

Oliver Manninen

# Sipoon logistiikkakeskuksen erityislaatuiset betonilattiatyöt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

14.2.2017

Tekijä Otsikko	Oliver Manninen Sipoon logistiikkakeskuksen erityislaatuiset betonilattiatyöt
Sivumäärä Aika	85 sivua + 2 liitettä 2.3.2017
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennusmestari
Ohjaajat	Lehtori Juha Virtanen Aluevastaava Teuvo Niemi
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia referenssikohteen tarjoamia normaalista poikkeavia betonilattioita, niiden suunnittelua ja toteutusta. Työssä ei erikseen käsitellä yleisellä tasolla betonilattioita, eikä niiden suunnittelua ja toteutusta. Referenssikohteen toimii Sipoon logistiikkakeskus, joka on valmistuessaan Suomen suurin elintarvikehalli. Kohteen betonilattioille on erityisiä laatuvaatimuksia ja suunnittelussa sekä toteutuksessa on käytetty uusimpia menetelmiä. Työnjohtamisella on suuri merkitys betonilattiatöiden onnistumisessa, joten betonilattioita tutkitaan työnjohtamisen näkökannalta.</p> <p>Työ toteutetaan Lemminkäinen Talo Oy:n ja Skanska Oy:n työyhteisöliittymän alaisuudessa. Opinnäytetyö toteutettiin tutkimalla ja seuraamalla referenssikohteen normaalista poikkeavia betonilattiatöitä, niiden toteutusta ja suunnittelutyötä. Lisäksi tutkittiin kirjallisuutta ja eroavaisuuksia normaalin ja niistä poikkeavien betonilattioiden kanssa. Työtä varten haastateltiin eri osapuolien betonilattioiden asiantuntijoita, rakennusvalvojia ja latioista vastaavia työnjohtajia.</p> <p>Referenssikohte on opinnäytetyötä tehdessä Suomen suurin yhtenäinen rakennus pinta-alaltaan. Referenssikohteen suuri koko heijastuu betonilattioiden suunnitelmiin ja toteutukseen. Työn tutkimuksen tuloksena saatiin uutuusarvoa betonilattioiden tuotantoa tehostavista työmenetelmistä näin suurissa mittakaavoissa. Aiemmin Suomessa ei ole näillä mittakaavoilla vastaavanlaisia rakenteita tehty. Tutkimus tarjoaa pohjatietoa ja vertailuarvoa tulevaisuutta varten.</p>	
Avainsanat	Betoni, betonilattia, kuitubetoni

Author Title Number of Pages Date	Oliver Manninen Special requirements for concrete floors - a case study of Sipoo distribution center 85 pages + 2 appendices 2 March 2017
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Construction Engineering
Instructors	Juha Virtanen, Senior Lecturer Teuvo Niemi, Vice Site Manager
<p>The purpose of this thesis was to analyze a client project and the special concrete floors, including design and implementation, of a client project. This thesis does not consider concrete floors in general. The client project is a distribution center in Sipoo, which is a massive food warehouse. The concrete floors of the distribution center have special quality control requirements, and design and implementation utilizing the latest techniques. Job management has an important role in the successful casting of concrete floors, so this thesis focuses on the point of view from a construction site manager.</p> <p>This project was carried out with the cooperation of Lemminkainen Talo Oy and Skanska Oy in their Joint Venture Contract. The focus of the case study was to analyze and monitor abnormal concrete floors and their design and implementation. In addition, the results of previously under taken studies were compared with the results of this case study. Furthermore, several interviews were conducted with concrete specialists, inspectors, and specialty concrete flooring site managers.</p> <p>At the time of writing this thesis, the client project was the largest building in Finland measured in floor area. This was apparent in the implementation and design of the flooring. As a result, new information about the production and implementation of concrete floors on was obtained. In Finland similar buildings have not been constructed on this kind of scale and this study can be used as a starting point in the future.</p>	
Keywords	Concrete, concrete floor, fiber concrete

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	4
2	Sipoon logistiikkakeskus	5
2.1	Projekti	5
2.2	Projektiorganisaatio	8
3	Referenssikohteen normaalista poikkeavat betonilattiat	10
3.1	Maanvarainen lattia	11
3.1.1	Työn toteutus	13
3.2	Laitesyvennykset	22
3.3	Pintabetonilattia	24
3.3.1	Työn toteutus	25
3.4	Paalulattia	27
3.4.1	Työn toteutus	28
3.5	Ulkolaatat	30
3.5.1	Työn toteutus	30
4	Pakastehallin poikkeuksellisen vaativa betonilattia	32
4.1	Lattiarakenteet	34
4.1.1	Alapohjatyyppit	36
4.1.2	Lattialämmitys	37
4.2	Liittyvät rakenteet	40
4.3	Aikataulu	40
4.4	Toteutus	43
4.4.1	Maanrakennustyöt ja viemäröinti	43
4.4.2	Routasuojaus	44
4.4.3	Täyttö	45
4.4.4	Betonointia alustavat työt	50
4.4.5	Betonointi	53
4.4.6	Jälkihoito	55
4.4.7	Käyttöönotto	57
5	Logistiikkakeskuksen betonilattioiden suunnittelu ja korjaus	58

5.1	Suunnittelu	58
5.1.1	Suunnitelma muutokset	59
5.2	Aikataulu	60
5.3	Betonilattioiden laatuongelmat	61
5.4	Kohteen laatuongelmien korjausmenetelmät	63
5.4.1	Pintalattiat	63
5.4.2	Ulkolaatat	66
5.4.3	Maanvaraiset lattiat	68
5.4.4	Muut virheet	74
5.5	Laadunvarmistus ja dokumentointi	76
6	Yhteenveto	81
	Lähteet	85
	Liitteet	

Liite 1. Kaksi eri alapohjatyyppiä sulanapitoputkiston suojaamista varten.

Liite 2. Pakkasen Witron-jäähdytysaikataulu.

## Lyhenteet ja sanasto

<b>Dumpperi</b>	<b>Betonin siirtoon ja levitykseen tarkoitettu ajoneuvo.</b>
<b>Finfoam</b>	<b>Kova lämmöneritelevy, suulakepuristettua polystyreeniä eli XPS-lämmöneriste.</b>
<b>Kopo</b>	<b>Yleinen sana rakennusalan puhekielessä, jolla tarkoitetaan pinnasta onttoa ääntä pitävää betonilattiaa.</b>
<b>KTDC</b>	<b>Käyttötavara - DISTRIBUTION CENTER (jakelukeskus).</b>
<b>LVIS</b>	<b>Lyhenne lämmitys-, vesi- ja viemäri-, ilmapuhallus- ja sähköjärjestelmien suunnittelusta.</b>
<b>PTDC</b>	<b>Päivittäistavara – DISTRIBUTION CENTER (jakelukeskus).</b>
<b>Rusnaus</b>	<b>Pinnan poisto koneellisesti, tässä yhteydessä betonilattian pinta.</b>
<b>TATE</b>	<b>Lyhenne taloteknisestä suunnittelusta, johon kuuluvat LVI suunnittelu, sähkösuunnittelu, automaatio suunnittelu sekä telesuunnittelu.</b>
<b>Thermisol</b>	<b>Elementtijärjestelmä, joka koostuu pelti-EPS-eriste-peltirakenteesta.</b>
<b>TYL</b>	<b>Työyhteenliittymä.</b>
<b>Vaippa</b>	<b>Rakennuksen ulkokuori.</b>

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Sipoon PTDC-logistiikkakeskuksen betonilattiatöitä työnjohtamisen näkökannalta. Suomen suurimman elintarvikehallin valmistuksessa on turvauduttu uusimpiin ja Suomessa poikkeuksellisiin betonointimenetelmiin. Projekti kattaa laajasti betonointia perinteisimmästä tavasta asti ulkomailta tuleviin uudempiin menetelmiin. Erityisesti kohteen laatuvaatimukset, suuret lämpötilaerot ja suuri pakas-tehalli asettavat betonilattiatöille suuren merkityksen ja roolin rakenteena.

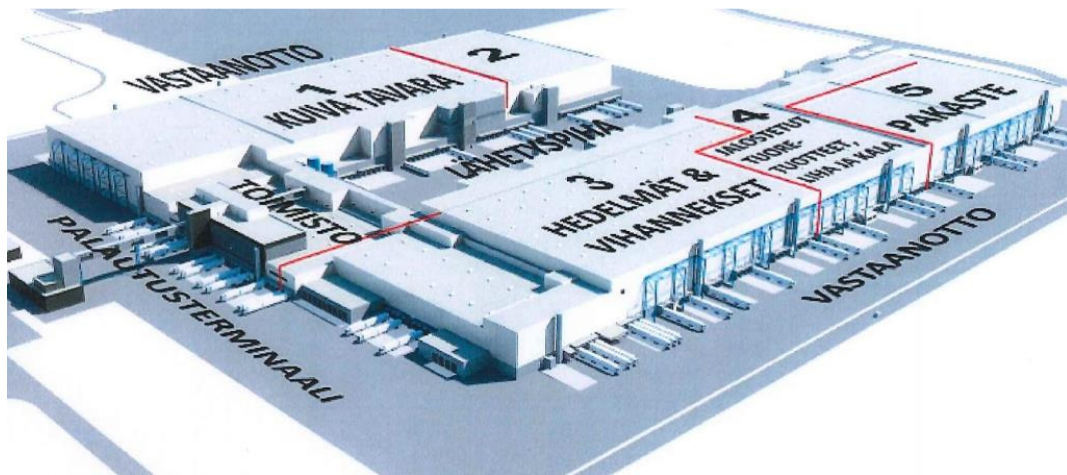
Opinnäytetyössä perehdytään normaaleista ja perinteisistä betonilattiatöistä poikkeaviin uudempiin menetelmiin. Yleisen tason betonilattioita ja niiden toteutuksia ei käsitellä muuta kuin verrattaessa referenssikohteen betonilattioita niihin. Työssä käsitellään lattiatöiden työvaiheet ja työnjohtamisen merkitys niissä. Erityisesti pureudutaan pakkasosion lattiarakenteeseen ja työn toteutukseen. Pakkashalli on suuruudeltaan Suomen suurin, joten vastaavanlaista ei ole Suomessa aiemmin valmistettu. Työssä tutkitaan betonilattioiden toteutuksen mahdollista tulevaisuutta, joissa entistä enemmän käytetään koneiden tuomaa tarkkuutta ja varmuutta.

## 2 Sipoon logistiikkakeskus

Sipoon PTDC-logistiikkakeskus eli päivittäistavaraa käsittelevä logistiikkakeskus on SOK:n tilaama elintarvikehalli. Käyttäjänä toimii Inex Partners Oy, joka on SOK:n omistama logistiikkayhtiö. PTDC-logistiikkakeskus tulee olemaan SOK:n päätoimipaikka päivittäistavaraketjun varastoimiseen ja jakeluun. PTDC nimitys tulee sanoista päivittäistavara distribution center eli päivittäistavaran jakelukeskus. [1.]

### 2.1 Projekti

Elintarvikehallin suunnittelu aloitettiin jo vuonna 2010 ja rakentaminen käynnistyi keväällä 2013. Halli rakennetaan viidessä vaiheessa ensimmäisen ollessa luovutuskunnossa 2016 ja viimeisen vaiheen valmistuessa elokuussa 2018. Kuvassa 1 näkyy viisi eri vaihetta, jotka ovat eroteltu numeroin ja punaisin viivoin. Kuvassa näkyy myös rakennuksen eri osat ja ne on nimetty niiden käyttötarkoitusten mukaan. Ensimmäisen luovutuksen jälkeen loppuvaiheiden luovutus tapahtuu tilaajalle tasaisesti noin puolen vuoden välein.



Kuva 1. Logistiikkakeskus ja keskuksen eri vaiheet, sekä niiden käyttötarkoitukset nimettynä.

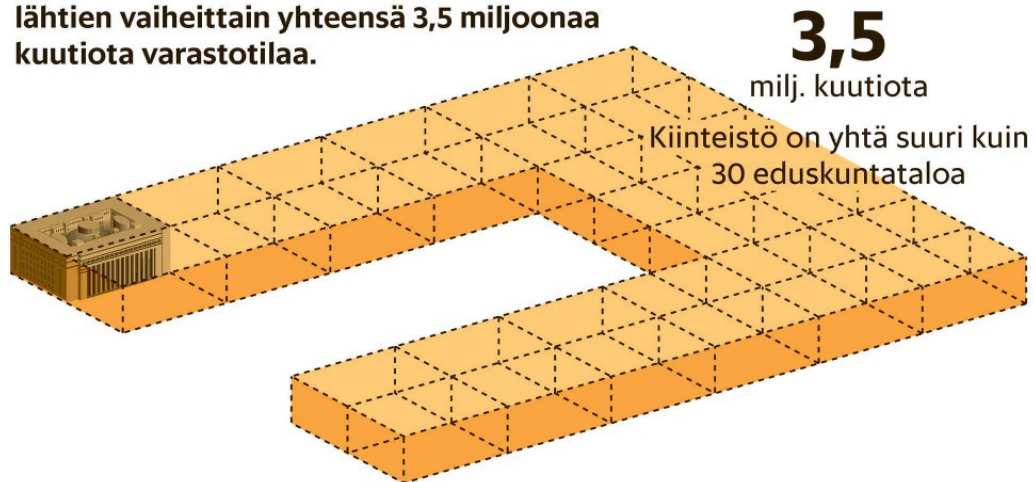
Sipoon logistiikkakeskus käsittää noin 3,5 miljoonaa kuutiometriä, pohjapinta-alaltaan keskus on noin 144 000 m<sup>2</sup> ja kerrosalaltaan noin 195 000 m<sup>2</sup>. Kyseisillä mitoilla halli on Suomen suurin yhtenäinen rakennus opinnäytetyön kirjoitushetkellä. Kooltaan logistiikkakeskus on yhtä suuri kuin 30 eduskuntataloa. Kuvassa 2 on piirroshahmotelma, jossa hallin kokoa suhteutetaan eduskuntataloon. Pohjapinta-ala ja kerrosala ovat kaut-



taaltaan erilaisia betonilattioita. Koko rakennus käsittää valtavat hallitilat, toimistotiloja, konehuoneita, sähkö- ja teletiloja, erillisen aputoimirakennuksen, huoltorakennuksen ja porttirakennuksen. Rakennus hyödyntää lämmityksessä ja viilentämisessä maalämpöä. [1.]

## S-ryhmän jättimäinen logistiikkakeskus

Logistiikkakeskukseen valmistuu vuodesta 2016 lähtien vaiheittain yhteensä 3,5 miljoonaa kuutiota varastotilaa.



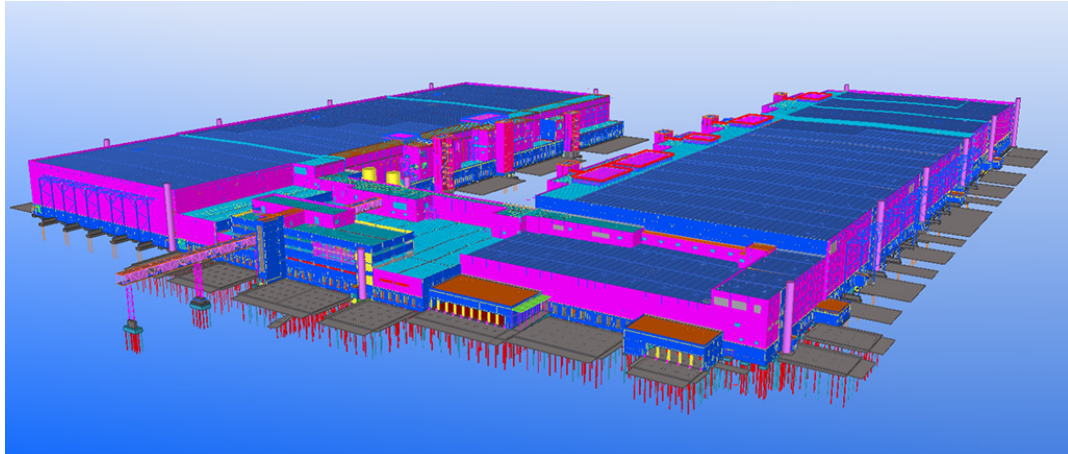
Kuva 2. Kiinteistö on yhtä suuri kuin 30 eduskuntataloa. [1.]

Saksalaisen hyllyasennusurakoitsijan Witronin asentama hyllyjärjestelmä on täysin automatisoitu.. Automatisoidulla systeemillä säästetään hyllyjen välissä tilaa, kun trukkia ei enää tarvita tavaran liikutteluun. Erittäin tiivis ja lähes 25 metriä korkea hyllyjärjestelmä luo lattialle todella suuret kuormat. Kuvassa 3 hyllyjärjestelmää asennetaan. Hyllyt toimitetaan valmiina järjestelminä työmaalle, jossa ne vain kootaan yhtenäiseksi järjestelmäksi. Tämä luo betonilattioille todella tarkan tasaisuusluokan A<sub>0</sub>. Hyllyjärjestelmät yhtenevät eri kerroksissa, joten lattiat eivät saa keskenään heittä korkeusasemassaan yhtään. Alapohja- ja välipohjatyyppeiden suunnittelussa on jouduttu huomioidaan rakennuksessa sisätilojen keskeiset suuret lämpötilojen eroavaisuudet. Betonilattioita on pinnoitettu, eristetty, lattialämmitetty sekä routasuojattu sulanapitoputkistolla. [2, s.407.]



Kuva 3. Hyllyjärjestelmä toimitetaan suurina osina työmaalle, jossa ne kasataan yhtenäiseksi järjestelmäksi. [1.]

Projektissa hyödynnetään 3D-mallintamista ja koko kohteen suunnitelmat onkin mallinnettu kyseisellä tavalla. Kuvassa 4 logistiikkakeskus on mallinnusohjelmalla kuvattu länsipuolelta. Rakenteet löytyvät malleista aina betonin raudoituksista taloteknisiin asennuksiin ja Witronin hyllyjärjestelmään asti. Mallista on ollut todella suuri apu projektin toteutuksessa. Isoin hyöty ja käyttö mallintamisessa ovat LVIS- ja TATE-puolen asennuksissa, mutta mallia on hyödynnetty muissakin työvaiheissa ahkerasti. Betonilattiatöiden työjohtamisessa malli koettiin erittäin hyväksi apuvälineeksi muun muassa ahtaiden ja pitkien kuljetinkäytävien pintabetonilattioiden kanssa sekä läpivientien ja eri lattiatyypin erottelussa. Myös betonilattiaan liittyvät rakenteet oli helppo katsoa mallista. Projektin voitti Tekla Structuresin järjestämässä Suomen Tekla Bim Awards 2015 sekä kansainvälisen Tekla Global BIM Awards 2015 -kilpailujen infra- ja teollisuuskategoriassa sekä Suomen yleisöäänestyksessä ensimmäisen sijan. [3.]

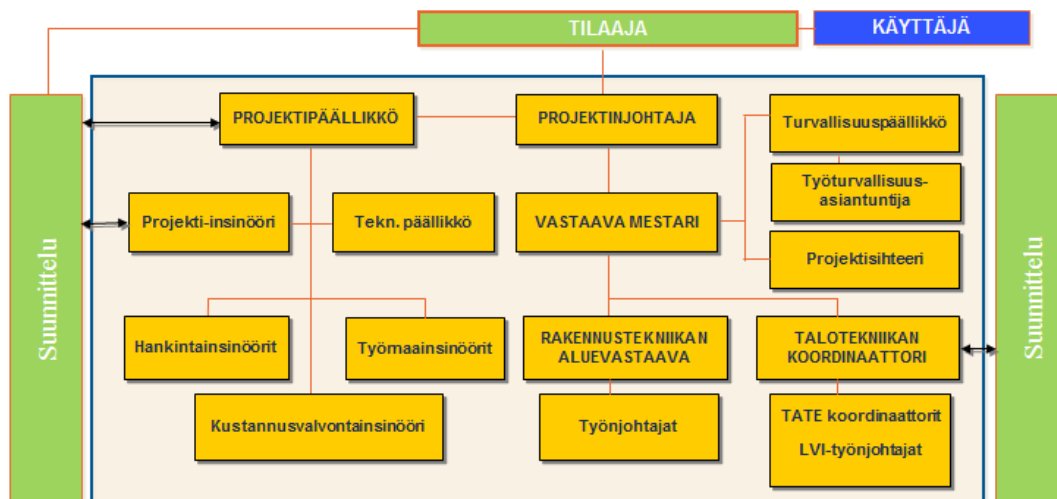


Kuva 4. Kokonaiskuva hallista mallinnettuna. [3.]

## 2.2 Projektiorganisaatio

Hankkeen tilaaja SOK keskittää suuren osan Suomen päivittäistavarakaupan tuotteistaan tähän ja viereiseen vuonna 2012 valmistuneeseen samantapaiseen mutta pienempään logistiikkakeskukseen. Hanke on projektinjohtourakka, jossa ammattimainen projektinjohtototeuttaja johtaa hanketta läheisessä yhteistoiminnassa tilaajan kanssa. Toteutussuunnittelu, hankinnat ja rakentaminen toteutetaan jakamalla rakennustyö lukuisiin hankintoihin, jotka kilpailutetaan suunnittelun etenemisen myötä. Tilaajalla on aina lopullinen päätösvalta suunnitelmiin ja hankintoihin. [4.]

Pääurakoitsijana projektissa toimii Lemminkäinen Talo Oy:n ja Skanska Oy:n muodostama työyhteisö TYL Freeway. Kummatkin osallistuvat työyhteisöön tasasuorilla. Toimihenkilöiden organisaatio koostuu parhaillaan yhtä aikaa noin 15 työnjohtajasta ja noin 15 toimihenkilöstä. Työnjohtajat jakautuvat vastaavaan mestariin, aluevastaavaan, kahdeksaan rakennuspuolen työnjohtajaan ja seitsemään LVI- ja talotekniikka-työnjohtajaan. Loput toimihenkilöt koostuvat projektijohtajasta, projektipäälliköstä, projekti-insinööristä, kustannusvalvontainsinööristä, kolmesta hankintainsinööristä, viidestä työmaainsinööristä, projektsihteeristä sekä kahdesta työturvallisuushenkilöstä. Kuvassa 5 organisaatiokaavio. Paikalla on myös lähes päivittäin tilaajan työmaavalvonnan edustajina viisi valvojaa, kaksi rakennuspuolen ja kolme LVIS-valvojaa.



Kuva 5. Projektin organisaatiokaavio

Organisaatioon kuuluvat tietysti myös projektin johdon-, rakennus- ja LVI-suunnittelijat sekä urakoitsijat. Työmaalla eri urakoitsijoita on reilusti yli 800 kaikkine aliurakoitsijoineen ja työmaalle työntekijöille myönnettyjä kulkuoikeuksia on lähes 5000. Päivittäinen vahvuus työmaalla työntekijöistä on parhaimmillaan noin 600. Vahvuuden ollessa suurin pääurakoitsijan omia työntekijöitä on vain seitsemän ja vuokramiesten vahvuus pyörii tasaisesti kolmen ja kymmenen välillä, riippuen työkuormituksesta. Kohteen koon, laajuuden ja keston takia urakat on jaettu harkiten ja suurin osa vain yhdelle vaiheelle kerrallaan. Maanrakennus- runko- ja maanvaraiset lattia-urakat ovat lähes ainoat samalle urakoitsijalle myönnetyt työt jokaiselle vaiheelle. Reilu 16 000 betonielementtiä suurimpien ollessa noin 50 tonnin painoisia, ja yli kahden vuoden runkourakka ovat vaatineet urakoitsijoidenkin perustamaan työyhteisliittymän. Runkourakan työyhteisliittymän osuudet on jaettu noin 60–40.

Kohteen pakottamana ja suurien valettavien neliömetrien takia betonilattiaurakoita ei ole voitu urakoitsijoiden tapaan jakaa yhdelle pääurakoitsijan työnjohtajalle. Betonilattioiden päävastuut on jaettu aluevastaavalle ja kolmelle työnjohtajalle. Heidän tukenaan ja apunaan on ollut työnjohtoharjoittelijoita. Betonilattiatyöt suoritetaan pääosin kesällä ja lämpötilojen sallimissa rajoissa, jolloin töistä aiheutuva kuormitus ja kiire ovat kesäisin suuri. Työnjohtajien ja työntekijöiden kesälomat asettavat haasteensa betonilattiatöiden toteutukselle ja työnjohtamiselle. Työnjohtoharjoittelijat ovatkin astuneet tässä vaiheessa suurempaan vastuuseen kesäloman ajaksi. Myös urakoitsijan puolelta resurssien väheneminen kesälomien ajaksi näkyy työn etenemisessä.

### 3 Referenssikohteen normaalista poikkeavat betonilattiat

Logistiikkakeskuksen betonilattiat ovat erinomainen kohde tutkia lattiatöiden työnjohdusta, toteutusta ja lattioiden suunnittelua. Suuret toisiaan tahdistavat työvaiheet joudutaan aikatauluttamaan tarkasti ja aikatauluseurantaa ja valvontaa tehdään viikoittain töiden päällekkäisyyksien välttämiseksi. Koko rakennus on maanvaraisesti perustettu lukuun ottamatta länsipäädyn halleja ja toimistotiloja. Siellä maan kantavuuden puutteellisuuden vuoksi on turvauduttu teräsbetonipaaluperustukseen. Suurina aloina valettavat maanvaraiset lattiat ja paalulattiat tahdistavat ja määrittävät pitkälti hallissa tehtävät muut työt. Ulos tulevat betonilaatat tahdistavat ja määräävät pihan asfaltoinnin sekä lastauslaituriovieien asennukset. Ontelolaattakentille tulevat pintalattiat määräävät konehuoneiden koneiden asennukset ja suuren osan TATE- sekä LVI-töistä. Lämpötilavaihtelut hallissa vaihtelevat noin 50 °C:n sisällä toimistotilojen +20 °C:sta aina pakastehallin -24 °C:een.

Lämpötilojen vaihtelut eri tilojen välillä ovat suuria ja nämä vaikuttavat betonilattioiden tekemiseen. Pintabetonilattioita on eristetty, maanvaraisiin lattioihin laitettu lattialämmityksiä ja pakastehallin alapohja on routaeristetty sulanapitoputkistolla. Suomessa ei ole ennen tehty näin suurta pakastehallia, joten suunnittelussa ei ole voitu hyödyntää aiempaa kokemusta. Alapohjatyyppejä suunniteltiin useampia jokaiselle lattiatyypille ja niistä valikoitiin tilaajan viimeisenä päätöksenä parhaimmat. Kohteen laajuuden takia betonilattioita valetaan kolmena peräkkäisenä kesänä. Vaiheet 1 ja 2 ensimmäisenä, vaiheet 3 ja 4 toisena ja viimeisenä kesänä valetaan vaiheen 5 betonilattiat, jotka käsittelevät pakastehallin.

