla suositellaan aloittaa betonin lujuuden testaus rakenteilla olevasta rakenteesta. Kimmoasara toimii siten, että jousella viritetty vasara laukaitaan osumaan betonin pintaan. Laite mittaa vasaran kimmahduksesta takaisin kulkeman matkan, ja tämän perusteella voidaan arvioida betonin puristuslujuus kimmovasaran ilmoittamien lukemien avulla. Kimmoasaramenettelyä ei voida suositella, jos karbonatisoitumissyvyys ylittää 5 mm, betonirakenne on jäässä, rappeutuneeseen betonipintaan, tulipalossa vahingoittuneeseen betonipintaan, muottipinnassa on käytetty muottikangasta tai pinnassa on pintakövetinta. [15, s. 91.]

Rakennekoekappalemenetelmässä koekappaleet porataan uudesta tai rakenteilla olevasta rakenneosasta satunnaisperiaatetta noudattaen. Koekappaleet ovat yleensä halkaisijaltaan 100 mm lieriöitä. Koekappaleet irrotetaan rakenteesta siihen tarkoitetuilla välineillä ja menetelmillä. Tämän jälkeen koepalat toimitetaan huolellisesti pakattuina testauspaikkaan, joka valmistaa koekappaleet, säilyttää ja testaa ne. [3, s. 204.]

## 2.11 Työturvallisuus

Normaalien työturvallisuustoimenpiteiden lisäksi on muistettava, että betoni ärsyttää ihoa, koska on emäksinen aine. Betonointityöntekijöiden on tunnettava betonin käsittelyyn ja siirtomenetelmiin liittyvät vaaratekijät. Betonin väärin käsittely saattaa johtaa vakaviin kemiallisiin palovammoihin, joten on tärkeää noudattaa betonin turvallista käsittelytapaa. Kemialliset palovammat voivat syntyä vaatteiden läpi ilman kipuaistimista. Vedenpitäviä suojahanskoja, ihoa suojaavia paitoja ja housuja, kumisaappaita, joissa varvas- ja naulaanastumissuojaus ja polvisuojaimia tai vettä läpäisemätön matto täytyy huomioida normaalien suojaruusteiden lisäksi, kun ollaan betonin kanssa tekemisissä. [3, s. 328.]

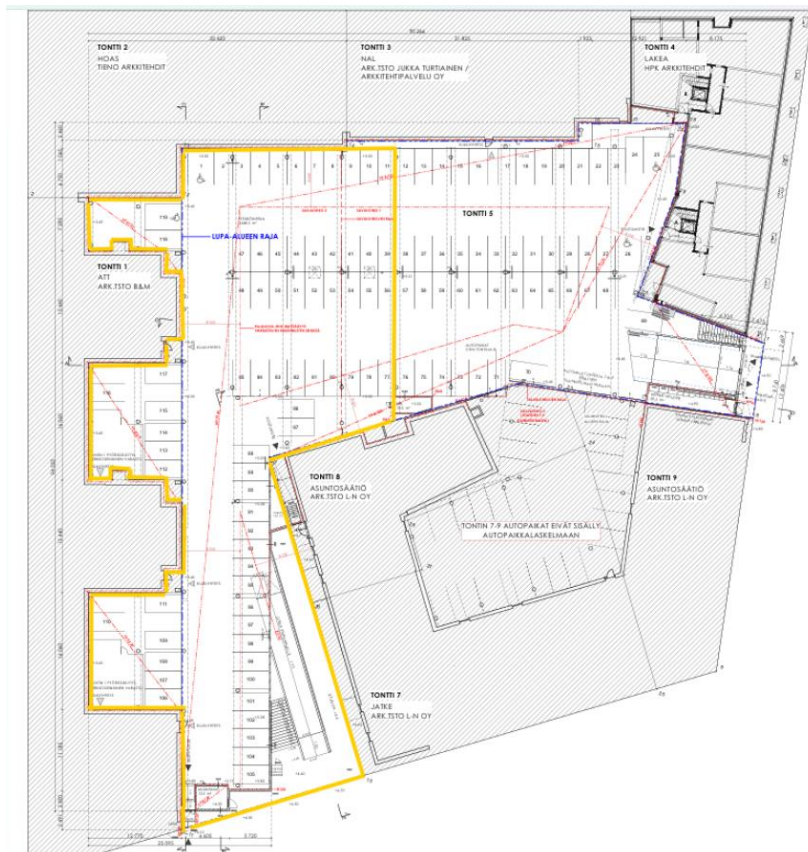
### 2.11.1 Betonipumppu

Betonipumpun pystytyksessä on huomioitava sen pystytysalustan kantokyky ja alueen on oltava riittävän suuri. Betonipumpun mahdollinen kaatuminen turvataan aukaisemalla tukijalat riittävästi ja hyvin kantavalla alustalla. Pystytyksestä tulee tehdä pystytyspöytäkirjan. Ennen pumpun pystyttämistä on huomioita, että on esteetön näkyvyys koko työalueelle, esteetön pääsy hätäpysähtymispaikalle, tukijalkojen riittävä avaus, maapohjan kantavuus, kaltevuus, tasaisuus ja reunat sekä on huomioitava puomin liikuttamista vaikeuttavat esteet. [3, s. 329.]

Betonipumpun letkussa on todella suuri paine ja letkun räjähtäessä lentävä betoni voi aiheuttaa hengenvaaran, vakavia vammoja sekä materiaalivahinkoja. Puomilla pumpatessa päätyletkussa ei saa olla metallisia jatkopäitä, koska mahdollisen tukoksen tullessa se voi iskeytyä betonointityöntekijään. [3, s. 329.]

Pumpun kumiletkut ovat teräsvahvisteisia, mutta ne kuluvat käytössä ja ulkoiset vauriot lisäävät letkun rikkoutumisvaaraa. Letkujen yliajaminen koneilla vahingoittaa letkujen kudoksia. Nopea paineen nousu letkun tukkeutuessa voi aiheuttaa räjähdysten, joka voi olla letkun vieressä työskenteleville hengenvaarallinen. [3, s. 331.]

### 3 Verkkosaaren pysäköintilaitos -hanke



Kuva 4 Pysäköintilaitoksen urakkarajat. [16.]

