



Jälkijännitetyn betonirakenteen laadunvarmistus työmaalla

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)
Syksy, 2023
Sade Waldén

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Tekijä Sade Waldén

Työn nimi Jälkijännitetyn betonirakenteen laadunvarmistus työmaalla

Ohjaaja Mika Kärri (Hamk), Iikka Alanen (Skanska Talonrakennus Oy)

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Opinnäytetyö käsittelee jälkijännitetyn rakenteen laadunvarmistusta. Työ tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:lle ja työssä syvennyttiin jälkijännitetyn rakenteen laadunvarmistukseen työmaan näkökulmasta. Työssä tutkittiin erityisesti Helsingin Oulunkylässä toteutettua pysäköintihallia, jonka kattorakenteena oli jälkijännitetty pilarilaatta -rakenne.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työmaan työnjohdolle suunnattu osakohteen tarkastuslista jälkijännitetystä rakenteesta. Skanskalla on käytössään laaja ja kattava laatumatriisi, josta löytyy erilaisille työvaiheille ja rakenteille valmiita osakohteen tarkastuslistoja, mutta jälkijännitetystä rakenteista ei ollut valmista tarkastuslistaa.

Työ alkaa teoriaosuudella, jonka tietoperustana käytettiin aiheesta kertovaa kirjallisuutta. Teoriaosuudesta siirrytään jälkijännitetyn pilarilaatta -rakenteen toteutusvaiheen kuvaukseen, jossa kuvaillaan rakenteen kaikki työvaiheet sekä laadunvarmistustoimet, joita jokaisessa työvaiheessa tehtiin.

Teorian ja toteutuksen seurannan tuloksena saatiin luotua osakohteen tarkastuslista, joka kattaa kaikki laadun kannalta merkittävät tarkastuskohdat jälkijännitetystä rakenteesta. Tarkastuskohtien hyväksytyn suorituksen jälkeen lopputuote on laatuksellisesti täyttävä, toimiva ja turvallinen.

Vastuu työn valvonnasta on aina pääurakoitsijalla, vaikka työn toteuttaisi työhön erikoistunut aliurakoitsija. Rakenteen vaatavuuden takia laadunvarmistus on suunniteltava huolellisesti ennen työn aloitusta. Laadunvarmistustoimenpiteet ja niiden toteuttamisen vastuut eivät ole aivan suoraviivaisesti selitettävissä, joten suunnittelu- ja tuotantopuolen on tehtävä tiiviisti yhteistyötä. Laadunvarmistamisen kehittämiseksi tulisi suunnittelu- ja toteutuspuolen osapuolten olla enemmän vuorovaikutuksessa keskenään.

Avainsanat Jälkijännitys, laadunvarmistus, laatu

Sivut 29 sivua ja liitteitä 14 sivua

Degree programme in Construction Engineering

Author Sade Waldén

Subject Quality assurance of post-tensioned concrete structures at the construction site

Supervisors Mika Kärri (Hamk), Iikka Alanen (Skanska Talonrakennus Oy)

Abstract

Year 2023

The thesis focuses on quality assurance for post-tensioned structures. The work was made for Skanska Talonrakennus Oy with a focus on quality assurance from construction site's perspective. The study particularly examined a parking hall in Oulunkylä, Helsinki, with a roof structure was a post-tensioned column-slab system.

The goal of the thesis was to create a checklist for the construction site management specifically focused on post-tensioned structures. Skanska has a board quality matrix with checklist for different construction phases and structures but there wasn't checklist for post-tensioned structures.

The work starts with theory, using literature about the topic. Then it moves to describing how the post-tensioned column-slab structure was built covering all the steps and quality checks done in each phase.

As a result of monitoring theory and implementation was created a checklist for the specific part covering all the important quality inspection points in the post-tensioned structure. After the approved completion of these inspection point the end product meet quality criteria, is functional and safe.

The main contractor is always responsible for supervising the work even if a specialized subcontractor does it. Because the structure is complex, quality assurance needs careful planning before starting. Figuring out who's responsible for quality assurance measures is tricky so the planning and construction sides must work closely together. Communicate is a key to make quality assurance better.

Keywords Quality, quality assurance, post-tensioning

Pages 29 pages and appendices 14 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Jälkijännitetty betonirakenne	2
2.1	Tartunnallinen jälkijännitetty rakenne	2
2.2	Tartunnaton jälkijännitetty rakenne	3
3	Laatu rakentamisessa	4
3.1	Laadunhallinnan järjestelmät rakennusalalla	4
3.2	Jälkijännitetyn rakenteen laadunvarmistus	5
3.3	Toimenpiteet ja työkalut	5
3.3.1	Suunnitelmat	6
3.3.2	Aloituspalaveri	7
3.3.3	Tarkastukset, mittaukset ja dokumentointi	7
3.3.4	Logistiikka ja materiaalien varastointi.....	8
3.3.5	Olosuhteiden hallinta	9
3.3.6	Työturvallisuus	10
3.3.7	Ympäristöystävällisyys.....	11
4	Jälkijännitetyn betoniholvin toteutus	11
4.1	Kohteen esittely	11
4.2	Lähtötiedot.....	13
4.3	Muottityö	13
4.4	Raudoitus	14
4.5	Punokset.....	16
4.6	Betonointi.....	19
4.7	Jälkijännitys ja muottien purku	23
4.8	Jälkikiinnitys ja työnaikainen kuormitus	24
4.9	Laadunvarmistusmenetelmät	25
4.10	Luovutusasiakirjat	25
5	Tarkastuslista.....	26
6	Pohdinta.....	28
	Lähteet	29

Kuvat

Kuva 1 Tartunnallisen ankkurijännemenetelmän periaatekuva.....	3
Kuva 2 Tartunnaton jännepunos	3
Kuva 3 Asemapiirustus	12
Kuva 4 Valmis muottityö holvin alapuolella.	14
Kuva 5 Raudoitustyön eteneminen.	15
Kuva 6 Valmis raudituskenttä.....	16
Kuva 7 Punoskelojen purkuhäkki.	17
Kuva 8 Aktiiviankkurit.....	18
Kuva 9 Passiiviankkurit.....	19
Kuva 10 Pystytetty betonipumppuauto.....	20
Kuva 11 Betonoinnin aloitus.....	21
Kuva 12 Jälkihoitoaineen levitys.	21
Kuva 13 Betoniholvin kastelu ja muovitus.	22
Kuva 14 Koekuutioiden tulokset.....	23
Kuva 15 Jännepunosten jännitys	24
Kuva 16 Osakohteen tarkastuslista sovelluksessa.....	27
Kuva 17 Sovelluksen tiedot -näkyvä	27

Liitteet

- Liite 1. Lohkon kaksi muottisuunnitelma
- Liite 2. Punospiirustus
- Liite 3. Betonointipöytäkirja
- Liite 4. Jännityspöytäkirja valualueesta kaksi
- Liite 5. Loppulausunto jälkijännitetystä rakenteesta
- Liite 6. Osakohteen tarkastuslista

1 Johdanto

Suoritin työharjoittelujaksoni Skanskan työmaalla Oulunkylässä Helsingissä. Kohde oli kerrostalotyömaa, jossa oli autohalli, jonka kattorakenteena toimi jälkijännitetty pilarilaatta-rakenne. Jälkijännitetty holvi toteutettiin kahdessa osassa ja ensimmäisen lohkon toteutuksen jälkeen opinnäytetyön aihe valikoitui, koska vaikka Skanskan laatumatriisista löytyy laajasti valmiita osakohteen tarkastuslistoja, ei jälkijännitetyistä rakenteista ollut vielä valmista osakohteen tarkastuslistaa. Jälkijännitetyt rakenteet eivät ole harvinaisia, mutta eivät myöskään tavanomaisia talonrakennuksessa. Jälkijännitetty rakenne luokitellaan vaativaan tai poikkeukselliseen vaativaan luokkaan, joten rakenteen laadunvarmistus on erittäin tärkeää.

Opinnäytetyö on toiminnallinen ja työssä on pyritty ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia sekä merkitystä kokonaisvaltaisesti. Laadunvarmistusta tarkastellaan vain työmaan näkökulmassa eikä työssä oteta kantaa syvällisesti jälkijännitetyn betonirakenteen rakennusfysikaalisiin ominaisuuksiin, mutta rakenteen peruseriaatteet esitellään työn alussa. Opinnäytetyössä vastataan kysymyksiin, että miten laadunvarmistus tulee tehdä ja mitä laadunvarmistustoimenpiteitä tulee käyttää jälkijännitetyistä rakenteista työmaalla.

Tarkoituksena on auttaa työmaan työnjohtoa ymmärtämään, että mitkä asiat ovat tuotantopuolen tehtäviä ja mitä asioita rakenteesta tulee työvaiheittain tarkistaa, jotta saadaan toimiva ja laadukas lopputuote. Tavoitteena on löytää jälkijännitetyn betonirakenteen laadunvarmistuksen kannalta merkittävimmät ja oleellisimmat asiat, joiden pohjalta saadaan luotua työmaan työnjohdolle suunnattu osakohteen tarkastuslista. Tarkastuslistan luomiseen käytetään laadullista menetelmää, jonka peruselementtejä ovat tarkastelevan kohteen laadun ja ominaisuuksien kokonaisvaltainen ymmärtäminen. Osakohteen tarkastuslistan luomisen pohjana käytetään rakenteesta kertovan kirjallisuuden teoriaa, esimerkkituotteen rakenteen toteutuksen tarkastelua sekä rakennesuunnittelijan henkilöhaastattelua. Valmiin tarkastuslistan tulisi olla ymmärrettävä, helppolukuinen sekä käyttökelpoinen työväline laadunvarmistuksessa.

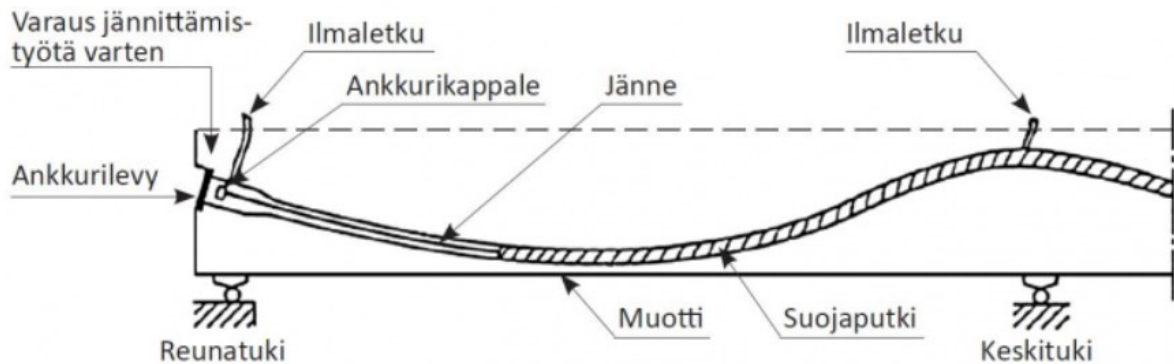
2 Jälkijännitetty betonirakenne

Jälkijännitys on rakenteen vahvistamista luomalla puristava jännitystila jännevoiman avulla. Perusidea on se, että betonirakennetta puristetaan kasaan, jotta se kestää suurempia kuormia. Raudoituksen sekaan asennetaan jännepunoksia ennen rakenteen betonointia, jonka jälkeen punokset jännitetään niin, että punokset venytetään hydrauliiikatunkin avulla. (Heikkilä, 2023). Menetelmän myötä raudoitusten ja betonimassan määrää saadaan pienennettyä, raudoitusaikaa lyhennettyä sekä saadaan mahdollistettua pitempiä jännevälejä sekä kevyempiä rakenteita. Menetelmää kutsutaan myös ankkurijännemenetelmäksi. Jälkijännitettyjä betonirakenteita on kahdenlaisia, tartunnallisia sekä tartunnattomia jälkijännitettyjä rakenteita. Jälkijännitetty rakenne koostuu aktiivi- ja passiiviankkureista, jännepunoksista ja irrotuslaakereista. Pystypinnat irrotetaan solumuovikaistalla ja pystyrakenteiden tartuntaterästen irrotuksessa voidaan käyttää metalli- tai muovisuojaputkea.

