



Esa Kuhmonen

Tahtiaikataulun toimintamallin kuvaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

16.4.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Esa Kuhmonen
Otsikko:	Tahtiaikataulun toimintamallin kuvaus
Sivumäärä:	41 sivua + 2 liitettä
Aika:	16.4.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine:	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat:	Lehtori, Kimmo Sani, Metropolia AMK Työpäällikkö, Teemu Kouri, Skanska Talonrakennus Oy

Insinööritöön tavoitteena oli luoda ohjeistus/toimintamalli avuksi hankkeisiin, jotka toteutetaan tahtituotannolla. Ohjeistus/toimintamalli koostuu havainnoista, joihin tulee kiinnittää huomiota hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Insinööritö tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:n toimeksiantona.

Työn teoriaosuus toteutettiin etsimällä tietoa eri kirjallisuuslähteistä rakennushankkeen tuotannonohjauksesta ja tahtituotannosta. Työn tutkimusosassa käsiteltiin kahta kerrostalotyömaata, joiden työmaatoteutusta seurattiin. Työmaille laadittiin kysymyspaketti sekä käytiin vapaata keskustelua työmaahenkilöstön kanssa tahtituotannossa ilmenneistä positiivisista ja negatiivisista havainnoista ko. työmaille.

Ohjeistusta/toimintamallia ei kohdisteta tietynlaisille hankkeille. Insinööritöössä esiintyvät työmaat ovat ainoastaan referenssinä, joiden pohjalta ohjeistus/toimintamalli on luotu. Kysymyspaketin ja vapaan keskustelun kautta saadaan tietoa hankkeen toteutuksesta ja huomiotavista asioista tahtituotannon kannalta. Tutkimustuloksista syntyvän toimintamallin tarkoituksena on olla lyhyt asiakirjamainen luettelo, jota on helppo hyödyntää ilman suurempaa ajankäyttöä.

Erittäin merkittävänä osana on pidetty hankkeen suunnitteluvaihetta, jolla on suora vaikutus rakentamisen tuotantovaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheen lisäksi tuotannonohjauksen ja valvonnan merkitys tahtituotantoon on erittäin tärkeää työvaiheiden sujuvan läpimenon kannalta.

Avainsanat: tahtituotanto, tahtiaikataulu, tuottavuus, tuotannonsuunnittelu

Abstract

Author:	Esa Kuhmonen
Title:	Description of Takt Time Scheduling
Number of Pages:	41 pages + 2 appendices
Date:	16 April 2022
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Civil Engineering
Professional Major:	Construction Project Management
Instructors:	Kimmo Sani, Principal Lecturer, Metropolia AMK Teemu Kouri, Project Manager, Skanska Talonrakennus Oy

The aim of the thesis was to create an operating model/guidelines to help with projects that are implemented with takt production. The operating model/guidelines consists of observations that should be considered during the project planning and implementation phase. Thesis was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy.

The theoretical part of the thesis was conducted by searching for information from various literature sources on the production control and takt production of a construction project. The research part of the thesis focused on two apartment building sites whose implementation was monitored. A set of questions was prepared for the construction sites and a discussion was held with the site staff about the positive and negative observations on takt time production on the selected sites.

The guidelines/operating model are not targeted at specific types of projects. The sites featured in the thesis were only used as a reference on the basis of which the guidelines/operating model were created. The question pack and free discussion provided information on the implementation of the project and the issues to be considered in takt time production. The model resulting from the research results is intended to be a short document like a list that is easy to use without much time.

The planning stage is considered to be very significant, having a direct impact on the production phase. In addition to the project planning phase, production control and supervision are especially important in takt production to ensure smooth completion of the work phases.

Keywords: takt production, takt time schedule, productivity, production planning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	2
1.2	Tavoite	2
1.3	Rajaus	3
1.4	Tutkimusmenetelmät	3
2	Hankkeen aikataulut ja niiden esitystapa	5
2.1	Hankkeen aikataulut	5
2.1.1	Yleisaikataulu	7
2.1.2	Rakentamisvaihe aikataulu	9
2.1.3	Viikkoaikataulu	11
2.2	Aikataulujen esitystapa	13
2.2.1	Jana-aikataulu	14
2.2.2	Paikka-aikakaavio	15
2.2.3	Valvontavinjetti	17
2.2.4	Tahtiaikataulu	18
2.3	Aikataulutehtävien muodostaminen	19
2.3.1	Määrät ja työmenekit	20
2.3.2	Tehtävien mitoitus/laskenta	20
2.3.3	Tehtävien väliset riippuvuudet	23
2.3.4	Tahdistus	23
2.3.5	Rytmitys	24
2.3.6	Resurssit	25
3	Tahtituotanto	26
3.1	Tahtituotannon perusperiaate	26
3.2	Tahtiaikataulun suunnittelu	27
3.3	Tahtituotannon suunnittelun vaiheet	28
3.3.1	Kohteeseen tutustuminen	28
3.3.2	Yleisaikataulun tahdistus ja työvaunujen määrittäminen	28
3.3.3	Tuotantotahdin pituuden määrittäminen	28
3.3.4	Resurssisuunnitelman laadinta	29

3.3.5	Hankintasuunnitelma	29
3.3.6	Valmistautuminen urakkaneuvotteluun	29
3.3.7	Logistiikkasuunnitelma	30
3.3.8	Palaverit	30
3.4	Tahtisuunnittelun tasot	30
3.5	Tahtituotannon nykytilanne rakentamisessa	31
4	CASE-kohteet	33
4.1	KOy Helsingin Hyperion	33
4.1.1	Yleistä	33
4.1.2	Haastattelut	35
4.2	As. Oy Helsingin Liekki	36
4.2.1	Yleistä	36
4.2.2	Haastattelut	37
5	Ohjeistus/toimintamalli	39
6	Johtopäätökset	40
7	Yhteenveto	41
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1: Haastattelulomake	
	Liite 2: Ohjeistus/toimintamalli	

Lyhenteet

AS.	Asunto
ELEM.	Elementti
KPL	Kappale
KRS	Kerros
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.
M ²	Neliömetri
RATU	Rakennustuotannon tietopankki.
TL3	Lisäaikakerroin, joka riippuu työsuunnittelun ja työjärjestelyn onnistumisesta sekä työolosuhteista.
TTH	Työntekijätunti
TV	Työvuoro
T3-aika	Tehollinen työaika, joka ei sisällä yli tunnin pituisia keskeytyksiä.
T4-aika	Kokonaisaika, joka sisältää yli tunnin pituiset keskeytykset.
VA	Valualue

1 Johdanto

Rakennusprojektit vaativat jatkuvaa aikatauluttamista, työn ohjausta ja valvontaa, sekä työvaiheiden yhteensovittamista. Huomioitavia asioita ovat mm. rakennuspaikka, mitä rakennetaan, missä sääolosuhteissa rakennetaan, sekä rakentamisen suorittavat työntekijät. Rakennustyöt suunnitellaan ennen työn aloitusta ja määritetään keinot, joilla työ pystytään toteuttamaan hallitusti ilman häiriötekijöitä.