Verkkosaaren pysäköintilaitos sijaitsee nimensä mukaisesti Helsingin Verkkosaarella. Pysäköintilaitos -hanke on jaettu kahden urakoitsijan kesken: Jatke Oy:n ja Peab Oy:n. Peab Oy:n asuinrakennusyksikkö rakentaa pysäköintihalli. Kuvassa 4 nähdään pysäköintilaitoksen kokonaisuus nimellä tontti 5 ja Peab Oy:n urakka merkitty keltaisella. Kokonaisuudessaan pysäköintilaitos on yhdessä kerroksessa ja siihen on varattu autopaikkoja 119 kappaletta. Pysäköintilaitoksen pinta-ala on noin 3300 m<sup>2</sup>. Kohteen kaikki rakenteet ovat paikallavaluja. Taulukosta 1. näemme holvivalun betonin tekniset tiedot. Kaikki rakenteeseen jäävät materiaalit on hyväksytetty suunnittelijalla.

Taulukko 1. Holvin betonin tekniset tiedot ja määrä

Betonin lujuus	C35/45
Rasitusluokka	XC1, XC3, XF1
Notkeus	S4
Raekoko	16#
Lisäaineet	Notkistin, huokostin
Toteutusluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	100 vuotta
Betonin määrä	203,5 m <sup>3</sup>

### 3.1 Esivalmistelut betonityön osalta

#### 3.1.1 Laatusuunnitelma holvin osalta

Pysäköintilaitos -hankkeelle on luotu kantavien rakenteiden toteutuksen laatusuunnitelma. Suunnitelma pitää sisällään rakennushankkeen yleiset tiedot, rakennuttajan tiedot ja työmaan organisaation. Paikallavalurakenteiden laatutarkastukset luetellaan laatusuunnitelmassa. Tarkastuksille määritellään vastuuhenkilö, joka on vastaavamestari ja hyväksyjänä rakennesuunnittelija. Erikseen mainitaan, että hankkeessa tullaan tekemään Peab Oy:n laadunvarmistusmatriisissa sekä riskianalyyseissa määritetyt tarkastukset. Holvivalun osalta nämä tuenta- ja raudoitustarkastus valualueittain.

Laatusuunnitelmaa täydentäviä suunnitelmia ovat betonointisuunnitelma ja raudoitus suunnitelmat. Suunnitelmassa mainitaan, että betonointityösuunnitelma tulee hyväksyttävä rakennesuunnittelijalla ennen töiden aloitusta. Laatusuunnitelma on hyväksytetty tilaajalla tai hänen edustajallaan.

### 3.1.2 Betonityösuunnitelma ja betonointisuunnitelma

Betonityösuunnitelman laati hankkeelle tuotantoinisinööri, jonka tarkasti betonityönjohtaja ja vastaava työnjohtaja. Betonityösuunnitelmassa käydään läpi seuraavat asiat:

- Betonointimenetelmä
- betonilaadut
- tarkastusmenettely ennen valua
- betonitöiden tekijät
- muottityöjärjestelmä
- raudoitus- ja metalliosat
- erityismenetelmät
- varautuminen häiriöihin
- vastaanottotarkastukset
- muut huomiot

Betonityösuunnitelmassa on erikseen mainittu, että jokaisesta valutapahtumasta laaditaan betonointipöytäkirja, jonka liitteeksi liitetään betonikuormakirjat.

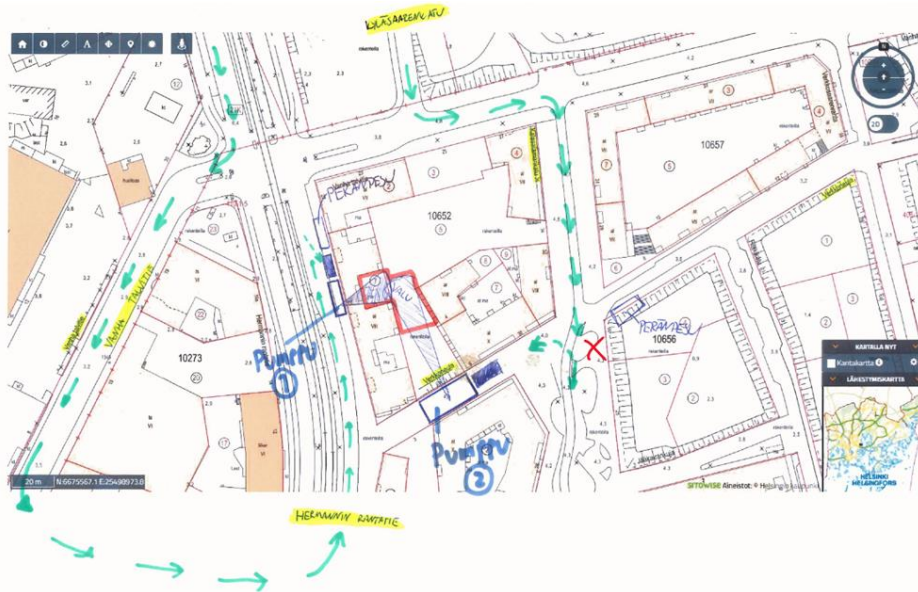
Holvin valukohtaista betonointityösuunnitelmaa ei tehty. Betonityönjohtaja koki tämän toistavan betonointipöytäkirjan asioita. Betonityösuunnitelman tekeminen on määritelty laatusuunnitelmassa.

### 3.1.3 Holvin valusuunnittelupalaveri

Holvivalut on jaettu kolmeen lohkoon. Ensimmäisen lohkon osalta pidettiin suunnittelupalaveri. Tätä palaveria hyödynnettiin myös lohkon 2 valussa. Paikalla oli Peabin puolelta betonityönjohtaja ja vastaavamestari, Helsingin laudoituksen työnjohtajat, valmisbetonitehtaan edustaja Swerockilta, hankkeen rakennesuunnittelija Rakennestudio Oy:lta ja hankkeen rakennustöiden valvoja Sustera Oy:lta. Suunnittelupalaveriin oli kutsuttu betonointiurakoitsija Porvoon betonilattia, mutta he eivät olleet paikalla.