2.1 Tartunnallinen jälkijännitetty rakenne

Tartunnallisessa jälkijännitettyssä rakenteessa jänneteräkset sijoitetaan teräsnauhasta valmistettuihin suojaputkiin. Betonin saavutettua jännityslujuuden, tehdään jännitystyö. Suojaputkeen injektoidaan laastia, jotta jänneteräkset saadaan suojattua korroosiota vastaan sekä saadaan aikaan tartunta injektio-laastin ja jänneterästen välille, jotta rakenteen voimat saadaan siirrettyä tartunnan välityksellä. Yleisiä käyttökohteita tartunnallisille jälkijännitettyille rakenteille ovat sillat ja rakenteet, joissa kuormat ovat suuret ja jännevälit pitkät (Suomen betoniyhdistys ry, n.d. -a, s. 1). Kuvassa 1 on esitetty tartunnallisen ankkurijännemenetelmän periaatekuva.

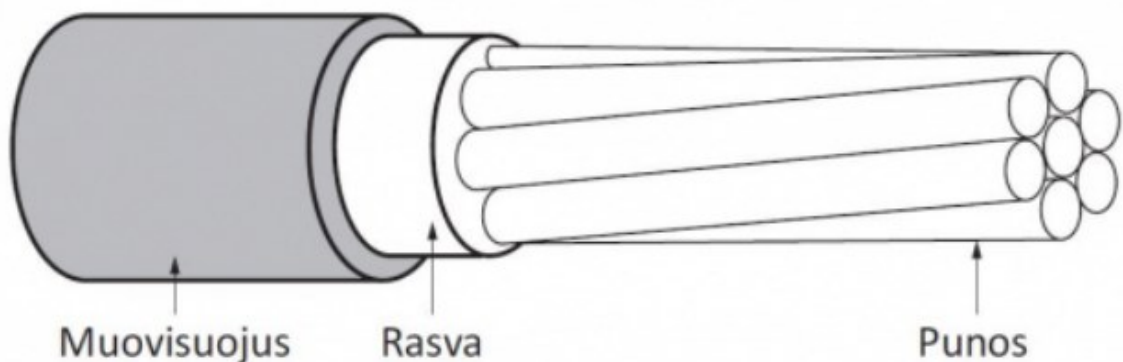
Kuva 1 Tartunnallisen ankkurijännemenetelmän periaatekuva (Suomen betoniyhdistys ry, n.d. -a, s. 3).



2.2 Tartunnaton jälkijännitetty rakenne

Tartunnattoman jälkijännitetyn rakenteen jänneteräs on sijoitettu suojaputkeen, jossa on rasvaa. Rasva vähentää kitkaa ja estää tartunnan sekä suojaa jänneterästä korroosiolta. Kuvassa 2 on esitetty tartunnattoman jännepunoksen rakenne. Voiman siirtymisessä käytetään valuun sijoitettuja ankkureita. Tartunnattomia jälkijännitettyjä rakenteita käytetään talonrakentamisessa, kuten esimerkiksi maanvaraisissa laatoissa, palkeissa sekä holveissa. (Suomen Betoniyhdistys ry, n.d. -a, s. 1).

Kuva 2 Tartunnaton jännepunos (Suomen Betoniyhdistys, n.d. -a, s. 5).



3 Laatu rakentamisessa

Rakennusalalla laatua voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta. Jotkut näkevät, että laatua on se, että työt tehdään kerralla kunnolla ja oikein, toisille laatu voi olla sitä, että pidetään kiinni luvatuista asioista tai sitä, että on opittu virheistä ja mietitty uusi järkevä tapa toimia. Rakentamisen laadun voi jakaa myös suunnittelun, tuotannon, asiakkaan ja ympäristön laatuun. Suunnittelun laatua rakentamisessa on se, että rakennushankkeen suunnitelmat ja rakennustavat ovat tilaajan tarpeet sekä toiveet täyttävä, mutta myös viranomaisten ja hyvän rakennustavan asettamat vaatimukset täyttyvät. Suunniteltujen rakenteiden tulee olla turvalliset, ottaen huomioon rakennusajan jälkeisen käytön sekä rakennuksen koko elinkaaren. Tuotannon laatua on se, että työ tehdään suunnitellussa aikataulussa, kustannustavoitteissa pysyen, turvallisesti sekä asetettujen laatutavoitteiden mukaan hyvää rakennustapaa noudattaen. Työssä tulee käyttää hankkeeseen soveltuvia työmenetelmiä, olosuhteet huomioidaan työn ja materiaalin vaatimusten osalta ja työ on mahdollista toteuttaa ilman häiriöitä. Rakennushankkeen turvallisuus koskee työntekijöitä, rakennuksen käyttäjiä sekä rakennustyön ympäristössä olevia ihmisiä. Myös rakennuskohteen ympäristö kuuluu rakennushankkeen turvallisuuteen. Asiakaskeskeinen laatu on sitä, että yhteistyö sujuu hankkeen osapuolten välillä ja tilaaja on jatkuvasti tietoinen hankkeen kulusta. Laatu ympäristönäkökulmasta pitää sisällään ne toimet, joilla yhteiskunnan sekä toimintaympäristön vaatimukset ja odotukset täyttyvät. Hankkeen lopputuloksen on vastattava suunnitteluratkaisuja ja laatuvaatimuksia, hyväksytyä mallityötä sekä hyvää rakennustapaa. Rakentamisen laatua käsittelevässä kirjassa todetaan, että oleellisinta on, että laatuvaatimukset määritellään yksiselitteisesti ja suunnitelmien mukaisilla työmenetelmillä saavutetaan vaatimukset. (Hartikainen ym., 2017, s. 11)

3.1 Laadunhallinnan järjestelmät rakennusalalla

Rakennusalalla käytössä olevat laatujärjestelmät pitävät sisällään laatukäsikirjan tai toimintajärjestelmän, menettely- ja toimintaohjeet sekä viiteaineiston. Laatukäsikirja tai toimintajärjestelmä kertovat yrityksen toimintamallin sekä laadunhallinnan periaatteet. Menettely- ja toimintaohjeilla kuvaillaan käytännön toimenpiteet laadun saavuttamiseksi, esimerkiksi laatusuunnittelun vastuut sekä työmaalla käytännössä tehtävät toimenpiteet. Laadunvarmistuksen apuvälineenä käytettäviä tarkastuslistoja ja -asiakirjoja, aiemmin tehtyjen virheiden koosteraportit ja laadunvarmistuksen suunnitelmapohjat ovat viiteaineistoja. Järjestelmiä tulee tarkastella säännöllisesti, jotta ne ovat toimivia ja niitä voidaan kehittää. Sisäisen tarkastelun avulla voidaan tunnistaa käytäntöjen ja

toimintaohjeiden poikkeamia, selvittää tarkoituksenmukaisuutta, seurata johtoryhmän tavoitteiden saavuttamista sekä tunnistamaan erilaisia kehitystarpeita. Kehitystarpeiden tunnistaminen on ensisijaista toiminnan kehityksen kannalta ja ongelmat pystytään tunnistamaan ja ymmärtämään, jotta ne voidaan poistaa. Hyvä vuorovaikutus mahdollistaa hyvän laadun. (Hartikainen ym., 2017, s.10)

3.2 Jälkijännitetyn rakenteen laadunvarmistus

Jännitetyt betonirakenteet luokitellaan vaativaan tai poikkeuksellisen vaativaan luokkaan, joten rakenteen laadunvarmistus tulee tehdä huolellisesti. Rakennesuunnittelijalla, vastaavalla työnjohtajalla ja betonityönjohtajalla täytyy olla kohteen vaativuusluokan mukainen pätevyys. Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään vastaavan työnjohtajan sekä erityisalan työnjohtajan pätevyysvaatimukset.

Vaativassa työnjohtotehtävässä kyseiseen tehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto, aiempi ammatillisen korkea-asteen tutkinto tai sitä vastaava tutkinto taikka aiempi teknikon tai sitä vastaava tutkinto; lisäksi hänellä tulee rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen olla riittävä kokemus ja perehtyneisyys kyseisen alan työnjohtotehtävissä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/122 c §).

Rakenteen vaativuuden takia laadunvarmistukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota ja suunnitella huolellisesti etukäteen laadunvarmistustoimenpiteet, joiden avulla laatukriteerit täyttävä lopputuote saadaan toteutettua turvallisesti, aikataulussa ja kustannustehokkaasti.

3.3 Toimenpiteet ja työkalut

Laadunvarmistukseen on olemassa paljon erilaisia toimenpiteitä ja työkaluja, joita tulee hyödyntää laajasti jälkijännitettyihin rakenteisiin, sillä kyseessä on laadun kannalta hyvin merkittävä työvaihe. Seuraavissa luvuissa on esitelty erilaisia laadunvarmistustoimenpiteitä sekä -työkaluja, joita hyödyntämällä mahdollistetaan laadukas lopputuote.

3.3.1 Suunnitelmat

Arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-suunnitelmien läpikäyminen ja törmäystarkastelu keskenään on tärkeää ennen työn aloitusta suunnitelmien ristiriitaisuuksien varalta. Jälkijännitetyn holvin toteutuksessa läpivientien varaukset ovat tärkeä saada oikeaan sijaintiin, koska jälkikäteen rakenteen läpi meneminen on hankalaa eikä se ole suotavaa, sillä riski osua punokseen on suuri. Työnjohto tarkastaa suunnitelmat ennen työn aloitusta ja ilmoittaa suunnittelijoille havaitsemistaan virheistä tai puutteista.

Jälkijännitetyistä rakenteista tulisi tehdä kohdekohtainen laatusuunnitelma, joka sisältää yhteyshenkilöt, jännemenetelmän osat, materiaalityömitukset, materiaalinostot ja -siirrot, jännepunosten asennuksen, ankkureiden keskiö- ja reunaetäisyydet, raudoituksen, betonivalun, jännitystyön sekä luovutusasiakirjat. Laatusuunnitelma tulee käydä työnjohdon sekä työryhmän työntekijöiden kanssa läpi ennen työn aloitusta. Laatusuunnitelman laatii urakoitsija tai työmaan työnjohto.

Jännitystyöstä laaditaan erillinen jännityssuunnitelma, joka sisältää punosten tyypit ja ominaisuudet, jänteiden asennuspiirustuksen, jännitysjärjestyksen sekä mahdolliset vaatimukset vaiheittaiselle jännittämiselle, jännitysvoimat ja -venymät, suunnitelman mukaiset ankkurointiliukumat sekä niiden toleranssit, muottien tukirakenteiden säätöä ja purkamista koskevat ohjeet jännitystyön aikana ja betonin lujuusvaatimukset työn eri vaiheissa (Suomen betoniyhdistys, n.d. -b, s. 13). Jännityssuunnitelman tekee punossuunnittelija.

Betonointisuunnitelma tulee tehdä ennen betonointia. Suunnitelmassa tulisi esittää vähintään kohteen tiedot, pää- ja aliurakoitsija, betonitoimittaja, vastuuhenkilöt, suunnittelijat, valualue, muottikalusto ja muottien tuenta, betonoitavan osion raudoitus, valuryhmän koko, valunopeus, arvioitu aloitus- ja lopetusajankohta, betonimenekki, lujuuden kehittymisen seuranta, jälkihoito, muottien purku sekä potentiaaliset riskit ja niiden hallinta (Ratu 0403, 2012, s. 3). Betonointisuunnitelman tekee betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset täyttävä työnjohtaja.

Tehtäväsuunnitelma on yksi laadunvarmistuksen työkaluista työmaalla. Tehtäväsuunnitelma tehdään työvaiheesta, joka on aikataulullisesti, laadullisesti tai kustannusten kannalta merkittävässä roolissa. Tehtäväsuunnitelmassa käydään läpi kohdetiedot, työn sisältö, aikataulu, kustannukset, laatuvaatimukset, potentiaalisten ongelmien analyysi, logistiikka, koneet, kalusto, työvälineet, työturvallisuus sekä laadunvarmistustoimenpiteet. Tehtäväsuunnitelma on työmaan työnjohdon tekemä suunnitelma.

