

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2024

Ville Veijola

Tahtituotannon toimivuus parveketöissä

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2024 | 42 sivua

Ville Veijola

Tahtituotannon toimivuus parveketöissä

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää tahtituotannon toimivuutta parveketöissä. Tavoitteena oli selvittää suurimmat haasteet parveketöiden tahtituotannon mukaisessa toteuttamisessa ja luoda ohjeistus, jota voidaan hyödyntää tahtituotantokohteissa parveketöiden toteuttamiseen. Ohjeistuksen avulla kehitetään tahtituotannon käytäntöjä tuleviin projekteihin. Ohjeistuksen avulla osataan varautua paremmin häiriötilanteisiin ja tehdä oikeita päätöksiä niiden välttämiseksi. Insinööriyön toimeksiantajana toimii YIT Suomi Oy.

Insinööriyö toteutettiin keräämällä tietoa tahtituotannosta kirjallisuuslähteistä tutkimuksen toteuttamiseen. Tutkimustyö tehtiin YIT Business Premises OY:n asuinkerrostalotyömaalla pääurakoitsijan työnjohtajana. Esimerkkikohte toimii YIT:n pilottikohteena tahtituotannon kehittämisessä. Työn alussa käydään läpi tahtituotannon toimintaa rakentamisessa ja sovelletaan niitä esimerkkikohteen parveketöissä. Työssä kerätään tietoa tahtituotannon toimivuudesta parveketöissä ja analysoidaan tahtituotannon peruspilareiden toteutumista. Tahtituotannon peruspilarit ovat töiden yhteensovitus, virtaus ja läpimenoajan tiivistäminen.

Tulosten avulla tilaaja pystyy tekemään parannus- ja kehittämistoimenpiteitä parveketöiden tahtituotannon mukaiseen toteuttamiseen tulevilla hankkeilla. Tuloksia hyödynnetään tahtituotannon virtauksen parantamisessa ja mahdollisten häiriöiden tunnistamisessa.

Asiasanat:

tahtituotanto, parveketyöt, virtaus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Bachelor of Civil Engineering

2024 | 42 pages

Ville Veijola

The functionality of takt production in balcony work

The purpose of the engineering thesis is to research and develop the functionality of takt production in balcony work. The aim of this thesis is to determine the most significant challenges in the implementation of balcony work in accordance with takt production and to create guidelines that can be used in takt production sites to implement balcony work. With the help of the guidance, pacing production practices are developed for future projects. With the help of the instructions, we can better prepare for trouble situations and make the right decisions to avoid them. The client of the engineering thesis was YIT Business Premises Oy.

The engineering work was carried out by gathering information about takt production from literature sources to carry out the research. The research work was conducted at YIT Business Premises OY's residential apartment building site as the main contractor's site supervisor. The case site serves as YIT's pilot site in the development of takt production. At the beginning of the work, the special features of takt production in construction are reviewed and applied to the balcony work of the case site. The research work gathers information about the functionality of takt production in balcony work and analyzes the implementation of the basic columns of takt production.

With the help of the results, the customer can take improvement and development measures for the implementation of balcony work in accordance with the takt production in future projects. The results are used to improve the flow of takt production and to identify potential disturbances.

Keywords:

Takt production, balcony work, flow

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 YIT ASUNTOTUOTANTO	8
3 TAHTITUOTANTO	10
3.1 Lean-malli	10
3.2 Tahtituotanto rakentamisessa	13
3.3 Tahtiaikataulu	14
3.3.1 Projektinjohdon TAKT	14
3.3.2 Tahtiaika	16
3.3.3 Tahtialue	16
3.3.4 Työpaketit	17
3.3.5 Työjono	18
3.3.6 Virtaus	18
3.3.7 Läpimenoaika	19
3.4 Teollinen logistiikka	19
4 As Oy Primus	21
4.1 Parvekkeen työvaiheet	22
4.2 Tahdistavat työvaiheet parvekkeella	25
4.3 Parveketöiden aikataulu	26
4.4 Mestan vastaanotto ja mestan luovutus	28
4.5 Työturvallisuus	28
4.5.1 Työn turvallisuussuunnitelma	29
4.5.2 Työvaihekohtainen pölynhallintasuunnitelma	29
4.5.3 Putoamissuojaussuunnitelma	30
4.6 Laadunvarmistus parveketöissä	31
4.7 Työpiirustukset	32
5 Tahtituotannon toimivuus parveketöissä	33

5.1 Lähtökohta	33
5.2 Työn toteutus	33
5.3 Tulokset	34
5.3.1 Työjärjestyksen vaikutus parveketöiden läpimenoaikaan	34
5.3.2 Häiriöt parveketyövaiheissa	36
5.3.3 Logistiikka	37
5.4 Yhteenveto	38
6 Tahtituotannon kehittäminen parveketyövaiheissa	39
Lähteet	41

Kuvat

Kuva 1. YIT:n strategia 2022–2025.	9
Kuva 2. Mihin kaikkeen tehokkuutta hukkuu? 8 kardinaalisyntiä.	11
Kuva 3. Lean-filosofia tahtituotannon taustalla.	13
Kuva 4. Takt.ing perustuu kolmen tason malliin.	15
Kuva 5. Takt.ing yleiskuva työpaketeista ja työnkulusta.	16
Kuva 6. Työpaketti	17
Kuva 7. Virtausnäkökulma.	19
Kuva 8. Asunto Oy Primus.	21
Kuva 9. As Oy Primus parveketyövaiheet tahtituotannossa	26
Kuva 10. Parveketöiden työaikataulu As Oy Primus. 2024	27

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

alapohja	rakennuksen alimman kerroksen ja maan välissä oleva vaakarakenne
läpimenoaika	rakennushankkeen kesto rakentamisen aloittamisesta valmiin rakennuksen luovuttamiseen asiakkaan käyttöön
mesta	työpiste, jossa työ tehdään
teräsbetonielementti	rakennusosa, joka on esivalmistettu tehtaalla
TTS	työn turvallisuussuunnitelma
virtaus	työvaiheiden jatkuvuus rakennushankkeen läpi
välipohja	rakennuksen eri kerrosten välissä oleva vaakarakenne
yläpohja	rakennuksen ylimmän kerroksen ja vesikaton välinen vaakarakenne

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii YIT Business Premises Oy. Yhtiö on osa pohjoismaiden suurinta rakennusalan yritystä YIT Oyj:tä. YIT:n historia ulottuu vuodelle 1912 asti, jolloin ruotsalainen insinööritoimisto AIB avasi toimipisteen Helsinkiin. Suomen itsenäistymisen jälkeen toiminnan jatkajaksi Suomeen perustettiin Yleinen Insinööritoimisto Oy (YIT). (YIT Group 2024c)

YIT kehittää tahtituotannon toimintamallia toimitilarakentamisessa. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia tahtituotannon toimivuutta asuinkerrostalon parveketyövaiheissa. Esimerkkikohteena toimiva As Oy Primus on YIT:n pilottikohte tahtituotannossa. Tahtituotanto on suurelle osalle YIT:läisiä uusi toimintamalli.

Tahtituotannon tarkoituksena on parantaa työvaiheiden sujuvuutta ja vähentää häiriöitä jakamalla työmaa lohkoittain pienempiin kokonaisuuksiin, päämääränä lyhentää läpimenoaikaa. Tahtiaikataulu on käytössä työmaan kaikissa työvaiheissa. Työmaan tahtiaikataulu on luotu sisätyövaiheiden ehdoilla.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tahtituotannon toimivuus parveketöissä ja määrittää kehitysehdotukset tahtituotannon suunnitteluun. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuuden hankkeiden tahtituotannon suunnittelussa ja parveketyövaiheiden toteuttamisessa.

Opinnäytetyössä selvitetään tahtituotannon toiminta ja syvennyttään esimerkkikohteen erityispiirteisiin ja parveketyövaiheisiin, joita ohjaavat tahtituotannon peruspilarit. Näitä peruspilareita ovat töiden yhteensovitus, virtaus ja läpimenoajan tiivistäminen.

2 YIT ASUNTOTUOTANTO

YIT Oyj on Suomen suurin ja merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö. Yhtiö keskittyy asuntojen, toimitilojen ja kokonaisten alueiden rakentamiseen ja kehittämiseen. Vuonna 2022 YIT Oyj:n liike vaihto oli 76,6 miljoonaa euroa.

YIT Oy:n historia ulottuu yli sadan vuoden taakse. Yhtiö on saanut alkunsa vuonna 1912 Suomessa ruotsalaisen Ab Allmänna Ingeniörsbyrå:n perustaessa toimiston Helsinkiin. Ruotsalaisyhtiön toiminta loppui ensimmäisen maailmansodan ja Suomen itsenäistymisen jälkeen. 1920-luvulla suomalaiset liikemiehet jatkoivat toimintaa muodostamalla yrityksen Yleinen Insinööritoimisto Oy. Yhtiö rakensi alkuaikoina pääasiassa vesilaitoksia Suomeen. 1960-luvulla Pellonraivaus Oy osti pääosan YIT:n ja Insinööritoimisto Vesto Oy:n osakkeista, yhtiöt jatkavat itsenäisinä. 1980-luvulla Yleinen Insinööri Oy, Vesto Oy ja Pellonraivaus Oy liitetään osaksi Perusyhtymä Oy:tä, nimi muutetaan YIT-Yhtymä Oy:ksi. YIT-Yhtymä listataan Helsingin pörssiin vuonna 1995. YIT kasvaa kansainväliseksi konserniksi 2000-luvulla kiinteistötekniisissä palveluissa ja asuntorakentamisessa. YIT:n asuntorakentaminen käynnistyi 1980-luvulla Suomessa, josta se leviää 2000- lukuun mennessä Venäjälle, Baltiaan ja Keski-Eurooppaan. (YIT Group 2024c)

YIT:n tavoitteena on luoda parempia elinympäristöjä. YIT uskoo menestyksen perustuvan kestävään kehitykseen. Kaupungistumisen jatkuessa tarve kestäville, vetovoimaisille ja eläville kaupunkiympäristöille kasvaa. Tarvitaan uusia tapoja hyödyntää resursseja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. YIT:n perustehtävä on rakentaa toimivia ja kestäviä koteja ja elinympäristöjä ihmisille, päämääränä mahdollistaa yhteiskunnan sujuva ja kestävä arki. (YIT Group 2024b)

Kuvassa 1 havainnollistetaan YIT:n strategia vuosille 2022-2025. Strategian päämääränä on parantaa eri segmenttien yhteistyötä tukemaan eri segmenttien kasvua ja tuloksen parantamista. Tavoitteena on 20 % kasvu asumisen segmentissä. (YIT Group 2024b)



Kuva 1. YIT:n strategia 2022–2025 (YIT Group 2024b).

