



JÄLKIJÄNNITETYN PARKKI- HALLIN YLÄPOHJAN LAADUN- VARMISTUKSEN KEHITTÄMI- NEN

Juuso Varjonen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Rakennustuotanto

VARJONEN, JUUSO:

Jälkijännitetyn parkkihallin yläpohjan laadunvarmistuksen kehittäminen

Opinnäytetyö 106 sivua, joista liitteitä 22 sivua
Huhtikuu 2019

Parkkihallien korjaamisessa vaaditaan paljon resursseja, erityisesti, kun parkkihallin yläpohjarakenteena käytetään käännettyä kattoa. Käännetty katto on tehävä laadukkaasti, jotta korjaustoimenpiteiltä vältytään. Laadukkaan rakenteen varmistaminen tapahtuu laadunvarmistustoimenpiteillä.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin parkkihallien jälkijännitetyjen käännettyjen kattojen laadunvarmistustoimenpiteitä ja toimintamalleja ammattikirjallisuuden ja haastattelututkimuksen avulla. Haastateltavia olivat A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n rakennesuunnittelija, Icopal Katto Oy:n työnjohtajia, Naulankanta Oy:n työnjohtajia ja Skanska Talonrakennus Oy: työnjohtajia, niin uudisrakentamisen kuin vuosikorjauksenkin puolelta. Tutkimuksessa kehitettiin Skanska Talonrakennus Oy:n laadunvarmistusta jälkijännitetyissä käännettyissä katoissa.

Tutkimuksen tuloksista saatiin laadunvarmistustoimenpiteitä ja laatua kehittäviä ohjeita: suunnittelun ohjauksesta, tuotantoteknisistä suunnitelmista, työvaiheiden tarkastuksista, laatuvaatimuksista sekä muista työvaiheisiin liittyvistä ohjeista. Tutkimuksen tuloksista tehtiin sähköinen laadunvarmistuskortti BIM360 Field -projektinhallintaohjelmaan

Laadunvarmistuskortti esitellään Skanska Talonrakennus Oy:n vastaaville mestareille, jotta laadunvarmistuskortin käyttö saadaan mahdollisimman nopeasti käyttöön ja siten voidaan aloittaa kehittämään laadunvarmistuskorttia. Tutkimuksen laadunvarmistuskorttia kehitetään käyttökokemuksista saaduilla palautteiden avulla. Laadunvarmistuskortin kehittämisen tavoitteena on laatukortin käytettävyyden ja selkeyden parantaminen.

Tutkimuksen julkisesta raportista on poistettu luottamuksellinen aineisto.

Asiasanat: jälkijännitetty yläpohja, laadunvarmistus, käännetty katto, pysäköintihalli

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Construction Production

VARJONEN, JUUSO:

Developing Quality Assurance of Post-tensioned Parking Garages Roofing Deck

Bachelor's thesis 106 pages, appendices 22 pages
April 2019

A lot of resources are required to repair parking garages, especially when the top floor structure of the park garage is using a reversed roof. The reversed roof must be made in high quality to avoid repairs. The quality is ensured by quality assurance measures.

This study examined the quality assurance measures and quality assurance models of post-tensioned reverse roofs in parking garages by means of a professional literature review and interviews of A-Insinöörit Suunnittelu Oy's designer, Icopal Katto Oy's engineers, Naulankanta Oy's engineers and Skanska Talonrakennus Oy's engineers. The objective of the study was to develop Skanska Talonrakennus Oy's quality assurance in post-tensioned reverse roofs.

The results of the study provided quality assurance measures and quality development guidelines: design guidance, production technical plans, work phase inspections, quality requirements, and other guidelines. An electronic quality assurance card for the BIM360 Field project management program was made on basis of the results of the study

The quality assurance card will be presented to the general foremen of Skanska Talonrakennus Oy, so that the quality assurance card can be taken into use as quickly as possible, and further development of the card can be started. The objective of further development is to improve the clarity and practical usability of the quality card through feedback on the user experience.

The confidential material has been removed from the public report.

Key words: post-tensioned, reversed roof, quality assurance, parking garage

Alkusanat

Halusin, että päättötyöni on yritykselle tärkeästä aiheesta ja päättötyölläni voisin kehittää yrityksen sisäistä toimintaa. Lisäksi halusin tehdä päättötyöni erityisesti Skanska Talonrakennus Oy:lle, joka on minua kouluttanut heidän omalla Op-piva -koulutusohjelmalla läpi AMK-opintojeni.

keskusteltaessa yrityksen kehitysinsinöörin kanssa totesimme, että käännetyissä katoissa ja läpivienneissä oli laadunvarmistuksen kehitykselle tarvetta, joten halusin ottaa siitä päättötyölleni aiheen ja lähteä tutkimaan sitä.

Käytin tutkimuksessani Suomen betoniyhdistys ry:n, Rakennustieto Oy:n, Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ja Kattoliitto ry:n ammatillisia teoksia. Kiitos heille, että tämänlaista päivitettyä ammattikirjallisuutta on nykypäivänä saatavilla.

Päättötyöni empiirisenä tutkimuksena on haastattelututkimus. Haastattelututkimukseen osallistuivat; A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Icopal Katto Oy, Naulankanta Oy ja Skanska Talonrakennus Oy. Yrityksiä edustaneille iso kiitos haastattelututkimukseen osallistumisesta ja siitä kuinka vapaaehtoisesti he käyttivät omaa aikaansa Skanska Talonrakennus Oy:n laadunvarmistuksen kehittämiseen.

Lisäksi haluan kiittää tutkimuksessa minua ohjanneita ihmisiä, jotka omalla mielenkiinnolla ja ammattitaidolla halusivat vaikuttaa siihen, mitä asioita otan tutkimuksessani huomioon.

Huhtukuussa 2019



Juuso Varjonen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
1.1	Tutkimuksen tausta	8
1.2	Tavoitteet	9
1.3	Rajaukset	9
2	RAKENNUSTYÖN LAADUNVARMISTUS.....	10
2.1	Laadunvarmistus.....	10
2.2	Viranomaisvaatimukset ja toleranssit	10
2.3	Betonityönjohtaja.....	12
2.4	Betonityönjohtajan valmistelevat työt	12
3	MUOTTITYÖ.....	14
3.1	Muottityön johtaminen	14
3.2	Muotti- ja tukitelinesuunnitelma	17
4	RAUDOITUKSEN JA JÄNNEPUNOSTEN ASENNUSTYÖ	19
4.1	Raudoitustyön johtaminen.....	19
4.2	Raudoituksen työsuunnitelma	22
5	JÄNNEPUNOKSIEN JÄNNITYSTYÖ	24
5.1	Jännitystyön johtaminen.....	24
5.2	Jännitystyön laatusuunnitelma	25
5.3	Jännityssuunnitelma.....	25
5.4	Jännityspöytäkirja.....	26
6	BETONOINTITYÖ.....	27
6.1	Betonointityön johtaminen	28
6.2	Betonointisuunnitelma	30
6.3	Jälkihoito ja jälkihoitosuunnitelma	31
6.4	Jälkituentasuunnitelma.....	32
7	VEDENERISTYSTYÖT.....	33
7.1	Vedeneristyksen laadunvarmistus.....	33
7.2	Vedeneristyksen erityiskohdat.....	38
8	LAADUNVARMISTUKSEN KEHITYSTYÖ	42
8.1	Haastattelututkimus.....	42
8.2	Tulokset	49
8.2.1	Yleistä.....	49
8.2.2	Suunnittelun ohjaus.....	50

8.2.3	Tehtäväsuunnitelma	51
8.2.4	Työvaiheiden työturvallisuus	55
8.2.5	Työvaiheiden tarkastukset.....	57
8.2.6	Ohjeet ja laatuvaatimukset	62
9	LAADUNVARMISTUSKORTTI	72
9.1	Sisältö	72
9.2	Käyttöohje	75
10	POHDINTA	80
	LÄHDELUETTELO	83
	LIITTEET	84
	Liite 1. Laadunvarmistuskortti	84

ERITYISSANASTO

AMK-tutkinto	Ammattikorkeakoulututkinto
Jälkijännitys	Jälkijännitys tarkoittaa, että betonin sisällä olevat pu-nokset jännitetään vasta, kun betoni on saavuttanut tarvittavan lujuuden
Käännetty katto	Käännetty katto tarkoittaa sitä, että katon lämmöneris-tys on vedeneristyksen ulkopuolella
Yläpohja	Yläpohja on rakennuksen ylimmän kerroksen yläpuoli-nen rakenne, eli käytännössä katto
Toimintamalli	Toimintamalli on yleistetty ja selkeä mallinnus
Toimenpide	Toimenpide on määrätehtävän suoritus
BIM360 Field	BIM360 Field on Autodeskin projektinhallintasovellus.
LEAN -johtaminen	LEAN -johtaminen on toimintamalli, jossa pyritään vähentämään hukkan tuottamista.
Detalji	Detalji on yksityiskohtainen suunnitelma jostain raken-neosasta tai rakenteiden liittymäkohdasta
Perustajaurakointi	Perustajaurakoinnilla tarkoitetaan sitä, kun hankkii itse tontin, perustaa asunto-osakeyhtiön ja rakennuttaa ra-kennuksen

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Yrityksien yleisiä sekä haastavia korjauskohteita ovat pihakansien alle rakennetut parkkihallit. Parkkihallien yleisin korjattava vika on veden vuotaminen parkkihallin sisälle. Kun asiakkaalle myydään katettu autopaikka, katosta ei saa tippua vettä auton päälle eikä vettä saa valua pitkin seinää, vaikka vesi ei betoniseinää vahingoittaisikaan. Kuitenkin kalkkipitoinen vesi voi aiheuttaa kalkkikerrostumia autojen peltirakenteille, joka ovat todella haitallista.

Parkkihallien yläpohjarakennetta pidetään vedenpitävänä jälkijännitetyn rakenteen sekä ulkopuolisen vedeneristyksen takia, mutta veden vuotokohtina on erityisesti liikuntasaumot. Liikuntasauvoja on yläpohjassa ja yläpohjan liitoskohdissa toisiin rakenneosiin, esimerkiksi parvekkeen elementtiin. Liikuntasaumot on tehtävä vesitiiviiksi oikealla detalji ratkaisulla. Liikuntasauaman pitkäaikaista vesitiiveyttä hankaloittaa yläpohjan vaihteleva liike ja mahdollisesti jopa paineellinen vesi. Liikuntasauaman liikkeen suuruuteen ja veden paineellisuuteen vaikuttaa asiat kuten, onko kansi liikennöity vai ei. Lisäksi liikuntasauaman sijainti vaikuttaa olennaisesti liikuntasauaman detaljiratkaisuun.

Kysymykseen, miksi liikuntasauvoja tarvitaan yläpohjaan? Vastaus kysymykseen löytyy teräsbetonirakenteen ”elämisestä”. Rakenteen kosteuden ja lämpötilan muutokset sekä betonin kovettuessa kemiallinen reaktio, aiheuttaa rakenteeseen kutistumia ja laajenemisia. Muodonmuutokset pakottavat jakamaan hallien yläpohjarakenteen pienempiin osiin, jotta rakenteen sisäiset voimat eivät kasvaisi liian suuriksi ja hajottaisi rakennetta.

Maanalaisten parkkihallien 10-vuotistakuukorjauksen kustannukset ovat todella korkeat, koska yleisimmät korjattavat rakenneosat ovat maakerrosten alla, jolloin korjaaminen vaatii paljon resursseja. Kun korjattava rakenneosa kaivetaan esiin maan alta, vuotokohdan alku ei välttämättä olekaan sisään tulevan veden kohdalla. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennetta pitää kaivaa suurelta alueelta esiin, jotta vuotokohdan alku löydetään.

1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen teoreettisen osuuden tavoitteena on tutkia ammattikirjallisuudesta toimenpiteitä ja toimintamalleja, joiden avulla yläpohjan laadunvarmistusta saadaan kehitettyä. Empiirisessä tutkimuksessa tehdään haastattelututkimus, jossa haastatellaan alan asiantuntijoita. Haastattelututkimuksen tavoitteena on saada asiantuntijoilta konkreettisia näkemyksiä laadunvarmistuksen kehittämisen kannalta heidän työmaakokemuksiensa perusteella. Tarkoituksena on yhdistellä teoreettisessa osuudessa sekä haastattelututkimuksessa esiin tulleita laadunvarmistustoimenpiteitä ja toimintamalleja laadunvarmistuksen kehittämisestä. Näistä tutkimuksessa esiin tulleista toimenpiteistä ja toimintamalleista tehdään laadunvarmistuskortti BIM360 Field -ohjelmaan. Laadunvarmistuskortti ohjaa rakentamisvaiheessa laatua sekä dokumentointia. Lisäksi korttiin arkistoidut asiakirjat helpottavat takuuasioissa. Laadunvarmistuskortin tavoite on tukea LEAN -johtamista. Konkreettisella tasolla tämä tarkoittaa, että laadunvarmistuskortin avulla ohjataan tuotantoa tekemään toimivia ratkaisuja ja huomioimaan virheitä. Näin pystytään vähentämään tuotannossa tapahtuvaa hukkaa ja saadaan tuotannosta laadullisesti tehokasta. Ongelmana on kuitenkin se, että laadunvarmistuskortista ei tulisi liian akateeminen, vaan siitä täytyy saada yksinkertainen ja käytännöllinen, jotta sitä käytettäisiin aktiivisesti. Vain tällöin kortista saadaan yritykselle tarvittava hyöty.

1.3 Rajaukset

Tutkimus rajataan parkkihallien jälkijännitettyihin käännettyihin kattoihin. Tutkimuksen näkökulmana on tuotantovaihe, joka tarkoittaa, että rakennuksen käyttö sekä rakenne- ja arkkitehtuurinen suunnittelu on rajattu pois. Tuotantovaihe sisältää rakentamisen lisäksi suunnittelun ohjaukseen sekä tuotannon suunnittelun. Tutkimuksessa haetaan lisätietoa takuukorjauksessa vastaan tulleista virheistä, jotta niihin osataan kiinnittää huomiota tuotantovaiheessa.

2 RAKENNUSTYÖN LAADUNVARMISTUS

2.1 Laadunvarmistus

Laadun käsite on muuttunut alkuperäisestä tuotteen virheettömyydestä yrityksen tai organisaation laaja-alaiseksi kehittämiseksi. Tavoitteena on asiakkaan tyytyväisyys, kannattavaa liiketoiminta ja pitkällä aikavälillä myös kilpailukyvyyn säilyttäminen sekä kasvattaminen. Laatu perustuu asiakkaan tarpeisiin, taloudellisuuden sekä yhteiskunnan asettamien vaatimusten täyttämiseen. (by 201, 177.) Lisäksi laatu vaikuttaa todella paljon rakennusliikkeen brändiin. Brändi on rakennusliikkeille todella tärkeä, sillä se vaikuttaa merkittävästi voittamiseen kilpailutettavissa kohteista sekä perustajaurakoinnissa asiakkaiden kiinnostukseen kohteista.

Laadunvarmistus sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että rakennus täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistuksen tavoitteena on löytää virheet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja ehkäistä virheiden syntyminen. Laadunvarmistamiseen liittyy vahvasti laaduntarkastus ja laadun dokumentointi. Laaduntarkastus on laadun mittaamista ja vertaamista asetettuihin tai sovittuihin vaatimuksiin. (by 201, 177.) Laadun dokumentoinnilla todennetaan, että rakenne on tehty suunnitelmien mukaisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen.

2.2 Viranomaisvaatimukset ja toleranssit

Laadunvarmistuksen tärkeä osa on varmistaa, että rakenteelle annetut viranomais määräykset täyttyvät. Parkkihallin betonirakenteiselle yläpohjalle vaatimuksia asettavat eurokoodistandardit, maankäyttö- ja rakennuslaki sekä ympäristöministeriön asetukset (by 201, 178).

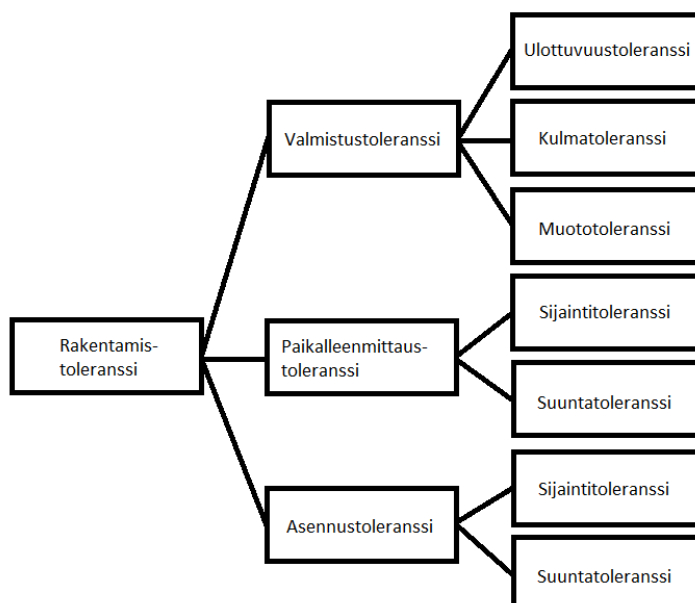
Vaativuusluokat

Paikalla rakennettavien betonirakenteiden toteutukselle on asetettu vaatimukset rakenteiden vaativuuden mukaan. Toteutusluokkia on kolme; 1, 2 ja 3. Vaativuusluokka 3 on vaativin. (by 65, 8.) Jälkijännitetyn paikallavalettavan yläpohjan toteutusluokka on yleensä luokka 3.

Toleranssit

Rakentamisessa sallittavia mittapoikkeuksia kutsutaan toleranssiksi. Toleranssit ovat valmiille rakennukselle tai kuten tässä tapauksessa rakenteelle sallittavat poikkeamat. Toleranssiluokkia on kaksi; 1 ja 2 (by65, 9). Jälkijännitetyt paikallavalettavat parkkihallit kuuluvat normaalisti toleranssi luokkaan 2, joka on eristyistoleransseja vastaava toleranssiluokka. Toleranssit perustuvat rakennuksille asetettaviin vaatimuksiin, joita ovat toimivuusvaatimus, lujuusvaatimus, vakausvaatimus, yhteensopivuusvaatimus ja laillisuusvaatimus. (by 201, 211.)

Rakentamistoleranssi muodostuu useammasta eri toleranssista, joita ovat valmistus-, paikalleenmittaus- ja asennustoleranssit (kuvio 1). Valmistustoleranssi nimensä mukaan pitää sisällään rakenteen valmistuksen toleranssin. Paikalleenmittaustoleranssi on muotin asennuspaikkaa osoittavan merkin sijainnin sallittu vaihtelu, kun kyseessä on paikallavaluholvi. Asennustoleranssi on muotin asennuksessa tapahtuva sallittu mittapoikkeama. (by 201, 212 – 213.)



KUVIO 1. Rakentamistoleranssin muodostuminen (by 201, 212, muokattu)

2.3 Betonityönjohtaja

Betonityönjohtaja vastaa ja valvoo rakenteiden valmistuksen aikana muoteista, muottien tukirakenteista, raudoitustöistä, betonitöistä sekä jännitystöistä. Lisäksi betonityönjohtaja vastaa siitä, että mittatarkkuuksista annettuja ohjeita noudatetaan sekä tarkastuksista laaditaan asiaankuuluvat dokumentoinnit. (by 201, 184.) Oleellisten työvaiheiden aikana betonityönjohtaja on joko itse oltava paikalla tai muilla keinoilla varmistettava, että työ toteutetaan ammattitaitoisesti ja suunnitelmien mukaisesti. (by 201, 220.)

Betonityönjohtajan laadunvalvontaan kuuluu myös kuormakirjan ja massan silmäääräinen tarkastus. Lisäksi betonityönjohtajan laadunvalvontaan sisältyy poikkeamien dokumentointi ja reklamointi toimittajalle korvaavia toimenpiteitä varten. (by 201, 185.) Laadunvalvonnan tärkeimpiä toimenpiteitä on laadunvarmistuksen dokumentointi, joita ovat muun muassa betonointipöytäkirja ja raudoitustarkastuspöytäkirja.

Betonityönjohtajan vastuulle kuuluu laadunvarmistuksen lisäksi työturvallisuus. Betonityönjohtajan tulee varmistaa, että kaikki työvaiheet ja niihin sisältyvät kustukset ovat turvallisia. Siirto- ja nostolaitteiden on oltava ehjiä sekä kapasiteetiltaan riittäviä. Muottikalustossa on käytettävä työohjeiden mukaisesti telinesiltoja, suo- jakaitteita, käsijohteita ja tuulisidontaa.

2.4 Betonityönjohtajan valmistelevat työt

Rakennushankkeesta laaditaan ennen rakentamisen aloitusta vähintään aikataulu-, taloudelliset laskelmat, tuotantotekniset suunnitelmat sekä laatu-, turvallisuus- ja ympäristösuunnitelmat. Betonityönjohtajalle kuuluu edellä mainituista asiakirjoista osa tuotantoteknisistä suunnitelmista. Tuotantoteknisiä suunnitelmia, kuten työvaiheen toteutussuunnitelma ja betonityösuunnitelma. (by 201 betonitekniikan oppikirja s.220.)

Betonityösuunnitelma

Betonityösuunnitelma on betonityöjohtajan vastuulla. Betonityösuunnitelmaa päivitetään koko työmaan ajan tarkentamalla kutakin betonointityötä ennen varsinaista työtä. (by 201, 220 – 221.)

Betonityösuunnitelma sisältää kohteen yleiskuvauksen ja aikataulujen lisäksi tuotantoteknisiä suunnitelmia kuten muotti- ja tukitelinesuunnitelman, raudoitus-suunnitelman, betonointisuunnitelman, jälkihoitosuunnitelman ja jälkituentasuunnitelman. Lisäksi betonityösuunnitelma sisältää laadunvarmistussuunnitelman, työturvallisuussuunnitelmat ja taloudelliset laskelmat. Betonityösuunnitelmaa tehdessä on tarvittaessa otettava huomioon myös talvityösuunnitelman tekeminen ja varautuminen mahdollisiin häiriöihin. (by 201, 221.)

Laadunvarmistussuunnitelma

Laadunvarmistussuunnitelma sisältää vähintään laadunvalvontasuunnitelman. Valvontasuunnitelmassa kirjataan kaikki laatuvaatimukset, tehtävät tarkastukset ja mittaukset sekä niiden laajuudet ja vastuuhenkilöt (by 201, 224).

Työturvallisuussuunnitelmat

Työturvallisuussuunnitelma (eli TTS) tehdään jokaisesta työvaiheesta erikseen. Suunnitelma sisältää työvaiheen kaikki riskit ja sen miten kyseisiin riskeihin varaudutaan. TTS:n lisäksi muita turvallisuussuunnitelmia on putoamissuojasuunnitelman, nostotyösuunnitelman, tulityösuunnitelman, telinetarkastukset sekä ensiapuvalmiuden varmistamisen.

Taloudelliset laskelmat

Laskelmat koostuvat muottien, raudoitusten, jännepunoksien ja betonin määrä- ja kustannuslaskelmista. Lisäksi laskelmat sisältävät henkilöstösuunnitelman, jossa on kirjattu henkilömäärät ammattiryhmittäin sekä aikataulut. (by 201, 224.)

3 MUOTTITYÖ

3.1. Muottityön johtaminen

Nykyaikainen muottitekniikka mahdollistaa nopean teollisen tuotannon (kuva 1). rakennesuunnittelulla sekä tuotannon suunnittelulla luodaan edellytykset kohteen toteutukselle ja muottitekniikan tehokkaalle hyödyntämiselle. Muottityön laatuun vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa muottityön laadunvarmistus, muotien työmaa aikainen huolto, muotiniirrotusaineet, varaukset, kiinnitykset, muotien käsittely, muotien varastointi, työsaumat ja työturvallisuus. (by 201, 230.)