Rakennushankkeiden pysyvinä ongelmina on ollut niiden matala tuottavuus sekä suuret aikataulu-, kustannus- ja laaturiskit. Ongelmien poistamiseen ei riitä yksinään teknologia, koska yhtä merkittävässä roolissa ovat työntekijöiden innokkuus ja halu ottaa vastaan uudenlaisia toimintatapoja. [1.] Tuotantosuunnitelmien puutteet, sekä työnaikainen valvonta ja ohjaus ovat myös tärkeässä asemassa rakennushankkeen etenemisen kannalta [2, s. 11].

Rakennushankkeiden tuottavuutta on tutkittu kansainvälisellä tasolla ja tutkimukset ovat osoittaneet, että 60–70 prosenttia työmaalla käytetystä ajasta käytetään odotteluun, tavaroiden siirtämiseen ja epäselvyyksien ratkaisuun. Tämä tarkoittaa, että päivittäisessä työajassa vain kolmasosa on tehokasta työaikaa. [1.]

Rakennushankkeissa on erityisen tärkeää varmistaa työvaiheiden sujuva läpimeno ja tätä kautta aikataulussa pysyminen. Projektin osapuolien tulee olla jatkuvasti vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, sillä tiedonkulku on ensiarvoisen tärkeää.

Aikataulussa pysyminen vaatii päivittäisellä tasolla, että työtehtävät ovat selkeitä, työkohde on valmis edeltävien työvaiheiden osalta sekä tarvittavat materiaalit ja koneet ovat saatavilla, kun niitä tarvitaan. [1.]

1.1 Tausta

Skanskan perusti vuonna 1887 ruotsalainen kemisti Rudolf Fredrig Berg. Alkuun yritys kanto nimeä Skånska Cementgjuteriet, joka keskittyi ainoastaan betonituotteisiin. Toiminnan laajentuessa vuonna 1984 Skånska Cementgjuteriet muutti nimensä Skanskaksi. Skanska toimii tällä hetkellä valituilla markkina-alueilla Euroopassa ja Yhdysvalloissa. [3.]

Suomessa Skanskan toiminta muodostuu rakentamispalveluista sekä asuntojen ja toimitilojen projektikehityksestä. Suomessa Skanskan yhtiöitä ovat Skanska Talonrakennus Oy, Skanska Rakennuskone Oy, Skanska Infra Oy, Skanska Industrial Solutions Oy ja Skanska CDF Oy. Skanska Talonrakennus Oy on yksi suomen suurimmista asuntojen, toimisto- ja tuotantotilojen rakentajista. Suomessa Skanskalla työskenteli vuoden 2020 lopussa 2177 henkilöä. [3.]

Tämä opinnäytetyö tehdään Skanska Talonrakennus Oy:lle, joka ehdotti kyseistä aihetta opinnäytetyöksi. Ajatus tästä opinnäyteyöstä lähti liikkeelle Skanska Talonrakennus Oy:n halusta kehittää tahtituotantoa suurenevan hankkeen pohjalta, koska varattujen resurssien merkitys kasvaa hankekojen kasvaessa. Näin projektien ennustettu läpimenoaika vaikuttaa uusien projektien käynnistämiseen, koska jokainen projekti vaatii omat resurssinsa.

Yritys haluaa luoda ohjeistuksen/toimintamallin tahtituotantoon, joka auttaa huomioimaan erilaisia asioita rakennushankkeen suunnittelu- ja tuotantovaiheessa. Ohjeistus/toimintamalli koostuu niin positiivisista kuin negatiivisista havainnoista. Ohjeistuksen/toimintamallin tarkoituksena on tukea tahtituotannon suunnittelu- ja tuotantovaihetta.

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda yritykselle ohjeistus/toimintamalli avuksi kohteisiin, joissa käytetään tahtituotantoa. Työssä käsitellään kahden samankaltaisen projektin tahtituotantoa tuotannonsuunnittelu vaiheesta konkreettisiin

tapahtumiin rakentamisessa. Tahtituotantosuunnitelmien eroavaisuuksia ja merkitystä käsitellään toteumatiedon pohjalta. Tavoitteena on tunnistaa tahtituotantoon vaikuttavat tekijät niin negatiiviset kuin positiiviset havainnot. Opinnäytetyössä syntyvän ohjeistuksen/toimintamallin muoto pysyy yksinkertaisena asiakirjalistana, jota on helppo hyödyntää tahtituotannon suunnittelu- ja toteutusvaiheessa.

1.3 Rajaus

Opinnäytetyön aihe rajataan kahden kohteen perusteella. Aihe käsittelee työmaiden tahtituotannon suunnittelu- ja toteutusvaihetta. Työssä huomioidaan tahtituotannossa toteutuneet poikkeamat, jotka ovat positiivisia sekä negatiivisia. Tunnistetaan poikkeamat ja kehitetään ohjeistus/toimintamalli näiden pohjalta. Ohjeistusta/toimintamallia ei varsinaisesti kohdisteta tietynlaisiin hankkeisiin, mutta työssä kuvattavat kohteet antavat esimerkkiä minkälaisista hankkeista on kyse, joiden pohjalta ohjeistus/toimintamalli on luotu.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö jakautuu kahteen osaan, kirjallisuusosioon ja case-kohteiden seurantaan. Kirjallisuusosiossa perehdytään työmaan aikataulutukseen käyttäen apuna saatavilla olevaa lähdekirjallisuutta. Seurantavaiheessa tarkastellaan tuotannon etenemistä, sekä käydään vapaata keskustelua työmaahenkilöstön kanssa case-kohteissa esiintyvistä onnistumisista ja ongelmista liittyen tahtituotantoon. Haastattelujen rinnalle luodaan pieni kysymyspaketti, joka esitetään tutkimuksessa oleville työmaille.

Case-kohteet sijaitsevat kumpikin Itä-Helsingissä. Vuosaaren KOy Helsingin Hyperion ja Oulunkylän As. Oy Helsingin Liekki. Kohteet ovat pääpiirteiltään samankaltaiset pistetalot, joissa käytetään tahtituotantoa. Vuosaaren Hyperion on 24-kerroksinen asuinrakennus, joka valmistuu kesäkuussa 2023. Hyperioniin tulee 216 asuntoa yksiöistä kolmioon ($24 \text{ m}^2 - 68,5 \text{ m}^2$).

Oulunkylään rakentuu As. Oy Helsingin Liekki, jonka rakentaminen käynnistyi alkusyksystä 2021. Liekin valmistuminen on kesällä 2023. Seitsemänkerroksiseen Liekkiin tulee 74 asuntoa, joiden koot vaihtelevat 31,5 m² yksiöstä 98 m² viiden huoneen perheasuntoihin.