Perinteinen teräsraudoitus on viime vuosikymmeninä usein korvattu kuitubetonilla. Betonissa käytetyt teräs-, muovi- ja jopa lasikuidut korvaavat perinteisen teräsraudoituksen nopeuttaen betonilattiatöitä huomattavasti. Näin ollen kuitubetonilla on myös taloudellisesti puoltava merkitys. Pelkkiin kuituihin ei aina voida turvautua, vaan perinteistä raudoitusta lisätään ja sovelletaan kuitubetonilattioihin vahvikkeeksi tarvittaessa. Siipoon logistiikkakeskuksessa on käytetty suurimmaksi osaksi teräskuitubetonia ja perinteistä teräsraudoitusta vain paalulattioissa. Teoriassa on laskettu teräskuidun riittävän betonilattian raudoitukseksi paalulattiasakin, mutta käytännön tasolla ei paalulattioita ilman perinteistä raudoitusta vielä tehdä.

### 3.1 Maanvarainen lattia

Maanvaraisten lattioiden laajuuden ja vaatimuksien takia on turvauduttu Suomen ulkopuolelta tulevaan ammattitaitoon. Latvialainen Primekss Oü on vastannut hankkeen maanvaraisten lattioiden teosta. Primekssiltä löytyneen kokemuksen, ammattitaidon, kaluston, laadun ja resurssien takia se valittiin maanvaraisten lattioiden urakoitsijaksi. Viereinen vuonna 2012 valmistunut SOK:n logistiikkakeskus on myös latioiltaan Primekssin tekemä. Onnistuneet lattiat aiemmassa kohteessa olivat yksi syy valita Primekss maanvaraisten lattioiden urakoitsijaksi.

Kalustona he käyttävät laserohjattuja koneita, joiden avulla on mahdollista valaa suuria lohkoja kerrallaan ja todella suurella tarkkuudella. Näin isolle yhtenäiselle betonilattialle A<sub>0</sub>-tasaisuusvaatimustaso ei olisi ollut mahdollista toteuttaa näin lyhyessä ajassa ilman Primekssin suurta betonikalustoa. Primekss käyttää betonilattiatöissään teräskuiduilla vahvistettua kuitubetonia. Kuidut sekoitetaan lisäaineiden kanssa vasta työmaalla valmiin tilatun betonin sekaan. Kuvassa 6 teräskuidut sekoitetaan betoniauton kyydissä olevan betonin sekaan. Kuitujen sekoitus tapahtuu puhaltamalla kuidut suoraan betoniautoon. Primekss käyttää kutistumaa kompensoivaa eli betonia paisuttavaa lisäainetta, joka mahdollistaa näin suurien yhtenäisten lattioiden tekemisen. Toinen asia, joka mahdollistaa suurten lattioiden valmistuksen, on laserohjattujen suurten koneiden tuoma nopeus. Betonin levityksessä käytetään valettavasta alueesta riippuen pumppuautoa, dumperiksi kutsuttua betonin levitysajoneuvoa tai betoniauton omaa kourua. Kuvassa 7 näkyvää dumperia käytetään eniten maanvaraisten lattioiden betonin levityksessä. Betoniauton omaa kourua käytetään, jos dumperi on hajonnut tai dumperin betoninlevittimen etäisyys ei ole riittävä. Pumppuautoa käytetään vain, jos dumperia ja betoniautoa ei ole mahdollista käyttää. Betonina Primekss käyttää maanvaraisissa lattioissa normaalisti kovettuvaa rakennebetonia, jonka lujuusluokka on C25/30 ja rae-ko-ko 32 mm. Notkeusluokka on S2 ja lisäaineina tehonotkistin ja PrimeDC. Rasitusluokka on XC2 – Märkä, harvoin kuiva. [2, s.407; 5, s.88.]



Kuva 6. Kone, jolla kuidut lisätään betonin sekaan. Teräsastia laskee kuidujen kilo-määrän ja putki puhaltaa kuidut auton säiliöön.



Kuva 7. Dumpperi levittää takana kyydissä olevaa betonia kärsää muistuttavalla suuttimella koneen keulasta.

Primekssin suurin valama lohko logistiikkakeskuksessa kesti valutyönä 15 tuntia, minkä jälkeen lattia vielä hierrettiin suurilla hierontokoneilla yötä vasten. Valettava lohko oli 220 mm paksu betonilattia ja pinta-alaa sille kertyi noin 2500 m<sup>2</sup>. Betonia tarvittiin tämän lohkon valamiseen yli 500 m<sup>3</sup>. Valuluvan myöntämisen jälkeen valaminen alkoi aamulla seitsemältä ja jatkui hierontotyönä seuraavan työpäivän puolelle. Primekssillä on useampi eri työryhmä eri työvaiheille, jolloin voidaan tarvittaessa tehdä jatkuvaa kolmivuorotyötä. Betonointi on parhaillaan niin nopeaa, ettei valettavaa aluetta saada tarpeeksi nopeasti aiemmilta työvaiheilta valmiiksi.

### 3.1.1 Työn toteutus

Kaikissa betonilattiatöissä on alustavat työt, betonointi ja jälkihoito. Maanvaraisen laatan alustaviin töihin kuuluu maanrakennustyöt, jossa perusmaa on vaihdettu kantavaksi. Perusmaan vaihdon ja täytön yhteydessä on maahan asennettu pohjaviemäriputket sekä radonputket ja -kaivot. Pohjamaan täyttö on jätetty pinnasta 50 mm vajaaksi ja lopun kerroksen Primekss tasaa itse omalla kalustollaan. Kuvassa 8 näkyy Primekssin maan levittämiseen käytettävää kalustoa. Viemäriputket kuvataan vielä täyttötöiden jälkeen, jotta varmistutaan, että putket ovat säilyneet ehjinä.



Kuva 8. Primekss käyttää lanalla varustettua Bobcat-konetta maan levittämiseen.

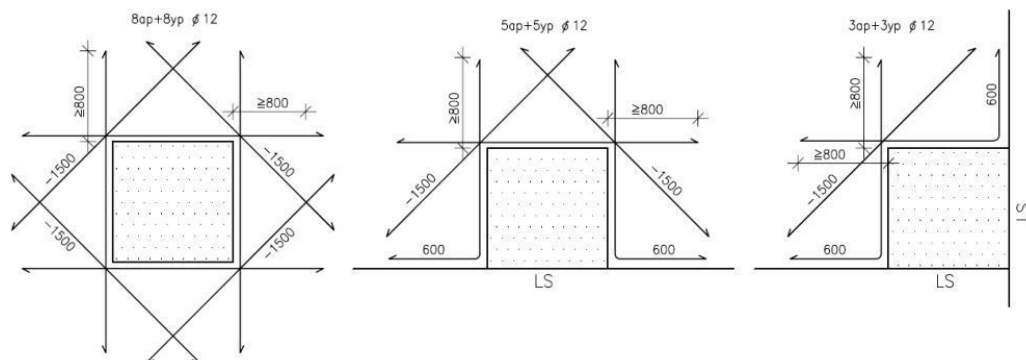


Pohjatöiden jälkeen alkavat mahdolliset muuttityöt sekä radoneristeiden ja irrotuskais-tojen asennus. Muottitöitä tarvitaan vain lastausovien luona, jossa oviaukko suljetaan muotilla. Radoneristeenä toimii bitumikermi, joka levitetään ja poltetaan kiinni jokaisen liikuntasauaman alle sekä lattian ja seinän saumoihin. Näin radonin nousu saumojen vuotokohdista tiivistetään ja estetään leviämästä rakennukseen. Kaikki pilarit, seinät ja maasta nousevat putket vuorataan irrotuskaistalla. Irrotuskaista pitää betonilattian irrallisenä rakenteena, jolloin vältetään kutistuman aiheuttamaa halkeilua, kun laatta pääsee liikkumaan. Seuraavaksi asennetaan liikuntasauamat, jotka erottavat lattiat toisistaan ja liikkuvat lattian kutistumisen mukana. Liikuntasaumoilla suuret lattiat jaetaan pienemmiksi lohkoiksi, millä vältetään lattian halkeilua. Lastausoviin tulee L-rauta, joka suojaa betonilattian reunaa.

Seuraavaksi valmiille kentälle asennetaan tarvittavat raudoitukset. Jokaiselle lattialle tulee yksittäisiä harjateräksiä vahvistamaan lattiaa pilarien ja seinien ulkonurkissa. Kuvassa 9 on detaljikuva lisäterästyksestä pilarien ympärillä. Joissain lattioissa on lastausovia, jotka tarvitsevat lisäraudoituksen. Raudoitustyö tehdään raudoitusdetaljiin mukaan ja lisäraudoitus sidotaan lastausoven L-rautaan kiinni. Tässä on yleisimmät raudoitukset, joita Primekss käyttää maanvaraisissa lattioissa. Muutamassa lattiasa on lattialämmitys, joka vaatii lämmitysputkien kiinnittämiseen raudoitusverkon. Lattialämmityksen raudoitusta ei ole laskettu mukaan lattian vahvuuteen ja kantavuuteen. Raudoitusverkko levitetään kentälle, jonka jälkeen putkiurakoitsija tulee asentamaan lattialämmitysputkensa.

#### Det 1

Lisäterästyks pilarien kohdalla



Kuva 9. Detaljikuva, lisäterästyks pilarien kohdalla.

Varsinaisena raudoituksena on käytetty teräskuituja betonin seassa. Teräskuitubetonille on laskettu tietty kilomäärä kuituja betonikuutiota kohden. Kuitujen  $\text{kg/m}^3$  vaihtelee alapohjatyypin mukaan. Työmaalla sijaitsevalla betonipisteellä Primekss sekoittaa kuitunsa Rudukselta tilatun valmisbetonin sekaan. Sekoitus tapahtuu annostelukoneella puhaltaen kuidut betoniautoon. Puhaltamalla kuidut sekoittuvat paremmin betoniin kuin pelkästään annostelemalla kuidut betoniauton kyytiin. Betoniauto sekoittaa betonia puhalluksen ajan. Riittävä kuitujen sekoittuminen betoniin on tarkastettu säännöllisin huuhtelukokein, jossa tietty määrä betonia huuhdellaan siivilän läpi, minkä jälkeen lasketaan jäljelle jäävä teräskuitujen kilomäärä. Kuitubetonin käyttö nopeuttaa raudoitustyötä huomattavasti, perinteisen raudoittamisen jäädessä pois. Kuitujen sekoituksen yhteydessä sekoitetaan betoniin nestemäinen kutistumaa kompensoiva lisäaine, jolla betonia paisutetaan ja vältetään isojen yhtenäisten lattioiden halkeilua.

Alue tarkastetaan ennen valua edeltävänä päivänä tilaajan edustaman rakennusvalvojan kanssa.. Puutteet ja muutokset korjataan, minkä jälkeen alue valetaan. Betoniauto tuo betonin valupisteelle, jossa se jakaa sen joko dumpperiin tai pumppuautoon. Kuvassa 10 näkyy, kuinka betoniauto jakaa betonia dumpperiin. Betoniauto voi myös laskea betonin suoraan kentälle kourua pitkin, kuten kuvassa 11 tapahtuu.



Kuva 10. Dumpperia täytetään betonilla betoniautosta.



Kuva 11. Betonin levitys suoraan betoniautosta kourulla.

Ilman lattialämmitysraudoitusta betoni levitetään suoraan paikalleen, minkä jälkeen se suurilla ajettavilla laserohjatuilla koneilla levitetään, tärätetään ja tasataan oikeaan korkeuteen. Palkin täryttäessä betonia kuidut uppoavat pinnalta syvemmälle betoniin. Pitkällä puomilla ja leveällä palkilla saadaan nopeasti valmista betonilattian pintaa. Kuvassa 12 näkyy laserohjattu betonin tasaukseen ja tärytykseen käytetty kone. Seinien, pilarien ja liikuntasauvojen reunat käydään vielä käsin viimeistelemässä. Seuraavaksi tulee kuivasirotteen levityskone, joka toimii samalla tavalla pitkällä puomilla ja palkilla. Se säännöstelee ja ripottelee tasaisen kerroksen sirotetta tasoitettun betonilattian päälle. Kuivasirote on kulutusta kestävä pintakerros, joka myös peittää pintaan jääneet teräskuidut. Laajalla avoimella kentällä näiden koneiden betonointityö on niin nopeaa, että betonia on levitetty kentälle dumpperilla sekä betoniautolla yhtä aikaa. [6, s. 104.]



Kuva 12. Pitkällä puomilla ja leveällä palkilla saadaan nopeasti betoni tärytettyä ja tasoitettua oikeaan korkoon.

Primekssin betonintasoituskalusto perustuu laserohjattuihin koneisiin. Koneita on eri kokoa erilaisille valettaville alueille. Ainoat käsin tasoitettavat lattiat ovat lattialämmityksellä ja koneilla olisi riski rikkoa lämmitysputkisto. Muuten kevyimmät tasoituskoneet pystyvät kulkemaan raudoitettullakin valukentällä. Kevyin kone ei ole päältäajettava ja se muistuttaa kottikärryä rakenteeltaan. Sirotteen levitykseen on vain yksi kone, ahtaammat alueet suoritetaan sirotteen levityskärryllä. Kuvassa 13 on kuivasirotteen levitykseen tarkoitettu kone. Lattian hiertoon käytetään suuria päältäajettavia kahden hierontalaikan koneita ja tarvittaessa pienempää yhden hierontalaikan konetta.



Kuva 13. Sirotetta levittävissä koneessa on myös pitkä puomi ja leveä palkki, jolla sirote leviää tasaisesti isolle alueelle kerrallaan.

Lattian valun jälkeen aloitetaan jälkihoito, jonka ensimmäinen vaihe on lattian hiertäminen, kun betoni on alkanut sitoutumaan ja kovettumaan tarpeeksi. Lattia hierretään koneilla ja hiertämisellä tiivistetään betonin pintaosa, vähennetään huokoisuutta ja lisätään lujuutta sekä kulutuksenkestävyyttä. Suurilla lattioilla Primekss käyttää isoja hierontokoneita, kuten kuvassa 14. Aina pintaan nousseen teräskuidun tai epäkohdan nähdessään hiertäjä keskeyttää hiertämisen ja poistaa teräskuidun tai korjaa epäkohdan. Tällainen vaivannäkö takaa parhaimman laadun tavoittelemista ja kertoo ammattitaidosta. Hierron jälkeen lattia kastellaan pinnasta ja peitetään läpihengittävällä kankaalla. Tällä estetään lattian liian nopea kuivuminen pinnasta. Kastelua jatketaan useampi päivä ja betonin pinta pitäisi pitää kosteana koko tämän ajan.



Kuva 14. Suuri ja raskas päältäajettava hiertokone.

Betonin saavuttaessaan tarvittava lujuudenkehitys ja pinnan kastelun jälkeen jatketaan jälkihoitoa. Noin kaksi viikkoa lattian valamisen jälkeen lopetetaan pinnan kastelu ja poistetaan lattian pinnalta jälkihoitokangas ja lattia pestään. Kaksi viikkoa on loggerimittauksin todettu olevan riittävä kuivumis- ja kovettumisaika lattialle sen saavuttaakseen riittävä puristuslujuus. Puhtaalle betonipinnalle levitetään betonin käsittelyaineet PentraSil ja PentraGuard. Kyseiset käsittelyaineet kovettavat ja tiivistävät betonin pintaa ja tekevät sen pölyttömäksi. Käsittely antaa tehokkaan suojan kulumista vastaan ja pinnat ovat helppo pitää puhtaana. Pinta ei tahriinnu helposti ja se kestää öljyä ja mietoja happoja. Käsittely on työltään ja kuivumisajaltaan nopea. Pintakäsittelyn kuivumisen jälkeen lattia on valmis otettavaksi käyttöön. Pintakäsittelyaineet levitetään lattialle suihkuttamalla kuvan 15 mukaisesti. [7.]



Kuva 15. Lattian pintakäsittely tehdään suihkuttamalla käsittelyainetta.

Ennen kuin lattiat luovutetaan urakoitsijoiden käyttöön töiden jatkamista varten, suoritetaan tasaisuusmittaus. Mittaus suoritetaan perässä vedettävällä F-meter-mittalaitteella, jota kutsutaan työmaalla ”koiraksi”. Mittalaitteessa on sisäinen tietokone, joka taltioi mittaustyön muistiin. Laitteessa on myös omat kiinteät anturit, joilla lattian epätasaisuudet mitataan. Mittauslaitetta vedetään lattian poikki perässä ja se ottaa tasaisin väliajoin lattiasta koron ylös. Mittauspisteitä merkitään teipillä lattiaan. Mittaustyön suoritettua viedään tulokset purettavaksi tietokoneelle, missä saadaan tuloste mittaustuloksista. Kuvassa 16 vastaavanlainen mittauslaite kuin F-meter, mutta huomattavasti suurempi ja vanhempi malli.



Kuva 16. "Koiraksi" kutsuttu mittauslaite. Kuvassa esiintyvä Primekssin vanhempi mittauslaite on noin kolme kertaa pidempi kuin uusi F-meter-mittauslaite.

Valmiille lattialle saatetaan joutua tekemään huolto- ja korjaustöitä jälkikäteen. Työn aikana on saattanut unohtua avata liikuntasaumateräkset irti toisistaan, joka lattian kutistuessa aiheuttaa halkeilua. Korjauksena liikuntasaumat avataan toisistaan kulmahiomakoneella, jolloin lattia pääsee kutistumaan. Lattiaan on saattanut jäädä pieniä paikkoja, joissa sirotepinta ei ole tarttunut betoniin. Sirotepinta irtoaa itsestään jolloin lattian pintaan jää muutaman millimetrin syvyinen alue, kuten kuvassa 17. Tällaiset alueet joudutaan paikkaamaan. Ensin irtonainen sirotepinta naputellaan irti ja kyseiselle alueelle levitetään lattian paikkausaineena toimivaa sirotemassaa. Alue rajataan kuivumisen ajaksi.





Kuva 17. Irronnutta sirotepintaa.

### 3.2 Laitesyvennykset

Lattiasyvennyksiä tulee halliin suurimmaksi osaksi maanvaraisiin lattioihin, muutama laitesyvennys tulee myös paalulattialle. Laitesyvennys on Witronin asentaman automatisoidun hyllyjärjestelmän vaatima syvennys, eli nimensä mukaisesti laitetta varten syvennetty lattia. Laitesyvennys on ensimmäinen valettava osio, jonka jälkeen tehdään vielä maanrakennustöitä. Syvennysten syvyys lattian pinnasta vaihtelee ja on matalimmasta syvimpään 450–950 mm. Kuvassa 18 on laitesyvennys, jonka pintalattia on juuri hierretty. Laitesyvennyksen ympärillä olevaa maanvaraista lattiaa ei ole vielä valettu.



Kuva 18. Laitesyvennys, jonka pintalattia on juuri hierretty. Laitesyvennyksen ympäröivää lattiaa ei ole vielä valettu.

Laitesyvennyksen teko alkaa pohjamaan tasauksella, jolloin pystytetään laitesyvennyksen pohjalaatan muotit. Paalulattiassa suoritetaan myös raudoitustyöt muotituksen jälkeen. Pohjalaatta valetaan ja sen annetaan sitoutua ja saavuttaa lujutensa. Pohjalaattaan merkitään laitesyvennyksen seinien paikat ja ne toimitetaan pohjalaatalle L-elementteinä. Elementit hitsataan toisiinsa kiinni, porataan tartuntaraudat pohjalaattaan ja valetaan paikalleen juotosvaluna. Valun jälkeen elementtien väliset pystysaumot suljetaan radonin takia bitumikermillä. Kermin yläreuna tuodaan aina elementin päälle asti, jossa se jatkuu myöhemmin yhdistettynä lattian radon eristeisiin. Laitesyvennyksen ympäristö täytetään täyttömaalla ja ennen ympäröivän lattian alustavia töitä valetaan laitesyvennykseen 80 mm pintalattia. Pohjatöiden ohessa laitesyvennyksiin asennetaan ja muotitetaan pumppukaivot sekä seinien läpi kulkevat sähköjohtojen varaukset. Pumppukaivolla imetään laitesyvennyksestä vesi pois. Kaivo toimii pumpulla, koska sinne ei lähtökohtaisesti kuuluisi valua vettä. Kuvassa 19 näkyy, miltä valmis laitesyvennyksen pumppukaivo näyttää. Pumppukaivon päälle tulee vielä teräksinen ritilätaso. Myöhemmin laitesyvennystä ympäröivä betonilattia valetaan L-elementin päälle laitesyvennyksen sisäreunaan asti. Laitesyvennyksen päälle tulevan betonilattian reunoihin tulee vahvikkeeksi L-rauta ja lattiavalun ajaksi on rakennettava muotti.



Kuva 19. Laitesyvennyksen pumppukaivo, kaivoa tulee suojaamaan vielä teräsritilä.

### 3.3 Pintabetonilattia

Pintalattioiden valut hoitaa suomalainen Betomix Oy. Pintalatioissa Betomix käyttää pumppuautoa ja hoitaa betonin levityksen, tasauksen ja täytyksen perinteisillä tavoilla käsin. Pintalattioita rakennuksessa on yhteensä noin 60 000 m<sup>2</sup>. Välipohjatyyppejä on useampia. Ne eroavat toisistaan lattian paksuudella, pinnoituksella ja eristekerroksella. Pintalattiat on valettu kahden kesän aikana valutöiden yltäessä aina vuodenvaihteen asti. Valutyöt suoritetaan kuitenkin lämpimässä hallissa, joten lämpötila ei koidu ongelmaksi. Pintalattiaurakat käsittelevät erilaisia toimistoja, sosiaalitiloja, konehuoneita, IV-konehuoneita, kylmäkonehuoneita, serveritiloja, sähkötiloja, kanavtiloja, kuljetinkäytäviä sekä henkilöliikennekäytäviä. Valettavien tilojen valaminen tekee vaikeaksi niiden sijainnit ja muoto. Pumppuautojen sijaintiin vaikuttavat kaikki ympärillä tapahtuvat työt ja välillä pumppuautolle on ollut todella vaikeaa löytää sijaintia. Kuvassa 20 oleva pumppuauto on pitänyt pystyttää rakennuksen ulkopuolelle. Pintalattioiden betoni on lujuusluokaltaan C25/30 raekoon ollessa 16 mm ja lisäaineena ollessa tehonotkistin. Notkeusluokka on S3 ja rasisluokka XC1 – kuiva tai pysyvästi märkä. [5, s.88.]



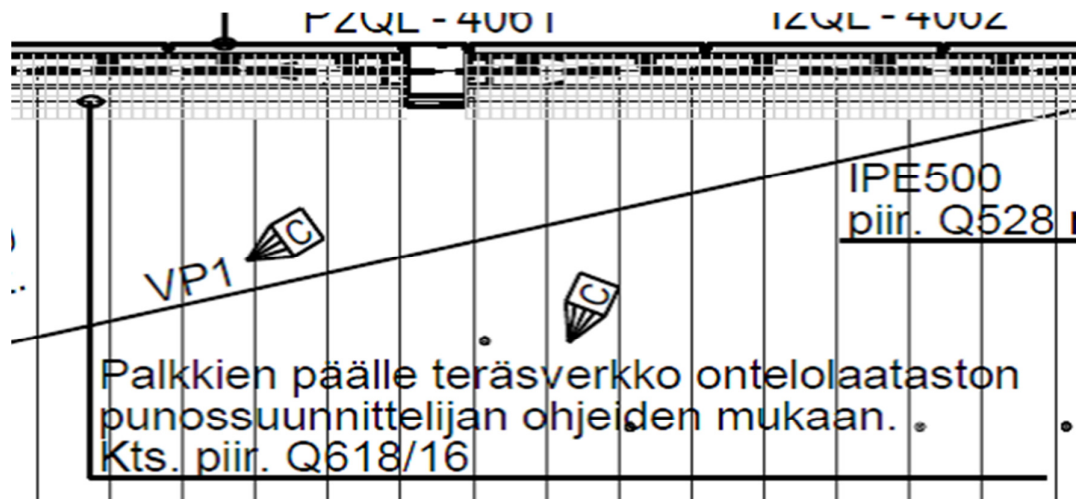
Kuva 20. Pumppuauto on jouduttu pystyttämään rakennuksen ulkopuolelle.

### 3.3.1 Työn toteutus

Pintalattian pohjatyöt ovat maanvaraiseen lattiaan verrattuna vähäiset. Nimensä mukaisesti pintalattia tulee jo kantavan rakenteen pinnalle lattiaksi. Yleisin valettava pohja pintalattioille on ontelolaatta-kenttä. Laitesyvennyksissä pintalattia valetaan pohjalaatan päälle, mutta se kuuluu maanvaraiseen urakkaan. Pintalattian pohjatyöt koostuvat betonin kiinnittymisen varmistuksesta. Pintalattiasta täytyy tulla yhtenäinen rakenne kiinnittymällä pohjastaan ontelolaattoihin. Tätä tehostetaan imuroimalla ja putsamalla ontelolaatasto. Myös suuret epätasaisuudet tulee poistaa. Putsattu pohja primeroidaan tartuntaa tehostavalla nesteellä. Tämä suoritetaan juuri ennen valua. Pintalattia saattaa olla eristetty, jolloin puhutaan kelluvasta lattiasta. Tällöin ontelolaattojen ja pintalattian väliin tulee eristekerros, joka pitää rakenteet irtonaisina toisistaan. Pintalattia pidetään irrallaan seinistä ja pilareista irrotuskaistalla, joka asennetaan ennen muotti- ja raudoitustöitä.

Pintalattioihin tulee myös kuitubetonin lisäksi lisäraudoituksia muun muassa pilarien ja seinien ulkonurkkiin, sekä vahvistuksiksi eri pohjarakenteiden välille. Kuvassa 21 on

tasopiirustuksen viittaus lisäraudoitukseen. Myös suurempien läpimenojen ja ovien kohdat ovat halkeamiselle alttiita ilman lisäraudoitusta. Liikuntasauvoilla jaetaan lattiat liian isoista osista pienempiin, tai erotetaan halkeamiselle riskialttiit tilat toisistaan. Kerroksissa olevissa pintalattioissa on yleensä läpimenoja muun muassa LVI- ja TATE-tekniikkaa. Ne tulisi muotittaa ja valaa tiiviiksi lattiavalun yhteydessä. Joskus tämä ei ole mahdollista ja läpimenot rajataan omaksi alueeksi ja työstetään työsaumalla jälkeempään. Suuremmat läpimenot tarvitsevat lisäraudoitusta. Valettava alue tarkistetaan valuluvan saamiseksi.