KUVA 1. Dokan muottijärjestelmä

Muottityön laadunvarmistus

Vastaanottotarkastus on tärkeä osa muottityön laadunvarmistusta. Vastaanotto-tarkastuksessa tarkastetaan muottikaluston määrät, kaluston kunto ja puhtaus sekä muottiosien mittatarkkuus (by 201, 231). Kun muotit palautetaan, on tärkeä tehdä myös palautustarkastus. Tarkastuksessa tarkastetaan palautettavan muotikaluston määrät ja kunto. On suositeltavaa pyytää logistiikkayrityksen työntekijän allekirjoitus siitä, että hän kuitatessaan vastaa kyseisistä rahdissa olevista muottikalustosta. Tällä varmistetaan, että logistiikkayrityksen virheestä aiheutuvat kustannukset eivät ole työmaan vastuulla.

Työn aikaiseen laadunvarmistukseen sisältyy muottien mittatarkkuuden ja suoruuden tarkastaminen. Lisäksi siteiden määrä ja niiden pitävyys valupainetta vastaan on tarkastettava. (by 201, 231.) Muottien ja niiden tuennan on oltava suunnitelmien mukaiset. Muottisuunnitelmaa on noudatettava niin rakenteellisen kestävyuden kuin kalustonriittävyysdenkin takia. Tuentasuunnitelmasta poikkeaminen voi aiheuttaa poikkeuksellisen kuormitustilanteen ja työturvallisuusriskin. (by 201, 231.)

Muottipinnalla on merkittävä vaikutus betonipinnan laatuun valmiissa rakenteessa. Tästä syystä on kohteen betonipintojen laatuvaatimukset selvitettävä rakennusselostuksesta tai suunnittelijalta, jos suunnittelija ei ole määritellyt betonipinnalle luokkaa (AA, A, B tai C). Rakennusselostuksessa voi esiintyä käsitteet puhdasvalu, sileävalupinta tai raakavalupinta. Edellä mainitut käsitteet eivät määrittele betonipinnan laatuluokkaa, eikä niihin sisälly laatuvaatimuksia. (by 201, 257.)

Työturvallisuus

Muottityössä on paljon riskejä, erityisesti kun kyseessä on ilmaan tuettu yläpohjamuotti. Betonityönjohtajan tulee ottaa huomioon, etteivät muotit kaadu tai putoa aiheuttaen työturvallisuusriskejä. Putoamis- ja liukastumisriski on poistettava kokonaan tai loukkaantumisvaara on minimoitava, kuljettaessa jäisillä tai öljyisillä muoteilla. Muotti on tuettava niin hyvin, ettei muotti pääse heilahtamaan. Työntekijöillä on oltava henkilökohtaiset työturvallisuusvarusteet kunnossa, kuten silmäsuojaimet ja tarvittaessa putoamissuojaus. Silmäsuojaimet suojaavat muotinirrotusaineen roiskeelta tai betonikappaleen joutumista silmiin. (by 201; 232, 233.)

Tarkastukset

Muottien tarkastukset ennen valua on tärkeä toimenpide. Tarkastuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota muottien tiiveyteen, saumoihin, varauksiin ja työsaumoihin. Lisäksi tarkistetaan tukitelineet, joista tehdään erillinen tarkastuspöytäkirja.

Tarkastuksessa on varmistettava, että muotit ovat tehty suunnitelman mukaisesti, muottien sijainti ja mitat ovat suunnitelmien mukaisia, muotit ovat huolellisesti

puhdistettu sekä öljytty tai kasteltu sekä työ- ja suojatelineet ovat puhtaat, tukevat ja turvalliset; telineistä tehdään käyttöönottotarkastus. (by 201, 251.)

Muottien käsittely ja varastointi

Muottien varomattomalla käsittelyllä aiheutetaan yleensä pahimmat vauriot sekä muottipinnoille että muottien runkorakenteille. Muottikasetin välivarastointi muottipinnan varassa maassa tai betoniholvilla tuhoaa nopeasti vaneripinnan. Kosteus sekä turvottaa vaneria että heikentää sen lujuutta. Muotteja ei myöskään saa varastoida valukohteessa, vaan ne on irrotettava mahdollisimman pian betonin saavutettua vaadittavan muotinpurkulujuuden. Muottien kuljetuksissa tulee huolehtia, että muottikasetiniput ovat sidottu tukevasti eikä kasettien väliin ole jäänyt muottipintoja vaurioittavia kiviä tai betonin kappaleita. (by 201, 232.)

Muottien huolto

Muotti kierrossa kannattaa varata aikaa myös muottien huollolle, koska parhaimmankaan muottimateriaalin pinta ei säily laadukkaana ilman huoltoa. muottipinnanhuolto maksaa vain pienen osan siitä, mitä betonipinnan korjaaminen tai muottipinnan uusiminen. Yksinkertainen muottien huoltotoimenpide on niiden puhdistus heti muotinpurun jälkeen. (by 201, 231.)

Muotiniirrotusaineet

Muotiniirrotusaine vaikuttaa yhdessä muottipinnan kanssa valmiin betonipinnan laatuun. Muotiniirrotusaineiden tehtävänä on estää betonin tarttuminen muottiin, parantaa betonipinnan laatua ja helpottaa muotin puhdistusta. Muotiniirrotusainetta tulee käyttää jokaisella valukerralla tasaisesti, mutta mahdollisimman vähän. Liiallinen muotiniirrotusaine tulee pyyhkiä pois, jotta vältetään laatuvirheitä, kuten valumajäljiltä. Muotiniirrotusaine tiivistää muotin pintaa ja estää veden imeytymistä betonista muottiin. Tällöin betonipinnasta tulee vaaleampi ja tasavärisempi kuin ilman muotiniirrotusainetta. (by 201, 231.)

”Muotiniirrotusaineet voidaan jakaa toimintatapansa mukaan fysikaalisesti (hydrofobisen kalvon muodostava) tai kemiallisesti (hydrofobisen kalvon lisäksi irrottavan saippuakerroksen muodostava) toimiviin aineisiin.” (by 201, 251). Muotiniirrotusaineen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat, muun muassa yhteensopivuus

muotin pintamateriaalin ja käytettävän betonilaadun kanssa sekä käyttöolosuhteet (lämpötila sekä sateelle alttius). Tasaisen laadun varmistamiseksi on suositeltavaa käyttää samaa muotiniirrotusainetta koko valupinnalla. (by 201, 251 – 252.)

Pinnoittamattomalle vanerille ja puulevyllä sopivat muotiniirrotusaineet, kuten puhdas vesi, lisäaineilla täydennetyt mineraaliöljyt, kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet, vesiöljyemulsiot ja kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet. (by 201, 254.)

3.2. Muotti- ja tukitelinesuunnitelma

Muotti ja tukitelinesuunnitelma tulee tehdä ennen muottityön aloittamista. Suunnitelman toteutumista seurataan työn aikana ja tarvittaessa sitä tarkennetaan.

Muottityö tulee suunnitella hyvin, jotta kohteen laatuvaatimukset voidaan saavuttaa ja työ etenisi aikataulun mukaisesti. Suunnitelmalla on myös olennainen vaikutus muottikaluston optimaaliseen määrään ja kustannuksiin. Suunnitelmalla turvataan myös muottityön turvallisuus. (by 201, 247.)

Muotti- ja tukitelinesuunnitelma sisältää seuraavat asiat:

- Muotin suunnittelun ja valinnan.
- Muottien käyttösuunnittelun (muottikierto, huolto ja betonointiaukot).
- Muottityön työturvallisuussuunnitelman.
- Muottien paikalleenmittaussuunnitelman.
- Muottien tarkastuksen (laajuus, tekijä ja dokumentointitapa).
- Muottien ja tukirakenteiden purkusuunnitelman. (by 201, 222.)

Muottitarpeen määrittäminen

Muottitarve määritetään runkoaikataulun ja mahdollisten välitavoitteiden perusteella. Piirustuksista ja määräluetteloista lasketaan muottityötä vaativien rakenteiden määrät. Aikataulusta selvitetään rakenteen tekemiseen varattu aika sekä muottityöhön käytettävissä oleva aika. Lisäksi lasketaan keskimääräinen päivittäinen muottityön määrä. (by 201, 248.)

Muottikierron määrittäminen

Muottikaluston kiertoajan suunnittelussa otetaan huomioon muun muassa toteutusajankohta, työntekijöiden ammattitaito, raudoitustyöt, betonointityöt sekä betonin kovettumiseen kuluva aika. Lisäksi muottikierron suunnittelussa otetaan huomioon muottien purku, puhdistus ja siirto. Muottikaluston määrää arvioitaessa tulee ottaa huomioon liikuntasauvojen ja vastaavien seikkojen vaikutus. (by 201, 249.)

4 RAUDOITUKSEN JA JÄNNEPUNOSTEN ASENNUSTYÖ

4.1 Raudoitustyön johtaminen

Betonityönjohtajan tulee tarkastaa, että raudoitukset asennetaan suunnitelmien ja ohjeiden mukaisesti (kuva 2). Työmaalla raudoitteiden valmistelu rajoittuu yleensä teräksen katkaisuun ja taivuttamiseen. Raudoitteita tulee käsitellä kuljetuksessa, varastoinnissa ja asennettaessa niin, ettei niihin synny pysyviä muodonmuutoksia. Työnjohtajan tulee kiinnittää huomiota myös raudoituksen varastointiin. Varastoinnin aikana raudoitteet eivät saa joutua syövyttävien aineiden tai muiden haitallisten vaikutuksien alaiseksi. Esimerkiksi, maata vasten raudoitusten säilyttäminen on ehdottomasti kielletty. Raudoitus ei saa olla niin ruostunutta, että ruosteisuus vaikuttaa haitallisesti lujuus ja tartuntaominaisuuksiin. (by 201, 290 – 291).



KUVA 2. Palkin raudoitus

Raudoitteiden standardit ja toleranssit

Raudoitteiden suositeltavat taivutustyyppit, taivutusmittojen määräysperiaatteet ja mittatoleranssit on esitetty standardissa SFS 1267: betoniraidoitteet. Yleisesti raudoitukselle sovelletaan standardin SFS 1267 mittatoleranssiluokkaa (N), ellei muuta ole sovittu. Toleranssiluokka N vastaa likimain standardin SFS-EN 13670 toleranssiluokan 1 vaatimuksia. Jälkijännitetty betonirakenne on poikkeuksellisen vaativa rakenne ja tästä syystä tulee olla yhteydessä rakennesuunnittelijaan, jos suunnitelmissa ei toleranssia mainita. (by 201, 290.)

Raudoituksen tuenta ja jatkosten sidonta

Raudoitus tulee tukea muotteihin välikkeiden ja työraudoituksen avulla niin tiheästi, että raudoituksen sijainti rakenteessa on toleranssien mukainen. Raudoitteiden jatkokset tehdään suunnitelmien mukaisissa kohdissa pääosin limitysjatkoksina. Vaihtoehtoisesti jatkoksen voi tehdä myös hitsaamalla, muhveilla tai muilla erikoisjatkoksilla. Limittyvät tangot sijoitetaan ja sidotaan toisiinsa, ellei suunnitelmissa toisin mainita. (by 201, 291.) Jos suunnitelmissa ei ole esitetty raudoitteiden jatkospituuksia, käytetään standardin mukaisia vaateita. Limitysjatkoksen pituuteen vaikuttaa muun muassa käytettävän betonin lujuusluokka ja teräksen halkaisija. (RIL 202-2011/by61, 68.)

Raudoitteiden väliset etäisyydet tulee olla sellaiset, että betoni voidaan valaa ja tiivistää huolellisesti. Tiheästi raudoitetulla alueella tankoja niputetaan tarvittaessa valu- ja tiivistysaukkojen aikaansaamiseksi. Tankojen niputus esitetään suunnitelmissa. (by 201, 291.)

Käytettävien välikkeiden ja tukien tulee kestää kaikki valun aikaiset rasitukset. Betonisten raudoitusvälikkeiden tulee antaa yhtä hyvä korroosio suoja kuin rakenteen betoni. Betonipintaan suoraan kosketuksessa olevia teräsvälikkeitä saa käyttää vain rasitusluokissa X0 ja XC1. (by 201, 291.) Parkkihallien yläpohjarakenteissa käytetään rasitusominaisuuksiltaan kestävämpää betonimassaa, esimerkiksi XC3, XF1, koska yläpohjat ovat kohtalaisen kosteissa olosuhteissa ja ovat alttiina mahdollisesti jäätymiselle. Tästä syystä parkkihallin yläpohjarakenteessa työterästen käyttö välikkeinä on kielletty.

Betonipeite

Betonipeitteen tehtävä on terästen ruostumisen estämisen lisäksi myös teräksen ja betonin välinen tartunta. Riittävän paksu betonipeite kestää halkaisuvoimien vaikutuksen ja varmistaa teräksen ja betoni yhteistoiminnan. Tästä syystä betonipeitteen paksuus valitaan tartuntavaatimuksen, säilyvyysvaatimuksen ja rakenteen palonkestävyysvaatimuksen perusteella. (by 201, 266 – 267.) Jos suunnitelmassa ei ole esitetty betonipeitteen vähimmäisarvoa, käytetään standardin mukaisia arvoja. Tällaisessa tapauksessa kannattaa olla yhteydessä suunnittelijaan. Vähemmän haastavissa rakenteissa betonipeite voidaan määritellä peitteen vähimmäisarvon ja toleranssin eli sallittujen mittapoikkeamien avulla (RIL 202-2011/by61, 25 – 27).

Asennustarkastukset

Raudoitukselle on annettu sallitut mittapoikkeamat, joiden rajoissa asennustyö on voitava suorittaa. Raudoitukseen ei saa tulla muissa työvaiheissa sellaisia siirtymiä, mutkia tai taipumia, että sallitut mittapoikkeamat ylitettäisiin. Rajoitukset koskevat pääraudoituksen sijaintia, betonipeitteen paksuutta sekä ankkurointi-, jatkos- ja tartuntapituuksia. (by 201, 295.)

Toteutusluokassa 3. tarkastukseksi riittää silmämääräinen tarkastus. Tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota raudoituksen laatuun, määrään, sijaintiin, mittoihin, tuentoihin, sidontoihin ja muihin asioihin, jotka vaikuttavat betonointisuorituksen onnistumisen varmistamiseen (by 201, 296). Lisäksi tarkastuksessa tarkastetaan kaikki kantavuuden ja säilyvyyden kannalta merkittävät rakenneosat yksityiskohtaisesti. Tarkastuksen tekemiseen riittää omavalvonta, ellei toteutuseritelmässä ole muuta mainittu. (by 69, 53.) Laadunvarmistuksen kannalta on todella suositeltavaa, että raudoituksen tarkastuksessa on mukana betonityönjohtajan lisäksi kohteen rakennesuunnittelijat. Lisäksi tarkastuksesta tulee tehdä tarkastuspöytäkirja, jonka kaikki tarkastukseen osallistuvat osapuolet allekirjoittavat. Pöytäkirjaan on hyvä ottaa valokuvia todenteeksi raudoituksen oikeellisuudesta.

Tarkastuksessa tulee tarkastaa, että teräkset ja jännepunokset on asennettu piirustusten mukaisesti, sekä terästen ja jänteiden laadut ovat oikeat. Terästen ja punosten pinnat tulee tarkastaa pintavikojen sekä tartuntaa huonontavien aine-

den varalta (jää, rasva, kovettunut betoni ja lika). Tarkastuksessa tulee huomioida, että raudoituksen ja muotin väliin jäävän betonipeitten määräykset täyttyvät. Lisäksi tulee tarkastaa, että punoksien taivutussäteet, jatkospituudet ja ankkurointipituudet täyttyvät. On tärkeä tarkastaa, että raudoitus on sidottu ja tuettu tarpeeksi tiuhaan. (by 201, 296 – 297.)

Työturvallisuus

Raudoitus on yksi raskaimmista ja vaarallisimmista rakennustyön vaiheista. Työterveyslaitoksen haastattelututkimuksen mukaan raudoittajien työpaikan terveyshaittoja ovat erityisesti epämukavat työasennot, raskaat nostot, veto, kylmyys, ilmankosteus, haitallinen valaistus, melu, metallipöly ja hitsaussavu. (by 201, 297.)

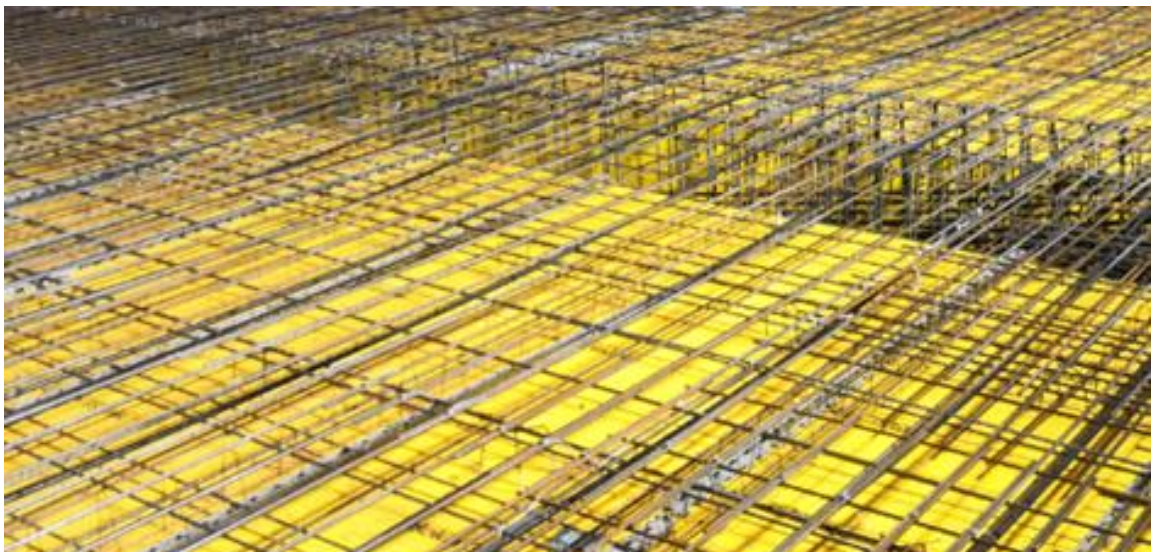
Pystyssä olevat harjateräksen tartunnan pää tulee varustaa suojuksella. Vaihtoehtoisesti tartunnat voidaan korvata mekaanisilla jatkoksilla, esimerkiksi muhveilla. Vaakasuuntaiset tartunnat tulee peittää, esimerkiksi rakennuslevyllä. Esiin pistävät sidelangat ovat taivutettava kohti rakenteen sisäosia tai suojata muulla tavalla. Raudoitustyön epäergonomisia työasentoja voidaan vähentää esimerkiksi käyttämällä valmisraudoitteita. Vältetään liian raskaita käsin tehtyjä nostoja ja hyödynnetään kalustoa. Raudoitteita nostettaessa nosturilla on kiinnitettävä huomiota nostoapulaitteiden huolelliseen kiinnitykseen, taakan mahdollisimman jäykäksi muodostamiseen, oikeiden kiinnityskohtien valitsemiseen, taakan pyörimisen estämiseen ja nostoalueen tyhjentämiseen tarpeettomista ihmisistä. Käytetään vain turvallisia tarkastettuja telineitä, portaita, tikkaita, suojalaitteita ja henkilökohtaisia putoamissuojia. Huolehditaan lumen poistosta ja liukkauden torjunnasta. (by 201, 297 – 298.)

4.2 Raudoituksen työsuunnitelma

Onnistuneen raudoituksen edellytyksenä on suunnitelmallinen toiminta. Jos raudoituksen toteutumistapaa mietitään hyvissä ajoin ennen asennustyötä, voidaan toteutuksen aikataulussa ja työmaalla tarvittavissa resursseissa saavuttaa merkittäviä säästöjä. (by 201, 290.)

Raudoituksen työsuunnitelmaa tehdessä on paljon asioita, joita tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi, että käytetäänkö rakenteessa raudoituskomponentteja. Lisäksi tulee huomioida raudoituksen tuentaan liittyvät asiat kuten, minkälaisia välilikkeitä ja tuentapukkeja käytetään sekä millä jaolla. Entä työterästen tarve ja minkä kokoista työterästä kussakin kohtaa käytetään. Raudoituksen työsuunnitelmassa tulee huomioida myös, että minkälaista nosto-, siirto-, sidonta-, hitsaus- tai leikkauskalustoa tarvitaan. Lisäksi täytyy miettiä, että tarvitaanko raudoituksen suojaamista tai puhdistamista lumesta, jäätystä tai lehdistä ennen valua. Suunnitelmassa tulee myös huomioida rautojen varastointi ja logistiikka. (by 201, 290.) Pintaraudoituksen päällä kävellään, joten pintaraudoitteet asennus tiheyteen on kiinnitettävä huomiota, esimerkiksi 150 mm:n jaolla olevan pintaraudoituksen päällä on turvallisempi kävellä kuin 200 mm:n (kuva 3).

Raudoituksen työsuunnitelma sisältää asioita, kuten rauditusluettelot, aikataulut, raudoituksen tuenta-, logistiikka ja varastointisuunnitelma. Lisäksi työsuunnitelma sisältää resurssi- ja kalustosunnitelmat rakenneosittain. Työsuunnitelmaan tulee kirjata suunnitelmien mukaiset jänteiden ankkurointikulmat ja niiden toleranssit. Lisäksi suunnitelmaan tulee kirjata jännitystyön menetelmäkuvauksen sekä tiedot taivutuksista, jatkospituuksista ja jatkosten sijainnista. Suunnitelmissa tulee huomioida raudoituksen asennusjärjestys sekä suunnitelmaan olisi hyvä kirjata, että käytetäänkö esivalmistettuja raudoitteita vai työmaaraudoitusta. Työsuunnitelmassa tulee kirjata ohjeet raudoitustarkastuksesta: sen laajuus, tekijä ja dokumentointi tapa. (by 201; 222 – 223, 385.)



KUVA 3. Palkin ja laatan pintarauditus

5 JÄNNEPUNOKSIEN JÄNNITYSTYÖ

Tartunnaton jänne on ankkurijännebetonin sovellus. 7-lankaiset jänteet on suojattu rasvakerroksella ja tartunnan estävällä kuorella. Jänteet jännitetään noin 200 kN:n voimalla ja ankkuroidaan kiilaamalla. Rasvakerroksen ansiosta kitka on pieni ja rasvakerros myös suojaa jänteitä korroosiolta. (by 201, 382.)

Jälkijännitysmenetelmä tarjoaa mahdollisuuden säästää rakennusmateriaaleissa. Betonimenekki voi olla 15 – 30 % ja teräsmenekki 60 – 80 % pienempi kuin tavallisessa betonirakenteessa. Materiaalimenekkisäästön lisäksi jännitetyllä rakenteella on muitakin etuja tavalliseen teräsbetonirakenteeseen verrattuna. Halkeilemattomaksi jännitetty rakenne saa hyvän korroosiosuojan. Jännitetyn rakenteen muodonmuutokset ovat pienempiä kuin jännittämättömien, esimerkiksi jännitetyn palkin taipuma on vain noin 25 % vastaavan teräsbetonipalkin taipumasta. Muodonmuutokset palautuvat hyvin, ja rakenne on sitkeä. Hetkellisen ylikuorman aiheuttamat halkeamat sulkeutuvat kuorman poistuessa. Rakenteen väsytyslujuus on hyvä, eli se kestää hyvin vaihtelevia kuormia teräsjännitysten pysyessä lähes vakiona. (by 201, 387.)