Hankkeet valittiin, koska haluttiin kartoittaa tahtituotannossa syntyviä eroja kahden samankaltaisen projektin välillä. Eroja käsitellään tahtituotannon suunnittelun ja tuotannon etenemisen kautta. Työmailla suoritetaan haastatteluja, joista saadaan dataa toimintamalliin. Haastatteluista saadaan tietoa projektissa ilmenneistä negatiivisista ja positiivisista havainnoista tahtituotannossa.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä on tutustuminen valmiiksi laadittuihin aikatauluihin, työmaiden henkilöstön haastattelut ja tahtiaikataulun seuraaminen rakentamisen edetessä. Poikkeamille haetaan ratkaisuja ja avataan miten tai miksi poikkeamia on syntynyt. Opinnäytetyössä syntyvän ohjeistuksen tarkoituksena on tukea tahtiaikataulun suunnittelu- ja toteutusvaihetta.

2 Hankkeen aikataulut ja niiden esitystapa

Tuotannon ajallinen suunnittelu on keskeisessä asemassa tuotannonhallintaa, koska sillä luodaan perusta muulle tuotannosuunnittelulle. Aikataulusuunnittelun tarkoituksena on havainnollistaa tuotantoa, sekä toimia tuotannonohjauksen ja valvonnan apuvälineenä. [2, s. 17.]

Aikataulussa pysyminen on tärkeässä asemassa työmaan hallinnan kannalta. Aikataulun seurannalla löydetään epäkohdat ja suunnitelmista poikkeamiset, sekä ohjataan tekemään päätöksiä. Edellä mainitut asiat ovat suoraan yhteydessä rakennushankkeen kustannuksiin, laatuun ja työturvallisuuteen. Tuotannon edetessä hallitusti vältetään aikataulun kiinnihosta aiheutuvat kustannukset, sekä pystytään pitämään rakennustyön laatu ja työturvallisuus hyvällä tasolla. [4, s. 9.]

Aikataulusuunnittelussa tulee huomioida muun muassa seuraavat asiat:

- Tehtävät ovat selkeitä, jotta tuotantoa voidaan ohjata ja valvoa.
- Tuotannon häiriöt huomioidaan.
- Aikataulun esitystapa ja -tarkkuus paljastavat poikkeamat.
- Rakenteiden kuivuminen huomioidaan.
- Resurssit mitoitetaan tarkasti.
- Kullekin työtehtävälle varataan häiriötön työskentely.
- LVIS-työt on huomioitu ja yhteensovitettu rakennusteknisten töiden kanssa. [2, s. 17.]

2.1 Hankkeen aikataulut

Rakennushankkeen aikataulun laadinta toteutetaan vaiheittain. Aikataulun laadinnassa lähdetään liikkeelle rakennushankkeen kokonaiskeston määrittämisestä. [4, s. 9.] Kokonaiskeston määrittämisen jälkeen lasketaan rakennushankkeen tehollinen rakennusaika, jaetaan kohteet osakohteisiin, suunnitellaan työjärjestys, muodostetaan aikataulutehtävät, ajoitetaan tehtävät ja tasataan resurssit sekä laaditaan tuotantoa palveleva aikataulu [2, s. 19].

Aikataulut toimivat rakennusprojektin tuotannon työkaluna. Aikataulun tarkoituksena on kuvata tuotanto yksityiskohtaisesti. Kaikkea käytettävissä olevaa tietoa tulee hyödyntää, jotta pystytään tekemään hyvä aikataulu. [2, s.6.] Aikatauluja hyödynnetään tuotannonohjauksessa -ja valvonnassa. Lisäksi ne auttavat varautumaan mahdollisiin häiriötekijöihin. [5, s. 8.]

Aikataulun suunnitteluun on varattava riittävästi aikaa. Projektin kaikkia osapuolia tulee kuunnella ja kaikkien näkökulma ottaa huomioon aikatauluja laadittaessa. Laaditun aikataulun tulee olla realistinen, toteutuskelpoinen ja sen on täytettävä tuotannolle asetetut tavoitteet. [7, s. 2.]

Hankkeen rakennusaikaa ei voida mitoittaa kokonaan tuotannolle. Työmaalla syntyy väistämättä tuotannon keskeytyksiä, jotka on huomioitava aikataulussa. Keskeytykset syntyvät lomista, arkipyhistä sekä huonoista sääoloista ja muista tuotannon häiriöistä. Tämän vuoksi aikatauluun varataan suurhäiriöille aika, niin sanottu vapaa pelivara. Suurhäiriöihin on hankala varautua, koska ne syntyvät ennalta arvaamattomista syistä. [2, s. 22; 5, s. 8.]

Suurhäiriöihin sisältyvät vähintään tunnin pituiset keskeytykset, kaluston rikkoutuminen ja huolto, pienet työvaiheet, työnjärjestelyn ongelmat, olosuhteet sekä tapaturmat, työntekijöiden tauot ja virheiden korjaukset. Tavanomaisessa talonrakennustuotannossa aikatauluihin varataan suurhäiriövarauksena hankkeen kokonaisajasta

- perustusvaihe 3 %
- runkovaihe 5 %
- sisävalmistusvaihe 2 %. [2, s. 22.]

Aikataulun suunnittelun alussa teholliset työpäivät koko rakennusajasta jakautuvat seuraavasti

- perustusvaihe 20 %
- runkovaihe 30 %
- sisävalmistusvaihe 50 %. [2, s. 22.]

Aikataulusuunnittelun yleisimmät tasot voidaan jakaa neljään osaan, jotka ovat yleis-, rakentamisvaihe-, viikko- ja tehtäväaikataulu [7, s. 8]. Aikatauluja tarkennetaan tuotannon edetessä. Aikataulusuunnittelussa karkeamman tason aikataulusuunnitelmat antavat tavoitteet seuraavalle tasolle. Tarkentuvan aikataulusuunnittelun tarkoituksena on varmistaa tavoitteiden saavuttaminen ja määrittää keinot, joilla tavoitteet saavutetaan. [2, s. 17.]

2.1.1 Yleisaikataulu

Projektin päätoteuttaja laatii yleisaikataulun, joka kuvaa koko rakennushankkeen suunnitellun työnetenemisen. Yleisaikataulussa esitetään projektin tärkeimmät aikataulutehtävät yhden viikon tarkkuudella. Aikataulutehtävät sisältävät suoritemäärät, työmenekit ja niiden tarvitsemat resurssit. [7, s. 4.] Yleisaikatauluun merkitään pystyviivoilla tärkeitä välitavoitteita, kuten perustukset valmiit, runko valmis tai milloin lämpö saadaan päälle. Yleisaikataulu laaditaan käyttäen T4-työmenekkiaikoja, jotka sisältävät tunnin pituiset ja tuntia pidemmät keskeytykset [8, s. 52].

Työmaan pääresurssit mitoitetaan yleisaikatauluun, jolloin yleisaikataulu toimii lähtötietona työmaan eri suunnitelmille, kuten resurssi-, työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmille. [5, s. 24.] Yleisaikataulu antaa myös pohjaa tarkemman tason suunnitelmille, kuten rakentamisvaihe- ja viikkoaikatauluille sekä tehtäväsuunnitelmille. Yleisaikataulu toimii informaation lähteenä työmaan eri osapuolten välillä ja se on työnaikaisen valvonnan peruste. [2, s. 17.]