3.3.2 Aloituspalaveri

Aloituspalaveri käydään aliurakoitsijan kanssa, jotta työntekijöille saadaan välitettyä laatuvaatimukset ja aikataulu. Palaverissa suunnitellaan toimenpiteet, joilla tavoitteisiin päästään sekä mahdolliset ongelmat vältetään (Ratu S-1229, 2011, s. 8). Palaverissa käydään läpi osapuolet, sopimukset, toteutus ja seuranta, turvallisuus- ja ympäristöasiat, aloitusedellytykset, aikataulu, materiaalien toimitus, laatuvaatimukset ja työnaikainen laadunvarmistus sekä mahdollinen luovutusaineisto. Aloituspalaverista tehdään pöytäkirja, jonka jälkeen osapuolet sitoutuvat noudattamaan sovittuja asioita allekirjoittamalla aloituspalaveripöytäkirjan.

3.3.3 Tarkastukset, mittaukset ja dokumentointi

Suoritettavat tarkastukset ja mittaukset tulee suunnitella sekä sopia etukäteen. Laadunvarmistuksen kannalta jälkijännitetyissä rakenteissa on tarkastettava muottityö ennen raudoitusta ja pitää raudoitustarkastus rakennesuunnittelijan kanssa ennen betonointia. Betonitoimittajan kanssa tulee sopia koekuutioiden ottamisesta, joiden avulla voidaan todentaa betonin laatu, myös ilmamäärät tulee mitata käytetystä betonimassasta. Betonimassan koekuutioiden tulokset kirjataan laadunvarmistusjärjestelmään ja betonoinnista tehdään betonointipöytäkirja, jossa on esitetty rakennuskohteen tiedot, betonointityönjohtaja, betonimassan tiedot ja toimittaja, kalusto, tarkastukset ennen betonointia, sää, jälkihoito, mahdolliset häiriöt sekä aloitus- ja lopetusaika (Suomen betoniyhdistys, n.d. -c). Tarkastusten, mittausten sekä dokumentoinnin osalta työmaan työnjohto huolehtii, että kaikki tulee tehdyksi ajallaan.

Betonointivaiheessa raudoitusten sekaan tulee asentaa antureita, joilla mitataan betonin lujuuskehitystä. Betonin lujuuskehityksen voi myös laskea, mutta mahdollisten olosuhteista johtuvien muutosten takia on parempi seurata lujuuskehitystä antureiden avulla, joka antaa reaaliaikaista tietoa. Betonin saavutettua vaadittavan lujuusluokan, rakennesuunnittelija antaa luvan aloittaa jännitystyön. Työmaalla huolehditaan, että anturit asennetaan paikalleen ennen betonointia. Jännepunosten venymät kirjataan ylös, venymät toimitetaan rakennesuunnittelijalle, joka tarkastaa venymät ja antaa luvan muottien purkuun.

Jokainen työvaihe on dokumentoitava ja piiloon jäävät rakenteet kuvattava. Dokumentit tulee säilyttää yrityksen omassa laadunvarmistusjärjestelmässä. Pääurakoitsijan tulee huolehtia, että kaikki laadunvarmistusdokumentit ovat olemassa ja saatavilla tarvittaessa.

3.3.4 Logistiikka ja materiaalien varastointi

Työmaille tulee paljon erilaisia materiaalityöitä ja liikennettä saattaa työpäivän aikana olla paljon, joten logistiikka tulee suunnitella etukäteen. Materiaalien toimituksista on myös sovittava etukäteen. Työmaalla on oltava ajantasainen aluesuunnitelma, jossa on esitetty työmaa-alueen rajaus, kulkutiet, purku- ja varastointialueet, nostoalueet, sosiaalitulat, jätehuolto, öljyntorjunta- ja sammutuskalusto, vaarallisten aineiden varastointi, ensiapupisteen sijainti, kokoontumispaikka ja hätäpoistumistiet (Ratu C2-0454, 2017, s. 11). Aluesuunnitelma on yksi logistiikan hallinnan työkalu, jota on hyvä hyödyntää esimerkiksi betonointialoituspäivästä, jotta voidaan suunnitella betonointikaluston sijainti sekä betonautojen ajoreitit.

Materiaalit tarkastetaan aina silmämääräisesti kolhujen tai nirhaamien varalta ja vaurioituneista materiaaleista tehdään välittömästi kirjallinen reklamaatio sekä merkintä kuormakirjaan. Jännepunokset eivät saa kolhiintua kuljetuksen aikana ja punokset on suojattava korroosiolle otollisilta olosuhteilta, sillä ne ovat korroosiolle herkkiä. Materiaalit varastoidaan työmaalla niin, että työmaan toiminta tai liikenne ei aiheuta vaaraa materiaalien vaurioitumiselle (Ratu S-1232, 2013, s. 9). Jännepunokset toimitetaan työmaalle punoskeloissa, jotka tulee varastoida tasaiselle ja kantavalle alustalle aluspuiden päälle. Punoskeloja saa asettaa enintään kolme päällekkäin. Punosten ankkurit tulee varastoida lämpimissä sisätiloissa. Materiaalien toimitusajankohta on sovitettava rakennusvaiheen aikataulun mukaan ja pyrkiä siihen, että materiaaleja ei varastoida pitkiä aikoja ennen asennusta.

3.3.5 Olosuhteiden hallinta

Olosuhteiden hallinta on tärkeä osa laadunvarmistusta. Vuodenaika vaikuttaa merkittävästi betonin kuivumisaikaan, joten se on tärkeä huomioida aikataulussa. Hyvä tapa betonin lujuuskehityksen seurannassa on luvun 3.2.3 toisessa kappaleessa mainitut anturit, jotka antavat reaaliaikaista tietoa betonin kuivumisesta.

Materiaalien varastoinnissa käytännön toimia ovat materiaalin ja kaluston määrän pitäminen vähäisenä, varastointiajan minimointi, riittävä määrä suojapeitteitä ja aluspuita tai kuormalavoja, saapuvan materiaalin suojaaminen välittömästi, keskeneräisten työvaiheiden huolellinen suojaus työpäivän päätteeksi sekä säätietojen tarkkailu. Materiaalitoimitusten oikea-aikaisuus on varmistettava ja edellytettävä kuljetuksen aikaista suojausta sekä noudatetaan ensisijaisesti aina valmistajan antamia ohjeita varastoinnista. (Ratu S-1236, 2021, s. 22)

Talviolosuhteet vaikuttavat suuresti rakentamiseen. Talvi vaikuttaa ajallisesti töiden kestoon sekä lisää materiaalimenekkiä ja nämä pitää huomioida etukäteen. Muottityössä talviaikana materiaalin hukka kasvaa, koska muotit jäätyvät rakenteisiin kiinni ja muottien purussa muottitavara rikkoontuu helposti. Työvaiheen keston arvioimisessa tulee huomioida jään sekä lumen poistaminen sekä työkohteen suojaus, jotka lisäävät työvaiheen kestoa (Ratu F31-0346, 2010, s. 3).

Betonoinnin osalta talviolosuhteissa oleellisinta on pyrkiä pitämään betonimassan lämpötila riittävän korkeana, jotta tavoitteellinen lujuuskehitysnopeus saadaan saavutettua. Rakenne tulee suojata tuulelta sekä sateilta, valita oikeanlainen betonilaatu ja tarvittaessa tulee käyttää lisälämmitystä (Suomen Betoniyhdistys ry, n.d. -d, s. 1). Talvibetonoinnissa riski virheiden toteutumisessa kasvaa huomattavasti. Muottityössä tulee varmistua, että muotteja ei ole tuettu jäätyneen maan varaan, sillä lämpötilan noustessa muottien perusta alkaa sulamaan ja maa alkaa painumaan. Lumen ja jään puhdistaminen muoteista pitää tehdä huolellisesti. Hyvä tapa varmistaa riittävä puhdistus on muottien höyrytys juuri ennen betonointia, jotta kaikki lumi ja jää sulaa pois betonimassan alta. (Suomen Betoniyhdistys ry, n.d. -e, s. 2). Lämpötilaerot on otettava huomioon ja etukäteen on mietittävä toimenpiteet, joilla estetään liian suuret lämpötilaerot sekä liian suuret lämpötilat.

3.3.6 Työturvallisuus

Työturvallisuuden peruseriaatteet ovat vaarojen välttäminen, turvallisen työtekniikan käyttö, työolojen optimointi, riskien tunnistaminen ja niiden hallinta sekä työolojen jatkuva seuranta (Ratu 1811-S, 1998, s. 1). Muotti-, raudoitus-, betonointi- ja jännitystyöstä tulisi tehdä työn turvallisuussuunnitelma, jossa käsitellään työvaiheen vaarat ja riskit sekä niiden hallinta. Suunnitelma tulee käydä työryhmän kaikkien työntekijöiden kanssa läpi. Työmaakohtainen perehdytys on lakisääteinen ja se tulee tehdä jokaiselle, joka työmaalla työskentelee. Työmaalla on käytettävä aina henkilökohtaisia suojaimia, joihin kuuluu suojakypärä, huomiovärinen vaatetus, silmäsuojaimet, turvakengät ja suojakäsineet. Työturvallisuuden suunnittelu, seuranta ja valvonta on pääurakoitsijan vastuulla.

Valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 luvussa yhdeksän käsitellään muottityön työturvallisuutta. Muottityöstä tulee tehdä kirjallinen suunnitelma, jossa esitetään muottien käsittelyä, varastointia, nostoa, tuentaa sekä työnaikaista vakautta. Putoamisvaaraa estävät toimenpiteet on myös esitettävä suunnitelmassa. Asetuksessa määritetään, että yli kahden metrin korkeudessa putoamisvaara tulee torjua ensisijaisesti rakenteellisilla toimenpiteillä. Suojakaiteissa tulee olla käsi- ja välijohde sekä jalkalista. Kaiteen korkeus tulee olla vähintään metrin korkeudessa ja johteiden välissä oleva vapaa tila ei saa olla yli 0,5 metriä enempää (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 § 45). Putoamissuojat tulee asentaa välittömästi muottityön edetessä. Rakenteessa olevat aukot, esimerkiksi läpivientivaraukset, tulee myös suojata ja merkitä huomiovärillä.

Raudoitustyössä tulee huomioida raudoituskentältä poistuminen turvallisesti ja jokaisen työryhmän työntekijän tulee noudattaa erityistä varovaisuutta noudattaen. Vaihtoehtoinen kulkureitti on myös järjestettävä työmaan muille työntekijöille, jotta kulku raudoituskentällä saadaan minimoitua ja kompastumisvaaraa pienennettyä. Työmaan työnjohto varmistaa, että aloituspalaveri pidetään ennen työn aloitusta.

Sääolosuhteet vaikuttavat työturvallisuuteen ja ne on huomioitava työmaalla. Lumen, jään ja sateen aiheuttamat olosuhteet aiheuttavat suuren liukastumisvaaran, joka on pyrittävä poistamaan mahdollisuuksien mukaan heti. Jännepunokset ovat pakkasella sekä kastuneena todella liukkaat, joten raudoituskentällä liikkuminen täytyy tehdä erityistä varovaisuutta noudattaen.

Materiaalinostot on tehtävä nostureilla, jotka ovat suoritusarvoltaan riittäviä sekä käyttötarkoitukseensa sopivia. Nostot tulee tehdä aina vapaan alueen kautta ja varmistetaan, että kulku nostoalueelle on estetty. Valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 luvussa viisi määritetään, että ajoneuvonosturia käytettäessä on varmistettava, että maapohja kantavuus on riittävä (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 § 19).

3.3.7 Ympäristöystävällisyys

Ympäristöasiat ovat nykyään suuressa roolissa rakennusalalla. Ympäristöystävällisyyteen vaikuttavia valintoja voidaan tehdä rakennushankkeen kaikissa vaiheissa. Erilaiset suunnitteluratkaisut, hankinnat, logistiikka, jätteiden kierrätys ja lajittelu sekä jääneiden jätteiden hyötykäyttämällä on suuri vaikutus ympäristöasioihin. Työmaalla voidaan vaikuttaa esimerkiksi hukkan minimointiin laskemalla huolellisesti materiaalimenekki etukäteen, materiaalien oikeanlaisella varastoinnilla, ylijäämän hyötykäytöllä, erilaisten jätejakeiden keräyksillä ja jätteiden oikeaoppisella kierrättämisellä. Ympäristöministeriö on julkaissut valtakunnallisen jättesuunnitelman vuoteen 2007, jonka tavoitteena on jäte- ja tuotetiedon oikeellisuus ja digitaalisuus sekä jätteen synnyn ehkäisy (Ympäristöministeriö, 2022, s.29). Monella suurella rakennusliikkeellä on omat tavoitteensa kohti hiilineutraalimpaa rakentamista ja pääurakoitsijan on tärkeä sitouttaa myös aliurakoitsijat noudattamaan yrityksen ympäristötekoja ja valvoa, että niitä noudatetaan.