Kuva 21. Palkkien päälle tulee teräsverkko ontelolaataston punossuunnittelijan ohjeiden mukaisesti.

Pintalattian valussa on tilattu kuitubetoni suoraan betonitehtaalta. Valussa betoni toimitetaan pumppuautolla pumppaamalla valettavalle alueelle. Pumppu on nopein, helpoin ja joissain tapauksissa ainoa tapa valaa pintalattiat. Tästä huolimatta betonin jakaminen kentälle voi olla erittäin raskasta. Pumpun letku saadaan mahdollisesti vain yhdestä kohdasta sisälle, mutta valettava alue voi olla kulkukäytävä, jolla on pituutta jopa 150 m. Tällöin letkun siirtely käytävän päästä päähän on erittäin raskasta. Betonin varsinainen levitys kentälle tapahtuu miesvoimin, kuten pinnan tasaaminen sekä betonin tärytyskin. Tasolaserilla seurataan lattian koron säilymistä pinnan tasaamisen aikana. Betonin annetaan sitoutua ja kovettua ennen kuin ryhdytään levittämään kuivasirotetta tai hiertämään lattiaa. Kuivasirote levitetään sille tarkoitettulla kärryllä. Sirotteen imettyä vettä betonista ja imeytyttyä betoniin aloitetaan hierto. Hierron oikea ajankohta on yleensä silloin kun vesi on alkanut imeytyä pinnalta takaisin betoniin.

Jälkihoitona betonin pinta kastellaan ja peitetään muovein estäen betonin liian aikainen kuivuminen pinnalta. Riippuen lattian käsittelystä on lattia yleensä kahden viikon jälkeen käyttövalmis. Lattia saatetaan pinnoittaa lakkaamalla, elastomeerilla, akryylibetonilla, epoksilla tai jo valun aikana kuivasirotteella. Lattian päälle voi toki myös tulla jokin muu pintamateriaali, kuten parketti, laminaatti, laatoitus tai matto. Kuivasirote käsitelty lattia jää pinnaltaan sellaiseksi. Toissijaiset tilat, kuten tekniset tilat jäävät yleensä paljaalle betonipinnalle, ellei pinnalta vaadita jotain ominaisuutta, joka vaatii lattian pinnoittamisen.

### 3.4 Paalulattia

Kantavia paalulattioita on kahdessa eri vaiheessa. Aikataulullisesti paalulattioiden valut jaetaan kolmeen eri valuaikatauluun sitä mukaan, kun mestaa on valmistunut. Primekss valoi näistä kolmesta kaksi osaa maanvaraisten lattioiden yhteydessä, mutta viimeisen vaiheen paalulattian kohdalla valittiin työhön Lattia-Miredex. Koska Primeksillä oli koko hallin suurimman maanvaraisten lattioiden urakka käynnissä samanaikaisesti, olisi siihen yhdistettynä paalulaatat olleet liian kuormittava työmäärä. Primekssin kanssa yhteisesti todettiin viimeisten paalulattioiden urakan antamisesta toiselle urakoitsijalle. Paalulattiat valettiin kahden kesän aikana venyen myöhään vuodenvaihteen asti. Paalulattioiden betoni on lujuusluokaltaan C25/30 raekoon ollessa 16 mm ja notkeusluokka s3. Betoni pumpataan. [5, s.88.]

Logistiikkakeskuksen länsipääty on jouduttu perustamaan paalujen varaan. Muutoin koko rakennus on maanvaraisella perustuksella toteutettu. Paalulattiat käsittelevät rakennuksen +0000-tason betonilattioista noin kuudennesosan. Paalulattioiden toteutuksessa Primekss ei ole kyennyt hyödyntämään suurimpia betonointikoneita. Betoni on levitetty pumppuautolla ja miesvoimin levityksen sekä tasauksen lisäksi Primekss on käyttänyt kevyempää tasolaserilla ohjattua betonipinnantasauskonetta. Lattia-Miredex käyttää betonin tasauksessa, levityksessä ja täryttämisessä perinteisiä miesvoimin käytettäviä tapoja. Kuivasirotepinnan levityksessä käytetään kuvan 22 mukaista käsin työnnettävää sirotteenlevityskärryä. Paalulattiat ovat lähes kauttaaltaan samalla alapohjatyyppillä toteutettu, lukuun ottamatta muutamaa pienempää erillistä huonetta paalulattioiden alueella. Raudoitustöihin kumpikin urakoitsija on käyttänyt erillistä raudotusaliurakoitsijaa. Paalulattiat ovat valulohkoiltaan maanvaraisia lattioita pienempiä hitaamman toteutuksen vuoksi.



Kuva 22. Kuivasirotteen levitykseen tarkoitettu sirotekärry.

### 3.4.1 Työn toteutus

Pohjatyöt ovat alkaneet paalulattioiden osalta työmaan ensimmäisissä vaiheissa, kun kantamaton maa-alue on paalutettu. Rungon pystyttämisen ja muiden töiden ajaksi paalujen päät ovat peitetty maalla. Tasainen sorakenttä on riittänyt rungon pystytykseen ja rakennuksen sisäpuolella työskentelyyn ennen lattian valamista. Kun lattian valamisen ajankohta on lähestynyt, on paalujen päät kaivettu esille kaivinkoneella. Kenttä on muuten tasainen ja hieman paalujen päitä korkeammalla, mutta paalujen kohdalla on pieni syvennys. Kun pohjatyöt on maanrakennuksen kannalta hoidettu, on kentälle levitetty kangas. Kankaalla erotetaan kaksi eri kerrosta toisistaan, sora- ja betonilattia. Paalujen päät on leikattu kankaan kohdalta näkyville.

Paalulatioilla on rakennesuunnittelijan määrittelemät erittäin raskaat ja tiukat raudoitukset. Raudoituksilla välitetään kuormat teräsbetonipaaluille, joista kuorma välittyy aina peruskallioon asti. Raskaaksi ja tiuhaksi suunniteltu raudoitus varmistaa kuorman välityksen paaluille, kuvassa 23 näkyy kuinka tiuha raudoitus on. Aikataulullisesti paa-

lulattia tarvitsee raudoitustöiden takia huomattavasti enemmän aikaa valmisteluihin kuin maanvarainen lattia. Paalulattioiden muottityöt eivät juuri eroa maanvaraisista lattioiden kanssa. Samalla tavalla muottien asiaa ajavat liikuntasaumot ja ulkoseinät. Laitesyvennyksien ja lastauslaituriovieiden kohdat muotitetaan L-raudan kanssa. Paalulattian ja maanvaraisen lattian L-raudan asennuksessa erona on, että paalulattiassa on käytetty enemmän L-raudan tartuntaan yhdistyvää raudoitusta. Valuluvan myöntämiseksi suoritetaan raudoitustarkastus valualueen muun katsastuksen lisäksi.



Kuva 23. Paalulattian raudoitus ennen valamista.

Betonointityössä betoni toimitetaan työpisteelle pumpulla ja se levitetään ja tasataan miesvoimin kentälle. Tärytys hoidetaan käsin sauvatärytinkoneella. Pinta tasataan muiden betonilattioiden tavoin käsin liippaamalla. Primekssin tapauksessa käytetään kevyttä käsin työnnettävää ja vedettävää laserohjattua tasauskonetta. Pinnan tasauksen jälkeen levitetään kuivasirote. Käsin kärryllä levitetynä on odotettava betonilattian sitoutumisen ja kovettumisen kehityksen oltava riittoisa samoin kuin pintalattiassa. Sirotteen levityksen jälkeen lattia hierretään ja jälkihoidetaan maanvaraisen lattian tavoin. Paalulattiaan tulee sama pintakäsittely kuin maanvaraiseen lattiaan.



### 3.5 Ulkolaatat

Ulkolaattojen valamisesta vastaa suomalainen Lattia-Miredex Oy. Ulkolaatat tulevat lastauslaiturien kohdalle. Muu piha-alue asfaltoidaan. Ulkolaattojen tarkoituksena on pitää talvisin rekkojen lastaus- ja purkualue sulana. Ulkolaatat ovat lattialämmitettyjä. Lattialämmityksessä käytetään osaksi maalämmön tuottamaa geoenergiaa. Aiemmin PTDC-logistiikkakeskuksen viereen valmistuneen KTDC-logistiikkakeskuksen puolella oleva geobiohybridivoimalaitos huolehtii kummankin logistiikkakeskuksen lämmityksestä ja jäähdytyksestä. Logistiikkakeskuksien maalämmön keruuputkistoista kerätty energia kierrätetään geobiohybridivoimalaitoksen kautta takaisin ja tästä koituvaa energiaa käytetään ulkolaattojen lattialämmityksen lämmityksessä. [1.]

Ulkolaatat ovat toteutettu maanvaraisena ja paaluperustuksella. Rakennuksen länsipäädyssä sijaitsevat ulkolaatat ovat muiden länsipäädyn lattioiden tavoin paaluperustuksella tehtyjä. Ulkolaatat nimensä mukaisesti toteutetaan ulkona altistuen sään tuottamille olosuhteille. Ulkolaattojen valussa on turvauduttu suuriin sääteltoihin, joita siirretään lattian saavuttaessa riittävän lujuudenkehityksen. Sääteltojen pääasiallinen tehtävä on suojata sateelta sekä tuulelta. Teltan sisällä lämmitykseen joudutaan turvautumaan vasta myöhään syksyllä tehtävissä ulkolaatoissa, mutta lähtökohtaisesti laatat valetaan kelien ollessa vielä tarpeeksi lämpimät. Teltan suojaus käsittelee ulkolaatassa valutyön, jälkihoidon sekä kuivumisen ja kovettumisen. Telttaa ei tarvita aiemmissa valua valmistelemissä töissä, eikä enää betonin saavuttaessaan nimellislujuutensa. Ulkolaattojen betonin lujuusluokka on C35/45 raekoon ollessa 16mm ja notkeusluokan S3. Lisäaineena on tehonotkistin. Ulkona ympäristöolosuhteille altistuvalla ulkolaatalla on määritelty seuraavat rasitusluokat: XC3 – Kohtalaisen kostea, XD3 – Märkä ja kuiva vaihtelevat sekä XF4 – Suuri vedellä kyllästymisen ja jäänsulatusaineet tai merivesi. Kuituja on määritelty ulkolaattojen betoniin 35 kg/m<sup>3</sup>. [5, s.88.]

#### 3.5.1 Työn toteutus

Ulkolaatan pohjatyöt eivät eroa paalulattioiden ja maanvaraisien lattioiden osalta juuriin. Pohjatyöt toteutetaan samalla tavalla, ainoa eroavaisuus on pään päältä puuttuva katto. Rakennuksen sisäpuolisista lattialämmitystyistä lattioista eroavaisuus tulee eristeestä, joka ulkolaattoihin tulee pohjamaan ja betonilattian väliin. Lämmön johtavuus eristetään ja lattialämmitys keskittyy lämmittämään lattian pintaa, ei pohjamaata. Ennen eristeiden asentamista muotitetaan ulkolaatta. Muottityö on erittäin yksinkertai-

nen ja niin on lattian muotokin. Muottien sisään eristekentän levittäminen on helppoa ja nopeaa. Paalulattiassa vähän haastetta tuo paalujen kohdalla olevat syvennykset ja eristeiden myötäily niiden kohdalla. Paalujen varaan perustettu ulkolaatta sisältää raudoituksen, johon lämmitysputkisto saadaan asennettua, mutta maanvaraiselle ulkolaatalle täytyy lämmitysputkien kiinnitystä varten asentaa raudoitus. Raudoitus on kevyt ja ajaa asian vain putkien paikalla pitämiseksi. Lämmitysputket asennetaan ja lattia on tarkastusta ja valamista vaille valmis.

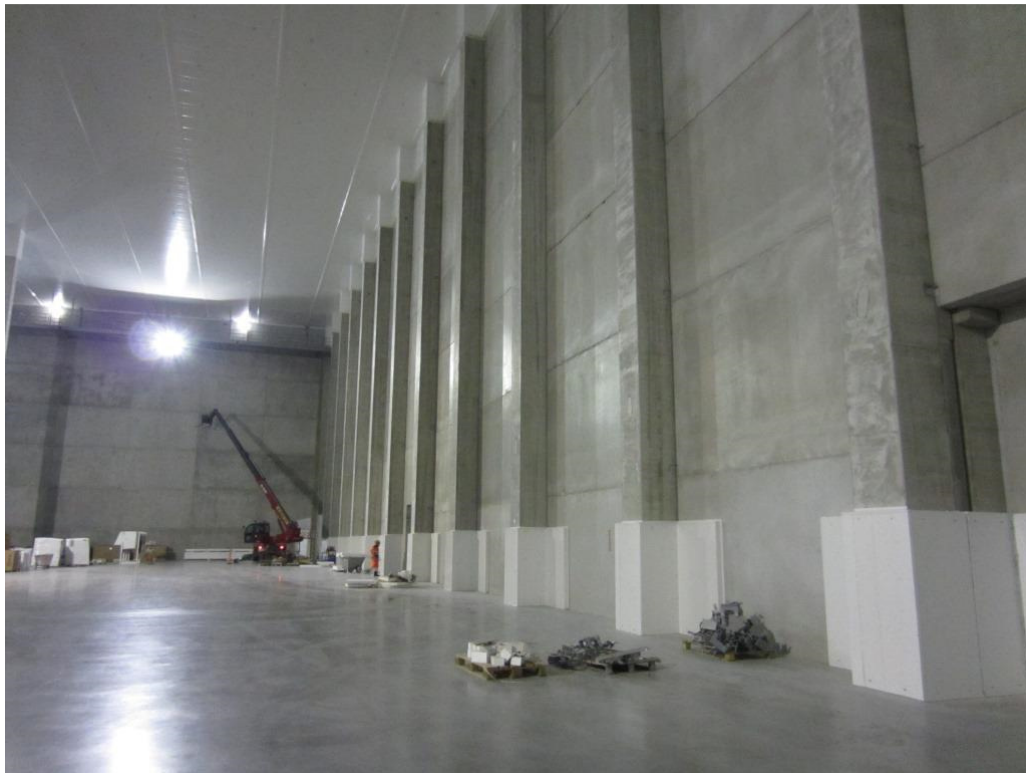
Valettavaksi valmiille ulkolaatalle tehdään vielä sääsuojaus. Sääsuojana toimii suuri teräsrunkoinen teltta, joka siirretään isoissa osissa aina laatalta seuraavalle. Teltan siirto tapahtuu ajoneuvonosturilla ja siirtäminen kestää päiviä. Kuvassa 24 sääsuojateltta. Teltan ollessa paikalla voidaan lattia valaa. Valu tehdään pumpulla pumppaamalla betoni letkulla teltan oviaukosta. Levitys, tärytys, tasoitus ja hierto tehdään perinteisellä käsityöllä. Lattia jälkihoidetaan muiden tavoin ja saavuttaessaan lujuudenkehityksensä tarpeeksi kovan lujuuden aletaan telttaa siirtää seuraavalle lohkolle. Tarpeellinen lujuus on, kun lattia kestää ulkoiset sääolosuhteet. Viileämmillä keleillä telttaa pidetään kauemmin ja lämmitettynä lattian päällä, kuten kesällä pahimmilla helteillä suojana kuivattavalta auringonpaisteelta.



Kuva 24. Sääsuojateltta.

#### 4 Pakastehallin poikkeuksellisen vaativa betonilattia

Pakastehalli on nimensä mukaisesti pakasteiden säilömiseen tarkoitettu halli. Hallin lämpötila on valmistuessaan  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pakastehalli on kokonaan kylmältä osalta erotettu ulkoseinästä lämmitetyillä välitiloilla. Halli on käytännössä vuorattu kevytelementtiseinillä ja -katolla. Kuvassa 25 näkyy pakastehallia ja Thermisol-elementtivuorausta. Kulku lämpimältä puolelta hallin pakkaseen käy tuulikaapin tai sulkuhuoneen kautta. Lattian kautta maahan johtava pakkasen eristäminen ja maan routiminen on estetty eristekerroksin ja sulanapitoputkistolla.

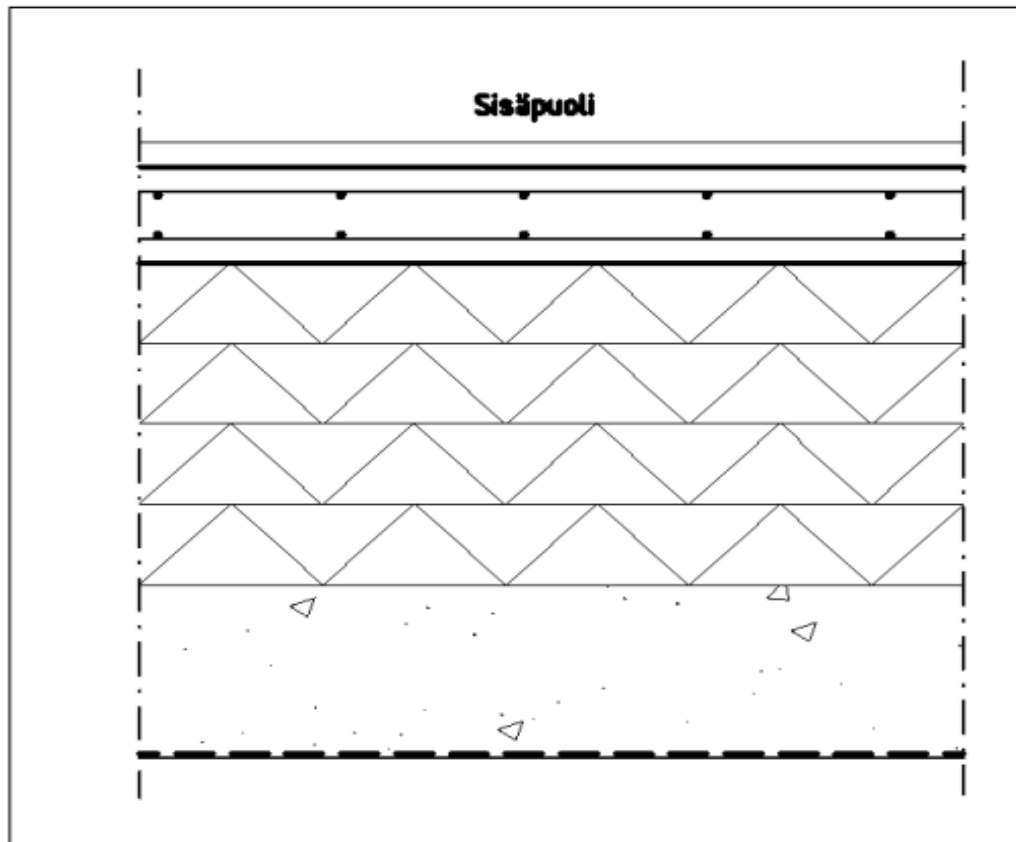


Kuva 25. Kuva pakastehallista, jossa näkyy Thermisol-katto sekä lämmitettyjen pilarien saattoeristys. Betoniseinä on väliseinä pakkasessa, joten sitä ei tarvitse eristää.

Kahden suunnitelman välillä päädyttiin sijoittamaan sulanapitoputkisto pohjamaahan betonilattian alle suureen suojakerrokseen maata kuin suojata putket omalla betonilattialla. Liitteessä 1 on esitelty nämä kaksi erilaista alapohjatyyppejä. Oli myös kolmaskin vaihtoehto, jossa sulanapitoputkisto olisi upotettu eristeeseen, mutta siinä koettiin lämmönjohtavuus ongelmalliseksi. Sulanapitoputkiston käyttötarkoitus on estää pakkasen pääsyä hallista maahan ja näin estää routiminen. Putkiston sijoittaminen lattian

alapuolelle mahdollistaa lattiatöiden toteutuksen suurilla ja raskailla ajettavilla betonointikoneilla. Myös riski rikkoa sulanapitoputkistoa betonoinnin yhteydessä vältetään, putkien ollessa suojassa maan alla. Betonointityön suorittaa Primekss, kuten muutkin maanvaraiset lattiat logistiikkakeskuksessa. Pakkasen lattiassa käytetty betoni on samaa kuin muissa maanvaraisissa lattioissa on käytetty. Lattian jäätymistä ei tarvitse huomioida betonin reseptissä, koska lämpötila tulee jäämään -24 °C:een. Lattian jäätyessä ja sulaessa moneen kertaan olisi betonin oltava erilaista, mutta kerran jäädytettäessä betoni ei pääse muuttumaan.

Suomessa ei ole ennen tehty yhtä isoa ja suurelle kuormitukselle joutuvaa pakastehallin lattiaa. Tästä syystä lattian rakenteisiin ja valamiseen ei juuri löytynyt lähtötietoja. Jäähalleissa ja pakastehalleissa on kyllä käytetty sulanapitoputkistoja, mutta kuormitus sille on ollut paljon vähäisempää. Lopullinen Witronin hyllyjärjestelmän kuormitus tulee olemaan suuri ja tätä varten sulanapitoputkisto on tarvinnut paksut suojakerrokset, etteivät putket painu tai vaurioidu. Tätä suojakerrosta on käytetty hyödyksi jo lattian teko-vaiheessa. Paksun suojakerroksen takia Primekss pystyy käyttämään suuria laitteitaan valun suorittamiseen. Tosin pohjatöiden teossa menee niin kauan, ettei koneiden nopeutta ole voitu valamisessa hyödyntää, mutta niiden tarkkuuden ja tasaisuuden vuoksi niitä kuitenkin käytettiin. Kuvassa 26 on vertailussa Sipoon jäähallin pakkasen alueen alapohja. Kyseinen alapohja on periaatteessa samanlainen kuin logistiikkahallissa sisäpuolen rakennuksessa ollessa jäähdytettyä tilaa ja routasuojauksen ollessa toteutettu sulanapitoputkistolla. Erot tulevat rakenteiden toteutuksissa ja käyttötarkoituksessa. Jäähallin jäähdytys tapahtuu jäähdytysputkistolla, joka on sijoitettu betonilaatan sisälle. Tarkoituksena on pitää betonilaatan päällinen jääkerros jäässä. Jäähalli eroaa kuitenkin logistiikkakeskuksesta siinä, että jäähallissa on huomattavasti vähemmän piste-kuormaa. Jäähallin suojakerros kokonaisuudessaan sulanapitoputkistolle on ohuempi. Eristekerros on paksumpi, mutta höyrynsulku puuttuu ja betonilaatta tulee suoraan eristeen päälle. Jäähallin rakenteen kantavuus ei kestäisi logistiikkahallin hyllyjärjestelmän kuormaa eikä valutöissä käytettyä raskasta kalustoa, jolloin sulanapitoputkisto painuisi kasaan. [8, s. 50–51.]



Kuva 26. Sipoon jäähallin alapohjarakenne päällimmäisestä kerroksesta alaspäin lueteltuna: 140 mm teräsbetoni­laatta, missä on jäähd­ty­spotket, 400 mm eriste­kerros, 200–300 mm tiivistetty sorakerros, missä on sulanapitoputkisto ja pohjalla suodatinkangas.

#### 4.1 Lattiarakenteet

Ensimmäinen rakenne pohjalta ylöspäin maatyttöjen lisäksi on sulanapitoputkisto. Sulanapitoputkistona on käytetty kiskoihin kiinnitettyä 20 mm paksuista ja 1 mm vahvuista muovista lattialämmityspotkea. Putkiston ylä- ja alapuolella on hienoa maainesta suojelemissa putkistoa. Sitten tulee karkeampaa maatyttöä, joka vaihtuu taas hienoksi. Tässä vaiheessa suojakerros suojelee höyrinsulkuna toimivaa tiiviiksi poltettua bitumikermikerrosta. Bitukermin ja maan väliin on levitetty suodatinkangas. Höyrinsulun päälle on rakennettu 240 mm paksu eriste­kerros Finnfoam-levyistä. Eriste­kerroksen päälle tulee sepeliä ja kyseiseen sepelikerrokseen suodatinkankaalla erotetut radoninpoistot. Koska höyrinsulun ja eriste­kerroksen yläpuolinen maatyttö on tiivis alapuolelta sekä yläpuolelta betonilattian takia, on sen tuottama radonpitoisuus tuuletettava pois. Siksi kyseisessä maatyössä täytön paksuudesta riippuen kulkee radonputket

tai sepelistä tehty tuuletuskaistale. Ohuemmissa täyttökerroksissa radonputki ei kestä kuormitusta. Karkean maataytön päälle tulee taas 50 mm hienompaa maa-ainesta. Sen päälle lähdetään alustamaan ja rakentamaan betonilattiaa. Tällä toteutuksella on suurin osa lattiarakenteita. Osassa latioissa on lattialämmityksiä, sulanapitoputkisto puuttuu sekä höyrünsulku ja eristys puuttuvat.

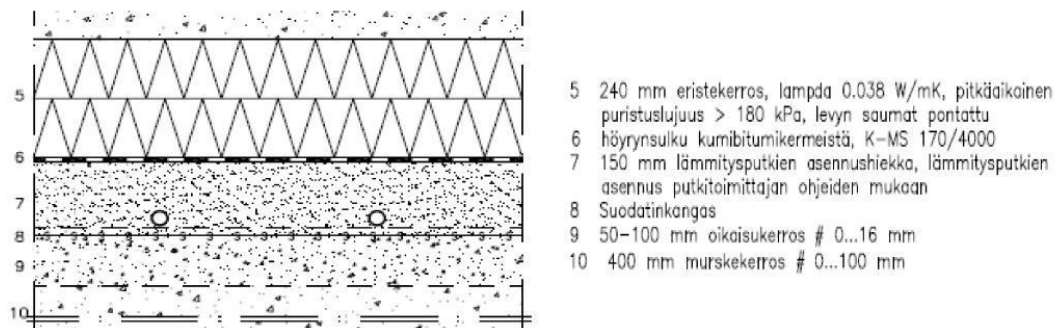
Sekä sulanapitoputkistoa suojaavan suojakerroksen paksuus että putkiston kiinnitystapa täytyi selvittää. Liian vähäinen suojakerros tietenkin rikkoisi ja vaurioittaisi putkea. Väärällä kiinnitystavalla putkistoa vaurioitettaisiin myös, kiinnityskiskojen painuessa muoviseen sulanapitoputkeen. Ulos logistiikkakeskuksen tontille rakennettiin testikenttä, jonne asetettiin erilaisia kiskoja ja kiinnitystapoja sulanapitoputkistolle. Sen jälkeen tehtiin suojatäytöt ja niitäkin eri paksuudella aina putkien rikkoontumispiisteeseen asti. Putkia ja suojakerrosta kuormitettiin täysillä kuorma-autoilla. Näiden testien perusteella löydettiin oikea kiinnitystapa sekä tarvittava suojakerros putkille. Kuvassa 27 on toteutettu yksi tapa asentaa sulanapitoputkisto sekä täytetty se suojakerroksella.