5.1 Jännitystyön johtaminen

Vastaavalta työnjohtajalta sekä betonityönjohtajalta edellytetään kohteen vaativuusluokan mukaisia pätevyyskatsauksia ja heidän tulee olla perehtynyt käytettävään jännemenetelmään. Jännitetyt rakenteet luokitellaan vaativaan tai poikkeuksellisen vaativaan luokkaan, joka tarkoittaa, että jännitetyt rakenteet voidaan toteuttaa toteutusluokassa 2 tai 3. Toteutusstandardissa ja sen kansallisessa soveltamisohjeessa on esitetty vaaditut tarkastukset ja niiden dokumentointi. (by 69, 52 – 53.)

Jännitettyjen rakenteiden asennustyönjohtajalta odotetaan vähintään viiden vuoden työkokemusta jännitetyistä rakenteista ja vähintään vuoden työkokemusta asianomaisen jännemenetelmän osalta. Lisäksi jännemenetelmän ETA-hyväksynnässä voidaan esittää vaatimuksia asentajille sekä asennustyönjohdolle. (by 69, 52 – 53.) Tästä syystä jännitystyönjohtaminen sisällytetään pääsääntöisesti

jännitysurakoitsijalle. Jännitysurakoitsijan työnjohto ei päivystä työmaalla, joten betonointityönjohtajan täytyy olla tietoinen jännitystyöstä ja jännitysmenetelmästä, jotta hän pystyy reagoimaan jännitystyössä tapahtuviin ongelmiin.

5.2 Jännitystyön laatusuunnitelma

Eritysit tarkkaavaisuutta jännitystyön laadunvarmistuksessa vaaditaan jänteiden ja terästen asennuksen yhteydessä, mutta myös itse jännitystyössä pitää ottaa huomioon tiettyjä tärkeitä asioita.

Jännitystyön osalta laatusuunnitelmassa tulisi sisältää asioita, kuten

- toteuttajan hankeorganisaation kuvaus vastuuhenkilöineen
- toteuttajan osaamisen ja resurssien arviointi asetettuihin vaatimuksiin
- tarkastuksen periaatteet vastuineen
- suunnitelma laadunvalvonnan toimenpiteistä ja tallenteista
- jännemenetelmän eurooppalainen tekninen hyväksyntä, tyyppi hyväksyntä tai rakennuspaikkakohtainen hyväksyntä
- jännepunoksen tyyppi hyväksyntä tai rakennuskohtainen hyväksyntä
- jännittämistöitä koskeva työturvallisuussuunnitelma
- menetelmäkuvaus (toteutukseen liittyvät erityispiirteet liittyen jännemenetelmään ja työn toteuttamiseen)
- käytetyn jännityskaluston kalibrointi todistukset voimassaoloaikoineen. (by 69, 52.)

Toteutuseritelmässä tulee olla esitettynä kaikki vaatimukset jänteiden tarkemittauksille ja toteutusstandardin vähimmäisvaatimusten lisäksi suoritettavista tarkastuksista. (by 69, 52.)

5.3 Jännityssuunnitelma

Niin kuin muistakin jälkijännitetyn rakenteen työvaiheista, myös jännityksestä tehdään tehtäväkohtainen suunnitelma. Jännityssuunnitelmassa voidaan yhdistää jänteiden asennussuunnitelma sekä jännitystyösuunnitelma.

Jännityssuunnitelma sisältää menetelmäkuvauksen, kuten jänteiden tyypit ja ominaisuudet sekä jänteiden asennuspiirustuksen. Lisäksi suunnitelma sisältää jännitysjärjestyksen ja mahdolliset vaatimukset vaiheittaiselle jännitykselle sekä jännitysvoimat ja venymät. Suunnitelma sisältää myös ankkurointiliukumat ja niiden toleranssit sekä betonin lujuusvaatimukset eri vaiheissa. Suunnitelmassa tulee myös esittää muotin tukirakenteiden säätöä ja purkamista jännitystöiden aikana koskevat ohjeet sekä työturvallisuussuunnitelman. (by 201, 385.)

5.4 Jännityspöytäkirja

Jännityspöytäkirjan tekee rakennesuunnittelija. Pöytäkirjan täyttää jännitysurakoitsija venymien osalta. Jännitysurakoitsija allekirjoittaa täytetyn pöytäkirjan, jonka jälkeen rakennesuunnittelija allekirjoituksellaan hyväksyy pöytäkirjan sallitut venymät.

Rakennesuunnittelija merkitsee pöytäkirjaan jännemenetelmän nimen ja voimassaolevan tuotehyväksynnän tunnuksen sekä jänteiden tyyppin ja koon. Lisäksi suunnittelija merkitsee jänteiden numerot, jotka vastaavat piirustuksissa esitettyjä numeroita. Pöytäkirjasta tulee löytyä myös jänteiden pituudet (katkaisu- ja tehokaspituus) sekä jänteiden teoreettinen venymä lukitusliukuman jälkeen, kimmainen kokoonpuristuma huomioiden ja yksittäisen punoksen venymän sallitut minimi- ja maksimiarvot. Jännitys voimat ja betonin vähimmäislujuus jännityshetkellä tulee olla merkittynä pöytäkirjaan. (by 201, 386.)

Jännitysurakoitsija täyttää pöytäkirjaan toteutuneiden venymien lisäksi lämpötilat jännittämishetkellä, jänteiden liukumat tai katkeamiset, ankkureiden liukumat tai poikkeukselliset kitkan vaikutukset (by 201, 386).

6 BETONOINTITYÖ

Suunnitelmista on löydyttävä betonilta vaaditut ominaisuudet, kuten betonin lujuus luokka, rakenteen rasitusluokka, rakenteen suunniteltukäyttöikä, maksimi reakoko, jänneterästen jännittämisljuuus, muotin purkuljuuus, toleranssit sekä erikoisvaatimukset kuten pintakaadot. (by 201, 309.)

Betoni pumppuauto sekä raudoituksen tiheys rajaa betonin maksimiraekokoa. Suuremmat reakoot kuin 16 mm, aiheuttavat puomin tukkeutumisriskin. 16 mm maksimi reakoko on yleisin käytetty, koska kun reakoko pienenee, sementtiliiman määrä kasvaa. Tämä lisää betonin kutistumaa ja halkeiluriskiä sekä muodonmuutokset kasvavat. (by 201, 310.) Betoniteollisuus ry:n työturvallisuustiedotteessa on esitetty linjojen halkaisijan vaatimus betonilaadittain kullekin maksimi reakoolle (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Pumppauslinjan sisähalkaisijan sallitut maksimiraekoot (by 201, 332)

Betoninlaatu	Betonin kiviaineksen maksimiraekoko			
	8 mm	12 mm	16 mm	32 mm
Rakennebetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Säänkestävä rakennebetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Imubetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Lattiabetoni	2,5" (50 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	
Saumausbetoni, juotos- ja harkkobetoni	2,5" (50 mm)	3" (75 mm)		

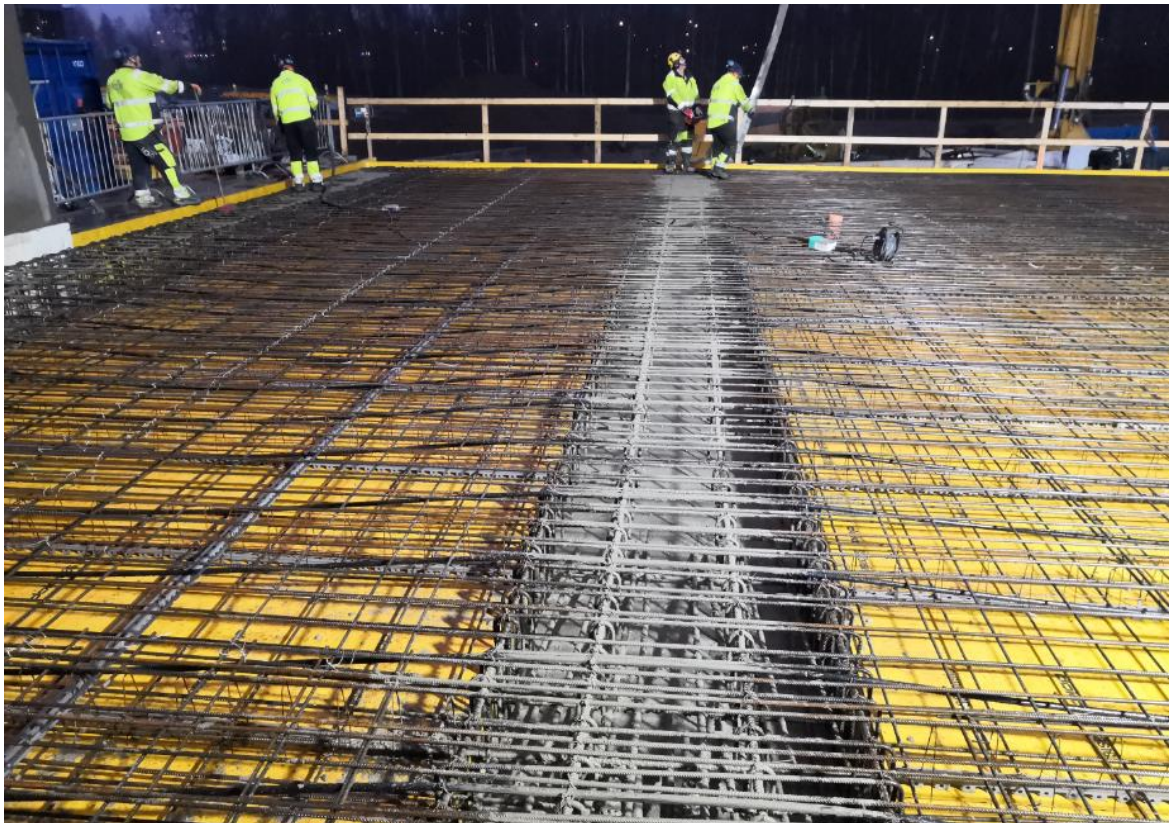
6.1 Betonointityön johtaminen

Aikataulu

Aikataulussa pysyminen vaatii usein muottikierron nopeuttamista suunnitellusta tai aikataulu on suunniteltu alun perin nopeaksi. Tällöin betonilta edellytetään nopeaa lujuudenkehitystä, joka on mahdollista saavuttaa työmaalla tapahtuvan oikealla jälkihoidolla ja oikealla betonilaadun valinnalla (by 201, 310).

Betonimassa

Palkit ja laatat valetaan pääsääntöisesti yhdellä valulla yhtenäiseksi rakenteeksi. Kutistuman ja lämmönkehityksen osalta palkin betoni tulisi olla mahdollisimman samanlaista kuin laatan betoni. Tiheästi raudoitettut palkit vaativat notkeaa massaa tai jopa itsetiivistyvää betonia, jotta betoni saadaan tiivistettyä huolella (kuva 4). (by 201, 312.)



KUVA 4. Palkit valetaan notkealla massalla, jotta massa saadaan tiivistettyä kunnolla

Työmaalla huomioon otettavia seikkoja

Työmaalla tulee huomioida, että betoniauto on lastattuna raskas. Tästä syystä työmaatien tulee olla riittävän kantava ja leveä. Lisäksi tulee huomioida, että betoni auton kääntösäde on noin 13 m. (by 201, 326.)

Parkkihallien yläpohjan valut ovat vaativia ja todella isoja valukohteita. Tästä syystä on suunniteltava betonointityö huolellisesti ja suunnitelmaan sisällyttää kaikki vaaditut asiat. Betonointityö on hyvä suunnitella valmisbetonin toimittajan kanssa. Valmisbetonin toimittajan kanssa on vähintään tehtävä pumppaussuunnitelma, työmaa katselmus sekä käytävä aloituspalaveri.

Pumppaussuunnitelma

Pumppaussuunnitelmassa on merkittävä betonin toimittajalle esitetyt vaateet kuten, esimerkiksi pääbetoniaseman varaus määriteltyä m³/h kohden sekä varaus nimeäminen. Kalustorikkoihin tulee varautua, jotta betonointi ei keskeytyisi tai hidastuisi. Suunnitelmassa on hyvä kirjata sovitut betoniautokuljettajat, joille on annettu työmaan perehdytys etukäteen. Betoniautokuljettajat on hyvä sopia etukäteen, koska kun toimittajan kanssa on sovittu tietyt kuljettajat (mahdollisesti myös varakuljettajat), toimittaja suuremmalla todennäköisyydellä varaa juuri nämä autot vain työmaan käyttöön eikä autoille tule välissä muita keikkoja, jotka hidastaisivat valua.

Pumppaussuunnitelmaa tehdessä ja ennen pumppauksen aloittamista on varmistettava, että pumppuautokuljettajalla on esteetön näkyvyys koko työalueelle sekä esteetön kulku hätäpysäytyspainikkeelle. On määritettävä sähkölinjojen sijainti ja niihin tarvittavat turvaetäisyydet. Pumppuauton suunnitellussa paikassa pitää varmistaa, että tukijalkojen riittävä levitys on mahdollista sekä maapohja on riittävän kantava tukijalkojen alla. Lisäksi pumpun suunnitellussa paikassa täytyy huomioida puomin liikuttelemista vaikeuttavat esteet. Vaara-alueella oleskelevia on varoitettava ja tarvittaessa vaara-alue on eristettävä. Pumppaussuunnitelmassa tulee arvioida letkujen suojaustarve. On otettava huomioon ympäristön liikkuvat ihmiset sekä omaisuusvahingot. (by 201, 330.)

Työturvallisuus

Betonin on itsessään emäksisyyden takia haitallista, mutta myös betonin pump-paukseen sisältyy paljon työturvallisuusriskejä ja huomioita vaativia asioita. Ennen holvin pumppaustyön aloittamista on täytettävä betonipumppuauton pystytyspöytäkirja sekä arvioida työmaalla olevat riskit, kuten esimerkiksi betonipumpun siirtoputkistossa on suuri paine ja letkun räjähtäessä betonimassa voi aiheuttaa hengenvaaran, vakavia vammoja sekä omaisuusvahinkoja. Myös betonipumppauksen ympärillä olevat sähkölinjat ja nosturit tulee huomioida. Huonosti kantavan maan takia betonipumppuauto voi kaatua. Putkilinjassa tulee huomioida, että jatkoksien kiinnitys on varmistettu sokkaliitoksella ja varmistusketjulla sekä puomin päätyletkussa ei saa olla metallista jatkospäätä, koska se voi tukoksen sattuessa iskeytyä valua suorittavaan henkilöön. Lisäksi laitevalmistajat ovat asettaneet betonipumppaukselle -15 C:n pakkasrajan. Alhainen lämpötila voi jäädyttää putkistoja, rikkoa kalustoa ja kasvattaa työtaturmariskiä. (by 201, 329 – 330.)

Laadunvarmistus

Betonointityön laadunvarmistuksen kannalta olennaisia asioita ovat, että valunopeus ja massan pudotuskorkeus ovat korkeintaan betonointisuunnitelman mukaisia. Valettavan betonin runkorakenteen erottumisvaaran vuoksi, betonimassan vapaa pudotuskorkeus on pidettävä mahdollisimman pienenä, korkeintaan 1,0 – 1,5 m. Valutyö suoritetaan pääsääntöisesti maksimissaan 0,3 – 0,5 metrin kerroksina riippuen massan notkeudesta, rakenteesta, raudoituksesta ja betonille asetetuista vaatimuksista. (by 201; 332 – 333.)

6.2 Betonointisuunnitelma

Yksinkertaisuudessaan betonointisuunnitelmaksi riittää pienissä valuissa betonointipöytäkirja. Parkkihallien yläpohjien betonointimäärät ovat isoja, joten niistä on hyvä tehdä kattava betonointisuunnitelma.

Kattava betonointisuunnitelma sisältää muun muassa tiedot valettavasta rakenteesta sekä minkälaisissa osissa rakenne valetaan ja millä valunopeudella. Li-

säksi suunnitelma sisältää betonin perusominaisuuksista sekä betonointimenetelmästä vaadittavat tiedot, kuten betonin tiivistämisestä ja siirroista. Hyvässä suunnitelmassa käydään läpi myös aikataulut, betonimenekit sekä vaadittavat henkilö ja kalustoresurssit. Kalustoresursseissa on hyvä huomioida betonin kuljetukseen, siirtoon, tiivistykseen ja viimeistelyyn vaadittava kalusto. Lisäksi betonin suojaukseen käytettävät menetelmät ja kalustot tulee suunnitella etukäteen. Vaativassa ja poikkeuksellisen vaativassa toteutuksessa vaaditaan varakalustosuunnitelma. Suunnitelmaan on hyvä lisätä tarvittaessa talvibetonointisuunnitelma. (by 201, 223.)

6.3 Jälkihoito ja jälkihoitosuunnitelma

Jälkihoito on tärkeä osa betonointia, jotta suunnitellut ominaisuudet saavutetaan. Jälkihoidossa on paljon huomioon otettavia asioita (kuvio 2). Esimerkiksi yläpohjan jälkihoitoa on valetun rakenteen suojaaminen sateelta, tuulelta, auringonpaisteilta, virtaavalta vedeltä sekä kylmältä ilmalta. Lisäksi veden haihtumisen estäminen ja rakenteen pitäminen kosteana. Myös oikean kovettumislämpötilan huolehtiminen on jälkihoitoa. Rakennetta voidaan myös lämmittämisen lisäksi joutua viilentämään, jos rakenteen sisäinen lämpötila kohoaa liian korkeaksi. Jälkihoitoksi luetaan myös, jos rakennetta joudutaan tehostetusti kuivattamaan pinnoitettavuuden takia. (by 201, 342.)



KUVIO 2. jälkihoidossa huomioon otettavia tekijöitä (by 201, 342, muokattu)

Jälkihoidosta on hyvä tehdä oma suunnitelma, joka sisältää asioita, kuten jälkihoitoluokan ja tiedot käytettävistä jälkihoitomenetelmistä. Esimerkiksi miltä haitalta halutaan rakenteen oltavan suojattu ja miten se suojataan. Minkälainen on varhaisjälkihoito ja varsinainen jälkihoito. Millä tavalla lujuudenkehitystä seurataan, entä muiden ominaisuuksien seurantamenetelmät. Lisäksi on tärkeä kirjata taho, kuka jälkihoidosta vastaa. (by 201, 223.)

Jälkihoitoluokka kertoo, kuinka pitkään jälkihoitoa tulee tehdä valamisen jälkeen. Jälkihoidon kesto mitataan betonin saavuttaman lujuuden avulla. Jälkihoitoluokka määritetään toteutuseritelmässä. Yleisesti jälkijännitetyissä rakenteissa suositellaan käytettäväksi jälkihoitoluokkaa 4. (by 69, 57.)

6.4 Jälkituentasuunnitelma

Jälkituentasuunnitelman tekee pääsääntöisesti muottisuunnitelman tekijä, joissain tapauksissa rakennesuunnittelija. On kuitenkin hyvä tarkastaa, että suunnitelma sisältää tarvittavat tiedot kuten ohjeet tarvittavasta jälkituennasta, jälkituennan kestoajan sekä henkilön, kuka vastaa jälkituennasta. (by 201, 223.)

7 VEDENERISTYSTYÖT

Vedeneristyksellä estetään veden tunkeutuminen parkkihallin yläpohjaan. Pääsääntöisesti vedeneristykseenä parkkihallien eristämisessä käytetään kumibitumikermi eristettä. Yleisimmin kumibitumikermi kiinnitetään alustaan kauttaaltaan liimaamalla kuumalla kumibitumiliimamassalla.

7.1 Vedeneristyksen laadunvarmistus

Tässä kappaleessa esitetään laadukkaan vedeneristyksen vaatimuksia sekä laadunvarmistustoimenpiteitä, joilla varmistetaan laadukkaan vedeneristystyön onnistuminen. Kappaleessa käydään asioita läpi kuten alustan kallistukset, alustan laatuvaatimukset, vedeneristyskerroksen kiinnitys alustaan, tarkastukset ja koheet, vedeneristyksen tarkastukset.

Alustan kallistukset

Käännettyjen kattojen vedeneristys asennetaan suoraan rakenteen päälle. Peruskallistukset tulee tehdä yläpohjarakenteella, jonka lisäksi vastakkaiskaadot erillisellä raudoitetulla pintalaatalla.

Kansirakenteelle on annettu ohjeistus, että kallistukset tulee olla riittävät, eikä vesi saa lammikoitua. Käyttöluokan VE80 mukaan, kallistuksena tulee olla vähintään 1:80. Sadevesikaivojen etäisyys toisistaan tulisi olla alle 10m. (RT 85-10729, 3.) Jos pinnan kaato on loivempi kuin 1:80 ja kaltevuutta ei voida lisätä, noudatetaan taulukon 2 mukaisesti VE80R- tai VE80-käyttöluokitusta (RT 85-11253, 3).

TAULUKKO 2. Katon katteet ja kaltevuudet (RT 85-11253, 2 muokattu)

	4:1 (7,6°)	3:1 (71,5°)	2,5:1 (68°)	2:1 (63°)	1,5:1 (56°)	1:1 (45°)	1:2 (27°)	1:3 (18°)	1:4 (14°)	1:5 (11°)	1:6 (9,5°)	1:7 (8°)	1:8 (7°)	1:10 (6°)	1:16 (3,5°)	1:20 (2,8°)	1:40 (1,5°)	1:80 (0,7°)
Jyrkät bitumikermikatot																		
Bitumikermi, kolmiorimakatto, ilman aluskermiä																		
Bitumikermi, kolmiorimakatto, aluskermillä (AKK)																		
Bitumikermi, tiivissaumakate (itseliimautuvat tai kylmäliimattavat saumat)																		
Jiirialueilla käytetään aluskermiä																		
Bitumikattolaatta, aluskermillä																		
Loivat bitumikermikatot, käännetyt rakenteet, liikennöidyt tasot (kansirakenteet) ja viherkatot																		
1-, 2- ja 3-kertainen bitumikermikate																		
Katerakenteet kullekin kattokaltevuudelle käyttöluokittain, jotka täyttävät kermien tuoteluokkavaatimukset, esitetään ohjekorteissa RT 85-10851 ja RT 85-10799 sekä julkaisuissa RIL 107-2012 ja Toimivat katot.																		
										VE40								
											VE80	VE80R						

Alustan laatuvaatimukset

Kansirakenteen betonin pinta tulee vastata vähintään hierrettyä pintaa, josta on poistettu kermin kiinnitystä heikentävä sementtiliimakerros. Alustassa ei saa olla epätasaisuuksia, jotka voivat vaurioittaa vedeneristystä. Esimerkiksi kaikki yli 3 mm:ä suuremmat hammastukset tulee tasata kaltevuuteen 1:5. (RT 85-10729, 3.)

Vedeneristystyö tulee tehdä yhtäjaksoisesti valmiiksi, jos työ joudutaan keskeyttämään, eristetty alue tulee suojata hyvin. Alustan suhteellista kosteutta tulee seurata kosteusmittauksilla. Kostea alusta tulee kuivata. Tarvittaessa järjestetään koneellinen tuuletus. (RT 85-10729, 6.)