4 Jälkijännitetyn betoniholvin toteutus

Esimerkkikohteessa on käytetty tartunnatonta jälkijännitettyä pilarilaatta -rakennetta, joka betonoitiin kahdessa lohossa. Tässä luvussa esitellään kohteen toisen lohkon paikallavaluholvin toteutus työvaiheittain. Työvaiheiden kuvauksessa on esitetty käytössä olleet laadunvarmistustoimenpiteet.

4.1 Kohteen esittely

Kohteessa on neljän hankkeen kokonaisuus, joka muodostuu kolmesta asuinkerrostalosta ja autohallista, joka sijaitsee pihakannen alla. As Oy Helsingin Liekki on asuinkerrostalo, jossa on seitsemän maanpäällistä kerrosta ja kellari. Talo on betonielementtirakenteinen, jossa on jäykistävät betoniseinät sekä paikallavaluvälipohjat. As Oy Helsingin Kaamoksessa on neljä maanpäällistä kerrosta sekä kellari. Kaamos on myös betonielementtirakenteinen, mutta välipohjien ja yläpohjan kantavana rakenteena ovat ontelolaatat. As Oy Helsingin Ruskassa

on kuusi maanpäällistä kerrosta ja maan alla sijaitsee autohalliin menevä portaikko sekä hissikuilu. Rakenteeltaan Ruska vastaa Kaamosa. Asuinkerrostalojen pihakannen alla on autohalli, Larin Pysäköinti, jossa kattorakenteena on jälkijännitetty tartunnaton pilarilaatta-rakenne. Kohde sijaitsee Oulunkylässä Helsingissä. Kuvassa 3 esiintyvä asemapiirustus on Skanskan käyttämästä Sokopro -nimisestä sisäisestä projektipankista otettu ja piirustuksen on suunnitellut arkkitehti Anastasiia Pihlman.

Kuva 3 Asemapiirustus (Pihlman, henkilökohtainen tiedonanto, 2021).



4.2 Lähtötiedot

Työn toteutus alkoi suunnitelmiin perehtymisellä. Tarvittavat suunnitelmat toteutuksen kannalta ovat rakennejärjestelmäkuvaus, rakenteiden suunnitteluperusteet jälkijännitetyistä rakenteista ja jälkijännitettyjen rakenteiden työselostus. Kohdekohtaiset tarvittavat suunnitelmat ovat ala- ja yläpinnan raudoituspiirustukset, raudoitusten detaljipiirustukset, jälkijännityssuunnitelma, varaus-, punos- ja irrotuspiirustukset sekä jälkijännitysohjeet. Edellä mainitut suunnitelmat ovat lähtötietoja ja ne tulee olla saatavilla ennen työn aloitusta. Suunnitelmat käytiin myös aliurakoitsijoiden kanssa läpi. Arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-piirustukset käytiin myös läpi, jotta varmistettiin varausten oikea koko, määrä ja sijainti. Työmaan työnjohto huolehti, että kaikki suunnitelmat ovat saatavilla ja ajan tasalla ennen työn aloitusta.

4.3 Muottityö

Muottityö toteutettiin Skanskan omilla työntekijöillä. Työryhmän koko oli kolme työntekijää ja työn kesto oli kolme viikkoa. Liitteenä 1 on rakennesuunnittelijan tekemä muottisuunnitelma, jonka mukaan työ toteutettiin ja muotteina käytettiin Dokaflex -muottijärjestelmää.

Työstä tehtiin työn turvallisuussuunnitelma työntekijöiden kanssa, johon listattiin työvaiheiden vaarat ja niiden hallinta. Materiaalinostossa määritettiin vaaroiksi puristuminen, takertuminen, isku, putoaminen, esineen putoaminen sekä liikenne. Vaaroja hallittiin suunnitelluilla ja hyvin ajoitetuilla nostoilla, kuormien huolellisella sidonnalla ja varmistamalla, että taakan alle menemisen estämisellä. Muottirungon kasaukseen liittyi enemmän vaaroja, joita olivat isku, viilto, leikkaantuminen, hiertymä, putoaminen, esineen putoaminen, käsin tehtävät siirrot sekä kompastuminen tai liukastuminen. Riskin syntyminen minimoitiin kulkureittien suunnittelulla, ei tehty liian painavia nostoja käsin sekä huolellista työskentelyä. Putoamissuojat asennettiin myös välittömästi työn edetessä.

Kuvassa 4 näkyy muottien tuenta holvin alapuolelta katsottuna. Työmaan työnjohto teki muottityön tarkastuksen ja dokumentoi sen sähköiseen järjestelmään.

Kuva 4 Valmis muottityö holvin alapuolella.



4.4 Raudoitus

Raudoitus- ja jännitystyön aliurakoitsijana oli Nousujohde Raudoitus Oy. Työryhmän koko oli neljä työntekijää ja työn kesto oli kolme viikkoa. Ennen raudoitus- ja jännitystyön aloitusta pidettiin aloituspalaveri aliurakoitsijan kanssa, joka toteutettiin luvun 3.2.2 ohjeistuksen mukaisesti.

Raudoitustyöstä tehtiin työn turvallisuussuunnitelma, joka käytiin jokaisen työryhmän työntekijän kanssa läpi. Osa työryhmän työntekijöistä ei puhunut suomen kieltä äidinkielenään, joten suunnitelma tehtiin myös englannin kielellä, jolla varmistettiin tiedon kulku kaikille osapuolille. Suunnitelmassa käytiin läpi materiaalin vastaanoton ja varastoinnin riskit ja niiden hallinta sekä asennustyössä olevat potentiaaliset riskit ja niiden hallinta.

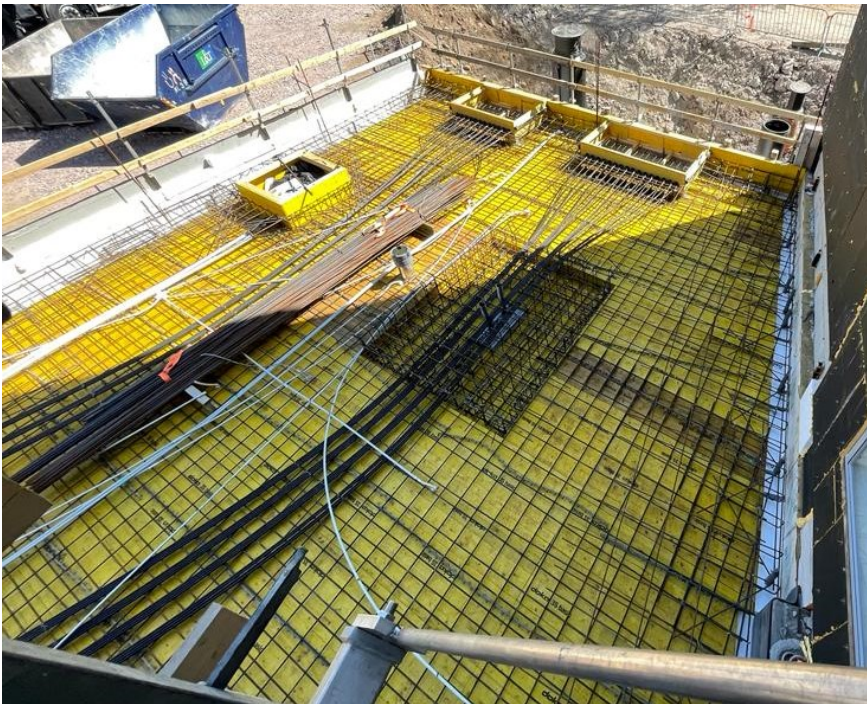
Materiaalin vastaanotosta ja varastoinnista sovittiin, että raudoitteet puretaan kuormasta suoraan varastointipaikalle aluspuiden päälle asennuspaikan välittömään läheisyyteen. Nostojen aikana estettiin ulkopuolisten pääsy nostoalueen välittömään läheisyyteen ja tarkistettiin terästen oikeanlainen nosto, jotta noston aikana ei ollut tippumisvaaraa. Saapuville kuormille suoritettiin liikenteenohjaus ja materiaalityöt sovittiin etukäteen.

Raudoitusten asennuksen suhteen sovittiin, että henkilökohtaiset suojaimet ovat jatkuvasti käytössä. Telineiltä ja tasoilta siivottiin ylimääräiset teräkset välittömästi työskentelyn jälkeen ja lajiteltiin oikean jätejakeen astiaan. Tulitöitä tehdessä oli oltava voimassa oleva tulityölupa sekä tulityökortti ja palosammutuskaluston on oltava välittömässä läheisyydessä.

Epävarmuus työtehtävästä sekä virheen tai puutteen havaitsemisesta hallittiin painottamalla työryhmän työntekijöille matalaa kynnystä kysyä epäselvyyksistä, jotta työnjohto voi työntekijän kanssa käydä työvaiheen uudelleen läpi. Kaikista virheistä ja puutteista työmaalla tuli ilmoittaa viipymättä työnjohdolle.

Raudoitustyö aloitettiin alapinnan raudoituksesta, jonka jälkeen sähköurakoitsija asensi pihavalojen kaapelointia varten putkitukset raudoituksen alapintaan, asennettiin punokset ja sen jälkeen yläpinnan raudoitus. Kuvassa 5 on alapinnan raudoitus valmis, jännepunokset asennettu sekä sähköurakoitsijan putkitukset ovat työn alla. Yläpinnan raudoituksen kanssa edettiin kohti jo valettua holvin lohkoa, jotta raudoituskentän päällä liikkuminen olisi mahdollisimman vähäistä.

Kuva 5 Raudoitustyön eteneminen.



Raudoitustyön valmistuttua, rakennesuunnittelija kutsuttiin työmaalle tekemään raudoitustarkastus. Rakennesuunnittelija laati tarkastuksesta kirjallisen raportin, jossa oli kirjattuna ja kuvattuna puutteet raudoituksen osalta. Virheet korjattiin työmaalla, jonka jälkeen kuvattiin korjatut puutteet, tehtiin raportti ja lähetettiin rakennesuunnittelijalle.

Hyväksytyt tarkastuksen jälkeen rakennesuunnittelija antoi luvan betonointiin. Kuvassa 6 on esitetty valmis raudituskenttä. Rauditustarkastuksesta tehty raportti lisättiin sähköiseen laadunvarmistusjärjestelmään työmaan työnjohton toimesta.

Kuva 6 Valmis raudituskenttä.



4.5 Punokset

Punos koostui 7-lankaisesta 1860/1640 MPa lujuusluokan langoista, jotka oli suojattu korroosionsuojarasvalla sekä muovikuorella. Muovikuoren halkaisija oli 19 mm. Jännepunokset toimitettiin työmaalla keloissa ja varastoitettiin luvun 3.2.4 toisen kappaleen ohjeistuksen mukaan. Punosten asennusta varten punoskelat nostettiin purkuhäkkiin (kuva 7), jonka avulla punokset purettiin raudituskentälle. Punoskeloista poistettiin ensimmäiset kolme metriä kolhiintumisen varalta ja lajitellaan metallinkeräykseen.

Kuva 7 Punoskelojen purkuhäkki.



Punosten asennus tehtiin jännepunospiirustuksen mukaan, joka löytyy liitteenä 2. Punokset purettiin sopivan mittaisiksi vetämällä punokset raudoituskentän päälle ja punoksen katkaisuun käytettiin kulmahiomakonetta. Vetohäntien kohdalla varmistettiin, että pituus on vähintään 400 mm ankkurivarauskupin pohjalta mitattuna ja aktiivipuolen reunamuotin yli mitattiin vähintään 600 mm.