Kuva 27. Sulanapitoputkiston suojakerroksen koe. Suojakerrosta kuormitettiin ajamalla raskaalla kalustolla sen yli.

#### 4.1.1 Alapohjatyytit

Pakastehallin lattiassa on käytetty viittä eri alapohjatyyppiä. Osa alapohjatyypeistä eroaa lattialämmityksen ja osa liittyvien rakenteiden vuoksi. Kaikki alapohjatyytit lähtökohteisesti perustuvat kuvassa 28 olevasta AP53-mallista, jossa on sulanapitoputkisto, höyrynsulku, eristekerros, maatäyttö ja betonilattia. Tätä käytetään pakastehallissa. AP54 on myös pakastehallissa, mutta sijaitsee laitesyvennyksien alla. Sulanapitoputkiston, höyrynsulun ja eristeiden jälkeen tulee pohjalaatta ja pintalattia, joten maatäytöt jäävät kokonaan pois. AP58 on sulkutilojen kohdalle tuleva alapohja. Sulanapitoputkiston, höyrynsulun, eristekerroksen ja maatäytön jälkeen ennen betonilattian valua tulee vielä yksi eristekerros. Betonilattiaan tulee sähköinen kaapelilämmitys. AP59 on tuulikaapin alapohja, se on myös lämmitetty kuten AP58, mutta betonilattia on hiukan paksumpi ja lattialämmitys tapahtuu vesikierteisesti. Lämmitysputkille on määrätty suojaetäisyys lattian pintaan 150 mm. Tuulikaappien alla ei myöskään ole sulanapitoputkistoa, höyrynsulkua tai eristekerrosta. Tuulikaapit sijaitsevat pakkasen ja ulkoilman välitiloina ja sulkuhuoneet kylmän ja lämpimän rakennuksen välisenä välitilana. Lämpimän ja kylmän välitilassa lattioiden jäätyminen on mahdollista. Siksi sulkuhuoneissa ja tuulikaapeissa on lattialämmitys. Viides alapohjatyyppi on AP57, joka sijaitsee tavarantoimituksen lämpimällä puolella. Tällä alapohjatyyppillä ei ole sulanapitoputkistoa, höyrynsulkua tai eristekerroksia. Lattia on normaali maanvarainen lattia, jossa on vesikierteinen lattialämmitys.



Kuva 28. Ots pakkasen AP53-rakenteesta, jossa on näkyvillä sulanapitoputkisto, höyrynsulku sekä eristekerros.

#### 4.1.2 Lattialämmitys

Pakastehallissa on käytetty lattian lämmityksessä sähköistä ja vesikiertoista lattialämmitystä. Hallissa on sulkuhuoneita, joiden kautta kuljetaan 24 °C:n pakastehallista lämpimälle puolelle rakennusta. Sulkuhuoneita on henkilöliikennettä ja trukki liikennettä varten. Sitten on tuulikaappeja, jotka erottavat 24 °C:isen hallin ja ulos johtavat lastausovet toisistaan. Näillä huoneiden lattialämmityksillä halutaan poistaa liukastumisen riski. Lämpimän puolen kosteuden kohdatessa pakkasen kylmä ilma kertyy sulkuhuoneiden ja tuulikaappien lattialle jäätä, joka pidetään sulana lattialämmityksillä.

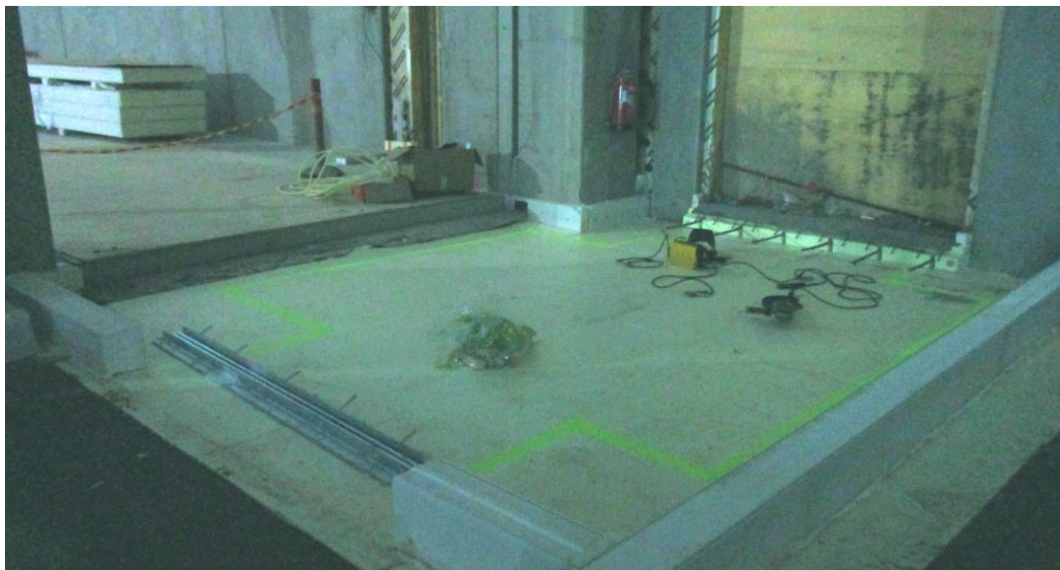
Tuulikaapeissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Tuulikaappien tavoin tavarantoimitusalue on isompi lämmitetty alue, joka toimii tavarantoimitusalueena. Se on myös vesikiertoisesti lattialämmitetty ja johtaa suoraan ulos sekä pakkasen halliin. Vesikiertoinen lattialämmitys on toteutettu maanvaraisena lattiana tavarantoimituksessa. Tuulikaapeissa on maan ja betonin väliin asetettu eristekerros ettei lattialämmitys turhaan lämmitä maata. Tuulikaapin ja pakkasen lattia erottuu toisistaan Thermisolelementtiseinällä, joka nousee sulanapitoputkiston eristeestä asti. Lattian läpi nousevat elementit jatkuvat seinänä lattiasta kattoon asti ja kattona toimii sama materiaali. Pakastehalliin johtavissa ovissa on käytetty Thermo joint -liikuntasauvakynnystä. Kynnykset täytyy rakentaa ensimmäisenä, ennen kuin päästään levittämään teräsverkkoa lämmityspotkiston asennusta varten. Kynnyksen asennuksen jälkeen laitetaan radon eristekermit ja irrotuskaistat. Sitten kentälle asennetaan teräsverkko ja lämmityspotket. Kuvassa 29 on tuulikaapin lattiaeriste ja lämmityspotkiston kiinnittämistä varten oleva rauditusverkko asennettuna. Tuulikaapit valetaan omana lohkonaan suoraan betoni-autosta kourulla, ettei tule riskiä rikkoa lämmityspotkistoa betonin levittämällä kentälle.





Kuva 29. Tuulikaapin lattiaeristys ja raudoitusverkko lattialämmitystä varten.

Sulkuhuoneiden lattialämmitys on sähköllä toteutettu. Sähkölämmitys on toteutettu kahdella eri tavalla sijoittamalla lämmityskaapelit joko betonilattian sisään tai päälle. Lattian sisään sijoitetussa lämmityksessä sulkuhuoneen lattia on erotettu muusta hallin lattiasta eristämällä sulkuhuoneen kokoinen ala betonilattian alta ja nostamalla eristeen reunoista lattian pintaan eristelevyt. Näin sulkuhuoneelle on tehty oma eristetty kaukalo, joka keskittää sähkölämmityksen tuottaman lämmitysenergian lattian pintaan sen häviämättä lattian alapuolisiin rakenteisiin eristeen ansiosta. Kuvassa 30 on sulkuhuoneen kaukalo. Kaukalon sisään asetetaan teräsverkko, johon sähkölämmityskaapeli sidotaan kiinni. Lämmityskaapeli nostetaan ylös lattiasta huoneen seinän reunasta. Sulkuhuoneen ovissa on lämmitetyt thermo joint-liikuntasauva kynnykset. Sulkuhuoneiden lämmitetyt lattiat valetaan yhdessä sulkuhuonetta ympäröivän lattian kanssa. Valutyö keskeytetään sulkuhuonetta lähestyessä ja sulkuhuoneen rakenne kasataan jo kerran valmiiksi tehdyistä ja kasatuista paloista. Näin betonointityö ei keskeydy liian pitkäksi aikaa. Sulkuhuoneet ovat niin pieniä että niiden valu onnistuu suoraan dumpperista. Lattian tullessa valmiiksi lähdetään sulkuhuonetta rakentamaan. Lattian läpi tulevat eristelevyt jatketaan ylös asti seiniksi kevyestä Thermisol-elementistä. Katto tulee samasta materiaalista. Sulkuhuoneella on oma teräksinen runko. Toinen tapa toteuttaa lämmitys lattiaan on varsinaisen betonilattian päälle tuleva korotettu lämmitetty lattia. Tässä työjärjestys on eri. Maanvaraisen lattian päälle rakennetaan sulkuhuoneen runko ja seinät valmiiksi. Lattian pohjalle laitetaan eristelevy ja sen päälle asennetaan sähköisen lattialämmityksen kaapelit. Lattia valetaan betonista huoneen sisälle eristelevyn päälle.



Kuva 30. Sulkuhuone, joka on eristetty omaksi alueeksi. Keltainen viiva eristeessä toimii lämmityskaapelien rajana, etteivät seinien reunoille poraamalla tulevat kiinnitykset lattiaan riko niitä.

Thermo joint-liikuntasauva kynnykset ovat leveitä kynnyksiä joissa on sähköinen lämmitys pinnassa pitämässä kynnykslevyn lämpimänä. Tällä halutaan estää kynnyksen jäätyminen pinnasta sekä siihen tiivistyvän oven jäätymistä kiinni kynnykseen. Kyseisen kynnyksen liikuntasauva ei ole kuin noin 50 mm korkea, mutta leveyttä kynnyksellä on enemmän. Kynnykslevystä laskeutuu alaspäin noin 50 mm matalat levyt, joiden keskelle asennetaan eristelevy. Eristelevy tulee lattian läpi pohjaan asti ja erottaa kylmän sekä lämmitetyn lattian toisistaan. Kuvassa 31 on eristetty kynnyks kuvattu päästä, jolloin sen leikkauksessa näkyy kynnyksen rakenne sekä eristeen paikka keskellä kynnyksistä kynnykslevyn alapuolella.



Kuva 31. Kuvassa näkyy eristetty kynnyks. Kynnyksessä ei ole lämmitykselle varausta, eikä irroitettavaa päälilevyä lämmityksen huoltoa varten.

## 4.2 Liittyvät rakenteet

Pakkasessa olevat rungon suuret teräsbetonipilarit keskellä hallia ja väliseinillä, ovat lämmitettyjä. Pilarien sisällä kulkevat sähköllä lämmitettävät johdot. Pilarien ympärille on rakennettu saattoeristys, joka nousee aina sulanapitoputkiston finnfoam eristekerroksesta puolentoista metrin korkeuteen lattian pinnasta. Sama saattoeristys on myös katon rajassa. Saattoeristyksellä estetään lämmön ja kylmän siirtyminen pilaria pitkin.

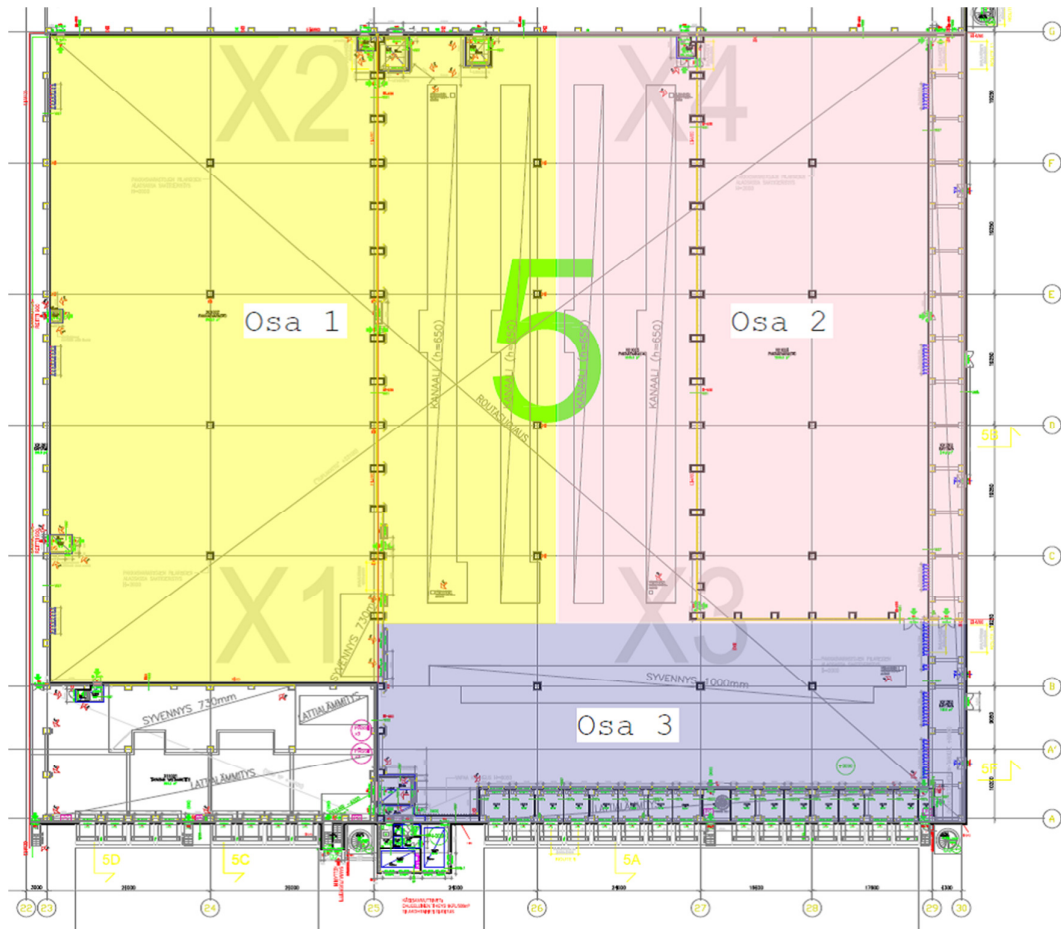
Käytettävät Thermisol kevytelementit ovat pinnaltaan peltiä kummaltakin puolelta ja keskellä jää EPS-eriste. Näitä on käytetty 100 mm vahvuudella saattoeristeenä, lisäeristeinä ja pakkasen vaipassa 200 mm vahvuudella. Pinnassa oleva pelti on pontitettua elementtien välillä ja se on höyrytiivis. Elementtien pystysaumot teipataan ja pellitetään tiiviiksi.

Kylmän hallin ja lämpimän puolen jakavia rakenteita ovat edellä mainitut Thermisolelementit seinillä ja katossa, lattiassa betonilattia ja sulanapitoputkistojärjestelmä sekä myös betoniseinät. Betoniseinät ovat sandwich-elementtejä, joiden EPS-eristeen vahvuus on 100 mm.

Sulkuhuoneet ja tuulikaapit toimivat välitiloina, joissa siirrytään kylmän ja lämpimän tilojen väliltä. Pakkasen ja lämpimän puolen kohtaamisen aiheuttamat reaktiot pyritään pitämään sulkuhuoneiden ja tuulikaappien välillä ja se on suurimmaksi osaksi jäätymistä. Jäätyminen tapahtuu pääosin lattiaan, missä lämpimältä puolelta tuleva kostea ilma jäätyy pakkasen puolelta tulevan kylmän lämpötilan takia. Lattian jäätyminen on estetty lämmitetyllä lattialla.

## 4.3 Aikataulu

Varsinainen pakkashalli on jaettu kolmeen eri osaan, jotka on määritelty sulanapitoputkistojen piirien mukaan. Monien eri työvaiheiden ja kerrosten takia on jouduttu sulanapitoputkiston asennus jakamaan osiin. Kuvan 32 mukaisesti halli on jaettu itäiseen, läntiseen ja eteläiseen osaan. Vastaanotto läntisen hallin eteläpäädyssä on lämmintä aluetta eikä näin ollen kuulu sulanapitoputkiston jakamiin alueisiin. Kolmen alueen lisäksi puhutaan keskihallista jossa läntinen ja itäinen osa jakavat yhden halliosan keskenään.

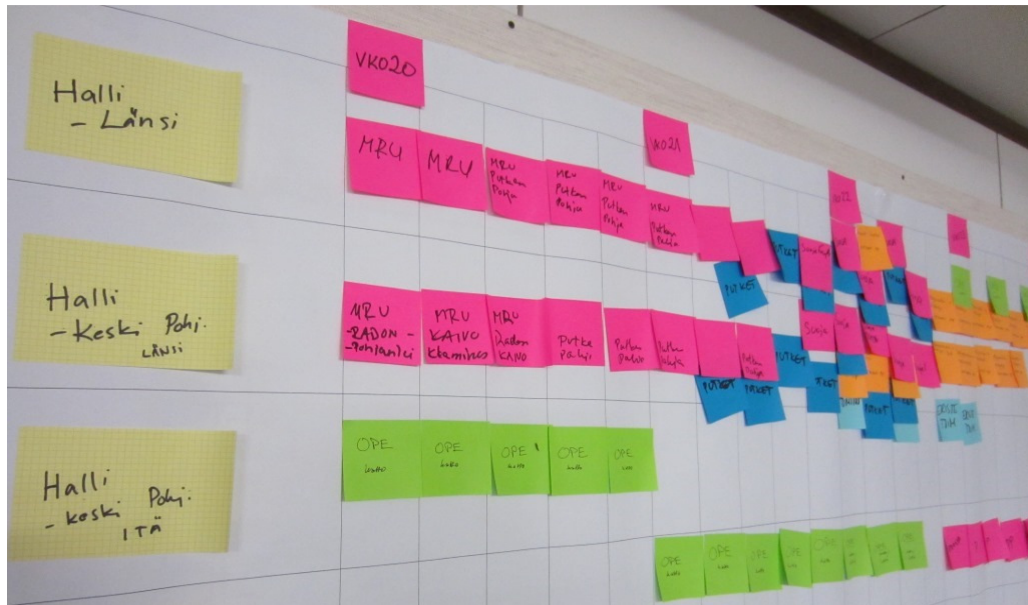


Kuva 32. Sulanapitoputkisto piirin tekemä hallijako. Osa 1 keltaisella on länsi halli, osa 2 punaisella on itä halli ja osa 3 liilalla on etelä halli.

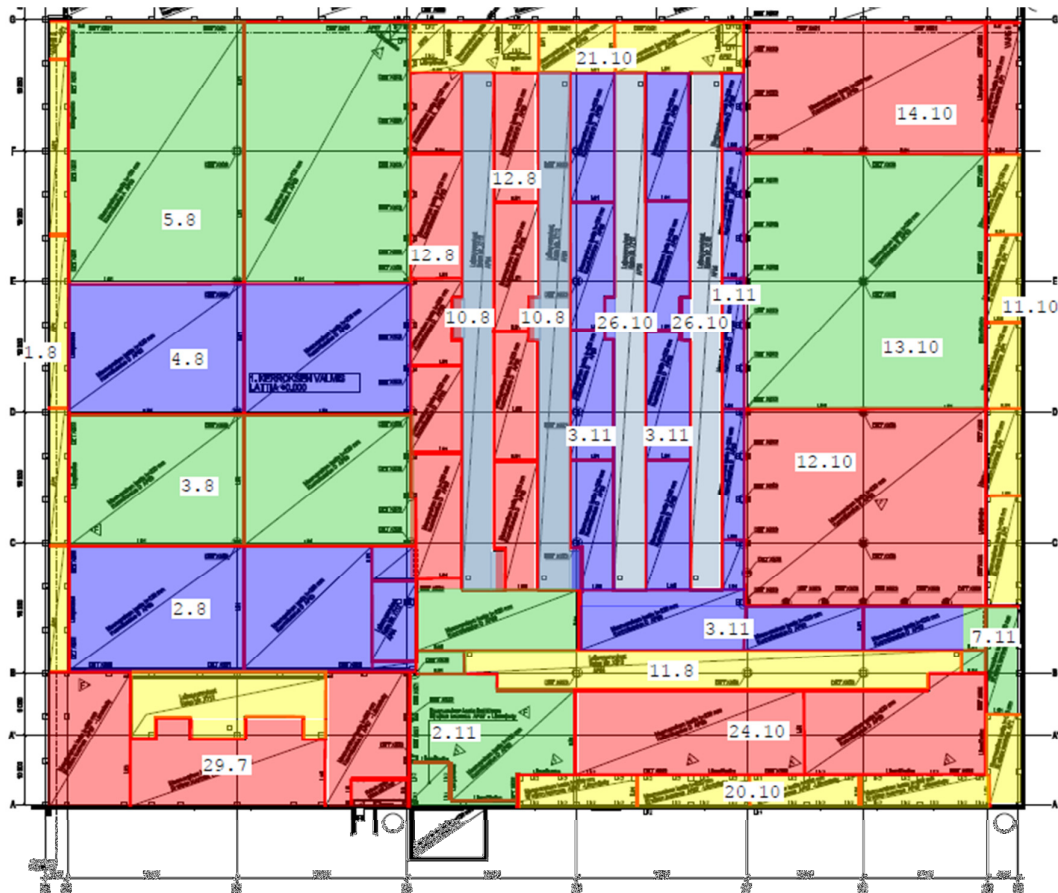
Suurien ajoneuvo-ovien sijoituessa itäiseen ja eteläiseen osioon on loogisesti aloitettu lattian työt läntisestä hallista. Seuraavaksi tehtiin eteläinen osa ja viimeiseksi itäinen halli. Läntisen hallin lattian ollessa jo valmis on eteläisessä hallissa sulanapitoputkiston asennus vasta meneillään ja itäisessä hallissa ei ole työtä aloitettukaan. Itäisestä hallista on kulkureitti läntiseen halliin eteläisen ollessa työn alla. Eteläisen alueen valmistuessa saadaan korvaava kulkureitti läntiseen halliin, jolloin itäisen hallin työt voivat alkaa. Loppua kohden on kaksi kulkureittiä kunnes ne eriaikaan valetaan. Viimeiset valut järjestetään niin että toinen kulkureiteistä on saatu valmiiseen lattiapintaan, ennen kuin toisen kulkureitin valutyöt aloitetaan.

Itse valuaikataulua päivitetään viikoittain sen mukaan mitä alempien kerroksien töissä aikaa kestää. Aluksi oli todella vaikea ennustaa aikataulun tekoa, mutta itäisen hallin valujen suunnittelussa oli jo pohjatietoa ja aikamenekit tiedossa läntisen hallin töistä.

Ensimmäinen aikataulu tehtiin jokaisen työhön osallistuva urakoitsijan kanssa neuvotteluhuoneessa. Jokainen urakoitsija merkitsi seinällä olevalle aikataululle omat työvaiheensa ja kestonsa post-it-lapuin. Kuvassa 33 on Post-it-lapuin tehty aikataulu. Kuvassa 34 on värein eroteltu toiset lattialohkot toisistaan ja ilmoitettu kunkin valun ajankohta ja milloin lattia on valmis käytettäväksi. Yhdessä Post-it-lapuin tehty aikataulu oli hyvä käytäntö. Jokaisen työvaiheen urakoitsija oli yhtä aikaa paikalla, jolloin töistä saatiin heti keskusteltua ja sovittua keskenään. Jokainen näki heti toisten töiden vaikutukset omaan työvaiheeseen.



Kuva 33. Post-it-lapuin tehty ensimmäinen aikataulu pakkasen lattiarakenteesta.



Kuva 34. Valulohkot eroteltu värein sekä niille merkitty päivämäärä milloin valu tapahtui.

#### 4.4 Toteutus

##### 4.4.1 Maanrakennustyöt ja viemäröinti

Pakkasen hallin rungon, seinien sekä katon valmistuminen kauan ennen lattiatoiden alkamista mahdollistaa hallissa jo muiden töiden aloituksen. Hallin korkeuden tuottaman ongelman takia lattia on jouduttu täyttämään väliaikaisesti sorapedillä, että suurilla saksinostimilla yletetään katon rajaan. Hallissa on pyritty tekemään muut työt mahdollisimman pitkälle sorapediltä, lattiatoiden estäessä työskentelyn pitkältä ajalta. Lattiatoiden lähestyessä kaivetaan sorapeti hallista pois ja kaivetaan radonkaivot ja pohjaviemäriinjat auki. Radonkaivot ja pohjaviemäriputket asennetaan jo olemassa oleviin liitäntöihin, jotka johtavat maan alla seinien ali lämpimille puolille missä ne nousevat lattiasta läpi. Asennusten jälkeen kaivot ja putket täytetään. Pohjamaa tasataan tiettyyn korkoon, jonka jälkeen vaihdetaan maa-ainesta seuraavan kerroksen työvaiheen vaa-

timuksen mukaan. Seuraava työvaihe vaatii 0 – 6 mm tavaraa. Jokainen eri vahvuudella oleva maatyttö tiivistetään ennen seuraavan täytön aloitusta. Tiivistys on tapahtunut isoin ajettavin jyrin tai käsin ohjattavin tärylätkin.

#### 4.4.2 Routasuojaus

Pohjamaan routiminen estetään pakkasen aiheuttamasta kylmästä eristämällä ja lämmittämällä maata alaspäin. Kuvassa 35 näkyvä sulanapitoputkisto nimityksellä toimiva lämmityspotkisto toimii routasuojauksena. Pohjamaa on tasattu ja tiivistetty pinnasta hienolla 0 – 6 mm maa-aineksella, jonka päälle on asennettu sulanapitoputkisto. Ensin asetetaan poikittain menevät kiskot, joissa on urat joihin lämmityspotket painetaan paikoilleen. Kiskoja asennetaan usean sadan neliön alalle ennen kuin putkea aletaan vetää paikoilleen. Yhdeltä jakotukilta lähtevä lämmityspotkistopiiri kattaa usean sadan neliömetrin alueen. Putkisto vedetään paikalleen ja sitä mukaan painetaan kiinni kiskojen uraan. Pitkässä lämmityspotkessa on vääntöä, kun putki pyrkii palaamaan muotoonsa missä se on säilyttänyt. Siksi putken ja kiskon liitoskohdan päälle asetetaan maata, joka painaa ja pitää putken maata vasten. Sulanapitoputkistoa asennetaan jakotukin tuottaman piirin verran kerrallaan ja kun koko alueelle on saatu putkisto asennettua, aloitetaan täyttötö 0 – 6 mm hienolla maa-aineksella.



