

**Ohje työnjohtajalle työvaiheen suunnitteluun ja toteutukseen
osana hanketta**

Perustustyöt ja talvibetonointi



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennusmestari

Syksy, 2017

Jenni Sorvisto

Rakennusmestari
Visamäki

Tekijä	Jenni Sorvisto	Vuosi 2017
Työn nimi	Ohje työnjohtajalle työvaiheen suunnitteluun ja toteutukseen osana hanketta	
Työn ohjaaja/t	Sami Niku-Paavo	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyöni aiheena on ohje työnjohtajalle työvaiheen suunnitteluun ja toteutukseen, sekä esimerkkiaiheena kirjoittajan tämän hetkinen työvaihe: perustustyöt. Tärkeimpänä tavoitteena on vahvistaa paitsi omaa osaamistani työvaiheensuunnittelussa ja -toteutuksessa, niin löytää myös uusia näkökulmia työnjohtajan arkeen.

Käsittelen opinnäytetyössäni tehtäväsuunnittelua, aikataulujen laadintaa, sekä laaduntarkkailua työnjohtajan näkökulmasta. Käyn myös läpi muutamia otteita tarvittavista asiakirjoista ja suunnitelmista, joita oman työvaiheen hallinta edellyttää.

Valitsin aiheeseeni omassa työssäni ongelmia tuottaneen työvaiheen osan eli talven ja sen vaikutuksen toteutukseen. Tämä siksi, että jatkossa voisin ainakin vähentää talven tuomien ongelmien mahdollisuutta ja osaisin paremmin ennakoida näissä tilanteissa. Talvi haasteena on myös toisaalta hyvin mielenkiintoinen ja hallittavissa työtekniikoin, kunhan ennakkosuunnittelu on hyvin tehty.

Opinnäytetyöni aiheeseen perehtyminen hyvällä tavalla pakotti minut samalla syventämään osaamistani betonointiin liittyvissä työtekniikoissa, sekä ottamaan paremmin selville suojaus- ja lämmitystekniikoita, josta on ollut iso apu työvaiheen hallinnassa.

Avainsanat

talvibetonointi, talvirakentaminen, työnohjaus, työnsuunnittelu, työvaiheen suunnittelu

Sivut 39 sivua + liitteitä 10 sivua

Degree Programme in Construction Management
Visamäki

Author Jenni Sorvisto **Year** 2017

Subject Instruction for site supervisor to design and accomplish the construction stage of a building project

Supervisors Sami Niku-Paavo

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to draw up instructions for a site supervisor on how to design and accomplish a construction stage as part of a building project. An example of the is the foundation work and winter concreting. The effect of winter causes problems in building and is challenging. The main aim was deepen writer's own knowledge and find some new points of view to the daily work of a site supervisor especially to manage winter concreting.

Task planning, drawing up of functional schedules and quality control were discussed from the supervisor's point of view. In addition, the effects of winter were dealt with in terms of each stage of the building project. Some documents and plans were studied to find out information to manage the stages of the project. Techniques of the winter concreting, protection and the heating systems were also studied in depth.

As a result of the thesis a set of instructions was produced to design and accomplish the stage of building the foundation in winter.

Keywords Concrete, instruction, site supervisor, winter

Pages 39 pages + appendices 10 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	HANKKEEN KÄYNNISTYMINEN	2
2.1	Siirtyminen suunnittelusta kohti rakentamista	2
2.2	Työvaiheen suunnittelu.....	4
2.3	Tehtäväsuunnittelun toteutus ja seuranta	6
3	TOTEUTUKSEN OSAT	8
3.1	Aikataulu	8
3.2	Talven vaikutus aikataulusuunnitteluun	14
3.3	Laatu.....	16
	Mitä tarkoittaa laatu ja miten sitä hallitaan rakennustyömaalla?.....	16
3.4	Laadunhallinnan suunnittelu ja potentiaalisten ongelmien analyysi	17
3.5	Talven vaikutus laadunhallintaan.....	21
3.6	Hankinta	23
3.7	Työturvallisuus	26
3.8	Talven vaikutus työturvallisuuteen	27
4	KYLMÄNAJAN PERUSTUSTYÖVAIHEET	28
4.1	Maa-ainesten sulana pito.....	28
4.2	Talvibetonointi suojaus ja lämmitys.....	30
5	PERUSTUSTÖIDEN TOTEUTUS	32
5.1	Talvibetonointisuunnitelma	32
5.2	Lämpötilaseuranta	33
6	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET.....	39

Liitteet

Liite 1	Talvibetonointisuunnitelma
Liite 2	Työvaiheen hallinta taulukko (POA)
Liite 3	Työvaiheen hallinta taulukko (Osakokonaisuudet)

1 JOHDANTO

Suomen sääolosuhteissa ainakin puolet vuodesta kuuluu talvityöskentelyn piiriin. Talvibetonointikausi katsotaan alkavaksi jo, kun lämpötila laskee alle +5 °C. Rakennusalalla se tarkoittaa mm. talvibetonointiin, lämmitysjärjestelmiin ja sulana pitoon liittyviä suunnitelmia ja ennakkointia talvea vastaan. Talvibetonointi vaatiikin aina hyvän talvibetonointisuunnitelman, joka pakottaa ottamaan asioista selvää ja miettimään vaihtoehtoja mm. suojaukselle ja lämmitykselle. Talvi ja sen tuomat lisähaasteet olivatkin syy lähteä tutkimaan työnjohtajan roolia työnsuunnittelussa, sekä tuoda työvaiheen vaatimat ponnistelut ja aikataulut esille, jotta sen oman työvaiheen ennakkosuunnittelu olisi helpompaa.

Jokaiseen työvaiheeseen tulee olla nimettynä vastuullinen työnjohtaja, jolla tulisi olla mahdollisimman hyvät ennakkosuunnitelmat työvaiheesta, sekä tieto siitä mitä pitää ottaa huomioon. Ikävä kyllä varsinkin uusilla työnjohtajilla tällaista ei välttämättä ole käytössään, sillä pitkälti kokemus ja hyvä perehtyminen työvaiheeseen on ainoa tapa saada työvaihe hallintaan. Mitä oudompi työvaihe on työnjohtajalle, sen tarkemmin se pitäisi ehtiä käydä sisällöllisesti läpi ennen työn aloitusta, mutta usein rakennustyömaan aikatauluissa ei meinaa olla tarpeeksi aikaa työvaiheisiin perehtymiselle. Jokainen kuitenkin kokeilun ja erehdyksen kautta löytää ne ratkaisumallit ja työvaiheen hallintaa helpottavat työkalut, jotka sopivat juuri itselleen. Ei ole mitään yhtä oikeaa tapaa toimia.

Tästä syystä olen päätenyt opinnäytetyössäni käymään työvaiheensuunnittelua ja toteutusta lähinnä työnjohtajan kannalta läpi, eli aikataulu-, laatu ja tehtäväsuunnittelua ja näiden konkreettista hyödyntämistä työnjohtajan arjessa. En siis ota kantaa niinkään suunnittelupuoleen tai edes vastaavan työnjohtajan rooliin, vaan pysyn osa-alueella, johon mielestäni työvaihesuunnittelun ohjausta kaivataan työmailla. Kokematon työnjohtaja joutuu opettelemaan melko itsenäisesti työvaiheiden suunnittelua ja jonkinlainen ohjetaulukko tai kirjanen olisi uran alussa paikallaan.

Miksi sitten aiheeksi valikoitui perustustyö ja talvibetonoinnin haasteet? Puhtaasti siitä syystä, että tähän ongelmaan törmäsimme eräällä hankkeella, jossa toimin aloittelevana työnjohtajana. Aikataulu oli tiukka, eikä hetken mielijohteessa tehdyt lämmitys- ja sulatusratkaisut ainakaan taloudellisesti olleet kannattavia. Saimme kuitenkin pitkän höyrytysjakson jälkeen maat sulamaan ja talvikin hellitti otettaan, mutta tulevaisuutta ajatellen; tuohon tilanteeseen en enää halua ajautua.

Kiitos kuuluu myös työnantajalleni YIT Rakennus Oy:lle, kun sain opinnäytetyössäni hyödyntää omaa työvaiheettani ja ymmärtäväisille kollegoille, jotka jaksoivat jakaa omaa kokemustaan ja osaamistaan kanssani.

2 HANKKEEN KÄYNNISTYMINEN

Kun puhutaan rakennushankkeesta tai projektista, on hyvä muistaa, että sillä tarkoitetaan kokonaisuutta, johon kuuluu rakennusluvasta, suunnitteluun, toteutukseen ja valmistumiseen sisältyvät asiat. Työvaihe on vain pieni osa kokonaisuutta, mutta hyvin merkittävä sellainen. Hyvin suunnitellut ja toteutetut työvaiheet tekevät kokonaisuuden, jos yksi tai kaksi työvaihetta niin sanotusti epäonnistuu työnsuunnittelun kannalta, saattaa sillä olla vaikutus aikatauluun ja seuraaviin työvaiheisiin, mutta koko hanketta se ei vielä kaada.

Rakennushankkeen kokonaiskuva on ehkä helpompi hahmottaa, kun ensin käydään läpi hiukan koko hankkeen syntymekanismeja ja sitten perehdytään työnjohtajan osaan hankkeen eteenpäin viennissä.

2.1 Siirtyminen suunnittelusta kohti rakentamista

Rakennusyrityksen solmittua urakkasopimus, ryhdytään yleensä heti valmistelemaan varsinaisen rakentamisen aloittamista. Hankkeen käynnistämiseksi pidetään hankkeen aloituspalaveri, jossa mm. todetaan sopimustilanne ja sovitaan suunnitteluvaiheen työnjako, sekä rakennusvaiheen organisaatio, tehdään niin sanottu organisaatiokaavio. Aloituspalaveriin osallistuvat hankkeesta riippuen esimerkiksi työpäällikkö, vastaava työnjohtaja ja työnsuunnittelija.

Seuraavaksi tarkennetaan suunnitelmia, jotka ovat jo tarjousvaiheessa tehtyjä, laaditaan tarvittavia erityissuunnitelmia ja tehdään menetelmävaihtoehtotarkasteluja. Kustannusarviosta on tarkoitus kehittää työmaan tavoitearvio ja tästä taas saadaan raamit laadittua hankebudjetille. Nyt meillä on hankkeen vaatimat aloitus edellytykset ja ajatukset siirtyvät tarkemman sisällön, eli itse rakentamisen toteutukseen.

Aloituspalaveri on kaikessa yksinkertaisuudessaan se paikka, jossa selvitetään, milloin työmaa voidaan käynnistää ja käydään läpi urakkasumma ja sen sisältö ja tietysti myös vaadittavat ilmoitukset, anomukset ja viranomaisluvut. Aloituspalaveriin kerättävä aineisto vastaa sisällöltään pitkälti tehtäväsuunnitelmaa tai ainakin vähintään sisältää kokonaisuudessaan tehtäväsuunnitelman. Eli kun muistio kirjoitetaan hyvin, niin tehtäväsuunnitelma tulee samalla tehtyä.

Pienessä hankkeessa työmaan organisoinnin tekee työpäällikkö melko itsenäisesti, mutta usein asia käsitellään ja päätetään aloituspalaverissa.

Aikataulu- ja resurssisuunnitelmia laadittaessa käytetään myös jo tarjousvaiheessa tehtyjä alustavia suunnitelmia hyväksi, joita sitten tarkennetaan olosuhteiden, solmittujen sopimusten ja muiden työn suorittamiseen vaikuttavien tekijöiden mukaisiksi. Aikataulun laadinnassa ajatuksena on perehtyä kohteen ominaisuuksiin ja tietysti urakka-asiakirjoissa sovittuihin ehtoihin, kuten rakentamisaika ja välitavoitteet. Yleisaikataulu on

sitova asiakirja, kun sen ovat kaikki hankkeeseen ryhtyvät yhdessä hyväksyneet ja tämä yleensä tapahtuu työmaakokouksessa.

Hankkeen yleissuunnitteluun kuuluu tärkeänä osana tietysti myös työmaan tavoitteiden asettaminen, eli jo aiemmin mainittu tavoitearvion laadinta, joka tehdään kustannusarvion avulla ja tässä yhteydessä tehdään yleensä myös suunnitelma hankkeen tuloista ja menoista, eli hankebudjetti. Budjetti on tärkeä osa hanketta, sillä ilman rahoitusta ei rakentamista voida toteuttaa. Urakkamuodosta riippuen hankkeilla on usein eri tavalla rahaa käytettävissä. Pienemmissä kilpa-urakkakohteissa on hyvin tarkoin lasketut budjetit, kun taas isommissa esimerkiksi KVR-urakoissa raamit ovat leveämmät. KVR, eli kokonaisvastuurakentaminen on suunnittelua sisältävää urakointia.

Hankkeesta riippuen työn suorittamista ja ohjausta varten joudutaan laatimaan runsaasti ns. erityissuunnitelmia. Erityissuunnitelmien sisältö vaihtelee oleellisesti työvaiheesta riippuen, mutta hyviä esimerkkejä ovat elementtiasennus-, muotti- ja sähköistysuunnitelmat. Jotkut irralliset erityissuunnitelmat saattavat tuntua aloittelevasta työjohtajasta pieniltä asioilta, mutta kun huomataan, ettei sähkökaappien tai jatkojohtojen teho riitä esimerkiksi pitämään lämmittimiä päällä talvipakkasilla, niin hyvä työmaasähköistysuunnitelma tulee tarpeeseen. Eikä ole ihan sama mistä suunnasta elementtiasennus alkaa, jos edeltävät työvaiheet ovat samanaikaisesti käynnissä.

Oleellinen osa työmaan perustamista on myös erilaiset hankinnat, sopimukset ja ilmoitukset, näihin palataan jossain määrin myöhemmin tämän työn edetessä.

Työmaalle täytyy järjestää myös työsuojelu. Sen tehokkuus määräytyy hyvin pitkälle jo työmaan perustamisvaiheessa tehtyjen ja tekemättä jätettyjen toimenpiteiden perusteella. (Koski 1995, 36.)

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on myös työturvallisuutta koskevia velvoitteita, sillä kaikkia hankkeen osapuolia koskee työturvallisuuslain 738/2002 velvoitteet riippumatta siitä, mikä on heidän asemansa rakennustyömaalla. Turvallisuussuunnittelun ydin on kaikessa yksinkertaisuudessaan ennakoita ja torjua työturvallisuusriskejä. Usein rakennuttajilla on myös eettiset perusteet, taloudellisten lisäksi, hyvälle turvallisuusjohtamiselle ja täten myös syy vaatia hankkeen sisältämien riskien ennakointiin ja ”taklaamiseen” tähtäävää turvallisuussuunnittelua rakennustyössä. Rakennusalan yhteisesti hyväksymien asiakirjamallien ja ohjeiden käyttö kuuluu hyvään rakennuttamistapaan. Näitä esimerkkejä ovat RT-kortisto ja Sopimuslomake Net. Rakennuttajan ja rakennushankkeeseen osallistuvien osapuolten on näiden avulla selkeää määritellä työturvallisuustehtävät ja samalla synnyttää aktiivista yhteistyötä ja tiedonsiirtoa osapuolten välillä. (RT 10-10982, 1.)

Rakennuttajan työturvallisuusvelvoitteita ovat esimerkiksi tarveselvitys, jonka on niin sanottu alustava selvitys hankeselvitystä varten ja sen tietoja ovat mm. pilaantuneet maa-ainekset, peruskorjattaviin rakennuksiin liittyvät rakennetiedot ja näistä tarvittaessa teetetään lisäselvityksiä. RT kortin ohjeistusta lainaten hankkeen valmisteluvaiheen velvoitteita ovat myös turvallisuuskoordinaattorin valinta: ”Jokaisessa rakennushankkeessa rakennuttajan velvollisuutena on huolehtia lainsäädännön mukaisista työturvallisuustehtävistä. Rakennuttajan on nimettävä hankkeeseen turvallisuuskoordinaattori ja

huolehdittava, että nimetyllä turvallisuuskoordinaattorilla on hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävä pätevyys, toimivalta ja muut edellytykset työturvallisuustehtävien asianmukaiseen suorittamiseen.” (RT 10-10982, 3.) Jo mainitsemani hankeselvitys on sitä, kun työturvallisuuteen liittyviä tietoja kerätään ja hankitaan eri lähteistä. Näitä voivat olla tontin teknistä rakentamiskelpoisuutta tai mittauksista tehdyt selvitykset. Kohteen käyttötarkoitus, sekä mahdolliset muut tiedot suunnittelijoita varten, työturvallisuuteen liittyen, sisältyvät hankesuunnitelmaan. Kuten huomataan, hankkeen työturvallisuussuunnitelmaan liittyy paljon asiaa mm. suunnittelun valmistelua ja -ohjausta, itse rakentamisen valmistelua ja -ohjausta, sekä vastaan- ja käyttöönoton ohjausta. (RT 10-10982, 4-7.)

Turvallisuuteen liittyviä asiakirjoja ovat turvallisuusasiakirja, jolla urakoitsija velvoitetaan rakennuttajan toimesta, tekemään turvallisuussuunnittelua hankkeen erityispiirteisiin liittyvistä tehtävistä. Rakennuttaja laatii kohteesta turvallisuusasiakirjan, jossa esitetään nämä kyseisen kohteen erityiset vaara- ja haittatekijät, joita ei voida pitää tavanomaisina rakentamiseen liittyvinä tekijöinä ja tähän pohjaten urakoitsija on veloitettu tekemään erityispiirteisiin liittyvistä tehtävistä tarkempaa turvallisuussuunnittelua. Rakennuttaja liittyy tämän asiakirjan jokaiseen urakkaan, jonka tilaa. Kohteeseen on myös laadittava rakennuttajan toimesta, turvallisuussäännöt. Tätä varten rakennuttajan on asetettava tavoitteet työturvallisuuden tasolle ja sen seurannalle, yhteistoimintaan liittyville tehtäville ja kokouksille työmaalla, sekä turvallisuussuunnitelman käsittelylle ja muille rakennuttajalle asetetuille viranomaismääräyksille liittyen työturvallisuuden huolehtimisveloitteen tehtäville. Viimeinen aiheeseen liittyvä asiakirja on menettelyohje, joka vastaa kysymykseen ”mitä toimia rakennuttaja edellyttää, säädösten noudattamisen lisäksi, urakoitsijoilta työturvallisuuden suhteen”. Menettelyohjeet sisältävät työhön varatun ajan ja sen ajoituksen, vaatimukset koskien erityisiä työmenetelmiä ja työhygieenisiä mittauksia. Menettelyohjeissa voidaan käsitellä lisäksi myös putoamissuojauksesta, työmaan liikennejärjestelyjen toteuttamista, rakennus- ja katualueen käyttöä, työmaanaitaamista, sekä tietysti työssä syntyvien jätteiden käsittelyä tai kulkulupakäytäntöjä.” (RT 10-10982, 8-9.)

Työturvallisuuteen liittyen erittäin monipuolinen ohjekortti, jota olen itsekkin tässä lainannut, löytyy RT-kortistosta nimeltä rakennuttajan työturvallisuusveloitteet rakennushankkeessa. Ohjekortti sisältää myös paljon mallipohjia ja valtioneuvoston asetuksesta Vna205/2009, tarpeellisia tiivistyksiä. Työturvallisuuskansion malliasiakirjat löytyvät myös internetistä kootusti. Näitä valmiita pohjia saa ja pitää hyödyntää omassa työssänsä ja varsinkin, kun vasta aloitellaan omaa uraansa. (Rakennustieto ry.)