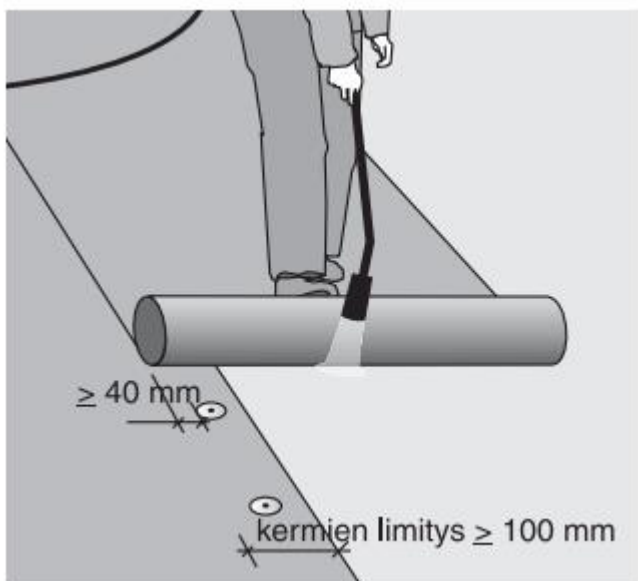
Pinnoitettavalle betonipinnalle tulee antaa riittävästi aikaa kuivumiselle. Normaaliosuhteessa betonipinnan tulee antaa kuivua vähintään kaksi viikkoa. Betonipinnan suhteellinen kosteus (RH %) tulee olla enintään 90 %. Suhteellinen kosteus mitataan 10 mm:n syvyydeltä 20 °C lämpötilassa näytepalamenetelmällä. Näytepalamenetelmä soveltuu tilanteeseen paremmin kuin porareikämittaus, koska näytepalamittaus on olosuhteista riippumaton mittausmenetelmä. Jos epäillään, että pintakerros on kosteampaa kuin 10 mm:n syvyydestä otettu näyte, esimerkiksi olosuhteiden takia, voidaan pintakerroksesta (0 – 5 mm) tehdä oma näytepalamittaus. (RIL 107-2012, 162.)

Betonin pintakerroksen vetolujuus tulee olla riittävän iso, jotta kermieriste pysyy alustassa tiukasti kiinni eikä betoni lohkeile. Pintakerroksen vetolujuuden tulee

olla vähintään $0,8 \text{ N/mm}^2$ (RIL 107-2012, 157). Vedeneristyksen tartunta tulee varmistaa kokeellisesti ja kokeen tulokset tulee dokumentoida. Tartuntakoe tulee olla vähintään kolmioviiltokoe.

Vedeneristyskerroksen kiinnitys alustaan

Vedeneristys tulee kiinnittää kauttaaltaan alustaan. Vedeneristys tulee kiinnittää alustaan siten, ettei alustan ja vedeneristeen väliin ei jää ilmaonkaloita. Vedeneristys kiinnitetään niin lujasti kiinni alustaan, ettei alustassa oleva kosteuden höyrynpaine pysty irrottamaan vedeneristystä. Bitumikermillä eristäessä oikeanlainen kiinnitys saavutetaan liimaamalla aluskermi tartuntakelpoiseksi tehtyyn alustaan. Liimauksessa bitumin määrä tulee olla vähintään $1 - 1,5 \text{ kgm}^2$. Eri kerrosten kermien tulisi olla samansuuntaiset siten, että saumat eivät ole päällekkäin. Kermit kiinnitetään pääsääntöisesti hitsaten. Lisäkiinnityksenä voidaan käyttää mekaanista kiinnitystä (kuvio 3). (RT 85-10729, 6.)

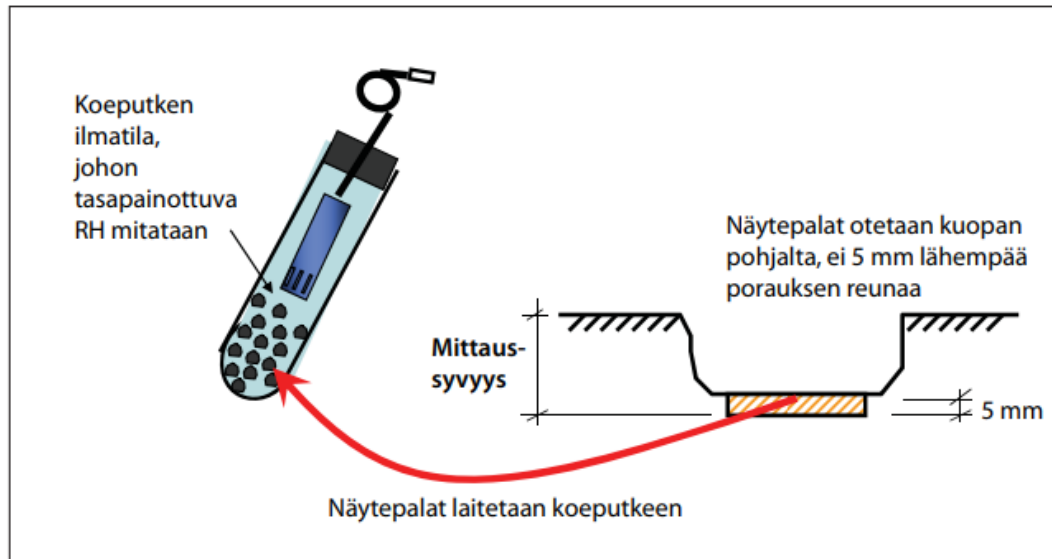


KUVIO 3. Kermin kiinnitys limisaumassa mekaanisella kiinnityksellä, (RT 85-10851, 7)

Nestemäisiä vedeneristeitä levitettäessä tulee varmistua siitä, että eristyksen ja alustan väliin ei jää vedeneristyksen pintajännityksen aiheuttamia ilmahuokosia. Ilmahuokosten poistaminen tulee varmistaa esisivelyllä, joka sulkee mahdolliset huokokset. (RT 85-10729, 6.)

Tarkastukset ja kokeet

Ennen vedeneristystyön aloittamista tulee varmistaa betonipinnan suhteellinen kosteus esimerkiksi näytepalamenetelmällä (kuvio 4). Näytepalamittauksessa porataan tai piikataan haluttuun näyteenottosyvyyteen ja kerätään näytepalat 20 mm:n lasiputkeen. Kun näytepalat on laitettu koeputkeen, putkeen asennetaan suhteellisen kosteuden mittapää. Putken pää tiivistetään vesihöyrytiivillä kitillä. Lopuksi koeputki siirretään 20 °C vakio-lämpötilaan tasaantumaan 5 – 12 tunniksi.



KUVIO 4. Näytepalamittaus (RT 14-10984, 7)

Vedeneristyksen tartunta varmistetaan tartunta kokeella, joka on esimerkiksi kolmioviiltokoe (kuva 5). Kolmioviiltokokeessa tehdään kermiin kaksi viilttoa noin 30 asteen kulmassa. Viillot tulee muodostaa terävän kärjen. Kermi irrotetaan alustasta sen verran, että siitä saadaan kiinni sormilla. Tämän jälkeen kermiä irrotetaan alustasta. Koe on onnistunut, jos kermi on tiukasti kiinni alustassa. Koe toistetaan muutaman kerran eri kohdista, jotta saadaan kattavampi tulos. (RT 38538, 4.)



KUVA 5. Kolmioviiltokokeen koevedot

Vedeneristystöövaiheen aikana tulee pitää riittävä määrä tarkastuksia. Tarkastuksissa tarkastetaan muun muassa ovatko alusta, eristyskerrokset, erityiskohdat ja suojaukset annettujen ohjeiden mukaisia. (RT 85-10729, 6.)

Koska käännetty katot ovat vaikeasti ja erityisesti kalliita korjattavia rakenteita, vedenerityksen vedenpitävyyden varmistamiseksi on tehtävä vedenpaine-koee, ennen vedeneristuksen peittämistä. Skanska Talonrakennus Oy:llä on tehty oma vedenpaine-koeken suorituksen ohjekortti, joka on tässä tutkimuksessa liite 7. Ohjekortista on poimittu olennaisimmat asiat tähän kappaleeseen.

Vedenpaine-koekessa tarkasteltavan alueen kaivot ja muut vedenpoistumisreitit on tukittava vedeneristystä vaurioittamatta. Tämän jälkeen merkataan tulevan veden korko (100-300 mm vedeneristeen pinnasta) seinäpintaan, jonka jälkeen alue täytetään vedellä korkomerkkeihin asti. Alueen (erityisesti liittymärakenteiden) valvonta aloitetaan välittömästi. Alapuolisia rakenteita valvotaan noin kaksi tuntia jatkuvasti. Jatkuvan valvonnan jälkeen, vesi jätetään alueelle, jotta vedeneristys on paineistettuna vedenpaineella. Vedeneristys pidetään paineistettuna puolesta vuorokaudesta kolmeen vuorokauteen. Tämän ajan valvotaan, että alapuolisiin rakenteisiin ei muodostu kosteutta sekä vedenpinta pysyy korossaan. Koe on onnistunut, jos alapuoliset rakenteet ovat pysyneet kuivina, eikä vuotoja ole havaittu.

7.2 Vedeneristyksen erityiskohdat

Vedeneristyksen erityiskohtina pidetään vaihteita, jotka eroavat tavallisesta vedeneristyksestä. Näitä ovat ylösnostot, läpiviennit ja liikuntasaumot.

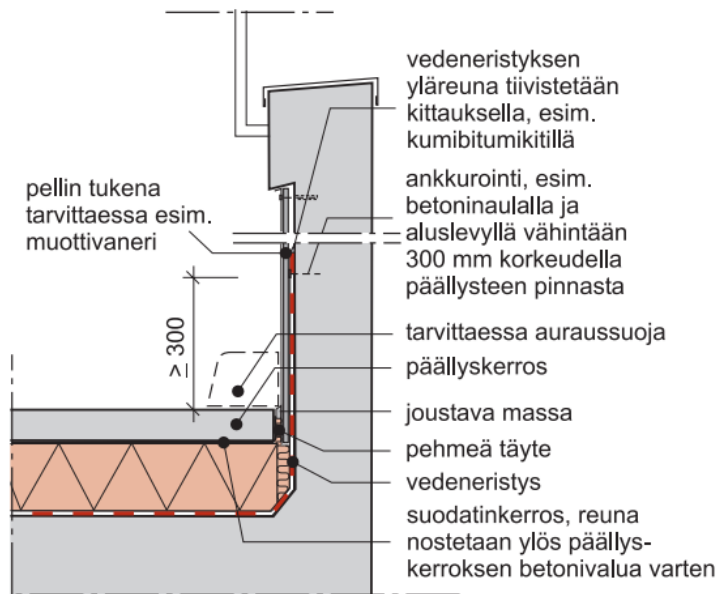
Ylösnoston laadunvarmistus

Vedeneristys tulee nostaa siihen liittyviin pystypintoihin vähintään 300 mm:n korkeuteen valmiista päällyskerroksen pinnasta ja 100 mm padotuskorkeuden yläpuolelle. Poikkeustapauksissa, kuten ovien kynnysten kohdalla sallitaan 100 mm:n ylösnosto. Tällaisissa tapauksissa ovirakenteen ja seinän liitos on oltava vesitiivis. (Toimivat katot, 35.)

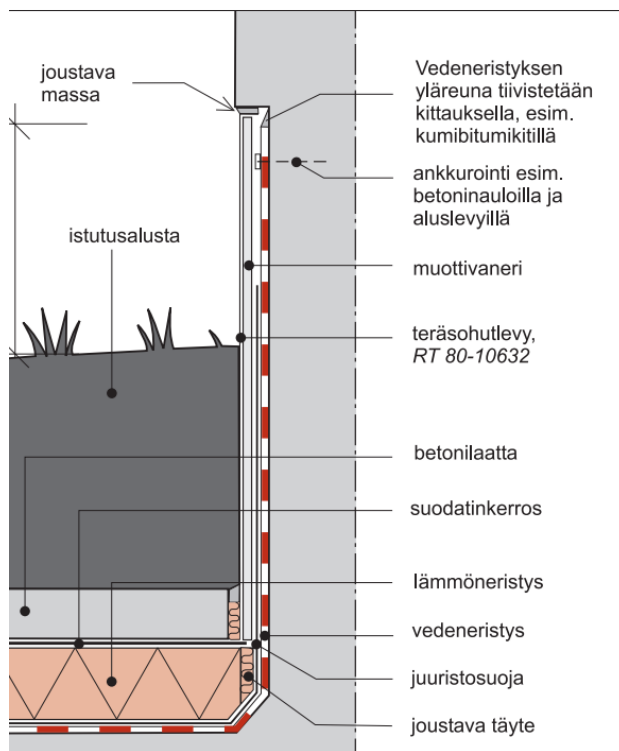
Ylösnoston vedeneristyskermit on kiinnitettävä alustaan kauttaaltaan. Lisäksi kermin kiinnittäytyminen on varmistettava mekaanisella kiinnityksellä sekä kermin yläreuna on tiivistettävä elastisella tiivistysmassalla. Pystypinnalle nostetulle vedeneristykselle on suositeltavaa varata syvyyttä vähintään 20 mm, jolla ylösnosto suojataan seinää pitkin valuilta vedeltä. (RT 85-10729,7; RT 85-10851, 9.)

Ylösnoston vedeneristyskermi on suojattava auringon säteilyltä ja mekaaniselta rasitukselta, esimerkiksi ulkokäyttöön sopivalla teräs- tai alumiinipellillä. Pellityksen tulee peittää kermin yläreuna ja mekaaninen kiinnitys. Pellityksen yläreuna tulee olla limitetty seinämateriaalin taakse tai tiivistä asennettu seinän pintaan. Pellitystä asennettaessa on huomioitava, että pellitys ei saa estää rakenteen tuulettumista. Pellin alareuna tulee ylettyä vähintään 70 mm eristyksen yläreunan tai tuuletusraon alapuolelle. (RT 85-10851, 9; Toimivat katot, 36.)

Vedeneristyksen ylösnoston mekaaniseksi kiinnitykseksi ei suositella metallilista-kiinnitystä vaan, esimerkiksi kuumasinkittyjä tai korroosiokestävyydeltään niitä vastaavia betoninauloja ja aluslevyjä. Mekaaninen kiinnitys tehdään padotuskorkeuden yläpuolelle, vähintään 300 mm:n korkeuteen valmiista päällyskerroksen pinnasta. (RT 85-10729,7; RT 85-10851, 9.) Edellä mainittuja ylösnoston vaatimuksia on esitetty kuvioissa 5 ja 6, jotka ovat hyviä esimerkki kuvia.



KUVIO 5. Ylösnoston detalji 1 (RT 85-10729,7)



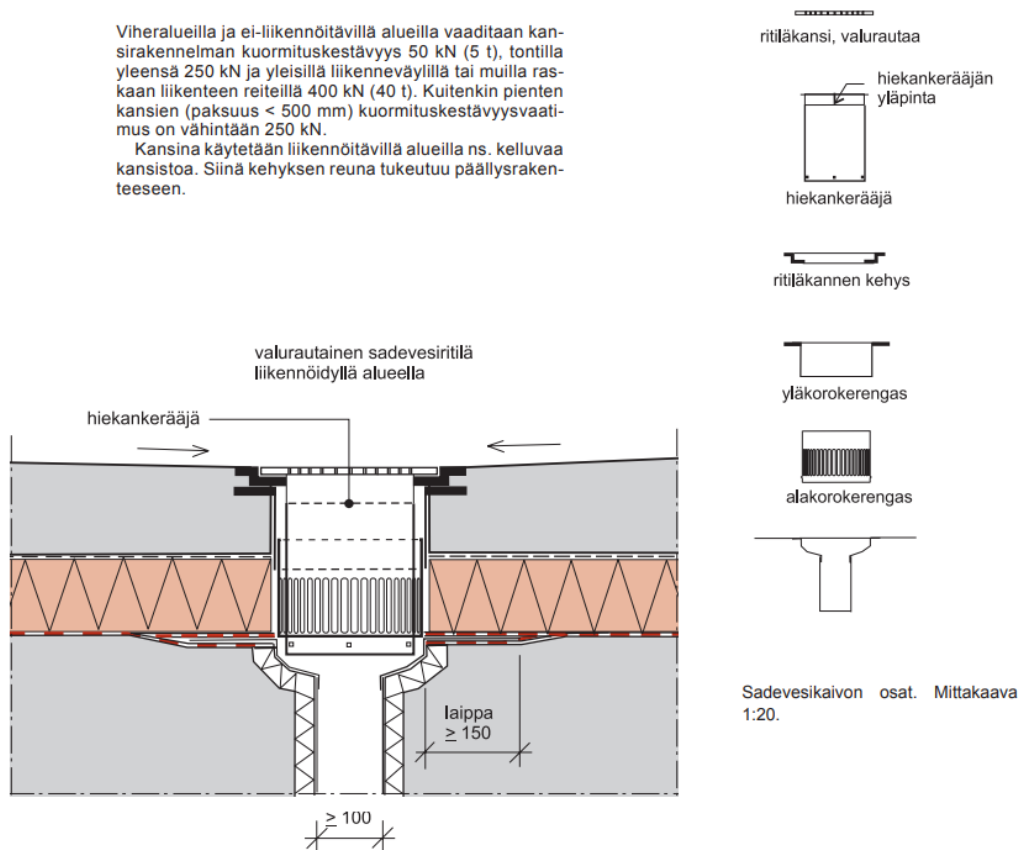
KUVIO 6. Ylösnoston detalji 2 (RT 85-10729,7)

Läpiviennit

Läpiviennit aiheuttavat riskikohtia vedeneristykseen, koska läpiviennin kohdalla vedeneristys lävistetään, eikä vedeneristys jatku yhtäjaksoisesti. Tästä syystä lä-

pivientien oikeanlainen liittäminen vedeneristykseen on tärkeää katon toimivuuden kannalta. Läpivientien liitokset on kestävä suuret lämpötilamuutokset, sääolosuhteiden vaihtelut ja rakenteen muutoksen aiheuttamat rasitukset. (Toimivat katot, 34)

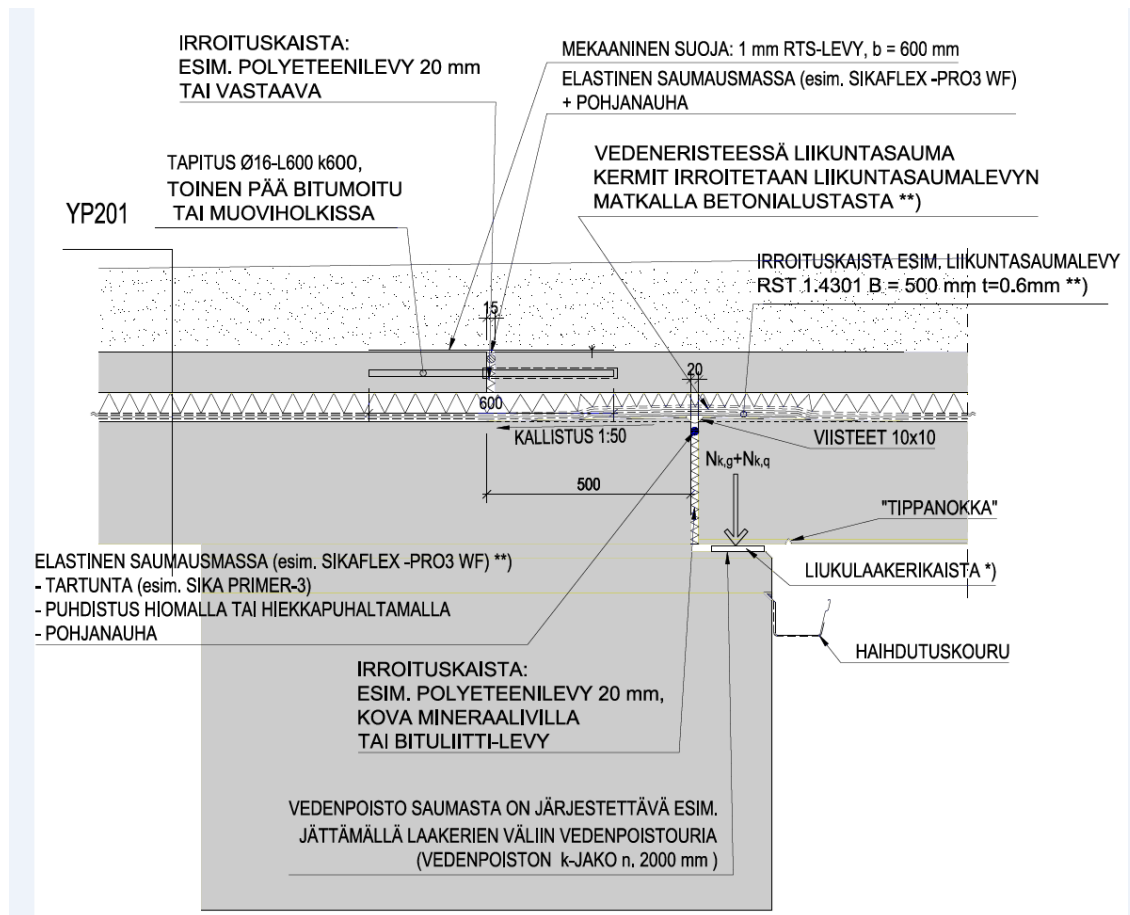
Läpiviennit, pääsääntöisesti kaivot, ovat liitettävä vedenpitävästi vedeneristykseen (kuvio 7). Läpivienteihin on asennettava vähintään 150 mm:n levyinen laippa, joka on tarkoitukseen sopivaa kumia tai ruostumatonta terästä. Suurempien läpivientien laipoitus korvataan ylösnostoilla. (RT 85-10729,7).



KUVIO 7. Liikennöidyn kansirakenteen sadevesikaivo (RT 85-10729, 9)

Liikuntasaumamat

Kumibitumikermikatteessa liikuntasauaman toimintaperiaate perustuu vedeneristeen ja alustan välissä olevaan noin 500 mm:n levyiseen irrotuskaistaan. Irrotuskaista estää vedeneristysten kiinnittymisen alustaan ja sallii liikuntasauaman liikkeen rikkomatta vedeneristystä. Jokaisesta erilaisesta liikuntasauamasta on tehtävä oma detaljikohtainen suunnitelma (kuva 6.).



KUVA 6. Liikuntasäuran detalj

Valmiita, käytännössä testattuja, toimiva ratkaisuja suositellaan käytettäväksi, jotta liikuntasäura täyttää kaikki vaaditut tekniset sekä toiminnalliset vaatimukset. (Toimivat katot 2013, 36.)

Eryteisesti liikennöidyille kansille on järkevää hakea viitteitä siltarakentamisesta. Sillan liikuntasäumarakenteen laatuvaatimukset ovat hyvin samanlaisia, mutta vaativampia. Sillan liikuntasäumarakenteelta vaaditaan pitkäaikaiskestävyyttä, hyvää kuormituskestävyyttä ja liikkeiden kestävyyttä. Kuormitetut liikkeet voivat tapahtua säuran pituussuunnassa, kohtisuoraan kansilaatan suuntaan tai pystysuorassa. Lisäksi liikuntasäumarakenteelta vaaditaan hyvää vesitiiveyttä. Säuran tulee olla vesitiivis kuormitetuista liikkeistä ja sään vaihteluista huolimatta. (SYL7, 9 – 10.)

8 LAADUNVARMISTUKSEN KEHITYSTYÖ

Laadunvarmistuskortti perustuu tämän tutkimuksen teoriaosassa käsiteltäviin asioihin sekä tämän kappaleen haastattelututkimuksen vastauksiin, jotka ovat kootusti aiheittain. Aiheet ovat (1) palaverit ja kokoukset, (2) suunnittelun ohjaus, (3) muottityö, (4) raudoitustyö, (5) jännitystyö, (6) betonointityö, (7) vedeneristystyöt, (8) alustan korot ja kallistukset, (9) läpiviennit, (10) liikuntasaumamat, (11) vedeneristyksen suojaus sekä (12) maatäytöt kannen päällä

8.1 Haastattelututkimus

Haastateltavia olivat kolme Skanska Talonrakennus Oy:n tuotannon työnjohtajaa, kaksi Skanska Talonrakennus Oy:n vuosikorjauksen työpäällikköä, A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n rakennesuunnittelija, Naulankanta Oy:n työnjohtaja sekä Icopal Katto Oy:n työnjohtaja.