Kuva 35. Sulanapitoputkistoa levitettynä kentälle.

Ennen täyttötyön aloittamista on sulanapitoputkiston ehjänä säilyminen dokumentoitava ja tarkistettava. Putket silmällä läpi mahdollisilta pintavaurioilta ja putkien jako ja sijainti tarkistetaan. Jakotukilta tarkistetaan putkissa oleva paine ja paineen säilyessä annetaan lupa aloittaa täyttötyö. Täyttötyön ajan putkia tarkkaillaan jakotukilta käsin. Jakotukin paineita seurataan täyttötyön loppuun asti, jolloin maa on täytetty ja tärytetty oikeaan korkoonsa. Seuraavaksi aloitetaan betonilattian alustavia töitä ja ne eivät enää vaikuta sulanapitoputkiin.

#### 4.4.3 Täyttö

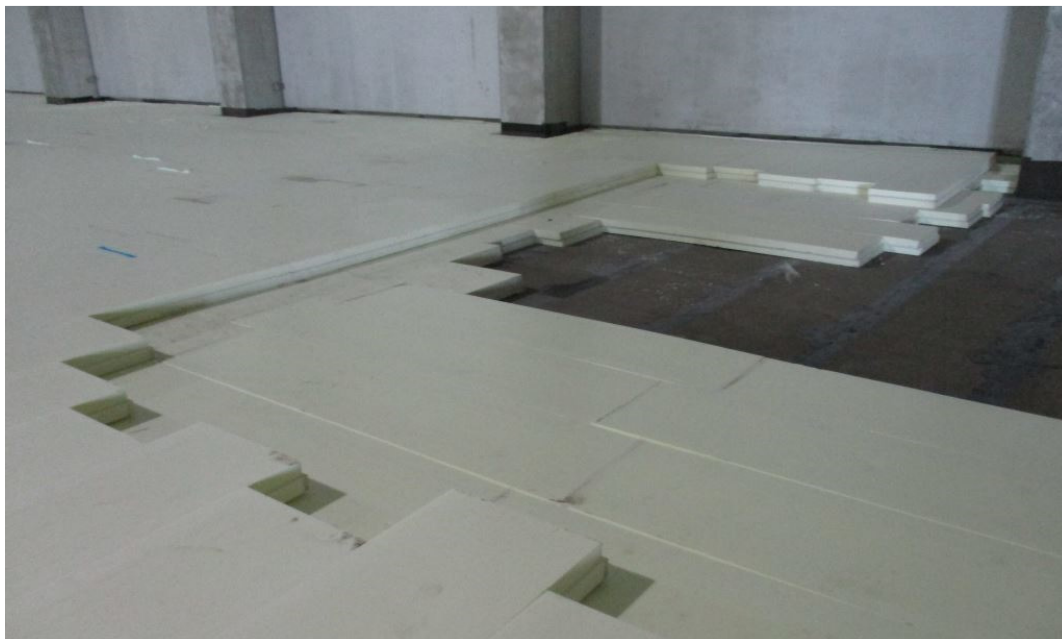
Täyttötyö alkaa suurelta oven suulta, josta halliin ajetaan sisään. Sulanapitoputkiston päälle on ensin laitettava hienoa maa-ainesta, joka suojelee putkea isommilta kiviltä. Sen jälkeen levitetään täyttömaata vaadittava suojakerros, joka on koekappaleilla mitattu tarpeeksi paksuksi. Tämä suojakerros suojelee putkia kaivinkoneiden suurilta kuormilta. Suojakerrosta levitetään kaivinkoneen leveyden verran ja oviaukolta täytetään tie hallin kauimmaiseen nurkkaan. Kun suojakerrostäytöllä on saavutettu tie hallin päätyyn, aletaan siellä levittää määrättyä paksuutta maakerrokselle, joka on vähemmän kuin kaivinkoneelta vaadittu suojakerros. Tällä toimenpiteellä täytetään koko alue. Alueesta riippuen teitä kaivinkoneille on tehty useampia. Kuvassa 36 näkyy yksi kaivinkoneen tekemä suojakerrostie. Täyttötyö päättyy oviaukkoon, jonka jälkeen suojakerros vielä tiivistetään täryttämällä. Tiivistyksen tekeminen täryttämällä ja sen vaikutus on testattu ulkona sulanapitoputkiston kuormituskokeella.





Kuva 36. Kaivinkone tekee suojakerroksesta tietä hallin päätyyn, mistä alkaa pohjamaan täyttö.

Sulanapitoputkiston täytön jälkeen levitetään alueelle suodatinkangas. Suodatinkangasta seuraa höyrynsulku, joka tehdään bitumikermillä. Kermit liimataan toisiinsa sulalla bitumilla saavuttaakseen höyryntiiveys. Höyrynsulun päälle lähdetään levittämään eristekerrosta. Eristekerros tulee kahdesta päällekkäin tulevasta 120 mm paksuisesta finnfoam-levystä. Kuvassa 37 eristelevyjen asennus on kesken, pohjalla näkyy bitumikermistä tehty höyrynsulku. Eristelevyt asennetaan tiiviisti ja päällimmäinen kerros kiinnitetään alempaan asianmukaisella kiinnityksellä. Viimeiset seinää vasten tulevat levyt leikataan määrämittaansa ja tiivistetään vielä päädystä uretaanivaahdolla. Seuraava työvaihe on alueesta riippuen laitesyvennyksen pohjalaatan valu tai suoraan maatayttö. Laitesyvennyksen omaavilla alueilla rakennetaan pohjalaatalle muotti eristelevykentän päälle. Mittamies on käynyt merkitsemässä nurkkapaikat, jonka mukaan muotti sijoitetaan kentälle. Pohjalaatan muotti on pystytetty ja tuettu muotin läpi menevin kiristystangoin. Muottia ei normaaliin tapaan ole voinut kiinnittää pohjaan kiinni, höyrynsulun rikkoontumisen riskin ollessa liian suuri. Itse pohjalaatta joudutaan valamaan betonipumpulla, kun eristelevy kentän päälle ei voida mennä betoniautokalustolla.



Kuva 37. Eristelevyjen asennus höyrynsulun päälle.

Pohjalaatan valun jälkeen asennetaan L-elementit pohjalaatan päälle. L-elementtien toimituksessa on sama ongelma kuin pohjalaatan valun, raskaalla kalustolla ei päästä eristelevyjen päälle. On turvauduttu kahteen eri tapaan, maantäyttö on aloitettu pohjalaatan vierestä jolloin L-elementit on maantäytön päältä nostettu ajoneuvonosturilla pohjalaatalle mittamiehen osoittamiin paikkoihin. Toinen tapa on tehdä maantäyttö pohjalaatan päätyyn ja luiskata se pohjalaatan päälle. Pohjalaatta itsessään luo tarpeeksi ison suojakerroksen, jonka päälle voidaan raskasta kalustoa viedä. Tämä toinen tapa vain vaatii pidemmän kovettumisajan pohjalaatalta sen saavuttaakseen tarpeeksi lujuutta. Tällöin päästään autolla suoraan laatan päälle, josta elementit nostellaan paikoilleen suoraan autosta auton omalla nosturilla. Kuvassa 38 on L-elementtien nosto laatalle tapahtunut juurikin viereisen kovettuneen pohjalaatan päältä.



Kuva 38. L-elementtien haalausta ajoneuvonosturilla viereisen pohjalaatan päältä.

Elementtien ollessa paikoillaan hitsataan ne yhteen, sekä porataan tartunnat pohjalaatan ja elementtien välille. Seuraavaksi elementit juotosvaletaan ja viimeiseksi elementtien väliset pystysaumot radon eristetään polttamalla niiden yli bitumikermit. Tämän jälkeen päästään maatyttöä tekemään lopulliseen maan korkoon. Maatyttötyö suoritetaan samalla tavalla kuin sulanapitoputkiston päälle, alle ensin suojakerrosta ja lopuksi täyttömaata. Sulanapitoputkiston alla on radonkaivot suodattamassa radonin pois, mutta höyrinsulun ja eristeiden päälle tulevalle maalle on tehtävä oma radonin poisto. Se toteutetaan radonin poistoputkilla laitesyvennyksen ympäriltä, missä maatyttöä on tarpeeksi paksusti. Matalammissa maatyttöissä on suodatinkankaalla eroteltu sepeliväylät, jotka kuljettavat radonin pois. Kuvassa 39 näkyy maatyttö, missä radonin poistoväylää tehdään. Kuvassa 40 näkyvät eri kerrokset hyvin. Alimpana on mursketta, josta ylöspäin materiaalit lueteltuna ovat: suodatinkangas, höyrinsulku, eristelevy, pohjalaatta ja L-elementit. Lopuksi, kun kaikki muut täytöt suoritetaan, tulee L-elementin päälle vielä maanvarainen lattia.



Kuva 39. Radoninpoisto on toteutettu suodatinkankaalla erotellulla sepeiväylällä.



Kuva 40. Laitesyvennyksen L-elementit paikoilleen asetettuna.

#### 4.4.4 Betonointia alustavat työt

Maanrakentajan maatäyttöjen saavuttaessa oikean korkonsa aloittaa Primekss levittämään viimeistä 50 mm 0 – 16 mm maa-ainesta, aivan kuten aiemmissa maanvaraisissa latioissa. Seuraavana työvaiheena asennetaan radonin eristeinä toimivat bitumikermit. Jokaiseen saumaan kuten liikuntasaumojen alle, seinien ja pilarien kohdalle sekä laitesyvennyksen L-elementtien päälle tulee bitumikermi. Seinillä kermit nostetaan ja poltetaan seinän pintaan kiinni. Radon eristeitä seuraa irrotuskaistat, jotka asennetaan kaikkiin mahdollisiin kiinnike- ja tartuntakohtiin. Niitä ovat kaikki pystypinnat kuten seinät, pilarit ja lattian läpimenot.

Irrotuskaistat kiinnitetään teippaamalla. Tiivis kiinnitys on tärkeä osa varmistukseksi, ettei lattia tartu irrotuskaistaa suojelemaan pintaan kiinni. Tämä betonin ja seinän kiinnityminen estää lattian liikkumisen kutistuessaan. Joihinkin kohtiin laitetaan irrotuskaista kaksinkertaisena saadakseen lattiaan maksimaalisen liikkumavaran. Monimuotoiset alueet, oven pielet sekä yksittäiset läpimenot isoilla lohkoilla on hyvä varmuuden vuoksi suojata kahdella irrotuskaistalla päällekkäin. Valutyön jälkeen irrotuskaistat leikataan lattian pintaa hieman syvemmältä poikki ja peitetään yleensä kittauksella tai jalkalistalla. Primekssin tapauksessa irrotuskaistat poltetaan paljailta maalaamattomilla seinillä. Toimenpide on nopeampi polttamalla irrotuskaista kuin leikkaamalla.

Seuraava työvaihe on muotitus irrotuskaistojen asennuksen jälkeen. Muotteja tulee oviaukkoihin ja laitesyvennyksien ympärille tuleviin lattioihin. Muotit ovat tuettuja vanerilevyjä jotka porataan ja ruuvataan kiinni seiniin oven ympäriltä ja laitesyvennyksissä L-elementtien seinämiin. Elementtien seinämissä on myös vemojen paikat nostolenkkejä varten, joita on hyödynnetty muotituksessa. Oviaukoissa ja laitesyvennyksissä lattian kulmaa tulee suojaamaan L-rauta teräs. Se kiinnitetään muottiin ja betoniin se jää kiinni tartuntateräksillään. Betonilattian kulma on paljon kestävämpi suojattuna L-raudalla.

Muottien ollessa valmiit asennetaan liikuntasaumat. Liikuntasaumojen paikat ovat olleet selvillä jo radon kermejä asentaessa. Liikuntasaumoille asennetaan maahan tuentaraudat joihin liikuntasauma kiinnitetään. Liikuntasaumat ovat kiinni toisissaan pienellä hitsauksella, joka avataan ja poistetaan jälkeinpäin hiomalla. Liikuntasauma on kiinnitettävä maahan varmistuakseen sen pysyvän paikallaan. Ennen toisen puolen valamista irrotetaan tuentaraudat liikuntasauhasta, sen jo pysyessään paikallaan valetussa lattiassa. Liikuntasaumat eivät saa olla liian pitkät tai lyhyet. Liian pitkinä ne ottavat

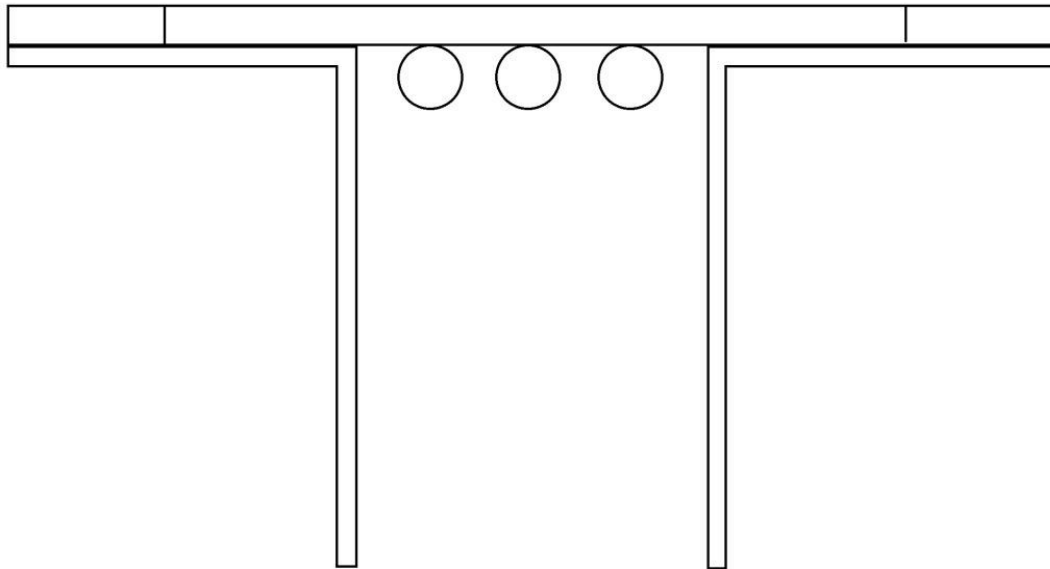
päässä kiinni eivätkä pääse aukeamaan, kun liian lyhyinä lattia yhdistyy päästä aiheuttaen halkeilua. Liikuntasauvojen ollessa paikoillaan tehdään tarvittavat raudoitteet. Kuvassa 41 on liikuntasauva asennettu vasta raudoituksen jälkeen, koska kyseessä on lattialämmitetty lattia, jossa lämmitysputket kulkevat yhtenäisenä kahden laatan välillä liikuntasauvan ali. Kyseinen liikuntasauva ei ole maahan asti jakaen kahta eri laattaa täysin erilleen. Lattioilla on kuitenkin omat raudoituksensa ja lämmitysputket ovat suojattuja suojaputkilla, joten lattioiden kutistumisesta ei koidu harmia. Jos lattiat halkeavat, tapahtuu halkeaminen liikuntasauvan alta missä on kahden yhteisen laatan heikoin kohta. Oviaukoille tulee raudoitussuunnitelmien mukaiset lisäraudoitteet, kuten myös pilareille ja ulkonurkille. Oviaukoissa raudoitus sidotaan yhtenäiseksi L-raudan tartuntateräksiin. Raudoituksia tulee myös pelkästään lattialämmityksien kiinnikkeiksi. Primekssin valaessa paksuja lattioita on heillä mahdollisuus käyttää myös paksua teräsverkkoa lattialämmityksen kiinnikkeeksi. Paksumpi teräsverkko on turvallisempi ajatellen lattialämmitysputkien ja kaapelien taipuvuutta. Pelkäsi lattialämmityksen pidikkeeksi 10 mm teräs on ylimitoitettu, mutta huomattavasti helpompi työstää.



Kuva 41. Liikuntasauva asennettuna lattialämmitylle lattialle.

Pakkasen ja lämpimän tilojen välille oviaukkoihin tulee erilaiset lämmitetyt kynnykset. Kynnys toimii liikuntasauvan tavalla liikkuen lattian mukana sen kutistuessa. Kynnyksessä liike tapahtuu sen päällä olevassa kynnykslevyssä. Kynnykslevy on irrotettavissa päältä, jotta kynnystä päästään huoltamaan. Levyn alapuolella on sähköinen lämmityskaapeli, joka estää kynnyksen jäätyksen oveen kiinni. Kynnyksen läpi menee myös

suuret suorat harjateräkset, jotka eivät suoranaisesti ole kynnyksessä kiinni vaikkakin lävistävät sen. Teräksien tarkoitus on estää lattiaa nousemasta reunoilta sen kutistuksessa. Kynnyslevyn noustessa aiheuttaisi se trukkiikenteessä aina pienen kolauksen ajoneuvoon sekä kynnyksen vastapalaan. Tällainen jatkuva pitkäaikainen liike voi aiheuttaa kynnyksen murtumisen ja irtoamisen betonilattiasta. Kuvassa 42 on leikkausperiaatekuva lämmitetystä kynnyksestä, jossa on kuvattu lämmityskaapelien paikat irrotettavan kynnyslevyn alla. Lämmityskaapelien alle tulee eristelevy, joka jatkuu aina maahan asti erottaen betonilattiat toisistaan.



Kuva 42. Kuvassa näkyy lämmitetyn kynnyksen periaateleikkauskuva.

Lattialämmityksellä alueilla on lattialämmityksen asentaminen viimeinen työvaihe ennen lattian varsinaista valamista. Lämmityksen asentaminen tehdään mahdollisimman myöhään, lämmityspotkien ja -kaapelien ollessa asennettuina alttiita rikkoontumiselle. Vesikiertoisessa lattialämmityksessä putket ovat paineistettuja. Jakotukilta painemittarista voidaan seurata paineita. Jos paineet laskevat, on putkissa vuoto. Lämmitetystä lattiasta riippuen asennetaan joko 150 mm lattian pinnasta muoviputkilla toimiva vesikiertoinen lattialämmitys, tai lattian pintaan tuleva sähköinen lämmitys sähkökaapelein. Sähköinen lattialämmitys asennetaan pintaan sen heikomman lämmitystehon takia. Samoin kuin sen lattian alapuolelta ovat eristettyjä, ettei sähkölämmitys johdu turhaan väärään suuntaan.

#### 4.4.5 Betonointi

Betonointityö suoritetaan samalla tavalla kuin aiemmat maanvaraiset lattiat. Betoniauto saapuu mukanaan tilattu valmisbetoni. Primekssin pisteellä betoniin lisätään kuidut ja lisäaine. Betoniauto ohjataan sisään valukentälle, jossa suurimmat osat valetaan dumperilla. Betoni jaetaan betoniautosta dumperiin sovitussa paikassa, josta dumperi toimittaa ja levittää betonin kentälle. Tietyissä paikoissa ja valuissa betoni levitetään betoniauton omalla kourulla. Betonin levityksen jälkeen suurella laserohjatulla koneella tullaan ja tasoitetaan sekä tärytetään betonilattia. Ahtaammilla alueilla turvautaan pienempiin laserohjattuihin tasoituskoneisiin. Pienimmällä koneella tärytyksessä turvaututaan perinteiseen käsin käytettävään tärykoneeseen.

Vesikiertoisissa lattialämmityksissä joudutaan käyttämään pumppua raudoituksen ja lämmitysputkien takia. Pumpunkaan kanssa ei betonin levitys ole riskitöntä ja on aina mahdollisuus pumpun letkulla rikkoa lämmitysputket. Letku on noin viiden metrin pätkissä ja välissä on suuret teräksiset liitokset. Letku itsessään ei juuri aiheuta lämmitysputkille haittaa mutta liitoskohdat on suojattava suoralta kosketukselta putkiin. Kuvassa 43 on lattialämmitysputket suojattu pumpun letkun liitokselta. Lattialämmitysputkien painetta seurataan jakotukilta painemittarista valutyön aikana. Betoni tasataan ja tärytetään käsin linjaarilla ja tärykoneella.



Kuva 43. Pumpun letkun liitoksen suojaus.



Sulkuhuoneiden rakenteet valmistettiin joko ennen tai valun aikana riippuen valulohkosta ja sulkuhuoneen sijainnista. Kesken valun tehdyn sulkuhuoneen kohdalla valutyö seisautettiin, jonka aikana asennetaan valmiiksi tehdyt rakenteet. Pohjalle tulee eristelevy, jonka päältä reunoilla nousee eristelevyt joista jatkuu lattian päällä sulkuhuoneiden seinät. Eristelevyt liimataan toisiinsa uretaanivaahdolla. Sulkuhuoneen sisälle nostetaan muotoonsa leikattu teräsverkko, johon on jo valmiiksi kiinnitetty lattialämmityskaapeli. Verkko asetetaan paikoilleen ja korotetaan korotuspaloin. Lämmityskaapelin pää asetetaan suojaputkesta läpi joka nousee lattian pinnalle. Sulkuhuoneen ollessa valmis aloitetaan sen ympäriltä ja sisältä betonin levittäminen. Betonia laitetaan tasaisesti ja varovaisesti kummallekin puolelle lattiat jakavaa eristettä. Seinäeristeen ei haluta nousevan tai liikkuvan paikaltaan. Betonin tasoitus ja tärytys pystytään sulkuhuoneen ympäriltä tekemään isoin konein, mutta sulkuhuoneen osalta työ on tehtävä käsin. Ennen valua tehtävissä sulkuhuoneissa työmenetelmä on sama, mutta sulkuhuoneet ovat jo valmiit valua aloittaessa. Sulkuhuoneet saattavat estää dumpperin käytön, mutta betoniauton kourulla saadaan valettua kourun yltäessä jopa yhdeksään metriin. Kuvassa 44 on pienen erillisen laatan valussa käytetty betoniauton kourua sen pitkän ulottuvuuden takia.



Kuva 44. Betonin levitystä betoniauton pitkällä kourulla.

Lattialämmitetyt tilat ovat pakkasen ja lämpimän osan välisiä rakenteita, joissa on myös lämmitetyt kynnykset. Kynnyksissä on sähköllä toimiva lämmityskaapeli. Samaista lämmityskaapelia käytetään myös tuulikaapeissa L-raudan läheisyydessä lastauslaitu-

rien ovien kohdalla, joihin oli aluksi myös suunniteltu lämmitetty kynnyks. Kynnyks todettiin turhaksi ja se korvattiin lähelle lattian pintaan asennettavalla lämmityskaapelilla. Sen käyttötarkoitus on vain estää oven jäätyminen lattiaan kiinni. Kuvassa 45 on lämmityskaapelilla korvattu lämmitetty kynnyks.



Kuva 45. Lämmitetyn kynnyksen sijaan on laatan reuna lämmitetty pinnasta lämmityskaapelilla. Syvemmällä kiertää vesikiertoinen lämmitysputkisto.

Kaikkiin lattioihin tulee kuivasirote käsittely lämmityksistä huolimatta. Isoilla lämmittämättömillä lattioilla pystytään käyttämään suurta sirotekonetta, mutta lämmitetyillä alueilla joudutaan käyttämään käsin työnnettävää sirotekärkyä. Sirotteen levittämisen jälkeen aloitetaan hiertotyö.

#### 4.4.6 Jälkihoito

Jälkihoitaminen hoidetaan samoin tavoin ja periaattein kuin Primekssin aiemmat maanvaraiset lattiatkin. Ainoa ero tulee lattian kastelusta jälkihoitossa. Lattian alla olevan maatäytön alla on eristelevyt ja höyrynsulku. Vesi pääsee kuivumaan vain ylöspäin betonilattiasta, joten liiallista kastelua tulee välttää. Kaikki ylimääräinen kosteus ja vesi täytyy haihtua maasta ja lattiasta ennen kuin pakkasta aletaan jäähdyttää. Siltikin lattian kastelua ja peittämistä jälkihoitona ei voida jättää tekemättä, mutta kastelu on tehtä-

vä maltilla. Höyrynsulun tarkoituksena onkin estää kosteuden pääseminen rakenteisiin joissa se pääsee jäätymään aiheuttaen vahinkoa. Höyrynsulun päällä olevaa mahdollista vettä ja kosteutta seurataan laitesyvennyksien pohjaan asennetuilla tarkistuskuopilla. Tarkistuskuoppa on auki pohjalle höyrynsulkuun asti ja höyrynsulku on muotoiltu siltä kohdin syvemmäksi keräten veden. Pakastehallin jäädyttämistä ei voida aloittaa niin kauan kun tarkastuskuopassa on vettä. Aiemmissa vaiheissa laitesyvennysten päissä oli pumppukuopat. Tarkistuskuoppia on viisi ja ne kaikki sijaitsevat pakkasen keskihallissa.

Noin kahden viikon kovettumisen jälkeen lattia on saavuttanut tarpeeksi suuren lujuudenkehityksen aloittaakseen PentraSil ja PentraGuard -käsittelyn. Käsittely suoritetaan samoin tavoin kuin aiemmissakin lattioissa ja se tarvitsee päivän kuivumisajan. Kuvassa 46 näkyy ero pintakäsittelyn ja käsittelemättömän lattian välillä. Ennen lattian käyttöönottoa pyritään se tarkastamaan tarkemittauksin. Lattia ajetaan läpi ”koiraksi” kutsulla lattian tasaisuuden mittauslaitteella, jolloin saadaan kokonaiskuva lattian korkoheitoista.



Kuva 46. Pentra-käsitelty lattia kiiltää ja on tummempi kuvan ylälaidassa. Käsittelemätön betonipinta on vaaleampi eikä kiillä kuvan alalaidassa.

#### 4.4.7 Käyttöönotto

Lattia otetaan käyttöön heti sen kovettumisen ja pintakäsittelyn jälkeen. Tämä käyttöönotto käsittelee vain lattialta tehtäviä jäljelle jääneitä rakennus sekä TATE-asennuksia. Lopullinen varsinainen käyttöönotto pakkasvarastona tulee ajankohtaiseksi vasta kun pakkasen hallin jäädyttäminen alkaa. Lattian käyttöönoton myötä alkaa lattian jatkuvaa tahtia tapahtuva peseminenkin. Lattiaa pestään päältä ajettavalla pienellä lattian pesukoneella. Lattiaa huolletaan pesemisen yhteydessä. Lattiassa on voinut tapahtua valmistuksen yhteydessä virheitä, jotka pitää korjata ennen jäädyttämistä. Yleisin on sirtteen irtoaminen pinnasta. Sirote ei ole tarttunut betoniin, jolloin se yleensä irtoaa itsestään ja murenee pinnasta. Toiset huoltoon vaativat työt ovat lattiaan kohdistuneet iskut, jotka ovat vaurioittaneet pintaa.