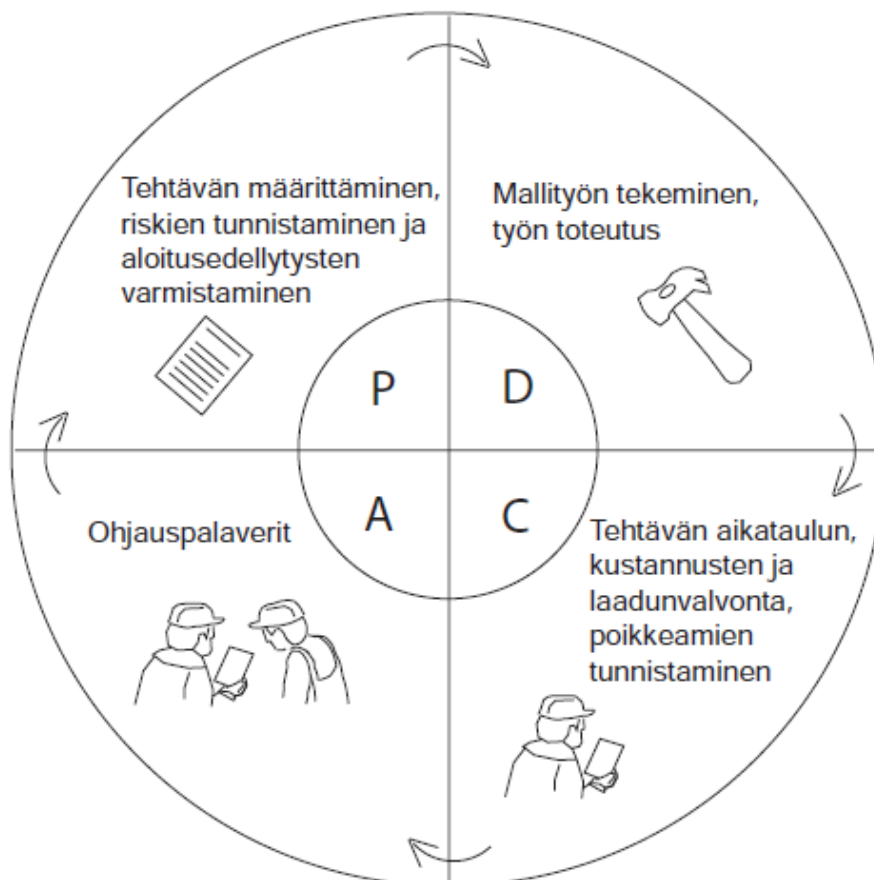
2.2 Työvaiheen suunnittelu

Työvaiheen suunnittelu on toiselta nimeltään tehtäväsuunnittelua. Tehtäväsuunnitelman avulla tarkennetaan yhden tietyn työvaiheen sisältöä, sekä varmistetaan tehtävän aloitusedellytykset ja toisaalta myös yhteen sovitetaan seuraavat ja edeltävät työvaiheet. Mihin tehtäväsuunnittelua sitten tarvitaan? Tehtäväsuunnittelu on yksi työmaatuotannon johtamisen väline, jolla varmistetaan, että yksittäinen työvaihe menee ns. maaliin sille annettussa aikaikkunassa ja varatussa budjetissa, sekä tietysti laatuvaatimusten mukaisesti.

Ennen työn aloitusta on myös oltava selvillä, että työhön osallistuvilla on yhteinen käsitys työn tavoitteista ja vaatimuksista, sekä selkeä visio, miten tavoitteet saavutetaan. Tehtäväsuunnittelun ydinkohta on siis ymmärtää miksi tehtäväsuunnitelma yleensäkin tehdään. Mitä pitää suunnitella ja mitkä ovat työvaiheen riskikohtia.

Kuten perinteinen viikkosuunnittelu, myös tehtäväsuunnittelu on osa työjärjestelyä ja sen tarkoitus on vähentää viikkosuunnittelun tarvetta ja se poikkeaa viikkosuunnittelusta siten, että tehtävät suunnitellaan kokonaisuuksina alusta loppuun eikä vain kahden viikon ajalle eteenpäin. Tavalliset viikkosuunnittelut eivät välttämättä riitä varmistamaan tehtävien tavoitteenmukaista suoritusta, sillä ne helposti johtavat hajanaisiin suunnitelmiin eikä näiden perusteella pystytä ohjaamaan tehtävän muodostamaa kokonaisuutta. Viikkosuunnittelu on kuitenkin väline, jonka avulla tehtävien toteutusta voidaan ohjata suunnitelmien mukaiseksi.

”Suunnitteluprosessin voidaan kuvitella etenevän Demingin ympyrä-mallin mukaan. Tehtäväsuunnittelu (Plan) kattaa tehtävän määrittämisen ja aloitusedellytysten varmistamisen. Tekeminen (Do) sisältää mallityön tekemisen ja lopulta työn toteutuksen. Tarkistusvaiheessa (Check) valvotaan tehtävän aikataulua, kustannuksia ja laatua. Jos havaitaan poikkeamia suunnittelusta, epäkohtiin puututaan (Act) ja ohjataan työtä. Tarvitavat toimenpiteet suunnitellaan ja tällä syklillä edetään koko tehtävä läpi.” (RATU S-1228, 2.) Katso kuva 1.



Kuva 1. Tehtäväsuunnittelu Demingin ympyrä-mallin mukaan. (RATU S-1228, 2.)

Tehtäväsuunnittelussa tehtävän tai oikeastaan työvaiheen tuotannosuunnittelu-, ohjaus- ja valvontavastuu annetaan kyseisen työvaiheen osakokonaisuuksista vastaavalle henkilölle. Pääpaino yksittäisen tehtävän suunnittelussa on kuitenkin tehtävän aloitusedellytysten ja suorituksen varmistamisessa, mutta tietysti huomioida myös muut käynnissä olevat työvaiheet ja näiden liittymäpinnat. Aloitusedellytysten varmistamiseen kuuluu mm. edeltävien tehtävien valmistuminen aikataulun mukaisesti, tuotesuunnitelmien valmiuden ja niiden toteutettavuuden tarkistaminen, sekä teknisten yksityiskoh- tien tarkistaminen, materiaali ja tarvikemäärien selvittäminen ja ajoittaminen työkohteittain, tarvittavien työvälineiden luetteloiminen ja saannin varmistaminen, sekä jättei- den keräyspisteiden ja mahdollisen lajittelun selvittäminen.

Tehtäväsuunnitelman tekee tehtävästä vastuullinen työnjohtaja. Hän valitsee käytössä olevien resurssien puitteissa ne keinot, joilla hän aikoo toteuttaa tehtävän siten, että kyseiselle tehtävälle asetettavat tavoitteet ja vaatimukset saavutetaan. Tehtäväsuunni- telman avulla työnjohtaja jäsentää itselleen työvaiheelle asetetut ajalliset ja taloudelli- set tavoitteet, sekä laadulliset vaatimukset. Tehtäväsuunnittelussa suunnitelmat täy- dentävät toisiaan ja mm. aikataulu-, kustannus ja työturvallisuussuunnitelmat nivoutu- vat yhdeksi. Tehtäväsuunnitelma laaditaan palvelemaan työnaikaista ohjausta sekä tie- tysti työnjohdon ja työntekijöiden välistä tiedonkulkua. Vastaavalle mestarille tehtä- väsuunnitelma on väline kokonaisuuden hallintaan ja hankkeen laadunhallintaan. Anta- essaan tehtäväsuunnitelmien laatimisen työnjohtajille vastaava mestari voi kontrolloida työnsuunnittelua ja sen laatua. Tehtäväsuunnitelma välittää vastaavalle mestarille myös tietoa tehtävien koordinoitua ja ongelmien ehkäisyä varten. Etenkin asuntotuotannossa tietyt tehtävät toistuvat kohteesta toiseen hyvin samanlaisina, jolloin myös tehtä- väsuunnitelman sisältö voidaan osittain vakioida, etenkin laatuvaatimusten osalta ja li- sätä vain kohdekohtaiset vaatimukset siihen. Jos alirakkasopimus on jo tehty, tehtä- väsuunnittelussa keskitytään aloituskokouksessa käsiteltäviin asioihin sekä tehtävän aloitusedellytysten varmistamiseen. Mikäli näin ei kuitenkaan ole ja osa hankinnoista, lähinnä kiire- ja ennakkotarjouksiin perustuvat hankinnat, joudutaan tekemään jo ennen tehtäväsuunnitelman tekoa jolloin tuotannon johtamisen näkökulmat eivät ole vielä täs- mentyneet, tällöin sopimukseen jätetään mahdollisuuksien mukaan avoimeksi asioita, joita voidaan tarkentaa lähempänä tehtävän suoritusta. Nämä avoimet asiat täsmenne- tään tehtäväsuunnitelman avulla alirakan aloituskokouksessa tai materiaalityötoimitusten toimitusmääräyksissä. (Junnonen 2010, 125- 126; RATU S-1228.)

2.3 Tehtäväsuunnittelun toteutus ja seuranta

Tehtäväsuunnittelussa työvaiheen toteuttaminen suunnitellaan kokonaisvaltaisesti ja riittävän tarkasti ja varmistetaan, että tehtävän toteutus täyttää sille asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Samalla varmistetaan, että tehtävä toteutuu häiriöttä. Tehtäväsuunni- telmassa tulee käydä läpi kaikki ne asiat, jotka liittyvät kyseiseen työvaiheeseen. Samalla kootaan työvaihetta koskevat asiakirjat, joista käy ilmi työn toteutukselle asetetut ajal- liset ja taloudelliset, sekä laadulliset vaatimukset. Tehtäväsuunnitelman lähtötiedot, eli asetetut tavoitteet ja vaatimukset käyvät ilmi mm. rakennuttajan tahtoa kuvaavista so- pimusasiakirjoista, kuten suunnitelmat, rakennusselostus, työselostus sekä urakkaoh-

jelma. Urakoitsijan omista laskenta- ja tuotantosuunnitteluasiakirjoista, kuten kustannusarviosta, yleisaikataulusta, sekä yrityskohtaisissa tiedostoissa ja ohjeista. Aina on myös voimassaolevia viranomaismääräyksiä, kuten työturvallisuuslainsäädäntö, myös sitovista viranomais säännöksistä esimerkiksi rakennuslupaan liittyvistä ehdoista. Rakennusalalla on myös yleisiä käytäntöjä, joista työvaiheen vaatimukset käyvät ilmi. Tällaisia ovat Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset RYL2000-, RATU- ja RT-julkaisut sekä Betoniyhdistyksen, Suomen Rakennusinsinööriliiton ja Suomen geoteknisen yhdistyksen julkaisut. (RATU S-1228.)

Lähtötietojen perusteella puolestaan muodostetaan tehtävän ajalliset ja taloudelliset tavoitteet, sekä selvitetään laatuvaatimukset rakennetta ja sen oikeaoppista toteuttamista varten. Samalla olisi hyvä tarkistaa laskentamuistio, joka on tehty tavoitearvion laadinnan yhteydessä ja se sisältää seuraavat asiat: suunnitelmista tai urakka-rajoista tapahtuneet poikkeamat laskennassa, asiakirjoissa havaitut ristiriitaisuudet ja laskentatapa näissä kohdissa ja mahdollisuudet työtapojen muutoksiin, poiketen asiakirjoista.

Tehtäväsuunnitelmaan kuuluu myös mahdollisten ongelmien ennakointi, eli POA (potentiaalisten ongelmien analyysi). Tämän tarkoituksena on, että työnjohtaja miettii ongelmia, jotka voivat estää työvaiheen toteuttamisen suunnitelman mukaan ja ratkaisuvaihtoehtoja niihin.

Yleisaikataulu taas kertoo työvaiheen ajalliset tavoitteet aloitus- ja lopetusajankohtina. Niiden avulla voidaan määritellä tuotantonopeusvaatimus eli paljonko valmista tuotetta on synnyttävä, jotta aikataulussa pysytään. Tämä on mahdollista tehdä helposti valvottavaan muotoon, kuten esimerkiksi ”elementtien asennusvauhti kerroksittain”.

Laatuvaatimukset ovat puolestaan hyvä muokata mitattavaan muotoon, mikäli se on mahdollista, eli mieluummin kerrotaan sallitut poikkeamat millimetreinä ja mitataan ne kuin, että merkitään työvaiheen tarkistuskorttiin vain ok, eikä mitään mittaustulosta. Työvaiheesta on hyvä sopia yhteinen laadunvarmistuskeino ja koota työryhmän käyttöön jonkinlainen itsearviointilomake tai mittaustulomake, jotta työvaiheen laatuvaatimukset ovat tekijöille ja työtä johtaville selvillä.

Työkohde myös tarkistetaan ennen tehtävän aloitusta aliurakoitsijan, hänen työntekijöidensä, sekä työnjohtajan kesken ja varmistetaan mahdollisen kaluston ja laitteiston kunto, turvalliset siirtotiet materiaaleille, sekä määritellään varastoalueiden sijainnit. Mestän tarkistus voidaan suorittaa aliurakan aloituskatselmuksen yhteydessä. Tällöin on hyvä myös varmistaa, että työssä tarvittavat materiaalit, tarvikkeet ja työvälineet ovat käytettävissä ajallaan ja oikeanlaatuisina, sekä työhön liittyvät työturvallisuustoimenpiteet on huomioitu. Osapuolten yhteinen käsitys toimenpiteistä, tehtävän toteuttamiseksi, varmistetaan työvaiheen aloituspalaverissa, joita pidetään työnjohdon ja työntekijöiden kesken. Samassa yhteydessä tarkennetaan lopputuotteeseen liittyviä teknisiä yksityiskohtia ja kehitetään tehtävän suoritusta. RATU-tiedostossa on useita valmiiksi laadittuja esimerkkejä työvaiheiden tehtäväsuunnittelusta. (RATU S-1228.)

3 TOTEUTUKSEN OSAT

Työvaiheen toteutus vaati monenlaista ennakkosuunnitelmaa ja työnjohdon välistä katkeamatonta tiedonkulkua onnistuakseen. Eräässä rakennusteollisuuden kirjassa oli hyvin tiivistetty tuotannonhallinnan ydin: ”Periaatteena on, että jos asiaa ei voi valvoa, sitä ei myöskään kannata ohjata, ja jos asiaa ei voi ohjata, sitä ei kannata suunnitella.” (Junnonen 2010, 7.)

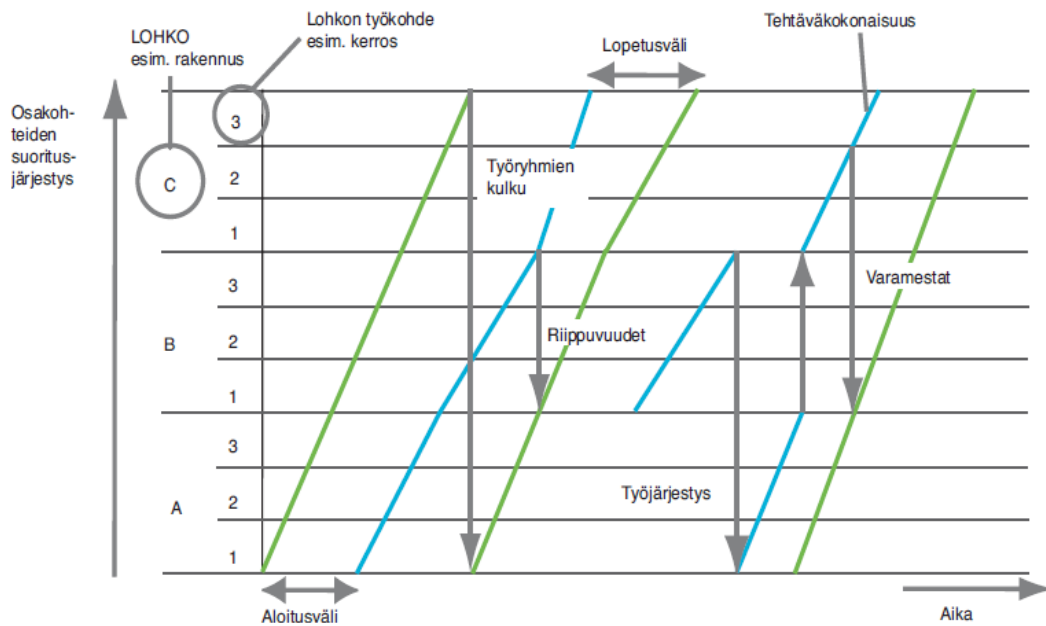
Tässä osiossa käyn läpi työmaan ja pääasiassa työvaiheen vaatimia osa-kokonaisuuksia aina aikataulusta, laadunhallintaan, sekä pintaraapaisun verran hankintaa ja työturvallisuutta. Lisään myös jokaiseen osa-kokonaisuuteen talven vaikutuksen juuri kyseisen työn suunnitteluun, sillä vaikka moni ajattelee, että rakentaminen nykypäivänä onnistuu kesällä ja talvella yhtä hyvin, niin haluan tuoda esiin talvenvaikutukset esimerkiksi aikataulutuksessa. Ei ole aivan sama minä vuoden aikana betonia valetaan tai kuinka merkittävä rooli on sillä sataako lunta, paahtaako aurinko vai onko keli tyyni ja lämmin. Hyvä työvaiheensuunnittelu ja -toteutus ovat kokonaisuus pieniä, mutta erittäin tärkeitä vaihteita.

Hyvin suunniteltu ja omaan työvaiheeseensa perehtynyt työnjohtaja on koko ajan tietoinen, miten ja missä työvaihe etenee, sekä hallitsee aikataulua ja sitä myöden kustannuksia. Kun taas työnjohtaja, joka elää hetkessä saattaa joutua juoksemaan ”tulipalojen” perässä pitkin työmaata, aikataulujen hallinta on kaaosta ja työvaihe saattaa repeillä liitoksistaan, kun jokin vastoinkäyminen tulee. On siis erittäin tärkeää olla niin sanotusti oman vastuu työvaiheensa päällä, eikä jäädä sen jalkoihin.

3.1 Aikataulu

Keskeisin tuotannonhallinnan, eli rakentamisen osa-alue on työmaan ajallinen hallinta. Mikäli aikataulua ei saada laadittua niin, että se on toteutuskelpoinen, sekä realistinen ja siinä pääpiirteittäin koko ajan pysytään, niin ei voida myöskään olettaa, että muu tuotannonhallinta välttämättä onnistuisi. Ajan hallinta on ehdottomasti edellytys onnistuneella hankkeelle. (Junnonen 2010.)

Rakennushankkeissa aikataulu voidaan esittää monin eritavoin ja esitysmallilla ei ole merkitystä sen sitovuuteen. Aikataulumuotoja on perinteinen jana-aikataulu, jonka pystyakselilta luetaan tehtävät ja vaaka-akselilta puolestaan aika. Suunniteltu aikaväli tehtävälle lukee aikataulussa päivämäärinä ja jana piirtyy kalenteriosaan viikkoina. Jana-aikataulussa usein lukee pystyviivoin tärkeitä vaihteita, kuten lämmöt päälle ja myös kaikki loma-ajan katkot ovat aikatauluun helppo merkitä. (RATU KI-6021, 21.) Katso kuva 2.



Kuva 3. Esimerkki paikka-aikakaavion toimintaperiaatteesta. (RATU KI-6021, 25.)

Paikka-aikakaavio onkin oiva väline, kun halutaan tunnistaa mitä tehtäviä suoritetaan missäkin työkohteessa ja paljonko tehtävillä on joustoa häiriöitä ja lisä- ja muutostöitä varten, sillä se kyllä selkeästi osoittaa poikkeamat tuotantonopeudessa, osakoh-teiden suoritusjärjestyksessä ja aloitusajankohdissa. Paikka-aikakaavio on myös hyvin selkeä työkalu, kun yksittäistä työvaihetta jakaa osakoh-teisiin ja liittää mukaan myös tahdistavat työvaiheet. Esimerkiksi väliseinätöitä suunniteltaessa, kun työhön liittyy myös talo-tekniiset, eli LVIS-työt ja niiden aiheuttamat riippuvuudet, jotka luovat omat haasteensa aikataulutukselle, on paikka-aikakaavio mielestäni selkein väline pitää työvaihe hallin-nassa.