Haastattelu kysymykset olivat seuraavanlaisia:

- Tehtäväsuunnittelussa erityistä huomiota vaativat asiat?
- Katselmukset ja palaverit, jotka tulisi pitää ja kuka osallistuu?
- Tarkastukset, jotka tulee pitää?
 - Valokuvallisesti dokumentoitavat rakenteet?
 - Tärkeät dokumentoitavat kokeet?
- Työvaiheet, jotka vaativat erityistä huolellisuutta ja mitä riskejä niihin kohdistuu?
- Muita tärkeitä laadunvarmistuksen kannalta olevia asioita, joita tulisi huomioida tuotantovaiheessa?
- Yleisimmin korjausta/huoltoa vaatineet rakenneosat?
 - Miksi ja miten korjaukset on toteutettu?
 - Korjauksesta aiheutuvat riskit?
 - Korjauksesta aiheutuvat kustannukset ja haitat?
- Pitäisikö tuotantovaiheessa tiedostaa joitain rakenneratkaisuja, jotta korjausvaiheessa olisi parempi/edullisempi korjata kyseisiä virheitä?
- Minkälaisia haittoja korjaustoimenpiteistä syntyy käyttäjille?

Palaverit ja kokoukset

Aloituspalaveri on tärkeä osa laadunvarmistusta, jotta saadaan kaikki vaateet ja pyynnöt toisille selväksi. Samassa aloituspalaverissa tulee olla vähintään tilaaja/pääurakoitsija, suunnittelija, muotti-, jännitys- ja rauditusurakoitsija. Jos aloituspalaverissa ei ole kaikki osallistujat, tulisi pitää erillinen suunnittelukokous, suunnittelijoiden, jännitysurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan kanssa, jotta lähtötiedot saadaan oikein. Betonointityöstä ja eristystyöstä voidaan pitää oma aloituspalaveri (liite 4 ja 6). Eristystyön aloituspalaverissa tulee käydä läpi yksityiskohdat yhdessä tilaajan työnjohdon, eristäjien (kärkimies) ja urakoitsijan työnjohdon kanssa sekä tarvittaessa konsultoidaan suunnittelijaa (liite 5).

Työjohtajan kannattaa keskustella oman hankinnan kanssa urakoitsijoiden ja ratkaisujen valinnasta, koska hyvää ei välttämättä saa halvalla. Lisäksi työjohtajalla pitää olla mietittynä etukäteen talvityön aiheuttamat lisätyöt, kuten suojaukset ja lumityöt. Talvitöihin voi mennä yllättävän paljon aikaa. Urakoitsijoille ei kuulu talvityöt, joten urakoitsijat eivät lähde käyttämään omaa aikaansa ei tuottaviin työvaiheisiin (liite 6).

Suunnittelun ohjaus

Jännitettyjen rakenteiden uusien euronormien suunnitteluohjeet sallivat osittaisen jännityksen, joka tarkoittaa, että rakenteisiin sallitaan halkeamien muodostuminen käyttörajatilan kuormilla. Tällöin yläpohjan betoni ei ole täysin vesitiivis, vaikka jälkijännitystä käytetäänkin. Jos betoni halutaan vesitiiviiksi jälkijännityksen avulla, tulee tämä ottaa suunnittelussa huomioon. Haastattelututkimukseen osallistuneen rakennesuunnittelijan mielestä tätä voidaan pitää laadunvarmistuksen kannalta oleellisena asiana (liite 4).

Työnjohtajien mukaan suunnittelun ohjauksessa tulee ohjata suunnittelua vähentämään läpivientejä vedeneristyksen läpi. Esimerkiksi kaikki sähkölinjat vietäisiin mahdollisuuksien mukaan anturan alta ja vedeneristyksen ylösnoston yläpuolelta (liite 2).

Muottityö

Muottisuunnitelmat pitää käydä läpi jälkijännityksenkin osalta. Suunnitelmista pitää selvittää, onko ristiriitoja esimerkiksi punosten vetosuuntien kanssa. Jännitys-urakoitsijalta kannatta aloitus/suunnittelu palaverin yhteydessä pyytää ohjeistusta, miten reunamuotit ja päätymuotit pitää olla toteutettu punosten aktiivipäässä, jotta ankkureiden asennus ja punosten jännitys olisi mahdollista (liite 6).

Muottityön suunnittelussa on otettava huomioon betonin kimmoinen kokoonpuristuminen jännitysvaiheessa. Tästä hyvä esimerkki löytyy aikaisemmasta kohteesta. Kuvassa 7 on kuva ennen valua ja laatan jännittämisen jälkeen (liite 4). Kuvasta 7 näkyy, että nurkasta on jäänyt liikuntasauva laakeri pois. Laatan nurkkaan on muodostunut betonista ylimääräinen ”betonikynsi”, joka ulottuu maanpaineisiin. Kun laatta on jännitetty, laatta on mennyt kasaan ja seinä on lohkaissut ”kynnen” irti (liite 4).



KUVA 7. Laatan ja maanpaineisiin nurkka (liite 4)

Irrotussuunnitelmat pitää käydä huolella läpi, jotta työnjohto tietää mitkä seinät tai pilarit kuuluvat irrottaa jännitettävästä yläpohjasta. Tämä valitettavan usein unohdetaan työnjohtajien osalta ja seurauksena tosi vaikeat korjaukset myöhemmässä vaiheessa. Palkkien päissä yleensä pilarit ovat irrotettuja, keskipilari kaksiaukkoi- sissa palkeissa voi olla kiinteä. Laakerit pilareihin, seiiniin ja konsoleihin on

asennettava ennen raudoitusta, jotta se on helposti tehtävissä. Myöskin pystypintojen irrotukset tulee tarkastaa suunnitelmista. Jännitettäessä laattassa tapahtuu muodonmuutoksia. Yläpohjaan liittyvät rakenteet pitää olla erillään, jotta halkeamilta ja isommilta vaurioilta vältytään (liite 6).

Raudoitustyö

Raudoitussuunnitelmissa usein on ilmoitettu raudoitusjärjestys. Raudoittajilta on varmistettava, että heilläkin on tieto oikeasta järjestyksestä. Erityisesti jos teräksien ja punosten asentajat eivät ole samalta urakoitsijalta. Tiedyt raudoitteet asennetaan vasta punosten jälkeen (liite 6).

Rakennesuunnittelijan mukaan raudoitustarkastuksessa on tärkeää tarkastaa ensimmäinen lohko erityisen tarkasti. Mieluiten tarkastus tehdään kahdessa osassa, jotta raudoitus nähdään paremmin ja korjausten teko on helpompaa. Ensimmäisessä osassa tarkastetaan palkin haat, halkaisuraudoitus, pääteräkset ja punokset. Toisessa osassa tarkastetaan ensimmäisen tarkastuksen puutteet ja loput raudat. Muissa lohkoissa riittää yksi tarkastus, koska raudoitusperiaatteet ovat käyty läpi ensimmäisen lohkon yhteydessä (liite 4).

Raudoitus tarkastuksessa olisi hyvä dokumentoida kuvallisesti vähintään raudoitus yleisesti, palkkien ja laatan päätyalueet sekä liikuntasauva-alueet ja -liitokset. Jos jännityksen yhteydessä ilmaantuu ongelmia, esimerkiksi halkeamia, voidaan tarkastaa kuvista, onko raudoitus ollut suunnitelmien mukainen (liite 4).

Punosten sijainnin tarkemittauksen tarpeellisuus harkitaan kohdekohtaisesti. Punosten oikea sijainti erityisesti vertikaalisessa suunnassa vaikuttaa merkittävästi rakenteen kapasiteettiin ja täten myös laatuun. Rakennesuunnittelijan mielestä, laadunvarmistuksen kannalta olisi järkevää toteuttaa tarkemittaus ensimmäisessä lohossa (liite 4).

Jännitystyö

On tärkeää mitata betonin lujuutta, jotta betonirakennetta ei jännitetä liian aikaisin, koska se aiheuttaa rakenteelle vaurioitumisriskin. Lujuuden seurannan lisäksi on tärkeää, että jännitettäessä punoksiin on saatava suunniteltu voima, jotta rakenteelle suunniteltu kapasiteetti täyttyy. Mikäli mitatuissa venymissä havaitaan poikkeamia, tulee jännitystyö keskeyttää ja ottaa yhteyttä suunnittelijaan (liite 4).

Rakennesuunnittelija painotti haastattelussa erityisesti, että jännityspään häntiä ei saa katkaista ennen kuin jännitystyö on suunnittelijan toimesta hyväksytty. Jännevoiman päästö ja uudelleen jännitys on mahdollista vielä, kun jännityspäät ovat katkaisematta. Katkaisun jälkeen rakenteen korjaus on vaikeampaa. Lisäksi jännityspäiden katkaisun jälkeen rasvakorkkien ja ankkurien varauskolojen paikkaus tulee suorittaa mahdollisimman nopeasti (liite 4).

Jännitystyöurakoitsijalta on vaadittava asianmukainen jännityspöytäkirjan dokumentointi sekä käytetyn jännityskaluston kalibrointitodistukset voimassaoloaikoi-
neen (liite 4).

Betonointityö

Ankkurialueella betonimassan tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska ankkurialueella teräksien tiheys vaikeuttaa betonimassan tiivistystä. Rakennesuunnittelija mielestä, palkkien päätyalueilla voisi mahdollisesti käyttää pienempää raekokoa tai itsestään tiivistyvää betonimassaa. Muottipinnan ja kovetuneen betonin väliin jääneet ilmakuplat aiheuttavat ongelmia jännitettäessä (liite 4).

Vastaavan mestarin mielestä on tärkeää, että yläpohja valetaan kesällä ja hyvällä säällä, jotta pinta voidaan jälkihoidolla hiertää tasaiseksi, eikä tarvita kalliita sääsuojia. Näin isossa valussa on tärkeää myös, että valukalusto on oikeanlainen. Jos työmaalla on oma kalusto, täytyy ohjata suunnitelmia siihen suuntaan, että omaa kalustoa voidaan käyttää tehokkaasti (liite 2).

Vedeneristystyöt

Vedeneristystöiden työnjohtajan mielestä laatuun vaikuttaa olennaisesti aikataulut ja erityisolosuhteet. Ennen vedeneristystöitä tulee varmistua, että betoni on ehtinyt kuivunut riittävästi. Ilmanlämpötilalla ja vuoden ajalla on merkitystä vedeneristyksen laatuun. Vedeneristystä ei mieluiten aloiteta loppusyksystä talvea vasten (liite 5).

Eristettävän pinnan tulisi vastata ns. puuhierrettyä pintaa, josta on sementtiliima poistettu suihkupuhdistuksella tai hiomalla. Alusta tulisi puhdistaa sementtipölystä paineilmalla tai imuroimalla, juuri ennen ensimmäisen kermikerkkoksen asentamista (liite 5).

Vedeneristyksen onnistumisen kannalta kumibitumin ylikuumenemisen estäminen oikealla kalustolla on todella tärkeää. Jos alimmainen kermi kiinnitetään kumibitumiliimalla, täytyy käyttää termostaatilla varustettua sekoitinpataa eikä bitumin lämpötila saa nousta yli 210 °C asteen, koska tällöin se menettää kaikki tartunta ominaisuutensa (liite 5).

Vedeneristystyön tarkastukset

Kohteessa tulee tehdä vedeneristeen tartuntavetokoe. Vähintään tulisi tehdä kolmioviiltokoe. Tartuntakokeen lisäksi tulee silmämääräisesti tarkastaa, että bitumi pursuaa saumoista kauttaaltaan. Lisäksi tulee silmämääräisesti tarkastaa, ettei ilmaonkaloita ole syntynyt kermin ja alustan väliin. Jokainen kermikerros tulisi tarkastaa vähintään silmämääräisesti. Jokaisesta tarkastuksesta olisi hyvä tehdä kuvallisia havaintoja (liite 4 ja 6).

Toinen todella tärkeä koe, vedeneristyksen laadunvarmistuksen kannalta, on vedenpaine koe. Vedenpaine koe on kannattavaa tehdä, koska vedeneristys on hankalasti korjattavissa. (Liite 4).

Vastaanottokatselmuksia tulee pitää vedeneristyksen työjohdon ja eristäjien kanssa. Vastaanottokatselmuksessa tarkastetaan, että eristettävä alue vastaa vaatimuksia ja se merkitään tarkastuspöytäkirjaan. Vedeneristystöitä ei voida aloittaa ennen alustan vaatimusten täyttymistä, koska urakoitsija ei anna takuuta eristystöistään (liite 5).

Alustan korot ja kallistukset

Epäonnistuneet kallistukset voivat aiheuttaa vuoto-ongelmia, joten niihin kannattaa kiinnittää huomiota (liite 4). Esimerkiksi korkojen tarkastuksella ja kaatojen jälkitarkastuksella voidaan ajoissa huomattaessa korjata virhe tai jopa estää virheen synty kokonaan.

Jos kyseessä on laajennus, laajennettavan rakennuksen viemärien ja muiden rakenteiden korkoasemat on tarkastettava ja verrattava uuden rakenteen korkoasemiin. Jos huomataan korkoasemissa poikkeuksia, niihin on puututtava, jotta vältetään pykälien syntyminen (liite 2).

Läpiviennit

Hankittavien kaivojen soveltuvuus kohteeseen ja niiden oikea sijainti ovat tärkeitä asioita, joihin suunnittelun ohjauksessa kannattaa perehtyä (liite 4). Läpiviennit tulisi sijoittaa vähintään 0,5m seinistä ja reunoista, jotta läpivienti voidaan liittää luotettavasti vedeneristeisiin. Samoin tulisi välttää kaivojen sijoittamista liian lähelle muita rakenteita (liite 6). Läpivientien tiiveys on toteutettava huolellisesti, jotta välttyään ongelmilta (liite 4).

Liikuntasauamat

Liikuntasaumojen onnistuminen antaa usein käyttäjälle vaikutelman hallin hyväydestä tai huonoudesta. Asiaan kannattaa perehtyä suunnittelun ohjauksessa ja tuotantovaiheessa, erityisesti rakennusliikkeen brändin takia (liite 4). Erityisesti kannattaa varmistaa, että jokaisesta erilaisesta liikuntasauhasta on tehty oma suunnitelma (liite 2).

Suunnittelun ohjauksessa tulee huomioida, että käytetäänkö liikuntasaumalaitetta vai tehdäänkö liikuntasauama itse (liite 4). Liikuntasaumalaitte voi olla varmempi, mutta se vaatii huoltoa, joten se täytyy olla helposti huollettavissa (liite 2).

Haihdutuskourujen ja tippanokkien käytöllä varmistetaan, että vuotokohdista kerätään vesi hallitusti (liite 4). Vaikka kouruja ei asennettaisikaan tuotantovaiheessa, on suositeltavaa suunnitella kouruille ja viemäröinnille varaukset. Kun varaukset ovat suunniteltu valmiiksi, voidaan takuuhuolto tehdä helpommin (liite 1). On kuitenkin kiinnitettävä huomiota, että vaadittu ajokorkeus täyttyy, niin kourujen ja viemäröintien kuin valaistuksenkin kanssa (liite 2).

Vedeneristyksen suojaus

Valmis vedeneristetty alue tulee rajata ja läpikulku mahdollisuus estää. Kivi tai ruuvi kengänpohjan alla voi puhkaista kermin ja vesi pääsee rakenteeseen sitä

kautta. Vesihöyry ei kuitenkaan pääse pois samasta reiästä kuin tuli, vaan tekee kermiin ilmakuplan. Tällöin kermi ei ole enää kiinni alustassa ja rikkoutuu helposti (liite 2). Valmis eristystyö täytyy suojata mekaanisilta vaurioilta ja suoralta aurin-
gon paisteelta 1 – 2 vrk kuluessa eristyksen valmistumisesta (liite 5).

Maatäytöt kannen päällä

Suunnitelmissa on varauduttu tiettyihin pysyviin kuormiin, jotka käsittävät suurimman osan pihakannen kuormista. Liikennekuorman merkitys on usein huomattavasti pienempi kuin maatäyttöjen. Suunnitelmissa ilmoitettuja maatäyttö paksuuksia ei saa ylittää. Rakennetyyppeihin suunnitellut kevennyskerrokset tulee toteuttaa suunnitelmien mukaisesti. Istutuksen suunnittelussa tulee huomioida kasvien juurien mahdollinen tunkeutuminen vedeneristeen läpi (liite 4).

8.2 Tulokset

Tässä kappaleessa on tiivistetysti listattu tutkimuksessa selvitettyjä laadunvarmistustoimenpiteitä. Toimenpiteiden lähdeviittaukset löytyvät tutkimuksen kohdista, joissa kyseisestä asiasta mainitaan ensimmäisen kerran tutkimuksessa.

8.2.1 Yleistä

Betonityönjohtajan tulee tehdä useampi tuotantoteknillinen suunnitelma. Näistä yleiset on koottu tähän kappaleeseen ja loput suunnitelmat ovat jaettu työkohtaisiin kappaleisiin.

Betonityönjohtajan yleisiä suunnitelmia ovat:

- aikataulu (valuajankohdat)
- betonityösuunnitelma
- laadunvarmistussuunnitelma
- työturvallisuussuunnitelmat
- taloudelliset laskelmat
- talvityösuunnitelma tarvittaessa
- varautuminen häiriöihin (varapäivät ja varasuunnitelmat).

8.2.2 Suunnittelun ohjaus

Yrityksellä voi olla oma suunnittelun ohjausorganisaatio, mutta työnjohtaja ei saa olettaa, että suunnittelun ohjausorganisaatio olisi kaikki asiat varmistanut, jotka kohteessa vaaditaan. Suunnittelupalaverissa, tulisi käydä nämä kyseiset suunnittelun ohjaukset läpi, jotta suunnittelijat osaavat ottaa huomioon kyseisiä asioita ja tuoda oman näkemyksensä mukaan.

Lähtökohtaisesti tilaajan tulee tietää, halutaanko yläpohjarakenteesta vesitiiviin rakenteen jälkijännityksellä vai käytetäänkö niin sanottua osittaista jännitystä. Tämä kuitenkin kannattaa varmistaa tilaajalta, koska asetus on melko uusi ja tilaaja ei välttämättä ole tietoinen asiasta.

Työnjohtajan tulee miettiä, onko yläpohjarakennetta mahdollista tehdä pulpettikattona, joka tarkoittaa, että sisäänpäin viettävät vastakaatolaatat sekä kaivot poistuvat. Tämä toimenpide varmistaisi yläpohjan vedenpitävyyttä, sekä toimenpiteellä säästettäisiin kustannuksissa.

Työjohtajan tulee pyytää suunnittelijoita suunnittelemaan varaukset haihdutus-kouruille ja tippanokalle. Lisäksi on mietittävä kourulle varausta suoraan viemä-rille. Tällä toimenpiteellä varmistetaan, että vuotava liikuntasauama voidaan korjata pienemmillä toimenpiteillä ja resursseilla.

Työnjohtajan tulee varmistaa, että koko parkkihallissa toteutuu suunniteltu ajo- korkeus. Valaisinkiskot sekä valaisimet tulee olla suunnitelmien mukaiset ja mahdollisesti suunnitelmissa valaisimille asennusvara. Tämä on yllättävän usein parkkihalleissa ongelmana. Esimerkiksi suunnittelukokouksessa työjohta- jan tulee ehdottaa valaisinlinjoja yhdensuuntaisiksi palkkilinjojen kanssa. Tällä toimenpiteellä saadaan valaisimille paljon asennusvaraa, eikä materiaalia kulu sen enempää kuin palkkilinjojen kanssa ristiin menevässäkään.

Pintaverkon raudoitussilmäksi suositellaan 150 mm, koska tätä isommasta sil- mästä menee helpommin kenkä läpi. Tämä vaikuttaa yleisestikin työturvallisuus- teen, mutta erityisesti betonointityössä. Raudoituksia ei nähdä betonimassan

seasta, jolloin kompastumisriski paljon suurempi, kun käytössä on suurempi kuin 150 mm:n silmä.

Laajennuksessa on tarkastettava, että rakenteen todelliset korkoasemat täsmäävät suunnitelmissa, jotta vältetään pykäliltä. Rakennus, johon tehdään parkkihalli laajennus, ei välttämättä ole tehty suunnitelmien mukaisiin korkoasemiin tuntemattomasta syystä. Tästä syystä on virhe luottaa suunnitelmiin, ilman varmistusta. Pykälät eivät välttämättä ole rakenneteknillisesti haitallisia, mutta eivät myöskään esteettisiä.

8.2.3 Tehtäväsuunnitelma

Yleisesti tehtäväsuunnitelmat sisältävät kohteen tiedot, työnsisällön, työvaiheiden aikataulut, yleisaikataulun, kustannukset, laatuvaatimukset, riskikartoituksen (POA), logistiikkasuunnitelman (kuljetukset ja varastointi), kalustosuunnitelman (tarvittavat koneet, kalustot ja työvälineet), työturvallisuussuunnitelman (TTS), ja laadunvarmistussuunnitelman.

Muottityön tehtäväsuunnitelma

Yleisen tehtäväsuunnitelman sisällön lisäksi, muottityön tehtäväsuunnitelmaan kuuluu muotti ja tukitelinesuunnitelma. Muotti ja tukitelinesuunnitelma pitää sisällään muottijärjestelmän valinnan, muottisuunnitelman, muottikiertosuunnitelman, muottien huoltosuunnitelman, paikalleenmittaussuunnitelman, tarkastussuunnitelman sekä purkusuunnitelman.

Muottityön tehtäväsuunnitelmaan sisältyy seuraavia asioita:

- kohteen tiedot ja työnsisältö
- työvaiheiden aikataulut ja yleisaikataulu
- työvaiheesta aiheutuvat kustannukset (verrataan tavoitearvioon)
- usein esiintyvät ongelmat (POA)
- työturvallisuussuunnitelma (TTS)
- laadunvarmistussuunnitelma: laatuvaatimukset ja tarkastukset (laajuus, vastuuhenkilö ja dokumentointi tapa)
- logistiikkasuunnitelma (kuljetukset ja varastointi)

- kalustosuunnitelma (tarvittavat koneet, kalustot ja työvälineet sekä -telineet)
- muottijärjestelmän valinta
- muottisuunnitelma (ulkoistetaan yleensä muottien vuokrausyritykselle)
- muottikiertosuunnitelma
- muottien huoltosuunnitelma
- muotteihin tehtävät betonointiaukot
- muottien paikalleenmittaussuunnitelma
- muottien ja tukirakenteiden purkusuunnitelma.

Raudoitustyön tehtäväsuunnitelma

Raudoitustyön tehtäväsuunnitelmassa pitää huomioida sekä teräkset että jännepunokset, koska raudoitukset asennetaan porrastetusti. Yleisen tehtäväsuunnitelman sisällön lisäksi, raudoitustyön tehtäväsuunnitelmaan kuuluu raudoitusluettelot, jännitystyön menetelmäkuvaus, taivutukset, jatkospituudet, jatkosten sijainnit, ankkurointikulmat, toleranssit, tuentasuunnitelma, asennusjärjestys-suunnitelma.