YIT:n toiminnan arvoja ovat arvostus, yhteistyö, luovuus ja intohimo. Välitetään asiakkaista ja työntekijöistä, toimitaan kestäväillä ratkaisulla ympäristön hyväksi. Tehdään yhteistyötä, osallistetaan, ollaan avoimia ja jaetaan tietoa. Luotetaan ja luodaan positiivista henkeä, annetaan vapaus luoda uutta ja haastaa. Tähdätään korkealle asiantuntemuksessa, laadussa ja tuloksessa, sekä toimitaan eettisesti. (YIT Group 2024b)

3 TAHTITUOTANTO

Tahtituotanto on tuotannosuunnittelu- ja ohjausmenetelmä, joka yhdistää ajan, paikan ja työn. Tahtituotannolla tehostetaan tuotannon virtausta luomalla tasainen ja jatkuva tuotantovirta. Rakennustyömaalla työryhmät kulkevat yhteisessä tahdissa. Yhteisellä tahdilla luodaan tasainen ja ennakoitava tuotantoprosessi, jossa hukka on minimoitu. Tuotannon ongelmat (hukat) havaitaan selkeästi ja tasaisesti etenevästä virtauksesta. Ongelmien havaitsemisella mahdollistetaan niiden poistaminen ja virtauksen kehittäminen. (Ratu KI-6036, 2024.)

3.1 Lean-malli

Lean-malli perustuu Toyota Motor Corporationin päätuotantoinsinöörin kehittämään tuotantomenetelmään. Japanissa kehitettiin uudenlainen tuotantotapa tuotannon kasvattamiseen ilman pääomaa tai uusia laitteita. Myöhemmin Lean-filosofiaa on hyödynnetty monessa teollisuuden laitoksessa tuottavuuden parantamiseksi. (Six Sigma 2024.)

Lean-rakentamisessa tavoitteena on optimoida kokonaisuutta, ei yksittäisiä osia. Lean-filosofian mukaisella tahtituotannolla luodaan luotettava ja ennustettava työnkulku (flow), toiminnan virtaus. Lean-rakentamisen tavoitteena on poistaa tilanteet, joissa työ odottaa tekijäänsä ja tekijä työtä, sekä luoda jatkuvan kehittymisen kulttuuri. Kuvassa 2 esitetään Lean-mallin 8 yleisintä hukkaa, jotka vaikuttavat toiminnan virtaukseen. (Ratu RI-6036, 2024.)



Kuva 2. Mihin kaikkeen tehokkuutta hukkuu? 8 kardinaalisyntiä. (Intotalo 2024.)

Lean-rakentaminen perustuu vakioituun prosessiin, jossa luodaan ennustettava eteneminen projektilla poistamalla tilanteet, joissa työpiste odottaa työntekijää tai työntekijä odottaa työpistettä. Systemaattinen prosessin parantaminen on osa lean-mallia, valmistuneista kohteista kerätään tietoa tulevien kohteiden suunnitteluun. Toimivassa prosessissa rakentaminen lähestyy teollista tuotantoa, jossa kokonaistaloudellisuus on ennustettavissa tarkasti. (Mölsä 2019.)

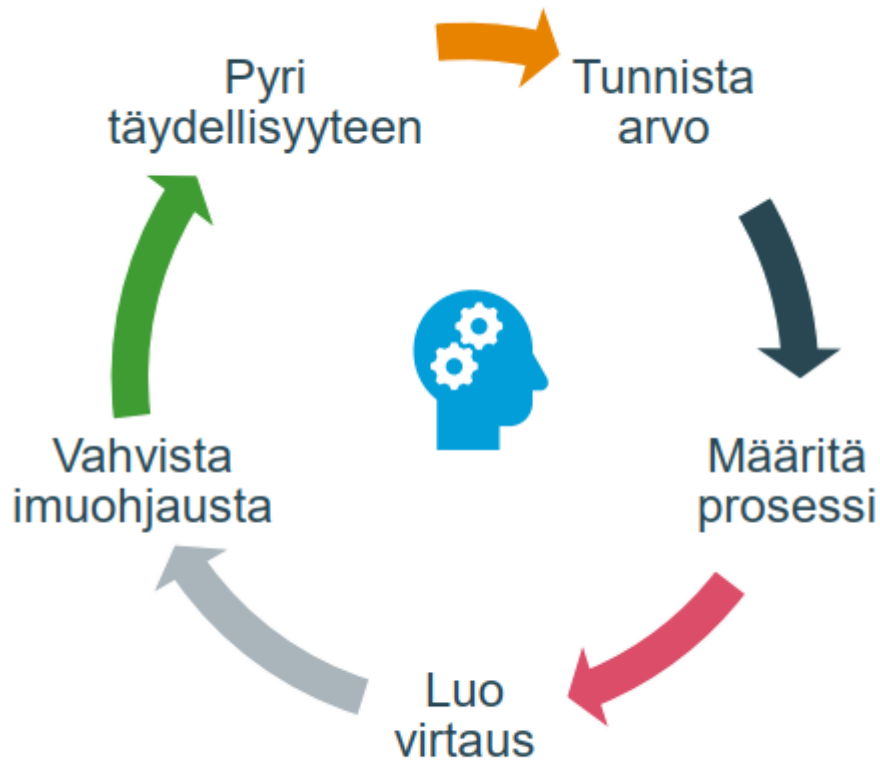
Lean-filosofiaan perustuvassa tuotannossa rakentamisen virtausta parannetaan suunnittelemalla työ pienempiin osakokonaisuuksiin ja työpaketit saman kestoiseksi. Prosessien yhtenevällä kestolla on tuotanto ennustettavampaa, soljuvampaa ja helpommin hallittavaa. (Hakulinen 2022.)

Tahtituotannon päämääränä on maksimoida arvontuotto ja poistaa arvontuottoa laskeva hukka prosessista. Rakentamisen kilpailukykyä voidaan parantaa tunnistamalla ja poistamalla hukka, hyödyt näkyvät kaikille osapuolille rakennushankkeessa. Lean-malli vaatii osapuolilta toimivaa yhteistyötä ja korkeaa luottamusta. (Tahcon 2023).

Lean-ajattelussa keskitytään asiakkaalle tuottavaan arvoon sen sijaan, että jokainen projektiin osallistuva tavoittelee omia, mahdollisesti ristiriitaisia tavoitteita. Lean-ajattelun mukaiset toimintatavat ja työkalut auttavat osallistamaan ja integroimaan projektin osapuolet yhteiseen tavoitteeseen. Toimijoiden integroinnilla tavoitellaan yhtenäisiä prosesseja, joissa virtaustehokkuuden kehittäminen on mahdollista ja tulokset ennustettavia. (LCI 2024.)

Kuvassa 3 havainnollistetaan Lean-ajattelun periaatteita. Lean-ajattelu perustuu jatkuvaan kehittymiseen, jatkuva kehittyminen perustuu saman toimintaketjun toistamiseen. Määritetään arvo, tunnistetaan arvoketju, luodaan virtaus,

imuohjaus ja pyritään täydellisyyteen (Ratu, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 10. 2017.)



Kuva 3. Lean-filosofia tahtituotannon taustalla. (YIT Group. Tahtituotanto koulutuspaketti 2021).

3.2 Tahtituotanto rakentamisessa

Lean-filosofian täysimääräinen soveltaminen vaatii osapuolilta täydellistä sitoutumista tahtituotantoon. Rakennusalan erityispiirteet huomioidaan jo tahtituotannon suunnitteluvaiheessa. Rakennusalan erityispiirteisiin kuuluu mahdolliset haasteet ja poikkeavuudet työssä, työstä riippumattomat riskitekijät pyritään huomioimaan suunnittelussa ja poistamaan.

Rakennettavan kohteen suunnitteluun yhdistetään valmistuneiden kohteiden suunnitelmia ja pyritään luomaan mahdollisimman tarkka ennuste töiden etenemisestä kohteen erityispiirteiden perusteella. Jokainen kohde on erilainen, erilaisten erityispiirteiden määrittelemä tuotantolinja.

Rakennustyömaalla kohdataan aina haasteita ja muuttuvia tekijöitä. Tahtituotannossa projektin osa-alueita ja yksittäisten työvaiheiden osia pyritään vakiomaan muuttujien minimoimiseksi. Vakioiduilla prosesseilla ongelmatilanne havaitaan ja siihen reagoidaan nopeasti.

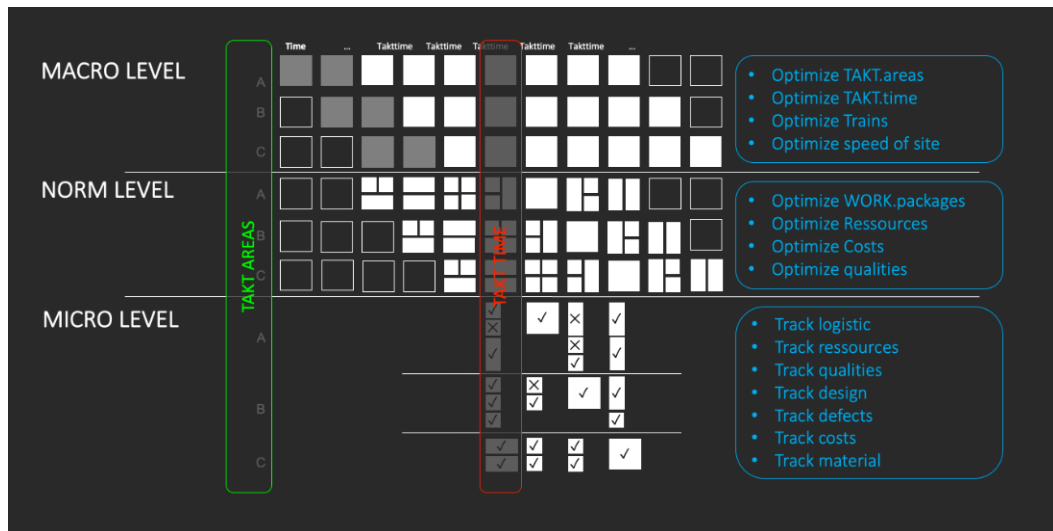
3.3 Tahtiaikataulu

Tahtiaikataulua käytetään tahtituotannossa ohjaus ja aikataulutyökaluna, Tahtituotanto ei itsessään ole aikataulutyyppeä, tahtiaikataulu on aikataulun esitysmuoto, jossa yhdistyvät aika ja paikka. Tahtiaikataulussa jokaiselle työvaiheelle annetaan paikka ja aika työskennellä, aikataulu ohjaa tekijöitä työskentelemään oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Toimiessaan tahtiaikataulu estää työpisteiden ruuhkautumisen ja jakaa työmäärän tasaisesti koko työvaiheen ajaksi. Tahtiaikataulua käytetään seuranta työkaluna työmaalla, josta havaitaan nopeasti työryhmien aikataulussa pysyminen ja mahdollistetaan ongelmien ennakointi.