On vielä muutama aikataulumalli, jotka mielestäni toimivat työnjohtajalle työvaiheen suunnitteluun oivana välineenä. Näistä toinen on valvontavinjetti, joka on siis kuva mi-hin merkitään työvaiheiden tai osakoh-teiden valmiusaste. Kuva voi olla aluesuunnitelma tai se voi olla myös matriisi- muotoinen, eli tällöin matriisin ruudukot toimivat seuran-nan välineenä. Matriisin reunoilla on suunnitellut työt ja matriisiruudussa suunniteltu aloitus- ja lopetuspäivämäärä. Työtä seurataan rastitusperiaatteella tai värein. Ruudun yli vedetään viiva, kun työt on aloitettu ja toinen viiva vedetään ristiin, kun työ on valmis. Tämä on vain yksi esimerkki toteutuksesta ja jokainen voi kehittää oman seurantajärjes-telmänsä esimerkin pohjalta. Katso kuva 4.

Tehtävän hierarkia	Valvottava tehtävä	Osakohde	Talo 1			Talo 2	
			kerros	1. krs	2. krs	3. krs	1. krs
12	Saunan rakenteet		29 ma 30 ke	30 ke 31 pe	31 pe 33 ti	33 ti 34 to	34 to 36 ti
13	Parkettilattiat		31 pe 32 ti	32 ti 33 to	33 to 35 ma	35 ma 36 ke	36 ke 37 pe
14	Pintamaalaus		38 pe 39 ma	39 ma 39 ti	39 ke 40 to	40 to 41 pe	41 pe 43 ma
23	LVV						
23.4	Vesirungot		20 ma 20 ma	20 ti 20 ti	20 ti 20 ti	21 to 21 to	21 to 21 to
23.5	Lämpö päällä		20 to 20 to				
23.6	KPH lattiahaj.		19 ma 20 ma	20 ti 21 ti	21 ke 22 ke	22 to 23 to	23 pe 24 pe

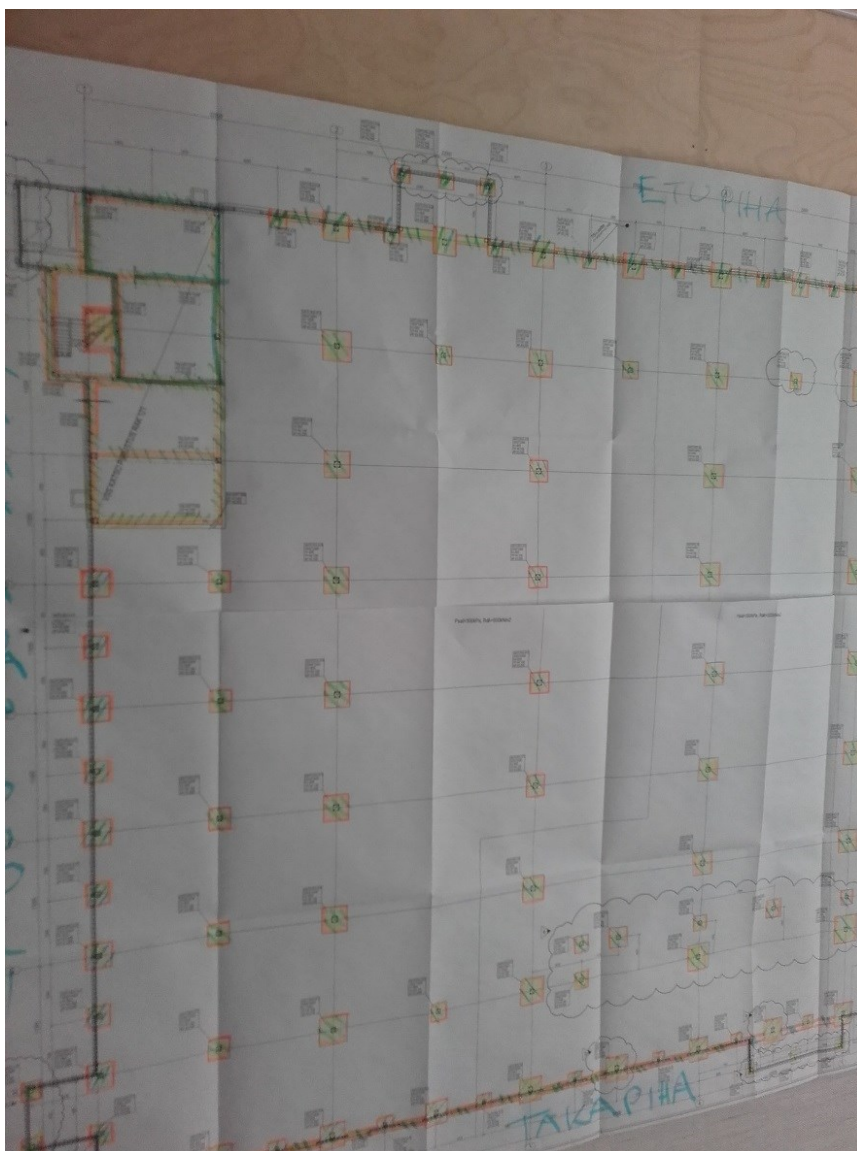
Työtä ei ole aloitettu
 Työ aloitettu
 Työ valmis

tehtävän aloitusviikko ja viikonpäivä
 19 ma
20 ma
 tehtävän lopetusviikko ja viikonpäivä

Kuva 4. Esimerkki valvontavinjetistä. (RATU KI-6021, 30.)

Valvontavinjetti on hyvin selkeä apuväline viikkoaikataulutukseen ja työvaiheiden etenemisen seurantaan. Perinteisesti, jos haluaa värejä käyttää viivojen ohella, on punainen merkki myöhässä olevasta, vihreä puolestaan valmistuneesta ja sininen käynnissä olevasta työvaiheesta. Työnjohtajalla on hyvä olla jonkinlainen 3-viikkoissuunnitelma esillä, joka elää työvaiheessa mukana ja kertoo päivittäin tilanteen. (RATU KI-6021, 30-31.)

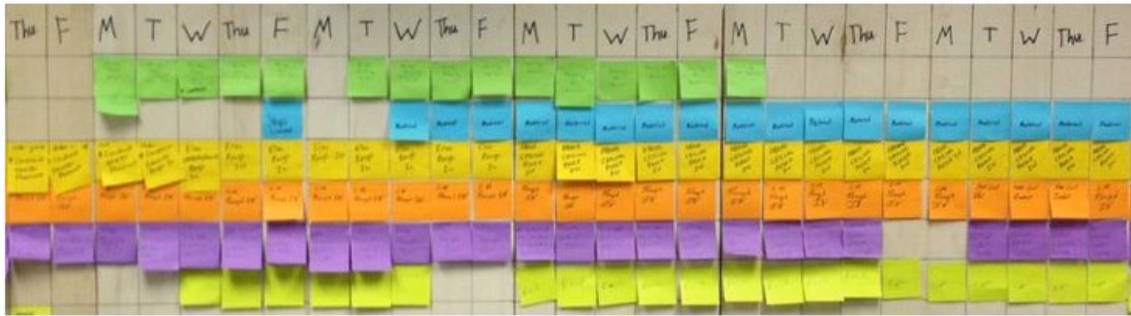
Itse käytän eräänlaista valvontavinjettiä apuna työvaiheen hallinnassa. Olen tulostanut kohteen rakennesuunnittelijan laatiman perustuskuvan ja asettanut sen toimistoni seinälle, tähän pohjakuvaan merkitsen tietyn värikoodein, milloin anturat ovat valmiina muottien ja terästysten osalta, milloin taas täysin valmiita ja valettuja. Sekä aina ajoissa ennen jokaista betonivalupäivää työhuoneeni ovesa on pohjakuva, josta kohteen muutkin osapuolet näkevät, mitä olemme valamassa ja milloin, sekä mihin pumppuau-ton olen suunnitellut ajattaa. Tämä selkeyttää ajatuksiani muille, sekä itse pysyn koko ajan tilanteen tasalla työvaiheen etenemisestä. Pidämme myös neuvotteluhuoneessa yhteistä pohjakuva infrapuolen työnjohdon kanssa, josta käy ilmi, milloin anturapohjat ovat valmiita heidän osaltaan ja milloin minun työvaiheeni pääsee etenemään tai ajaa heitä kiinni. Katso kuva 5.



Kuva 5. Pohjakuvan hyödyntäminen valvontavinjetinä.

Viimeisin, mutta ei vähäisin aikataulumuoto, jonka haluan nostaa esille, on uudehko ja pikkuhiljaa rakennustyömailta "valtaava" Last Planner -menetelmä. Se on menetelmä, joka on Yhdysvalloissa 1990-luvulla kehitetty rakentamisen tuotannonohjaukseen.

Tämä aikataulu ei ole perinteinen jana tai edes tietokoneversio, vaan kaikessa yksinkertaisuudessaan esimerkiksi suuri tyhjä paperi, johon reunaan merkitään urakoitsijat ja suunnittelijat ja vaakariveillä käytetään kullekin oman väristään tarralappua, joihin kirjataan kukin työvaihe, tehtävä tai suunnitelma. Yläriviltä luetaan viikkoja ja päiviä, milloin mikäkin työvaihe alkaa tai päättyy ja suunnittelijoiden osalta, milloin mikäkin suunnitelma pitää olla työmaalla käytössä. Kuulostaa sangen vaikealta, mutta sitä se ei ole. Tästäkin aikataulumallista on niin monta versiota, kun käyttäjäkin, mutta pääasia kaikissa aikatauluissa on, että ne toimivat juuri siinä hankkeessa ja hänelle, kuka aikataulua käyttää. Alla kuva esimerkistä. Kuva 6.



Kuva 6. Last Planner -aikataulu. (Last Planner n.d.)

Last Plannerin idea on saada kaikki hankkeessa mukana olevat henkilöt, eli suunnittelijat, urakoitsijat, rakennusurakoitsijan työnjohto ja talotekniikka, eli LVIS-urakoitsijat yhdessä miettimään hankkeen kokonaisuutta.

Last Planneria on tarkoitus mieltä takaperin, eli ladata ajatus sinne missä on hankkeen valmistumispäivämäärä ja yhdessä etsiä se aika, jolloin työvaihe on viimeistään oltava valmis, milloin sen on alettava ja näin saadaan tieto, milloin suunnitelmien on oltava valmiita. Kun tämä tehdään yhdessä, niin menetelmä myös sitouttaa hankkeen eri osapuolia enemmän ja helpommin huomataan, mitä mikäkin työvaihe tai tehtävä vaatii aikaa toteutuakseen.

Last Plannerista on olemassa myös tietokoneversioita, mutta niiden toimivuus on kuulemani mukaan edelleen hyvin haastavaa. Ne eräiden käyttäjien mukaan toimivat, mikäli menetelmää käytetään työvaiheen aikataulutukseen, mutta mikäli rivejä ja kestoja on enemmän, ei ohjelma välttämättä ymmärrä sivulta sivulle siirtymistä, ilman, että matkalla hukkuu aikataulusta jotain. Toki tämäkin varmasti on käyttäjä- ja kohdekohtaista ja tekniikka kehittyä vauhtia. (RT 10-11225.)

Itse käytän Last Planner -menetelmää 3-viikkoisaikatauluna ja työvaiheen suunnittelun välineenä. Tämä toimii erittäin hyvin useammankin työvaiheen hallintaan, sekä sitä on mahdollista ylläpitää useamman työnjohtajan voimin. Tällä hetkellä olen kuitenkin ainoa, joka on tämän kyseisen menetelmän ottanut työmaalla käyttöön ja koen sen erittäin paljon työvaiheeni suunnittelua ja ennakoitua helpottavaksi. Merkitsen siihen selkeästi ja lohkoittain mm. suunnitellut ja varatut betonivalupäivät, tulevat teräs- ja muotitavaratoimitukset, mahdolliset poikkeamat tai muiden työvaiheiden aiheuttamat viivästykset. Koen, että tätä on myös muiden helppo lukea ja mikäli jostain syystä olen poissa työmaalta ja työvaiheeseen liittyviä kysymyksiä tulee mieleen, on niitä helppo selvittää toimistoni seinällä olevasta aikataulusta. Suosittelen Last Plannerin hyödyntämistä 3-viikkoisaikatauluna tai ihan niin pitkänä kuin kokee tarpeelliseksi, ihan jokaiselle työnjohtajalle, se selkiyttää paljon ja heti huomataan, mikäli liian paljon työryhmiä tai työvaiheita on samaan aikaan samassa paikassa. Paras olisi, jos saisi muutkin työnjohtajat mukaan samalle aikataulupohjalle, niin osattaisiin ennakoida mm. betonipumppujen ja nostoautojen sijainnit ja huomataan, mikäli työnjohtajien työt ovat menossa ristiin keskenään.

Aikataulumalleja suunnitellessa kannattaa siis valita omasta mielestään toimivin ratkaisu. Jana-aikataulu on mielestäni hyvä, kun puhutaan koko hankkeesta, mutta työvaiheen seurantaan se ei anna tarpeeksi tietoa. Jana-aikataulun pohjalta kannattaakin tehdä, vaikka vinoviiva- aikataulu, josta nähdään yhteentörmäykset tai päällekkäisyydet välittömästi. Itse kun olen visuaalinen ihminen, niin suosin matriisi-aikatauluja juuri niiden värien käytön mahdollisuuden tai visualisuuden vuoksi. Mielestäni on helpompi hahmottaa kokonaisuus pohjakuvasta, kun jana-aikataulusta. Last Planner -menetelmä on se eniten mielipiteitä jakava, mutta kun tuohon tutustu ja huomaa sen muuntautumiskyvyn, niin se on helppo ottaa koko hankkeen tai yksittäisten työvaiheiden aikatauluseurannan välineeksi. Aikataulujen käytössä vain taivas on rajana ja voihan noista jokainen kehittää, vaikka jonkinlaisen yhdistelmän, jonka kokee toimivaksi.

3.2 Talven vaikutus aikataulusuunnitteluun

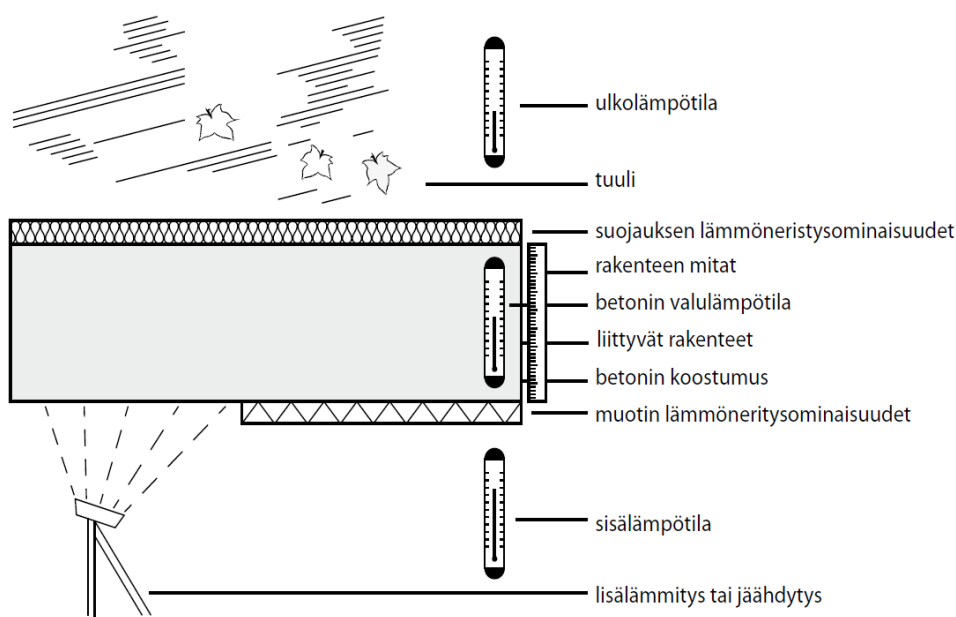
Työmaalla usein törmää ajatukseen, että eihän se betoni nyt enempää aikaa vaadi talvella kuin kesälläkään, mutta näin asia ei ole. Se miksi talvibetonointi vaatii erilaista aikataulusuunnittelua, johtuu betonin lujuudenkehityksestä, joka talvella vie enemmän aikaa, mutta myös monesta muusta lisätyövaiheesta. Lisää työskentelyaikaa vaativat esimerkiksi lämmityslankojen asentaminen valumuottiin, jäätyneen perusmaan sulattaminen, muottien ja raudoitteiden mahdollinen suojaaminen ennen ja jälkeen betonoinnin, säätilojen seuraaminen ja ennakointi jne.

Jos nyt vaikka mietitään betonin lujuudenkehitystä kylmällä säällä niin, jos betonin lämpötila jää +5 °C:seen, betonin lujuudenkehitys on auttamatta liian hidasta rakentamisen vauhtiin. Optimaalisessa tilanteessa betonirakenteen riittävän nopea kovettuminen vaatii betonilta +20 °C:n tai jopa korkeampaa lämpötilaa. Tässä on tietysti myös ylärajansa, sillä yli +60 °C:n betonin lämpötila ei saa nousta, koska silloin vaarana on lujuuskato. Alla on taulukko, jossa on kuvattu lämpötilojen vaikutuksia betonin lujuudenkehitykseen. (Kivimäki ym. 2013, 15.) Katso taulukko 1.

Taulukko 1. Lämpötilojen vaikutus betonimassan lujuudenkehitykseen. (Kivimäki ym. 2013, 15.)

Lämpötila	Huomioita
> +60 °C	Seurauksena lujuuskatoa ja säilyvyyden heikentyminen. Lujuuskadon määrä selvitetään ja otetaan huomioon.
+50...60 °C	Yhden vuorokauden lujuudet nousevat, mutta valmiin betonin lujuusominaisuudet saattavat kärsiä (lujuuskato).
+30...40 °C	Betonimassan suositeltava kovettumislämpötila.
+20 °C	Betonin tavoitelujuus saavutetaan n. 28 vrk:n kuluttua.
+5 °C	Betonilla ei ole havaittavaa lujuutta vielä yhden vuorokauden iässä.
< 0 °C	Betonin lämpötilan laskiessa alle 0 °C:n lujuudenkehitys käytännössä lakkaa. Betonissa oleva vesi alkaa jäätymään.
-10...-15 °C	Lujuudenkehitys pysähtyy käytännössä katsoen kokonaan. Jäätyneellä betonilla saattaa olla valelujuutta.

Betonin lujuudenkehitysreaktiot nopeutuvat lämpimässä ja täten myös hidastuvat kylmässä. Tärkeintä on siis riittävän lämpötilan ylläpito, mutta se ei vielä yksin riitä. Betonin lämmön- ja lujuudenkehitykseen vaikuttavat monet eri tekijät ja jotta betoni saavuttaa kohtuullisessa ajassa muotinpurkulujuuden on näitä tekijöitä pyrittävä hallitsemaan mahdollisimman hyvin. Tärkeimmät tekijät on esitetty alla olevassa kuvassa. (Kivimäki ym. 2013, 14). Katso kuva 7.



Kuva 7. Betonin lämmön- ja lujuudenkehitykseen vaikuttavat tekijät. (Kivimäki ym. 2013, 14.)

Nyt kun lujuudenkehitystä mietitään aikataulun kannalta, niin voidaan todeta, että talvibetonointi todellakin vaatii enemmän aikaa onnistuakseen kuin vastaava työ kesällä. Tähän voidaan vielä ottaa esille ne kolme tärkeintä virstanpylvästä, jotka betonin on talvella saavutettava lujuudenkehityksen kannalta, näitä ovat jäätymslujuuden, muottien purkulujuuden ja nimellisljuuden saavuttaminen. Nykyään kun muotit pyritään purkamaan mahdollisimman nopeasti, on lämpötilaseurannan avulla pyrittävä löytämään näitä vaadittuja vaiheita. Jäätymslujuus on kaikilla lujuusluokilla vähintään 5MN/m², mutta tämä ei vielä riitä muottien purkamiseen. (Kivimäki ym. 2013, 14-15.)