Aktiiviankkurit eli punosten päässä olevat ankkurit, josta jännitys tehtiin, mitattiin paikoilleen ja muotteihin porattiin 30 mm reikä ankkureiden keskipisteen kohdalle. Aktiiviankkuriin painettiin muovinen trumpetti kiinni, asennettiin kumitiiviste ja jännitysvarauskuppi. Ankkuri kiinnitettiin muottiin kahdella ruuvilla, jotta se ei lähde liikkumaan valun aikana. Trumpetin ja punoksen muovikuoren välinen liitos tiivistettiin rasvateipillä. Kuvassa 8 on esitetty aktiiviankkurit.

Kuva 8 Aktiiviankkurit.



Kiinteät ankkurit eli passiiviankkurit (kuva 9) koottiin valmiiksi ennen työmaalle tuontia. Jännepunoksen päähän tehtiin merkinnät tussilla 130 mm ja 200 mm kohtiin, punoksen muovikuori poistetaan 130 mm matkalta. Punos työnnetään trumpetin sisään ja liitos teipataan.

Kuva 9 Passiiviankkurit.



Jännepunokset tuettiin 1200 mm välein teräspukeilla punospiirustuksen mukaisesti ja sidottiin kuumasinkityillä sidelangoilla tukipukkeihin.

4.6 Betonointi

Betonoinnista tehtiin betonisuunnitelma, jossa oli läpikäytynä luvun 3.2.1 kappaleessa neljä esitetyt kohdat. Betonoinnista pidettiin aloituspalaveri, jossa olivat paikalla vastaava mestari, betonointiurakoitsijan työnjohtaja, betonityönjohtaja sekä betonitoimittajan edustaja.

Työmaan vastaava mestari kutsui aloituspalaverin osapuolet työmaalle.

Betonointiurakoitsijana oli Dick Bosas Oy ja betonitoimittajana oli Lujabetoni Oy.

Aloituspalaverissa sovittiin käytettävä betonimassa, aikataulu, pumppauskalusto, tehdas ja varatehdas sekä betonimassan laadunvarmistustoimenpiteinä koekuutioiden määrä, jälkihoitoaine sekä lämpötila-antureiden käyttö. Betonimassasta otettiin myös ilmamäärät.

Betonipumppu saapui työmaalle kello 6.00. Pumpun pystytyspaikka oli sovittu etukäteen ja pumppuauton pystytyspöytäkirja laadittiin ennen betonoinnin aloitusta. Kuvassa 10 näkyy pystytetty pumppuauto.

Kuva 10 Pystytetty betonipumppuauto.



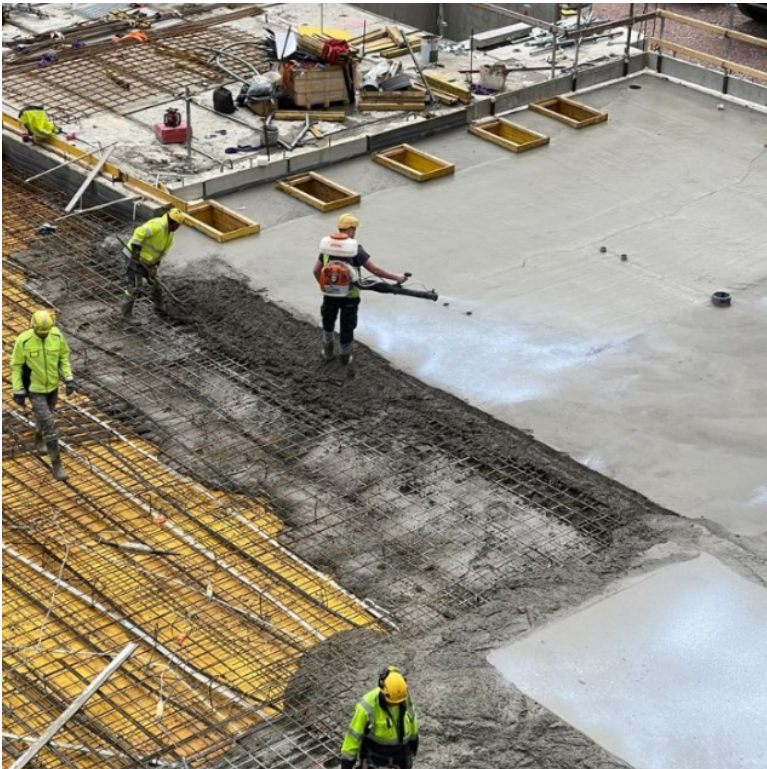
Ensimmäinen betonikuorma saapui kello 6.30 ja betonivalu alkoi. Betonointiryhmässä oli betonipumpun pumppaaja ja kolme betonointityöntekijää. Kuvassa 11 näkyy betonoinnin aloituspaikka.

Kuva 11 Betonoinnin aloitus.



Betonikuormien kuormaväli oli 30 minuuttia. Betonoinnin edetessä, yksi työryhmän työntekijöistä aloitti levittämään betonimassan päälle jälkihoitoainetta, joka näkyy kuvassa 12.

Kuva 12 Jälkihoitoaineen levitys.



Betonoitava alue oli kooltaan noin. 1000 neliometriä, joten jälkihoito aloitettiin jo ennen betonoinnin lopetusta. Jälkihoitoaineen lisäksi holvi kasteltiin ja muovitettiin, joka näkyy kuvassa 13. Nämä jälkihoitotoimenpiteet estivät betonimassan liian nopean kuivumisen ja turvasi suunnitellun hydraatiton eli betonin kovettumisen. Betonoinnin päätyttyä työmaan työjohtajat kastelivat ja muovittivat koko holvin. Peitteiden annettiin olla reilu viikko holvin päällä ja kuumilla ilmoilla holvia kasteltiin lisää.

Kuva 13 Betoniholvin kastelu ja muovitus.



Lujuusluokka betonimassassa oli C35/45, rasiusluokka XC3, notkeudeltaan massa oli S3 ja suurin sallittu raekoko oli 32 mm. Betonivalu oli häiriötön, kestoltaan 12,5 tuntia ja betonimassan menekki oli 429 kuutiota. Betonimassasta otettiin koekuutioita kolme kappaletta valun alkupuolelta ja kolme keskivaiheelta ja ilmamäärät mitattiin. Lujabetoni Oy toimitti puristuslujuusraportin, jossa oli koekuutioiden tulokset, jotka näkyvät kuvassa 14. Betonoinnin päätyttyä betonoinnista tehtiin myös betonointipöytäkirja, joka on liitteenä 3. Työmaan työjohto dokumentoi koekuutioiden tulokset sekä betonimassasta todetut ilmamäärät sähköiseen laadunvarmistusjärjestelmään.

Kuva 14 Koekuutioiden tulokset (Kasanko, 2023).

Lujabetoni
VÄHVIN BETONTOSAAJA
 Helsinki
 Kasanko Teppo

PURISTUSLUJUUS

1/1

18.8.2023

Skanska Talonrakennus
 Jokiniementie 34, Vantaa

17.5.2023 Säänkestävä/SK C35/45 #32 S3 Kuormakirja 6332, 6333, 6340

Työmaakoekappaleet puristettu Helsingin tehtaalla 14.6.2023

Jokiniemi 1	28d	2220 kg/m³	47,0 MPa
Jokiniemi 2	28d	2240 kg/m³	49,9 MPa
Jokiniemi 3	28d	2220 kg/m³	47,2 MPa
Jokiniemi 4	28d	2270 kg/m³	45,7 MPa
Jokiniemi 5	28d	2240 kg/m³	51,2 MPa
Jokiniemi 6	28d	2250 kg/m³	49,9 MPa

4.7 Jälkijännitys ja muottien purku

Ennen jännitystyön aloitusta poistettiin jännityslaatikoiden muotit. Työvaihe aloitettiin, kun betonimassa oli saavuttanut lujuuden C25/30 ja punoksia venytettiin 215 kN voimalla punosta kohden hydraulikkatunkin avulla. Kiilat asennettiin paikalleen ja otettiin punosten päistä alkumitat jännityspöytäkirjaan. Jännityksen jälkeen mitattiin punoksen pää uudelleen ja näiden mittojen erotuksena saatiin venymän arvo, jota tarkkailtiin koko jännitystyön ajan, sillä venymän arvon poikkeaminen yli 5 % lasketusta arvosta, on jännitystyö keskeytettävä ja otettava yhteys rakennesuunnittelijaan. Jännitystyössä jokainen punos venytettiin vuorottain ensin hieman ja toisella kierroksella suunnitelmien mukaiseen jännitysvoimaan. Jännitystyö tehtiin niin, työkohde rauhoitettiin muilta työntekijöiltä ja jännitystyön työntekijät olivat tunkin sivulla, jotta ei tapahdu henkilövahinkoja, jos punos olisi jostain syystä katkennut. Kuvassa 15 näkyy käynnissä oleva jännitystyö. Jännitystyön toteutti aliurakoitsija ja työvaiheen valvonta kuului aliurakoitsijan työnjohdolle.

Kuva 15 Jännepunosten jännitys.



Jännitystyön valmistuttua jännityspöytäkirja (liite 4) toimitettiin rakennesuunnittelijalle tarkastettavaksi työmaan työnjohdon toimesta, jonka hyväksynnän jälkeen muottien purku aloitettiin. Muotinpurku on nopea työvaihe ja työn kesto oli 1,5 viikkoa. Jännitystyön varausalueet täytettiin tiiviisti betonimassalla.

4.8 Jälkikiinnitys ja työnaikainen kuormitus

Esimerkkikohteen jälkijännitetty paikallavalulaatta toimi autohallin kattona, joten jälkikiinnityksiä oli tehtävä tekniikan takia. Rakennesuunnittelija toimitti jälkikiinnitysohjeen, jossa oli määritelty käytettäväksi upotettavia ankkureita ja upotussyvyudeksi maksimissaan 35 millimetriä. Asian varmistamiseksi tämä ohjeistus käytiin jokaisen talotekniikan urakoitsijan työntekijän kanssa läpi, jotta välttyttiin siltä riskiltä, että punos olisi vaurioitunut.

Jälkikiinnitysohjeessa oli määritetty myös laatan läpivientien reuna-alueiden osalta porausvyvydeksi maksimissaan 100 mm ja jälkiporaus oli kielletty kokonaan ankkurialueella. Varoalue ankkureiden läheisyydessä oli vähintään 300 mm. Pääurakoitsija on aina vastuussa jälkikiinnityksistä. Swecon projektipäällikkö Alexander Westerholm toteaa sähköpostihaastattelussaan, että välillä käy niin, että joku urakoitsija poraa reikiä jännitettyyn laattaan ja punos vaurioituu. Hän muistuttaakin, että rakenteeseen ei saa tehdä yhtään reikää ilman rakennesuunnittelijan hyväksyntää, koska jälkijännitetyn rakenteen korjaaminen on yleensä erittäin työläs ja kallis toimenpide. Voi myös olla, että rikkinäisiä punoksia voi olla mahdoton korjata, jos ne ovat esimerkiksi vaurioituneet pilarin vieressä ja tässä tapauksessa laatta tulee vahvistaa hiilikuidulla tai teräspalkeilla tai hyötykuormaa on rajoitettava. (Westerholm, henkilökohtainen tiedonanto, 2023)

Jälkijännitetyn laatan kantokyky oli 32 kN/m^2 , joka oli huomioitava työnaikaisissa kuormituksissa jatkuvasti. Jos työkuorma tai ajoneuvo ylitti annetun kuormituksen, rakennesuunnittelijalta oli varmistettava, että laatta kestää kuormituksen. Tämä ongelma tuli vastaan ajoneuvossa, joka siirsi muurauslavaa, koska yhteispaino oli jo 40 kN/m^2 .

4.9 Laadunvarmistusmenetelmät

Kaikki laatuun liittyvät suunnitelmat, tarkastukset ja kuvat dokumentoitiin sähköisesti Skanskan Sharepoint -alustalle, jonne oli pääsy kaikilla työmaan työnjohtajilla. Osakohteen tarkastukset tehtiin muottityöstä, josta löytyi jo valmis osakohteen tarkastuslista Skanskan laatumatriisista ja jälkijännitetyn laatan raudoitustarkastuksessa hyödynnettiin valmista tarkastuslistaa, joka on tehty paikallavaluun varten. Nämä tarkastukset tehtiin Congrid -nimiselle alustalle, josta löytyy Skanskan laatumatriisi ja dokumentoinnin hoiti työmaan työnjohto.