3.3.1 Projektinjohdon TAKT

TAKT on tahtituotantoasiantuntijoiden perustama tahtituotantoon perustuva projektinjohtotyökalu. Kuvassa 4 havainnollistetaan TAKT-tuotantojärjestelmän tuotannosuunnittelun kolmitasoinen malli. Makrotason suunnittelussa määritellään suuret linjat projektille, jaetaan projekti tahtialueiksi, määritetään kohteen tahtiaika, muodostetaan kohteelle sopivat työjonot sekä optimoidaan työmaan läpimenoaika. Normaalitason suunnittelussa keskitytään työpakettien määrittämiseen sekä resurssien ja kustannusten ennustamiseen. Mikrotason

suunnittelussa seurataan logistiikkaa, resursseja, ominaisuuksia, suunnittelua, esteitä ja kustannuksia. (TAKT, 2024.)

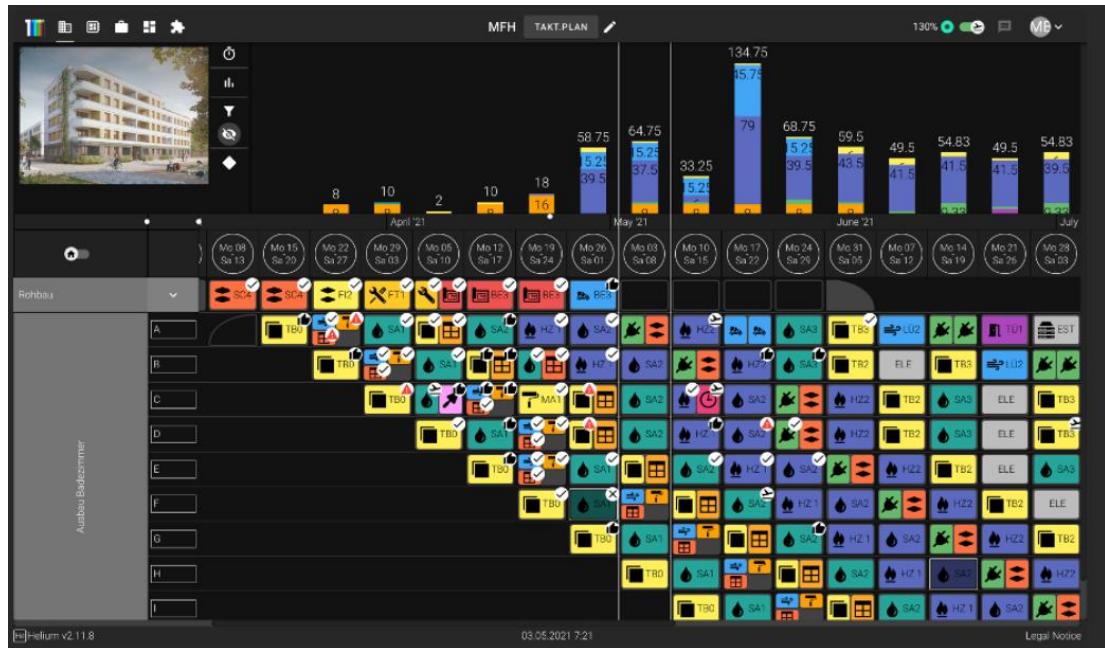


Kuva 4. Takt.ing perustuu kolmen tason malliin. (TAKT, 2024.)

Tahtituotannon suunnittelun päämääränä on luoda projektille kokonaisuuden kannalta paras mahdollinen toteutusaikataulu, ottaen huomioon yksittäisten töiden virtaus ja projektin erityispiirteet.

Takt.ing ohjelman perusnäkymässä tahtiaika näkyy vaaka-akselilla ja tahtialue pystyakselilla. Kuvassa 5 näkyy, kuinka projekti on jaettu sopivan kokoiisiin työpaketteihin, jotka sopivat työmaan tahtiaikaan. Työpaketit etenevät tahtialue kerrallaan kohti maalia eli valmistunutta projektia. Työpaketit koodataan eri värein ja tunnuksin selkeyttämään tulkitsemista. Työpakettien valmius merkitään työpaketti kohtaisesti viikoittain, merkitään myös esteet, muutokset ja

aloitusvalmius.



Kuva 5. Takt.ing yleiskuva työpaketeista ja työnkulusta. (TAKT, 2024)

3.3.2 Tahtiaika

Tahtituotannon ajallisen rytmityksen perustermi on tahtiaika. Tahtiajalla tarkoitetaan vakiokestoista ajanjaksoa, jota jokainen tahtituotannon työpaketti noudattaa. Tahtiajan pituus määritetään sopivaksi työmaan rytmiin, valinta tehdään yleensä 2 tunnin ja 10 työpäivän välillä. (Ahonen 2021).

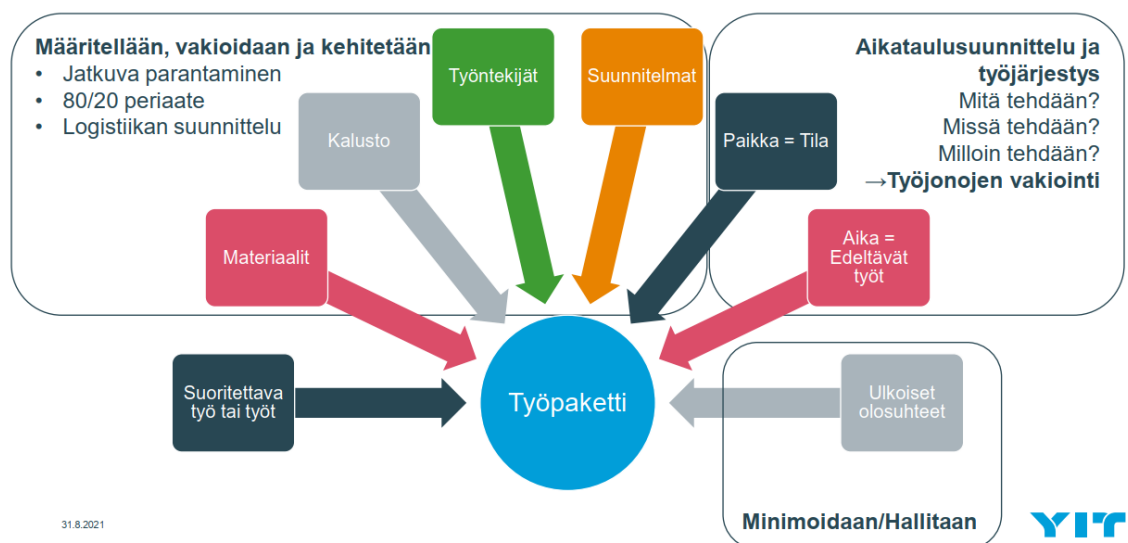
3.3.3 Tahtialue

Tahtituotannon toisena osana tarvitaan paikka, jossa työ suoritetaan. Tahtialueella tarkoitetaan aluetta, jossa tehtävä suoritetaan määrätyn tahtiajan aikana. Tahtialueeksi määritetään vakiokokoisia tehtäväalueita. Tahtialueet jaetaan tasaisen resurssitarpeen mukaan, työt valmistuvat ajallaan ilman resurssimuutoksia. Tahtialue on tuotteen osakokonaisuus, mikä saadaan valmiiksi yhdessä tahtiajassa (Ahonen 2021.)

3.3.4 Työpaketti

Kuvassa 6 esitetään työpaketin rakentuminen pienemmistä palasista kokonaisuudeksi. Työpaketilla tarkoitetaan vakioitua työsuoritetta, joka toistuu eri tahtialueilla tahtiaikojen mukaan. Työpaketti koostuu yksittäisestä suoritettavasta työvaiheesta. Kuvassa 6 esitetään työpakettiin määritettävät yksityiskohdat. Työvaiheeseen tarvittava materiaali sisältyy työpakettiin, tarvittavan materiaalin määrää tarkennetaan edellisten tahtialueiden menekkien mukaan. Työpakettiin suunnitellaan tarvittava kalusto ja sen siirto seuraavalle alueelle. Resurssitarpeet vakioidaan työpakettiin vastaamaan määriteltyä tahtiaikaa. Työpaketeille laaditaan tehtäväsuunnitelmat, joita kehitetään työn edetessä vastaamaan kokonaistaloudellisesti edullisinta työsuoritetta. Työsuorituksen paikka ja käytettävissä oleva aika muodostavat aikataulun, jonka mukaan työpaketti etenee hallitusti ja helpommin ennustettavasti tavoitteeseen.

Työpaketit ovat vakioituja erilaisissa hankkeissa ja valmistuneista kohteista kerätään referenssitietoa tuleviin kohteisiin. Työpaketin suunnitelmat ja suoritusnopeus tarkennetaan kohteen erityispiirteiden mukaan vastaamaan mahdollisimman tarkasti todellista suoritetta. Vakioitu työpaketti mahdollistaa arvokkaiden referenssitietojen keräämisen ja yhdistämisen tuleviin hankkeisiin. Työpakettia käytetään hankkeen läpimenoajan määrittämisessä.



Kuva 6. Työpaketti (Ahonen 2021).

3.3.5 Työjono

Työjonolla tarkoitetaan samalla tahtialueella tapahtuvien työvaiheiden jatkumoa. Työjono muodostetaan järjestämällä työpaketit työjärjestyksen mukaisesti tahtiaikojen mukaan selkeäksi kokonaisuudeksi. Työpakettien väliin voidaan lisätä tyhjiä tahteja tasoittamaan resurssitarpeita tai tasaamaan eri työvaiheiden kestoja, oleellista työjonossa on prosessin jatkuva virtaus. (Ahonen 2021.)