Palaverissa käytiin läpi valujärjestys. Painotettiin, että palkkien valut tulee tehdä vähintään kahdessa kerroksessa, mielellään kolmessa. Punoksien ankkuripäät tulee täryttää erittäin huolellisesti. Betonin tiedot käytiin läpi ja jälkihoitotoimenpiteet kerrottiin. Varhaisjälkihoitoaine ruiskutetaan pintaan ja tämä tapahtuu betonointiurakoitsijan toimesta. Vesisumutus tulee tehdä ennen kuin muovit laitetaan valun päälle. Pakkasmatto tulee laittaa palkkien päälle, jotta voidaan hallita lämpötilaeroja. Jännityksen osalta palaverissa käsiteltiin holvin minimilujuus, joka NJ- Rebar ohjeen mukaan on C21/26 ja palkkien osalta C25/30.

Valupäivän aikataulu käytiin läpi palaverissa. Palaverin sisältö koski ensimmäisen lohkon valupäivän aikataulua. Lohkon 2 aikataulu ilmoitettiin urakoitsijoille sähköpostitse. Kerrottiin, että valua varten tulee kaksi pumppua työmaalle. Ensimmäinen pumppu tulee työmaalle kello 5:00 ja lähtee kello 9:00. Se pystytetään Hermannin rantatien puolelle. Toinen pumppu saapuisi työmaalle kello 7:00 ja on valun loppuun asti. Se pystytetään Verkkoneulaan. Kuvasta 5 nähdään ajo-ohje, pumppujen sijainnit, ajoreitit betonikuljetusautoille. Punainen rasti kertoo betoniautojen odotuspaikat ja sininen neliö perän pesupaikat. Ohjeistus lähetettiin sähköpostitse Swerockille tarkempien ohjeiden kanssa. Valupäivän aikataulusta tiedotettiin myös naapurityömaita ja naapuri taloyhtiöiden asukkaita, sillä Verkkoneulaan sijoitettu pumppu saattaisi vaikuttaa myös heidän työmaansa toimintaan estämällä kulkua ja valusta saattaisi syntyä pientä ääntä.



Kuva 5 Ajo-ohjeet pumpulle ja betoniautoille. [17.]

Laadunvarmistuksesta palaverissa mainittiin, että Swerockilta tulee 3 kappaletta etäluettavia loggereita valuun. Näihin loggereihin tulisi 2 anturia/loggeri. Peab asentaa 3 kappaletta omia loggereita valuun. Swerockin toimesta tehdään myös työmaalla ilmamäärämittaus viidestä ensimmäisestä kuormasta ja myös tehtaalla. Koekuutiot tehdään valmisbetonitehtaalla.

### 3.1.4 Holvin muotti- ja raudoitustarkastus

Holvivalun lohko 2 raudoitustarkastus suoritettiin torstaina 10.10.2024 kello 13:30. Mukana tarkastuksessa oli kohteen betonityönjohtaja, rakennesuunnittelija, työmaavalvoja, raudoitustöiden urakoitsija ja muottityöurakoitsijan työnjohtaja ja nokkamies. Betonityönjohtajalla oli mukana valettavan alueen raudoitussuunnitelmat. Hän teki tarkastuksesta pöytäkirjan Congrid-sovellukseen.

Tarkastuksessa käytiin läpi holvin lohko 2 raudoitukset ja muottirakenteet. Tarkastettiin, että valettavan holvin raudat ovat oikean kokoiset, tankovälit täyttyvät, mahdolliset jatkospituudet on huomioitu ja suunnitelmien mukaisesti asennettu. Raudoitusvälikkeiden sijainti ja määrä katsottiin, jotta raudoitus pysyi valun aikana paikalla. Raudoitus oli kesken tarkastuksen yhteydessä, josta kirjattiin

tarkastuspöytäkirjaan erillinen huomio, että yläpinnan teräkset tulee saada valmiiksi ennen valua. Valmis rauditus kuvattiin valua edeltävä päivänä maanantaina 14.10.2024. Tarkastuksessa myös käytiin läpi täyttyvätkö suojabetonietäisyydet.

Holvin muottirakenne tarkastettiin tarkastuksessa. Huomioitavia kohta oli muotin puhtaus, roskia ei valettavalle alueelle saanut jäädä. Tässä havaittiin muutamia puutteita, mutta nämä ohjattiin suoraan muottitöiden urakoitsijalle. Muottitöiden osalta myös havaittiin, että irrotuskaistaa ei ollut vielä asennettu edellisen lohkon ja uuden lohkon välille, joten siitä merkittiin huomio pöytäkirjaan ja se tarkastettiin valua edeltävänä päivänä tehdyksi. Valvojalta tuli myös huomio ilmareiästä palkin alaosaan, jolla saadaan varmistettua, että betoni pääsee varmasti oikeaan paikkaan. Kuvassa 6 korjataan tarkastuksessa havaittuja puutteita. Holvimuottia puhdistetaan vedellä ja irrotuskaista asennetaan muotin reunoille. Holvin tuennan tarkastelua ei suoritettu tarkastuksen yhteydessä vaan se tehtiin maanantaina 14.10.2024 betonityönjohtajan toimesta.



Kuva 6 Muotti- ja rauditustarkastuksen puutteiden korjaus ennen valua. [18.]

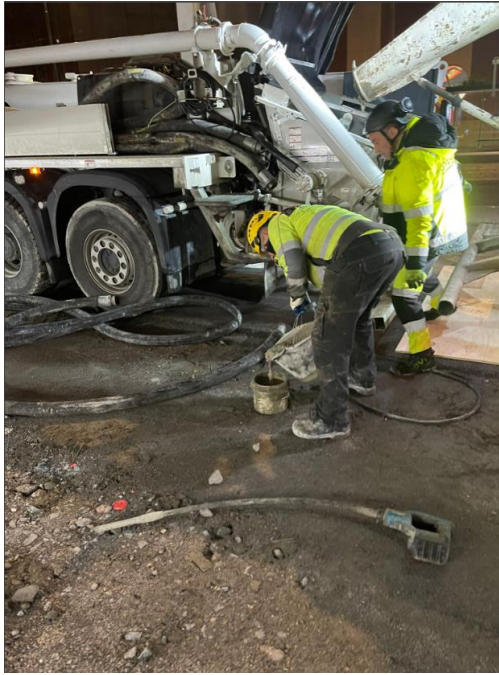
Holvivalun lujuudenkehitystä seurataan loggereilla ja tarkastuksessa varmistettiin, että ne on asennettu. Kohteeseen oli tilattu Swerockilta omat loggerit ja betonityönjohtaja asensi myös omansa betonoitavalle alueelle.