4.10 Luovutusasiakirjat

Nousujohde Raudoitus Oy toimitti luovutusasiakirjoina jännemenetelmän ETA-hyväksyntätodistuksen, jännepunosten tuotesertifioinnin, materiaalitodistukset, jännityskaluston kalibrintitodistuksen sekä hyväksytyt jännityspöytäkirjat. Työmaan työnjohto dokumentoi kaikki asiakirjat sähköiseen järjestelmään. Punossuunnittelija toimitti loppulausunnon rakenteesta, joka löytyy liitteestä 5.

5 Tarkastuslista

Osakohteen tarkastuslistan tarkoitus on toimia työmaan työnjohdolle apuvälineenä, jotta kaikki rakenteen laadun kannalta tärkeimmät työvaiheet tulee tarkastettua sekä dokumentoitua. Tarkastuslistasta tehtiin mahdollisimman yksinkertainen ja ymmärrettävä, jotta se voi toimia laadunvarmistuksen työkaluna myös työmaan hektisessä ympäristössä. Aikaisemmin osakohteen laatutarkastuksissa hyödynnettiin Skanskan valmiita osakohteen tarkastuslistoja muottityöstä sekä raudoitustyöstä ja jälkijännitetyn rakenteen osakohteen tarkastuslistan tarkoitus on tuoda rakenteen kaikki tarkastukset yhden dokumentin alle. Kerrostalotyömaalla osakohteen laatutarkastuksia tulee satoja, joten on parempi, jos kaikki osakohteeseen liittyvät tarkastukset löytyvät yhden rakenteesta tehdyn tarkastusdokumentin alta.

Teoriaosuuden, käytännön seurannan sekä rakennesuunnittelijan henkilöhaastattelun tuloksena saatiin luotua osakohteen tarkastuslista jälkijännitetystä rakenteesta. Sähköpostin välityksellä haastateltiin Swecon projektipäällikköä Alexander Westerholmia, jolla on 10 vuoden työkokemus jälkijännitettyjen rakenteiden parissa. Westerholm totesi haastattelussaan, että eniten puutteita tulee raudoitustarkastuksia tehdessä pystyrakenteiden irrotuksista sekä muottien siisteydestä. Hän nosti myös esille työnaikaisen kuormituksen suunnittelun etukäteen, sillä usein tulee ongelmaksi se, että jälkijännitetyn holvin päälle tarvitaan esimerkiksi mobiilinosuri ja holvin kapasiteetin tarkistus jälkeensä ja mahdollinen jälkituenta on huomattavasti hankalampaa kuin työnaikaisten kuormien huomiointi jo suunnitteluvaiheessa. (Westerholm, henkilökohtainen tiedonanto, 2023)

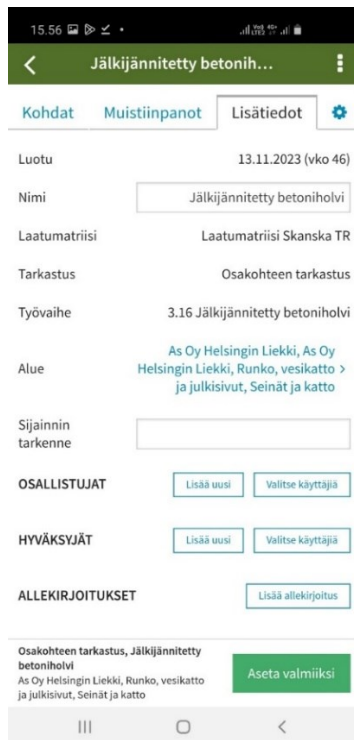
Osakohteen tarkastuslista on tehty Congrid -nimiselle alustalle, josta löytyy myös Skanskan laatumatriisi. Congrid on myös mahdollista ladata älylaitteelle sovelluksena, joten sen käyttö on helppoa myös työmaa-alueella. Kuvassa 16 on tarkastuslistan näkymä älypuhelimella. Kuvasta näkee, että tarkastuslistassa on valintaruutu, jota painamalla voidaan valita tarkastuskohta hyväksytyksi tai hylätyksi. Tarkastuslistan etuna on se, että tarkastuksen voi jättää kesken ja se tallentuu automaattisesti tarkastuksen tekijälle. Tarkastusta voi jatkaa myöhemmin uudestaan ja kun kaikki tarkastuskohdat on hyväksytty, asetetaan tarkastus valmiiksi ja se tallentuu sähköiseen laadunhallintajärjestelmään. Jokaiseen tarkastuskohtaan voi myös lisätä kuvia ja valmiista osakohteen tarkastuslistasta voidaan tarvittaessa tehdä pdf-muotoinen raportti. Tarkastuslistan luomisen päivämäärä, osakohteen tarkastuksen nimi, laatumatriisi, työvaihe, alue, sijainnin tarkenne, osallistujat ja hyväksyjät tallentuvat Congridiin. Kuvassa 17 näkyy tarkastuslistan tietojen näkymä sovelluksessa. Osakohteen

tarkastuslistassa on 23 kohtaa, jotka kattavat rakenteen kaikkien työvaiheiden tarkastukset. Tarkastuslista on liitteenä 5.

Kuva 16 Osakohteen tarkastuslista sovelluksessa.



Kuva 17 Sovelluksen tiedot -näköymä.



6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda jälkijännitetyille rakenteelle valmis osakohteen tarkastuslista, joka helpottaa ja selkeyttää työmaan työnjohdon laadunvarmistusta. Aiheen kirjallisuutta, toteutuksen seuraamista ja henkilöhaastattelua hyödyntäen saatiin luotua helppolukuinen ja ymmärrettävä tarkastuslista, jossa on listattuna kaikki jälkijännitetyn rakenteen toteutuksessa tarkistettavat kohdat kaikissa työvaiheissa. Rakenteen vaativuuden takia opinnäytetyössä pyrittiin selkeyttämään sitä, että mitkä suunnitelmat ja tarkastukset ovat työmaan vastuulla ja mitä tulee tarkastaa, jotta saadaan laadukas, toimiva ja turvallinen lopputuote.

Esimerkkikohteen tuotannossa käytettiin paljon teoriaosuudessa mainittuja laadunvarmistustoimenpiteitä ja valmiista jälkijännitetyistä betoniholvista tuli toimiva, turvallinen ja laatuksellisesti täyttävä. Luku 4, jossa kuvataan jälkijännitetyn betoniholvin toteutus, antaa vastaukset opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin eli siihen, että mitä laadunvarmistustoimenpiteitä tulee käyttää sekä miten laadunvarmistus tulee tehdä.

Haastetta opinnäytetyön toteutukseen toi se, että aiheen kirjallisuus rajautuu vahvasti rakenteen suunnitteluun ja jälkijännitetyn rakenteen tuotannosta kirjallisuutta on hyvin vähän. Työmaan näkökulmasta aiheen tarkastelu oli hankalaa, sillä selkeää vastuunjakoa on vaikea selittää suoraviivaisesti. Rakenteessa on monta laadullisesti tärkeää tarkistettavaa vaihetta tuotantovaiheessa, mutta Alexander Westerholmin henkilöhaastattelussa hänen esiin nostama tarkastettava asia rakenteen työnaikaisesta kuormituksesta oli todella hyvä nosto (Westerholm, henkilökohtainen tiedonanto, 2023). Sitä ei ehkä tuotantopuolella tule ajatelleeksi etukäteen, vaan se tulee esille vasta siinä ongelmatilanteessa, kun annettu kuormituskestävyys ylittyy. Suunnittelu- ja tuotantopuolen tulisi olla enemmän vuorovaikutuksessa keskenään, jotta saadaan mahdollisimman paljon erilaisia näkökulmia ja laatua voidaan kehittää.

Opinnäytetyön tilaajaorganisaatiolta saadun palautteen mukaan opinnäytetyössä on käsitelty selkeästi ja laajasti työn aihealuetta ja opinnäytetyö luo hyvän tuen työmaan toiminnalle jälkijännitettyjen rakenteiden toteuttamiseen, myös työnjohtajille, jotka eivät ole aiemmin jälkijännitettyjä rakenteita tehnyt. Opinnäytetyön lopputuotteena saatu osakohteen tarkastuslista on toimiva ja käyttökelpoinen.

Lähteet

Hartikainen N., Kemppainen J., Kokkonen T., Lamberg K., Lahtinen R., Leinikka N., Marjasalo A., Paukku S., Soila J., Talo A., Utriainen M. (2017). *Rakennustöiden laatu 2017*.

Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/22013#page=1>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/122 c. Haettu 24.8.2023 osoitteesta

<https://tinyurl.com/3y9cn2dw>

Ratu 0403 (2012). *Betonointi. Tehtäväkohtaiset asiakirjat ja suunnitelmat*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/17269#page=1>

Ratu C2-0454 (2017). *Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Runkotyövaiheen aluesuunnitelma*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/22911#page=1>

Ratu S-1229 (2011). *Rakennustyömaan projektisuunnitelma. Työmaatoteutuksen ohjaus, valvonta ja todentaminen*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18038#page=1>

Ratu S-1232 (2017). *Rakennustyömaan sääsuojaus. Materiaalien suojauksen vaiheet rakennustyömaalla*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18040#page=1>

Ratu S-1236 (2021). *Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Materiaalien suojaus*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/25984#page=1>

Ratu F31-0346 (2010). *Talvityöt ja -kustannukset. Talvikustannusten muodostuminen*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18308#page=1>

Ratu 1811-S (1998). *Työturvallisuus tuotannonsuunnittelussa. Turvallisuus rakentamisessa*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18406#page=1>

Suomen Betoniyhdistys ry. (n.d.-a). *Jälkijännitetyt rakenteet*. <https://tinyurl.com/bdebvx3d>

Suomen Betoniyhdistys ry. (n.d. -b). *Jännityssuunnitelma*. <https://tinyurl.com/ybx8fk5d>

Suomen Betoniyhdistys ry. (n.d. -c). *Betonointipöytäkirja*. <https://tinyurl.com/43d4bywz>

Suomen Betoniyhdistys ry. (n.d. -d). *Betoninlujuuden hallinta työmaalla*.
<https://tinyurl.com/r6j27fzt>

Suomen Betoniyhdistys ry. (n.d. -e). *Talvibetonoinnin virheitä*. <https://tinyurl.com/4pd49h44>

Valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta 205/2009.
<https://tinyurl.com/yz7bz7z8>

Ympäristöministeriö (2022). *Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027*.
<https://tinyurl.com/bdd7kfmz>

Liite 3. Betonointipöytäkirja

16.10.2023 7.14

BetonointiPoytakirjaLista - Betonointipöytäkirja: Autohallin Holvi VA2,...

Uusi betonointipöytäkirja

Betonoitava osa	Autohallin Holvi VA2	Kuvaus	Autohallin Holvi VA2
Yritys	Skanska Talonrakennus Oy	Päivämäärä	17.5.2023
Työmaan nimi	As Oy Helsingin Liekki	Työmaan numero	5124.65061.65061
Työmaan osoite	Maaherrantie 34, 00650, Helsinki	Betonitoimittaja	Lujabetoni Oy
Betonointityönjohtaja	Miira Lehto	Puhelinnumero	0504796507
Kuormakirjojen numerot	114775-6324-325-326-327-328-329-331-333-334-335-336-337-338-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-354-355-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377		

Betonoitava rakenne

	Kovettunut betoni		Betonimassa
Lujuusluokka	C35/45	Notkeus	S3
Rasitusluokka	XC3	Suurin raekoko	32
Pakkasenkestävyys	Ei	Sementti	Rapid sementti CEM II/A-LL 42,5R
Vedenpitävyys	Ei	Lisäaineet ja annostus	Notkistin 8175, 0,5
Muut tiedot		Muut tiedot	
Betonityöt			

	Suunnitelma	Pöytäkirja
Betonoitava osa	Autohallin Holvi VA2	Autohallin Holvi VA2
1 lk. betonointi	Ei	Ei
Betonimäärä (m3)	470	429
Betonoinnin alkamispäivä ja klo	17.5.2023 6.30	17.5.2023 6.30
Betonoinnin päättymispäivä ja klo	17.5.2023 19.00	17.5.2023 19.00
Betonin notkeus (painauma, sVB, MO, leviämä)	S3	S3
Ilman lämpötila (°C)	10	10

16.10.2023 7.14

BetonointiPoytakirjaLista - Betonointipöytäkirja: Autohallin Holvi VA2,...