3.3.6 Virtaus

Tahtituotannossa otetaan huomioon virtauksen kolme ulottuvuutta. Töiden virtaavuuden takia aina ei kannata välttää tyhjiä tahteja (hukkaa). Pyritään kuitenkin minimoimaan ne ja tehdään päätöksestä tietoinen valinta. Tyhjiä tahteja tarvitaan tasoittamaan erikokoisia ja luonteisia tahtialueita. (Ahonen, 2021.)

Kuvassa 7 työjonon virtaus kuvaa samalla tahtialueella peräkkäin tapahtuvia työvaiheita. Tuotannon virtaus tarkoittaa tahtialueiden työjärjestystä. Työpakettien virtauksella havainnollistetaan työryhmän resurssitarpeen tasaisuus ja mahdolliset tyhjät tahdit.



Kuva 7. Virtausnäkökulma. (Ahonen 2021)

3.3.7 Läpimenoaika

Rakennustyömaan ylläpitämisestä syntyy kuukausittaisia kuluja, joita pystytään pienentämään lyhentämällä hankkeen rakennusaikaa. Tahtituotannon tavoitteena on lyhentää hankkeiden kestoja rahan säästämiseksi.

Tahtituotannon avulla ei luoda kovempaa kiirettä eikä tehdä töitä kovemalla sykkeellä vaan päinvastoin. Hyvin laadittu tahtiaikataulu vähentää kiirettä, jää enemmän aikaa keskittyä itse työhön. (Hakulinen 2022.)

3.4 Teollinen logistiikka

Teollisella logistiikalla tarkoitetaan suunniteltua ja oikeanaikaista materiaalivirtaa ja työmaatilojen hallintaa. Teollisella logistiikalla mahdollistetaan keskeytymätön tahtituotanto, joka mahdollistaa läpimenoaikojen lyhentämisen ja kustannusten pienentämisen. Toimivaan tahtituotantoon suunnitellaan materiaalivirrat jokaiselle työpaketille, missä materiaali toimitetaan ”just in time” eli juuri oikeaan aikaan työpaketin mukaan. Esimerkiksi laatoitustöissä tiedetään tarkkaan

jokaisen työpaketin materiaalmäärä ja ajankohta, milloin materiaali tarvitaan työpisteellä. Teolliseen logistiikkaan kuuluu materiaalmäärien seuranta, toimitusten vastaanottaminen ja tarkastus sekä työmaan logistiikan hallinta.

Toimitusketju lähtee liikkeelle projektin materiaalivalinnoilla ja suunnitelmilla, joista lähdetään tarkentamaan määriä tahtialueiden mukaan ja selvitetään kaikki työpakettiin tarvittava materiaali. Työpaketit ajoitetaan karkeasti työmaan yleisaikataulun mukaan ja varmistetaan materiaalien saatavuus toimittajilta. Tarkemmassa vaiheessa luodaan materiaalille viikkoaikataulu ja tehdään logistiikalle toimituspyyntö. Viimeisessä vaiheessa varmistetaan materiaalin liikkuminen kohteeseen oikean aikaisesti. Logistiikan prosessi pyritään vakioimaan paremman ennustettavuuden ja toimivamman logistiikan varmistamiseksi.

Teollisen logistiikan perustana toimii logistiikkakeskus, jossa tehdään saapuville materiaaleille tarvittavat laadunvarmistukset ja josta valmiiksi setitetyt materiaalipaketit toimitetaan työpakettien mukaan työpisteille. Logistiikkakeskus varmistaa, että toimitusketjussa on riittävät varastotasot. (YIT Group 2020).

4 As Oy Primus

Tahtituotanto otettiin käyttöön YIT:n toimitilahankkeessa As Oy Primuksessa. Tahtituotanto on uusi toimintamalli toimitilarakentamisessa YIT:llä ja Primus toimii YIT:n yhtenä pilottikohteena tahtituotannon jalkauttamisessa.

As Oy Primus on hanke, jonka rakentaminen alkoi tammikuussa 2023. Rakentaminen aloitettiin louhimalla kalliota uuden kellarikerroksen tieltä. As Oy Primukseen rakennetaan kaksi asuinrakennusta, kahdeksan kerroksinen asuinkerrostalo (portaat A, B, C ja D), yksi kaksikerroksinen rivitalo (E-porras) ja kellari. Kaikki rakennukset rakennetaan kellarissa sijaitsevan autohallin päälle. As Oy Primukseen rakennetaan 167 asuntoa, laajuudeltaan 28–200 m². Pysäköintihalliin rakennetaan autopaikkoja sekä autotallipaikkoja.



Kuva 8. Asunto Oy Primus. (Auratum 2024)

As Oy Primus sijaitsee Turun itäisessä keskustassa Kerttulin korttelissa. As Oy Primuksen välittömässä läheisyydessä sijaitsevat päiväkotit, lukio ja lähitalojen asukkaat.

Kohde on perustettu pääosin kallion varaan. Rakennusten ala-, väli-, ja yläpohjarakenteet ovat paikallavalettua teräsbetonia. Asuintilojen välipohjiin asennetaan vesikiertoinen lattialämmitys. Yläpohja rakennetaan kallistusvalettavan laatan päälle, kallistusvalun päälle asennetaan kovavillaeriste ja bitumikermikate. Rakennusten ulkoseinät koostuvat teräsbetonielementeistä, elementit eristetään ja julkisivu muurataan työmaalla. Parvekkeiden taustaseinät rakennetaan puu- tai betonirakenteisina ja niiden ulkopintamateriaalina käytetään kuitusementtilevyä. Huoneistojen väliset seinät toteutetaan paikalla valetuilla teräsbetoniseinillä ja teräsbetonielementeillä. Kevyet väliseinät toteutetaan teräsrankaisina kipsilevyseininä. Asuntoihin rakennetaan lasitettu parveke, parvekkeen lattiamateriaalina käytetään lämpökäsiteltyä puuta. Parvekkeen kattopinnat verhoillaan kuitusementtilevyillä. Parvekkeiden vedenpoisto toteutetaan parvekkeen sisällä RST-osilla. Yli 50 m² asuntojen parvekkeille asennetaan sähkökäyttöiset screen-kaihtimet. (Rakennustapaselostus 2024.)

4.1 Parvekkeen työvaiheet

As Oy Primuksen parvekkeet ovat viimeistelyjä korkean laadun tiloja hyvin varusteltuina. Viihtyisässä oleskelutilassa kaikki betonipinnat on verhoiltu. Parvekelasituksella parannetaan parvekkeen ympärivuotista käyttöä. Lattiapintojen puuverhoilulla lisätään eloisuutta sekä käyttömukavuutta.

Parvekkeen työvaiheisiin kuuluu talotekniikan asennukset. Parvekkeelle asennetaan pistorasioita, kattovalaisimia, screen-verhoja sekä varaukset infrapunalämmittimille. Kaapelointi ja varausputkien asennus tehdään ennen parvekkeen pintaverhous töitä. Sähköasennukset tehdään yhdessä asunnon kaapelointien kanssa.

Asuntojen raitisilmakanavat johdetaan parvekkeilta pystylinjaa pitkin vesikatolle. Huoneistoista tulevat ilmanvaihtokanavat sekä parvekkeen pystylinja

asennetaan ennen parvekkeen pintaverhoustöitä. Ilmanvaihtokanavat eristetään parvekkeilla, eristys tehdään ilmanvaihtoasennusten jälkeen, eristystyö vaatii myös ylemmän kerroksen ilmavaihtokanavan asentamista parvekelaatan läpimenon eristämiseksi. Talotekniikka-asennusten aloitusta tahdistaa parvekkeen ja asunnon välisen seinän asennus ja eristys.

Parvekkeen elementtisaumat saumataan ennen parvekepintojen verhoilua. Parvekelaatan ja pieliseinän alapään sauma kitataan estämään veden pääsyn sauman kautta alemmalle parvekkeelle. Parvekelaattojen välinen sauma otsapinnassa kitataan estämään veden pääsy parvekeverhoilun taakse. Parvekkeen kittaukset tehdään betonipintojen jälkitöiden jälkeen.

Parvekkeen taustaseinät verhoillaan kuitusementtipaneelilla. Kuitusementtipaneeli kiinnitetään puukoolaukseen Central Click -kiinnikkeillä. Pieliseinät verhoillaan peltirankaan kiinnitettävällä sementtikuitulevyllä. Seinäverhoustyöt tehdään mastolavanostimelta. Parvekeseinien pintaverhoustöiden aloitusvalmius saavutetaan, kun parvekkeen ilmanvaihto- ja sähköasennukset on tehty parvekkeella.

Parvekkeen alakattopinnat verhoillaan kuitusementtilevyllä peltirankaan kiinnitettynä. Kuitusementtilevyt kiinnitetään esiporattujen reikien läpi ruuveilla peltirankaan. Työ tehdään mastolavanostimelta. Asennuksessa käytetään levyhissiä levyjen suuren painon vuoksi. Kattoverhous asennetaan seinäverhoilun jälkeen, seinäverhoilu ulotetaan kattoverhoilun yläpuolelle listattoman asennuksen vuoksi.

Parvekkeen pellitykset tehdään pintaverhoustöiden yhteydessä. Parvekkeen ja asunnon välisen seinän alareunaan asennetaan peltalista estämään veden pääsyä parvekelaatan ja seinän väliin, lista asennetaan ennen paneeliverhoilua. Ikkuna- ja ovipielet listoitetaan pellillä seinäverhoilun jälkeen. Parvekkeen kattoverhoiluun tehtävä screen-verhon asennusura verhoillaan pellillä kattoverhoilun yhteydessä. Pellitystyöt parvekkeella tehdään osissa muiden työvaiheiden ohella.

Parvekkeen kaide- ja lasitusasennukset tehdään pintaverhoilun ja pellityksen jälkeen parvekkeelta käsin. Materiaali haalataan nosturilla suoraan parvekkeille. Parvekekaide asennetaan parvekelaatan päälle kaksiosaisen otsaprofiilin päälle, kaide kiinnitetään parvekelaattaan sekä parvekkeen pieliseinään. Seinäverhoilun taakse asennetaan tuki kaiteen kiinnitystä varten.