Jäätymslujuus osoittaa ainoastaan sen rajan, jonka yli mentäessä betonin lujuus on jo niin suuri, että se kestää veden jäätymisestä aiheutuvat sisäiset rasitukset ja alle tämän rajan betoni jäätyessään pysyvästi vaurioituu. Muotin purkulujuuden rajaksi yleisohjeena määritellään vähintään 60-80 % lopullisesta lujuudesta ja tätä saadaan seurattua

kypsyysfunktion kuten Sadgroven kaavaa apuna käyttäen, kun siihen syötetään lämpötilan mittaustuloksia ja lasketaan tunteja betoni valun aloituksesta. Alla Sadgroven kaava. (Kivimäki ym. 2013,15-16.)

$(t_{20} = ((T + 16 \text{ } ^\circ\text{C}) / 36 \text{ } ^\circ\text{C})^2 \times t$, jossa t on kovettumisaika (vrk) ja T lämpötila ($^\circ\text{C}$) aikavälillä t.

Nimellislujuus puolestaan tarkoittaa sitä lopullista lujuutta, johon kyseinen rakenne on suunniteltu. Tämä lujuus betonoidun rakenteen on saavutettava, ennenkö sitä voidaan täydellä kuormalla kuormittaa. (Kivimäki ym. 2013, 17-18.)

Omassa työssäni olen huomannut, että muotipurkulujuuden saavuttaminen talviolosuhteissa on vienyt yli tuplasti sen verran aikaa kuin kesällä. Talvella onkin tärkeä miettiä tarkkaan tilattava betonilaatu, joka tyypillisesti on nopeasti kovettuvaa, eli työmaakielellä rapidia ja pyrittävä lisäksi mahdollisuuksien mukaan hallitsemaan valutilanteessa myös ympäröiviä olosuhteita kuten lämpötilaa, suojausta ja lämmitystä. Sillä näillä voidaan optimoida betonin lujuudenkehitys ja täten onnistutaan vaikuttamaan myös aika- tauluun positiivisella tavalla.

3.3 Laatu

Mitä tarkoittaa laatu ja miten sitä hallitaan rakennustyömaalla?

Valmista rakennusta ja rakentamista koskevat laadulliset vaatimukset käyvät yleensä ilmi urakkasopimuksessa ja urakka-asiakirjoissa. Myös viranomaiset asettavat laadullisia vaatimuksia rakennushankkeelle. Urakoitsijan vastuulla on puolestaan suunnitella keinot näiden laatuvaatimusten toteutumiseksi ja varmistettava yhdenmukaisuus suunnitelma- asiakirjoihin.

Laadunvarmistuksen avulla varmistetaan laatuvaatimusten täyttyminen. Tämä tarkoittaa sitä, että laadunvarmistuksen sisältö on oltava sen kaltainen, että se sisältää suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että rakennus täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistuksen osana on myös laadun tarkastus, eli laatua mitataan ja verrataan kohteelle asetettuihin vaatimuksiin. Nämä vaatimukset koskevat materiaaleja, työtekniikkaa ja työn lopputuotetta. Tätä kaikkea nimitetään laadun valvonnaksi.

Laadunvarmistaminen ei kuitenkaan ole vain tarkastamista vaan se edellyttää myös laatuvaatimusten selvittämistä, sekä niiden kertomista myös työntekijöille ja tämä toimii samalla myös osapuolten yhteistoiminnan kehittämisenä. Minun mielestäni paras paikka käsitellä laatua aliurakoitsijan kanssa, aliurakkasopimusten ja aliurakkaneuvottelumuistion kirjoittamisen jälkeen, on aliurakan aloituspalaveri. Aloituspalaveriin on hyvä ottaa mukaan työnjohdon lisäksi myös työntekijöitä. Työntekijöiden osallistaminen on tärkeää siksi, että ennen työn aloitusta on hyvä käydä yhteiset pelisäännöt läpi, niin laa-

dun, kuin esimerkiksi työturvallisuuden suhteen. Tällä tavoin työntekijöille jää selkeämmin mieleen mitä heiltä odotetaan ja vaaditaan. Samanlainen aloituspalaveri olisi hyvä käydä kohdekohtaisesti, myös pääurakoitsijan omien työntekijöiden kanssa.

Laadunvarmistus alkaa siis suunnittelusta ja päättyy kohteen valmistumiseen. Ja vielä lyhyesti yhteenvetona, se sisältää mm. laadunvarmistustoimenpiteiden selvittämistä ja niiden ymmärtämisen varmistamista, laaduntarkastusten suorittamista, laatuvirheiden kirjaamista ja syntyneiden virheiden syiden selvittämistä, sekä tietenkin laatudokumenttien keräystä, analysointia ja käyttöä.

Hankkeen viestinnällä on myös roolinsa laadunvarmistuksessa. Urakoitsijan on varmistettava, että kohteen laatuvaatimukset ja muu informaatio liikkuvat moitteettomasti ja selkeästi rakennuttajan, suunnittelijoiden, urakoitsijan, aliurakoitsijoiden ja työntekijöiden välillä. Tavoitteisiin laadunvarmistuksessa kuuluu myös, että epätasmaisista, väärinymmärretyistä tai puuttuvista tiedoista johtuvat ongelmat ja virheet saadaan poistettua. Jos tämä toimii oikein, niin osapuolten vastuut ja velvollisuudet ovat selkeät ja tehdyt päätökset arkistoituvat järjestelmällisesti palvelemaan korjaavaa toimintaa. Mutta silloin laadunvarmistus on erittäin onnistunut, kun rakennuttaja tai asiakas voi luottaa siihen, että lopputulos on hankkeelle ja rakennukselle asetettujen vaatimusten mukainen. (Junnonen 2010, 57.)

3.4 Laadunhallinnan suunnittelu ja potentiaalisten ongelmien analyysi

Kun puhutaan laadunhallinnansuunnittelusta, niin heti mieleen tulee rakennustyömaan laatusuunnitelma, jonka tehtävänä on toimia laatujohtamisen käytännön työvälineenä. Laatusuunnitelma laaditaan aina jokaiselle hankkeelle ja se ottaa kantaa kohteen erityispiirteisiin, jotta asiakkaan tarpeet ja vaatimukset saadaan toteutettua tehokkaasti. Laatusuunnitelman tavoite on myös varmistaa hankkeelle laatuvaatimusten täyttyminen. Laatusuunnitelmia voi hankkeella olla useita erilaisia, toteuttajan yksin tai yhteistyössä tilaajan kanssa laatima rakennuttamisen laatusuunnitelma. Suunnitelmia myös päivitetään sitä mukaan, kun uusista laadunvarmistustoimenpiteistä sovitaan. Pääurakoitsija voi myös edellyttää aliurakoitsijaltaan tai toimittajaltaan laatusuunnitelmaa. Lisäksi jokainen työnjohtaja voi laatia kevennetyn laatusuunnitelman omasta työvaiheestaan. Nämä kaikki täydentävät toisiaan ja varmistavat osaltaan laatuvaatimusten täyttymistä hankkeella.

Seuraavassa taulukossa on kuitenkin esitetty rakennuttamisen laatusuunnitelman tarkempi sisältö tuotannon valmisteluvaiheesta aina rakennuksen jälkihoitoon asti. Katso taulukko 2.

Taulukko 2. Työmaan laatusuunnitelmassa esitettävät laadunohjaustoimenpiteet. (RATU 1180-S, 3.)

Lähtötiedot	Laadunohjaustoimet eri rakennusvaiheissa
	Tuotannon valmistelu
Hankkeen laatusuunnitelma	Tilaaajan laatutavoitteet
Yrityksen laatujärjestelmä	Yrityksen laatutavoitteet
Hankkeen yleisaikataulu, tavoitearvio	Tuotantosuunnitelmat
Hankkeen laatusuunnitelma, yleisaikataulu	Työmaaorganisaatio
Aikaisemmat POA:t	Potentiaalisten laatuongelmien analyysi
Hankkeen laatusuunnitelma, yleisaikataulu	
Ratu-kortisto	
Rakennustöiden laatu -kirja	
Potentiaalisten ongelmien analyysi	Tarvittavat erityissuunnitelmat
Tuotantosuunnitelmat	
Työmaaorganisaatio	Suunnittelun ja valmistelun vastuunjako
Hankkeen laatusuunnitelma	Toimittajilta edellytettävä laadunvarmistus
Yrityksen laatujärjestelmä	
	Työmaaprosessi
	Tehtäväsuunnitelmat
Hankkeen laatusuunnitelma, yleisaikataulu, tavoitearvio	
Ratu-kortisto	
Rakennustöiden laatu -kirja	
Hankkeen laatusuunnitelma	Materiaalitoimitusten laadunvarmistus
Hankintasuunnitelma	
Hankkeen laatusuunnitelma	Ali- ja sivu-urakoitsijoiden laadunvarmistus
Yrityksen laatujärjestelmä	
Yrityksen laatujärjestelmä	Kokoukset, katselmuksot, auditoinnit
Tehtäväsuunnitelmat	
Hankkeen laatusuunnitelma	Suunnitelmien tarkastukset ja päivitys
Suunnittelun laatusuunnitelma	
Yrityksen laatujärjestelmä	
Yrityksen laatujärjestelmä	Laatupiirit, aloituspalaverit, laaturaportit, mestan luovutukset
Tehtäväsuunnitelmat	
Ratu-kortisto	
Rakennustöiden laatu -kirja	
Potentiaalisten ongelmien analyysi	
Yrityksen laatujärjestelmä	Kelpoisuuden osoittaminen, mallityöt, tarkastukset
Tehtäväsuunnitelmat	
Rakennustöiden laatu -kirja	
RYL90	
Hankkeen laatusuunnitelma	Kokeet ja mittaukset
Tehtäväsuunnitelmat	
RYL90	
Hankkeen laatusuunnitelma	Valmiin työn vastaanotto
Tehtäväsuunnitelmat	
Hankkeen laatusuunnitelma	Luovutuksen valmistelu
Yrityksen laatusuunnitelma	
	Takuu ja jälkihoito
Huoltokirja, KH 90-00225	Takuuajan velvoitteiden hoito
Hankkeen laatusuunnitelma	Laatupalautteet
Yrityksen laatujärjestelmä	Tuloksien arviointi

Laatusuunnitelman sisältöön vaikuttavat yrityksen sisäiset käytännöt, jotka löytyvät toiminta- ja työohjeista, ehdot urakkasopimuksessa, sekä kohteen suunnitelmat ja tuotanto-olosuhteet. Laatusuunnitelma sisältää myös yleisiä työturvallisuus asioita ja ympäristöön liittyviä ohjeita, kuten rakennusjätteen lajittelu.

Koska rakennushankkeen toteutukseen osallistuu monia osapuolia, on tärkeää, että kaikki työmaalla toimivat tahot tuntevat toistensa tavat ja periaatteet, sekä noudattavat näitä samoja periaatteita. Myös työmaalla toimivien sivu-urakoitsijoiden on tehtävä

omaa urakkasuoritustaan koskeva laatusuunnitelma, mutta heillä ei kuitenkaan ole yleisiin sopimusehtoihin perustuvaa velvollisuutta luovuttaa tätä laatusuunnitelmaa pääurakoitsijalle, joten asiasta on sovittava urakkaneuvottelussa tai ensimmäisessä työmaakokouksessa rakennuttajan kanssa.

Laatusuunnitelmaa voisi kuvata kohteen ”pelisäännöiksi”, joka ohjaa kaikkia kohteen osapuolia ja heidän toimintaansa. Tämän takia riskianalyysi ja laadunvarmistusmatriisi ovat tärkeitä hankkeen läpiviennin kannalta, sillä on hyvä ajoissa taklata mahdolliset ongelmat, ennen kuin ne vaikeuttavat tai aiheuttavat ongelmia onnistumiselle sekä tuottavat merkittäviä kustannuksia.

Erityisesti riskianalyysissä, eli POA (potentiaalisten ongelmien analyysi) esiin nostetut asiat ja niiden hallintaan liittyvät toimenpiteet on syytä näkyä myös laatusuunnitelmassa esitetyissä menettelytavoissa.

Potentiaalisten ongelmien analyysia tarvitaan itse asiassa jo laatusuunnitelman lähtökohdaksi. Nämä potentiaaliset ongelmat voivat koskea oikea-aikaista suunnitelmien toimitusta, tuotannon ja resurssien hallintaa, erityisten sopimusehtojen käyttämistä, korjaustoimenpiteiden ja tilaajan liiketoimintojen yhteensovitusta tai muita urakan läpivientiin liittyviä riskejä. Kun riskit on tunnistettu, määritellään menettelyt niiden torjumiseen ja haittojen vähentämiseen, sekä puetaan ne laatusuunnitelman muotoon. Näiden ongelmien tunnistaminen on aina vietävä myös käytännön toimenpiteisiin, kuten torjuntatoimenpiteiden edellyttäminen jo sopimusehdoissa hankintasopimuksessa.

Hyvä työmaan riskianalyysi on sellainen, jonka riskit ovat kohdekohtaisia ja yksilöityjä, riskit on mietitty ja priorisoitu, torjuntatoimenpiteet ovat konkreettisia ja vastuuhenkilö nimetty, riskianalyysin tulokset heijastuvat myös muihin tuotantosuunnitelmiin sekä menettelytapoihin, riskianalyysia ylläpidetään ja toteutusta valvotaan ja ennen kaikkea toteutuneista riskeistä otetaan oppia. (Junnonen 2010, 61.) Esimerkki POA:sta. Katso kuva 8.

Kriittiset työvaiheet	Potentiaaliset ongelmat
Perustustyö	– mittatarkkuus ylittää sallitut toleranssit – betonirakenteiden halkeilu –
Elementtiasennus	– vesisade, elementit kastuvat – tuulinen sää, elementtien asennus siirtyy –
Vesikattotyö	– materiaalitoimitukset myöhässä – työturvallisuusongelmat –
Il- ja sähkötyöt	– suunnitelmien vertailematta jääminen – materiaalien vaurioituminen työmaalla –

Ongelma	Seuraus	Ehkäisy	Ratkaisu	Hälytín	Vastuu
Perustusten mittatarkkuus ylittää sallitut toleranssit	Ongelmia elementtien asennuksessa	Tarkka mittaus ja muotittiyö	Korjataan perustukset suunnitelmien mukaisiksi	Perustusmittaus	KNe
Maanvarainen betoni-laatan halkeilu	Ongelmia pinta-töissä	Oikea betonilaatu, kuivumisen ehkäisy	Laatan paikkaus	Betonointitarkastus	MNi
Elementit kastuvat	Kustannus-, laatu- ja aikatauluongelmat	Elementtien huolellinen suojaus	Elementit kuivataan, eristeet vaihdetaan	Säätöla elementtien tullessa työmaalle	HKa
Elementtiasennus estyy tuulisuuden vuoksi	Aikatauluongelmat	Varastointi, varamestat	Elementtiasennusta on siirrettävä tuulisella säällä	Säätöla elementtien tullessa työmaalle	HKa
Materiaalitoimitukset myöhässä	Aikatauluongelmat	Tilausten ajallinen varmistaminen	Varamestat	Tilausten ajallinen varmistaminen	STu
Työturvallisuusongelmat	Viiveet työssä	Työturvallisuuden parantaminen	Ensiapu	Vaaratilanteet, turvallisuusauditointi	STu
Suunnitelmien vertailematta jääminen	Ilmastointiputkien loppimaton sijainti	Suunnittelukokoukset	Muutetaan ilmastointiputkien sijaintia	Suunnittelukokoukset	STu
Materiaalien vaurioituminen työmaalla	Valmis työ viallinen	Turvalliset siirrot, huolellinen suojaus ja varastointi	Rikkoutuneet materiaalit korvataan uusilla	Materiaalitarkastus	STu

Kuva 8. Esimerkki kriittisten työvaiheiden ja potentiaalisten ongelmien analyysistä. (RATU 1180-S, 6.)

Useimmat potentiaaliset ongelmat ovat ennakoitavissa ja niitä voidaan onnistuneesti torjua, mutta se edellyttää syy-seuraussuhteiden ymmärtämystä. On aivan turha määrittellä vain ongelmia, myös seuraukset määritetään, jotta ongelman vakavuus voidaan arvioida. Seuraus on syyn tulosta, jostakin tekemisestä tai tekemättä jättämisestä.

Ongelmat jaotellaan tekniikkaan, tuotantoon, hankintaan ja työturvallisuuteen sekä ympäristöasioihin liittyviin osiin. Tekninen ongelma liittyy suoraan valmiiseen tuotteeseen tai rakennusosan laatuun, toiminnalliset ongelmat liittyvät aikatauluihin, sopimukseen, tuotannon ohjaukseen, ympäristöolosuhteiden vaikutukseen jne. Hankinnan ongelmat ovat osa toiminnallisia ongelmia, mutta koska niiden esiintymistodennäköisyys on suuri ja seuraukset merkittäviä, niin ne on syytä käsitellä omana ryhmänään. POA:a hyödyntämällä löydettyjä ongelmia voidaan ehkäistä suunnitelmamuutoksien, parantamalla työsuunnittelua, vastuuttamalla tehtävät ja sopimusteknisin keinoin. (Junnonen 2010, 59- 63.)

Omassa työvaiheessani mahdolliset vastaantulevat ongelmat tuli mietittyä samalla, kun kokosin työvaihetta koskevaan materiaaliin pohjaten aliurakan aloituspalaveri muistiotia. Yrityksessämme aloituspalaverimuistion liitteenä on työvaihetta koskeva laudodo-

kumentti, johon on kerätty yleiset laatuksiteerit ja ongelmia, joihin joskus kyseisessä työvaiheessa on törmätty. Tämän tiedon ja oman osaamiseni pohjalta keräsin viidestä kymmeneen riskiä, mietin niihin ehkäiseviä toimintamalleja ja riskialtteinat vaiheet, kuten talvibetonointi vaati selkeän talvibetonointisuunnitelman, jossa pureuduttiin vielä yksityiskohtaisemmin mahdollisen ongelman ratkaisuun. Mutta esimerkiksi anturamuottien pettäminen tai betonin roiskuminen silmään, olivat sen kaltaisia ongelmia, että ne ovat ennakoitavissa muottien hyvällä tarkastamisella ja henkilökohtaisten suojaimien käytöllä.

POA ei siis aina välttämättä ole valtava tutkielma ja sisällä jokaista mahdollista ongelmaa vaan se on oiva työkalu työnjohtajalle, kun mietitään oman vastuun alla olevaa työvaihetta tai kun tehdään aliurakoitsijan kanssa työturvallisuussuunnitelmaa ja arvioidaan hänen työskentelynsä tai työvaiheeseensa liittyviä riskejä, sekä niiden vaikutuksia muihin työvaiheisiin.

Opinnäytetyöni liitteenä (Liite 2. ja 3.) on tekemäni hyvin yksinkertainen pohja POA varten ja tuota lähes samaa taulukkoa voi hyödyntää myös työvaiheen suunnittelua sisältäviä osakokonaisuuksia, kuten aikataulua ja laatudokumentteja varten.

Laadunhallinnan tärkeimmät ymmärrettävät asiat ovat mielestäni se, että otetaan oman työvaiheen laatuvaatimuksista selvää, mitä tilaaja odottaa ja mihin kohteessa pystytään. Jos materiaalivalinnat vaikuttavat laatuun ulkonäöllisesti tai toiminnallisuuden kannalta, otetaan selvää vaihtoehdoista ja mahdollisuuksista. Tutkitaan myös RATU-korttien ohjeista tai valmistajan ohjeista sallitut poikkeamat, yhteensopivat aineet, vaaditut pohjat jne. Otetaan laatu hallintaan kokonaisuutena, mutta niin ulkonäön, että myös toiminnallisuuden osalta. Laatu ei ole vain valmista pintaa.