## 3.2 Valupäivä

### 3.2.1 Aloitus

Holvivalu suoritettiin tiistaina 15.10.2024. Betonityönjohtaja oli ottamassa ensimmäistä betonipumppua vastaan, joka saapui kello 5:00 ja sen pystytys alkoi Hermannin rantatien puolella. Puomi nostettiin pysäköintilaitoksen viereisen työmaan asuinrakennuksien yli. Tällä mahdollistettiin, että letkua ei jouduttaisiin vetämään ja saataisiin betoni valumaan muottiin mahdollisimman helposti.

Ensimmäinen betonikuorma saapui työmaalle kello 6:00 ja Swerockilta tuli laborantti, joka teki viidelle ensimmäiselle betonikuormalle ilmamäärämittauksen. Betonia ei aloitettu laskemaan muottiin, ennen kuin testi oli tehty. Laborantti täytti astian osissa ja tärytti aina täyttöjen jälkeen, kuten kuvassa 7 huomataan. Hän poutsasi astian reunat ja laittoi kannen kiinni. Tämän jälkeen hän täytti välitilan vedellä ja vapautti paineet. Luvussa 2.6.1 kerrotaan, että ilmamäärä tulisi mitata kolmesta ensimmäisestä ja tämän jälkeen joka neljästä. Tämä ei toteudu tämän valun kohdalla. Betonimassan ilmamäärä todettiin hyväksi. Betonityönjohtaja ei ollut käynyt tarkistamassa kuormakirjasta vastaako betoni tilattua.



Kuva 7 Swerockin laborantti tekee ilmamäärämittaukset betonille työmaalla. [18.]

### 3.2.2 Holvin betonointi

Betonointityöntekijät saapuivat työmaalle kello 05:30. He toivat mukanaan oman kaluston betonointia varten. Heillä oli mukanaan kaksi tärytintä, joista toinen oli sähkökäyttöinen kuten kuvassa 8 ja toinen oli bensakäyttöinen. Pääurakoitsijan toimesta työmaalta löytyi varmuudeksi sähkökäyttöinen tärytin. Heillä oli myös mukanaan tasolaser, lastat ja esijälkihoitoaine. Betonityöntekijöitä oli neljä henkilöä. Yksi heistä oli pitämässä betonilettoa ja ohjasi betonin oikeaan paikkaan, kaksi tiivistä tai tarkasti korkoja ja neljäs tasasi betonipintaa.



Kuva 8 Tärytin ilman poistamiseen [18.]

Betonointi aloitettiin holvissa olevista palkeista, joiden rakennekorkeus on isompi kuin laatalle. Näitä ei valettu kerralla täyteen, kuten kuvasta 9 voidaan havaita. Niihin valettiin silmämääräisesti puolet, jonka jälkeen ne tiivistettiin huolellisesti. Betonin laskemista muottiin jatkettiin holvin kohdalla, jonka yhteydessä täytettiin myös palkit samalla täyteen. Sauvatärytin upotettiin edelliseen valukerrokseen, ettei valusaumaa tulisi.



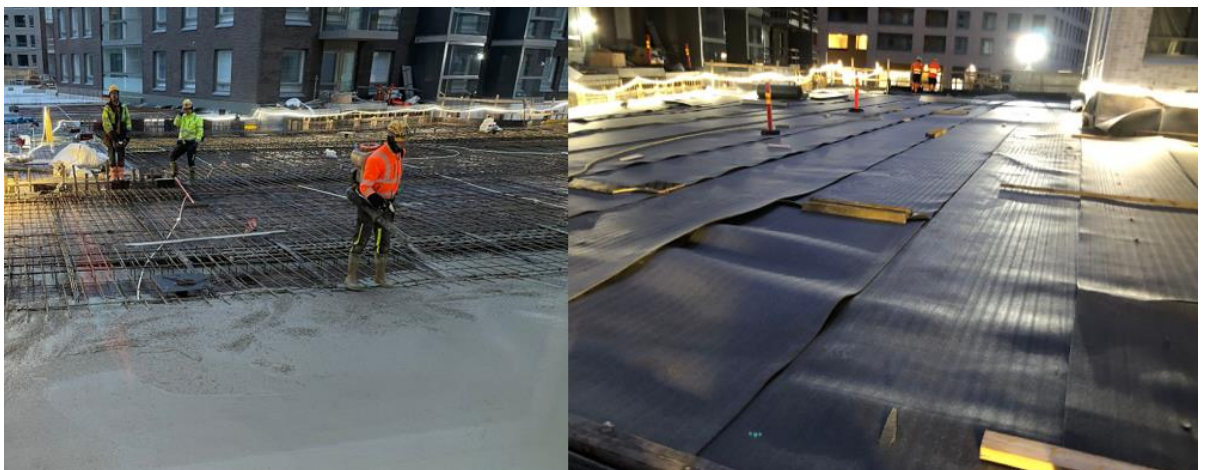
Kuva 9 Holvin palkin täyttö kerroksissa. [18.]

Palkkien jälkeen siirryttiin valettavan alueen syvennykseen valamaan. Betonia laskettiin silmämääräisesti puolen metrin korkeudesta muottiin. Muottia ei täytetty kerralla, vaan siihen valettiin pohjakerros ensin, tämän jälkeen kerros tiivistettiin huolellisesti. Tiivistämisen jälkeen lisättiin uusi kerros betonia. Tätä kerrosta ei tiivistetty ollenkaan. Tästä katsottiin, että betoni tuli oikeaan korkoon ja tämän jälkeen aloitettiin tasaamaan lastalla valmista pintaa, tämä toimintatapa jatkui valun mennessä eteenpäin useammassa kohdassa. Kuvaan 10 on yhdistetty kaksi eri työvaihetta. Vasemmanpuoleisessa tilanteessa lasketaan betonia muottiin ja tarkastetaan korkoa. Oikeanpuoleisessa tilanteessa betoni on laskettu, korko on tarkastettu ja on aloitettu tasaamaan pintaa. Molempien tilannekuvien välinen aikaero on 4 minuuttia ja tärysauvaa ei käytetty tuossa välissä.



Kuva 10 Vasemmanpuoleisessa kuvassa betonia lasketaan muottiin ja korkoa tarkastetaan, jotta ei jouduta lapioimaan betonia pois. Oikeanpuoleisessa kuvassa betonia tasataan lastalla. [18.]