Yleisaikataululla on kolme erilaista muotoa, jotka eroavat laadinnan ajankohdaltaan, sisällön tarkkuustasoltaan ja käyttötarkoitukseltaan.

- alustava yleisaikataulu
- sopimusyleisaikataulu
- työaikataulu. [9, s. 5.]

Alustava yleisaikataulu laaditaan ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjouksen antamista. Alustavalla yleisaikataululla tarkistetaan hankkeen ajallinen kiireystaso sekä töiden yhteensopivuus rakennuttajan hankeaikataulussa antamaan rakennusaikaan. [5, s. 17.] Alustava yleisaikataulu laaditaan karkealla tasolla, jossa kuvataan töiden etenemistä ohjaavat päätyövaiheet. [11, s. 43].

Alustavaa yleisaikataulua hyödynnetään tarjouslaskennassa töiden ajoituksen mallina sekä aikasidonnaisten kustannusten laskennan perusteena. Alustavan yleisaikataulun tavoitteena on jakaa aika hallitusti suunnittelun, hankintojen ja toteutuksen kesken. [12, s. 8.]

Alustavan yleisaikataulun avulla arvioidaan

- aikataulun kireys
- vaadittavien välitavoitteiden saavuttaminen
- töiden ajoittuminen eri vuodenaikoihin (talvilisätyöt)
- aikaan sidotut työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset
- tarvittava henkilöstö ja kalustoresurssit
- tärkeimpien materiaali- ja alihankintojen toimitusajat. [10, s. 43.]

Toimivan aikataulun luominen vaatii huolellista perehtymistä rakennuskohteeseen. Tarjouspyyntöasiakirjat toimivat alustavan yleisaikataulun suunnittelun lähtötietoina. Urakoitsijalta vaadittavat laadunvarmistusmenettelyt, sakolliset välitavoitteet ja urakka-aikaan liittyvät vaatimukset määritellään tyypillisesti urakkaohjelmassa. [10, s. 43.] Tarjouspyyntöasiakirjoihin sisältyvät piirustukset, rakennus- ja työselostukset, joita kutsutaan teknisiksi suunnitelma-asiakirjoiksi. Urakkarajaliite muodostaa urakoitsijalle käsityksen oman suoritusvelvollisuuden

laajuuteen liittyvistä asioista sekä urakkahintaan vaikuttavista tekijöistä. [12, s. 18]

Alustava yleisaikataulu esitetään sopimusneuvotteluissa. Alustavaa yleisaikataulua muokataan ja tarkennetaan tarvittaessa. Sopimusosapuolten hyväksymä tarkennettu yleisaikataulu liitetään sopimukseen sopimusyleisaikatauluna. [5, s.18.]

Sopimusaikataulussa on oleellista, että siitä löytyvät toteuttajan ja rakennuttajan kannalta tärkeät ajankohdat. Näitä ovat esimerkiksi rakennuttajan hankinnat ja päätoteuttajan käynnistämät toimintakokeet. Sopimusyleisaikataulu luodaan käyttäen T4-työmenekkiaikoja. [12, s. 12.]

Hankkeen päätoteuttaja tarkentaa sopimusyleisaikataulun työaikatauluksi ja työt yhteensovitetaan eri urakoitsijoiden kanssa. Työaikataulu toimii sopimusten ajallisena pohjana päätoteuttajan ja urakoitsijoiden välillä. Hankkeen työaikataulua kutsutaan yleensä työmaan yleisaikatauluksi. [5, s. 17; 12, s. 12.]

Työaikataulu on rakennushankkeen ajalle suunniteltu aikataulu, joka toimii rakennuskohteen toteuttamisprosessin suunnan näyttäjänä. Työaikataulussa kuvataan oleelliset tiedot hankkeen tärkeistä työvaiheista, tapahtumista, tehtävien kestosta ja resurssien käytöstä. [7, s. 9.]

Työaikataulu luodaan alustavan yleisaikataulun tai sopimusyleisaikataulun ja niiden lähtötietojen pohjalta. Työaikataulussa kuvataan töiden toteuttamisajat ilman häiriöitä. Työaikataulu pohjautuu tehollisiin työvuoroaikoihin (T3) sekä erillisiin häiriöihin. [13, s. 20.]

2.1.2 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataulu on astetta tarkempi aikataulu, kuin yleisaikataulu. Rakentamisvaiheaikataulu luodaan yleisaikataulun pohjalta ja se keskittyy tie-

tylle rakentamisvaiheelle tai ajanjaksolle. Aikataulu esitetään yleensä jana-aikataulu tai paikka-aikakaavion muodossa. Rakentamisvaiheaikataulun tarkoituksena on varmistaa, että laadittu yleisaikataulu toteutuu. [14, s. 7; 10, s. 55.]

Rakentamisvaiheaikataulua varten mitoitetaan tärkeimpien töiden tarvitsemat resurssit tehollisten työmenekkien, tehtävien limitysten ja vaihtoehtolaskelmien avulla [7, s. 9]. Rakentamisvaiheaikataulut mitoitetaan tehollisten työmenekkien T3-ajoilla, joka tarkoittaa tehollista aikaa, johon ei sisälly tunnin pituiset tai tuntia pidemmät keskeytykset [8, s. 52].

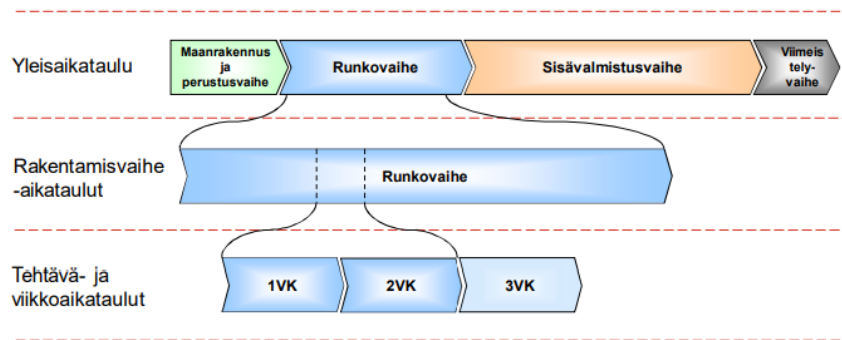
Rakentamisvaiheaikataulujen laadinnassa otetaan huomioon tärkeimmät sivuja aliurakoitsijoiden tehtävät. Työt yhteensovitetaan ja aikataulu laaditaan yhteistyössä aliurakoitsijoiden kanssa. Aliurakoitsijat sitoutetaan noudattamaan yhdessä laadittua aikataulua. [4, s. 30.]