Lattian jäädyttämiseen on betonilattian valmistajalta tullut tarkat ohjeet. Laboratoriossa tehdyin testeihin ja mittauksiin on laskettu taulukko, jonka mukaan hallia saadaan jäädyttää lattian se kestäen. Myös Witronin hyllyjärjestelmän muutokset jäädyttäessä on laskettu. Hallin jäähdystahti on joiain lämpöasteita päivää kohden ja lattian jäädytysohjeilla kestäisi kaksi viikkoa saada halli jäähdytettyä rakennusaikaisesta lämmöstä -24 °C:een. Witronin järjestelmän jäähdystysohjeilla hallin jäähdyttämisen kestänee kolme viikkoa, jolloin lattian puolesta ei tule sen suhteen ongelmaa. Jäähdystahti on seuraavanlainen: 20 °C:sta 2:een °C:een saa halli jäähtyä 3 °C:tta päivässä. +2 °C:sta -2 °C:een jäähdystyvauhti on 1 °C päivää kohden. Siitä eteenpäin hallin lopulliseen lämpötilaan -24 °C saa hallin lämpötila jäähtyä päivässä 2 °C:tta. Plussan puolelta siirryttäessä pakkasen puolelle tapahtuu eniten liikettä ja muutoksia, siksi tämän hetken jäähdystahti on selvästi hitaampi. Liitteenä tiedosto liite 2 suunnittelijakokouksesta, missä on pakkasen Witron-jäähdystysaikataulu.

## 5 Logistiikkakeskuksen betonilattioiden suunnittelu ja korjaus

Hyvällä työjohtamisella ja etukäteissuunnittelulla työmaalla vältetään virheet ja saavutetaan haluttu tulos. Työjohtamisella oikeat toteutussuunnitelmat välittyvät työmaalle itse rakenteisiin ja työ tulee tehdyksi oikein. Välillä työtä tehdään ulkomuistista ja liian rutinoituneella ajattelumaailmalla ”näin on tehty aina ennenkin”. Ongelmaksi koituu kehittyvä ja jatkuvasti muuttuva rakennustekniikka, työjohtajan täytyy pysyä perillä uusista määräyksistä ja työtavoista. Työnjohdon tehtävä on vahtia työtä ja työn etene- mistä sekä ennaltaehkäistä tulevia ongelmia. Joissain tapauksissa ongelmat ovat väis- tämättömiä ja niihin on löydettävä nopeat toimivat ratkaisut. Ongelmaan on helpompi löytää muutos ja ratkaisu kun betoni ei ole vielä levitetty kentälle. Projektinjohtourakas- sa voi yllättäviä muutoksia ja lisäyksiä tulla viime tingassakin, joka voi pyöräyttää jo tehdyt suunnitelmat täysin pääläelleen.

### 5.1 Suunnittelu

Betonilattioiden suunnittelu on sidottu yhteen Witronin hyllyjärjestelmän kanssa. Latti- oiden vahvuus ja liikuntasauvojen sijainneiden täytyy olla oikeat hyllyjärjestelmän kuormituksen ja sijainnin kanssa. Maanvaraiselle ja paalulattialle kohdistuu suurimmat kuormat niiden kantaessa yli 20 metriä korkeita hyllyjärjestelmiä. Pintalattioille kuormi- tus ei ole niin suuri, mutta tasaisuus ja oikea korko ovat sitäkin tärkeämpiä. Suuret hyl- lyjärjestelmät yhtyvät kuljetinkäytävälle, joita on kahdessa tasossa. Kuljetinkäytävillä on pituutta alusta loppuun noin kilometrin verran ja koko matkalla menee yhtenäinen kulje- tin liukuhihnajärjestelmä. Koko tämän matkan aikana hallin puolella olevasta korkeasta hyllyjärjestelmästä yhtyy kuljettimia kuljetinkäytävien kuljettimiin. Yhtenäinen hyllyjär- jestelmä vaatii todella laajalta alueelta minimaalisen heiton tasaisuudessa ja lattian korossa. Poikkeavuuksia ei oikeastaan saa olla.

Hallissa on lattialämmitettyjä maanvaraisia lattioita, joiden vahvuus on 250 mm ja suo- jaetäisyys lämmitysputkista lattian pintaan on 150 mm. Hyllyjä kiinnitetään lattiaan 110 mm syvillä porauksilla, jolloin toleranssit mukaan laskettuna on lämmitysputkiston sijoit- tamisessa oltava todella tarkka. Näillä lattialämmitetyillä alueilla on myös yritetty välttää lattialämmitysputkien asennukset tietyiltä alueilta lattioiden reunoilta, joille tulee Witro- nin hyllyjen jalkojen kiinnitys. Ongelmana on ollut lattian valamisen ollessa aikainen

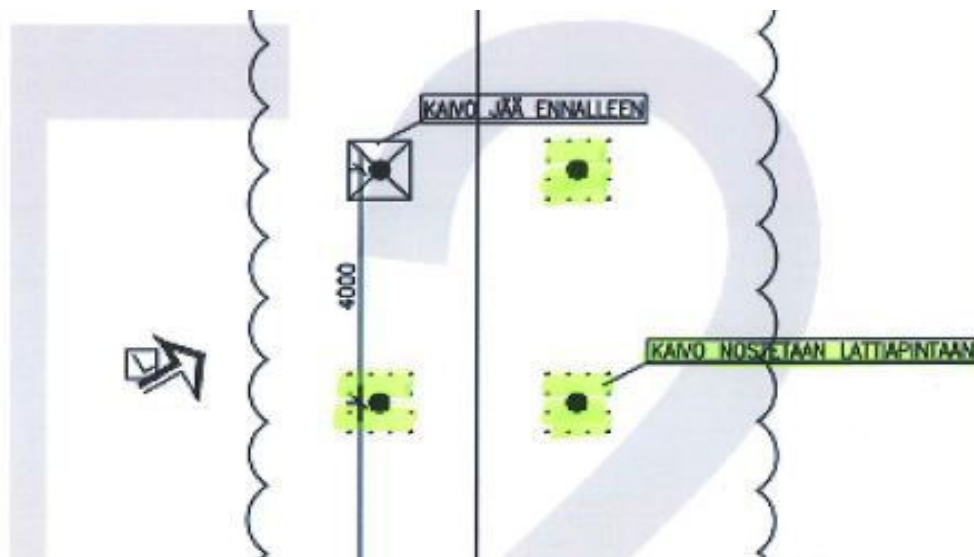
työvaihe verrattuna Witronin hyllyjärjestelmän suunnitelmiin. Suunnitelmia ei vielä välttämättä ole ollut tai niihin on tullut merkittäviä muutoksia.

Pakkasen hallin routimisen estämiseksi vaati tilaaja kaksi erilaista suunnitelmaa. Kummassakin suunnitelmassa routimisen estämiseksi käytettiin sulanapitoputkistoa. Ero tuli sulanapitoputkiston suojaamisessa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa olisi suojaputket valettu betonilaatan alle pienempään suojakerrokseen maata. Tuon suojana toimivan betonilaatan päällä olisi tullut eristeet. Eristeiden päälle olisi tullut mursketta ja sitten maanvarainen lattia. Toisessa vaihtoehdossa sulanapitoputkisto suojattiin tarpeeksi paksulla maatäytöllä, jonka jälkeen tulee eristekerros, murske ja maanvarainen lattia. Työ päädyttiin toteuttamaan toisella vaihtoehdolla, jossa sulanapitoputkien suojaus tehtiin kokonaan maalla.

#### 5.1.1 Suunnitelma muutokset

Projektinjohtourakkamallin erityispiirteitä ovat suunnitelmien mahdollinen alhainen valmiustila töitä aloittaessa. Tämä on näkynyt betonilattian suunnitelmissa lähinnä liikuntasaumoissa niiden siirtämisellä tai lisäämisellä. Tilaajalta on tullut kaksi suurempaa lattioihin vaikuttavaa suunnitelmamuutosta projektin aikana. Muutoin suunnitelmiin tulleet muutokset ovat tapahtuneet yhteistyössä tilaajan rakennusvalvojan, pääurakoitsijan ja lattiaurakoitsijan välillä töiden edetessä, kun lattiajako on silmin nähtävissä. Myös pääurakoitsija voi lähestyä tilaajaa ja suunnittelijoita huomaamallaan hyödyllisillä muutoksilla tai virheillä. Ehdotettu suunnitelmamuutos täytyy sopia rakennesuunnittelijalle ja Witronille ennen kuin muutosta voidaan lähteä tekemään.

Tilaajalta tulleet kaksi suurempaa muutosta olivat palpa eli pullonpalautustilassa lattia-kaivojen korottaminen lattianpinnan tasoon sekä yhden lastauslaiturioven lisääminen pakkasen halliin. Palpa tilassa seitsemän isoa lattiakaivoa olivat toteutettu paikalliskaadolla. Ongelmaksi tulee trukki liikenne täydellä lastilla tyhjiä pulloja. Lähekkäin olevat kaivot ja paikalliskaadot horjuttavat trukki liikennettä ja mahdollisesti kyydissä olevat pullot hajoaisivat tai putoaisivat. Ensimmäiseksi selvitettiin isojen lattiakaivojen korotusmahdollisuuksia niiden säilyttäessä ominaisuutensa ja kuorman kestävyys. Seuraavaksi kaivojen ympäröivät paikalliskaadot täytyy rusnata, eli poistaa lattiaa pinnasta niiltä osin. Lattiaa täytyy poistaa noin 20 mm syvyydeltä, että uusi lattia tarttuu tarpeeksi ja kestää paikkauksena. Kyseinen muutostyö otettiin työn alle vasta noin kuusi kuukautta ennen kyseisen vaiheen luovutusta tilaajalle. Kuvassa 47 on kuvattu lisätyö.



Kuva 47. Yksi kaivoista jätetään ennalleen, loput nostettavat on merkitty kuvaan.

Toinen merkittävä suunnitelmamuutos oli pakkasen halliin yhden lastausoven lisääminen. Pakkasan halliin johtaa ulkoa yhteensä 16 lastauslaiturioviea rinnakkain. Muutos oli merkittävä, koska ison oviaukon sahaus paksusta sandwich elementistä kesti useamman päivän. Betonisahaaminen tuotti paljon vettä, mitä ei pakkasen hallissa saa päästää yhtään ylimääräistä alapohjarakenteisiin. Veden ohjaus ja keräys sahaamisesta tuotti oman työnsä. Lattiaa oli tarkoitus valaa kyseiseltä paikalta samaisella viikolla, joten parin päivän viivästys oviaukon tekemisestä oli merkittävä viivästys. Oviaukon valmistuttua täytyi tuulikaappia jatkaa muilta 15 ovelta. Murske täytyi poistaa oven edestä aina finnfoam eristeeseen asti pohjalle. Sieltä saatiin nostettua tuulikaapin seinämät ja tehtyä uudet mursketäytöt lisäten eristekerros lattian alle. Tämä kaikki viivästytti lattian valamista, mutta onneksi löytyi vaihtoehtoista mestaa, etteivät valutyöt täysin seisahtuneet.

## 5.2 Aikataulu

Betonilattiatyöt ovat aikatauluun iso ja raskas työvaihe, keskeyttäen kyseisiltä alueilta muut työt hetkellisesti kokonaan. Pakkasan lattiatyöt johtivat suuriin taukoihin muiden töiden osalta, työstettävän alueen vaikuttaessa niin laajasti. Betonilattioiden pohjien teko routimisen estämiseksi on laaja toimenpide. Pakkasan halli käsittää noin puolitoista hehtaaria maanvaraista betonilattiaa. Sulanapitoputkiston piirien jakautuessa kolmeen osaan on hallista kolmasosa pois käytöstä maanrakennustöiden vuoksi. Maanra-

kennustöiden siirtyessä seuraavalle alueelle alkaa betonointityöt ensimmäisellä alueella. Pahimmillaan koko halli on pois käytöstä maanrakennustöiden, betonoinnin ja betonin kuivumisen takia. Vaikka ensimmäinen alue olisi valmista betonilattiaa, ei seuraavia työvaiheita voida siellä jatkaa. Toinen ja kolmas alue eristävät kulkureitit keskeneräisyyksillään ensimmäiselle vaiheelle. Lähes koko pakkasen lattian on oltava valmis ennen kuin töitä päästään jatkamaan. Alapohjarakenteen monimutkaisuuden takia muut työt pakkasen hallista keskeytyivät noin puoleksi vuodeksi. Näin pitkän työvaiheen takia aikataulun huolellinen etukäteissuunnittelu on todella isossa roolissa.

Muut maanvaraiset lattiat, paalulattiat, ulkolaatat ja pintabetonilattiat aiheuttivat aika-  
tauluun myös oman seisahduksen betonointityön ajaksi, jota seurasi vielä kolmen viikon kuivumis- ja kovettumisaika. Paalulattiat veivät vielä vähän enemmän aikaa mittavien raudoitustöiden takia. Nämä kaikki lattiat olivat kuitenkin ennustettavissa ja aika-  
tauluun päivien tarkkuudella tehtävissä. Pakkasan lattia aiheutti enemmän päänsärkyä ensimmäisen aikataulun tekemisen kannalta, kun verrattavaa pohjatietoa ei juuri ollut.

### 5.3 Betonilattioiden laatuongelmat

Kolmena kesänä kun logistiikkakeskuksella on valettu lattiaita, on jokaisena törmätty ongelmiin. Osa ongelmista oli urakoitsijasta johtuvia, osa työnjohdon puutteesta ja osa vain yksinkertaisesti huonosta tuurista. Osa ongelmista valmisti varautumaan kyseiseen mahdollisuuteen tai korjaavaan toimenpiteeseen, jolloin seuraavassa valussa moinen vältettiin. Betonilattioissa on kahdenlaisia ongelmia. Yleiset ongelmat, jotka työmaasta ja sen olosuhteista riippumatta toteutuvat, jos betonia käsitellään väärin. Tai työmaan ja olosuhteiden aiheuttamat ongelmat. On siis tunnettava yleisesti betonin käyttäytyminen ja betoni aineena, ennen kuin voidaan lähteä etsimään työmaan ja olosuhteiden aiheuttamat riskit. Yleisesti betonointityössä on huomioitavia asioita olosuhteet, kuten lämpötila ja sää. Liian kylmällä ei voida valaa, betonin lujuudenkehityksen hidastuessa ja betoni ei välttämättä saavuta tarpeellista lujuutta. Myös liian kuumalla valaessa betonointi voi epäonnistua, esimerkiksi suora auringonpaiste paljaalle betonipinnalle kuivattaa pinnan liian nopeasti. Muita ongelmia ovat vesisade ja tuuli.

Työmaakohtaisesti jokaisella työmaallaan on omat riskinsä. Sipoon logistiikkakeskuksen riskit valamiseen tulivat pääsääntöisesti mittasuhteiden aiheuttamista isoista valu-  
alueista. Ison hallin olosuhteita on vaikea hallita, jos vaippa ei ole kokonaan ummessa.



Lämpötilan ja tuulen kanssa tulee ongelma, jos vaipasta on pienikin osa auki. Laajuus ja suuruus aiheuttavat myös muitakin vaikeuksia. Betonin toimitus mestalle oli välillä todella työlästä. Rakennuksen monimuotoisuus luo suuruuden ohessa omat haasteensa betonoinnin lisäksi myös muun kaluston ja jälkihoidon kanssa. Näin suurella rakennuksella ei laatuongelmat jäänyt rajattavaksi vain työmaasta puhuttaessa, vaan voitiin myös jaotella ongelmat eri lattiatyyppeihin ja niiden urakoitsijoihin.

Pintalattioissa ongelmia tuotti työryhmän vaihtuminen. Valut olivat yhden työryhmän tehtävissä, joten palaute meni aina yhdelle ryhmälle kerrallaan. Samat virheet pääsivät silloin toistumaan. Myös työnjohto vaihtui urakoitsijalla, joka hidasti hetkellisesti urakkaa. Työmaana ongelmaksi nousivat pintalattioiden sijainnit isossa hallissa sekä niiden monimuotoisuus. Valut olivat aina valettava pumpulla ja pumpun paikan löytäminen osoittautui välillä vaikeaksi. Kooltaan pintalattiat eivät olleet isoja valuja, mutta niiden tekemisen tekivät hitaaksi valmistelutyöt. Pintalattiat sisälsivät paljon isoja läpimenoja, joiden muotitus osoittautui välillä erittäin työlääksi. Esimerkiksi valettaessa kanavatilaa hallin katon rajassa, oli muotin tekeminen ontelolaatan alapuolelle erittäin hidasta kun korkeutta ontelokentän alapintaan oli 22 metriä. Tämä oli ongelma pääurakoitsijan puolesta, kun urakkarajassa läpimenojen muotitus kuului pääurakoitsijalle. Tämä kaikki vaikutti ongelmallisesti aikatauluun, valujen venyessä. Ratkaisuna saimme tiivistettyä valuaikataulua osasta pintalattioita, missä valmistelutyöt olivat huomattavasti kevyempiä ja vähäisempiä. Ensimmäisessä sirotepintalattiassa sirotteen määrä neliömetriä kohden ei täytynyt, jonka jälkeen jokainen käytetty sirottesäkki laskettiin valun päätteeksi. Tällä menetelmällä saatiin urakoitsija pysymään sovitus määrässä.

Maanvaraisissa lattioissa oli selvästi suurin vahvuus työryhmässä sekä kehittynein kalusto. Tällä oli omat hyötynsä sekä huonot puolensa. Urakoitsijan tullessa Latviasta oli kielimuuri pieni ongelma. Työnjohdon kanssa kommunikointi toimi suomeksi ja englanniksi, mutta työryhmästä ei juuri kukaan puhunut englantia. Tällöin kaikki tieto oli mentävä työnjohtajan kautta. Suurella miehityksellä eivät äkilliset sairauspoissaolot haitanneet ja valujen ollessa suuria joutui niissä olemaan mukana suurin osa työmiesten vahvuudesta, jolloin tieto kulki koko porukalle kerralla. Kaluston ollessa suurta ja laserohjattua oli sen hajoamisessa riskinsä. Isoimpien koneiden hajoaminen näkyi heti aikataulussa, joka oli suunniteltu isojen koneiden nopeudella.

Vähäisimmät virheet ja ongelmat olivat paalulattioissa ja ulkolaatoissa, niiden ollessa kohteen perinteisimmät lattiat toteutuksen kannalta. Mesta oli helposti saavutettavissa

ja kyseisiä lattioita on tehty mittavat määrät ennenkin. Paalulattiat olivat kahden urakoitsijan kesken toteutettu ja vähäisesti samat ongelmat heijastuivat mitä pääurakoitsakin kyseisillä urakoitsijoilla oli.

#### 5.4 Kohteen laatuongelmien korjausmenetelmät

Eniten ongelmia ilmeni etukäteen, koska niitä oltiin etsimässä ja valulohkoja tutkimaan. Yleisimpiä muutoksia, joilla ennaltaehkäistiin mahdollisia tulevia korjauksia, olivat liikuntasauvojen lisääminen, radon eristyksen ja irrotuskaistan lisääminen sekä lisäraudoituksen lisääminen. Näitä löydettiin järjestelmällisesti, mutta loppua kohden ne vähenivät urakoitsijan itse jo tiedostaen kyseisen tarpeen betonilattiassa. Liikuntasauvojen lisäys vaati aina suunnittelijan luvan ja yhteensovituksen Witronin hyllyjärjestelmän kanssa.

Olenneisimmat ongelmatilanteet varsinaisesti ongelmista puhuttaessa ovat ne, joita ei etukäteen pystytty korjaamaan. Näitä ovat kaluston hajoaminen, työryhmän työvirheet sekä työnjohdon virheet pääurakoitsijan sekä urakoitsijan puolesta. Ongelmat ja virheet ilmaantuvat siis kesken valutyön tai jälkeensä.

Logistiikkakeskuksen betonilattiaurakat ovat jaettavissa neljään eri lattiatyyppiin, jotka jaettiin kolmen urakoitsijan kesken. Jokainen lattiatyyppi ja urakoitsija tuottivat omat ongelmansa, joten ongelmien listaus ja niiden korjaus on helpointa urakkakohtaisesti

##### 5.4.1 Pintalattiat

Pintalattioissa veden tuominen mestalle tapahtui pitkällä vesiletkuilla kellarista, letkua saattoi olla satojakin metrejä. Oli sovittu ettei letkuissa pidetä paineita päällä kun vettä ei tarvita. Muutaman kerran letkuun oli jätetty vesipaine päälle, jolloin letkujen liitoskohdat pikkuhiljaa vuotivat vettä erilaisiin paikkoihin. Suuremmilta vesivahingoilta vältyttiin.

Ensimmäinen kulkukäytävän valu ei mennyt kuten oli sovittu. Betonilattian pinnaksi oli määritelty kuivasirotekäsittely, joka kyllä toteutettiin, mutta kolme kertaa vähemmällä sirotteen määrällä kuin oli sovittu. Jatkossa sirotekäsittelyä vahdittiin enemmän ja käytetyt tyhjät sirottesäkit laskettiin varmistuakseen että sirotetta tuli sovittu  $\text{kg/m}^2$  määrä.

Pitkillä kuljetinkäytävillä oli läpimenoja joihin tuli putki ja eriste ympärille. Putkia ei saatu vielä valuun joten niille jätettiin varaukset käyttäen läpimenoissa valun aikana tyhjää IV-putkea. Valun jälkeen tämä IV-putki poistettiin. Lattiaa hiertäessä oli hiertokoneilla lähes jokaista IV-putkea tönitty niin että putki oli kääntynyt vinoon. Tästä läpimenoa varauksesta ei sittemmin saanut putkea vietyä suorassa läpi, joten reklamaatiolla Betomix porasi vinoon jääneet reiät suoriksi timanttioralla.

Valujen toteutus pumpulla oli ajoittain ongelmallista. Pumpun letkua jouduttiin vetämään pitkiäkin matkoja ja letkun siirtäminen ja lyhennys ovat raskasta sekä sotkevaa työtä. Kuvassa 48 on kulkukäytävän päähän viety pumpun letku. Seinät ovat suojattu betoniroiskeilta muovein, mutta letkulla saatiin silti kolhittua ja sotkettua seinäpintoja sen raskaan siirtelyn takia. Myös tukokset joita sattui lähes joka valussa sotkivat työtä. Kuvassa 49 on ”terässiilejä” jotka ovat tukoksia pumpun letkusta. Teräskuidut aiheuttivat ajoittain tukoksen pumpun letkussa ja tukos ulos saatuaan näyttää vähän siilliltä, mistä nimityskin terässiili. Tarpeeksi suurella pumpun letkulla nämä tukokset voidaan välttää, mutta näillä matkoilla ja letkujen määrillä se ei ollut mahdollista. Letkua ei oltaisi saatu siirrettyä.



Kuva 48. Kulkukäytävässä päähän vedetty pumpun letku.



Kuva 49. Betonipumpun letkun tukoksia, niin sanottuja ”terässiilejä”.

Suurin ja työläin virhe mitä pintalattioissa kävi, oli sosiaalituloissa suihkuhuoneiden lattialämmityksen unohtuminen. Kyseessä oli puhdas unohdus jokaisen osapuolen puolesta. Vaihtoehtoista ratkaisua ei löytynyt, joten lattia jouduttiin lämmittämään. Lattialämmitys saatiin vaihdettua vesikiertoisesta sähköiseksi helpottaen jälkeenpäin tehtävää asennusta. Lattiaan sahattiin urat sähkökaapeleita varten betonin uritukseen tarkoitetulla sahalla. Kuvassa 50 on uritettu suihkuhuoneen lattia.



Kuva 50. Jälkeenpäin tehty lattialämmitys, sahaamalla urat betonilattiaan.

Valuluvan myöntämiseksi täytyi valettavan alueen olla valukunnossa edeltävänä päivänä, kun se käytiin tarkistamassa rakennusvalvojan kanssa. Projektin alusta loppuun asti pintalattioiden urakassa löytyi puutteita irrotuskaistoissa tai liikuntasauvojen kiinnityksessä. Ongelmat johtuivat vaihtuvasta työryhmästä ja työnjohtajasta.

#### 5.4.2 Ulkolaatat

Ulkolaattojen urakkaan kuuluivat myös huoltorakennus, aputoimirakennuksen sekä porttirakennuksen lattioiden valut. Ulkolaattojen valut sujuivat ilman suurempia ja merkittävämpiä ongelmia, mutta huoltorakennuksen maanvaraisen lattian kohdalla sattui merkittävä laiminlyönti. Huoltorakennuksessa on suuret oviaukot, joita ei ollut suojattu tarpeeksi valun ajaksi. Aurinko paistoi suoraan valetulle lattialle, joka johti suuriin laatuongelmiin lattian pinnalla. Kuvassa 51 näkyy, kuinka aikainen jälkihoito oli laiminlyöty. Tilaaja vaati kolmannen osapuolen tarkistusta betonilattian laadusta.



Kuva 51. Aurinko paistaa suoraan juuri valetulle betonilattian pinnalle.

Tilaaajan toivomuksesta kolmas osapuoli kävi tutkimassa lattian eikä löytänyt muuta puutetta, kuin pintaan tulleet halkeamat ja kopot kohdat. Yksi teoria niiden syntyyn oli maksimiraekoon sallima suurempi kivi, joka oli jäänyt noin sentin pinnan alle. Tällä tavalla kivi olisi jättänyt pinnan heikoksi, mikä selittäisi halkeamat ja kopoisuuden. Kuvassa 52 on kolmannen osapuolen arvioima halkeilun syy, missä on isohko kivi lattian pinnassa aiheuttanut lattian pinnan heikkouden. Kuvassa oleva tapaus ei liity huoltorakennuksen lattiaan. Kivi pinnalla teoria ei pätenyt halkeamia ollessa niin paljon, eikä lattian pintaa rikkomalla löydetty isompia kiviä läheltä pintaa. Huoltorakennuksen lattian pilasi valutyön aikana ja sen jälkeenkin sääolosuhteiden laiminlyönti.



Kuva 52. Lattian pinta on pettänyt lähelle pintaa jääneen ison kiven takia.