3.5 Talven vaikutus laadunhallintaan

Betonin laadunhallinnasta puhuttaessa ensimmäisenä tulee mieleen tietysti betonin toiminnallinen laatu eli, että betoni saavuttaa suunnitellun lujuuteensa ja toimii oikein sille suunnitellussa rakenteessa. Lämpötilaseurannan avulla voidaan työmaalla seurata lujuudenkehitystä ja todeta, että vaaditut lujuudenkehityspisteet on saavutettu. Ainoastaan labrassa voidaan tutkia koepalojen ja koekuutioiden avulla, että betonin ainesosat oikeasti reagoivat juuri oikealla tavalla ja kestävät niille tehdyt veto- ja puristuskokeet. Ohuesta hienäytteestä nähdään vielä tarkemmin betonin rakenne. Nämä tutkimusmenetelmät menevät sitten jo työmaatekniikan ulkopuolelle, mutta olemme kuitenkin osa tätä laadunvarmistusketjua. Työmaan velvollisuus on aina selvittää rakennesuunnittelijalta valettavan rakenteen betonilaatu ja varmistettava, että työmaalle tuleva betoni kuormakirjojen mukaan vastaa oikeaa ja varmistettava betonivalun toteutuksen oikeaoppisuus. Valutekniikan vuoksi moni asia voi mennä pieleen ja siitä hyvä esimerkki on nimenomaan talven vaikutus.

Työmaalla betonointityönjohtaja, eli betonia tilaavan työnjohtajan on oltava tietoinen betonin ominaisuuksista ja sen vaatimista olosuhteista, sillä betoniasemalta tilatessa on osattava tilata betonimassaa esimerkiksi nopeasti kovettuvana, työmaakielellä rapidina ja lisäksi vielä säätilojen mukaan jopa lämmitettynä. Mikäli tilatessa työnjohtaja ei näitä

muista tai asemalla puheluun vastaava ei huomaa erikseen kysyä, voi melkoinen soppa olla valmis. Betoni tarvitsee tietyn lämpötilan, jotta lujuudenkehitys voi alkaa ja jäätymlujuus saavutetaan. Jos lämpötilat ovat alle +5 °C, puhutaan talvibetonoinnista ja tällöin aina on otettava talvi huomioon, niin maapohjan kuin valettavan rakenteen muotti-, raudoitus- ja betonointitöissäkin.

Muottien, raudoitteiden ja valujen suojauksella on iso merkitys laadukkaaseen lopputulokseen. Suojaamalla kevyellä suojapeitteellä estetään lumen ja jään kertyminen valun tai raudoitteiden päälle. Suojapeitteen alle, tiiviisti valua vasten asennettavalla lämpöeristävällä peitteellä puolestaan varmistetaan vielä betonille optimaaliset olosuhteet lujuudenkehitystä ajatellen. Liittyvien rakenteiden lämmittäminen esimerkiksi seinän ja anturan liittymäkohdassa on erittäin hyvä tapa poistaa kylmäsillat ja varmistaa betonin lujuudenkehitys rajapinnassa. Vaikka äkkiseltään saattaa kuulostaa, että suojaus on kovinkin hankalaa ja aikaa vievää niin hyvällä ennakkosuunnittelulla ja tarvikehankinnoilla suojaustyö on varsin nopeaa ja helppoa. (Winter concreting 2017.)

Talvibetonointi vaatii aina talvibetonointisuunnitelman ja jo tähän on hyvä kohdekohtaisesti miettiä ja kirjata eri suojaus- ja lämmitysvaihtoehtoja. Työmaalle on järkevää hankkia pieni erä suojausvälineistöä, kuten kevytpeitteitä, pakkasmattoja, betonivaluun sijoitettavia lämmityslankoja, lämpöpuhaltimia ja ehkä jopa muutamia sähkölämmittäisiä roudan sulatusmattoja, jotta talvi ei pääse yllättämään rakentajaa. Alla olevassa kuvassa hissikuilun pohjalaatan perustus, sekä ympärillä näkyvät väestönsuojan nauha-anturat on pidetty sulana pakkasmatoin ja vielä lämpöpuhaltimella lämmittämällä ennen ja jälkeen valun. Katso kuva 9.



Kuva 9. Hissikuilun perustuksen suojaus ja sulana pito, sekä lämmitys.

3.6 Hankinta

Kun puhutaan hankinnoista, niin sillä tarkoitetaan rakennustuotannossa käytettävien materiaalien, työn ja palveluiden määrittelyä ja ostamista. Hankinnat ryhmitellään sisälön perusteella rakennustuotteeseen, aliurakkaan ja palvelun hankkimiseen. Erottava tekijä näissä on siis materiaalin osuus, joka rakennustuotehankinnoissa on pääasiallinen hankittava asia, kun taas palveluhankinnoissa ei yleensä materiaalia sisälly hankintaan ollenkaan. Aliurakka puolestaan on yhdistelmä näitä kahta, eli silloin materiaali ja niiden asennus ostetaan samalta toimittajalta. Aliurakoissa näiden keskinäinen osuus vaihtelee huomattavasti työstä riippuen. Ääritapaus on työurakka, jossa hankitaan vain työtä ja urakoitsija tai tilaaja toimittaa tarvittavan materiaalin.

Hankintoja tehdään ja suunnitellaan läpi koko hankkeen, sillä hankkeen tuotannosuunnittelua ei voida tehdä kerralla valmiiksi riittävällä tarkkuudella ja siksi se on hajautettava osiin, tuotannon kokonaisuuden suunnitteluun ja yksittäisen tehtävän suunnitteluun. Myös hankintojen suunnittelu on jaettava kolmeen päävaiheeseen, joita ovat tarjousvaiheen, toteutusvaiheen ja yksittäisen hankinnan suunnittelu. Tarjous- ja toteutusvaiheen hankintojen suunnittelu on osa hankkeen tuotannosuunnittelua, kun taas yksittäisen hankinnan suunnittelulla pyritään varmistamaan, ettei hankinta epäonnistu ja vaarana koko hankkeen suunniteltua toteutusta. (Junnonen 2010, 87.)

Nyt kun aiheeni on työnjohtajalle suunnattu, niin haluan käydä muutaman asian läpi toteutusvaiheen hankintoihin liittyen ja tietoisesti rajata tarjousvaiheen hankinnan asiat opinnäytetyöni ulkopuolelle. Sillä suurissa rakennusliikkeissä merkittävät hankinnat hoidtavat hankintapuolen kokoonpano, usein yhteistyössä laskijoiden kanssa ja työmaalla hoidetaan ainoastaan pieniä, yleensä alle 10 000e arvoisia hankintoja, joiden merkitys rahallisesti koko hankkeelle on hyvin pieni. Tämä raja on siitä syystä, ettei hankintojen suhteen kokematon ja osaamaton yksilö työmaalta joudu tekemään merkittäviä hankintoja, jotka epäonnistuessaan kaatavat koko hankkeen taloudellisesti tai ajallisesti.

Kun työmaalla lähdetään hankintaa suunnittelemaan, on tietysti ensin selvitettävä mitä hankitaan ja mistä. Onko suunnitelmissa kenties jotain erikoisuuksia tai mainittuja vaatimuksia esimerkiksi laadun tai kestävyuden kannalta. Tärkeintä on siis ensin selvittää tuotteen vaatimukset ja sitten vasta siirtyä hankkimaan tuotetta. Kun taustat on selvitetty, niin pyydetään muutama tarjous eri toimittajilta ja verrataan tarjousten hintaa, mutta myös sisältöä keskenään. Etenkin aloittelevan työnjohtajan on hyvä lukea erittäin tarkkaan annetut tarjoukset, sillä tarjouspyynnöstä huolimatta tuottajat saattavat tarjota tuotetta, joka ei vastaakaan pyydettyä kaikilta osin ja pahimmassa tapauksessa työmaalle ostetaan suuriakin määriä käyttökeltontonta materiaalia, joka saatetaan jopa ehtiä asentamaan paikalleen ja myöhemmin joudutaankin purkamaan.

Hankintasuunnitelman teko on yksi erittäin hyvä apuväline. Sillä valvotaan hankintataphtumien oikea- aikaista toteutusta ja kustannusten kertymistä, sekä ennustetaan taloudellista lopputulosta. Tuotannossa tehdyt hankinnat ja mahdolliset muutokset päivitetään hankintasuunnitelmaan, jotta se pysyy koko ajan totuuden mukaisena ja ajan tasalla. Alla esimerkki hankintasuunnitelmasta. Katso kuva 10.

tava, pelkkä laatuvaatimusten esittäminen ei riitä. Nämä yleensä löytyvät hankkeen rakennus- ja työselostuksesta, sekä muista asiakirjoista, joissa viitataan työlajeja käsitteleviin yleisiin lähteisiin, kuten esimerkiksi RYL 2000 (Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset) ja RATU-kortit, sekä työtä ja työssä käytettäviä materiaaleja koskeviin normeihin ja standardeihin.

Hankintasuunnitelman laatimisen yhteydessä kootaan myös tarjouspyyntöasiakirjat, näissä on esitettävä kaikki tarpeelliset tiedot, kuten olosuhteet, jotka voivat vaikuttaa aliurakoitsijan tarjoushintaan. Omassa kohteessani tällaisen lisähaasteen luo lentokentän läheisyys ja sen tuoma lentoesterajoitus nostureille ja paalutuskoneelle.

Pääurakoitsija on vastuussa aliurakoitsijalleen antamistaan tiedoista, eikä hän saa tietoisesti salata mitään sopimuksen tekemiseen vaikuttavaa seikkaa. Jos asiakirjoissa poikeetaan alan yleisistä sopimusehdoista tai yleisestä käytännöstä, se pitää myös selkeästi käydä ilmi kyseessä olevista asiakirjoista. Sillä nämä tarjouspyyntöasiakirjat muodostavat urakasopimukselle perustan. Tarjouspyyntö koostuu tarjouspyyntökirjeestä, sekä liitteistä. Liitteinä ovat kaupalliset, joissa määritellään aliurakassa noudatettavat kaupalliset ehdot ja tekniset, jotka koostuvat piirustuksista ja selostuksista, tarjouspyyntöasiakirjat. Tarjouspyynnöstä on käytävä ilmi mm. tilaaja, kohteen tiedot, urakan sisältö, hintaa koskevat vaatimukset, tarjouksen jättöaika ja -paikka, voimassaoloaika tarjoukselle sekä tietyt luettelo tarjouspyyntöasiakirjoista. Hankekohtaisten asiakirjojen lisäksi on yleisiä asiakirjoja, joihin riittää viittaus. (Junnonen 2010, 105-109.)

Kun tarjoukset on käsitelty, niin sisällöllisesti yhdenmukaiset tarjoukset kootaan vertailumakkeelle, jossa niitä verrataan paitsi toisiinsa niin myös hankintasuunnitelmaan. Tarjousvertailun perusteella käydään sopimusneuvottelut. Tähän usein valitaan edullisin tarjoaja. Kilpailukykyiset vaihtoehtotarjoajat kannattaa ottaa myös mukaan neuvotteluihin. Kun päätöstä tehdään, niin huomioidaan tarjouspyynnössä ilmoitetut kriteerit valinnalle, kokonaistaloudellisuus, mahdolliset poikkeamat tarjouspyynnöstä ja mahdolliset vaihtoehdot sekä osatarjoukset. Lopullinen päätös sopimuskumppanista tehdään siis tarjousvertailun, sopimusneuvotteluiden ja aliurakoitsijasta muuten hankittujen tietojen perusteella.

Koska käytännössä on myös tilanteita, jolloin osa hankinnoista, lähinnä kiirehankinnat, pitää tehdä jo ennen tehtäväsuunnitelmaa on sopimukseen syytä jättää mahdollisuuksien mukaan avoimeksi asioita, joita sitten täsmennetään lähempänä työn aloitusta esimerkiksi aliurakan aloituskokouksessa. (Junnonen 2010, 109-112.)

Itse pidän hankintasuunnitelmaa, joka sisältää jonkinlaisen hankintojen aikatauluseurannan kaikista kätevimpanä hankintojen, mutta myös työmaan logistiikankin kannalta. On paljon helpompi suunnitella ja toteuttaa työvaiheiden etenemistä tai kohteen piha-alueiden käyttötarkoituksia ja määrittää alueen kapasiteettia, kun tiedossa on tilattujen tavaroiden tai työvaiheeseen liittyvien koneiden saapuminen. Ikävä kyllä omassa työssäni en ole vielä oikeaan hankintasuunnitelmaan törmännyt, joten sen käyttökokemukset ihan oikeassa arjessa ovat puutteelliset. Toivon kuitenkin, että mahdollisuus tämän käyttöön vielä työarkeeni tulevat. Työmaalogistiikka on iso osa työvaiheen hallintaa, sillä työvaiheet usein toimitilakohteissa, joissa itse työskentelen työnjohtajana, sisältävät

tarpeita isoille koneille tai varastokonteille. Jos näitä ei ennakoida, joudutaan turhia rai-
vauksia ja tavaroiden siirtoja tekemään ja tämä kaikki on aina pois muualta.

3.7 Työturvallisuus

Myös työturvallisuus on kaikille rakennushankkeen osapuolille yhteinen asia. Kaikkien
on valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta (VNA 205/2009) mukaan
yhdessä ja erikseen huolehdittava, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskentele-
ville, eikä muille työn vaikutuksen piirissä oleville. (Valtioneuvoston asetus rakennus-
työn turvallisuudelle.)

Työturvallisuus on mukana jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Ennen rakentamista ra-
kennuttajalla on velvollisuus huolehtia, että suunnittelu ja valmistelu itse rakennustyön
toteuttamisesta tehdään jo niin hyvin, ettei työstä aiheudu vaaraa tai haittaa työnteki-
jöiden terveydelle.

Rakentamisen aikana työturvallisuudesta vastaa puolestaan päätoteuttajaksi nimetty
urakoitsija. Tämä tarkoittaa sitä, että työmaan yleinen turvallisuusjohtaminen, sekä toi-
den työturvallisuuden suunnittelu ja turvallinen toteutus ovat päätoteuttajan vastuulla.
Päätoteuttajan on myös valvottava, että kaikki aliurakoitsijat ovat perillä yhteisiä peli-
säännöistä ja ovat oman työnsä osalta tehneet työturvallisuussuunnitelman.

Päätoteuttaja tekee turvallisuussuunnitelman, johon kootaan yhdeksi kokonaisuudeksi
yritystä ja työmaata koskevat asiakirjat suunnitelmista, menettelytavoista ja toiminta-
ohjeista, eli kokonaisuus joka koostuu työturvallisuutta koskevista erillisuunnitelmista.
Tätäkin suunnitelmaa joudutaan päivittämään ja muuttamaan rakennushankkeen edis-
tyessä. Jokainen aliurakoitsija tekee vielä omasta työvaiheestaan työturvallisuussuun-
nitelman ja täten joutuu miettimään oman työnsä aiheuttamia ja siihen sisältyviä riskejä.

Lähtökohta työturvallisuussuunnitelmalle on tietysti kohdekohtaisuus ja juuri tuon ky-
seisen hankkeen turvallisuusriskien arviointi. Vaarojen tunnistamisen ja arvioinnin tulee
olla järjestelmällistä ja se on tehtävä kirjallisesti. (Junnonen 2010, 134-138.)

Tietysti työturvallisuussuunnitelma tulee myös panna täytäntöön ja sitä on myös seu-
rattava koko hankkeen ajan. Edes parhaat suunnitelmat ja riskien arvioinnit eivät tuota
tulosta, mikäli niillä ei ole vaikutusta yksittäisten työntekijöiden toimintaan. On siis en-
siarvoisen tärkeää, että päätoteuttajan työnjohto koko hankkeen ajan tehokkaasti ja
kattavasti tiedottaa myös työntekijöitä ja muita työmaalla toimivia suunnitelmista ja
työmaan olosuhteista. Varsinkin kun olosuhteissa tapahtuu muutoksia.

Työmaan sisäiset, työnjohdon ja työntekijöiden viikoittain yhdessä tekemät MVR- ja TR-
turvallisuuskierrokset ovat erittäin tehokas tapa havainnoida ympäristöä, sekä kulloin-
kin käynnissä olevaa työvaihetta ja huomata mikäli työmaalla on jokin asia tai olosuhde,
johon pitää puuttua ja korjata.

Omassa kohteessani meillä on käytössä kiertävä nimilista, jonka mukaan TR-kierrokseen
osallistuvat henkilöt vaihtuvat viikoittain. Tällä tavoin pyritään estämään kyllästymistä

ja sitä, että jos vain aina samat henkilöt kiertävät, niin äkkiä omalle työmaalleen sokeutuu ja osa puutteista tai onnistumisista jää huomioimatta. Olemme päättäneet myös viereisen työmaan kanssa tehdä vierailevia TR-mittauksia toisillemme. Näin saadaan uudet silmät avuksi ja työturvallisuudesta tulee työmaiden yhteinen asia.

3.8 Talven vaikutus työturvallisuuteen

Koska talvi on pimeää ja liukasta aikaa, on sillä vaikutus myös rakennustyömaan työturvallisuuteen. Ensi arvoisen tärkeää talvella on huolehtia hyvistä työvaloista, sillä on suuri merkitys työn laatuun ja turvallisuuteen, työmaalle ei saisi muodostua ns. katvealueita, joissa on vaara astua harhaan ja loukata itsensä. Oman kohteeni pohjapinta-ala on 16000m², joten koko alueen yhtäaikainen valaistus on todella hankalaa. Päädyin vuokraamaan kohteeseen muutamia omalla jalallaan seisovia yli 10m korkeita valonheittämiä, joiden korkeudella saatiin valoa riittämään isommalle alueelle, sekä ohjeistin kirvesmiehen tekemään pienemmille, suoraan työkohteeseen sijoitettaville valaisimille, omat jalustat puutavarasta, jotta näitä oli helppo siirtää mukanaan anturatyön edetessä.

Päänvaivaa näin ison pohjapinta-alan kohteessa aiheutti myös sähköt. Pääkeskuksia oli vain kaksi, molemmissa päissä tonttia ja koska maanrakennustyöt olivat samaan aikaan käynnissä, ei ollut järkeä vetää lopullisia linjoja kaivinkoneiden ja maansiirtokoneiden tielle. Oli tehtävä siis väliaikaisia ”sähköjoi”, eli kaivinkone peitti suojaputkeen sijoitetun kaapelin pintamaan alle, turvaan, yli menevää liikennettä. Myös pussia pukkeja käytettiin, joita pitkin kaapeleita kuljetettiin keskemälle tonttia ja josta saatiin pienempiä linjoja tuotua lähemmäs tekeillä olevaa työaluetta. Aluksi kokemattomuus esimerkiksi sähköisten lämmityspuhaltimien ketjukytkennässä aiheutti vikavirtakytkinten laukeamista ja turhautumista liian pieniin sähkökeskuksiin. Tässäkin on siis hyvä käydä kokeneempien kanssa läpi säännöt, että miten monta puhallinta tai sähkökeskusta minkäkin kokoinen lähtö kestää.

Talven liukkaus ja suuri pohjapinta-ala pakottivat meidät myös tekemään useita väliaikaisia kulkuteitä jo perustustyövaiheessa, sillä anturoita tehtiin monessa eri maanpinnan korossa ja siirtyminen työkohteeseen oli turvallisuuden maksimoimiseksi kuitenkin ohjattu tiettyä valaistua reittiä pitkin. Jäiset kaivannon reunat olivat ilman kunnollista kulkua melkoinen riski tapaturmille.

Talvella on myös tehtävä muutoksia aluesuunnitelmaan ja mietittävä tarkkaan lumen kasaamiselle varattu alue ja työmaatiet on pidettävä tarpeeksi leveinä, sekä huolehdittava riittävästä hiekoituksesta. Omassa kohteessani talvityölle määrätään aina vastuu työntekijä, jonka tehtävänä on aamulla kiertää nämä asiat kuntoon ja ilmoittaa työnjohdolle, mikäli puutteita valoissa tai kulkuteillä on. Näin saadaan työturvallisuudesta yhteinen asia ja jokainen joutuu asiaa miettimään.