Esijälkihoitoaine ruiskutettiin, kun valmispinta oli saatu lastalla valmiiksi. Kuvan 11 vasemmalla puolella näemme esijälkihoitoaineen ruiskutuksen. Jälkihoitoa jatkettiin seuraavana päivänä levittämällä holvin päälle pakkasmattoja, kuten kuvan 11 oikealla puolella nähdään. Ongelmana pakkasmattojen kohdalla oli kova tuuli, joka nosti ne ilmaan. Pakkasmattojen päälle lisättiin riittävä paino ongelman ilmaantuessa.



Kuva 11 Vasemmalla puolella ruiskutetaan esijälkihoitoaine ja oikealla puolella valun päälle on levitetty pakkasmatto seuraavana aamuna. [18.]

### 3.2.3 Betonityönjohtajan työt valun aikana

Betonityönjohtaja oli aamusta ottamassa molempia betonipumppuja vastaan. Hän kävi myös holvilla ennen valun alkamista tarkastamassa valualueen ja ohjeistamassa valajat mistä valu aloitetaan ensimmäisellä betonipumpulla ja mistä lähdetään valamaan toisella betonipumpulla.

Betonikuormia saapui työmaalle useita. Betonityönjohtaja ei käynyt tarkastamassa näiden kuormakirjoista, että kuormassa oleva betoni vastaa tilattua betonia. Betonikuorman kuljettaja osasi kertoa, että harvemmin näitä kukaan kyselee. Ongelmaksi tämä nousee silloin, kun yhdellä alueella valetaan useammassa paikassa, sillä mylläri ilmoittaa kuljettajille betonipumpun numeron ja alueella saattaa olla useampi samankokoinen betonipumppu. Riski ajaa väärälle pumpulle on silloin suuri. Tämän riskin välttämiseksi betonityönjohtaja oli laittanut ajo-ohjeet kuljettajille ja tästä kuljettaja oli tyytyväinen.

Betonityönjohtajalla oli valun aikana muitakin työtehtäviä, joten hän kävi valua seuraamassa ja tarkastelemassa tietyn väliajoin.

### 3.2.4 Holvin betonointipöytäkirja

Betonityönjohtaja teki holvivalusta betonointipöytäkirjan. Pöytäkirjaan on kirjattu työmaan tiedot, betonin toimittajan tiedot, betonoitava rakenneosaa ja valupäivän. Pöytäkirjaan oli kirjattu seuraavat tiedot:

- Betonin tekniset tiedot
- suunniteltu ja toteutunut ilmanlämpötila
- suunniteltu ja toteutunut betonin lämpötila
- suunniteltu ja toteutunut betonin määrä
- betonoinnin aloitus- ja lopetusaika

- jälkihoito, lämpötilan seuranta, lujuudenkehityksen arviointi
- kalusto
- varautuminen häiriöihin
- muottien purku (lujuus, ikä).

Betonointipöytäkirjaan laitettiin liitteeksi kuormakirjat, joista pystytään katsomaan mitä betonia on tilattu ja mitä betonia työmaalle on toimitettu. Kuormakirjat kertovat myös ajan, milloin ovat tulleet työmaalle ja lähteneet työmaalta. Siitä pystytään myös katsomaan betonin määrä. Liitteeksi betonityönjohtaja oli laittanut pohjakuvan, mihin hän on merkannut valetun alueen.

#### 4 VTT-kohde

Kohteena on VTT:n tutkimuslaitoksen laajennus Espoon Kivenlahdessa. Laajennus käsittää kaksi maanpäällistä kerrosta, osassa rakennusta on myös kellarikerros. Taulukosta löytyy hissikuilun seinän betonin tekniset tiedot. Peab Oy toimii kohteen pääurakoitsijana ja sen rakentaa Peabin toimitilayksikkö.

Taulukko 2. Hissikuilun seinän betonin tekniset tiedot ja määrät.

Betonin lujuus	C30/37
Rasitusluokka	XC1
Notkeus	S4
Raekoko	16#
Lisäaineet	Notkistin
Toteutusluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	100 vuotta
Betonin määrä	22 m <sup>3</sup>

## 4.1 Laatusuunnitelma

Hankkeella ei ollut laatusuunnitelmaa. Hankkeen betonitöiden toteutuseritelmässä on erillinen maininta laatusuunnitelmasta. Maininnassa sanotaan, että ennen minkään rakennuskohteen toteutuksen aloittamista rakennuskohteeseen laaditaan laatusuunnitelma, jonka mukaisesti laadunvalvonnan toimenpiteet on suoritettava ja dokumentoitava. Asiakirjassa otetaan kantaa myös betonirakenteiden työsuunnitelmiin ja siellä on lueteltuna seuraavat dokumentit:

- Betonityösuunnitelma
- betonointisuunnitelma
- laadunvalvontasuunnitelma.

## 4.2 Betonityösuunnitelma

Betonityösuunnitelma oli nimettynä betonointisuunnitelmaksi. Sen sisällön ja betonityönjohtajan sanojen mukaan enemmän hankekohtainen kuin rakenneosakohtainen. Tämä suunnitelma piti sisällään työmaan tiedot, betonitehtaan tiedot ja betonitöiden tekijät. Lisäksi suunnitelmaan on kirjattu betonilaadut ja betonimäärät rakenneosittain. Suunnitelmassa otetaan kantaa betonointimenetelmiin, mutta siinä ei tarkenneta mille rakenneosalle ne ovat vaan puhutaan yleisellä tasolla. Tarkastusmenettely ennen valua on kirjattuna, koskien hankkeen kaikkia valuja. Muottijärjestelmät, rauditus- ja metalliosat otetaan myös suunnitelmassa huomioon. Betonointiin tulee varautua kahdella sauvatäryttimellä. Vastaanotto-tarkastuksiin osallistuu valvoja, pääurakoitsija ja rakennesuunnittelija. Tarkastustapahtumat tulee suunnitelman mukaan kirjata Dalux-laadunhallintajärjestelmään.