Betonin lämpötila (°C)	22	22
Jälkihoito, betonin lämpötilan seuranta sekä betonin lujuudenkestävyyden arviointi (tarvittaessa lomake no 796)	Jälihoitoaine, valun jälkeen kastelu ja muovitus. Seuraavana päivänä kastelu	Jälihoitoaine, valun jälkeen kastelu ja muovitus. Seuraavana päivänä kastelu
Muottien purku (lujuus, ikä)	70% lujuuden saavutettua	70% lujuuden saavutettua
Erityismenetelmät, lämpökäsittely jne. (tarvittaessa erillinen suunnitelma)		
Raudoitustarkastus	Ok	Ok
Betonityönjohtajan tarkastus	17.5.2023	17.5.2023
Valvojan tarkastus		
Suojaetäisyys (mm)	40	40
Suojaetäisyystoleranssi (mm)	10	10
Häiriöt, varautuminen / toimenpiteet	Toinen betonitörysauva varalla. Toinen pumppu varalla.	Toinen betonitörysauva varalla. Toinen pumppu varalla.
Muut tiedot		
Valvojan kirjaukset		
Mestarin hyväksyntäpvm	17.5.2023	Valvojan hyväksyntäpvm
Liite		

Sisältölaji: BetonointipoytakirjaCT

Versio: 2.0

 Viitanen, Jere loi tämän 22.5.2023 9.07Viimeisin muokkaaja: Viitanen, Jere 22.5.2023 9.52

Sulje

Liite 4. Jännityspöytäkirja valualueesta kaksi

Jännitysurakoitsijan hyväksyntä

Pvm. _____

Allekirjoitus



Suunnittelijan hyväksyntä

Pvm. _____

Allekirjoitus _____

A	PUNOSTEN 1...88 JA 137...156 PITUUDET PÄIVITETTY, JÄNNEMENETELMÄ PÄIVITETTY	FIOTHT	7.10.2022	FIALWE
TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	SUUNN.	PVM.

KOSKARYLÄ	KORTTELINUM.	TORTTELINUM.	RAKENNUSTILAN TUNNUS	RAKENNUSLUOKA		
28 Oulunkylä	28009	24				
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRUSTUS	JUOKS. NRO		
As Oy Helsingin Liekki Maaherrantie 48 00650 Helsinki			AUTOHALLIN KATTO VALUALUE 2 JÄLKIJÄNNITETTY LAATTA PUNOSLUETTELO	MITTAKAAVAT		
			Sweco Rakennustekniikka Oy ELÄMÄNPORTTI 2 00240 HELSINKI FINLAND PUH. 0207 383 300 www.sweco.fi	RAK SUUNN. TYÖN N.O. 22708712		
PIIRI.	SIUNN.	SUUNN. LOHKO	KRS	LAJI	NRO	MUUTOS
FIWRAJ	DI Wainö Raiskila	LAE				
Pvm.	TARK.	R		S	205	A
16.4.2021	DI Alexander Westerholm					

P:\FIHELO4\ST\22708712_As_Oy_Helsingin_Liekki_autohalli_jännitely_rakenteet\000\02_RAK003_Jännitely\03_Punost
uettelot\IR_S205.xlsm

JÄNNITYSKAAPELEIDEN YHTEENVETO

Sivu 1

SWECO RAKENNETEKNIKKKA OY
ILMALANPORTTI 2
00240 HELSINKI FINLAND
PUH +358 20 739 3000

TYÖNUMERO 22708712
KOHDE As Oy Helsingin Liekki
Maaherrantie 48
00650 Helsinki

JÄNNEMENETELMÄ: Tartunnattomat jänteet, TTM
ETA-15/0321

KAAPELITYYPPI: SFS 1265-3-Y-1800-S-7-15,7-R1
Ap = 150 mm²
Aktiiviankkurin lukitusliukuma= 6 mm Pas. ankk.liukuma= 6 mm
Kiikakerroin= 0,06 Aalloisuusliuku= 0,01 rad/m
Kokoonpuristuma= 1 mm Häntä= 500 mm

ALKUJÄNNITYS Po = 0 kN / Punos
LOPULLINEN JÄNNITYS Po = 215 kN / Punos
Jännityslujuus ≥ C25/30

Venymät on laskettu esikivistysvoimasta P = 0 kN

Listassa ilmoitetut venymäarvot ovat lukitusliukuman jälkeisiä arvoja.
Venymäarvoissa on huomioitu passiivi- ja aktiiviankkurin lukitusliukumat
sekä rakenteen keskimääräinen kimmoinen kokoonpuristuma.
Venymän mittatoleranssi: ± 3 mm

JÄNTEIDEN LKM: 144 kpl

ANKKURIT: PASSIIVI (P) / AKTIIVI (A) / JÄTKÖS (C) 288 kpl

TEHOKAS PITUUS YHTEENSÄ: 3996.3 m

KATKAISUPITUUS YHTEENSÄ: 4068.3 m

PUNOSTEN NUMEROINTIPERIAATE PALKKILAATASTOSSA:

KAISTAN PUNOKSET	1	-	88
HARVAT PUNOKSET	101	-	156

31 9083 + cunst 492 bar 319854 + cunst 508 bar
+ replona 479 bar + replona 439 bar

SWECO RAKENNETEKNIikka OY
 B.MALANPORTTI 2
 00240 HELSINKI FINLAND
 PUH +358 20 739 3000

SIVU 3
 TYÖ 22708712
 TEAUS

As Oy Helsingin Liikki VALUALUE 2			V E N Y M Ä T (mm)				dL = (delta L)		KOK dL	HUOMI
KAAP. NRO	ARKKU- RIT	JÄNTEEN PIRUS(m)	LASKETTU		MITATTU 95%		MITATTU 100%			
			dL	IDEAL	Flank	IN	Flank	IN		
30	A / P	24.4 / 24.9	174		588	759	171			
			183	165						
31	A / P	24.4 / 24.9	174		588	760	172			
			183	165						
32	A / P	24.4 / 24.9	174		587	760	173			
			183	165						
33	A / P	24.4 / 24.9	174		596	740	174			
			183	165						
34	A / P	24.4 / 24.9	174		608	776	168			
			183	165						
35	A / P	24.4 / 24.9	174		607	776	169			
			183	165						
36	A / P	24.4 / 24.9	174		601	775	174			
			183	165						
37	A / P	24.4 / 24.9	174		608	781	173			
			183	165						
38	A / P	24.4 / 24.9	174		604	777	173			
			183	165						
39	A / P	24.4 / 24.9	174		602	774	172			
			183	165						
40	A / P	24.4 / 24.9	174		608	779	171			
			183	165						
41	A / P	24.4 / 24.9	174		603	774	171			
			183	165						
42	A / P	24.4 / 24.9	174		593	765	172			
			183	165						
43	A / P	24.4 / 24.9	174		598	768	170			
			183	165						
44	A / P	24.4 / 24.9	174		601	775	174			
			183	165						
45	A / P	24.4 / 24.9	174		602	777	175			
			183	165						
46	A / P	24.4 / 24.9	174		603	777	170			
			183	165						
47	A / P	24.4 / 24.9	174		603	772	174			
			183	165						
48	A / P	24.4 / 24.9	174		596	760	174			
			183	165						
49	A / R	14.1 / 14.6	102		599	700	101			
			109	95						
50	A / P	14.1 / 14.6	102		605	705	100			
			109	95						
51	A / P	14.1 / 14.6	102		570	668	98			
			109	95						
52	A / P	14.1 / 14.6	102		569	669	100			
			109	95						
53	A / P	14.1 / 14.6	102		563	663	100			
			109	95						
54	A / P	14.1 / 14.6	102		567	668	101			
			109	95						
55	A / P	14.1 / 14.6	102		585	686	101			
			109	95						
56	A / P	14.1 / 14.6	102		597	696	99			
			109	95						
57	A / P	14.1 / 14.6	102		612	713	101			
			109	95						
58	A / P	14.1 / 14.6	102		605	705	100			
			109	95						

SWECO RAKENNETEKNIikka OY
 ILMALANPORTTI 2
 00240 HELSINKI FINLAND
 Puh +358 20 739 3880

SIVU 2
 TYÖ 22708712
 TEMAUS

As Oy Helsingin Liekki VALUVALUE 2			V E N Y M Ä T (mm)				ØL = (pöytä L)		KOK ØL	HUOM!
KAAP. MRO	ANOKU- RIT	JÄNTEEN PITÄIS(mm)	LASKETTU		MITATTU 0%		MITATTU 100%			
			ØL	IDEAL	Fixax	M	Fixax	M		
1	A / P	33.7 / 34.2	Max	Min	o	Määrä	o	Määrä		
			235		596		827	231		
2	A / P	33.7 / 34.2	247	223	595		829	234		
3	A / P	33.7 / 34.2	235		585		819	239		
4	A / P	33.7 / 34.2	247	223	590		824	234		
5	A / P	33.7 / 34.2	235		600		834	234		
6	A / P	33.7 / 34.2	247	223	604		839	235		
7	A / P	33.7 / 34.2	235		607		843	236		
8	A / P	33.7 / 34.2	247	223	600		836	236		
9	A / P	33.7 / 34.2	235		585		832	237		
10	A / P	33.7 / 34.2	247	223	593		827	234		
11	A / P	33.7 / 34.2	235		591		826	235		
12	A / P	33.7 / 34.2	247	223	586		823	237		
13	A / P	33.7 / 34.2	235		583		828	235		
14	A / P	33.7 / 34.2	247	223	582		828	236		
15	A / P	33.7 / 34.2	235		586		830	244		
16	A / P	33.7 / 34.2	247	223	579		811	232		
17	A / P	32.9 / 33.4	231		589		828	229		
18	A / P	32.9 / 33.4	243	219	607		835	228		
19	A / P	32.9 / 33.4	231		600		830	230		
20	A / P	32.9 / 33.4	243	219	589		830	231		
21	A / P	32.9 / 33.4	231		605		837	232		
22	A / P	32.9 / 33.4	243	219	601		822	231		
23	A / P	32.9 / 33.4	231		603		839	231		
24	A / P	32.9 / 33.4	243	219	607		843	236		
25	A / P	32.9 / 33.4	231		610		843	233		
26	A / P	32.9 / 33.4	243	219	604		840	236		
27	A / P	32.9 / 33.4	231		600		835	235		
28	A / P	32.9 / 33.4	243	219	591		825	234		
29	A / P	24.4 / 24.9	174		585		868	173		
			183	165						

SWECO RAKENNETEKNIIKKA OY
ILMALANPORTTI 2
00240 HELSINKI FINLAND
PUH +358 20 739 3000

SMAI
TYÖ
TILAUS

4
22708712

As Oy Helsingin Lielkä VALUALUE 2			V E N Y M Ä T (mm)				AL # (delta L)		KOK Ø	HUOMI
KAAP. NRO	ANKRU- RT	JÄNTEEN PITUUS(m)	LASKETTU		MITATTU 0%		MITATTU 100%			
			AL	IDEAL	Fixa	IN	Fixa	IN		
59	A / P	14.1 / 14.6	102		610	710	100			
60	A / P	14.1 / 14.6	109	95	609	711	102			
61	A / P	14.1 / 14.6	102		626	724	101			
62	A / P	14.1 / 14.6	109	95	637	737	100			
63	A / P	14.1 / 14.6	102		597	697	100			
64	A / P	14.1 / 14.6	109	95	589	688	99			
65	A / P	14.1 / 14.6	102		578	674	99			
66	A / P	14.1 / 14.6	109	95	579	680	101			
67	A / P	14.1 / 14.6	102		575	676	101			
68	A / P	14.1 / 14.6	109	95	566	664	101			
69	A / P	13.6 / 14.1	98		597	686	99			
70	A / P	13.6 / 14.1	105	91	607	705	98			
71	A / P	13.6 / 14.1	98		607	704	100			
72	A / P	13.6 / 14.1	105	91	582	682	100			
73	A / P	13.6 / 14.1	98		580	682	102			
74	A / P	13.6 / 14.1	105	91	577	675	98			
75	A / P	13.6 / 14.1	98		562	663	101			
76	A / P	13.6 / 14.1	105	91	595	694	99			
77	A / P	13.6 / 14.1	98		604	704	100			
78	A / P	13.6 / 14.1	105	91	614	714	100			
79	A / P	13.6 / 14.1	98		621	719	98			
80	A / P	13.6 / 14.1	105	91	607	706	99			
81	A / P	13.6 / 14.1	98		607	706	99			
82	A / P	13.6 / 14.1	105	91	583	683	100			
83	A / P	13.6 / 14.1	98		612	611	99			
84	A / P	13.6 / 14.1	105	91	597	694	100			
85	A / P	13.6 / 14.1	98		588	686	98			
86	A / P	13.6 / 14.1	105	91	569	668	99			
87	A / P	13.6 / 14.1	98		552	651	99			