Rakentamisvaiheaikataulu voi olla isomman työkokonaisuuden tehtäväsuunnitelma, jossa on useita työvaiheita, kuten muotti-, rauditus- ja betonointityöt sekä muotin purku. Näillä tiedoilla pystytään luomaan vieläkin tarkempi aikataulumuoto, joka on viikkoaikataulu. Rakentamisvaiheaikataulu tehdään yleensä seuraaville rakennusvaiheille:

- maanrakennus- ja perustustyöt
- runko- ja vesikattotyöt
- sisävalmistustyöt
- viimeistely- ja luovutusvaihe. [8, s. 23.]

Kuvassa 1 on esitetty aikataulujen luokittelu niiden tarkkuuden mukaan. Kuvasta voidaan lukea, että aikataulut pilkotaan asteittain tarkemmiksi aikatauluiksi.

Tarkentavat aikataulut



Kuva 1. Rakennushankkeen aikatauluhierarkia. [15.]

2.1.3 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulu on aikataulutasoista tarkin. Viikkoaikataulun tarkoituksena on varmistaa lyhyellä aikavälillä työn tavoitteiden saavuttaminen, sekä resurssien tehokas käyttö ja niiden riittävyys. Aikataulullisten ja määrällisten tavoitteiden perusteella arvioidaan tarvittavat resurssit ja verrataan niitä käytettävissä oleviin resursseihin. [8, s. 8.] Viikkoaikataulu toimii sivu- ja aliurakoitsijoiden toimintaohjeena sekä työ kuntien nokkamiesten tiedonlähteenä [10, s. 58].

Viikkoaikataulu laaditaan 1–3 viikkoa eteenpäin ja sitä päivitetään töiden edetessä. Käynnissä oleva viikko on tarkkuudeltaan tarkin. Seuraava viikko on suunnitelmataarkkuudeltaan hyvin tarkka, jotta osataan varautumaan resursseihin ja muihin tuotannon ongelmiin ajoissa.

Työnjohtajat laativat omista vastuualueistaan alustavat viikkoaikataulut, jotka yhteensovitetään ja yhdistetään vastaavan työnjohtajan kanssa. Viikkoaikataulu esitetään yleensä jana-aikataulumuodossa selkeyden vuoksi. Viikkoaikataulussa on oleellista, että se on helposti luettavissa. Tehtäväkohtaisina sarakkeina on hyvä esittää ainakin seuraavat asiat:

- työtehtävä
- työkohte

- työryhmä
- työn kesto.

Viikkoaikataulun ulkoasu on hyvin pelkistetty ja sen lukemista on helpotettu väreillä. Viikkosuunnittelun lähtötiedot saadaan yleis- ja rakentamisvaihe aikataulusta, tehtäväsuunnitelmista sekä edeltävistä viikkoaikatauluista.

Kuvassa 2 on esitetty viikkoaikataulu Vuosaaren kohteesta sisältäen runko-, sisä- ja ulkotyöt kolmen viikon jaksolle. Pääurakoitsijan työt on merkitty vihreällä värillä. Viikkoaikataulun tärkeimmät tapahtumat, jotka ovat valupäiviä ovat punaisella ja aliurakoitsijoiden työt muilla väreillä. Keltainen viiva viikkoaikataulussa merkitsee pyhäpäivää. Viikkoaikataulun laatiminen ja lukeminen on vaivatonta, kun ulkoasusta tehdään riittävän pelkistetty.

Viikkosuunnitelma (vk 50-52)

Hyperion	Viikko: 50										Viikon 50 Työsaatus / tv	50					Viikko 51				Viikko 52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	Laatija: Esa											Työryhmä / Työntekijät										Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Tehtävä											ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip	ap	ip																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	RUNKO 2.krs																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Kuva 2. KOy Helsingin Hyperion, viikkoaikataulu.

2.2 Aikataulujen esitystapa

Työmaan aikatauluja tehdään erilaisin laadinta- ja piirrostekniikoin. Aikataulujen esitysmuoto valitaan sen käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmin käytetyt aikataulujen esitysmuodot ovat:

- jana-aikataulu
- paikka-aikakaavio
- valvontavinjetti
- lukujärjestys ns. viikkoaikataulu.

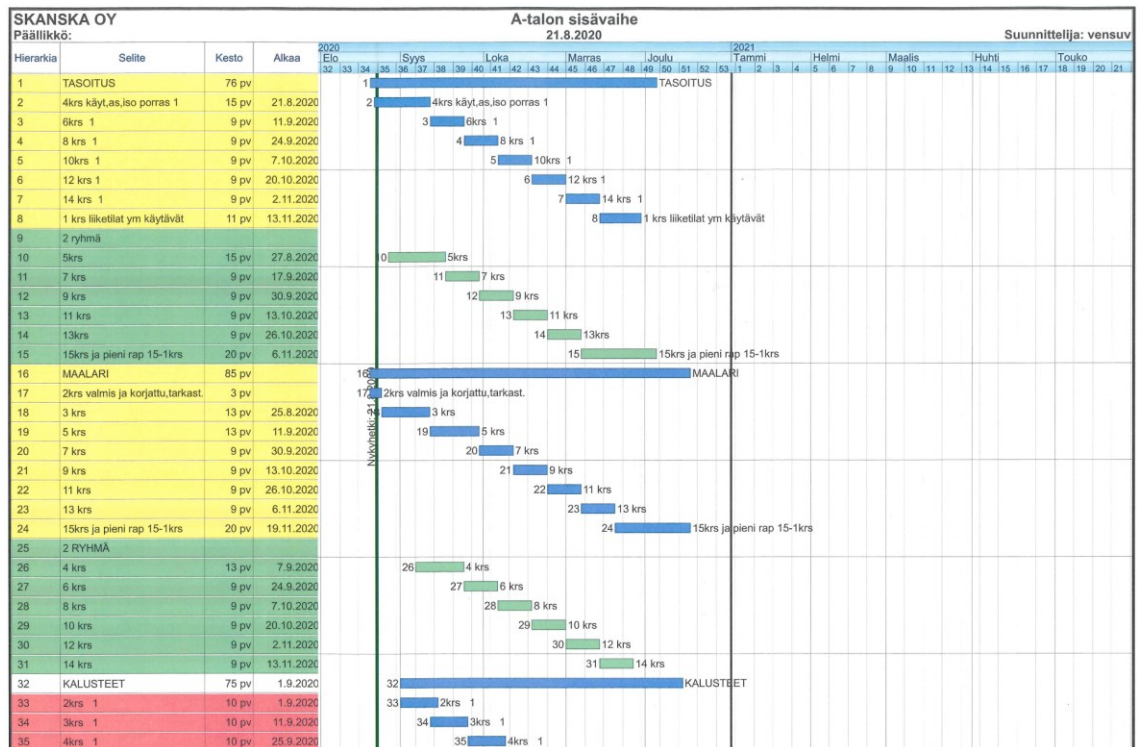
2.2.1 Jana-aikataulu

Jana-aikataulu on paikka-aikakaavion kanssa yleisin aikataulutyyppi, jota käytetään kuvaamaan rakennusprojektin yleisaikataulua. Jana-aikataulussa projektin tehtävät on listattu omille riveilleen ja niiden kestot esitetään vaaka-akselilla janoina. Janat kuvaavat töiden aloitus- ja lopetushetken.