Parvekkeen lattiapinnat verhoillaan lämpökäsitellyllä laudalla. Parveke-tralliasennukset tehdään kiinteillä koolauksilla parvekelaattaan. Koolaukset asennetaan elementtivalikkeiden päälle parvekelaatan vedenpoiston varmistamiseksi. Pintalaudoitus tehdään 2 m²:n esivalmistetuista elementeistä, jotka kiinnitetään koolauksiin päältä ruuvaamalla. Parveke siivotaan ja piiloon jäävät peltiverhoukset puhdistetaan ennen tralliasennusta. Parveke-tralliasennuksen aloitusta tahdistaa parvekkeen kaide- ja lasiasennukset, pellitykset sekä seinäpintojen verhoilu. Trallielementit valmistetaan kohteen autohalliin rakennetussa koontipisteessä.

Parvekkeen vedenpoisto hoidetaan parvekkeen sisäisellä järjestelmällä. Parvekelaattaelementtiin asennetaan elementtitehtaalla vedenpoistokaivo. Parvekkeen vedenpoistojärjestelmä johtaa veden ylimmän parvekkeen ja jokaisen parvekkeen osalta hallitusti pihakannen sadevesiviemäriin. Vedenpoiston osat ovat halkaisijaltaan 75 mm olevia harjattuja RST-osia. Parvekelaatan kaivon alapäähän liitetään 100 mm:n jatkoholkki ennen parvekekattopintojen verhoilua. Lopullinen parvekkeelle asennettava pystylinja asennetaan parveke-tralliasennuksen jälkeen parvekkeelta käsin. Työvaiheena asennus on nopea ja työ suoritetaan tahtialueesta poiketen isompana kokonaisuutena.

As Oy Primukseen asennetaan screen-verhot parvekkeille. Screen-verhot ovat sähköisiä etäkäyttöisiä rullaverhoja parvekelasituksen sisäpuolella. Työvaiheen aloitusvalmis saavutetaan parvekkeen kaide- ja lasitusasennusten jälkeen. Screen-verhot asennetaan alaslaskettuun kattoon tehtyyn varausuraan. Sähkösyöttö screen-verhoille tuodaan parvekkeen alakattoverhoilun yläpuolella asennettavan verhon moottorin kohdalle varausuraan. Screen-verhot asennetaan parvekkeelta A-tikasta käyttäen. Aikataulun mukaisesti Screen-

verhot asennetaan parvekkeen lattiatrallin päältä, tralli suojataan kolhuilta ja naarmuilta.

Parvekkeiden loppusiivous hoidetaan parveketöiden valmistuttua. Loppusiivous tehdään kaksi kertaa parvekkeille, ensimmäisen kerran työvaiheiden valmistuttua, ja toisen kerran Itselleluovutustarkastusten ja rakennuttajan tarkastusten jälkeen ennen asunnon luovutusta.

4.2 Tahdistavat työvaiheet parvekkeella

As Oy Primuksen parveketyövaiheiden aloitus ja valmistuminen aikataulutetaan muiden työvaiheiden mukaan. Parvekkeen pintaverhoustyöt aloitetaan liittyvien julkisivumuuraustöiden valmistuttua. Julkisivumuuraustyöt tehdään mastolavanostimelta tai telineeltä, töiden yhteensovittamiseksi julkisivumuuraustyöt tehdään ennen mastolavanostimelta tehtäviä parvekkeen levytystöitä.

Parvekkeen ja asunnon välinen puurunkoinen seinä rakennetaan betonirunkotöiden jälkeen. Parvekkeen puurunkoinen seinä tahdistaa parvekkeen liukulasiseinien ja ikkunoiden asennusta. Kohteen liukulasiseinät asennetaan valmiina paketteina paikalla rakennettuihin puurunkoisiin seiniin. Liukulasiseinät toimitetaan valmiiksi suojattuina tehtaalta. Parvekkeen puurunkoinen taustaseinä verhoillaan kuitusementtipaneelilla. Liukulasiseinän asennus tahdistaa parvekkeen taustaseinän pintaverhoilun aloitusta.

Parvekkeen talotekniikka-asennukset tehdään ennen parvekkeen pintaverhoilua. Asuntojen raitisilmakanavat kulkevat parvekkeilla, raitisilmakanavan asennus tahdistaa parvekkeen pintaverhoustöiden aloitusta. Raitisilmakanava asennetaan pystylinjaksi parvekkeille, ylemmän parvekkeen pystykanava liitetään alemmalla parvekkeella. Raitisilmakanava eristetään asennuksen jälkeen. Edellytyksenä parvekkeen kanavan eristämiseksi on ylemmän kerroksen kanavan asentaminen.

Parvekkeen sähkökaapelointi tehdään ennen parvekkeen pintaverhoustaita, Pintaverhouksen alle kaapeloidaan parvekkeen pistorasioiden, valaisimien, screen-verhojen ja infrapunalämmittimien syöttökaapelit. Kaapelointityöt tehdään sisävalmistustöiden mukaan asunnon kaapelointien yhteydessä.

Parveketyöt aikataulutetaan valmistumaan ennen asunnon parkettiasennusta. Osa parveketöistä tehdään kulkemalla asunnon kautta parvekkeelle, työt aikataulutetaan valmistuvaksi ennen parkettiasennusta valmiiden pintojen vaurioitumisen estämiseksi.

4.3 Parveketöiden aikataulu

Parveketyöt aikataulutetaan tahtiaikatauluun tahtialueittain ohjaamaan työvaiheiden kulkua. Tahtiaikataulua käytetään parveketyövaiheiden yleisaikatauluna, parveketöistä muodostetaan täsmällinen työaikataulu tahtiaikataulun rajoissa. Työaikataulussa otetaan huomioon työvaiheiden erityispiirteet tehokkaimman lopputuloksen saavuttamiseksi.

Kuvassa 9. havainnollistetaan parveketyövaiheiden työjärjestystä kohteen tahtituotannossa. Parvekkeen työvaiheet luetellaan järjestyksessä vasemmalta oikealle, maalaus, sähköasennus, seinälevytytys, seinäpanelointi, parvekkeen vedenpoisto, kattolevytytys, kaideasennus, lasitusasennus, peltiasennus, tralliasennus, varusteasennus ja screen-verhoasennus.

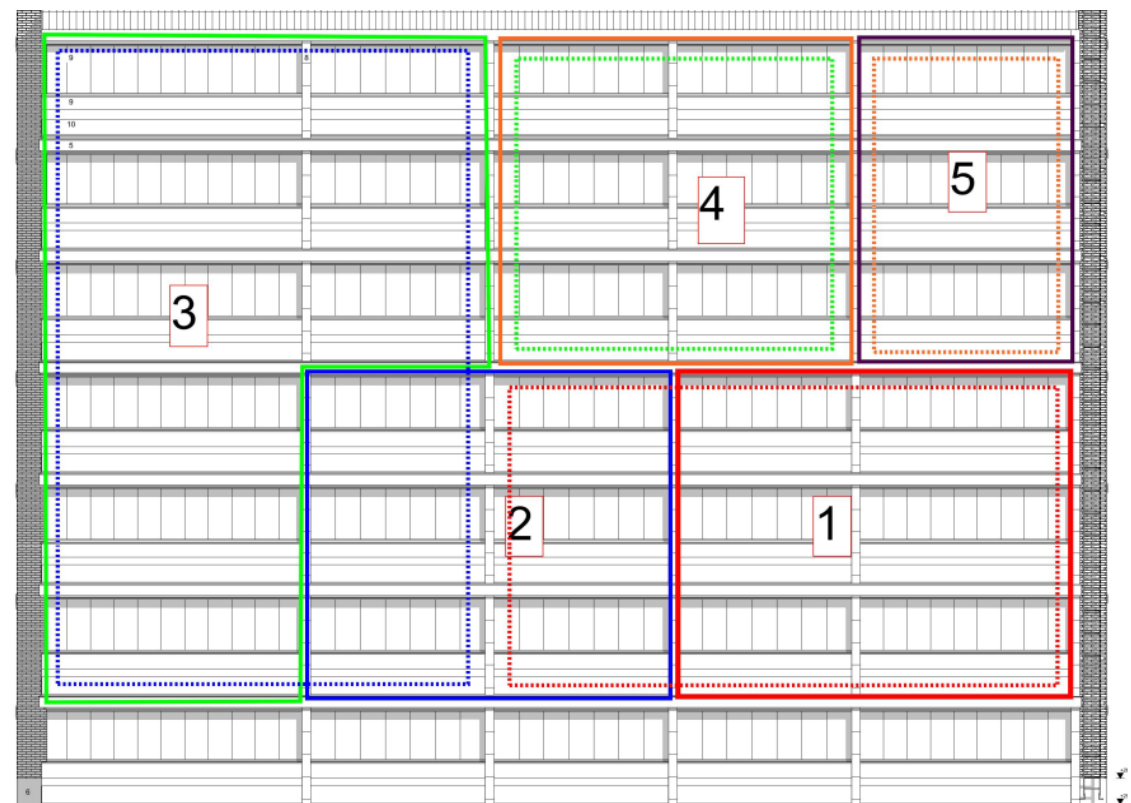


Kuva 9. As Oy Primus parveketyövaiheet tahtituotannossa, (TAKT. 2024)

Työaikataulussa työt aikataulutetaan julkisivupiirustukseen työvaiheittain havainnollistamaan työjärjestystä ja aikataulua. Julkisivupiirustusta hyödyntämällä havainnoidaan mahdolliset päällekkäisyydet ja esteet työryhmille. Työaikatauluun havainnollistetaan urakoitsijat eri värein, parvekkeet jaetaan

työteknisesti taloudellisiin lohkoihin huomioiden tahtiaikataulu ja tahdistavat työvaiheet.

Kuvassa 10 esitetään parvekkeen pintaverhoustöiden ja kaide- ja lasitusasennusten yhteensovitusajataulu. Kuvassa numeroidut ehjällä viivalla piirretyt alueet ovat parvekkeen pintaverhoustyövaiheiden tahtialueet ja katkoviivalla piirretyt parvekkeen kaide- ja lasitusasennuksen tahtialueet. Pintaverhoustöissä tahtialue määräytyy mastolavanostimen käytöstä työvaiheessa. Kaide- ja lasitusasennusten tahtialueet määräytyvät pintaverhoustöiden tahtialueiden mukaan kuitenkin niin, että mastolavanostimen vaikutusalueet otetaan huomioon.