4 KYLMÄNAJAN PERUSTUSTYÖVAIHEET

Kylmänajan perustustyövaiheisiin opinnäytetyössäni kuuluu maa-ainesten sulana pito ja tietysti talvibetonointi ja nämä molemmat vaativat onnistuakseen suunnitelmallisuutta, sekä ennakoivia tarvehankintoja. Käyn seuraavissa kohdissa erikseen läpi aiheeseen liittyviä suojaus ja lämmitysvaihtoehtoja, betonin valintaan liittyviä seikkoja, sekä avaan valintoja, joihin itse päädyimme työmaalla. Henkilökohtaisesti infra ja maanrakennus eivät ole omaa alaani, joten näistä tietotaitoni on hyvinkin suppea, mutta kerron kuitenkin edes pintaraapaisun, kuinka oma työvaiheeni eteni maanrakentajien vanavedessä.

4.1 Maa-ainesten sulana pito

Koska lumen ja jään päälle ei missään tapauksessa saa rakentaa on maanrakennustyöt talvella järkevää aikatauluttaa perustustöiden kanssa niin, että koneiden tehtyä kaivutyöt saadaan muotti-, raudoitus- ja betonointityöt heti perään tehtyä. Ja tietysti maanpinta anturoiden kohdalta on suojattava eristävällä pakkasmatolla, jotta jäätymiseltä vältyttäisiin ja lumi on helpompi poistaa tuolta alueelta. Mikäli kaivettu anturanpohja kuitenkin pääsee jäätymään, on olemassa myös sähkölämmitteisiä roudansulatusmattoja, jotka ovat erittäin tehokkaita. Omassa kohteessani routamatoilla sulatettiin väestönsuojan nauha-anturan pohjia varmuuden vuoksi ja lämmitystä jatkettiin vielä, kun muottityöt oli tehty, varmistimme matoilla muottien lämpimänä pysymisen seuraavan päivän betonointiin. Katso kuva 11. ja 12. alla.



Kuva 11. Kaivutöiden jäljiltä nauha-anturoiden pohjat eristetty pakkasmatoin tammikuussa 2017.

Kaivutöiden ja muottitöiden välillä talvi ehti tuiskuttaa työmaalle lunta, mutta pohja oli helppo puhdistaa lumesta, kun kevyet pakkasmatot olivat olleet suojana. Muottitöiden jälkeen pohjat sulatettiin varmuuden vuoksi sähköisillä routamatoilla.



Kuva 12. Muottityöt käynnissä nauha-anturoilla tammikuussa 2017.

Mikäli suuret maamassat jäätyvät ei sähkölämmitteinen routamatto juuri pelasta. Tälöin on syytä miettiä maaperän höyryllä sulattamista, mikäli maa-aines on karkeara-keista, hienorakeista maata ei saa höyryllä sulattaa, sillä se ei päästä vettä läpi. Höyrytyksen jälkeen on myös varmistettava, ettei maaperä jäädy enää uudestaan. Höyrytyksen lisäksi isoja alueita saadaan sulatettua lämpöpuhaltimin, mutta tämä vaatii ns. pukien rakentamista ja suojapeitteiden levitystä näiden päälle niin, että puhaltimet saadaan pressun alle ja lämpö ei pääse karkaamaan ylöspäin. Vaihtoehtoja siis löytyy, mutta paras tapa on ennakoida ja suunnitella myös ne varasuunnitelmat kuntoon, sillä talvi tulee aina yllättäen.

Varmin tapa on kuitenkin tehdä maankaivutyöt perustusten osalta karkeasti ja tehdä viimeinen kaivu oikeaan korkoon vasta kun muotti- ja raudoitustyöt pääsevät etene-

mään suunnitelmien mukaisesti. Liiallinen ennakointi ei ole siis tässä tilanteessa hyödyksi, ettei perustamistason maanpinta turhaan pääse jäätymään. Jottei myöskään jo valmiit anturat, jotka ovat muoteistaan purettu, turhaan jäädy on hyvä mahdollisuuksien mukaan pikimmiten tehdä vierustäytöt kuntoon.

Yhteensovitus ja saumaton yhteistyö maanrakennustöiden kanssa on avain onnistuneeseen lopputulokseen. Omassa kohteessani perustus- ja maanrakennustyöt kulkevat käsikädessä alkuvuodesta aina alkusyksyyn, joten hyvä kommunikaatio ja työvaiheiden selkeys auttavat molempia ennakoimaan ja suunnittelemaan omat työnsä niin, että talvi ei yllätä rakentajaa ja laadunvarmistus pysyy parhaalla mahdollisella tasolla.

4.2 Talvibetonointi suojaus ja lämmitys

Talvibetonointiin varautuminen tarkoittaa tarpeeksi kattavan talvibetonointisuunnitelman tekoa ennen työn alkamista. Tämä suunnitelma sisältää betonilaatuun ja muotinkiertonopeuteen liittyvät laskelmat ja myös lämmitysjärjestelmien ja sen osien suunnittelun. Suunnitelmaa ei tarvitse itse keksiä uudestaan vaan esimerkiksi betonitoimittajilla on olemassa valmiita talvibetonointisuunnitelma-pohjia, joissa on valmiina jo tärkeimmät kysymykset, joihin itse vain mietitään ratkaisut oman kohteen kannalta. Seuraavaksi käyn läpi omat suojaus ja lämmitys valintani ja miten niiden kanssa selvittiin.

Itse valmistauduin talven haasteisiin selvittämällä, mitä vaihtoehtoja suojaukseen ja lämmitykseen yleensäkin on ja pohtimalla mitä tilanteita saattaa eteen tulla. Kyselin myös hyväksi koettuja ratkaisuja kollegoilta, sekä kyseenalaistin kommentit, kuten: ”näillä on ennenkin selvitty.”

Sillä ei siis ole väliä, minkälaista muottitekniikkaa tai lämmitystapaa suunnittelee, talvibetonointi vaatii aina rakenteiden suojaamista. Suojaamisen päätarkoitus on tietenkin varmistaa betonin riittävä lujuudenkehitys muiden talvibetonointitoimenpiteiden kanssa. Toki suojauksella on muitakin tarkoituksia. Seuraava kysymys onkin, että miltä suojataan. Talvibetonoinnissa kysymys yleensä on kylmältä, tuulelta ja lumelta suojaumisessa. Työmaasähkön osuutta ei kannata unohtaa, se on iso osa kokonaisuutta. Ei ollut yksi eikä kaksi kertaa, kun sähkökeskusten sijoittelu oli epäonnistunut ja liian pitkällä ketjutuksilla saatiin aikaan vain vikavirtasuojien laukeaminen.

Itse koin parhaaksi tavaksi osallistaa urakoitsija talvibetonoinnin suunnitteluun, näin hänelle jää samalla käsitys siitä, mitä hänen työntekijöiltään vaaditaan ja mikä pitää olla suojauksen taso. Ensiksi mietimme tietysti muottien kiertonopeutta, eli miten isolla alueella tai kuinka suurella määrällä oltiin ajateltu edetä, sillä tämä määrää jo pitkälti suojaus- ja lämpöpuhaltimien sekä lämmityslankojen määrän ja tarpeen. Kävimme myös läpi, miten suojat tulisi asettaa muotin ja raudoitteiden valmistuttua, sekä heti betonoinnin jälkeen, jotta niistä olisi oikeasti mitään hyötyä. Yhtenä tärkeänä asiana sovimme yhteisesti myös pakkasrajan valupäiville, eli -10 °C olisi meidän ehdoton takaraja, sen jälkeen suojaus ja lämmitys on aina vain vaikeampaa toteuttaa isolla teollisuushallin alueella ja varsinkin kun puhutaan anturatöistä. Koen, että yhdessä tehdyt päätökset talvibetonoinnissa ovat oikea ratkaisu ja tapa sopia miten edetään.

Koska paras tapa suojata rakenne on käyttää montaa eri suojausmenetelmää, niin me päädyimme siihen, että tilaan työmaalle tavallisia kevytpeitteitä, jotka toimivat päällimmäisenä suojana pitäen lumen ja sateen ulkona. Seuraava kerros muodostui ns. pakkasmatosta, eli solumuovieristematosta, joka eristää kylmältä eikä päästä kosteutta liian nopeasti haihtumaan. Lisäksi meillä oli valuun sijoitettavia lämmityslankoja ja lämpöpuhaltimia, joiden käyttöä harkittiin aina sääennusteiden ja vallitsevien sääolojen mukaan. Lankalämmityksellä saimme etua myös betonin nopeampaan lujuudenkehitykseen ja nopeampaan muottien purkuun. Väestönsuojan seinien betonointi suoritettiin maaliskuussa, joten pienintäkään riskiä pakkasen mahdollisuudesta ja valun epäonnistumisesta en halunnut ottaa, joten asensimme lämmityslangat kauttaaltaan seinämuotteihin. Samalla varmistimme myös nauha-anturan valmiin pinnan lämmityksen sijoittamalla alimmat lämmityslangat mahdollisimman lähelle valurajaa.

Kuten huomata saattaa, käytimme työmaalla hyvin yksinkertaisia ja melko edullisia ratkaisuja muottien ja raudoitusten suojaamiseen, sekä valun aikaiseen ja jälkeiseen lämmitykseen ja suojaamiseen. Jokaisen ei siis tarvitse itse keksiä pyörää uudestaan, mutta on hyvä valita juuri ne oman kohteen ja tietysti kyseessä olevan työvaiheen tarpeet täyttävät ratkaisut. Antura töissä ei lämmitettävät suurmuotit olisi olleet kovin käteviä eikä sääsuoja tullut kyseeseen, sillä kohteemme pohjapinta-ala on 16000m².

Talvibetonoinnissa ei riitä ainoastaan hyvät suojat ja lämmitys, työnjohtajan on myös oltava jonkin verran perillä betonilaadusta ja mietittävä jokaisen valun kohdalla onko tarvetta esimerkiksi pienelle lämmölle massassa. Mitä pidemmän matkan takaa betoni kuljetetaan, sen enemmän se ehtii jo matkalla jäähtyä, joten itse ainakin otin mieluummin vähän varman päälle ja tilasin pakkaskelillä betonin pienellä lämmöllä, eli tavallisesti betoni on tehtaalta lähtiessä noin +20 °C ja kuumabetonimassa puolestaan +30 °C. Betonimassan toimituslämpötilasta kannattaa neuvotella betonitoimittajan kanssa, kun massaa tilaa, sillä heillä on tähän tarkoitukseen olemassa tietokonelaskentaohjelma ja mielestäni on hyvä hyödyntää heidän kokemustaankin. Pieni lämpö ja vielä nopeasti kovettuva betoni ovat oivallisia talvivaluun yhdessä, mutta tässäkin täytyy pitää ajatus kassassa, sillä nopeasti kovettuva betoni jo itsessään kehittää kovettuessaan runsaasti lämpöä ja tarkoitus ei kuitenkaan ole nostaa betonin lämpötilaa liian korkeaksi, sillä se ei suinkaan ole hyvä asia. Mikäli betonin lämpötila nousee yli +50 °C - +60 °C alkaa se kärsiä lujuuskatoa. Tavoiteltu kovettumislämpötila on jossain +30 °C - +40 °C asteen tietämillä ja ehdoton alaraja riittävän nopealle kovettumiselle ensimmäisten vuorokausien aikana on +20 °C, mitä nopeampaa tämä lämpötila alkaa laskea sen hitaampaa on lopullisen lujuuden saavuttaminen. On kuitenkin muistettava se fakta, että kaikilla lujuusluokilla jäätymislujuus on vähintään 5MN/m², tätä ennen betoni ei saa jäätymistä tai sen loppulujuus jää oletettua alhaisemmaksi ja betonin muutkin ominaisuudet kärsivät veden jäätymisen aiheuttamista seurauksista. Eli suojaus valun jälkeen on rakenteen onnistuneelle betonoinnille ehdottoman tärkeää, sitä ei saa tehdä vain sinne päin.

Betonivalun lämpötilaseuranta on myös melko ehdotonta, kun puhutaan talvibetonoinnista. Miten muuten lujuudenkehitystä voisi seurata. Tähänkin on hyvä varata välineistöä ja miettiä vaihtoehtoja, samalla kun suunnittelee lämmitys- ja suojausmenetelmiä. Nykyään on olemassa jo erilaisia valuun sijoitettavia antureita ja dataloggereiksi kutsuttuja lukijalaitteita, perinteisen lämpötila-mittarin rinnalle tai tilalle. Näitä saa ostaa hyvin varustelluista rautakaupoista, mutta ikävä kyllä opastusta niiden käyttöön ei ole, joten

itseopiskeluna on mentävä. Betonitoimittajilta voi myös tilata valuun sijoitettavia data-loggereita tiettyä korvausta vastaan. Ei ole oikeastaan väliä, millä välineistöllä lämpötilaa seuraa, kunhan se tulee jollain hoidettua ja kirjattua ylös myöhempää tarkastelua varten, mikäli jossain ilmenee ongelmia.

5 PERUSTUSTÖIDEN TOTEUTUS

Talvibetonointi ja sen toteutus alkavat talvibetonointisuunnitelmasta ja päättyy onnistuneeseen hyvin suoritettuun valuun ja sen jälkihoitoon, sekä kaikkeen tälle välille tapahtuvaan toimintaan liittyen tähän työvaiheeseen.

5.1 Talvibetonointisuunnitelma

Mitä tarkemmin talvibetonointisuunnitelma tulee tehtyä ja mietittyä, sen helpompaa itse toteutus oikeasti on. Talvibetonointisuunnitelma ei missään nimessä ole ns. suunnittelua tai ota kantaa rakenteisiin, vaan se on tarkoitettu betonityönjohtajalle apuvälineeksi, kun valmistaudutaan betonointiin kylmän sään aikana. Aiemmin jo mainitsin, että joillakin betonitoimittajilla on hyviä valmiita pohjia, joihin on jo valmiiksi mietitty huomioon otettavia asioita ja itse ainakin aloittelevana työnjohtajana koin nämä valmiit pohjat kultaakin arvokkaimmiksi. Omassa työssäni ensimmäinen talvibetonointisuunnitelma, jonka täytin, oli Ruduksen valmis pohja (Liite 1.). Tämän täytettyäni ja mietittyäni oman kohteemme vaatimukset olin jo erittäin hyvin selvillä mistä aloitamme, mihin etenemme ja millaisia tarvehankintoja on tehtävä ennen työn aloitusta ja työn edetessä. Talvibetonointisuunnitelma on pakollinen, mutta taas tulemme siihen, että sen ei ole väliä millainen se on, kunhan tarvittavat asiat tulee mietittyä ja kirjattua paperille.

Mitä hyvä suunnitelma sitten sisältää otsikkotasolla käytynä? Tietysti tärkeintä on kohdekohtaiset lähtötiedot ja työstä vastuullisen työnjohtajan henkilötiedot. Tämän työvaiheeseen nimetyn työnjohtajan vastuulle jää seurata vallitsevia sääoloja, lämpötiloja ja miettiä suojaus- ja lämmitysmenetelmät, tehdä hankinnat näihin liittyen, sekä varmistaa, että myös työnsuorittajilla on tieto, miten pitää toimia.

Seuraava askel on varmistaa valuun soveltuvat muotit ja niiden materiaalit ja näiden oikeanlainen tuenta, etteivät muotit painu maaperään. Muottien ja raudoitteiden suojaus on hyvin suunniteltu ja toteutettavissa, sekä puhdistus ennen valua varmistettu. Muotteja mietittäessä on oltava tietoinen myös tulevasta lämmitys- ja suojausjärjestelmistä, jotta nämä yhdessä toimivat optimaalisesti ja vastaavat juuri kyseisen kohteen vaatimuksia.

On muistettava myös varautua rikkoutuviin lämmittämiin ja peitteisiin ja varattava ylimääräisiä kaiken varalta. Betonilaadun määrittää rakennesuunnittelija, mutta työnjohtajan on betonitoimittajan kanssa yhteistyössä hyvä valita juuri siihen säähän sopivat betonilaadut ja lisätarpeet, kuten nopeasti kovettuva, eli rapid-betoni.

Tärkeä, ellei jopa tärkein on työn suoritus kohteessa. Työmaan on luotava tuoreelle betonille mahdollisimman otolliset olosuhteet, jotta se saavuttaa suunnitellun lujutensa eikä missään nimessä pääse jäätymään tai muuten vaurioitumaan. Suunnitelma valutilanteesta, sen rytmityksestä ja nopeudesta on siis hyvä kirjata ja käydä läpi ennen jokaista valua ja varsinkin jos valuja suorittavat työntekijät vaihtuvat. Hyvä suunnitelma sisältää myös tiedon siitä, miten lämpötilaa aiotaan seurata valun jälkeen ja miten pitkään suojausta ja lämmitystä jatketaan.

5.2 Lämpötilaseuranta

Toteutin betonivalujen lämpötilaseuranta perinteisellä lämpötilamittarilla, joka asetetaan valuun suojauputuksessa, sekä ostin kohteeseemme oman datalogger-mittalaitteen. Miten sitten kävikään.

Perinteinen lämpötilamittari on erittäin toimiva ratkaisu ja se olikin minulla niin sanotusti varmistamassa uudemman teknologian testausta, sillä kenelläkään työmaallamme ei ollut aiempaa kokemusta datalogger-mittauksista ja haasteita loikin jo järjestelmän käyttöönotto. Koska hankin tuon laitteen rautakaupasta, jäi sen opettelu ja opiskelu itsetoteutettavaksi työmaalla, näihin on ilmeisesti saatavilla myös jonkinlaista koulutusta, mutta itse en ehtinyt asiaa enempää selvittämään.

Perinteinen mittari siis sijoitetaan suojauputkeen, joka voi olla esimerkiksi sähköasentajan 20mm suojamuoviputkea. Tuon putken valuun uppoava pää esimerkiksi teipataan umpeen, jottei putken sujautettava mittari kosketa betonia ja putki pysyy avonaisena. Suojauputki on hyvä asettaa seurattavaan muottiin hetki valun jälkeen, jotta betoni on jo vähän jämähtänyt, eikä suojauputki uppoa liian syvään. Rautakaupoissa on juuri tähän tarkoitukseen mitoitettuja mittareita, kun vain muistaa sanoa käyttökohteen. Mittarin päähän on hyvä sitoa lankaa tai surrilankaa tai muuta vastaavaa, jonka avulla mittaria on helppo käydä lukemassa. Mittausputken pituutta on turha liioitella, sillä mittari itsessään on vain noin 13cm pitkä. Mittauspisteen yläpäässä oleva putkensuu kannattaa tulpata villalla ja teipillä, jotta lämpötila pysyy totuuden mukaisena mittarin ympärillä. Kun mittapisteen fyysistä paikkaa suunnittelee, on hyvä miettiä mieluummin paikka, jossa lämpötilat ovat alhaisimmat, sillä se kertoo kriittisimmät tilanteet ja näin varmistutaan, että pahin mahdollinen paikka on mitattu, eikä se varmin ja lämpöisin. Itse sijoitin mittauspisteet hyvin lähelle valun reunaa ja yläpintaa, sillä näiltä kohdin ympärillä vallitsevat olosuhteet, kuten tuuli, muotin ja valun ensimmäisenä jäädyttävät, vaikka lämpötilat keskellä betonia olisivat mitä.

Dataloggeri puolestaan muistuttaa tietokoneen muistitikkoa ja toimiikin juuri usb-portin kautta. Laite ohjelmoidaan tietokoneessa kiinni ollessaan, laitteen mukana tulleen ohjelman avulla ja tuohon saadaan määriteltäviä esimerkiksi miten tiheään mittari rekisteröi lämpötiloja. Mittari voidaan asettaa mittaamaan jatkuvasti tai tunnin tai jopa useamman tunnin välein, mutta varmintä on asettaa mittausväli tarpeeksi tiheälle, ettei viimeisimmän mittausjakson tulos nollaudu, mikäli patteri loppuu tai kun mittari irrotetaan. Itse valuun sijoitetaan siis ohut lanka, jonka päässä mittausanturi on ja langan toinen pää kytketään dataloggeriin. Alla kuva mittausanturista. Katso kuva 13.