Jana-aikataulussa projekti pilkotaan tehtäväkokonaisuuksiin, jokaiselle tehtävälle määritetään alkamis- ja lopetushetki, jotka perustuvat kokemuseräiseen tai ratu-tiedostoista saatuihin laskennalliseen työmenekkitietoon [5, s. 9]. Jana-aikataulussa tehtävät luetellaan vasemmassa reunassa ja aika esitetään ylärivillä useimmiten viikon tarkkuudella.

Jana-aikatauluun on suositeltavaa laittaa lisätietoja työtehtävästä, kuten työmenekit ja työsaavutukset. Janojen keskelle merkitään tilanneviivoja, jotka kuvaavat työmaan kriittisiä tapahtumia. [13, s. 10.] Tilanneviivoilla kuvataan esimerkiksi projektin aloitus, lomat, vapaapäivät, nykyhetki ja projektin lopetus [16].

Kuvassa 3 on aikataulutettu Hyperionin sisävaiheen tasoitus- ja maalaustyöt kerrokseen 15 asti kahdella työryhmällä. Työryhmät erotetaan aikataulussa väreinä, joka helpottaa aikataulun lukemista. Sisävaiheen jana-aikataulun on laatinut Skanskan sisätyömestari.



Kuva 3. KOy Helsingin Hyperion tasoitus- ja maalaus, sisätyövaiheen aikataulu.

Jana-aikataulun heikkoudet ovat aikataulun laadun tarkastuksessa ja tuotannon valvonnassa. Jana-aikataulussa on vaikea esittää tehtävien etenemistä ajan ja paikan suhteen. Mikäli jana-aikataulun tehtävät halutaan kuvata tarkemmin paikan suhteen, aikataulutehtävät jaetaan osakohteisiin. [2, s. 14; 10, s. 22.]

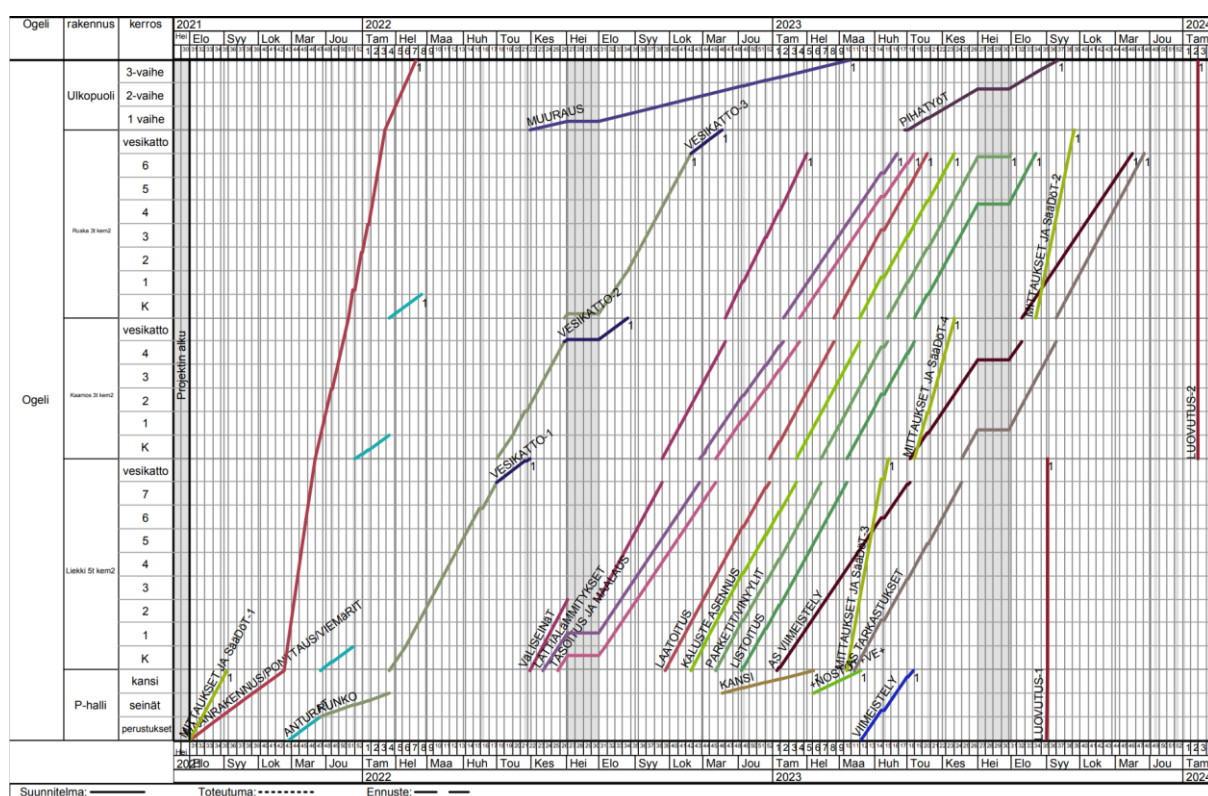
2.2.2 Paikka-aikakaavio

Paikka-aikakaaviossa rakennuskohde jaetaan osakohteisiin ja osakohteille valitaan suoritusjärjestys. Paikka-aikakaavio kuvaa nimensä mukaisesti työmaan etenemistä ajan ja paikan suhteen. Paikka-aikakaaviossa pystyakselilla kuvataan rakennuskohteen osat, kuten kerrokset tai portaat. Vaaka-akselilla kuvataan aika viikkojen tai päivien muodossa. [2, s. 14; 7, s. 12.]

Tehtävien kestot kuvataan aikataulussa vinoviivojen avulla, joista selviää tehtävien aloitus- ja lopetushetki. Paikka-aikakaaviossa esitetään rakennuskohteen

toteutuksen kannalta kriittiset, työkohteita sitovat aikataulutehtävät. Aikataulu-
tehtävät tahdistetaan ja rytmitetään, siten että ne etenevät noin 45 asteen kalte-
vuudessa (kuva 4). Vinoviivojen kaltevuus osoittaa tuotantonopeuden, mitä jyr-
kempään viiva on piirretty, sen vähemmän tehtävälle on varattu aikaa. [2, s. 33;
14, s. 8.] Aikatauluun merkittävät pystyviivat kuvaavat yleensä sopimusteknisiä
asioita, joita ovat välitavoitteet, osaluovutukset ja sovitut keskeytykset [10, s.
25].

Kuvassa 4 on esitetty Oulunkylän kolmen kohteen korttelin yleisaikataulu paikka-aikakaavion muodossa. Yksi näistä kohteista on insinööriössä esiintyvä As. Oy Helsingin Liekki.



Kuva 4. As. Oy Helsingin Liekki, yleisaikataulu.