### 4.3 Raudoitustarkastus

Raudoitustarkastuksen suoritti kohteen tuotantoinsinööri keskiviikkona 30.11.2024 ja mukana oli rakennusvalvoja, joka työskentelee yrityksessä Rakennuttajatoimisto HTJ Oy:n. Raudoitustyöt olivat tuolloin valmiina ja muotin toinen puoli oli tehtynä. Raudoitustarkastuksessa käytiin läpi tartunnat, jatkokset, raudoitteiden suojabetonietäisyydet, tankokoot, tankovälit, valutarvikkeet, muottiasennuksen mittatarkkuus, muottien mitat ja sijainti, varauksien läpiviennit, muottien kestävyys, tuenta ja sidonta, pinnan puhtaus, ympäristön puhtaus, työ- ja liikuntasauamat, raudoitteiden sidonta ja tuenta sekä raudoitteiden paikallaan pysyminen. Huomautuksia raudoitteesta oli kirjattu, että raudoitusvälikkeitä tulee lisätä raudoitteen yläpäähän. Raudoitustarkastuksen pöytäkirjan liitteenä on valokuvat.

### 4.4 Hissikuilun seinävalu

#### 4.4.1 Aloitus

Hissikuilun seinän betonointi suoritettiin perjantaina 1.11.2024. Betonipumppu saapui työmaalle kello 7:00, jonka oli ottamassa vastaan kohteen betonityönjohtaja, joka osoitti betonipumpulle paikan. Betonityönjohtaja ohjeisti betonipumpun kuljettajalle valupaikan ja kertoi kuormavälin olevan noin 20 minuuttia. Ohjeistuksen jälkeen betonipumpun kuljettaja alkoi pystyttää pumppua. Kuvasta 12 pystymme havainnoimaan pystytetyn betonipumpun, jossa puomi ja letku vielä siirretään oikean betonoitavan rakenteen luokse.



Kuva 12 Betonipumppu kasattuna. [18.]

#### 4.4.2 Hissikuilun seinän betonointi

Kaksi betonityöntekijää Minorex Oy:lta saapuivat työmaalle kello 7:00. He aloittivat testaamalla täryttimen toiminnan. Täryttimen toiminnassa ilmeni ongelmia, jonka seurauksena sähkökeskuksesta paloi sulakkeet. Työmaalta löytyi toinen tärytin ja päästiin aloittamaan hissikuilun betonointi. Ensimmäinen betonikuorma saapui työmaalle kello 7:40. Betonointi aloitettiin hissikuilun seinän yhdestä nurkasta ja muottia lähdettiin kulkemaan ympäri järjestelmällisesti. Betonipumpun letku upotettiin muotin sisään kokonaispituudeltaan, kuten kuvassa 13 pystymme havainnoimaan. Näin betonin pudotuskorkeudeksi jäi noin 1 m. Betonipumpun letkua siirrettiin kerralla 1,5 m välein eteenpäin. Valukerroksen paksuutta oli vaikea havainnoida, sillä oli pimeää ja muottirakenne oli korkea. Ilman poistaminen täryttimen avulla aloitettiin, kun valua oli menty eteenpäin noin kahden

betonipumpun letkun siirron verran. Tärytin annettiin mennä omalla painollaan alas ja nostettiin hitaasti ylös, tämän jälkeen se siirrettiin joka toiseen raudoitusväliin. Kun ensimmäinen valukerros oli valettu, alettiin valamaan seuraavaa valukerrosta. Tärytin upotettiin edelliseen valukerrokseen, jotta valusaumoja ei syntyisi.



Kuva 13 Hissikuilun seinän valu. Betonipumpun letku upotettuna kokonaisuudessaan seinämuottiin. [18.]

Ensimmäinen kuorma oli purettu kello 8:40. Tästä seuraava kuorma saapui työmaalle kello 9:10 ja viimeinen kuorma saapui työmaalle kello 10:20. Valu päättyi kello 11:00 hissikuilun osalta. Valuun oli asennettu etäluettavat loggerit, joiden avulla voidaan seurata lujuudenkehitystä.

Ilman ongelmia valu ei edennyt. Betonityöntekijän huomasi kesken tärytyksen, että täryttimen teho hiipui. Työmaa oli varautunut kahdella varatäryttimellä, joten työt pääsivät jatkumaan. Tämäkin tärytin laukaisi sähkökeskuksesta hetken päästä sulakkeet. Kolmen täryttimen vaihdon jälkeen havahduttiin, että vika on koko ajan ollut keskuksesta. Täryttimen sähkön saanti siirrettiin toiseen keskukseen ja työt pääsivät jatkumaan loppuun.

#### 4.4.3 Betonityönjohtajan työt valun aikana

Aamulla betonityönjohtaja otti betonipumpun vastaan työmaalla ja osoitti paikan. Tämän jälkeen hän kävi valun suorittavien kanssa läpi valutapahtuman ja tuli katsomaan, että valu lähtee käyntiin. Tämän jälkeen hän poistui kokoukseen. Hän saapui kokouksen jälkeen tarkastelemaan valua hetken ajaksi ja poistui muihin työtehtäviin. Betonikuormien kuormakirjoja ei tarkastettu ennen betonin laittamista muottiin. Betonityösuunnitelmassa mainitaan, että betoni tulee tarkastaa ennen valamista.

#### 4.5 Betonointipöytäkirja

Betonointipöytäkirjan täyttäminen tapahtui 5.11.2024. Se pitää sisällään kohteen tiedot, rakenneosan, betonoinnista vastaavan työnjohtajan tiedot, betonin toimittajan tiedot ja betonin tekniset ominaisuudet. Betonointipöytäkirjaan on kirjattu, että muotin puhtaus ja raudoitustarkastus on suoritettu. Pöytäkirjasta käy ilmi betonointia koskevat tiedot, jotka ovat seuraavat:

- Betonimäärä kuutioina
- betonointinopeus
- valukalustoa
- tiivistämisvälineet
- jälkihoito, lämpötila seuranta ja lujuudenkehityksen arviointi
- varautuminen häiriöihin
- muotin purku
- muut tiedot.

Liitteeksi betonointipöytäkirjaan on laitettu betonipumpun pystytyspöytäkirja ja kuormakirjat. Pöytäkirjaan on laitettu suunnitelmista kuvat mikä rakenneosa on valettu. Ilman lämpötila betonointi päivänä on huomioitu pöytäkirjassa.

## 5 Betonityönjohtajien haastattelut

Opinnäytetyön tekijä haastatteli kolmea betonityönjohtajaa. Heidän työkokemuksensa vaihteli 4–35 vuoden välillä. Pätevyysluokat vaihtelivat vaativan ja poikkeuksellisen vaativan välillä.