SWECO RAKENNETEKNIikka OY
 BLMALANPORTTI 2
 00240 HELSINKI FINLAND
 PUH +358 20 739 3000

SIVU 6
 TYÖ 22708712
 TEMAUS

As Oy Helsingin Liekki VALUALUE 2			V E N Y M Ä T (mm)				L = (koko L)		KOK L	HUONE
KAAP. NRO	ARVOK- REI	JÄNTEEN PITUUS(es)	LADOTTU		MITATTU 0%		MITATTU 100%			
			Max	Min	P _{max} 0	M _{max} P	P _{max} 0	M _{max} P		
129	A / P	44.3 / 44.8	303		534	839	305			
130	A / P	44.2 / 44.7	302		240	1245	305			
131	A / P	44.1 / 44.6	302		831	1188	307			
132	A / P	44 / 44.5	301		409	1013	304			
133	A / P	43.9 / 44.4	300		672	992	314			
134	A / P	43.9 / 44.4	300		839	1140	301			
135	A / P	43.7 / 44.2	300		512	812	300			
136	A / P	43.7 / 44.2	300		544	849	305			
137	A / P	21 / 21.5	150		492	642	150			
138	A / P	21 / 21.5	150		533	685	152			
139	A / P	21 / 21.5	150		463	619	156			
140	A / P	21 / 21.5	150		483	645	156			
141	A / P	21 / 21.5	151		567	720	153			
142	A / P	21 / 21.5	151		524	673	149			
143	A / P	21 / 21.5	151		501	652	151			
144	A / P	21 / 21.5	151		511	662	151			
145	A / P	20.5 / 21	147		637	785	148			
146	A / P	20.5 / 21	147		642	787	145			
147	A / P	20.5 / 21	147		529	673	144			
148	A / P	20.5 / 21	147		527	674	147			
149	A / P	20.1 / 20.6	145		534	678	144			
150	A / P	20.1 / 20.6	145		605	750	145			
151	A / P	20.1 / 20.6	145		607	753	146			
152	A / P	20.1 / 20.6	145		607	752	145			
153	A / P	19.8 / 20.3	143		610	753	143			
154	A / P	19.8 / 20.3	143		614	759	145			
155	A / P	19.8 / 20.3	143		608	746	140			
156	A / P	19.8 / 20.3	143		601	743	142			

SWECO RAKENNETEKNIikka OY
ILMALANPORTTI 2
00240 HELSINKI FINLAND
PUH +358 20 739 3000

SIVU 5
TYÖ 22708712
TRAUS

As Oy Helsingin Liekki VALUALUE 2			V E N Y M Ä T (mm)				AL = (pöytä L)		EOK AL	HUONE
KAAP. NRO	AMOKU- RIT	JÄNTEEN PITUUS(m)	LÄBIETTU		MITATTU 0%		MITATTU 100%			
			AL	IDEAL	Fluokti	IN	Fluokti	IN		
88	A / P	13.6 / 14.1	98							
			105	91	540		636	04		
101	A / P	44.8 / 45.3	308							
			323	293	499		803	304		
102	A / P	44.8 / 45.3	308							
			323	293	502		809	307		
103	A / P	44.9 / 45.4	308							
			323	293	537		840	303		
104	A / P	44.9 / 45.4	309							
			324	294	541		845	304		
105	A / P	45 / 45.5	309							
			324	294	545		850	305		
106	A / P	45 / 45.5	309							
			324	294	532		841	309		
107	A / P	45.1 / 45.6	310							
			326	295	550		862	312		
108	A / P	45.1 / 45.6	310							
			326	295	538		843	305		
109	A / P	45.2 / 45.7	310							
			326	295	525		833	308		
110	A / P	45.2 / 45.7	311							
			327	295	518		825	307		
111	A / P	45.3 / 45.8	311							
			327	295	535		840	305		
112	A / P	45.3 / 45.8	311							
			327	295	525		833	308		
113	A / P	45.4 / 45.9	312							
			328	296	635		848	313		
114	A / P	45.4 / 45.9	312							
			328	296	544		854	310		
115	A / P	45.3 / 45.8	310							
			326	295	519		833	314		
116	A / P	45.2 / 45.7	309							
			324	294	540		852	312		
117	A / P	45.2 / 45.7	309							
			324	294	519		827	308		
118	A / P	45.1 / 45.6	308							
			323	293	532		838	306		
119	A / P	45 / 45.5	308							
			323	293	533		844	311		
120	A / P	44.9 / 45.4	307							
			322	292	534		843	309		
121	A / P	44.9 / 45.4	307							
			322	292	548		860	312		
122	A / P	44.8 / 45.3	306							
			321	291	559		868	309		
123	A / P	44.7 / 45.2	306							
			321	291	821		1177	306		
124	A / P	44.6 / 45.1	305							
			320	290	883		1190	307		
125	A / P	44.6 / 45.1	305							
			320	290	922		1226	304		
126	A / P	44.5 / 45	304							
			319	289	814		1119	305		
127	A / P	44.4 / 44.9	304							
			319	289	869		1175	306		
128	A / P	44.3 / 44.8	303							
			318	288	525		881	306		

Liite 5. Loppulausunto jälkijännitetystä rakenteesta



Loppulausunto parkkihallin jännitettyjen rakenteiden osalta

Rakennuskohteen tiedot:

Nimi: Larin Pysäköinti Oy
Osoite: Jokiniementie 54, 00650 Helsinki

Pysäköintihallin katto on jälkijännitetty pilarilaatasto ja kansi on jaettu liikuntasaumalla kahteen lohkoon. Kantavat vaakarakenteet ovat suunniteltu eurokoodien SFS-EN 1990, SFS-EN 1991 ja SFS-EN 1992 sekä näiden standardien Suomen kansallisten liitteiden mukaan.

Rakenteet ovat mitoitettu rajatilamenettelyä käyttäen. Rajatilamenettelyssä käytetään ominaiskuormista laskettuja laskentakuormia, ominaislujuuksista laskettuja laskentalujuuksia sekä rakenteiden nimellismittoja. Rakenteet mitoitetaan sekä käyttö- että murtorajatilassa.

Laatassa on käytetty standardin SFS 1265-3-Y-1860-S-7-15,7-R1 mukaisia tartunnattomia jännepunoksia. Käytetty jännemenetelmä on TTM ja suunnittelussa on huomioitu jännemenetelmän tuotehyväksynnän ETA-15/0321 mukaiset ohjeet.

Johdantamisjärjestelmämme Sweco@work on käytetty suunnitelmien laadunvarmistuksessa. Sweco@work on sertifioitu ISO standardien 9001:2015, 14001:2015 ja 45001:2018 mukaisesti.

Jälkijännitettyjen rakenteiden suunnittelija on suorittanut työmaalle seuraavat tarkastuskäynnit, joissa on katselmoitu jälkijännitettyjen rakenteiden rauditus ja jännepunokset. Tarkastuksessa huomatuksi asiat on esitetty tarkastusraporteissa.

Valualue	Päivämäärä	Tarkastaja
VA1	20.12.2022	Alexander Westerholm
VA2	15.5.2023	Alexander Westerholm

Jälkijännitettyjen rakenteiden suunnittelijan asiantuntijatarkastuksella tarkoitetaan seuraavaa:

Konsultin suorittama laatimensa suunnitelmien toteuttamisen yleisvalvonta sekä suunnitelmia täydentävien ja täsmentävien ohjeiden ja tulkintojen antaminen. (KSE 2013)

Urakoitsija vastaa rakenteen suunnitelmien mukaisesta toteutuksesta.

Alexander Westerholm

26.9.2023

Liite 6. Osakohteen tarkastuslista

As Oy Helsingin Liekk
Työ 65061
Skanska

Jälkijännitetty betoniholvi
13.11.2023, Viikko 46

SKANSKA

Pvm.	Työvaihe / Tarkastus	
	3.16 jälkijännitetty betoniholvi / Osakohteen tarkastus	

Perustiedot	
Alue	
Urakoitsijat	
Osallistujat	
Hyväksyjät	

Tarkastuskohdat	
Osakohteen tarkastus.	1. Työnaikainen kuormitus on otettu huomioon ennen työn aloitusta.
Osakohteen tarkastus.	2. Olosuhteet on otettu huomioon ennen työn aloitusta.
Osakohteen tarkastus.	3. Muotit täyttävät sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset muottien tiiveyden, muodonmuutosten ja mittatarkkuusvaatimusten sekä kestävyuden ja turvallisuuden osalta.
Osakohteen tarkastus.	4. Läpivientien varausten sijainti ja koko on tarkistettu ja toteutettu suunnitelmien mukaan.
Osakohteen tarkastus.	5. Rakenteen irrotukset ja laakerit ovat suunnitelmien mukaiset, myös pystyrakenteet on irrotettu.
Osakohteen tarkastus.	6. Raudotteet on sidottu suunnitelmien mukaan ja sidontalankojen päät taivutettu raudoitteen sisäpuolelle. Rauditus on tuettu sidonnan ja välikkeiden avulla. Rauditus ei pääse haitallisesti liikkumaan betonoinnin aikana.
Osakohteen tarkastus.	7. Jännepunosten pukitus, sidonta sekä aktiivi- ja passiiviankkurit on toteutettu suunnitelmien mukaan.
Osakohteen tarkastus.	8. Jännepunosten aktiiviankkurit on asennettu muottiin kiinni, tarvittavan pitkä häntä jätetty jännitystyötä varten.
Osakohteen tarkastus.	9. Ankkureiden paikallinen halkaisuraudoitus on tehty.
Osakohteen tarkastus.	10. Raudoitustarkastus rakenne-/punossuunnittelijan kanssa on pidetty.
Osakohteen tarkastus.	11. Raudotteiden betonipeitteen nimellispaksuus on suunnitelmien mukainen.
Osakohteen tarkastus.	12. Betonointisuunnitelma on tehty ja toimitettu rakennesuunnittelijalle, lupa betonointiin on saatu.
Osakohteen tarkastus.	13. Betonimassasta on otettu koekuutiot, ilmamäärät mitattu ja lujuuden kehitystä seurataan antureilla.
Osakohteen tarkastus.	14. Betonin jälkihoito on suunniteltu ja aloitettu.
Osakohteen tarkastus.	15. Betoni on saavuttanut suunnitelmien mukaisen lujuuden ennen jännitystyön aloitusta ja lupa jännitystyön aloitukseen on saatu.
Osakohteen tarkastus.	16. Jännityskalusto on kalibroitu ja kalibrointitodistukset on toimitettu työmaalle.
Osakohteen tarkastus.	17. Punosten jännitysjärjestys ja punosvenymä on suunnitelmien mukainen.
Osakohteen tarkastus.	18. Jännityspöytäkirja on tehty ja toimitettu rakennesuunnittelijalle.

Osakohteen tarkastus.	19. Ankkurialueet on tiivistetty betonimassalla kunnolla jännitystyön jälkeen.
Osakohteen tarkastus.	20. Lupa muottien purkuun on saatu rakennesuunnittelijalta.
Osakohteen tarkastus.	21. Jälkikinnitysohje on saatavilla ja välitetty kaikille alirakoitsijoille.
Osakohteen tarkastus.	22. Työkohteen jätteet on silvottu ja lajiteltu.
Osakohteen tarkastus.	23. Työväiheet on valokuvattu.

Lisätietoja

Hyväksyjät

Osallistujat