Raudoitustyön tehtäväsuunnitelmaan sisältyy seuraavia asioita:

- kohteen tiedot ja työnsisältö
- työvaiheiden aikataulut ja yleisaikataulu
- työvaiheesta aiheutuvat kustannukset (verrataan tavoitearvioon)
- usein esiintyvät ongelmat (POA)
- työturvallisuussuunnitelma (TTS)
- laadunvarmistussuunnitelma: laatuvaatimukset, toleranssit ja tarkastukset (laajuus, vastuuhenkilö ja dokumentointi tapa)
- logistiikkasuunnitelma (kuljetukset ja varastointi)
- kalustosuunnitelma (tarvittavat koneet, kalustot ja työvälineet sekä -telineet)
- raudoitusluettelot (terästen sekä jänteiden tyypit ja ominaisuudet)
- jännitystyön menetelmäkuvaus
- tiedot taivutuksista, jatkospituuksista ja jatkosten sijainnista
- suunnitelman mukaiset ankkurointikulmat ja niiden toleranssit (jänteiden)
- raudoituksen tuentasuunnitelman (terästen välikkeet ja jänteiden aputeräksset)
- raudoituksen asennusjärjestys (terästen ja jänteiden osalta)
- ohjeet mahdollisista betoniterästen hitsausliitoksista.

Jännepunosten jännitystyön tehtäväsuunnitelma

Jännityssuunnitelma sisältää yleisen tehtäväsuunnitelman sisällön lisäksi, menetelmäkuvausten, jänteiden asennuspiirustuksen, jännitysjärjestyksen, vaatimukset vaiheittaiselle jännitykselle (jos on kyseessä vaiheittainen jännitys), jännitysvoimat, punosten venymät, ankkurointiliukumat, liukumien toleranssit, betonin lujuusvaatimukset eri vaiheissa sekä muotin tukirakenteiden säätöä ja purkamista jännitystöiden aikana koskevat ohjeet.

Jännitystyön tehtäväsuunnitelmaan sisältyy seuraavia asioita:

- kohteen tiedot ja työnsisältö
- työvaiheiden aikataulut ja yleisaikataulu
- työvaiheesta aiheutuvat kustannukset (verrataan tavoitearvioon)
- usein esiintyvät ongelmat (POA)
- työturvallisuussuunnitelma (TTS)
- laadunvarmistussuunnitelma: laatuvaatimukset, toleranssit ja tarkastukset (laajuus, vastuuhenkilö ja dokumentointi tapa)
- logistiikkasuunnitelma (kuljetukset ja varastointi)
- kalustosuunnitelma (tarvittavat koneet, kalustot ja työvälineet sekä -telineet)
- menetelmäkuvaus, kuten jänteiden tyypit ja ominaisuudet
- jänteiden asennuspiirustus
- jännitysjärjestys ja mahdolliset vaatimukset vaiheittaiselle jännitykselle
- jännitysvoimat ja venymät
- betonin lujuusvaatimukset eri vaiheissa
- muotin tukirakenteiden säätöä ja purkamista jännitystöiden aikana koskevat ohjeet.

Betonointityön tehtäväsuunnitelma

Yleisen tehtäväsuunnitelman sisällön lisäksi betonointityön tehtäväsuunnitelmaan kuuluu pumppaussuunnitelma, betonointisuunnitelma, jälkihoitosuunnitelma sekä jälkituentasuunnitelma.

Betonointityön tehtäväsuunnitelmaan sisältyy seuraavia asioita:

- kohteen tiedot ja työnsisältö
- työvaiheiden aikataulut ja yleisaikataulu
- työvaiheesta aiheutuvat kustannukset (verrataan tavoitearvioon)

- usein esiintyvät ongelmat (POA)
- työturvallisuussuunnitelma (TTS)
- laadunvarmistussuunnitelma: laatuvaatimukset ja tarkastukset (laajuus, vastuuhenkilö ja dokumentointi tapa)
- logistiikkasuunnitelma (kuljetukset ja varastointi)
- kalustosuunnitelma (tulee huomioida betonin kuljetukseen, siirtoon, tiivistykseen ja viimeistelyyn vaadittava kalusto. Lisäksi tarvittavat työvälineet sekä -telineet)
- pumppaussuunnitelma
- betonointisuunnitelma
- jälkihoitosuunnitelma
- jälkituentasuunnitelma.

Vedeneristystöiden tehtäväsuunnitelma

Yleisen tehtäväsuunnitelman sisällön lisäksi vedeneristystöiden tehtäväsuunnitelmaan kuuluu veden- ja kosteudeneristystöiden laatusuunnitelma, jossa on esitetty kaikki tärkeät työvaiheet ja laadunvarmistusmenetelmät.

Vedeneristystöiden tehtäväsuunnitelmaan sisältyy seuraavia asioita:

- kohteen tiedot ja työnsisältö
- työvaiheiden aikataulut ja yleisaikataulu
- työvaiheesta aiheutuvat kustannukset (verrataan tavoitearvioon)
- usein esiintyvät ongelmat (POA)
- työturvallisuussuunnitelma (TTS)
- veden- ja kosteudeneristystöiden laatusuunnitelma: laatuvaatimukset, kokeet ja tarkastukset (laajuus, tapa, vastuuhenkilö ja dokumentointi)
- logistiikkasuunnitelma (kuljetukset ja varastointi)
- kalustosuunnitelma (tarvittavat koneet, kalustot ja työvälineet sekä -telineet).

8.2.4 Työvaiheiden työturvallisuus

Muottityön työturvallisuus

Muottityössä on paljon riskejä, erityisesti kun kyseessä on ilmaan tuettu yläpohjamauotti.

Betonyönjohtajan tulee ottaa huomioon, että

- muotit eivät kaadu tai putoa aiheuttaen työturvallisuusriskejä
- putoamis- ja liukastumisriski on poistettava kokonaan tai loukkaantumisvaara on minimoitava, kuljettaessa jäisillä tai öljyisillä muoteilla
- Muotti on tuettava niin hyvin, ettei muotti pääse heilahtamaan
- Työntekijöillä on oltava henkilökohtaiset työturvallisuusvarusteet kunnossa, kuten silmäsuojaimet ja tarvittaessa putoamissuojaus (silmasuojaimet suojaavat muotinirrotusaineen roiskeelta tai betonikappaleen joutumista silmiin).

Raudoitustyön työturvallisuus

Rauditus on yksi raskaimmista ja vaarallisimmista rakennustyön vaiheista.

Työterveyslaitoksen haastattelututkimuksen mukaan raudoittajien työpaikan terveyshaittoja ovat erityisesti epämukavat työasennot, raskaat nostot, veto, kylmyys, ilmankosteus, haitallinen valaistus, melu, metallipöly ja hitsaussavu.

Raudoitustyön työturvallisuudessa on otettava huomioon, että

- pystyssä olevat harjateräksen tartuntapääät tulee varustaa suojuksella
- tartunnat voidaan korvata mekaanisilla jatkoksilla, esimerkiksi muhveilla
- vaakasuuntaiset tartunnat tulee peittää, esimerkiksi rakennuslevyllä
- esiin pistävät sidelangat ovat taivutettava kohti rakenteen sisäosia tai suojata muulla tavalla
- raudoitustyön epäergonomisia työasentoja voidaan vähentää käyttämällä valmisraudoitteita
- vältetään liian raskaita käsin tehtyjä nostoja ja hyödynnetään kalustoa
- käytetään vain turvallisia ja tarkastettuja telineitä, portaita, tikkaita, suojalaitteita ja henkilökohtaisia putoamissuojia
- huolehditaan lumen poistosta ja liukkauden torjunnasta.

Raudoitteita nostettaessa nosturilla on huolehdittava, että

- nostoapulaitteet kiinnitetään huolellisesti
- taakka muodostetaan mahdollisimman jäykäksi
- valitaan oikeat kiinnityskohdat
- estetään taakan pyöriminen
- nostoalue tyhjennetään tarpeettomista ihmisistä.

Betonointityön työturvallisuus

Betoni on itsessään emäksisyyden takia haitallista, mutta myös betonin pump-paukseen sisältyy paljon työturvallisuusriskejä ja huomioita vaativia asioita.

Ennen holvin pumppaustyön aloittamista on täytettävä betonipumppuauton pys-tytyspöytäkirja sekä otettava huomioon seuraavia riskejä:

- Betonipumpun siirtoputkistossa on suuri paine ja letkun räjähtäessä betoni-massa voi aiheuttaa hengenvaaran, vakavia vammoja tai omaisuusvahin-koja.
- Betonipumppauksen ympärillä olevat sähkölinjat ja nosturit voivat aiheutta-vat riskitilanteita.
- Huonosti kantavan maan takia betonipumppuauto voi kaatua.
- Putkilinjan jatkokset ovat kiinnitettävä sokkaliitoksella ja varmistusketjulla.
- Puomin päätyletkussa ei saa olla metallista jatkospäätä, koska se voi tukok-sen sattuessa iskeytyä valua suorittavaan henkilöön.
- Liian alhainen lämpötila voi jäädyttää putkiston tai rikkoa kalustoa (laiteval-mistajat ovat asettaneet betonipumppaukselle -15 C:n pakkasrajan).

Vedeneristystyön työturvallisuus

Vedeneristystyössä käytetään nestekaasupolttimia ja sekoitinpatoja. Tästä syystä vedeneristystöiden työntekijöiden kanssa on tehtävä tulityöluvat. Tulityö-luvan lisäksi täytyy ottaa huomioon työturvallisuussuunnitelmaa tehdessä, että eristystyöntekijät käsittelevät erittäin kuumaa kumibitumiliimaa.

Betonityönjohtajan on otettava huomioon, että kovettunut kumibitumi on erittäin liukas materiaali, joten jo työturvallisuuden takia alueen raja-
aus on suositeltavaa. Alue rajataan joka tapauksessa laadunvarmistus syistä.

8.2.5 Työvaiheiden tarkastukset

Tarkastuksista tulee tehdä kirjallinen tarkastuspöytäkirja, jonka oikeellisuuden tarkastajaosapuolet hyväksyvät allekirjoituksellaan. Tarkastuksissa tulee olla mukana pääurakoitsijan edustaja ja työvaiheesta vastaavan urakoitsijan edustaja, sekä rakennesuunnittelija (riippuen tarkastettavasta työvaiheesta). Kuvallinen dokumentointi on todella tärkeä kohteen myöhäisempää laadunvarmistuksen todentamista varten.

Muottityön tarkastus

Parkkihallien yläpohjarakenne on todella suuri. Yläpohjan yhden lohkon betonimäärä voi olla 300 m³ tai jopa sitä suurempikin. Muottien pettäminen aiheuttaa näin isoissa valuissa paljon vahinkoa ja lisäkustannuksia, puhumattakaan henkilövahingoista. Tästä syystä muottitöiden tarkastus pitää ottaa vakavasti ja muottitöiden tarkastuksesta tulee tehdä kirjallinen tarkastuspöytäkirja. Tarkastuksessa tulee olla vähintään betonointityönjohtaja sekä muottiurakoitsijan edustaja.

Muottisuunnitelmaa on noudatettava niin rakenteellisen kestävyuden kuin kalustonriittävyudenkin takia. Tuentasuunnitelmasta poikkeaminen voi aiheuttaa poikkeuksellisen kuormitustilanteen ja työturvallisuusriskin.

Tarkastuksessa on varmistettava, että

- muotit ovat tehty suunnitelman mukaisesti
- muotit ovat oikein tuettu ja kiinnitetty
- muottien saumat ovat tiiviitä
- muottien sijainti ja mitat ovat suunnitelmien mukaisia
- muotit ovat huolellisesti puhdistettu sekä öljytty tai kasteltu
- työtelineet ovat puhtaat, tukevat ja turvalliset; telineistä tehdään käyttöönottotarkastus
- vaaditut irrotuskaistat ovat asennettu.

Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan:

- muottikaluston määrät
- muottikaluston kunto
- muottikaluston puhtaus

- muottiosien mittatarkkuus.

Palautustarkastuksessa tarkastetaan:

- muottikaluston määrät
- muottikaluston kunto.

On suositeltavaa pyytää logistiikka yrityksen työntekijän allekirjoitus siitä, että hän kuitatessaan vastaa kyseisistä rahdissa olevista muottikalustosta. Tällä varmistetaan, että logistiikkayrityksen virheestä aiheutuvat kustannukset eivät ole työmaan vastuulla.

Raudoituksen ja jännepunosten asennustyön tarkastus

Parkkihallien yläpohjat ovat todella massiivisia rakenteita, joihin kohdistuu paljon kuormitusta. Jos yläpohjarakenteiden raudoituksia joudutaan korjaamaan jälkikäteen, korjaamiskustannukset ovat todella suuret. Tästä syystä raudoitustarkastukset ovat tärkeässä roolissa laadunvarmistamisen kannalta. Raudoitustarkastus tulee tehdä ensimmäiseen lohkoon kahdessa osassa. Muissa lohkoissa riittää yksi tarkastus. Tarkastuksista tulee tehdä pöytäkirjat. Tarkastuksiin osallistuu vähintään betonityönjohtaja, rakennesuunnittelija sekä raudoitusurakoitsijan edustaja.

Ensimmäisessä osassa tarkastetaan: palkkien haat, halkaisuraudoitus, pääteräiset ja punokset. Toisessa osassa tarkastetaan: ensimmäisen tarkastuksen puutteet ja loput raudat. Tarkastuksissa dokumentoidaan kuvallisesti kohteet, kuten; rauditus yleisesti, palkkien ja laatan päätyalueet sekä liikuntasaualueet ja -liitokset.

Tarkastuksissa tulee tarkastaa tarkastettavien rautojen osalta:

- piirustusten mukaiset terästen ja jänneiden laadut
- terästen ja jänneiden pinnat mahdollisten pintavikojen varalta
- tartuntaa huonontavat aineet tankojen ja jänneiden päältä (jää, rasva, kovettunut betoni ja lika)
- raudoituksen oikeat läpimitat, lukumäärät ja jakovälit
- piirustusten mukaiset asemat
- raudoitteiden riittävät keskinäisetäisyydet

- betonipeitteen riittävä paksuus
- riittävän suuret taivutussäteet, jatkospituudet ja ankkurointipituudet
- riittävän tiuha tukeminen välikkein ja asennustangoihin
- riittävän tukevat asennustangot
- riittävän tiheä ja luja sidonta
- valua vaikeuttavat raudoitusratkaisut
- liikkumista vaikeuttavat esteet, esiin pistävät tangot sekä poikittaiset asennukset.

Betonointityön tarkastukset

Betonityöstä tehdään betonointipöytäkirja. Jälkijännitystä varten betonin lujuuden kehitystä on seurattava lämpöanturien avulla laskentasovelluksella tai muulla vastaavalla tavalla. Betonointityön tarkastukset tehdään ennen betonoinnin aloittamista ja betonin kovettumisen jälkeen.

Ennen betonoinnin aloittamista on tarkastettava, että

- tulevan betonimassan korkeusasemat ovat oikein
- lämpöanturit ovat asennettu oikein (palkin pohjaan, palkin yläpintaan ja laattaan)
- kuormakirjassa on kaikki oikein
- betonimassa vastaa tilattua (notkeus ja raekoko tarkastetaan silmämääräisesti)
- työmaalla on esteetön näkyvyys pumppuauton ja betonoitavan kohteen välillä
- työmaalla on esteetön pääsy hätäpysäytyspainikkeelle
- sähkölinjojen sijainti sekä tarvittavat turvaetäisyydet täyttyvät
- pumppuauto pystyy avaamaan tukijalat riittävän pitkälle
- maapohja on riittävän kantava
- maaperän kaltevuus ei ole liian jyrkkä
- tukijalka on riittävän kaukana kaivannon reunasta
- puomin liikutteleminen vaikeuttavat esteet on huomioitu
- vaara-alueella työskenteleviä on varoitettu (mahdollisesti vaara-alue on eristetty)
- letkujen suojaustarve on huomioitu (ihmis- sekä omaisuusvahingot).

Betonin kovettumisen jälkeen on tarkastettava, että betonin pinta täyttää laatuvaatimukset ja on suunnitelmien mukainen:

- riittävät kaadot täyttyvät
- vesi ei lammikoidu
- pinnassa ei ole epätasaisuuksia, jotka voivat vaurioittaa vedeneristystä
- kaikki yli 3 mm:ä suuremmat hammastukset on tasattu kaltevuuteen 1:5.

Jännepunoksien jännitystyön tarkastukset

Jännitystyöstä tehdään jännityspöytäkirja. Jännitys urakoitsijalta on vaadittava asianmukainen jännityspöytäkirjan dokumentointi sekä käytetyn jännityskaluston kalibrointitodistukset voimassaoloaikoineen.

On varmistettava, että

- ennen jännitystyön aloittamista betonilla on riittävä lujuus
- jännitettäessä punoksiin saadaan suunniteltu voima
- jännitystyö keskeytetään, jos venymissä havaitaan poikkeamia
- jännityspäitä ei katkaista ennen suunnittelijan lupaa
- varauskolojen paikkaus suoritetaan viiveettä.

Vedeneristystyön tarkastukset

Vedeneristyksestä tulee tehdä kolme koetta. Ensimmäinen koe on betonin pintakerroksen suhteellisen kosteuden (RH %) mittaus. Mittaus suoritetaan esimerkiksi näytepalamittauksella. Toisella kokeella varmistetaan betonin pintakerroksen vaadittu vetolujuus ja kermieristeen tartunta alustaan. Mittaus suoritetaan esimerkiksi kolmioviiltokokeella. kolmas koe on vedenpainekoe, jolla varmistetaan eristyksen toimivuus. Koe tehdään, kun eristystyö on valmis.

Vedeneristyksestä tulee tehdä kaksi tarkastusta. Ensimmäinen tarkastus on vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että eristettävä alue vastaa vaatimuksia. Vastaanottotarkastuksesta tehdään tarkastuspöytäkirja. Toinen tarkastus tulisi tehdä jokaisen kermikerroksen kohdalla ja tarkastuksessa tulee tarkastaa, että bitumi pursuaa kermin saumoista kauttaaltaan ja onkaloita ei ole syntynyt kermin ja alustan väliin (kuva 8).



KUVA 8. Kermin kiinnityskauttaaltaan

Suhteellisen kosteuden mittaus näytepalamenetelmällä: Näytepalamittauksessa porataan tai piikataan haluttuun näyteenottosyvyyteen ja kerätään näytepalat lasiputkeen. Kun näytepalat on laitettu koeputkeen, putkeen asennetaan suhteellisen kosteuden mittapää. Putken pää tiivistetään vesihöyrytiivillä kitillä. Lopuksi koeputki siirretään 20 °C vakioämpötilaan tasaantumaan 5 – 12 tunniksi.

Kolmioviiltokoe: Alustaan kiinnitettyyn kermiin tehdään kaksi viiltoa noin 30 asteen kulmassa siten, että viillot muodostavat terävän kärjen. Kärjestä vetämällä irrotetaan kermiä alustasta. Jos kermi on tiukasti alustassa kiinni, koe on onnistunut. Koe toistetaan muutaman kerran, jotta kokeen tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Vedenpaineke: ”Tarkasteltavan alueen kaivot ja muut vedenpoistumisreitit tukitaan kokeen ajaksi vedeneristystä vaurioittamatta. Kun kaivot ja vedenpoistumisreitit on tukittu, merkataan alueelle tulevan veden korko (100–300 mm vedeneristeestä) seinäpintaan. Kun korot on merkattu seiniin, tarkasteltavalle alueelle valutetaan vettä korkomerkkeihin asti. Kun vesi on valutettu, aloitetaan välittömästi alapuolisten rakenteiden (erityisesti liittymärakenteet) kostumisen valvonta. Alapuolisia rakenteita valvotaan ensin n. 2 tuntia jatkuvasti. Jatkuvan valvonnan

jälkeen vedenpaineen annetaan vaikuttaa vedeneristykseen 12h-3vrk varmistuen, ettei alapuolisiin rakenteisiin muodostu kosteutta, ja että valutettu vesi pysyy korossaan. Jokaisen kokeen tuloksista kirjataan pöytäkirjaan.” (liite 7.)

”Koe on onnistunut, mikäli paineistuksen aikana alapuoliset rakenteet ovat pysyneet kuivina, eikä vuotoja ole havaittu. Kokeen jälkeen vedet valutetaan pois kaivoista hallitusti niin, ettei paine riko putkistoa. Onnistuneen vedenpainekokeen jälkeen on varmistuttava siitä, ettei vedeneristettä rasiteta mekaanisesti ennen lopullisten pintakerrosten tai muiden suojaavien rakenteiden päälle asentamista. Kokeen jälkeen alueelle ei saa varastoida mitään ja turhaa työskentelyä tulisi välttää pintarakenteiden asennukseen asti.” (liite 7.)

8.2.6 Ohjeet ja laatuvaatimukset

Tutkimuksessa selvitettiin paljon laadunvarmistuksen kannalta merkittäviä asioita, jotka auttavat niin kokemattomia kuin kokeneitakin työnjohtajia hyödyntämään laadunvarmistustoimenpiteitä tehokkaasti. Ohjeelliset asiat listattiin tähän kappaleeseen ja niitä hyödynnetään laatukortissa.

Muottityön ohjeet ja laatuvaatimukset

Tässä kappaleessa on listattuna tutkimuksessa esiin tulleita ohjeita ja laatuvaatimuksia tiivistetysti.

Muottien käsittely ja varastointi:

- Muottikasetin välivarastointi muottipinnan varassa maassa tai betoniholvilla tuhoaa nopeasti vaneripinnan.
- Kosteus sekä turvottaa vaneria että heikentää sen lujuutta.
- Muotteja ei saa varastoida valukohteessa, vaan ne on irrotettava mahdollisimman pian betonin saavutettua vaadittavan muotinpurkulujuuden.
- Muottien kuljetuksissa tulee huolehtia, että muottikasettiniput ovat sidottu tukevasti eikä kasettien väliin ole jäänyt muottipintoja vaurioittavia kiviä tai betonin kappaleita.

Muottien huolto:

- Muotti kierrossa kannattaa varata aikaa myös muottien huollolle, koska parhaimmankaan muottimateriaalin pinta ei säily laadukkaana ilman huoltoa.
- Yksinkertainen muottien huoltotoimenpide on niiden puhdistus heti muotinpurun jälkeen.

Muotiniirrotusaineet:

Liiallinen muotiniirrotusaine tulee pyyhkiä pois, jotta vältetään laatuvirheitä. Tasaisten laadun varmistamiseksi on käytettävä samaa muotiniirrotusainetta koko valupinnalla.

Muotiniirrotusaineen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat:

- yhteensopivuus muotin pintamateriaalin
- käytettävä betonilaatu
- käyttöolosuhteet (lämpötilalle ja sateelle alttius).

Pinnoittamattomalle vanerille ja puulevyille sopivat muotiniirrotusaineet, kuten

- puhdas vesi
- lisäaineilla täydennetyt mineraaliöljyt
- kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet
- vesiöljyemulsiot
- kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet.

Suunnitelmiin liittyvät ohjeistukset:

- Muottisuunnitelmat pitää käydä läpi huolella myös jälkijännityksenkin osalta.
- Irrotussuunnitelmat pitää käydä läpi, jotta tiedetään mitkä seinät tai pilarit kuuluvat irrottaa jännitettävästä yläpohjasta
- Muottityön suunnittelussa on otettava huomioon betonin kimmainen koonpuristuminen jännitysvaiheessa.
- Muottisuunnitelmaa on noudatettava niin rakenteellisen kestävyuden kuin kalustonriittävyudenkin takia.
- Tuentasuunnitelmasta poikkeaminen voi aiheuttaa poikkeuksellisen kuormitustilanteen ja työturvallisuusriskin.

Betonipintojen laatuvaatimukset on selvitettävä rakennusselostuksesta. Laatuvaatimukset on selvitettävä suunnittelijalta, jos selostuksessa ei ole määritelty betonipinnalle luokkaa AA, A, B tai C, koska puhdasvalu, sileävalupinta tai raakavalupinta, eivät määrittele betonipinnan laatuluokkaa, eikä niihin sisälly laatuvaatimuksia.

Muottitarpeen määrittäminen

- Suunnitelmista lasketaan muottityötä varten muottikaluston määrä.
- Aikataulusta selvitetään muottityöhön varattu aika.
- Lasketaan keskimääräinen päivittäinen muottityön määrä.