### 5.1 Haasteet ja virheet

Betonitöiden laadunvalvonnan haastavimpana osana pidettiin ennakkosuunnittelua ja siihen varattua aikaa. Kaikki kolme haastateltavaa kertoivat, että aikaa ei ole paljon tutustua suunnitelmiin. Muiden työvaiheiden kuormitus vie aikaa suunnitelmiin tutustumiselta. Kahdelta haastateltavalta ilmeni, että heillä on betonitöiden lisäksi useampi työvaihe. Tämän takia esimerkiksi dokumentointi saattaa jäädä vähäiseksi.

Useimmat virheet mitä tehdään laadunvalvonnan suhteen, oli haastateltavien mukaan ennakkosuunnittelu, laadunvalvonnan kokonaan puuttuminen, sairaspöissaolot ja tarkastajan kokemattomuus. Näitä virheitä pystyttäisiin välttämään koulutuksen lisäämisellä, käytännön tuomista esille enemmän ja kokemuksen kautta.

Osa haastateltavista piti betonointisuunnitelmaa turhana. Koettiin, että se toistaa betonointipöytäkirjan asioita, joka tehdään valun jälkeen. Yhdelle haastateltavista betonointisuunnitelma oli tärkeä. Hän koki, että se on suuri osa ennakkosuunnittelua. Riittää, että rakenneosan tiedot käydään läpi ja kirjataan ne A4-paperille. Peabilta löytyy valmiita pohjia, mitä on helppo hyödyntää.

## 5.2 Betonityönjohtajan tehtävät

Kaikki kolme haastateltavaa oli sitä mieltä, että betonitöitä pystytään tekemään oikeaoppisesti. Siihen tarvitaan vain paljon enemmän aikaa ja ennakkosuunnittelua mitä tällä hetkellä ei ole. Haastattelussa puhuttiin myös, kuinka betonityönjohtajien täytyisi olla paikalla valun aikana ja heillä ei saisi olla muita työtehtäviä. Yksi haastateltavista sanoi sen olevan täysin kiinni omasta ajanhallinnasta. Omien työvaiheiden suunnittelussa pitää pystyä huomioimaan, että olet kiinni yhden päivän valussa. Kaksi muuta haastateltavaa kertoi, että heillä on muita työvaiheita ja ei pystytä olemaan täysin sidottuina valuun. Vaihtoehtona nousi, että joku muu tuuraisi muiden töiden ohella, mutta sitä ei olla hyödynnetty.

## 5.3 Valmisbetonitehtaan hyödyntäminen laadunvalvonnassa

Betonitehtaiden tarjoamia laadunvalvontatoimenpiteitä hyödynnetään työmaalla haastateltavien mukaan paljon. Haastatteluissa ilmeni, betonityönjohtajan hyödyntävät betonitehtaalta lujoudenkehityksen seuranta ja ilmamäärätutkimusta. Yksi haastateltavista kertoi istuvansa kahvipöydän ääreen valmisbetonitehtaan edustajan kanssa ja pitävänsä laadunvalvontaan liittyvän palaverin, jossa he käyvät läpi sen hetkisen hankkeen betonirakenteet ja niihin liittyvät laadunvalvonta toimenpiteet.

## 5.4 Valmiin betonirakenteen testaus

Valmiin betonirakenteen testausta ei haastateltavien sanojen mukaan juuri tehdä. Testausta tehdään, jos ilmenee ongelmia. Esimerkiksi rakenne on päässyt jäätymään, tehdas lähettänyt väärän betonin tai on tilattu väärä betoni. Haastateltavien mukaan valmiin betonirakenteen testausta pitäisi ehdottomasti lisätä, esimerkiksi kimmovasaran käyttöä.

## 6 Betonitehtaan haastattelu

Osana opinnäytetyötä haastateltiin Swerock Oy:lla työskentelevää laatuinsinööriä. Haastattelun tarkoituksena oli selvittää valmisbetonitehtaan tarjoamia laadunvalvonnan palveluita työmaille.

Työmaiden on mahdollista tilata Swerockilta tuoreesta betonista ilmanmäärän määrittäminen, notkeudenmittaus ja koekappaleiden valmistus. Swerockin mukaan työmaat pääkaupunkiseudulla hyödyntävät näitä paljon, mutta muilla alueilla kuten Länsi-Suomessa ja Pirkanmaalla palveluja käytetään huomattavasti vähemmän.

Valmiin rakennososan testaukseen Swerock tarjoaa kimmovasaramenetelmää ja koekappalemenetelmää. Rakenteesta porattavan koekappaleen suorittaa aliurakoitsija, mutta kimmovasaramenetelmän Swerock toteuttaa itse. Peabilla hyödynnetään näitä Swerockin mukaan jatkuvasti.

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että betonitöiden laadunvalvonnassa on vielä parannettavaa. Haasteet kohdistuvat ennakkosuunnitteluun, valuaikaiseen seurantaan ja lopullisen rakenteen laadunvalvonnan puuttumiseen.

### 7.1 Ennakkosuunnittelu

Tarkkailukohteiden perusteella ilmeni, että betonityönjohtajien käsitys betonointisuunnitelmasta on heikko. Sekoitettiin betonityösuunnitelma ja betonointisuunnitelma keskenään. Verkkosaaren pysäköintilaitoksen laatusuunnitelmassa puhutaan betonointisuunnitelmasta, mutta sen liitteiden perusteella tarkoitusperä on puhua betonityösuunnitelmasta. VTT-hankkeella tiedosto kulkee nimellä betonointisuunnitelma, mutta tiedoston sisällön perusteella kyseessä on betonityösuunnitelma. Betonointisuunnitelmaa ei ollut kummallakaan kohteella tehtynä.

Aloituspalaveria ei pidetty VTT-hankeella ollenkaan ja pysäköintilaitoksen työmaalla sieltä puuttui kokonaan betonityöntekijät. Tutkimus osoittaa, että betonityöntekijöitä ei ole tarpeeksi perehdytetty kohteiden betonitöiden tekemiseen ja siihen mitä heiltä vaaditaan. Pysäköintilaitoksen Aloituspalaverissa oli mukana muotti ja raudoitustyön urakoitsija. Tämä koettiin tärkeäksi, koska betonoinnin osalta on tärkeää huomioida mahdolliset ilmareiät ja muut muottirakennetta koskevat huomiot.