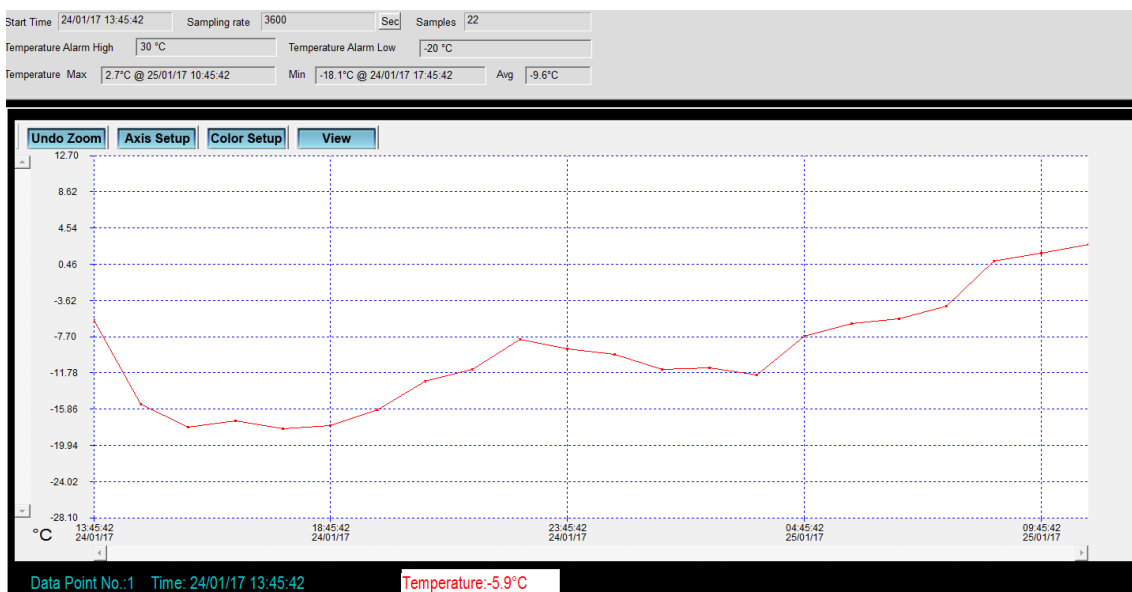
Kuva 13. K-tyypin lanka-anturi (K-tyypin lanka-anturi n.d.)

Lanka-anturin ohuempi pää upotetaan betoniin, aina haluttuun syvyyteen asti ja keltainen ns. navallinen pää kytketään mittalaitteeseen. Mittalaite siis ohjelmoidaan ja käynnistetään tietokoneella ja siirretään jo valussa valmiina olevan anturin luo, jossa ne yhdistetään ja varmistetaan, että mittaus käynnistyy. Mittarissa olevat valot ja äänimerkki kertovat mittauksen käynnistymisestä. Alla kuva itse laitteesta. Katso kuva 14.

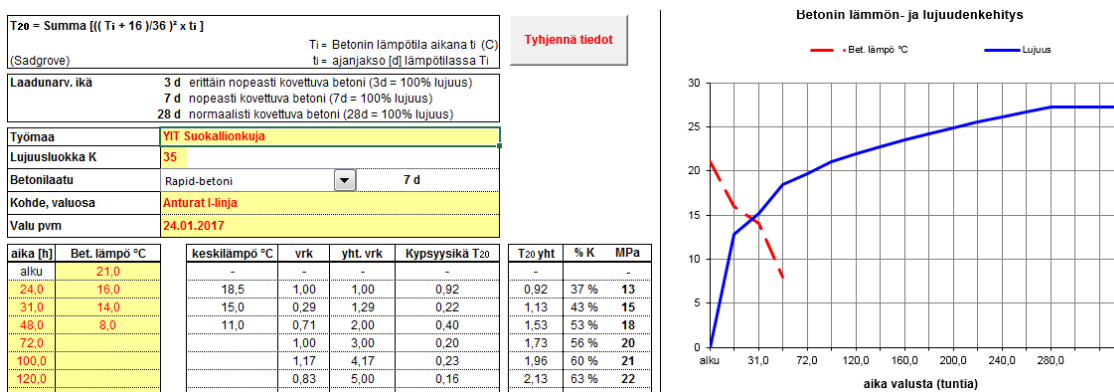


Kuva 14. Datalogger-mittalaite.

Itse mittalaitteen ohjelmointi ja mittauksen kytkentä ovat erittäin helppoja, mutta ilman ongelmia ei toki tässäkään asiassa päästy. Talven vaikutus elektronisiin osiin on varsin mahtipontinen ja melkoista ihmettelystä aiheutti, kun alkoi tuloksia ensimmäisiä kertoja lukea. Laitte saattoi näyttää, että betonin lämpötila on käynyt -15c, eikä tuolloin edes ulkolämpötilat olleet tuollaisia lukemia. Alla kuva mittauksesta ja vertailun vuoksi samasta valusta perinteisellä mittarilla mitattuja lämpötiloja. Perinteisellä mittarillakin mitattuna matkassa oli epäonnea, kun suojat olivat päässeet hiukan tuulen riepoteleviksi ja mittausputken suulla ollut villa kastumaan, joten lämpötilat eivät ihan totuuden mukaisia olleet vaan alakanttisia tässäkin, mutta tämä vahvisti, että dataloggerin antamat pakkaslukemat olivat selkeästi virheellisiä mittaustuloksia. Katso kuva 15. ja kuva 16.



Kuva 15. Datalogger mittalaitteen antamat lukemat.



Kuva 16. Perinteisesti mitattu ja excel-pohjaan syötetty mittaustulos.

Tätä hetken ihmetelystäni päätin, etten vielä luovuta vaan asetan mittauspään taas seuraavaan valuun ja katsotaan, onko mittarissa vai mittaajassa vika, sillä olin jo aiemmin saanut mittauksen mielestäni onnistumaan. Alla kuva onnistuneesta mittauksesta. Katso kuva 17.



Kuva 17. Onnistunut mittaus dataloggerilla, tammikuu 2017.

Missä sitten mielestäni mentiin vikaan epäonnistuneessa mittauksessa. Olen melko varma, ettei laite kestänyt ulkona vallitsevia talviolosuhteita, sillä aluksi pakettiin laitteen vain muovipussiin, joka sijoitettiin suojapressun alle valumuotin reunalle. Kunnes yhtäkkiä mieleeni palautui kuva, että betonitoimittajien dataloggerit on aina pakattu eristettyyn ja vesitiiviiseen salkkuun. Koska työmaalla ei ole salkkuja, käärin dataloggerin pakkasmaton palan sisään, teippasin sen tiukaksi paketiksi ja asetin muovipussiin ja sijoitin vielä hyvin suojatun muotin sisään. Tämäkään ei tehnyt mittausta varmaksi, mutta virheellisiä tuloksia tuli harvemmin ja kun aina asetti perinteisen mittarin lukemaan samaa valua, niin pystyi tekemään vertailua ja toteamaan onko dataloggerin mittatulos aivan vääristynyt.

Tällä yhden kevät-talven dataloggerin käyttökokemuksella en kuitenkaan suosittelisi ai-noastaan sen varaan laskemista, sillä oli hyvin paljon päivästä kiinni, miten laite toimi ja varsinkin kun lämpötilamittausta pitää Suomen olosuhteissa tehdä juurikin talvipakka-silla ja jäätävän tuulen armoilla. Ensi talvena on taas opeteltava ja etsittävä uusia tapoja suojata tai pakata laite ja kenties vielä jonain päivänä löydän oikean tavan näitä elektro-nisia mittareita oikeasti hyödyntää työmaolosuhteissa. Tällä hetkellä on vain helpom-paa sujauttaa perinteinen mittari putkeen ja lukea lämpötiloja, syöttää niitä valmiiseen kaavaan ja katsoa milloin ollaan muotipurkulujuudessa, sehän se on työmaan tavoite, löytää oikea hetki muottien kiertoon laittoon, kun työmaan on edettävä mahdollisim-man nopeasti talvesta huolimatta. Aion silti, vastoinkäymisestä huolimatta, jatkossa pi-tää myös dataloggerin apuvälineenä lämpötilaseurannassa.

Betonin lämpötilaa seurataan työmaalla puhtaasti siitä syystä, että voidaan arvioida be- tonin lujoudenkehitystä ja tätä kautta arvioida milloin muotit ovat purettavissa. Hyvä olisi tietysti varmistaa myös betonin nimellislujouden saavuttaminen, jotta tiedetään, milloin rakennetta voidaan täydellä kuormalla rasittaa. Mutta koska oma työvaiheeni oli

anturatyöt ja perustus, niin olimme tietysti ottaneet tämän myös siinä määrin huomioon, että anturoiden valmistus aloitettiin sieltä, mistä myöhemmin alkaa myös rungon asennus, eivätkä nämä olleet tällaisella suurella varastohalli/toimitila kohteella ihan lähellä. Näin varmistetaan, että betoni on saanut rauhassa muodostaa lujuttaan ennen kuin betonipilareiden asennus alkoi.

Betonin lujudenkehitystä voidaan jossain määrin myös nopeuttaa tietyillä toimilla. Tällaisia ovat mm. nopeasti kovettuvan betonin käyttö, betonimassan lämpötilan nosto, valetun tai liittyvän rakenteen lämmitys ja tietysti tehokas eristys ja suojaus pakkaselta.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni pääasiallinen tarkoitus oli koota yhteen minun mielestäni tärkeimmät asiat, joiden avulla työvaiheen suunnittelu kokemattomalle työnjohtajalle olisi helpompaa ja samalla antaa esimerkkejä siitä, miten olen itse näitä työssäni hyödyntänyt.

Talvi vaikutuksineen oli hyvin inspiroiva ja oli äärettömän hienoa päästä kokeilemaan uusia tekniikoita, kuten datalogger-mittausta ja testata erilaisia lämmitys- ja suojausyhdistelmiä. Koen talvibetonoinnin antaneen minulle työnjohtajana silmiä avaavia kokemuksia. Tärkeintä oli huomata, miten suuri vaikutus talvella todella on rakentamiseen kokonaisuutena.

Miten se onnistunut työvaihe sitten kasattiin? Työvaiheen hyvän toteutuksen tärkeimmät suunnitelmat ja hyödynnettävät asiat ovat mielestäni siis tehtäväsuunnitelman luonti, joka voi hyvinkin olla samalla aloituspalaverimuistion kasaus. TESU kannattaa tehdä sopimusten ja urakkaneuvottelumuistion avulla. Näistä työnjohtajan on helppo selvittää, mitä ollaan urakkaa neuvotellessa sovittu ja saada kuva mahdollisista sovituista urakkarajoista ja aikataulusta. Hyvä tehtäväsuunnitelma sisältää oikeastaan kaiken oleellisen, mutta käydään ne vielä tässä erikseen läpi. Yleisaikataulu tietysti on oltaava ajan tasalla ja tiedossa, sillä se määrittää hyvin pitkälle käytettävissä olevan urakkaajan ja antaa tiedon, milloin oma työvaihe alkaa hidastaa seuraavia, jos matkalle sattuu ongelmia ja harvoin ilman pieniä vastatuulia rakennusalalla selvittää.

Kun tehtäväsuunnitelma ja aikataulu ovat selvillä on hyvä tietysti selvittää vaadittu laatu-asetus, sen on asiakas määrittänyt ja tietysti meitä Suomessa määräävät myös lait ja asetukset asian suhteen, eli tietyt standardit on täytettävä, mutta aina voi tehdä parempaa ja mielellään näin tehdäänkin. Työnjohtajan on myös tehtävä jonkinasteisia pientavara tai -urakka hankintoja suoraan toimittajilta, vaikka isoimmat hankinnat pyritään ainakin isoissa rakennusliikkeissä tekemään osaavien hankintainsinöörin kautta.

Työvaiheen suunnittelun on syytä sisältää myös turvallisuuteen, työmaasähköihin ja -valaistukseen liittyvät asiat, jotta onnettomuuksilta välttytään.

Kaikista tärkeintä on siis ottaa selvää omasta työvaiheestaan ja olla siitä niin kiinnostunut, että haluaa työnjohtajana tehdä kaikkensa sen onnistumisen puolesta. Ei ole järkeä

lähteä vajain tiedoin tai edes taidoin, ilman kunnan suunnitelmia etenemään ja katsoa mitä tapahtuu. Pääasia on muistaa, että aina kun et tiedä: Kysy! Muiden kokemuksen hyödyntäminen on usein paikallaan ja oma ego kannattaa jättää syrjään, kun tehdään yhteistä projektia.

Näin yhteenvetona pitää tietysti vielä lisätä, että ne perinteiset menetelmät eivät ole tokikaan aina huonoja, mutta on hyvä välillä avata silmänsä ja ottaa rohkeasti siihen perinteisen rinnalle myös uutta kokeiluun. Kaikki uudet tavat ja laitteet eivät ole autuaaksi tekeviä, mutta välillä niistä voi löytää uusia ominaisuuksia ja apua juuri sinun työvaiheeseesi. Ei kannata liikaa jämähtää samaan uraan vaan välillä on hyvä kaivaa seuraavaa tai laajempaa.

Tein siis jatkojalostettavaksi taulukon työvaiheen hallintaan, jolla osoitan, että lähes samanlaisella aivan yksinkertaisella taulukolla voidaan hallita työvaiheen potentiaalisia ongelmia tai miettiä osakokonaisuuksia, niiden ongelmia ja ehdotuksia niihin. Taulukon ideana on ennen työvaiheen alkua pohtia tehtäväsuunnitelmaa tehdessä millaisia aikatauluja kannattaa käyttää missäkin vaiheessa, mistä löytyy työvaiheen sallitut poikkeamat tai sisältääkö työvaihe erikoissuunnitelmia, joihin tulisi varautua ennen sen aloitusta. Toisaalta taas taulukko toimii myös työvaiheen sisällä olevien ns. pienempien ongelmien ennaltaehkäisyyn, kun mietitään, mikä työvaiheessa voi mennä pieleen ja miten sen riskit minimoidaan. (Liite 2. ja 3.)

Koen työni tuoneen itselleni lisää apuvälineitä työvaiheiden suunnitteluun ja hallintaan, sekä selkiyttäneen omaa asemaani ja sitä, mitä minulta odotetaan työnjohtajana.

LÄHTEET

Junnonen J-M. (2010). *Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta*. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Kivimäki C., Koskenvesa A., Lahtinen M., Lindberg R., Palolahti T., Sahlstedt S. (2013). *Talvibetonointi*. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Koski H. (1995). *Rakennushankkeen tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus*. Tampere: Rakennustieto Oy.

K-tyyppin lanka-anturi. (n.d.). Haettu 15.7.2017 osoitteesta <http://www.elektrolinna.fi/kauppa/index.php?ryhma=F00000000&infosivukoodi=TP-300>

Last-planner aikataulu. (n.d.). Haettu 3.2.2017 osoitteesta <http://www.vincentstokes.com/last-planner-workshop/>

RATU 1180-S. *Työmaan laatusuunnitelma*. Kesäkuu 1997.

RATU KI-6021. *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*. 2013.

RATU S-1228. *Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan*. Joulukuu 2010.

RATU S-1227. *Työmaatoimitusten suunnittelu ja ohjaus*. Syyskuu 2010.

RT 10-10982. *Rakennuttajan työturvallisuusveloitteet rakennushankkeessa*. Helmikuu 2010.

RT 10-11225. *Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen kesto ja aikataulu*. Kesäkuu 2016.

Rakennusteollisuus ry. *Työturvallisuuskansio, malliasiakirjat*. Haettu 18.8.2017 osoitteesta <https://www.rakennusteollisuus.fi/Toimialat/Talonrakennusteollisuus/Hyotyieto-tyomaille/Laatu-ymparisto-tyoturvaluus/Tyomaan-tyoturvaluus/Tyoturvaluus-kansio-pk-rakennusyryyksille1/Malliasiakirjat/> .

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Haettu 15.6.2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

Winter concreting. Haettu 18.8.2017 osoitteesta <https://alliedconcrete.co.nz/technical-info/tips-tricks/91-winter-concreting>

Liite 1. Talvibetonointisuunnitelma

www.rudus.fi/Download/23938/Talvibetonointityöohje.pdf

TALVIBETONOINTISUUNNITELMA

Betonin kovettumisnopeuteen vaikuttaa aina merkittävästi lämpötila ja siksi talvisin tulee varmistaa, että betonivalu tehdään olosuhteissa, joissa taataan riittävä kovettumislämpötila kunnes oikea lujuustaso (esimerkiksi muotinpurkulujuus) on saavutettu. Mikäli ohut betonivalu jäähtyy nopeasti, lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi. Talviaikaan betonivalua tulisi aina ensimmäisten vuorokausien aikana suojata ja tarvittaessa lämmittää, jotta betonimassan lämpötila ei ennen sitoutumisen alkua laske alle +10 C:n. Tällä varmistetaan, että sementin alkaessa reagoida, betonin oma lämmönkehitys käynnistyy ja nopeuttaa lujuuden kasvua. Mikäli talvibetonointia ei tehdä oikein, voi seurauksena olla betonin huono säilyvyys ja kantavuus, joko pakkasvaurioiden tai liian aikaisen muotin ja tukirakenteiden purun takia. Lämmön- ja lujuudenkehityksen arviointiohjelmissa, kypsyysfunctioilla tai -käyrillä kannattaa aina varmistaa betonirakenteiden riittävä lujuustaso ennen muotin purkua.

Talvibetonointisuunnitelman tekeminen

Talvibetonointitoimenpiteisiin tulee jo ryhtyä, kun vuorokauden keskilämpötila laskee +5 °C:een. Muutoinkin, jos on epäily, että osa valutyöstä ajoittuu kylmään säähän, kannattaa siihen varautua talvibetonointisuunnitelmilla. Kylmissä oloissa työsuoritukset voivat hidastua ja siksi tulee varata enemmän aikaa valutöihin ja rakenteiden lujuuden kehitykseen.

Talvibetonoinnit tulee suunnitella riittävästi etukäteen, jotta rakenteen tavoitellut ominaisuudet saavutetaan. Valun toteutuksessa on huomioitava kaikki valuun vaikuttavat tekijät (muotti, suojaus, lämmitys, betonilaatu, valutekniikka, jälkihoito), jotta haluttu tulos saavutetaan. Käyttämällä nykyaikaisia laskentamenetelmiä (BetoPlus) voidaan luotettavasti valettavan rakenteen lämmön- ja lujuudenkehitystä eri betonilaa- duilla sekä suojaus- ja lämmitysvaihtoehtoilla. Vertailemalla eri vaihtoehtoja voidaan valita halutun lopputuloksen antava, työmaatekniikaltaan toimiva ja taloudellinen vaihtoehto.

Talvibetonointi tulee toteuttaa siten, että ensin tehdään ennakkosuunnittelu (lämmön- ja lujuudenkehityksen laskelmat), joka varmennetaan valetusta rakenteesta tehdyllä työnaikaisella lämpötilan seurannalla. Koska olosuhteet voivat muuttua peräkkäisissä valussa, on hyvä mitata valujen lämpötiloja automaattisesti tallentavilla loggereilla ja tarkastaa lujuudenkehitys mitattujen lämpötilojen avulla. Mikäli haluttua lujuustasoa ei saavuteta riittävän nopeasti, valitaan nopeammin kovettuva betonilaatu tai tehostetaan lämmitystä ja suojausta.