Kuva 10. Parveketöiden työaikataulu As Oy Primus. 2024

4.4 Mestan vastaanotto ja mestan luovutus

Tahtituotannossa tahtialuetta vaihdettaessa tehty työ tarkastetaan ja puutteet korjataan ennen seuraavalle tahdille siirtymistä. Mestan luovutustarkastus tehdään kirjallisena dokumenttina aliurakoitsijan toimesta, dokumentti toimitetaan pääurakoitsijalle hyväksyttäväksi. Mesta tarkastetaan myös pääurakoitsijan toimesta ennen seuraavalle tahtialueelle siirtymistä. Tahtialueen luovutustarkastus ja puutteiden korjaus tehdään tahtiajan puitteissa, jotta mahdollistetaan seuraavan urakoitsijan siirtyminen tahtialueelle aikataulussa. Aloittaessaan tahtialueella työskentelyn työryhmä tekee mestan vastaanottotarkastuksen yhdessä pääurakoitsijan edustajan kanssa varmistaakseen tahtialueen aloitusvalmiuden.

YIT:llä on käytössään Congrid-ohjelmisto työmaatarkastusten tekemiseen ja dokumentointiin. Tehdyt tarkastukset tallennetaan laatumatriisiin tahtialueittain. Ohjelmistoon pystytään syöttämään mahdollisten virheiden tarkka sijainti, valokuvat, työvaihe sekä vastuuyritys. Tehdyt tarkastukset voidaan toimittaa suoraan aliurakoitsijalle sähköisesti.

4.5 Työturvallisuus

Rakennustyömaan työturvallisuus perustuu valtioneuvoston asetukseen rakennustyön turvallisuudesta. Hankkeen kaikkien osapuolien on osaltaan huolehdittava, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Pää toteuttaja huolehtii, että kaikilla yhteisen rakennustyömaan työntekijöille on perehdytetty ja opastettu riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä. Pää toteuttaja varmistaa, että työmaalla työskentelevät tietävät kyseessä olevan rakennustyömaan vaara- ja haittatekijät ja toimenpiteet niiden poistamiseksi. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 1:3)

Tahtituotannolla tehostetaan tuotantoa lyhentämällä rakennushankkeen läpimenoaikaa. Vakioituilla työturvallisuussuunnitelmillä ja -menetelmillä

varmistetaan työntekijöiden työturvallisuus kiihtyvässä rakennustahdissa. Tahtituotannossa työtä tehdään yhä tiiviimmin ja töitä yhteensovitetaan toimivaksi ja turvalliseksi kokonaisuudeksi.

Vakioituilla työturvallisuuskäytännöillä varmistetaan työturvallisuuslain täyttyminen kaikilta osiltaan. Työturvallisuus tuodaan osaksi työtä, työntekijät osallistetaan työturvallisuuteen, osallistaminen toteutetaan henkilökohtaisilla perehdytyksillä ja työturvallisuussuunnitelmissa.

4.5.1 Työn turvallisuussuunnitelma

Työn turvallisuussuunnitelmassa (TTS) selvitetään ja poistetaan työvaiheen turvallisuusriskit, suunnitelma toimii todisteena ristiriitatilanteissa. Työn turvallisuussuunnitelma tehdään jokaisesta tehtävästä työstä työryhmittäin. Suunnitelmassa selvitetään konkreettiset riskit työskentelyssä. Pääurakoitsijalla on kokonaisvastuu kaikista rakennustyömaalla työskentelevistä, työn turvallisuussuunnitelmalla varmistetaan työntekijöiden perehtyminen työn riskeihin ja vaaroihin. Aliurakoitsijat tekevät työn turvallisuussuunnitelmat töistään ennen töiden aloitusta, suunnitelmat tarkastetaan ja allekirjoitetaan pääurakoitsijan ja työtä tekevien toimesta. (Easoft Docs Oy 2023.)

4.5.2 Työvaihekohtainen pölynhallintasuunnitelma

Kvartsi- ja kovapuupöly luokitellaan syöpää aiheuttaviksi aineiksi. Rakennustyömaalla kvartsi- ja kovapuupölyn syntymistä ei voida kokonaan estää, mutta työvaihekohtaisella pölynhallintasuunnitelmalla työntekijöiden altistuminen voidaan minimoida. Työvaihekohtainen pölynhallintasuunnitelma tehdään työryhmän työnjohtajan toimesta ja toimitetaan pääurakoitsijan edustajalle ennen työvaiheen aloittamista. Suunnitelmassa selvitetään mahdollisesti syntyvän pölyn laatu sekä altistusmäärä. Suunnitellaan ja määritetään keinot pölyn leviämisen estämiseksi työpisteeltä, pölyntorjunnassa käytettävä kalusto, pölyntorjunnan vaikutus paloturvallisuuteen sekä pölyltä

suojautumiseen käytettävät henkilösuojaimet. Työvaihekohtaisen pölynhallintasuunnitelman allekirjoittavat työnjohtaja, työntekijät ja päätoteuttajan työnjohtaja. (YIT Group 2021)

4.5.3 Putoamissuojaussuunnitelma

Putoamissuojaussuunnitelma on olennainen osa parveketöiden työturvallisuutta. Putoamissuojaussuunnitelmalla tunnistetaan parveketyön putoamisvaara ja poistetaan se. Putoamisvaaralliseksi paikasti määritellään kaikki sellaiset paikat, joissa voidaan pudota kaksi metriä korkeammalta, sekä kaikki kuilujen ja aukkojen läheisyydessä tehtävät työt. Erityisen lisävaaran läheisyydessä on putoaminen estettävä myös alle kahden metrin korkeudelta. (YIT 2024.)

Putoamissuojaussuunnitelmaan eritellään toimenpiteet putoamisen estämiseksi. Putoamissuojaus toimenpiteisiin kuuluvat kaiteet, aukkosuojat ja kulkuesteet. Edellä mainittujen toimenpiteiden ollessa mahdottomia hoidetaan suojaus putoamisen pysäyttimillä. Putoamisen pysäyttämiseen käytetään suojaverkkoja tai henkilökohtaisia putoamissuojaimia. (YIT 2024.)

Parveketyövaiheissa putoamissuojaus hoidetaan eri tavoin työvaiheesta riippuen. Parvekkeen talotekniikkatöiden aikana parvekkeella on työnaikaiset kaiteet, jotka tehdään koukkupäisistä kaidetolpista ja verkkoelementeistä. Parvekkeen pintaverhoustöiden vuoksi työnaikaiset kaiteet puretaan ja parvekeovet lukitaan mekaanisesti putoamisvaaran estämiseksi. Pintaverhoustyöt tehdään mastolavanostimelta käsin, parvekkeen tasolle ajettu mastolava estää putoamisen parvekkeelta. Parvekkeen kaide- ja lasiasennukset tehdään parvekelaattaelementin alapintaan kiinnitettävällä henkilökohtaisella putoamissuojaimella, valjailla. Parvekekaideasennuksen jälkeen parvekkeella ei ole putoamisvaaraa.

Päällekkäisellä työskentelyllä tarkoitetaan tilannetta, jossa työskennellään toisen työryhmän alapuolella ja riskinä on tavarain putoaminen alemman työryhmän päälle. Päällekkäinen työskentely on kiellettyä, mikä vaikuttaa suoraan parveketyövaiheiden toteutukseen. Mastolavanostimen työskentelyalueen

alapuolisella vaikutusalueella on työskentely kiellettyä, mikä estää parvekekaideasennuksen samalla pystylinjalla.

4.6 Laadunvarmistus parveketöissä

Rakennustyömaalla yhä suurempaan osaan laatua liitetään rakenteiden työnaikainen kosteudenhallinta. Valmiit ja keskeneräiset rakenteet pidetään kuivana ja estetään kosteuden pääsy ulkokuoren sisäpuolelle. Parvekkeiden työnaikaisella vedenpoistolla estetään kosteuden pääsy ulkoseinärakenteen sisälle sekä asuntoihin. Vesikattovedet ohjataan työnaikaisella vedenpoistolla pihakannen sadevesikaivoihin. Parvekkeiden työnaikainen vedenpoisto toteutetaan siirrettävillä 75 mm:n PVC-viemäriosoilla, vesi poistetaan parvekekaivoista pystylinjaa pitkin pihakannen sadevesiviemäriin.

As Oy Primuksen paikalla valettujen välipohjien suhteellisen kosteuden tulee olla alle 85 % ennen lattiapintojen päällystämistä. Kylmissä olosuhteissa kuivuminen vaatii lämpöä, rakennuksen ulkokuori eristetään ja avoimet aukot suljetaan. Parvekkeen ja huoneiston välinen puurakenteinen seinä rakennetaan ja eristetään työmaalla. Rakennuksen ulkokuoren tiivistäminen tehdään heti runkotöiden jälkeen riittävän kuivumisajan varmistamiseksi. Suuret lämpövuodot sekä eristämätön ulkokuori aiheuttavat kosteuden tiivistymisen seinä ja kattopintoihin. Tiivistynyt kosteus seinä- ja kattopinnoissa estää tasoite- ja maalaustyöt.

YIT:llä käytetään laatumatriisia laadunvarmistuksen tukena. Laatumatriisi määrittelee laadunvarmistustehtävät jokaisessa työvaiheessa. Ennen työvaiheen aloitusta pidetään työvaiheen aloituspalaveri, jossa käsitellään työvaiheen yksityiskohdat ja varmistetaan osapuolien ymmärrys työn vaativuudesta sekä aikataulusta. Työvaiheesta tehdään mallityö laadun ja vaatimusten varmistamiseksi. Mallityö tarkastetaan yhdessä urakoitsijan kanssa ja dokumentoidaan tarkasti. Mallityö toimii ohjeena mahdollisesti muuttuvalle työryhmällä työvaiheen yksityiskohdista. Tahtialueet tarkastetaan laatumatriisin

mukaisesti työvaiheen valmistuttua, osakohteen tarkastus dokumentoidaan ja mahdolliset puutteet reklamoidaan urakoitsijalle.

4.7 Työpiirustukset

Hankkeen suunnittelu tehdään tietomallipohjaisesti. Tietomallipohjainen suunnittelu edistää eri suunnittelualojen yhteensovitusta ja vähentää ristiriitaisuuksien syntymistä. Parveketöissä käytetään arkkitehtisuunnitelmia sekä rakennesuunnittelijan detaljitason piirustuksia, talotekniikka käyttää sähkö-, ilmanvaihto- sekä vesi- ja viemärintiipirustuksia.