Muottikierron määrittäminen

1. Määritetään muottitarve.
2. Selvitetään työvaiheiden väliset riippuvuudet.
3. Lasketaan aika- ja työmenekit.
4. Suunnitellaan työryhmät.
5. Laaditaan muottityöaikataulu, jonka pohjalta määritetään muottikierto.

Muottikiertoa määritettäessä otettava huomioon seuraavat asiat:

- Muottikalustoa on varattava 1,5 – 2,5 kertainen määrä kertavalualueeseen nähden, jotta muottikierrosta saadaan jatkuvaa, eikä se keskeydy.
- Muottien tarvetta tulee seurata jatkuvasti, jotta kiireellisiin ongelmiin ehdittää ajoissa reagoida.
- muottikierrossa kannattaa varata aikaa myös muottien huollolle.

Muottisuunnitelmat tulee käydä jännitysuraakoitsijan kanssa läpi ja tarkistaa, että

- suunnitelmissa ei ole ristiriitoja punosten vetosuuntien kanssa
- reunamuotit ja päätymuotit on toteutettu punosten aktiivipäässä oikein.
- muottityön suunnittelussa on otettu huomioon betonin kimmainen kokoonpuristuminen jännitysvaiheessa ja irrotuskaistat ovat suunniteltu oikein.

Raudoituksen ja jännepunosten asennustyön ohjeet ja laatuvaatimukset

Tähän on listattu raudoitustyön kannalta olennaisia ohjeita ja laatuvaatimuksia, jotka auttavat tuotantoteknisissä suunnitelmissa.

Raudoitteiden käsittelyn ja varastointi:

- Raudoitteita tulee käsitellä kuljetuksessa, varastoinnissa ja asennettaessa niin, ettei niihin synny pysyviä muodonmuutoksia.
- Varastoinnin aikana raudoitteet eivät saa joutua syövyttävien aineiden tai muiden haitallisten vaikutuksien alaiseksi (esimerkiksi, maata vasten raudoitusten säilyttäminen on ehdottomasti kielletty).
- Raudoitus ei saa olla niin ruostunutta, että ruosteisuus vaikuttaa haitallisesti lujuus ja tartuntaominaisuuksiin.

Suunnitelmiin liittyvät ohjaukset:

- Raudoittajilta on varmistettava, että heillä on tieto oikeasta asennus järjestyksestä.
- Raudoitteiden väliset etäisyydet tulee olla sellaiset, että betoni voidaan valaa ja tiivistää huolellisesti.
- Tiheästi raudoitetulla alueilla tankoja niputetaan tarvittaessa valu- ja tiivistysaukkojen aikaansaamiseksi. Tankojen niputukseen tarvitaan suunnittelijan hyväksyntä.
- Raudoitteiden jatkokset tehdään pääosin limitysjatkoksina. Vaihtoehtoisesti jatkoksen voi tehdä myös hitsaamalla, muhveilla tai muilla erikoisjatkoksilla.
- Käytettävien välikkeiden ja tukien tulee kestää kaikki valun aikaiset rasitukset.

Laatuvaatimukset ja toleranssit:

- Raudoitteiden suositeltavat taivutustyytit, taivutusmittojen määräysperiaatteet ja mittatoleranssit on esitetty standardissa SFS 1267: betoniraidoitteet.
- Betonipeitteen paksuuteen vaikuttaa tartuntavaatimukset, säilyvyysvaatimukset ja rakenteen palonkestävyysvaatimukset.
- Betonisten raudoitusvälikkeiden tulee antaa yhtä hyvä korroosio suoja kuin rakenteen betoni.
- Betonipintaan suoraan kosketuksessa olevia teräsvälikkeitä saa käyttää vain rasitusluokissa X0 ja XC1.

Jännitystyön ohjeet ja laatuvaatimukset

Tähän on listattu jännitystyön kannalta olennaisia ohjeita ja laatuvaatimuksia, jotka auttavat tuotantoteknisissä suunnitelmissa.

Jännitystyöhön liittyviä ohjeita:

- Suunnitelmissa tulee olla esitettynä ankkurointiliukumat ja niiden toleranssit sekä betonin lujuusvaatimukset eri vaiheissa.
- Toteutusstandardissa ja sen kansallisessa soveltamisohjeessa on esitetty vaaditut tarkastukset ja niiden dokumentointi.
- Jännemenetelmän ETA-hyväksynnässä voi olla esitettynä vaatimuksia asentajille sekä asennustyönjohdolle.
- Jännitystyöurakoitsijalta on vaadittava asianmukainen jännityspöytäkirjan dokumentointi sekä käytetyn jännityskaluston kalibrointitodistukset voimassaoloaikoineen
- Jännityspään häntiä ei saa katkaista ennen kuin jännitystyö on suunnittelijan toimesta hyväksytty. Jännevoiman päästö ja uudelleen jännitys on mahdollista vielä, kun jännityspäät ovat katkaisematta. Katkaisun jälkeen rakenteen korjaus on vaikeampaa.
- Lisäksi jännityspäiden katkaisun jälkeen rasvakorkkien ja ankkurien varauskolojen paikkaus tulee suorittaa mahdollisimman nopeasti.
- Betonin lujuudenkehitystä tulee seurata, jotta betonirakennetta ei jännitetä liian aikaisin, koska se aiheuttaa rakenteelle vaurioitumisriskin.
- Jännitettäessä punoksiin on saatava suunniteltu voima, jotta rakenteelle suunniteltu kapasiteetti täyttyy.
- Mikäli mitatuissa venymissä havaitaan poikkeamia, tulee jännitystyö keskeyttää ja ottaa yhteyttä suunnittelijaan.

Jännepunoksien jännitystyön laatusuunnitelma sisältää:

- toteuttajan hankeorganisaation kuvaus vastuuhenkilöineen
- toteuttajan osaamisen ja resurssien arviointi asetettuihin vaatimuksiin
- tarkastuksen periaatteet vastuineen
- suunnitelma laadunvalvonnan toimenpiteistä ja tallenteista
- jännemenetelmän eurooppalainen tekninen hyväksyntä, tyyppihyväksyntä tai rakennuspaikkakohtainen hyväksyntä
- jännepunoksen tyyppihyväksyntä tai rakennuskohtainen hyväksyntä
- jännittämistöitä koskeva työturvallisuussuunnitelma
- menetelmäkuvaus (toteutukseen liittyvät erityispiirteet liittyen jännemenetelmään ja työn toteuttamiseen)
- käytetyn jännityskaluston kalibrointi todistukset voimassaoloaikoineen.

Jännityspöytäkirja sisältää:

- jännemenetelmän nimen
- voimassaolevan tuotehyväksynnän tunnukset
- jänteiden tyypit ja koot
- jänteiden numerot, jotka vastaavat piirustuksissa esitettyjä numeroita
- jänteiden pituudet (katkaisu- ja tehokaspituus)
- jänteiden teoreettinen venymä lukitusliukuman jälkeen kimmainen kokoonpuristuma huomioiden
- yksittäisen punoksen venymän sallitut minimi- ja maksimiarvot.
- jännitys voimat
- betonin vähimmäislujuus jännityshetkellä
- toteutuneet venymät (jännitys urakoitsija täyttää)
- lämpötilat, jänteen liukumata ja katkeamiset
- ankkureiden liukumata tai poikkeukselliset kitkan vaikutukset.

Jännitysurakoitsija allekirjoittaa täytetyn pöytäkirjan, jonka jälkeen rakennesuunnittelija allekirjoituksellaan hyväksyy pöytäkirjan sallitut venymät.

Betonointityön ohjeet ja laatuvaatimukset

Tähän on listattu betonointityön kannalta olennaisia ohjeita ja laatuvaatimuksia, jotka auttavat tuotantoteknisissä suunnitelmissa.

Laatuvaatimukset:

- betonipinnan korkeusasemat ovat suunnitelmien mukaiset
- vaaditut kaadot täyttyvät
- vesi ei lammikoidu
- pinnassa ei ole epätasaisuuksia, jotka voivat vaurioittaa vedeneristystä
- kaikki yli 3 mm:ä suuremmat hammastukset on tasattu kaltevuuteen 1:5.

Epäonnistuneet kallistukset voivat aiheuttaa vuoto-ongelmia, joten niihin kannattaa kiinnittää huomiota. Laajenuksessa on tarkastettava, että rakenteen todelliset korkeusasemat täsmäävät suunnitelmia, jotta vältytään pykäliltä.

Betonin valamiseen ja tiivistämiseen liittyvät ohjeet:

- Valettavan betonin runkorakenteen erottumisvaaran vuoksi, betonimassan vapaa pudotuskorkeus on pidettävä mahdollisimman pienenä, korkeintaan 1,0 – 1,5 m.
- Valutyö suoritetaan pääsääntöisesti maksimissaan 0,3 – 0,5 metrin kerroksina riippuen massan notkeudesta, rakenteesta, raudoituksesta ja betonille asetetuista vaatimuksista.
- Ankkurialueella betonimassan tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota (vaihtoehtoisesti voidaan käyttää pienempää raekokoa tai IT -massaa).
- Valukalusto on oltava oikeanlainen (jos työmaalla on oma valukalusto, täytyy ohjata suunnitelmia siihen suuntaan, että omaa kalustoa voidaan käyttää tehokkaasti).

Suunnitelmiin liittyvät ohjeistukset:

- Kun raekoko pienenee, sementtiliiman määrä kasvaa, tämä lisää betonin kutistumaa ja halkeiluriskiä sekä muodonmuutokset kasvavat.
- Laajenuksessa on tarkastettava, että rakenteen todelliset korot täsmäävät suunnitelmia, jotta vältetään pykäliltä.

Betonikuljetusautoon ja pumppuautoon liittyvät ohjeet:

- Suuremmat raekoot kuin 16 mm, voivat aiheuttavat puomin tukkeutumisen (katso taulukko 1, joka löytyy sivulta 27).
- Työmaalla tulee huomioida, että betoniauto on lastattuna raskas. Tästä syystä työmaatien tulee olla riittävän kantava ja leveä.
- Lisäksi tulee huomioida, että betoni auton kääntösäde on noin 13 m.

Sähkölinjojen osalta tulee varmistaa, että

- selvitetään vaarat
- suunnitella kuljetusreitit
- varoitetaan koneiden kuljettajia
- pyydetään sähkölaitosta kytkemään ilmajohdot jännitteettömäksi, jos töitä joudutaan tekemään johtojen lähellä
- noudatetaan turvaetäisyyksiä (tulee huomioida, että minimi etäisyydet riippuvat johteen jännitteen suuruudesta, taulukko 3). (by 201, 330.)

TAULUKKO 3. Turvaetäisyydet ilmassa kulkeviin sähköjohtoihin (by 201, 331 muokattu)

Turvaetäisyydet vähintään (m)			
Johdon jännite (kV)	Avojohto		Riippujohto
	alla	sivulla	
0,4	2*	2*	0,5**
20	2	3	1,5
110	3	5	-
220	4	5	-
400	5	5	-

1kV = 100V
*harvinaisia
**etäisyys koskee myös 1000 V riippujohtoa.

Vedeneristystyön ohjeet ja laatuvaatimukset

Tähän on listattu vedeneristystyön kannalta olennaisia ohjeita ja laatuvaatimuksia, jotka auttavat tuotantoteknisissä suunnitelmissa.

Ohjeita vedeneristystyön suunnitteluun:

- Ennen vedeneristystöitä tulee varmistua, että betoni on ehtinyt kuivunut riittävästi.
- Ilmanlämpötilalla ja vuoden ajalla on merkitystä vedeneristyksen laatuun. Vedeneristystä ei mieluiten aloiteta loppusyksystä talvea vasten
- Bitumiliiman kuumentamisessa tulee käyttää termostaatilla varustettua sekoitinpataa eikä bitumin lämpötila saa nousta yli 210 °C asteen
- Valmis vedeneristetty alue tulee rajata ja läpikulku mahdollisuus estää.
- Nestemäisiä vedeneristeitä levitettäessä tulee varmistua siitä, että eristyksen ja alustan väliin ei jää vedeneristyksen pintajännityksen aiheuttamia ilmahuokosia. Ilmahuokosten poistaminen tulee varmistaa esisivelyllä, joka sulkee mahdolliset huokokset.

Ohjeita läpivienteihin:

- Läpivienteihin on asennettava vähintään 150 mm:n levyinen laippa, joka on tarkoitukseen sopivaa kumia tai ruostumatonta terästä.
- Suurempien läpivientien laipoitus korvataan ylönostoilla.

- Hankittavien kaivojen soveltuvuus kohteeseen ja niiden oikea sijainti ovat asioita, joihin kannattaa perehtyä
- Läpiviennit tulisi sijoittaa vähintään 0,5m seinistä ja reunoista, jotta läpivienti voidaan liittää luotettavasti vedeneristeisiin.

Ohjeita liikuntasaumoihin:

- Liikuntasaumalaite voi olla varmempi, mutta se vaatii huoltoa, joten se täytyy olla helposti huollettavissa.
- Haihdutuskourujen ja tippanokkien käytöllä varmistetaan, että vuotokohtat eivät valuta vettä kuluttajien nähden.
- Vaikka kouruja ei asennettaisikaan tuotantovaiheessa, on suositeltavaa suunnitella kouruille ja viemäroinnille varaukset.
- On kiinnitettävä huomiota, että vaadittu ajokorkeus täyttyy, niin kourujen ja viemärointien kuin valaistuksenkin kanssa.

Ohjeita ylösnoston laadunvarmistukseen:

- Vedeneristys tulee nostaa siihen liittyviin pystypintoihin vähintään 300 mm:n korkeuteen valmiista päällyskerroksen pinnasta ja 100 mm padotuskorkeuden yläpuolelle.
- Poikkeustapauksissa, kuten ovien kynnysten kohdalla sallitaan 100 mm:n ylösnosto. Tällaisissa tapauksissa ovirakenteen ja seinän liitos on oltava vesitiivis.
- Kermin kiinnittäytyminen on varmistettava mekaanisella kiinnityksellä sekä kermin yläreuna on tiivistettävä elastisella tiivistysmassalla.
- Pystypinnalle nostetulle vedeneristykselle on suositeltavaa varata syvyyttä vähintään 20 mm, jolla ylösnosto suojataan seinää pitkin valuilta vedeltä.
- Ylösnoston vedeneristyskermi on suojattava auringon säteilyltä ja mekaaniselta rasitukselta, esimerkiksi ulkokäyttöön sopivalla teräs- tai alumiinipellillä. Pellityksen tulee peittää kermin yläreuna ja mekaaninen kiinnitys. Pellityksen yläreuna tulee olla limitetty seinämateriaalin taakse tai tiivistä asennettu seinän pintaan. Pellitystä asennettaessa on huomioitava, että pellitys ei saa estää rakenteen tuulettumista. Pellin alareuna tulee ylettyä vähintään 70 mm eristyksen yläreunan tai tuuletusraon alapuolelle.

- Vedeneristyksen ylösnoston mekaaniseksi kiinnitykseksi ei suositella metallistakiinnitystä vaan, esimerkiksi kuumasinkittyjä tai korroosiokestävyydeltään niitä vastaavia betoninauloja ja aluslevyjä. Mekaaninen kiinnitys tehdään padotuskorkeuden yläpuolelle, vähintään 300 mm:n korkeuteen valmiista päällyskerroksen pinnasta.

9 LAADUNVARMISTUSKORTTI

Laadunvarmistuskortin tarkoitus on toimia ohjeellisena korttina, mutta laatukortissa esitetyt laadunvarmistustoimenpiteet ovat laadunvarmistuksen kannalta hyvin olennaisia toimenpiteitä tuotannossa. Työnjohtajan tulee noudattaa kortin laadunvarmistustoimenpiteitä mahdollisuuksien mukaan.

9.1 Sisältö

Laatukortti sisältää seitsemän otsikkokohtaista ryhmää, jotka ovat; betonityönjohtajan suunnitelmat, suunnittelun ohjaus, muottityö, raudoitustyö, betonointityö, jännepunoksien jännitystyö ja vedeneristystyö. Kuvassa 9 on laadunvarmistuskortin aloitusnäky. Kuvasta 9 nähdään, että jokaiseen ryhmään on upotettu tietyn verran kappaleita. Esimerkiksi muottityöhön on upotettu 4 kappaletta.

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

- ▶ **Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items** Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmist
- ▶ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita _____
- ▶ **Muottityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Raudoitustyö (teräset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____

KUVA 9. Laadunvarmistuskortin aloitusnäky

Aloitusnäkyä pystytään avaamaan ryhmät ja näin pystytään näkemään kaikki ryhmään upotetut kappaleet (kuva 10). Kaikki eri ryhmien sisältävät kappaleet ovat poimittu tämän tutkimuksen kohdasta 8.2. tulokset. Esimerkiksi ryhmä muottityö sisältää kappaleita kuten; tehtäväsuunnitelma, työturvallisuussuunnitelma, tarkastukset sekä ohjeet ja laatuvaatimukset.

▼ **Muottityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

21 **Tehtäväsuunnitelma, muottityö**

Comments

22 **Työturvallisuussuunnitelma, muottityö**

Comments

23 **Tarkastukset, muottityö**

Comments

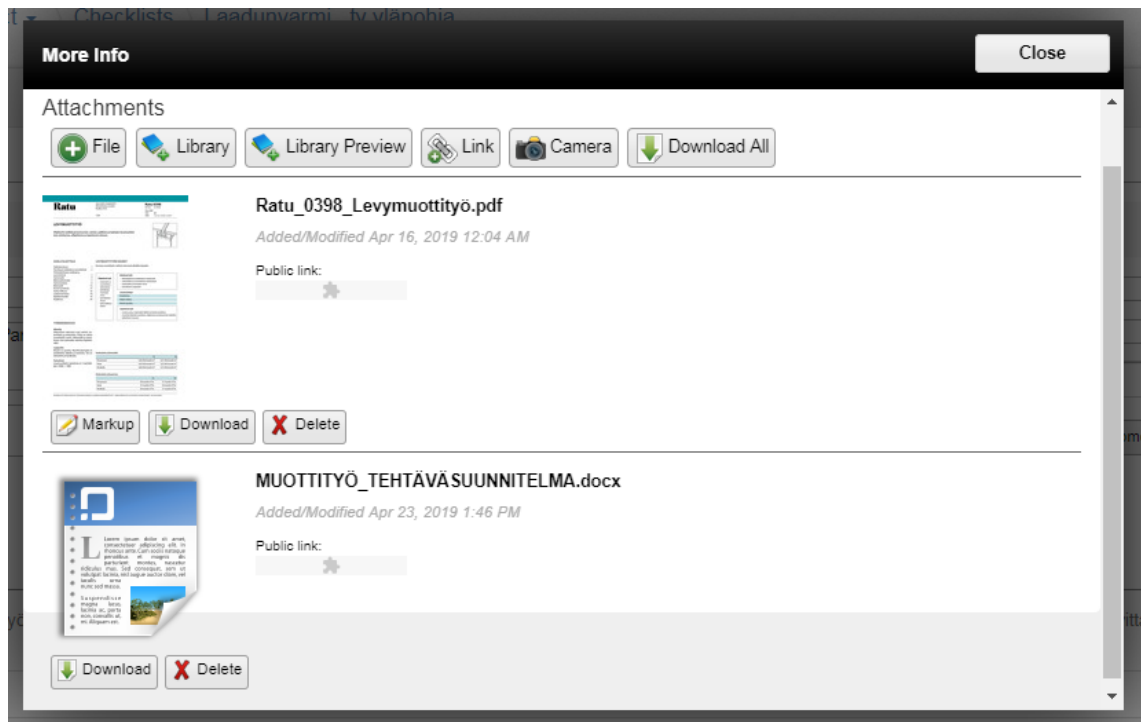
24 **Ohjeet ja laatuvaatimukset, muottityö**

Comments

► **Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

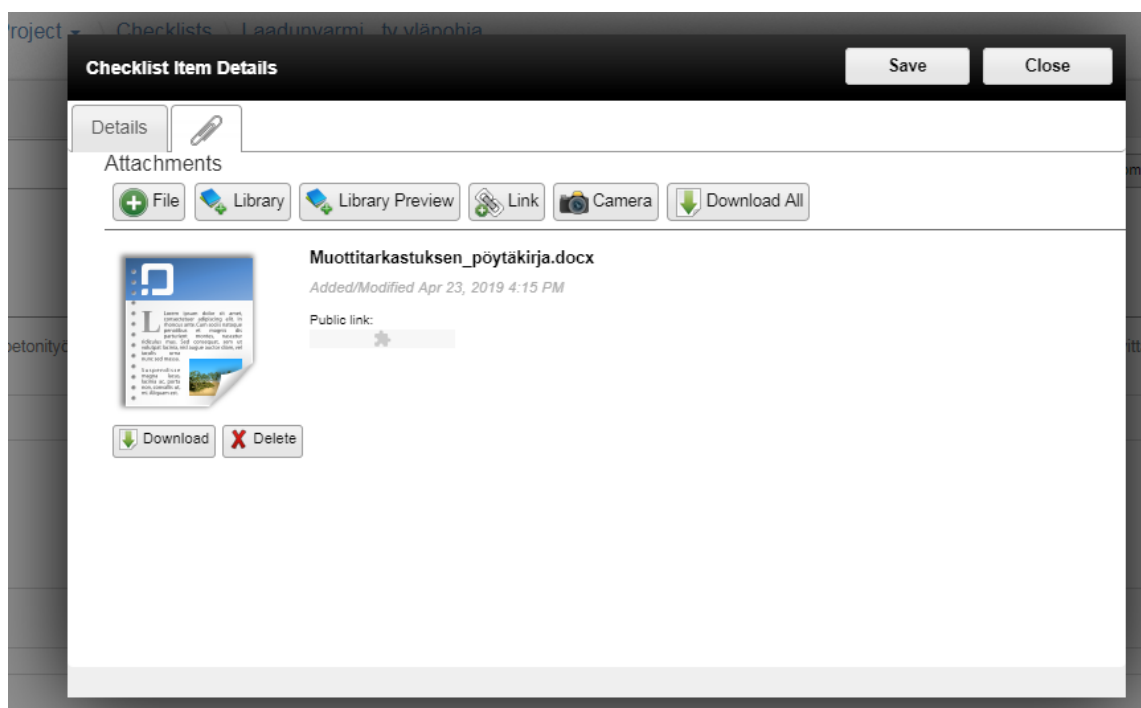
KUVA 10. Ryhmän ”muottityö”:n sisältämistä kappaleista näkymä

Ryhmät sisältävät eri määrän kappaleita. Kappaleet ovat työvaiheeseen kuuluvia laadunvarmistustoimenpiteitä, kuten vedeneristystyön vedenpaineet. Kappaleisiin on upotettu laadunvarmistustoimenpiteen ohjeistus, esimerkiksi tehtäväsuunnitelmien on upotettu ohjeistus siitä, että mitä asioita kyseisessä tehtäväsuunnitelmassa tulee huomioida. Ohjeistuksen saa auki info-painikkeesta. Kuvassa 11 on kuvattu näkymä muottityön tehtäväsuunnitelman toimenpiteiden ohjeistuksista.



KUVA 11. Näkymä muottityön tehtäväsuunnitelman ohjeistuksista

Kappaleisiin eli laadunvarmistustoimenpiteisiin voidaan lisätä asiakirja tai valokuva. Esimerkiksi muottityön tarkastuspöytäkirja voidaan arkistoida projektinhallinta sovellukseen, jolloin se on saatavilla sieltä myöhäisemmässä vaiheessa (kuva 12).