Huoltorakennuksen lattian korjauksessa lattia rusnattiin kauttaaltaan auki pinnasta ja valettiin uusi pinta kovabetonimassasta. Ennen uutta pintavalua alusta primeroititiin epoksi primerilla ja kylvettiin tartuntahiekka. Halkeamat saatiin lattian pinnasta poistettua uuden pinnan myötä, mutta lattia jäi edelleen kopoksi. Ongelma oli siis pintaa syvemmällä. Toinen korjaustoimenpide oli lattian injektointi. Injektoinnissa porattiin kaksi reikää kopon vastakkaisille puolille. Ensimmäiseen reikään asennettiin pumppausyhde ja toinen reikä toimi ilmanpoistoreikä. Pumppausyhteen kautta pumpattiin varovasti PHS-injektointihartsia. Kun injektointi tulee ulos ilmanpoistoreiästä, on kopon korjaus valmis. Reikiä porattiin tarvittaessa lisää. Sään tuoman olosuhteen laiminlyönti, missä betoni kuivui liian nopeasti auringon paistaessa suoraan betonilattian pinnalle, tuotti todella suuret korjaustoimenpiteet. Betonoinnissa ei saa laiminlyödä yhtäkään työvaihetta tai vähätellä pientäkin riskiä.

Yhdellä ulkolaatalla kävi virhe lattialämmitysputkiston asennuksessa. Lattialämmitysputkiston piti kiertää lähellä seinää olevat alueet, jonne lastauslaiturit tulevat. Teräksiset lastauslaituritasot tulevat ulkolaattaan kiinni poraamalla ja pulttaamalla. Yhden laiturin alle oli asennettu lämmitysputkisto, joka hajosi porauksessa. Korjaustoimenpide piti hyväksyttää tilaajalla ja putki päädyttiin paikkaamaan. Porauksesta hajonnut kohta piikattiin varovaisesti auki. Putkea piti saada tarpeeksi näkyviin niin että reiän paikkaaminen putkeen onnistuu. Putken paikkaamisen jälkeen piikattu kohta valettiin umpeen.

#### 5.4.3 Maanvaraiset lattiat

Ensimmäisen vaiheen aikana valuluvan tarkastuksessa tuli paljon lisäyksiä irrotuskais-tojen parantamisesta tai tuplaamisesta sekä lisäraudoitusten tarpeesta. Primekss kuitenkin sisäisesti nopeasti kyseiset lisäykset ja alkoi omatoimisesti asentaa kyseisiä lisäyksiä samanlaisissa paikoissa. Kaikkien viiden vaiheen toistaessaan suurimmalta osaltaan toisiaan kyseiset puutteet hävisivät ja Primekss itse otti epävarmoista asioista yhteyttä ennen valuluvan myöntämisen tarkastusta.

Primekssin maanvaraisien lattioiden sirotepinta tuotti välillä hankaluuksia. Sirote ei ollut tarttunut kunnolla betoniin vaan mureni ja lohkeili lähes itsestään irti. Myös isommille alueille sirote halkeili pinnasta pinnan näyttäen hämähäkinseitiltä. Tiivis hiushalkeilu ei silti vaikuttanut pinnan lujuuteen. Suhteessa pinta-alaan ja irronneeseen määrään ei sirote ollut toistuva ongelma, vaan satunnaista. Syitä sirotteen irtoamiseen on voinut olla paljon, suurin syy luultavasti oli kuitenkin vedessä. Vesi kuivui liian nopeasti pin-

nasta, jolloin betoni ja sirotepinta eivät tarttuneet keskenään ja sirotepinta jäi kellumaan pinnalle. Sirote naputeltiin irti tarpeeksi laajalta alueelta, että varmasti yhtenäinen heikosti kiinni oleva sirotepinta saatiin kaikki irti. Korjauksena sirotepaikkaus täytettiin sirotemassalla ja tällä paksuudella kuivumisajaksi riitti yksi päivä. Paikka jää korjatun näköiseksi, kuten kuvassa 53 erottuu selvästi paikan ulkorajat.



Kuva 53. Sirotepinnan paikkaus jää korjatun näköiseksi.

Lattialämmityksen lämmitysputkiston takia kyseiset valut täytyi suorittaa pumpulla. Yhdessä valussa lattialämmitysputki hajosi, johtuen putkien suojauksen pettämisestä. Pumpun valuletkun teräksiset liittimet repisivät putket rikki, joten liittimien kohdalla käytetään suojakupua. Suojakupun sisällä on kiinnitys johon valuletku kiinnitetään. Suojakupun letkun kiinnitys repesi kuvusta irti, jolloin kuvun pohja repesi mukana jättäen terävän revenneen reunan pohjaan. Revennyt pohja puhkaisi yhden lattialämmitysputken valun aikana. Kuvassa 54 näkyy suojan revennyt pohja. Onni onnettomuudessa oli sijainti ja valun tilanne lämmitysputken rikkoontuessa. Kuvassa 55 näkyy rikki mennyt kohta putkesta lähellä päätyä missä putki kääntyy ympäri. Rikkoontuminen tapahtui onneksi ennen kuin kyseiselle alueelle oli saatu levitettyä betonia, joten parhaimmaksi koettu tapa korjata kyseinen rikkonainen putki päästiin toteuttamaan. Rikki mennyt putken piiri vaihdettiin kokonaan uuteen. Piiri käsitteli neljä vierekkäistä putkea ja vaihtotyöstä koitui valamiselle kaiken kaikkiaan vaan noin puolentunnin viive. Putki paineistettiin vielä ennen kun valutyötä jatkettiin.





Kuva 54. Valuletkun liittimien suojana toimivan suojakuvun revennyt pohja.



Kuva 55. Rikki menneen lattialämmityspotken alle on laitettu merkiksi pala finnfoam levyä.

Lattialämmitetyllä lattialla Primekss ei käyttänyt laserohjattuja koneita betonin täryttämiseen ja tasaamiseen. Riski putkien rikkoutumisesta kasvaa pienemmillä ja kevyimmillä koneillakin. Laiskalla lattian tärytyksellä kuidut eivät valuneet pinnasta syvemmälle vaan jäivät yhdessä betonilaatassa pinnalle, jolloin sirotekaan ei riitä niitä peittämään. Kuidut nousevat viimeistään hierron aikana pintaan tai repeytyvät kokonaan irti. Tämä betonilattia, jossa kuidut jäivät pintaan, jäi täyteen pieniä reikiä lattian pinnassa, kun kuidut jouduttiin pinnasta poistamaan. Kuitujen paikkaaminen tapahtui sirotepaikkausmassalla ja jälki jäi kuvan 56 mukaiseksi.



Kuva 56. Pinnasta poistettujen kuitujen paikkausjäljet paistavat betonilattiassa.

Maanvaraisen lattian alle tulivat radonkaivot. Kaivoilta tulee radonin poistoputki, joka nousi pilarin vierestä lattian läpi suunnitelmien mukaan. Myöhemmin kuitenkin huomattiin kyseisen alueen olevan trukki liikenneväylä, missä putkella on törmäyssuojasta huolimatta riski mennä rikki. Työlään korjauksesta teki jo valettu lattia pilarin reunaan asti. Putken läpimeno piti siirtää jo valetulle lattialle. Kyseisellä pilarilla meni vaiheiden kolme ja neljä raja, joka mahdollisti tällaisen tilanteen. Kyseisen neljännen vaiheen radonkaivon poistoputki olisi pitänyt osata tuoda lattian läpi jo valattaessa kolmannen vaiheen lattiaa. Kuvassa 57 näkyy kuinka maanvaraiseen lattiaan sahattiin aukko pilarin reunasta alkaen, josta kaivettiin myös maata tarvittava määrä pois että putki saatiin tuotua siitä lattian läpi. Putki ja aukko valettiin tiiviiksi viereisen lattian valun aikana.



Kuva 57. Valmiiseen lattiaan sahattiin aukko, josta siirretty putken läpimeno tuotiin lattian läpi.

Kaluston hajoamisesta kärsi eniten Primekss, heidän käyttäessä omaa laserohjattua kalustoaan. Kyseisellä kalustolla valaminen suomessa ei ole vielä kauhean yleistä, joten kalustoa ei saatu vuokrattua tilalle. Primekssillä tuotti myös suomesta vuokralle saatavan kaluston saaminen ongelmia. Primekss käyttää vain omaa kalustoaan ja kiire tapauksessa kaluston saaminen voi tuottaa vaikeuksia. Kertaalleen lattian pentrauskäsittely venyi viikolla yli sovitun ajan. Primekssin lattianpesukone hajosi eikä vastaavanlaisen saamista vuokralle ollut katsottu valmiiksi. Koneen löytäminen kesti enemmän, kuin sen saaminen työmaalle ja lattian pesu ja pentraus. Suuri laserohjattu valukasto oli korvattavissa Primekssin omilla pienemmillä laserohjatuilla koneilla. Laatu ja tarkkuus eivät kärsineet, mutta pienemmällä koneella valupäivät venyivät. Dumpperin hajoatessa saatiin betoni levitettyä betoniautosta omalla kourulla. Betoniauton saaminen valumestalle asti ei aina ole helppoa betoniauton pituuden ja korkeuden takia.

Viimeisessä vaiheessa Primekssin liikuntasaumojen ja muiden materiaalien toimittaja vaihtui ja tämä aiheutti viivästyksiä valuissa. Liikuntasaumat ja L-raudat eivät saapuneet samoissa ajoissa ja useampaa valua jouduttiin siirtämään. Pakkasen halliin johtavat oviaukot neljänneältä vaiheelta valettiin aiempaan kesänä ja silloin katselmoitiin

lämmitettävät kynnykset. Loput lämmitettävät kynnykset saapuivat vasta pakkasen hallia valettaessa. Niiden saapuessa todettiin ne erilaisiksi kuin katselmoidut kynnykset. Kynnyksien vahvuus oli huomattavasti heikompi, ne eivät olleet päältä avattavia eikä niissä ollut kynnykselle varattua lämmitystä. Kyseessä oli noin 20 kynnystä ja uusien saaminen kesti yli viikon, joten viivästys oli taas tuntuva. Tuulikaappien kynnysten asennus oli erilainen kuin aiempien kynnysten joten asennustapakatselmus ja mallikatselmus täytyi vielä suorittaa.

Laitesyvennyksissä olevat pumppukaivot ovat siltä varalta jos laitesyvennykseen päätyy vettä, että se saadaan pumppukaivon kautta pumpattua pois. Pakkasen hallissa kuitenkin on pumppukaivo jätetty pois, mutta laitesyvennykseen on tehty sama syvennys sillä erotuksella että pohjalla on höyrynsulkukermi. Sama höyrynsulku kermi kiertää yhtenäisenä koko pakkasen lattian ja näistä laitesyvennyksien aukoista nähdään onko murskeeseen jäänyt vettä. Primeksillä kävi muutaman kerran vahinko valujen jälkihoidon kanssa. Kellareista tuodut vesiletkut olivat jääneet yöksi päälle ja letkujen liitokset olivat vuotaneet vettä koko yön lattialle. Jälkihoidon kastelulla pyritään pitämään betonin pinta märkänä, mutta tämä yöllinen kastelu saattoi mennä betonin läpi murskeeseen asti. Pakkasen jäädyttämistä ei voida aloittaa ennen kuin näistä laitesyvennyksien tarkastuskuopista voidaan todeta, ettei niihin enää kerry vettä.

Muutamassa sulkuhuoneessa onnistuttiin tekemään yksi virhe, joka havaittiin vasta valutyön valmistuttua. Sulkuhuoneen lattiat ovien alta olivat eristettyjä, koska sulkuhuone ei varsinaisesti ole vielä lämmin tila, vaan pakkasen ja lämpimän välitulana toimiva huone. Sulkuhuoneesta kylmään pakkashalliin oven kynnyksellä oli sähköllä lämmitetty eristetty kynnyksellä. Sulkuhuoneesta lämpimälle puolelle sulkuhuoneen ja lämpimän puolen lattiat on erotettu eristeellä. Eriste jäi päistään vajaaksi, jolloin luotiin mahdollinen kylmäsilta. Eristeen päistä jouduttiin piikkaamaan betonilattia auki eristeen paksuuden pituiselta matkalta ja aukko täytettiin uretaanilla.



Kuva 58. Oviaukossa lattiat jakava eriste on päistään vajaa luoden kylmäsilan.

#### 5.4.4 Muut virheet

Yleisiä virheitä betonilattioihin liittyen joissa ei varsinaisesti ollut syytä kukaan betonilattiaurakoitsijoista oli muun muassa työkoneista tulleet öljyvalumat. Työmaalla on käytössä todella monta henkilönostinta joista aina välillä jokin alkaa valuttaa öljyä. Näihin öljyvuotoihin täytyi puuttua heti, ennen kuin öljy lähtee imeytymään betoniin. Työmaalla oli säännöllisesti jaettu alkusammutuskaluston ja ensiapupisteiden yhteyteen öljynimeytysainetta. Mitä nopeammin öljynimeytysaine saadaan öljyvuotoon, sitä isompi todennäköisyys on estää öljyn imeytyminen tai edes jäljen jättäminen betonilattiaan. Kuvassa 59 on isompi öljyvuoto, johon on ensin levitetty öljyä imeviä mattoja ja sitten vasta öljynimeytysainetta.



Kuva 59. Öljyvudon torjunta öljynimeytysaineella ja matoilla.

Laitesyvennyksissä tapahtui suunnitelmamuutoksia, kun laitesyvennysten L-elementit olivat jo valmiita. Muutokset olivat pieniä laitesyvennyksen kokoon liittyen, joten jo valmistetut L-elementit pystyttiin käyttämään. Elementit asennettiin jättäen niiden väliin yksi isompi rako, tai viemällä pitkä elementti päästä yli nurkassa. Tämä muutos ei vaikuttanut rakenteisiin mitenkään. Elementtien asennuksien jälkeen isompi sauma muotitettiin ja valettiin yhtenäiseksi seinämäksi. Päästään yli ja pitkäksi menneen elementin ylimenevän osan pinnasta jouduttiin sahaamaan pala pois, maanvaraisen lattian tullessa pari senttimetriä elementtiä alemmas. Lattian reunoilla tämä ei haitannut, mutta tämä yksittäinen uloke toimii lattian ankkurina, eikä päästä lattiaa vapaasti kutistumaan.

Maanvaraisissa lattioissa yhdistyy eri paksuisia lattioita. Urakoitsija oli ensin tehnyt 220 mm ja 130 mm paksuisien lattioiden yhteisen liikuntasauaman matalammalla liikuntasauamalla luiskaten maata paksummalla lattialla. Ongelmaksi tuli paksumman lattian vahvuus liikuntasauaman vierestä. Lattia ei ollut tarpeeksi paksu pohjalla murskeella tehdyn luiskan takia. Witronin hyllyjärjestelmän kuormituksen takia lattian täytyy täyttää vaatimukset ja vahvuus joka paikasta. Näin ollen liikuntasauama vaihdettiin paksumpaan ja murskeella tehtiin luiska ohuemman lattian puolelle. Murskeella tehty luiska piti olla tarpeeksi loiva, ettei lattia jää lohenpyrstön muotoiseksi reunalta, joka estää lattian vapaan kutistumisen reunalta keskelle.

Yhdessä lattialämmityssä lattiassa onnistuttiin poraamaan lattialämmitysputki rikki. Kyse oli törmäyssuojasta joka tuli pultilla lattiaan kiinni. Lämmitysputken suojaetäisyys pintaan oli 150 mm ja törmäyssuojan kiinnitys vaati 100 mm syvän reiän. Kyseisessä asennuksessa ei oltu tietoisia lattialämmityksestä ja poraus meni tarkoitettua syvemmälle. Samaan kiinnitykseen oli porattu useampi pultti ja oli selvitetävää onko useampi vuotokohta. Vuodot selvitetään samalla tavalla kuin puhjenneen polkupyörän renkaassa, saippuavedellä. Kuvassa 60 on levitetty saippuavettä pulttien juureen ja toisen pultin juuressa saippuavesi kuplii. Putkeen on lisätty painetta koetta varten.



Kuva 60. Saippuavesi kuplii pultin juuresta vuotokohtaa paikantaessa.

## 5.5 Laadunvarmistus ja dokumentointi

Laadunvarmistukseksi suoritetaan työmaalla erilaisia katselmuksia ja malleja. Mallikatselmus, asennustapakatselmus, valuluvan myöntämisen tarkastus esimerkiksi ovat yleisiä katselmuksia työmaalla. Niistä tehdään pöytäkirjat, jotka allekirjoitetaan ja säätetään.

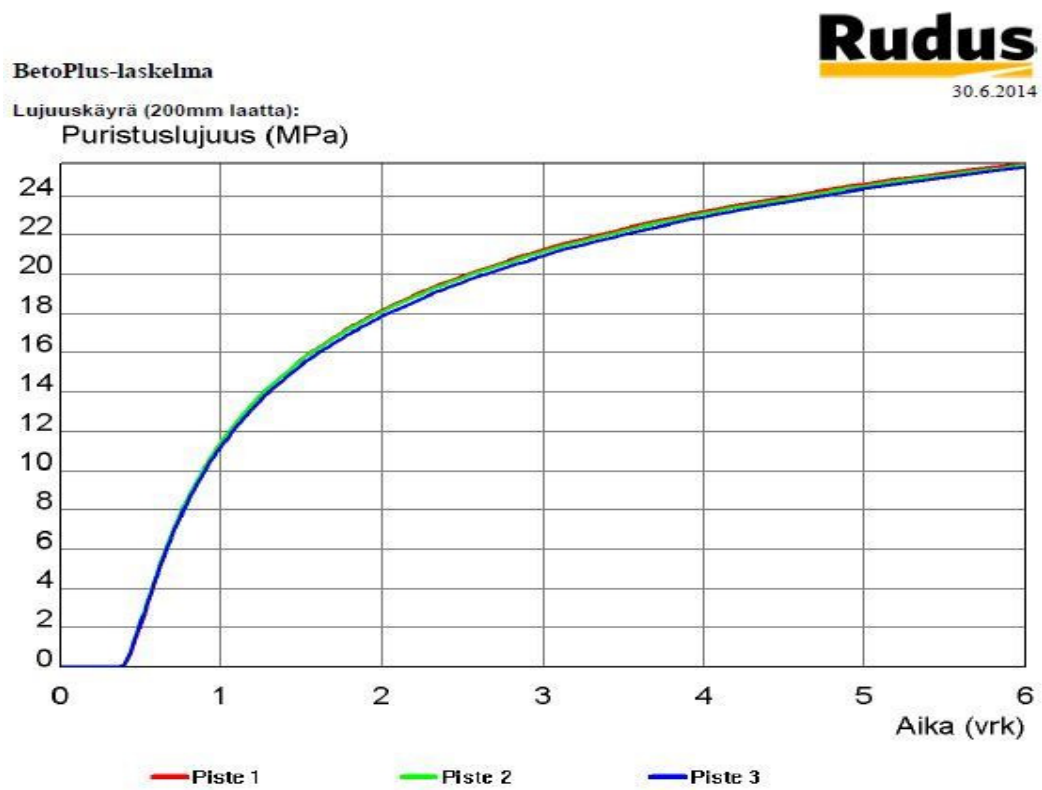
Työnjohdon tehtävä on välittää suunnitelmat työmaalle ja työmaalta muutokset toimistolle suunnitelmiin. Työn laadunvarmistus toteutuu myös työmaalta käsin. Työnjohtaja vaatii mestaa, materiaaleja, kalustoa, työmenetelmiä ja jälkihoitoa. Jokaisella edellä mainituista asioista on mahdollisuus pilata kyseinen työvaihe. Vaikka toimistolla yleis-aikataulussa pysytään, ei se tarkoita valmista mestaa työmaalla. Vaikka materiaalit on tilattu ja urakoitsija sanoo niiden tulleen, eivät ne välttämättä ole silti työmaalla tai ole sovittuja materiaaleja. Kalusto ja työmenetelmät kulkevat lähes käsi kädessä. Huonolla kalustolla ei hyväkään työryhmä kykene pysymään aikataulussa tai tuottamaan vaadittua jälkeä. Kalibroimattomat mittausvälineet tekevät jo työstä mahdottoman. Samoin viimeisen päälle olevalla kalustolla ei saada toivottua jälkeä, jos työryhmä ja työmenetelmät eivät ole kunnossa. On työnjohtajan velvollisuus huolehtia kaikista näistä asioista. Työnjohtaja voi vaatia urakoitsijalta kalibrointitodistusta kaikista urakoitsijan käyttämistä laitteista, jos on epäilystä laitteiden olevan epäkunnossa. Työnjohtajalle kuuluu yhtä lailla urakoitsijan työmiesten vahtiminen kuin kalustonkin.

Valettaessa varsinkin viileämmillä keleillä on varmistettava ja seurattava lämpötilaa. Kuvassa 61 on marraskuussa vahdittu lattian lämpötilaa säännöllisesti mittaamalla lämpötilan olevan riittävä. Vaikka rakennuksen vaippa on ummessa, ei kovilla pakkasilla rakennuksessa välttämättä ole tarpeeksi lämmin pelkällä työmaan aikaisella lämmityksellä. Valettaessa betoni on normaalisti noin 15 – 20 °C:n lämpöistä ja valun jälkeen betoni itsessään luo lisää lämpöä käydessään kemiallista reaktiota kovettuessaan. Loggeri on erinomainen apuväline betonin lämpötilan ja lujuudenkehityksen mittaamiseen. Se on pienikokoinen ja edullinen mittari, joka asetetaan betoniin valun yhteydessä. Loggeri antaa tietoa betonin lämpötilasta ja lujuudenkehityksestä tuntien tarkkuudella. Kuvassa 62 on loggerin antamaa tietoa lujuudenkehityksestä maanvaraisissa lattioissa ensimmäisen kesän valuista. Betoni saavutti jo kuuden päivän kohdalla 24 MPa puristuslujuuden betonilaadun ollessa lujuusluokka C25/30, raekoko #32mm ja notkeusluokka S2 normaalisti kovettava rakennebetoni. Betoni saavutti oman lujuutensa siis todella lyhyessä ajassa.



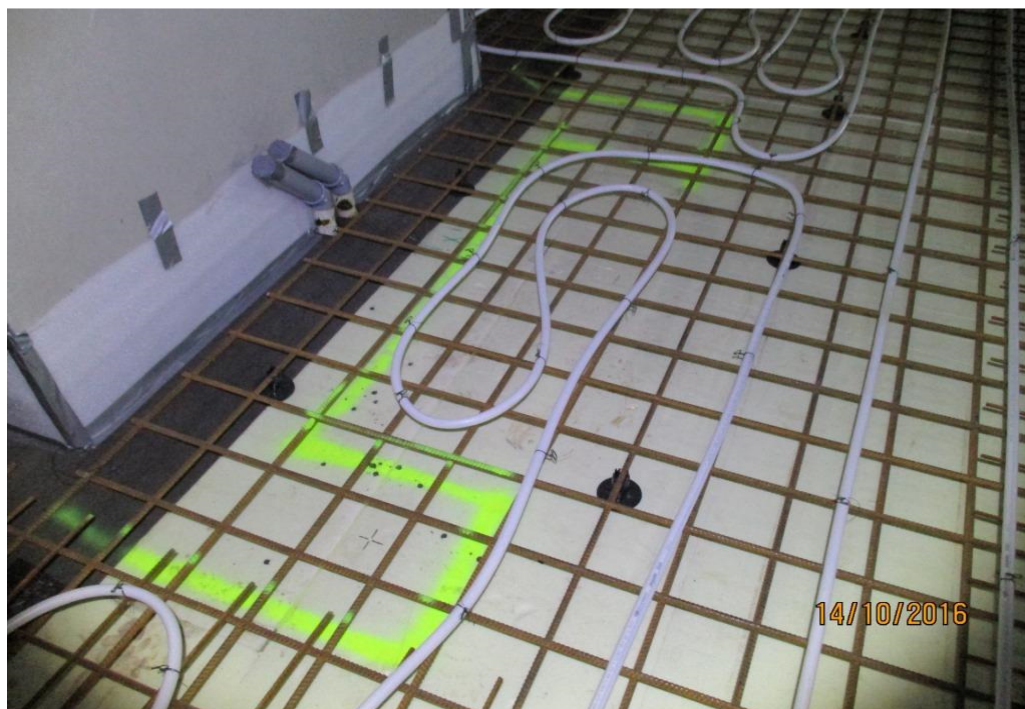


Kuva 61. Lämpötilan mittausta valettavassa tilassa.



Kuva 62. Betoni saavutti 24 MPa puristuslujuuden kuudessa päivässä.

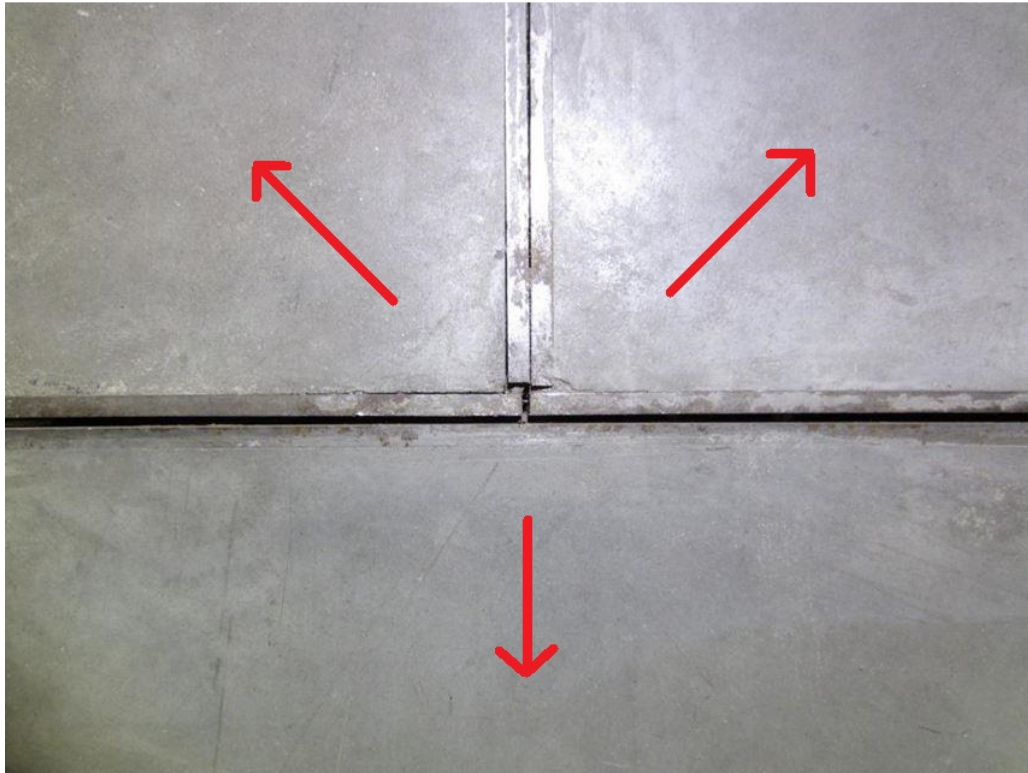
Lattialämmityksissä lattioissa pyrittiin lämmitysputkien suojaetäisyydestä huolimatta välttämään lämmitysputkien asentamista sellaisiin paikkoihin, joihin tiedettiin lattiaan tulevan kiinnityksiä poraamalla. Kuvassa 63 on suoritettu laskelma ovirakenteen ja sitä suojaavan törmäyssuojan kiinnityksistä lattiaan. Kiinnityksen paikat selvisivät laskemalla ja ne käytiin merkkäämassa keltaisella sprayllä lattian eristeeseen. Näin lämmitysputkiston asentaja näki alueet, joihin ei lämmitysputkia saanut asentaa. Kyseiset alueet vielä valokuvattiin ja merkittiin pohjapiirustukseen sekä dokumentoitiin talteen myöhemmää tarkastelua varten. Jos lattiaan tulevissa kiinnityksissä tulisi muutoksia, voitaisiin tähän dokumentaatioon turvautua.