Arkkitehtisuunnitelmissa määritellään parvekkeen pintaverhousmateriaalit ja niiden värit. Arkkitehdin julkisivupiirustukseen merkitään julkisivun ulkonäkö materiaaleineen. Arkkitehti määrittää detaljitason piirustukset parvekkeen liittymille ja eri materiaalien rajapintoihin. Pohjapiirustuksesta selviävät parvekkeiden pohjapiirustus, ilmanvaihtohormin koko ja sijainti sekä parvekelasituksen avautumissuunta. Arkkitehti suunnittelee alakattopiirustuksen, piirustuksessa esitetään alakattolevytyksen levyjako, valaisimien paikat, huoltoluukkujen paikat sekä alakattotyyppi.

Rakennesuunnittelija määrittää parvekkeen kosteudenhallintaan ja turvallisuuteen liittyvät detaljit. Parvekkeiden tyyppiirustuksessa esitetään parvekkeen puurunkoisen seinän rakenne ja liittymät. Rakennesuunnittelija määrittelee piirustuksissaan parvekkeen kaiteen kiinnityspisteet ja rakenteen.

5 Tahtituotannon toimivuus parveketöissä

Opinnäytetyössä tarkastellaan tahtituotannon toimivuutta parveketöissä. Työ toteutetaan YIT:n asuinkerrostalo hankkeessa pääurakoitsijan työnjohdon näkökulmasta. Tavoitteena on löytää suurimmat kehityskohdat parveketyövaiheiden toteuttamisessa tahtituotannon mukaisesti.

5.1 Lähtökohta

Työn alussa määritettiin tutkimusaiheeksi tahtituotannon toimivuus parveketöissä. Työn ohjaamiseksi tavoitteeseen määritettiin kysymykset tahtituotannon toimintamallin keskeisimpien arvojen pohjalta:

- Mikä on työjärjestyksen vaikutus aikatauluun?
- Mitkä ovat suurimmat häiriöt parveketyövaiheiden virtauksessa?
- Miten teollinen logistiikka toimii parveketyövaiheissa?

5.2 Työn toteutus

Opinnäytetyön käytännön osio toteutettiin pääurakoitsijan työjohtajana työmaalla. Työ toteutettiin työvaiheiden ennakkosuunnittelun ja toteutuksen aikana. Tietoa kerättiin pääurakoitsijan toimesta parveketyövaiheiden ennakkosuunnittelun aikana. Työvaiheiden aloituspalavereissa kerättiin tietoa yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Työvaiheiden toteutuksen aikana tietoa kerättiin pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden kanssa pidetyissä erillispalavereissa.

Työ aloitettiin parvekkeen pintaverhousien ennakkosuunnittelulla heinäkuussa 2023. Tiedon kerääminen lopetettiin joulukuussa 2023, ensimmäisten parvekkeiden valmistuttua. Työn dokumentointi suoritettiin hankkeen edetessä erillisiin muistioihin, dokumentoitua tietoa käsiteltiin urakoitsijoiden kanssa erillispalavereissa toiminnan kehittämiseksi.

5.3 Tulokset

5.3.1 Työjärjestyksen vaikutus parveketöiden läpimenoaikaan

Tahtituotannon suunnittelussa määritellään kohteen tahtialueet, jotka suunnitellaan työmäärältään yhtä suuriksi. Parveketyövaiheissa tahtialueeksi oli määritelty yhden rapun yksi kerros ensimmäisestä kerroksesta alkaen. Ensimmäisen kerroksen parveketöiden aloitusta tahdistaa pihakannen rakenteiden teko. Pihakannen rakenteita ei tehty ennen parveketöiden suunniteltua aloitusta, parveketyöt aloitettiin toisesta kerroksesta. Työjärjestyksen muutos vaikutti työskentelyn aloitusaikatauluun. Ensimmäisen kerroksen parveketyöt jätetään odottamaan pihakannen rakenteiden valmistumista.

Parvekkeen pintaverhoustöiden kustannustehokas toteutus vaatii tahtialueen muuttamista parvekkeen pystylinjan suuntaisesti, verhoustyöt toteutetaan pystylinjoissa mastolavanostimen siirtojen vähentämiseksi. Mastolavanostimelta pystytään tekemään kaksi vierekkäistä parveketta samalla kertaa, päätettiin tehdä kerrokset 2.–4. samanaikaisesti talon ympäri, jonka jälkeen kerrokset 5.–8. Työjärjestyksen muutos vaikuttaa parvekkeen muihinkin työvaiheisiin, ja urakkasopimusten mukaiset tahtialueiden aloitus- ja valmistumispäivät muuttuvat.

Parvekkeen kaide- ja lasitusasennukset tehdään parvekkeelta käsin. Työjärjestyksen muuttaminen lisää urakoitsijan työtä lisääntyneenä työvälineiden siirtona kerroksissa. Alkuperäisen tahtituotannon mukaan työ piti tehdä kerroksittain, jolloin kaide- ja lasitusasentajien liike tahtialueella tapahtuu vain yhden kerroksen sisällä. Lisääntyvä liike kerrosten välillä aiheuttaa esteitä työpisteelle kulkemisessa, esimerkiksi asunnon parkettiasennusten vuoksi. Kerrosten välinen liike rikkoo tahtiajatusta, jossa tahtialue rauhoitetaan vain yhdelle urakoitsijalle.

Turvallinen työskentelytapa estää päällekkäisen työskentelyn. Parvekkeen pintaverhoustyöt tehtiin mastolavanostimella, jonka alla ei voi työskennellä.

Parvekkeen kaide- ja lasitusasennuksia ei voida tehdä samassa linjassa mastolavanostimen kanssa, tästä syystä kerrosten 2–4 tekeminen tahdistuu mastolavanostimen työalueiden mukaan. Turvallisen työjärjestyksen varmistamiseksi parvekkeen pintaverhousöiden jälkeisillä työvaiheilla aukeaa suuri määrä mestaa kerralla pintaverhousöiden valmistuttua.

Parveketyövaiheiden aikataulutusta tehtiin uudelleen tahtialueiden muuttamisen jälkeen. Tahtialueiden muuttamisen vuoksi aikataulun seurannasta tuli haasteellisempaa parveketöissä. Työ tehtiin kokonaan julkisivupiirustuksiin piirrettyihin urakoitsijakohtaisiin aikatauluihin. Alkuperäinen tahtiaikataulu oli rakennettu tahdistavien työvaiheiden mukaan. Työjärjestyksen muuttamisen jälkeen osa tahdistavista työvaiheista meni ristiin.

Parvekkeen tralliasennusten valmistuminen ennen asuntojen parkettiasennusta oli tahdistavana aikamääränä parveketöissä. Työjärjestyksen muuttamisen jälkeen laskettiin edelleen olevan mahdollista, että toisen kerroksen parvekkeet valmistuvat ennen parkettiasennusta. Puutteelliset suunnitelmat, talvi ja poissaolot myöhästyttivät töiden etenemistä, parvekkeita ei saatu valmiiksi ennen parkettiasennusta.

Alkuperäisen tahtituotantoaikataulun mukainen resurssitarve oli tasainen kaikilla parveketyövaiheilla. Työjärjestyksen muuttamisen jälkeen pintaverhousurakoitsijan olisi tarvinnut nostaa työsaavutustaan kaksinkertaiseksi tahdistavien työvaiheiden vuoksi. Tahtituotannon toimintamallissa työvaiheen resurssitarve on tasainen eikä työskentelyssä ole taukoja. Työnopeutta nostettaessa pintaverhousasennus katkeaa portaan vaihtuessa eikä resurssitarve ole tasainen.

Kohteen sisätyövaiheet toteutetaan kerroksittain tahtituotannon mukaisesti, parvekkeen talotekniikka-asennukset toteutetaan sisätyövaiheiden mukaisesti. Parvekkeen sähkökaapelointi sekä ilmanvaihtuasennukset tehdään sisätyövaiheiden mukaan liittyvien rakenteiden vuoksi. Parvekkeen työjärjestyksen muuttamisen vuoksi talotekniikka urakoitsijan tulee asentaa kerrokset 1–5 ennen pintaverhousasennusten aloitusta. Talotekniikan ja

pintaverhoustöiden tahdistavuuden vuoksi parvekkeen työläimmän työvaiheen, pintaverhoustöiden aloitus myöhästyy suunnitellusta aloituksesta. Myöhästynyt aloitus pakottaa nostamaan työsaavutusta työvaiheen suunnitellun valmistumisen saavuttamiseksi.

Parveketyövaiheiden työsaavutusten perusteella lasketaan tahtituotantoon tarvittava resurssi ja tahtialueen mukainen tahtiaika. Parvekkeen pintaverhoustöiden työmäärä arvioitiin toteutunutta pienemmäksi, suuri työmäärä lisää urakoitsijan painetta lisätä resursseja työvaiheeseen aikataulussa pysymiseksi. Mastolavanostimelta tehtävässä työssä resurssien lisäys onnistuu vain lisäämällä mastolavanostimien määrää.

Parveketyövaiheista työmäärältään suurimmat ovat pintaverhoustyöt. Ensimmäisenä työvaiheena parvekkeella työ tahdistaa muiden työvaiheiden aloitusta, ensimmäisen työvaiheen viivästykset vaikuttavat seuraavien työvaiheiden toteutukseen. Parvekkeen trallityön suuri työmäärä tahdistaa parvekkeiden valmistumista, trallityö voidaan aloittaa parvekkeen kaide- ja lasitusasennuksen jälkeen. Parvekkeen työvaiheista pintaverhoustyöt ja tralliasennus tahdistavat töiden kulkua ja parvekkeiden valmistumista suuren työmäärän vuoksi.

Tahtituotanto helpottaa aikataulun seuranta tahtialue kohtaisilla työvaiheen aloitus ja valmistumisajankohdilla, tahtialueiden muuttaminen vaikeuttaa seuranta ja reagointia mahdollisiin myöhästymisiin. Tahtituotannon mukaiset työvaiheen aloitusajat ja valmistuminen suhteutetaan tehtyyn työaikatauluun ja lasketaan prosenttimääräiset valmiusastetavoitteet viikoittain.

5.3.2 Häiriöt parveketyövaiheissa

Työssä selvitettiin mahdollisia tahtituotannon häiriöitä parveketöissä. Yleisimmät häiriöt liittyvät tahdistaviin työvaiheisiin parveketyövaiheiden ulkopuolella, sää olosuhteisiin ja puutteellisiin suunnitelmiin.

Tahdistavat työvaiheet parveketyövaiheiden ulkopuolella vaikuttivat tahtialueen aloitusvalmiuteen. Aloitusvalmiuden puuttuminen aiheuttaa häiriön parveketyövaiheiden jatkuvuudessa. Julkisivumuurauksessa jäätin aikataulusta jälkeen sääolosuhteiden vuoksi, koska muurusaikataulussa ei ollut huomioitu sääolosuhteiden vaikutusta töiden etenemiseen.