KUVA 12. Näkymä laadunvarmistustoimenpiteen kappaleeseen liitetystä tiedostosta

9.2 Käyttöohje

Tässä kappaleessa opastetaan miten BIM360 Field -projektinhallintaohjelman laadunvarmistuskorttia käytetään. Lisäksi kerrotaan ominaisuuksia, joista on hyötyä laadunvarmistuskortin käytössä.

Laadunvarmistuskortin avattaessa tulee kuvan 9 kaltainen näkymä. Näkymässä on seitsemän ryhmää. yhtä ryhmää klikkaamalla aukeaa ryhmään upotetut kappaleet. Kappaleet ovat otsikon mukaiseen työvaiheeseen kuuluvia laadunvarmistustoimenpiteitä.

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

- ▶ **Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items** Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmist
- ▶ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita _____
- ▶ **Muottityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____
- ▶ **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet _____

KUVA 9. Laadunvarmistuskortin aloitusnäky

Esimerkiksi muottityö sisältää neljä kappaletta laadunvarmistustoimenpiteitä. Toimenpiteitä ovat tehtäväsuunnitelma, työturvallisuussuunnitelma, tarkastukset sekä ohjeet ja laatuvaatimukset (kuva 10).

▼ **Muottityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

21 **Tehtäväsuunnitelma, muottityö**

Comments

22 **Työturvallisuussuunnitelma, muottityö**

Comments

23 **Tarkastukset, muottityö**

Comments

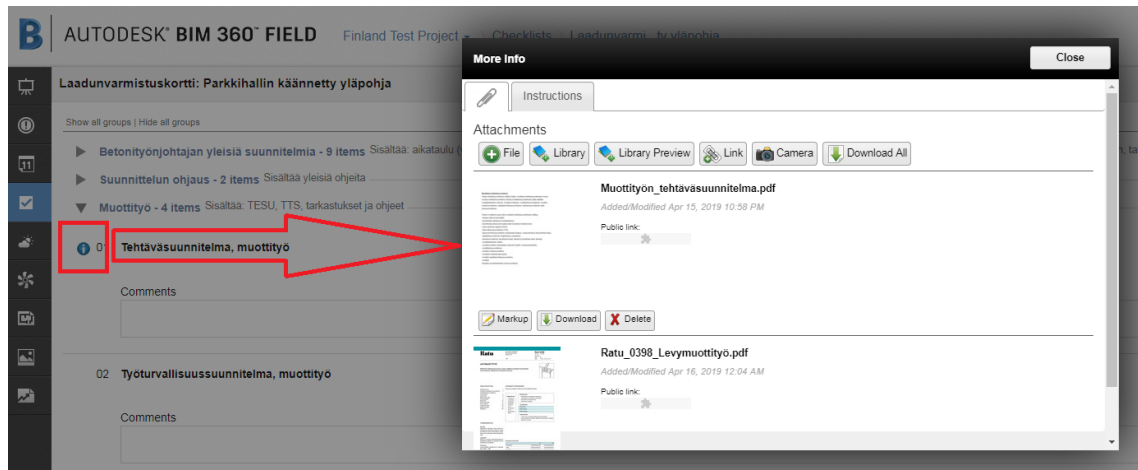
24 **Ohjeet ja laatuvaatimukset, muottityö**

Comments

► **Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

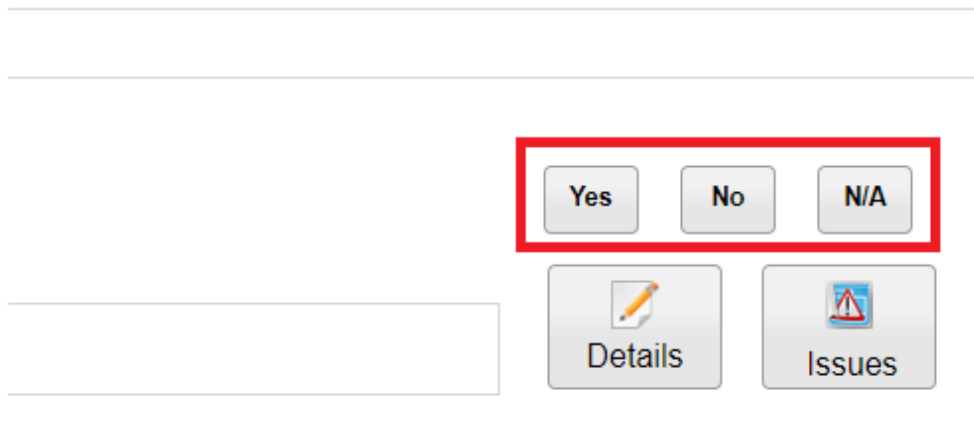
KUVA 10. Ryhmän ”muottityö”:n sisältämistä kappaleista näkymä

vasemmassa reunassa sijaitsevasta sinivalkoisesta info -painikkeesta avautuu laadunvarmistustoimenpiteeseen sisällytetyt tiedostot (kuva 13). Tiedostoista löytyy ohjeita laadunvarmistustoimenpiteen tekemiseen. Tällä tavoin laadunvarmistustoimenpiteestä saadaan säästettyä työnjohtajan käyttämä aika, jonka työnjohtaja käyttää tiedon hakemiseen laadunvarmistustoimenpiteestä. Lisäksi näin saadaan ohjattua toimenpiteestä tarpeeksi kattava.



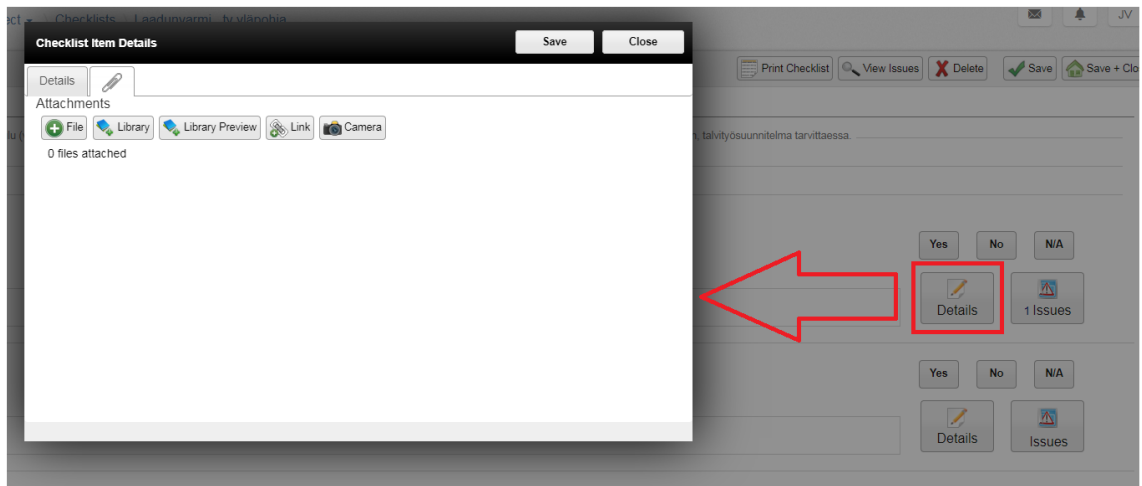
KUVA 13. Laadunvarmistustoimenpiteeseen upotetut tiedostot

Oikeasta reunasta löytyy viisi painiketta. kolme ylintä painiketta on "yes", "no" ja "N/A". Näillä toiminnoilla voidaan kirjata, onko laadunvarmistustoimenpide tehty kohteeseen (kuva 14).



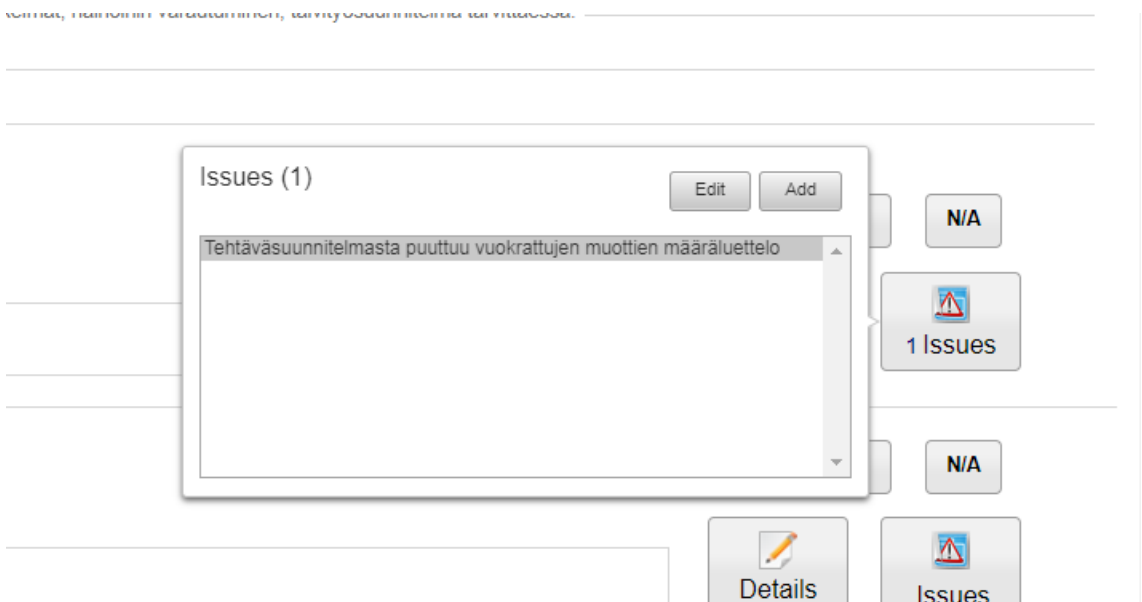
KUVA 14. "yes", "no" ja "N/A" painikkeet

Alemmat kaksi painiketta ovat "Details" ja "Issues". Details näppäimestä avautuu laatikko, johon voi liittää tiedoston, esimerkiksi tarkastuspöytäkirjan (kuva 15). Detail näppäimestä löytyy myös mahdollisuus lisätä kameralla kuvan, jos kokee sen tarpeelliseksi.



KUVA 15. Tiedoston lataaminen

”Issues” -näppäimestä toimenpiteeseen voi lisätä huomion, esimerkiksi jos toimenpiteessä aiheutui ongelmia tai puutteita. Ensin ”Issues” -näppäimestä avautuu laatikko, josta nähdään kaikki lisätyt huomiot (kuva 16). Painikkeesta ”Add” avautuu uusi laatikko, josta voi tehdä uuden muistiinpanon (kuva 17).



KUVA 16. ”Details” -näppäimestä nähdään kaikki toimenpiteeseen lisätyt huomiot.

The image shows a software interface with a modal dialog box titled "Add New Issue". The dialog has a "Details" tab and contains the following fields:

- Issue type: QA/QC
- Issue ID: <New>
- Description: Tehtäväsuunnitelma, muutetttyö
- Company: Skanska Talonrakennus, IV
- Status: Open
- Due date: (empty)
- Location: (empty)
- Location detail: (empty)
- Työntekijä: (empty)

The background interface shows a checklist with buttons for "Yes", "No", "N/A", "Details", and "Issues".

KUVA 17. "Add" -näpäimestä avautuu uusi laatikko, josta voi tehdä uuden huomion.

10 POHDINTA

Tutkimuksen teoreettisen osan tavoitteena oli kerätä tähän tutkimukseen ammattikirjallisuudesta parkkihallien jälkijännitetyn paikallavalettavan teräsbetoniyläpohjan laadunvarmistuksen kannalta tärkeitä toimenpiteitä. Teoria osuudessa käytettiin ammattikirjallisuutta, kuten Betoniyhdistyksen, Rakennustieto Oy:n ja Rakennusinsinöörien Liiton teoksia. Kyseiset teokset ovat luotettavia, koska teokset ovat päivitettyä ammattikirjallisuutta ja niistä löytyvät nykyaikaiset hyvät rakentamistavat ja ratkaisut. Teoksien avulla teoria osuuden tavoitteet saatiin täytettyä, teoksista löytyy todella paljon laadunvarmistustoimenpiteitä yksinkertaisesti esitettynä.

Tutkimuksen empiirisen osan ensimmäisenä tavoitteena oli haastattelututkimuksen avulla kerätä eri alojen asiantuntijoilta toimintamalleja ja toimenpiteitä, joilla saadaan laadunvarmistusta kehitettyä. Haastattelututkimuksessa onnistuttiin todella hyvin, kun haastattelututkimuksella saatiin kerättyä todella kattavasti tärkeitä laadunvarmistustoimenpiteitä ja huomioon otettavia asioita.

Yksi tapa arvioida haastattelututkimuksen luotettavuutta on pohtia haastateltavien ammattitaitoa. Haastateltavat ovat olleet mukana Skanska Talonrakennus Oy:n parkkihallin rakentamisessa sekä haastateltavia oli niin suunnittelusektorilta kuin tuotannosta eri urakoitsijoilta. Tutkimuksen luotettavuus on tämän tasoiseen laatukorttiin hyvä, koska tutkimus sisälsi kattavasti eri asioihin perehtyneitä asiantuntijoita. Lisäksi asiantuntijoilla on aikaisempaa kokemusta kyseisistä rakenteista.

Tutkimuksen empiirisen osan toinen tavoite oli yhdistää tutkimuksessa esiin tulleita laadunvarmistustoimenpiteitä ja listata niistä kootusti LEAN -johtamista tukeva laadunvarmistuskortti BIM360 Field -ohjelmaan. Ongelmana tavoitteen saavuttamiseen oli se, että saadaanko BIM360 Field -ohjelma taipumaan tämänlaiseen korttiin. Korttiin tulisi voida liittää asiakirjoja, kuvia ja tekstiä sekä lista sisältäisi kattavasti ohjeita laadunvarmistustoimenpiteistä. Ilmeni, että BIM360 Field -ohjelmassa on ”checklist” toiminto, johon kyseinen kortti onnistuttiin toteuttamaan.

Laadunvarmistuskortin yksi tärkeimmistä tavoitteista on se, että parkkihallien osalta kokemattomatkin työnjohtajat onnistuvat kohteesta laadukkaasti ja kustannustehokkaasti. Tämä mahdollistetaan, kun laadunvarmistuskortilla tuetaan LEAN -johtamista. LEAN -johtamisen tukemisella tarkoitetaan sitä, että laadunvarmistuskortilla ohjataan työnjohtajia valitsemaan toimivaksi todettuja ratkaisuja ja välttämään ratkaisuja, joihin sisältyy potentiaalisesti suuria riskejä. Riskienhallinnan lisäksi työnjohtajia ohjataan vähentämään tuotannossa ilmenevää hukkaa yhdenmukaistamalla tuotannon tarkastuksia ja suunnittelua. Näillä ohjauksilla pyritään luomaan hyvät edellytykset laadullisesti ja kustannuksellisesti tehokkaiseen tuotantoon.

Laadunvarmistuskortin luotettavuus perustuu tämän tutkimuksen eri osien luotettavuuteen. Kortin luotettavuus ei itsessään tee kortista hyvää ja käytännöllistä. Laadunvarmistuskortti vaatii käyttökokeiluja ja kokeiluissa havaittujen puutteellisten asioiden kehittämistä, jotta laadunvarmistuskortista saataisiin mahdollisimman hyvä ja käytännöllinen. Kortin käytännöllisyyden haaste piilee BIM360 Field -ohjelmassa. Yhtenä tavoitteena oli pyrkiä tekemään kortin käyttö helpoksi, yksinkertaistamalla listan rakenne sekä sen toiminnot. Tavoitteena oli tehdä laadunvarmistuskortti niin yksinkertaiseksi, että henkilö, joka ei ole käyttänyt BIM360 Field -ohjelmaa, onnistuu sen käytössä. Kohdasta 9.2 saadaan laadunvarmistuskorttiin käyttöohjeet, joiden avulla kortin käyttöön voidaan tutustua. Kortin käytöstä ei tarvita erillistä koulutusta, mutta kortin esittely vastaaville mestareille ja työpäälliköille on olennaista, jotta kortin olemassaolosta ollaan tietoisia. Kortin olemassaolosta tulee informoida myös yksikön ulkopuolelle, jotta kortti saadaan kaikkien työnjohtajien tietoisuuteen ja näin saavutetaan kortin potentiaalinen hyöty yrityksessä.

On huomioitava se, että vaikka tässä tutkimuksessa esitetyt laadunvarmistustoimenpiteillä keskitytään torjumaan mahdollisia takuukorjauksessa aiheutuvia kustannuksia, nämä kyseiset toimenpiteet aiheuttavat lisäkustannuksia tuotantovaiheessa, joita ei välttämättä ole huomioitu kohdetta laskiessa. Tämä tarkoittaa, että toimenpiteet saattavat heikentää kohteen tulosta, mutta tätä ei otettu huomioon tutkimuksessa. Pitkällä aikavälillä voidaan kuitenkin säästää merkittäviä

summia. Jotta, laadunvarmistuksen toimenpiteet, riskit ja niihin kohdistuvat kustannukset saadaan optimoitua taloudelliseksi, joudutaan tekemään aiheesta lisätutkimuksia, koska tämä tutkimus ei ota kantaa laadunvarmistustoimenpiteistä ja riskeistä aiheutuviin kustannuksiin.

Laadunvarmistuskorttia voidaan soveltaa myös muihin paikallavalettaviin betonirakenteisiin, kuten paikallavalettaviin maanpainesisiin, joten kortilla on potentiaalisesti hyvin suuri vaikutus parkkihallien yleisen laadunvarmistuksen kehittämiseen. Lisäksi tutkimus antaa hyvän pohjan uusille laadunvarmistustutkimuksille, joissa voidaan käyttää tutkimuksen sekä laadunvarmistuskortin rakennetta ja käyttökokemuksia hyödyksi.

LÄHDELUETTELO

Huoso Henri. 2017. by 69 Tartunnattomat jänteet betonirakenteissa 2017.

Johansson K. & Mannonen R. 2016. by 65 Betoninormit 2016.

Kattoliitto ry. 2013. Toimivat katot 2013. Luettu 24.3.2019. http://www.kattoliitto.fi/files/504/Toimivat_Katot_2013_reduced_size_.pdf

Rakennustieto Oy. 2000. RT 85-10729 Liikennöidyn tason vedeneristykset.

Rakennustieto Oy. 2005. RT 85-10851 Loivat bitumikermikatot.

Rakennustieto Oy. 2014. RT 38538 Perustusten kosteuden ja radonin eristys
Katepal Oy.

Suomen betoniyhdistys ry. 2014. bly 7 Betonilattiat 2014.

Suomen betoniyhdistys ry. 2018. by 201 Betonitekniikan oppikirja 2018.

Suomen betoniyhdistys ry. 2013. by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2012. RIL 107-1012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet.

Söderlund K. 2011. RIL 202-2011/ by61 Betonirakenteiden suunnitteluohje.

Tiehallinto. 2005. Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset Varusteet ja laitteet - SYL 7. Luettu 24.3.2019. https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/syl/syl7_2005v.pdf

LIITTEET

Liite 1. Laadunvarmistuskortti

Aloituskäytäntö:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

▶ **Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items**

Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.

▶ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita

▶ **Muotityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

Show all groups | Hide all groups

Betonityönjohtajan suunnitelmat:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

▼ Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items

Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.

01 Aikataulut

Yes No N/A

Comments



02 Betonityösuunnitelma

Yes No N/A

Comments



03 Laadunvarmistussuunnitelma

Yes No N/A

Comments



04 Taloudelliset laskelmat

Yes No N/A

Comments



05 Varasuunnitelma (häiriöistä aiheutuvat varapäivät yms.)

Yes No N/A

Comments



06 Talvityösuunnitelma

Yes No N/A

Comments



▶ Suunnittelun ohjaus - 1 item Sisältää yleisiä ohjeita

▶ Muotittiyö - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ Raudoitusyö (teräkset ja punokset) - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ Betonointiyö - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ Jännepunkosten jännitystyö - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ Vedeneristystyö - 8 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet



Suunnittelun ohjaus:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

▶ **Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items**

Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.

▼ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita

11 **Ohjeita**

Yes No N/A

Comments



▶ **Muotittyo - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Raudoitustyö (teräsket ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Jännepunkkien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Vedeneristystyo - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

Show all groups | Hide all groups

Muottityö:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

▶ **Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items**

Sisältää: alkataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.

▶ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita

▼ **Muottityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

21 **Tehtäväsuunnitelma, muottityö**

Yes No N/A

Comments

Details Issues

22 **Työturvallisuussuunnitelma, muottityö**

Yes No N/A

Comments

Details Issues

23 **Tarkastukset, muottityö**

Yes No N/A

Comments

Details Issues

24 **Ohjeet ja laatuvaatimukset, muottityö**

Yes No N/A

Comments

Details Issues

▶ **Raudoitustyö (teräsket ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▶ **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

Show all groups | Hide all groups

Raudoitustyö:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

► **Betonityönjohtajan suunnitelmat - 9 items**

Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.

► **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita

► **Muotittyy - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

▼ **Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

① 31 **Tehtäväsuunnitelma, raudoitustyö**

Yes No N/A

Comments



① 32 **Työturvallisuussuunnitelma, raudoitustyö**

Yes No N/A

Comments



① 33 **Tarkastukset, raudoitustyö**

Yes No N/A

Comments



① 34 **Ohjeet ja laatuvaatimukset, raudoitustyö**

Yes No N/A

Comments



► **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

► **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

► **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

Show all groups | Hide all groups

Betonityö:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

- ▶ **Betonityöjohtajan suunnitelmat - 9 items**
Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.
 - ▶ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita
 - ▶ **Muuttityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
 - ▶ **Raudoitustyö (teräsket ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
 - ▼ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
- 41 Tehtäväsuunnitelma, betonointityö**

Comments
-
- 42 Työturvallisuussuunnitelma, betonointityö**

Comments
-
- 43 Tarkastukset, betonointityö**

Comments
-
- 44 Ohjeet ja laatuvaatimukset, betonointityö**

Comments
- ▶ **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
 - ▶ **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

Jännepunoksien jännitystyö:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja

Show all groups | Hide all groups

- ▶ **Betonityöjohtajan suunnitelmat - 9 items**
Sisältää: aikataulu, betonityösuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, työturvallisuussuunnitelmat, taloudelliset laskelmat, häiriöihin varautuminen, talvityösuunnitelma tarvittaessa.
- ▶ **Suunnittelun ohjaus - 1 item** Sisältää yleisiä ohjeita
- ▶ **Muotittiyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
- ▶ **Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
- ▶ **Betonointityö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet
- ▼ **Jännepunoksien jännitystyö - 4 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

51 Tehtäväsuunnitelma, jännitystyö

Yes No N/A

Comments



52 Työturvallisuussuunnitelma, jännitystyö

Yes No N/A

Comments



53 Tarkastukset, jännitystyö

Yes No N/A

Comments



54 Ohjeet ja laatuvaatimukset, jännitystyö

Yes No N/A

Comments



- ▶ **Vedeneristystyö - 8 items** Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet

Show all groups | Hide all groups

Vedeneristystyö:

Laadunvarmistuskortti: Parkkihallin käännetty yläpohja		Print Checklist	View Issues	Delete	Save	Save + C
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Raudoitustyö (teräkset ja punokset) - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet ▶ Betonointityö - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet ▶ Jännepunoksien jännitystyö - 4 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet ▼ Vedeneristystyö - 8 items Sisältää: TESU, TTS, tarkastukset ja ohjeet 						
81	Tehtäväsuunnitelma, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
82	Työturvallisuussuunnitelma, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
83	Vastaanottotarkastus, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
84	Vedeneristyksen asennustarkastukset, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
85	Betonipintakerroksen suhteellisen kosteuden mittauskoe, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
86	Tartuntakoe, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
87	Vedenpaine-koe, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		
88	Ohjeet ja laatuvaatimukset, vedeneristystyö	Yes	No	N/A		
Comments		Details		Issues		