Paikka-aikakaaviota käytetään yleensä hanketta kuvaavana yleisaikatauluna. Paikka-aikakaavion etuna on havainnollistaa tuotantonopeus ja esittää paikkatiedot yhdistettynä aikatauluun. Tämä mahdollistaa työvaiheiden tahdistamisen keskenään siten, että työvaiheet etenevät sujuvasti sekä osakohteet riittävät

suunnitelmissa oleville töille. Paikka-aikakaavio toimii hyvin tuotannon ajallisen valvonnan ja ohjauksen apuvälineenä. Sen avulla nähdään aloitusajankohtien ja suorituserityksien poikkeamat rakennuksen eri osissa. [7, s. 12.]

2.2.3 Valvontavinjetti

Valvontavinjetti on hyvä apuväline aikataulun seurantaan. Valvontavinjetin avulla nähdään helposti työvaiheiden tai osakohteiden valmiusasteet. Töiden eteneminen voidaan esittää matriisimuodossa tai merkinnät voidaan tehdä pohjakuvaan [5, s.14]. Valvontavinjetissä esitetään aikataulutehtävien suunniteltu aloitus- ja päättymisviikko, valmistumisviikko ja työvaiheiden eteneminen. [2, s. 49].

Valvontavinjetissä töiden etenemistä kuvataan väreillä ja rastittamalla. Ruudun yli vedetään yksi viiva, kun työ osakohteessa on alkanut tai siitä on 50 % tehty. Valmis osakohde rastitetaan. [14, s. 9.]

Valvontavinjetissä käytetään yleensä sinistä, vihreää ja punaista väriä. Mikäli valvontavinjetissä käytetään värejä ja rakteja, vihreä väri kertoo, että työt ovat suunnitellussa aikataulussa, sininen etuajassa ja punainen myöhässä valmistunut työvaihe. Kun käytössä ovat ainoastaan värit, vihreä tarkoittaa valmistunutta työvaihetta, sininen keskeneräistä työvaihetta ja punainen myöhässä olevaa työvaihetta. [7, s. 14; 10, s. 31.]

Kuvassa 5 on esitetty valvontavinjetti matriisimuodossa. Ruutujen sisälle on merkitty tehtävän suunniteltu alkamis- ja lopetusviikko sekä viikonpäivät. Värit kertovat töiden aikataulutilanteen ja rakteja työvaiheen valmiustilan.

Valvontavinjetti		A-porras				B-porras						
Työvaihe	Kerros	1.krs	2.krs	3.krs	4.krs	1.krs	2.krs	3.krs	4.krs			
etuputsi		ma 18 ke 18	to 18 ma 19	ti 19 to 19	pe 19 ti 20	ke 20 pe 20	ma 21 ke 21	to 21 ma 22	ti 22 to 22		ajallaan	
väliseinät, runko+levy		to 18 to 19	pe 19 pe 20	ma 20 ma 21	ti 21 ti 22	ke 22 ke 23	to 23 to 24	pe 24 pe 25	ma 25 ma 26		etuajassa	
tasoitus		ma 20 ma 21	ti 21 ti 22	ke 22 ke 23	to 23 to 24	pe 24 pe 25	ma 26 ma 27	ti 27 ti 28	ke 28 ke 29		myöhässä	
maalauk		to 21 to 22	pe 23 pe 24	ma 25 ma 26	ti 26 ti 27	ke 27 ke 28	to 28 to 29	pe 29 pe 30	ma 31 ma 32			
					ke 5 to 5	Aloituspäivä (viikkonumero ja viikonpäivä) Lopetuspäivä (viikkonumero ja viikonpäivä)						työtä ei aloitettu
											työ aloitettu tai 50 % valmis	
											työ valmis	

Kuva 5. Esimerkki valvontavinjetistä matriisimuodossa.

2.2.4 Tahtiaikataulu

Työmaan tahtituotantoa ohjataan tahtiaikataulun avulla. Tahtiaikataulu on tarkempi aikataulu työmaan yleisaikataulusta. Tahtiaikataulu laaditaan työmaan yleisaikataulun pohjalta ja sitä päivitetään työmaan edetessä, aivan kuten työmaan normaalia yleisaikataulua.

Kuvassa 6 on esitetty tahtiaikataulutuksen periaatekuva. Kuvasta nähdään, että tahtituotannossa samassa työkohteessa tapahtuvat tehtävät järjestetään samanpituiseksi tehtäviksi, jotka seuraavat toisiaan muodostaen tuotantojunan. Tehtävät etenevät tasaisella nopeudella ja jokainen tehtävä tehdään sen asettamissa aikamääreissä. Osakohteen valmistuttua, työryhmä siirtyy välittömästi seuraavaan osakohteeseen.

Lohko	37				38				viikko		
	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti
2	Valiseinen tuplaus ja alakattojen rungot ja levytys	Valiseinen tuplaus ja alakattojen rungot ja levytys	Valiseinen tuplaus ja alakattojen rungot ja levytys	Valiseinen tuplaus ja alakattojen rungot ja levytys	Etuputsi täytöt ja hionta	Etuputsi täytöt ja hionta	Etuputsi täytöt ja hionta	Etuputsi täytöt ja hionta	Tasoitus	Tasoitus	Tasoitus
	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
1	Etuputsi täytöt ja hionta	Etuputsi täytöt ja hionta	Etuputsi täytöt ja hionta	Etuputsi täytöt ja hionta	Tasoitus	Tasoitus	Tasoitus	Tasoitus	Maalaus	Maalaus	Maalaus
	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
K					Tasoitus	Tasoitus			Maalaus	Maalaus	
					2	2			2	2	

Kuva 6. Tahtiaikataulutuksen periaatekuva.

Tahtiaikataulun tavoitteena on viedä tuotannonsuunnittelu nykyistä tarkemmalle tasolle. Tahtiaikataulun päällimmäisenä tavoitteena on saavuttaa tasainen ja ennakoitava tuotantotahti. [17, s. 9.] Tahtiaikataulun avulla poistetaan hukkaa ja parannetaan työmaan tuottavuutta, joka mahdollistaa työmaan nopeamman läpimenoajan. Tämän lisäksi tahtiaikataulu mahdollistaa työmaalle tarkat täsmätoimitukset ja logistiikan suunnittelun. [18.]

2.3 Aikataulutehtävien muodostaminen

Rakennushankkeen osakohteiden suoritusjärjestyksen valinnan jälkeen muodostetaan aikataulutehtävät, jotka luovat pohjan seuraaville aikataulun laadinnan vaiheille. Aikataulutehtävät luodaan työmaan valvonnan ja ohjauksen mahdollistamiseksi.

Aikataulutehtävistä kootaan rakennusteknisten aikataulutehtävien tehtäväluettelo, joka perustuu Talo-työlajinimikkeistöön. Rakennusalaalla on käytössä erilaisia nimikkeistöjä, kuten Talo-80, Talo-90 ja Talo 2000 nimikkeistöt. [2, s. 27.] Kuvassa 7 on esitettyä Talo80-työlajinimikkeistö. Luetteloa käytetään apuna muodostettaessa kohdekohtaisia, hankintakokonaisuuksiin perustuvia aikataulutehtäviä.