Tahtituotannon mukaisessa toimintamallissa työryhmien työskentely on jatkuvaa ja resurssitarve tasainen. Työssä tutkittiin hankkeen suunnittelun vaikutusta parveketyövaiheiden toteutukseen. Kehitystyössä havaittiin seuraavia puutteita suunnittelussa ja niiden vaikutus työvaiheiden kulkuun.

Parvekkeiden arkkitehtisuunnittelussa havaittiin puutteita mitoituksessa, mitoituksessa havaittiin virheellisiä mittoja alakattolevytyksen jaossa, ilmanvaihtohormin koteloinnissa sekä parvekelasituksen jaottelussa. Lähes kaikissa parvekkeen työvaiheissa törmättiin arkkitehtisuunnitelmien virheellisyyteen. Puutteelliset suunnitelmat aiheuttavat työn seisahtumisen selvitystyön ajaksi.

Eri suunnittelualojen piirustuksista havaittiin ristiriitaisuuksia parvekkeen työvaiheissa. Parvekkeen vedenpoistoputken vaatima tila arvioitiin liian pieneksi, pienikin elementtiasennuksen epätarkkuus aiheutti parvekkeen vedenpoistokaivon siirtämisen. Vedenpoistokaivo jäi osittain parvekkeen pieliseinän levyverhouksen alle, mikä estää vedenpoistoputken asentamisen.

5.3.3 Logistiikka

Rakennustyömaan logistiikan toimivuuden tärkeys korostui esimerkkitilanteen pienen tilan ja suuren rakennusmäärän vuoksi. Työssä selvitettiin tahtituotannon mukaisen teollisen logistiikan toimivuutta parveketöissä.

Parveketyövaiheiden luonne haastaa logistiikan toimivuutta materiaalin suuren koon ja erikoisnostimien tarpeen vuoksi. Parvekkeiden materiaalivirta eroaa sisätyövaiheista materiaalin siirtoreitin ja tarvittavan kaluston osalta. Parveketyövaiheiden materiaalit haalataan talon ulkopuolella sisätilojen pintojen

suojaamiseksi. Haalaamiseen käytetään kurottajaa, työmaan torninosturia sekä mastolavanostimia. Pieni työmaatila aiheutti haasteita haalauksessa, kurottajalle jouduttiin järjestämään tilaa haalauksen onnistumiseksi. Kohteen logistiikkaurakoitsijalla oli haasteita yhteensovittaa haalaukset muiden työvaiheiden kanssa.

Parveketyövaiheiden logistiikan vakioiminen koettiin haastavaksi ja jokainen haalaukset toi samat haasteet uudelleen ja uudelleen. Teollisen logistiikan työmaavarasto ei sovellu parveketyövaiheiden suurille esineille, vaan toimitukset aikataulutettiin haaluspäivän yhteyteen. Materiaalitoimittajilta tilatut tarkat toimitusajat ovat ehto haalauksen onnistumiselle. Logistiikkaurakoitsija kohtasi haasteita toimitusten toteutumisessa.

5.4 Yhteenveto

Parveketyövaiheiden tahtituotannon mukaisessa toteutuksessa havaittiin useita kehityskohtia toimintamallin hyödyn saavuttamiseksi. Parveketyövaiheiden väärät tahtialueet aiheuttivat toimintamallin sekoittumisen, työvaiheiden toteutuksesta puuttui useita tahtituotannon peruspilareita. Parveketyövaiheiden tahtialue vaihtui edellisen valmistuttua ei tahtiaikojen mukaan. Tahtiaikojen menettäminen vaikeuttaa aikataulun seurantaa ja lopputuloksen ennustamista. Tahtituotannon mukainen läpimenoaikojen lyhentäminen vaatii tahdistavat aikamääreet urakoitsijoille.

6 Tahtituotannon kehittäminen parveketyövaiheissa

YIT kehittää tahtituotantoa keräämällä tietoa ja kehitysehdotuksia toteutuneista kohteista. Tahtituotannon mukainen toimintamalli on saatu toimimaan sisätyövaiheissa hyvin tuloksin, parveketyövaiheiden tahtituotannon mukainen toteutus vaatii vielä kehittämistä toimintamallin hyötyjen saavuttamiseksi. Toimintamallin toimimaton toteuttaminen aiheuttaa vain haasteita työmaalla, mutta tahtituotannossa on suuria mahdollisuuksia muuttaa tulevaisuuden rakentamista.

Tärkein pohja parveketyövaiheiden toteuttamiselle parveketöissä luodaan kohteen tahtituotannon suunnittelun aikana. Tärkeimpänä on työvaiheiden toteutuksen mukaisten tahtialueiden ja -aikojen määrittäminen sekä tahdistavien työvaiheiden yhteensovittaminen tahtialueisiin ja niiden työjärjestykseen. Mahdollisten häiriöiden tunnistaminen ja oikeiden toimenpiteiden toteuttaminen niiden estämiseksi vähentää kokonaiskustannuksia ja tukee läpimenoaikojen tiivistämistä. Parveketyövaiheiden tahtituotantoaikataulu tulee sitoa urakkasopimukseen tarkasti tahtialueineen ja välitavoitteineen.

Parveketyövaiheiden toteuttamisessa tehokkaasti tulee suunnitelmien olla toteutuskelpoisia ja työvaiheen ennakkosuunnittelun valmistua ennen työvaiheen aloitusta. Työvaiheen ennakkosuunnittelussa tulee varmistua tahtituotannon toteutumisesta työvaiheissa ja sitoa työvaihe tahtituotantoon urakkaneuvotteluista lähtien. Työvaiheiden erillispalaverit pidetään viikoittain, pohjana käytetään tahtituotannon mukaisia peruspilareita.

Työvaiheiden etenemisen seuranta onnistuu toteutuskelpoisten tahtialueiden ja tahtiaikojen avulla. Pääurakoitsijan etu urakoitsijoiden ohjaamisessa perustuu urakkasopimukseen sidottuun tarkasti määriteltyyn tahtituotantoon. Tahdistaviin työvaiheisiin tulee ottaa huomioon mahdolliset ulkopuoliset muuttujat, esimerkiksi sää. Tahdistavien työvaiheiden myöhästyessä menetetään etu ohjata urakoitsijaa sopimusten nojalla.

Parveketyövaiheiden tahtituotantosuunnittelussa tulee ottaa huomioon työvaiheiden työmäärä. Suhteellisten nopeiden työvaiheiden jaottelu tahtialueittain on hyödytöntä, jos työ voidaan toteuttaa kerralla koko rappuun tai kohteeseen. Vähentämällä tahtien määrää saadaan vähennettyä työryhmien määrää työmaalla, koska suuri työryhmien määrä aiheuttaa haasteita töiden yhteensovittamisessa ja logistiikassa. Parveketyövaiheissa nopeita työvaiheita ovat parvekkeen vedenpoistoasennukset ja parvekkeen screen-verhoasennukset.

Teollisen logistiikan toiminnan kehittämisessä tärkeää on kasvattaa logistiikkaurakoitsijan vastuuta hallinnoida työmaa-aluetta toiminnan varmistamiseksi. Logistiikkaurakoitsijan liian pieni toimivalta aiheuttaa ongelmia parveketyövaiheiden materiaalihaalauksessa, edellytyksenä täydellisen tahtituotannon toimimiselle työmaalla on logistiikkaurakoitsijan hallittava työmaan varastointialueita. Parveketyövaiheiden materiaalivirran sujuvuuden varmistamiseksi on tärkeää määrittää kaikkien työvaiheiden urakkasopimuksiin logistiikkaurakoitsijan oikeus käyttää työmaan nosturia.

Lähteet

Ahonen, J. 2021. Tahtituotanto koulutuspaketti, YIT Group. Vaatii käyttäjätunnuksen. Viitattu 16.1.2024.

Easoft Docs Oy. 2023. Työn turvallisuussuunnitelma urakoitsijalle – tavoitteena nolla työtapaturmaa. Blogi. Viitattu 15.1.2024.

<https://easoftdocs.fi/blogi/turvallisuussuunnitelma/>

Hakulinen, T. 2022. Tahtituotanto pähkinänkuoressa. Viitattu 11.8.2023.

<https://sitedrive.com/fi/blog/6-tapaa-onnistua-tahtituotannolla/>

LCI 2024. Asiakkaan tavoitteet ohjaavat lean-ajattelua. Viitattu 7.1.2024.

<https://lci.fi/lean-rakennusalalla/mita-on-lean-rakentaminen/>

Mölsä, S. 2019. Mistä puhumme, kun puhumme tahtituotannosta?

Rakennuslehti. Viitattu 11.8.2023. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/mista-puhumme-kun-puhumme-tahtituotannosta/>

Rakennustapaselostus 2024. Rakennustapaselostus. Turku: Auratum Oy.

Ratu 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Talonrakennustieto Ry.

Ratu KI-6036. 2024. Aikataulukirja 2024. Helsinki: Talonrakennustieto Ry.

Six Sigma n.d. Leanin Historiaa. Viitattu 5.1.2024. <https://sixsigma.fi/leanin-historia/>

Tahcon 2023. Tahtituotanto. Viitattu 11.8.2023.

<https://www.tahcon.fi/palvelut/tahtituotanto>

Power of TAKT 2024. The Power of the workpackage status. Viitattu 16.1.2024.

<https://www.takting.com/poweroftakt/three>

Valtioneuvoston asetus rakennustyömaan työturvallisuudesta 23.8.2009/205

YIT Group 2020. Tehokkuutta teollisella logistiikalla. YIT Group. Vaatii käyttäjätunnuksen. Viitattu 17.1.2024.

YIT Group 2021. Työvaihekohtainen pölynhallintasuunnitelma. Viitattu 19.2.2024.

<https://www.yitgroup.com/siteassets/partners/hankinta/tyoturvallisuus/tyovaihekohtainen-polyhallintasuunnitelma.pdf>

YIT Group 2024a. Putoamissuojaussuunnitelma. YIT toimintajärjestelmä. Vaatii käyttäjätunnuksen. Viitattu 17.1.2024.

YIT Group 2024b. Strategia, missio ja arvot. Viitattu 15.1.2024.

<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/strategia>

YITGROUP 2024c. YIT:n historia - Tutustu YIT:n yli satavuotiseen historiaan.

Viitattu 15.1.2024. <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/historia>