## 7.2 Valujen seuranta

Molempien kohteiden valujen aikana betonityönjohtaja ei ollut täysin läsnä koko ajan. Heillä oli muita työtehtäviä valun aikana. Pysäköintilaitoksen kohteessa täryttimen käyttö ei mennyt betoninormien mukaisesti oikein. VTT-kohteessa työmaa-aikaisten sähköjen kanssa oli paljon ongelmia, jotka vaikuttivat täryttimen käyttöön jonkin verran. Kuormakirjoja ei käyty kummassakaan kohteessa tarkastamassa ennen betonin laskemista muotteihin.

## 7.3 Dokumentointi

Molempien työmaiden osalta löytyi raudoitustarkastus ja betonointipöytäkirja. Raudoitustarkastukset ja betonointipöytäkirjat oli dokumentoitu ja niiden sisältö oli oikein. Molempiin oli laitettu liitteeksi kuormakirjat ja pohjakuva, johon valettu rakenne oli merkitty. Molemmista raudoitustarkastuksista löytyi valokuvat rakenteen raudoitteista.

## 7.4 Valmis rakenne

Valmista rakennetta ei kummassakaan kohteessa tarkastettu. Haastatteluissa otettiin kantaa valmiin rakentamisen testaukseen ja niiden perusteella valmiin rakenteen testaus ei ole osana Peab Oy:n laadunvarmennusta. Valmiita rakenteita testataan, jos ongelmia ilmenee.

## 8 Pohdinta

Oman pohdinnan tulos on, että luotetaan liikaa betonityöntekijöihin. Molemmissa hankkeissa betonityöntekijät eivät olleet mukana aloituspalaverissa ja betonointisuunnitelmaa ei ollut tehty, sitä ei ole voitu käydä läpi työntekijöiden kanssa. Tämä on kohta mihin työmaat voisivat laittaa painoarvoa enemmän. Jos se aloituspalaveri pidettäisiin niille työntekijöille pakollisena, siellä käytäisiin valmis betonointisuunnitelma läpi. Näin he tietäisivät mitä heiltä vaaditaan betonitöiden osalta.

Yhtenä huoleen aiheena heräsi betonityönjohtajien työmäärä, itse valujen suunnittelu, laadunvalvonnan seuraaminen ja työn ohjaaminen vievät suuren osan ajasta, kun siihen päälle lisätään muut työvaiheen kuormitukset. Huomioon täytyy myös ottaa viime vuosina alalla vallinnut ahdinko, jonka seurauksina yrityksiä on ajautunut konkurssiin ja suurimpia yrityksiä on joutunut laittamaan resurssimäärän minimiin. Tämä lisää painoarvoa enemmän viikkosuunnittelun tärkeydelle. Viikkosuunnitteluun suunnitellaan kolmen viikon aliorakoitsijoiden työt ja siihen voidaan lisäksi suunnitella työnjohtajien omat työt, millä pyrittäisiin tunnistamaan turhat ajan käytöt.

Valmiin rakenneosan laadunhallinta opinnäytetyön kohdehankkeissa jäi täysin huomioimatta. Vuosina 2007–2019 oli valtakunnallisesti betoniongelmaa, joissa havaittiin nousseen ilmamäärän lisäksi muita puitteita laadunvalvonnan suhteen. Oletus oli, että nämä pinnalle nousseet asiat olisivat opettaneet rakennusyhtiöitä enemmän, mutta valitettavaa on, että luotetaan liikaa betonin ominaisuuksiin edelleen. Valmiin rakenteen testaaminen tulee kyseeseen, kun ollaan huolissaan betonointi- tai muista virheistä.

## Lähteet

- 1 Peab Oy. 2024. Peab on pohjoismainen yhteiskuntarakentaja. <<https://peab.fi/peab/>>. Luettu 7.1.2025.
- 2 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Betonitöiden laadunvarmistus. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/laadunvarmistus.html>>. Luettu 1.11.2024.
- 3 Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. Betonitekniikan oppikirja by 201.By-Koulutus.
- 4 Suomen Betoniyhdistys ry. 2019. Betonirakentamisen laatuohjeet 2019 by 47. By-Koulutus.
- 5 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Betonitöiden suunnittelu ja valmistelu. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonitoiden-suunnittelu.html>>. Luettu 1.11.2024.
- 6 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Betonointisuunnitelma. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonitoiden-suunnittelu/betonointisuunnitelma.html>>. Luettu 1.11.2024.
- 7 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Betonin tilaus, toimitus ja vastaanotto. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/betonin-tilaus-toimitus-ja-vastaanotto.html>>. Luettu 5.11.2024.
- 8 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Ilmamäärä. <<https://www.betonitieto.fi/op-piminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-ominaisuudet-ja-valinta/tuoreen-betonimassan-ominaisuudet/ilmamaara.html>>. Luettu 5.11.2024.
- 9 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Olosuhdekappaleet. <<https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/valmisbetoni/laadunvalvonta/laadunvalvonta-ty-omaalla.html>>. Luettu 10.1.2025
- 10 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Betonin lujuudenkehityksen varmistaminen. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/lujuudenkehityksen-varmistaminen.html>>. Luettu 10.11.2024.
- 11 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Betonitöiden laadunvarmistus. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/laadunvarmistus.html>>. Luettu 10.11.2024.

- 12 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Vaakarakenteiden valu. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/betonin-valu-ja-tiivistys/vaakarakenteiden-valu.html>>. Luettu 10.11.2024.
- 13 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Jälkihoito. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/jalkihoito.html>>. Luettu 20.12.2024.
- 14 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. Jännitetyt rakenteen. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/betonin-valu-ja-tiivistys/erityisrakenteet/jannitetyt-rakenteet.html>>. Luettu 5.1.2025.
- 15 Suomen Betoniyhdistys ry. 2023. By 65 Betoninormit 2021.By- Koulutuskeskus.
- 16 Peab Oy. 2024. Kuvakaappaus urakkarajoista. Rajoitettu käyttöoikeus.
- 17 Peab Oy. 2024. Kuvakaappaus ajo-ohjeesta. Rajoitettu käyttöoikeus.
- 18 Häyrinen, Vera. 2024. Oma valokuva.