Talvibetonointivaluissa kannattaa huomioida seuraavia tekijöitä:

1. Betonivalu ei saa jäähtyä alle 0 C:een ennen kuin se on saavuttanut vähintään 5 MPa:n lujuustason. Jäätyessään betoniin tulee mikrohalkemia, jotka aiheuttavat rakenteen lujuuden pysyvän alenemisen sekä lyhentävät käyttöikää.
2. Ellei suunnitelmissa muuta mainita, tulee betonin saavuttaa vähintään 60 % nimellislujudesta ennen tukirakenteiden purkua. Muottien ei-kantavat osat saadaan tarvittaessa purkaa kun betoni on saavuttanut keskimäärin 5 MPa:n puristuslujuuden. Jännitetäessä punoksia tulee betonin yleensä ensin saavuttaa vähintään 80 % nimellislujudesta.
3. Jälkihoitoaika tulee saavuttaa ennen muotinpurkua. Tarvittava jälkihoitoaika on 60 % - 80 % nimellislujudesta ja se riippuu rakenteen rasitusluokasta.
4. Betonilattiaa valettaessa vanhan betonilaatan päälle, tulee valualustan pintalämpötilan olla vähintään + 10 C:ta. Kylmä alusta muodostaa muuten kylmäsillan ja hidastaa betonin sitoutumista. Jos betonointitilan lämpötila on selvästi korkeampi kuin alustan, valun pinta voi olla kuivunut/nahkoittunut vaikka pohjaosa on vielä vetelä. Ontelolaa-tastoa voidaan usein pintalattian valun aikana lämmittää alapuolelta, jolloin kylmäsiltaa ei muodostu betonivaluun.
5. Jos valettavaan rakenteeseen liittyy vanhoja kylmiä rakenteita, niistä muodostuu kylmäsilloja, joissa lämpötila laskee ja lujuudenkehitys hidastuu. Erityisesti kantavat tuet (pilarit, seinämät, palkit, ei-kantavien seinien alapää) voivat aiheuttaa vaaratilanteita, jos lujuus on alempi kuin muussa rakenteessa muotteja purettaessa.
6. Ennen valua ovat muotit, raudoitus ja valualusta puhdistettava lumesta ja jäästä. Vaikeissa olosuhteissa tulee harkita valuajankohtaa uudelleen.
7. Valettaessa viileissä olosuhteissa (+5 °C - +15 °C), kannattaa käyttää Rapid-betonilaa-tuja, joissa lujuudenkehitys on hyvin nopeaa ja nimellislujuus saavutetaan jo viikossa (7 vrk).
8. Kuumabetonin käyttö nopeuttaa erityisesti ensimmäisten tuntien sitoutumista ja lujuudenkehitystä. Kylmissä olosuhteissa (lämpötila < +5 °) kuumabetonin lämmönkehityksen kannalta nopea suojaus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää. Tällöin betoni saadaan kovettumaan mahdollisimman nopeasti ja haitalliset lämpötilaerot tasaantuvat rakenteessa. Kuumabetoni alentaa kuitenkin loppulujuustasoa ja pienentää ilmamäärää tuoreessa betonissa.
9. Mikäli kohdetta ei voida estää jäähtymästä alle 0 C:een, voidaan harkita pakkasbetonin käyttöä. Pakkasbetoni ei ole pakkasenkestävää, mutta kestää tuoreessa tilassa vaurioitumatta lämpötilan laskemisen aina -15 C:een asti. Lujuus kehittyy hitaasti pakkasessa ja alkaa nousta nopeasti, kun lämpötila nousee yli 0 C:een .
10. Kun käytetään voimakkaasti notkistettuja laatuja, on erityisesti viileissä olosuhteissa syytä varautua hitaampaan sitoutumiseen ja alkulujuuksiin. Useat notkistimet hidastavat lujuudenkehitystä ja erityisesti isoilla annosmäärillä ja voimakkailla notkistuksilla.

11. Betoni sitoutuu kylmässä hitaasti ja tämä mahdollistaa kosteuden haihtumisen pitkään valun pinnalta. Mikäli kosteuden haihtumista ei estetä esimerkiksi suojaressuilla, voimakas haihtuminen aiheuttaa plastista kutistumaa joka kasvaa kuivumiskutistuman myötä.

12. Ohuiden laattavalujen pinnat tulisi aina suojata eristelevyillä (-matoilla) nopeasti, koska iso pinta-ala jäähtyy nopeasti, ja lujuudenkehitys sekä sitoutuminen hidastuvat merkittävästi.

13. Kun työmaalla suojataan betonivalua lämpöeristeillä, tulee huolehtia, että lämpöeristeet pysyvät paikallaan. Voimakas tuuli voi heittää eristeet sivuun, jolloin betonin jäähtyminen nopeutuu tai betoni jopa jäätyy ennen jäätymislujuutta.

14. Betonivalun kypsyttä (lämmitystarvetta, suojausta) voidaan arvioida kypsyysfunktiolla kuten Sadgroven kaavaa ($t_{20} = ((T+16\text{ C})/36\text{ C})^2 * t$, missä t on kovettumisaika (vrk) ja T lämpötila (C) aikavälillä t. Kirjallisuudesta löytyy kypsyyskäyrästäjä eri sementtilaaduille. BetoPlus-ohjelmalla voidaan laskea tarkemmin kypsyysarvot Lohja Ruduksen betoneilla.

TALVIBETONOINTISUUNNITELMA

OHJE: Täytetään vain ne kohdat, jotka koskevat kohdetta, mutta käydään jokainen kohta läpi, jotta kaikki tärkeät asiat tulevat huomioitua.

Työkohde: _____

pvm: _____

Rakennusosa: _____

Talvibetonointisuunnitelman _____ tekijä:

Pääurakoitsija: _____, vastaava mestari:

Suunnittelija: _____, betonimestari:

Betonin toimittaja: _____

Talvibetonointisuunnittelukokous: pvm _____, paikka

paikalla

1. TAVOITTEET

Kirjaa ylös rakennusosan betonoinnin ja kovettuneen betonirakenteen tavoitteet eli mihin aikatauluun ja toteutustapaan halutaan pyrkiä. Tavoitteet on tarkistettava betonilaadun valinnan ja toteutustavan tarkastelun jälkeen.

Muottienpurkulujuus: _____, muottikiertotavoite:

Jäätymislujuus (> 5 MPa) saavutettava: _____ vrk (lämpötila pidettävä > +0 C)

Varhaislujuudet

1 vrk: _____ MPa, 2 vrk _____ MPa, 7 vrk _____ MPa, 14 vrk _____ MPa

Nimellislujuus saavutettava: _____ vrk, lujuus 28 vrk _____ MPa

2. RAKENNE

Kirjataan rakenteen mitat ja liittyvät rakenteet. Näitä tietoja tarvitaan laskettaessa lämmön- ja lujuudenkehitystä sekä arvioitaessa kylmäsiltoja.

Valettavan rakenteen mitat: pituus _____ mm, leveys _____ mm, korkeus _____ mm

Liittyvät _____ rakenteet:

Rakennekuva on liitteenä: _____

3. MUOTIT

Muottien valinnassa on huomioitava valukokonaisuus. Mikäli on kylmä sää, kannattaa valita muottijärjestelmä (materiaali), joka on eristävä (pieni lämmönsiirtokerroin) tai jota voidaan lämmittää sähköisesti. Muussa tapauksessa muottia joudutaan lisä eristämään tai käyttämään lisälämmittämiä.

Valitaan muottimateriaali tai muottisysteemi siten, että riittävä lämmöneristävyys saavutetaan:

Muotti 1: _____, muotti 2:

Muotti 3: _____, muotti 4:

Muottien (ja eristeen) riittävä suojauskyky on tarkistettu valettavalle rakenteelle:

Muotien tuenta on tehty siten että maaperän sulaminen ja kuormitus ei aiheuta painumisia: _____

Mietitään tarvitaanko lisätuentaa tai varatukia valun suojauksen varalta:

Muotit, raudoitus ja valualusta puhdistetaan lumesta, jäätystä ja roskista (vesihöyryllä):

Kuka vastaa muottien tarkastuksista ja toimivuudesta ennen valua:

4.1 OLOSUHTEET

Kirjaa ylös valupaikan olosuhteet (lämpötilat ajan suhteen, tuuli). Kannattaa miettiä voidaanko olosuhteisiin vaikuttaa. Tavoite tulisi aina olla, että tuoreelle betonille järjestetään hyvät kovettumisolosuhteet.

Valuolosuhteen lämpötila (ulkolämpötila): _____ C, tuuli (maksimi): _____ m/s

Lämpötila ajan suhteen (muuttuva lämpötila päivän ja yön välillä):

max päivä _____ C, min päivä _____ C, keskiarvolämpötila _____ C

Kuka vastaa mittauksista ja mittalaitteista:

Muu olosuhde vaikutus:

4.2 SUOJAUS

Kirjaa ylös kohteessa käytettävä suojausmenetelmät. Tavoitteena tulisi olla, että betonipinnat suojattaisiin jäätymistä vastaan siten, että nopea lujuudenkehitys mahdollistuu. Vähintään jäätymlujuus (5 MPa) tulee saavuttaa, ennen betonin lämpötilan laskeamista alle 0 C. Mikäli halutaan saavuttaa nopeasti muotin purkulujuus/jännityslujuus, kannattaa suojausta jatkaa, kunnes lujuustaso on varmistettu.

Valupinnan päälle levitettävä eristematto (vahvuus, tyyppi):

Tyyppi _____,
_____ mm

Suojauksen aloitus/lopetus:

Muottien sivut suojataa eristeellä: tyyppi _____,
_____ mm

Suojauksen aloitus/lopetus:

Liittyvät rakenteet suojataan eristeellä: tyyppi _____,
_____ mm

Muu suojaustoimenpide:

Kuka vastaa suojauksen toteutuksesta ja toimivuudesta:

4.3 LÄMMITYS

Kirjaa ylös kohteessa käytettävät lämmitysmenetelmät (muotin, betonimassan tai liittyvän ”vanhan” rakenteen lämmitys). Mikäli rakenteessa on kylmäsiltoja, voidaan niitäkin lämmittää, jotta ne eivät johda betonimassan lämpöä pois.

Lasketaan rakenteessa tarvittavaa lämmitystehoa (lämmitysenergiaa) ja valitaan kalusto. Laskentaa voidaan tehdä kypsyysfunktioilla tai BetoPlussalla:

Rakenteessa käytetään lankalämmitystä: kyllä __ , ei __ : teho/tiheys

Rakenteessa käytetään säteilylämmitystä: kyllä __ , ei __ : teho/sijoitus

Rakenteessa käytetään sähkölämmitteisiä suur- ja pöytämuotteja: kyllä __ , ei __
teho/sijoitus

Muu lämmitysmenetelmä:

Kuka vastaa lämmityksen toimivuudesta ja oikeasta ajoituksesta:

5. BETONILAADUN VALINTA

Kirjataan ylös betonilaadun valinta. Betonilaadun valinnassa tulee ottaa huomioon koh- teessa kirjatut rakenneominaisuudet, tavoitteet toteutukselle, olosuhteet, suojaus ja lämmitys sekä valittava ne betonilaadut, joilla kohde voidaan toteuttaa. Mikäli tavoit- teita on vaikea saavuttaa kohtuullisesti millään betonilaadulla, tulee miettiä voidaanko valutilanteen olosuhteisiin (lämpötilat, suojaus, lämmitys) vaikuttaa. Myös betonilaatua voidaan tarvittaessa modifioida valutilanteeseen sopivaksi, mikäli betonin valmistaja tä- män tekee. Kannattaa miettiä ja arvioida onko järkevämpää saavuttaa haluttu lujuustaso (muotinpurku/jännityslujuus) nopeammalla betonilaadulla, tehokkaammalla suojauk- sella vai tehokkaammalla lämmityksellä. Sementtilaaduilla voidaan myös vaikuttaa lu- juudenkehitykseen. Käyttämällä esimerkiksi lujuudenkehityksen arviointiohjelmaa (Be- toPlus), voidaan valita taloudellisin vaihtoehto. Valinta tulee olla sellainen, joka voidaan toteuttaa luotettavasti.

Valittava betonilaatu: _____

Rakenteen käyttöikä: _____ vuotta, Rasisluokat: _____

Lujuudenkehityksen arviointi: BetoPlus, kypsyysfunktiot tai kypsyyskäyrät: _____

Muotinpurkulujuus (60%): _____ vrk, muotinpurkulujuus (%): _____ vrk

Punosten jännityslujuus (80%): _____ vrk, jännityslujuus (%): _____ vrk

LUJUUSTIEDOT (ennuste)

Jäätymisljuuus (> 5 MPa) saavutetaan: _____ (lämpötila pidet- tävä > +0 C)

Varhaislujuudet

1 vrk: _____ MPa, 2 vrk _____ MPa, 7 vrk _____ MPa, 14 vrk _____ MPa

Nimellislujuus saavutetaan: _____ vrk, lujuus 28 vrk _____

LÄMPÖTILATIEDOT (ennuste)

Maksimilämpötila valun jälkeen: _____ C, minimi lämpötila _____ C

Rakenteen lämmönkehityksen seuranta: Lämpötilat loggerilla _____, lämpömittarilla _____

Rakenteen lujuudenkehityksen seurannan toteutus: BetoPlus _____, kypsyyskäyrät _____

Tarkistetaan muottikierron toimivuus muottivalinnan, lämmityssysteemin, suojauksen ja betonilaadun valinnoista (esim. BetoPlus): _____

Betonivalmistajan kanssa on yhdessä varmistettu laadun toimivuus ja sopivuus kohtee- seen: _____

Kuka vastaa valettujen rakenteiden lämpötilojen mittauksesta: _____

Kuka vastaa, että saatu lujuustaso täyttyy ennen muotinpurkua:

OHJE

- Vähän suojausta ja kylmää: sopivia betonilaatuja Rapid-betonit ja NP-Betonit, kuuma-betoni

- Hyvä suojaus ja lämmitys: sopivia betonilaatuja normaalit rakennebetonit, NP-betonit, IB-betonit

- Myös korkeampaa lujuusluokkaa voidaan käyttää nopeuttamaan lujuudenkehitystä
Talvibetonointisuunnitelman tekijä

Nimi: _____

Päiväys: _____

Liitteet

Rakenne kuva: Kyllä _____, Ei _____

BetoPluskäyrä(t): Kyllä _____, Ei _____

Muut liitteet: Kyllä _____, Ei _____

6. ONTELOLAATTOJEN SAUMAT

TAVOITTEET

Nopea lujuudenkehitys [??]

betonimassan lämpötila valettuna > +10 C (normaali- ja rapid saumabetoni)

Hidas lujuudenkehitys [??]

betonimassan lämpötila valettuna +0 ... +10 C (normaali- ja rapid saumabetoni)

Hyvin hidas lujuudenkehitys [??]

betonimassan lämpötila voi laskea alle 0 C:een lämpötilan (pakkasbetoni)

Muotinpurkulujuus/jälkihoitoaika 60 nimellislujuudesta saavutettava :
_____ vrk

OLOSUHDE

Ulkolämpötila (valuolosuhde): _____ C, tuuli (maksimi):
_____ m/s

Lämpötila ajan suhteen (muuttuva lämpötila päivän ja yön välillä):

vrk max _____ C, vrk min _____ C, keskiarvolämpötila
_____ C

RAKENNE

Ontelosauman: leveys _____ mm, paksuus _____ mm

Ontelolaattojen lämpötila: _____ C

Ontelosten alapuolisen tilan lämpötila: _____ C

SUOJAUS

Sauma suojataan eristelevyllä valun jälkeen _____ (kyllä/ei)

Suojauksesta _____ vastaa:

LÄMMITYS

Saunaa lämmitetään alapuolelta: _____
(lämmitystapa)

Lämmitystä _____ pidetään _____ vrk yllä/jatketaan:

Lämmityksestä _____ vastaa:

BETONILAATU:

Saumabetoni K30 #8 S4 _____, rapidsaumabetoni K30 #8 S4 _____, pakkasbetoni K30 #8 S4 _____

Käytetään kuumabetonia: _____ (K3/4)

Lämmönkehitysarvio tehty: _____ (BetoPlus tai kypsyysskäyrät)

Lujuudenkehitysarvio tehty: _____ (BetoPlus tai kypsyysskäyrät)

Lämpötilojen toteutumista mitataan loggerilla/lämpömittarilla: _____ (kyllä/ei)

Mittauksesta _____ vastaa:

Talvibetonointisuunnitelman tekijä Liitteet (kyllä/ei)

Nimi: _____ Betoplus lämpötilakäyrä:

Päiväys: _____ Betoplus lujuuskäyrä: _____

VAIHTOEHTOLASKELMIA**Olosuhde 1.**

Ulkolämpötila 1: _____ C, Betonilaatu: _____

Muotinpurkulujuus _____ saavutetaan: _____ vrk

BetoPlus lämmön- ja lujuudenkehityksenkäyrä

Olosuhde 2

Ulkolämpötila 2: _____ C, Betonilaatu: _____

Muotinpurkulujuus _____ saavutetaan: _____ vrk

BetoPlus lämmön- ja lujuudenkehityksenkäyrä

Olosuhde 3

Ulkolämpötila 3: _____ C, Betonilaatu: _____

Muotinpurkulujuus _____ saavutetaan: _____ vrk

BetoPlus lämmön- ja lujuudenkehityksenkäyrä

Liite 2. Työvaiheen hallinta (POA) -taulukko

Kohde _____

Työnjohtaja _____

Työvaihe alkaa: ____/____/____

Työvaihe loppuu: ____/____/____

Työvaiheen hallinta (POA)

Aikataulu	Ongelma	Seuraus	Ehdotus	Korjattu
	Aloitusta viivästetty	Seuraava työvaihe uhkaa siirtyä	Tehtäväsuunnitelman ja aikataulun yhteensovitus uudestaan	1. tammikuuta 2017
	Pakkasen viivästyttää valuja	Betonointia ei päästä suorittamaan sovituksi	Onnistuuko olosuhteiden muutos? Lämmitys? Jos ei -> aikataulumuutos	
Laatu				
	Valmis pinta on epätasainen	Elementtiasennus hankaloituu	Pinta oikaistaan hiomalla	2. helmikuuta 2017
	Betoni on vibrattu huonosti -> Reikiä pinnassa	Raudotteet saattaa olla esillä	Korjataan niitä osin kun tarvetta jälkivaluna	
Hankinta				
	Hankittavan tuotteen toimitusaika	Työskentely pysähtyy/viivästyy	Oletaan selvää vaihtoehtoja ja ehdotetaan niitä tilaajalle	
Työturvallisuus				
	Muotit on asennettu vasten jäistä maata	Betoni sulattaa maanpinnan ja muotin tuenta pettää	Lisätetään muottia	20. maaliskuuta 2017

Liite 3. Työvaiheen hallinta (osakokonaisuudet) -taulukko

<u>Työvaiheen hallinta (osakokonaisuudet)</u>			
Kohde _____			
Työnjohtaja _____			
Työvaihe alkaa _____			
Työvaihe loppuu _____			
Aikataulu	Ongelma	Seuraus	Ehdotus
	Kuittaus		
	Yleisaikataulu ei kerro tarpeeksi työvaiheen etapeista	Työvaiheen etenemisen seuranta hankalaa	Otetaan käyttöön esim. Last Planner-menetelmä
	Työvaiheiden yhteensovkusta ei ole saatu synkronoitua	Työvaiheet menevät päällekkäin	Otetaan käyttöön yhteinen aikataulupohja esim. matriisi
Laatu	Ongelma	Seuraus	Ehdotus
	Kuittaus		
	Työvaiheen sallitut poikkeamat eivät ole tiedossa	Työn loppuolos ei vastaa suunniteltua	Selvitetään TESUa tehdessä esim. Ratu-kortin antamat tiedot
Hankinta	Ongelma	Seuraus	Ehdotus
	Kuittaus		
	Tuotteen ajoittaminen kohteeseen oikeaan aikaan	Tuotetta ei saada enää nostettua suunnitellusti sisään	Otetaan käyttöön hankinta-aikataulu seurannalla
Työturvallisuus	Ongelma	Seuraus	Ehdotus
	Kuittaus		
	Mestari vastaanotossa selviää, että sähköpisteet ovat k. Jatkajohtoja vedetään pitkiä matkoja lattiaa myöden		Selvitetään ajoissa työmaasähköjen sijainti ja riittävyys
	Työvaihe sisältää erityisuunnitelmia	Ei osata varautua oikein esim. valjaskiinnityspisteet	TESUa tehdessä selvitetään mahdolliset erityisuunnitelmat