Kuva 63. Lattian päälliset kiinnitykset lattiaan rajattiin keltaisella sprayllä ennen valua.

Valmiin lattian tarkempi tarkastelu kuuluu laadunvalvontaan. Yksi oleellinen tarkistettava asia on kiertää liikuntasaumot läpi ja tarkistaa niiden olevan irrallaan. Valun ajaksi liikuntasauvoja on saatettu hitsata yhteen helpottaakseen valutyötä. Hitsaus pitäisi purkaa aina valun jälkeen ennen kuin lattia aloittaa kutistumisen. Kiinni olevat liikuntasaumot eivät toimi tarkoitettulla tavalla ja lattia ei pääse vapaasti kutistumaan aiheuttaen halkeilua. Ennen valutilannetta on myös varmistettava että liikuntasaumot ovat auki oikeista paikoista. Esimerkiksi kuvassa 64 on vaakaan menevä liikuntasauga katkaistu pystyyn menevän liikuntasauoman kohdalta, että laatat pääsevät vapaasti kutis-

tumaan nurkista. Kuvan kahdesta liikuntasaumasta näkyy kuinka ne ovat avautuneet keskenään lattian kutistumisen myötä. Vaakaan menevä liikuntasauva on avautunut enemmän oletettavasti syynä olleen suurempi kutistumissuunta kuin pystyyn menevällä liikuntasaumalla. Tällaiset kohdat ovat normaalisti riskejä halkeilulle, mutta nyt liikuntasauvat toimivat lasketulla tavalla eikä halkeamia ole tullut.



Kuva 64. Liikuntasauvat ovat lähteneet avautumaan eikä lattia ole haljennut. Punaisilla nuolilla on kuvattu lattian kutistumissuunnat.

## 6 Yhteenveto

Rakentamisessa heijastuu vahvasti nykypäivän halu saada ja tehdä kaikesta isompaa ja nopeammin. Lähes 15 hehtaaria pohjapinta-alaltaan oleva logistiikkahalli kuvastaa hyvin nykypäivän tarvetta luoda asiat isommissa mittakaavoissa ja tehokkaammin. Ison rakennuksen myötä myös sen rakentamisen täytyy kehittyä. Tässä kohteessa näkyi erinomaisen hyvin rakentamisen yksi mahdollinen tulevaisuus, missä turvaudutaan yhä enemmän koneisiin. Maanvaraisissa lattioissa käytettyjen laserohjattujen koneiden tuoma tehokkuus oli ylivoimaisesti tehokkain tällä työmaalla käytetyistä betonointimenetelmistä. Kaikki urakoitsijat olivat jo siirtyneet perinteisestä raudoittamisesta kuitube-tonointiin, mutta vain yhdellä oli käytössä iso koneisto betonin työstämisessä. Varsinkin tämän kohteen tuomat laajat yhtenäiset isot betonilattiat nostivat näiden koneiden tehokkuuden esille. Primekssin kutistumaa kompensoiva lisäaine mahdollisti isompien yhtenäisten lattia lohkojen tekemisen, mutta ilman heidän koneitaan betonin työstämiseen olisi kulunut huomattavasti kauemmin ja pitkiä työvuoroja isojen lohkojen valamiiseen. Tietenkin koneiden tuoma hyöty on vain isoissa lattioissa, mutta rakentamisen paisuessa nykyvauhtia juuri näille isoille koneille löytyy työmaata. Olihan Primekssillä käytössään myös kevyemmät ja pienemmät laserohjatut koneet, jotka yhtäläillä olivat nopeita ja laserin tuoman ohjauksen myötä todella tarkkoja.

Kuvassa 65 näkyy laserohjatun betonikoneen palkki, joka täryttää lattian ja tasoittaa lattian pinnan oikeaan korkoon. Palkkia ohjataan ajettavalla koneella ja palkkia ohjataan monta metriä pitkällä puomilla. Palkilla saadaan työstettyä 15 m<sup>2</sup> valmiiksi tärytettyä ja haluttuun korkoon tasattua betonilattiaa kymmenissä sekunneissa. Koneen tuoma tarkkuus täyttää A<sub>0</sub> tasaisuusvaatimuksen. Tämä tuotannon tehokkuus on syy miksi koneet tulevat yleistymään niinkin yksinkertaisessa ruumiillisessa työssä mitä betonityöntekijät ovat kautta ajan tehneet. Ihminen ei yksinkertaisesti kykene samaan suoritukseen samassa ajassa, jo pelkästään lattian yhtä tasaiseksi saaminen käsin on todella haastavaa ilman aikarajoitusta. [2, s.407.]



Kuva 65. Palkki täryttää ja tasaa betonin pinnan oikeaan korkoon.

Kuvassa 66 kuivasirotetta levittävä kone toimii samalla tekniikalla pitkän puomin ja leveän palkin kanssa. Koneen tuoma hyöty on koneistettu sirotteen levitys, joka takaa tasaisen kerroksen kuivasirotetta verrattuna käsin levitettyyn sirotekerrokseen. Pitkällä puomilla mahdollistetaan myös sirotteen levitys heti tasatun betonin perään, mikä on iso etu sirotteen tartumisessa betoniin. Ei tarvitse odottaa betonin sitoutumista ja kovettumista niin kauan, että lattia kestää päällä kävelyä, jolloin vasta päästään levittämään sirote. Sirote sitoutuu paremmin märän pinnan kanssa, jolloin riski sirotteen irtoamiselle myöhemmin on huomattavasti pienempi kuin kuivemmalle betonipinnalle levitettynä



Kuva 66. Palkki levittää ja jakaa sirotteen tasaisesti betonilaatan päälle.

Kuvassa 67 näkyy kokonaiskuva missä kaikki kolme konetta ovat töissä. Ensimmäisenä dumperi levittää betonia, sitä seuraa betonin täryttävä ja tasoittava kone ja lopuksi sirotteen levittävä kone tulee perässä. Kuvassa koneiden yläpuolella näkyy jo valmiiksi tehtyä hierontaa odottavaa betonilattiaa. Valettavan lattian reunassa olevien palkkien etäisyys on noin 20 metriä ja raaka arvio lattian koosta mitä kuvassa näkyy yhteensä jo valettuna ja valamattomana on noin 900 m<sup>2</sup>. Kuvan ulkopuolella on vielä loput lattiasta. Primekssin suurin kerralla valama lohko oli noin 2500 m<sup>2</sup>. Näin suuria lattiaita ei ilman kyseisien koneiden apua saada valettua yhden normaalipituisen työvuoron aikana.



Kuva 67. Betonin levitys, tasaus, tärytys ja siroitepinnan levitys työvaiheet samassa kuvassa.

Kolme vuotta Sipoon logistiikkakeskuksen työmaalla toimineena työnjohtajana jokaista lattiaurakoitsijaa vastanneena, eniten mieleenpainuvien oli Primekss kalustollaan. Ongelmaksi koituu, jos jokainen suomalainen betonilattiaurakoitsija omaksuu kyseisten koneiden käytön. Suomessakin on kymmeniä lattiaurakoitsijoita ja en usko jokaiselle löytyvän yhtäaikaisesti työmaita. Rajaus tulee olemaan selkeä isompien firmojen ja pienempien välillä. Isoilla firmoilla on varaa laajentaa ja panostaa kyseisten koneiden puolesta, jolloin isoimmat betonilattiaurakatkin kallistuvat heille. Itse näen tämän tehokkaan tavan olevan seuraava mullistus, joka yleistyy betonilatioissa lisäaineiden ja kuiturautoitteen jo yleistettyä.

## Lähteet

- 1 Todellinen valtakunnanvarasto – S-ryhmän massiivisesta Sipoon logistiikkakeskuksesta lähtee päivässä tuhat rekkaa. Verkkodokumentti. Helsingin Sanomat. <<http://www.hs.fi/kaupunki/art-2000002855003.html>> Lisätty 6.10.2015. Luettu 6.10.2015.
- 2 Betoniteknikan oppikirja 2004 by 201. Suomen betoniyhdistys r.y. Multiprint Oy, Vantaa.
- 3 PTDC-logistiikkakeskus. Verkkodokumentti. <<http://www.tekla.com/fi/bim-awards-2015/bim-ptdc-freeway-fi.html>> Lisätty 9.10.2015. Luettu 9.10.2015.
- 4 Peltonen T., Kiiras J. (2000). Projektinjohtorakentamisen kehittäminen. Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry. Rakennustieto Oy. Helsinki.
- 5 Betoninormit 2012 by 50. Suomen betoniyhdistys r.y. . ESA Print Oy, Lahti 2013
- 6 Betonilattiat 2002 by 45. Suomen betoniyhdistys r.y. . Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2002.
- 7 Convergent Concrete Technologies, tuotteet. Verkkodokumentti. <[http://www.pentra.fi/index.php?node\\_id=15517](http://www.pentra.fi/index.php?node_id=15517)> Lisätty 10.12.2016. Luettu 10.12.2016.
- 8 Merle Styf, 2009. Jäähallin rakenteet. Insinööriyö. Metropolian Ammattikorkeakoulu.

## Haastattelut

- 1 Teuvo Niemi, 2015. Aluevastaava. Lemminkäinen Talo Oy.
- 2 Veijo Suoranta, 2015. Työnjohtaja. Lemminkäinen Talo Oy.
- 3 Olli Voutilainen, 2015. Työnjohtaja. Lemminkäinen Talo Oy.
- 4 Timo Laakkonen, 2015. Rakennuttajan työmaavalvoja. Projektipalvelu TILA Oy.



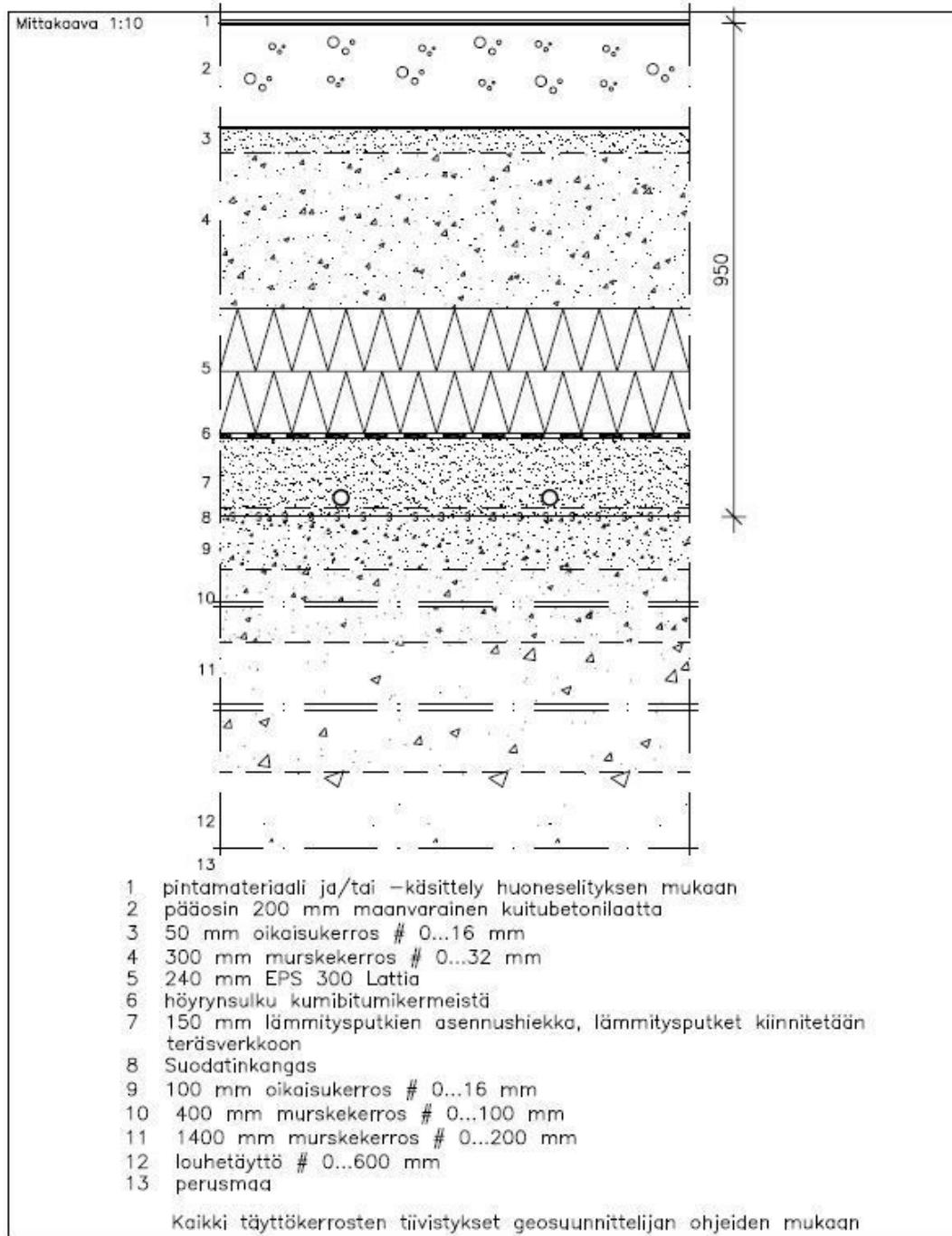
## **Liite 1. Kaksi eri alapohjatyyppiä sulanapitoputkiston suojaamista varten.**

Pakkasen lattialle tulevan suuren kuormituksen takia haluttiin sulanapitoputkiston suojaamiselle luoda useampi vaihtoehto. Ensimmäinen suunnitelma hylättiin heti, missä sulanapitoputket olisivat tulleet uritetun eristeen sisään. Sulanapitoputkisto haluttiin pitää eristeistä erillään paremman lämmönsiirtymisen toivossa. Sulanapitoputkiston suojaamisesta päädyttiin kahteen suunnitelmaan, joista toteuttajan roolissa pääurakoitsijana suosimme maatäytöllä suojaamisen tekemistä. Tilaaja hyväksyi tämän ehdotuksen ja työn toteutussuunnittelu alkoi.

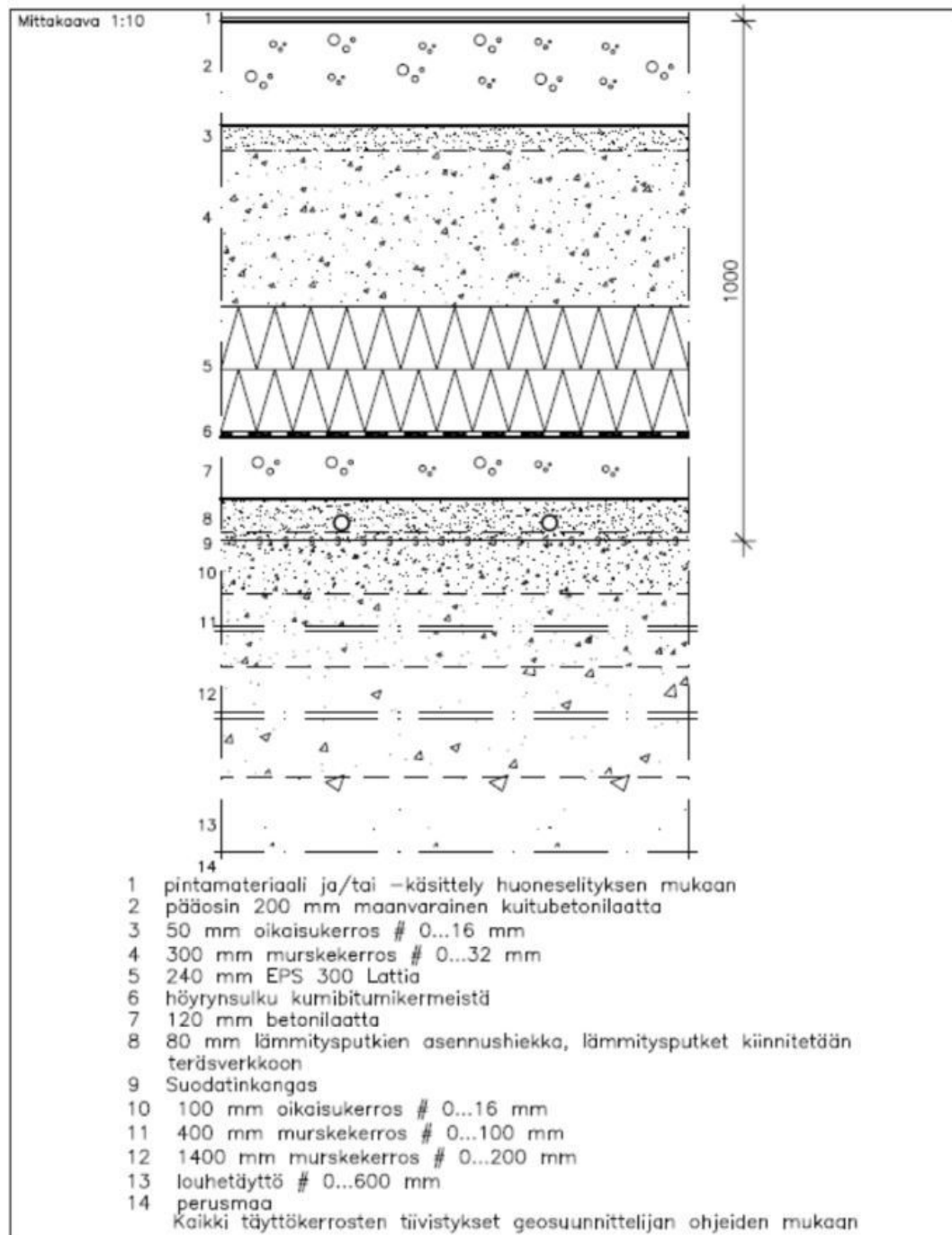
Sulanapitoputkiston suojaus omalla betonilaatalla olisi ollut lähes mahdotonta valmistaa yleisaikataulun mukaan. Rakenteen toteutus olisi ollut todella raskas ja hidastoinen betonilaatalle tullessa omat kovettumis- ja kuivumisajat. Betonilaatta itsessään ei olisi vielä ollut riittävä suojakerros sulanapitoputkille, joten suurien koneiden käyttö ei olisi ollut vielä mahdollista. Eristekerroksen jälkeen tuleva murskekerros olisi vasta kantanut suurien koneiden kuormaa. Betonilaatan valu suojakerrokseksi olisi käytännössä ollut vain yksi työvaihe lisää toisen vaihtoehdon rinnalle. Hitaasti toteutettava valutyö sulanapitoputkiston päälle sekä laatan kovettumisaika olisivat venyttäneet työvaiheen liian pitkäksi.

Liitteenä olevat alapohja rakennepiirustukset ovat vasta suunnitteluvaiheen piirustuksia kuvaamaan rakenteen materiaaleja. Tarkemmat tiedot kuten eri kerroksien paksuudet, raekoot ja sulanapitoputkiston kiinnitys päivitettiin toteutussuunnitelmiin.

<h1>AP3</h1>	Sisältö	
	Alapohjarakenne - pakkasvarasto -26 °C taso +0.00 hiekkasuojakerros	
	Tunnus	Muutos

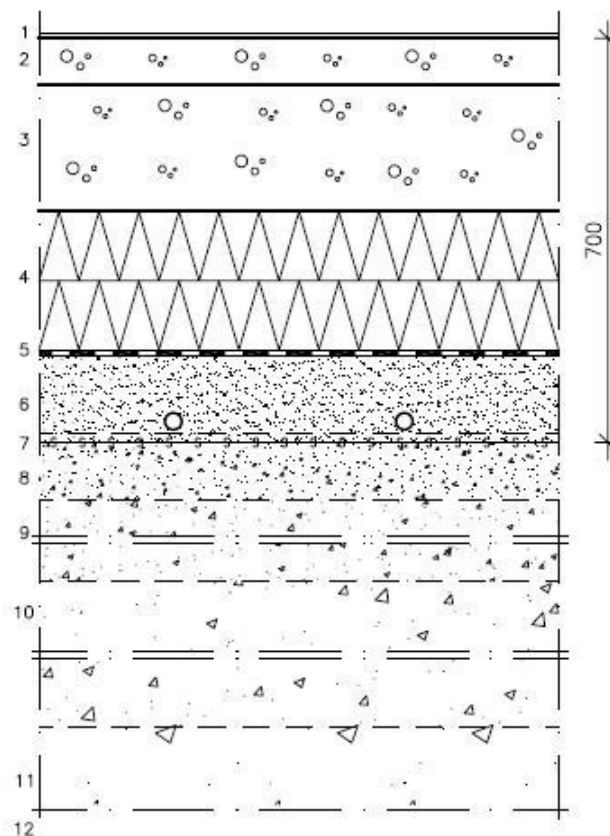


<h1>AP52</h1>	Sisältö Alapohjarakenne - pakkasvarasto -26 °C taso +0.000 betoni-laattasuojakerros	
	Tunnus	Muutos



<h1>AP53</h1>	Sisältö	
	Alapohjarakenne - pakkasvarasto -26 °C laitesyvennys, hiekkasuojakerros	
	Tunnus	Muutos

Mittakaava 1:10

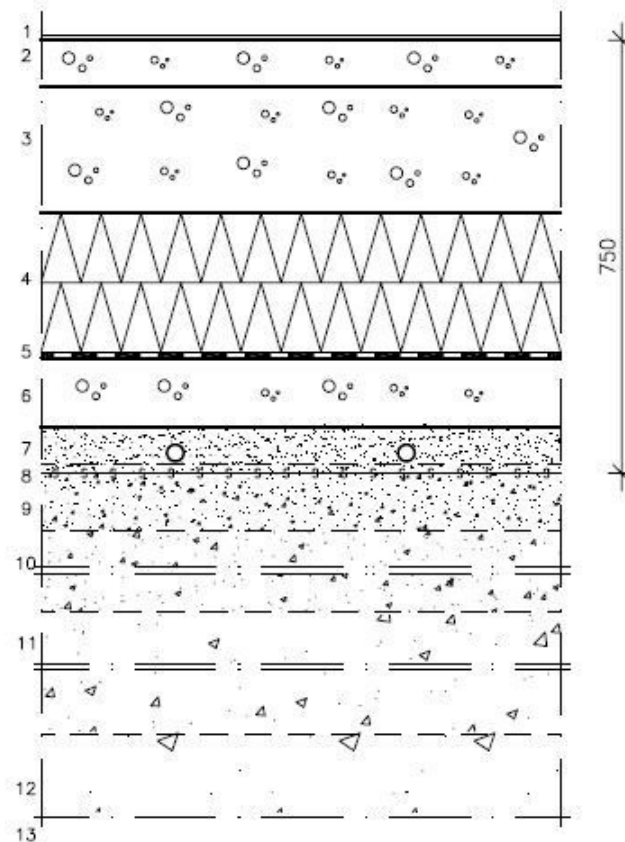


- 1 pintamateriaali ja/tai -käsittely huoneselityksen mukaan
- 2 80 mm kiinnitetty pintalaatta, kuitubetoni
- 3 220 mm maanvarainen kuitubetonilaatta
- 4 240 mm eristekerros, laatu tarkemmin laatan mitoituksen mukaan
- 5 höyrynsulku kumibitumikermeistä
- 6 150 mm lämmitysputkien asennushiekka, lämmitysputket kiinnitetään teräsverkkoon
- 7 Suodatinkangas
- 8 100 mm oikaisukerros # 0...16 mm
- 9 400 mm murskekerros # 0...100 mm
- 10 1400 mm murskekerros # 0...200 mm
- 11 louhetäyttö # 0...600 mm
- 12 perusmaa

Kaikki täyttökerrosten tiivistykset geosuunnittelijan ohjeiden mukaan

<h1>AP54</h1>	Sisältö Alapohjarakenne - pakkasvarasto -26 °C laitesyvennys, betonilaattasuojakerros	
	Tunnus	Muutos

Mittakaava 1:10



- 1 pintamateriaali ja/tai -käsittely huoneselityksen mukaan
- 2 80 mm kiinnitetty pintalaatta, kuitubetoni
- 3 220 mm maanvarainen kuitubetonilaatta
- 4 240 mm eristekerros, laatu tarkemmin laatan mitoituksen mukaan
- 5 höyrönsulku kumibitumikermeistä
- 6 120 mm betonilaatta
- 7 80 mm lämmitysputkien asennushiekka, lämmitysputket kiinnitetään teräsverkkoon
- 8 Suodatinkangas
- 9 100 mm oikaisukerros # 0...16 mm
- 10 400 mm murskekerros # 0...100 mm
- 11 1400 mm murskekerros # 0...200 mm
- 12 louhetäyttö # 0...600 mm
- 13 perusmaa

Kaikki täyttökerrosten tiivistykset geosuunnittelijan ohjeiden mukaan

## Liite 2. Pakkasen Witron-jäähdytysaikataulu.

Tässä liitetiedostossa on suunnittelijakokouksessa määritelty tahti millä pakkasen hallia saa jäähdyttää Witronin hyllyjärjestelmän se kestäen.

PARVIAINEN ARKKITEHDIT

Suunnittelijakokous 75 /  
22.5.2015 / s. 4

### LIITE 1 PAKKASEN WITRON-JÄÄHDYTYS-AIKATAULU

MHE equipment can take a drop of 2°C per day.

According to FEM 9.841, chapter 10.14 more details concerning scheduling is available:

- from 20°C to 2°C; 3°C per day
- from 2°C to -2°C; 1°C per day
- from 2°C to -30°C; 2°C per day

*After a certain minusc temperature has been reached, we need approx. 2-3 weeks to "re-tighten" the conveyor and racking equipment. It depends also on the design of the floor slab. I guess there will be some movement joints within OPM and HBW area. So far we have not seen floor slab details for phase 5.*

Start testing (Business Integration Test) with Inex is scheduled beginning of July 2018.

Testing and Witron's installation work could made simultaneously.