0 Rakennuttajan kustannukset	1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkop. rakenteet	3 Runko- ja vesikatto-rakenteet	4 Täydentävät rakenteet	5 Pintarakenteet	6 Kalusteet, varusteet, laitteet	7 Kone-tekniiset työt	8 Työmaan käyttö-kustannukset	9 Työmaan yhteis-kustannukset
01	11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31	41 Ikkunat	51 Vesikate	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemäri-työt	81 Työn-alkai-set ra-kenteet	91 Työmaan hallinto
02 Raholliset kulut	12 Maan-kaivu	22 Perus-muurit, -palkit ja -pilarit	32 Kanavat välisei-nät ja pilarit	42 Erityis-ikkunat	52 Sisäsei-nien pin-tarakenteet	62 Varusteet	72 Ilman-vaihto-työt	82 Työnai-kaiset asen-nukset	92 Avusta-vat rakennus-työt
03 Suunnittelu ja tutkimus	13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja palkit	43 Ovet	53 Sisäkatto-jen pin-tarakenteet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähkö-työt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomai-sen toi-minnan eri-tyiskus-tann.
04 Yhtiö-kulut, osuudet, korvaukset	14 Pohjarakenteet ja -vahvistus	24	34 Portaat	44 Erityis-ovat	54 Porras-huoneen pin-tarakenteet	64 Tilaryh-mäkalus-teet	74 Siirto-tekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja -väli-neet	94 Talvi-lisätyöt
05 Rakennuttaminen ja valvonta	15 Salaojat ja putki-johdot	25 Väestön-suojarakenteet	35 Ulko-seinät	45 Kevyet väli-seinät	55 Ulko-seinien pin-tarakenteet	65	75	85 Työmaan käyttö-tarvikkeet	95 Urakka-hinnan muutokset
06 Liittymismaksut	16 Täyttö ja tiivistys	26 Maan-varainen laatta	36 Ulko-otat ja par-vekkeet	46 Erityis-välisei-nät, jako-seinät	56 Lattian pin-tarakenteet	66	76	86 Käyttö-aineet ja energia	96 Sopimus-pohjaiset erityis-kustann.
07 Markkinointi	17 Rakennus-alueen rakenteet	27 Erityis-rakenteet	37 Ullakko ja katto-rakenteet	47 Kaiteet, hoitota-sot ja -silat	57 Erityis-tilojen pin-tarakenteet	67 Väestön-suojavarusteet	77	87 Työmaa-kuljetuk-set	97 Työnteki-jöiden palkan-lisät
08 Ulkomaiset toiminnan erityis-kustann.	18 Ulko-varusteet	28 Ulko-puoliset rakenteet	38 Tila-elementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat, piiput	58 Maalaus, tapetointi	68	78 Rakennut-tajan hankinto-jen apu.	88 Ulkomaisen toiminnan erityis-kustann.	98 Työnteki-jöiden sos.kulut
09	19	29	39	49	59	69	79	89	99

Kuva 7. Rakentamisosanimikkeistö. [15.]

Tehtäväluettelon laadinnan jälkeen tehtävät mitoitetaan yritysten omien tietojen tai ratu-työmenekkien avulla. Aliurakoitsijoiden kanssa tehdään tiivistä yhteistyötä, jotta tiedot ovat mahdollisimman tarkkoja. [4, s. 30.] Aliurakoitsijan työryhmän ja työmenekin ollessa tiedossa jo sopimuksen laadintavaiheessa aikataulu pystytään suunnittelemaan paremmin todellisuutta vastaavaksi kuin ratu-työmenekkitietoa käytettäessä.

2.3.1 Määrät ja työmenekit

Tehtävän kesto voidaan laskea työmenekkitiedon tai tahdistavan työsaavutustiedon ja suoritemäärän mukaan. Ratu-tiedostoista löytyvät tehtävien perustyöryhmät, joita räätälöidään työmaakohtaisesti. [10, s. 78.]

Työmenekki määritetään käyttäen omaan kokemukseen perustuvaa tietoa, yrityksen tietoa tai käytössä olevia ratu-työmenekkitietoja. [7, s. 4.] Ali- ja sivu-urakoitsijoiden työmenekit ja työryhmät pyydetään urakoitsijalta tai käytetään aikaisempia tiedostoja apuna. Aliurakoitsijalta saadut tiedot tarkistetaan vertaamalla niitä ratu-tiedostoihin tai omaan kokemukseen. Työmenekkiä selvittäessä huomioidaan kohteen rakennusosa, olosuhteiden ja menetelmän vaikutus kunkin tehtäväkokonaisuuden kohdalla. Työmenekki tarkoittaa aikaa, jonka työntekijä, työryhmä tai kone käyttää yhden suoriteyksikön toteuttamiseen. Esimerkkinä tth/m² tai kone h/m³. [10, s. 78.]

2.3.2 Tehtävien mitoitus/laskenta

Aikataulutehtävät mitoitetaan käytettävissä olevien tietojen pohjalta. Mitoituksen tulee olla realistinen, mutta tavoitteellinen. Aikataulusta tulee nähdä työtehtävän tiedot ja niiden kestot, suoritemäärät ja työryhmät. [7, s. 4.]

Tehtävän mitoituksessa huomioidaan työn laajuus, käytettävissä olevat resurssit, koneet ja laitteet. Tehtävät suunnitellaan ja aikataulutetaan siten, että työtehtävät päästään suorittamaan ilman viivytyksiä tai häiriöitä.

Tuotannon viivästykset voivat syntyä esimerkiksi työryhmien päällekkäisyyksistä samassa työkohteessa, logistiikan huonosta hallinnasta tai keskeneräisistä työkohteista. Häiriötekijöihin varaudutaan huolellisella suunnittelulla, riittävillä puskurijaoilla sekä välitavoitteilla. [2, s. 42; 7, s. 5.]

Tehtävien mitoituksessa käytetään aikataulukäsitteitä, joita ovat T3 -ja T4-ajat. T3-aika tarkoittaa tehollista työvuoroaikaa. Tehollinen aika on tavoitteellinen työmenekki, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista T3-työvuoroaikaa käytetään rakentamisvaihe aikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestojen laskennassa. [5, s. 26.]

T4-aikaa kutsutaan kokonaisajaksi, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit sisältäen tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. T4-aikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja alustavan yleisaikataulun laadintaan. [5, s. 26.] T4-aika saadaan ratu-työmenekkeistä kertomalla työvuoroajat työvaiheen TL-3 lisäaikakertoimella. Tilaajan ja rakennustyön toteuttajan sopima kesto vastaa T4-aikaa. [10, s. 63.]

Työvaiheen lisäajassa eli TL3-ajassa huomioidaan yli tunninmittaiset työn keskeytykset, pienet erilliset työvaiheet tai koneiden ja laitteiden rikkoutumiset, odotusajat, tapaturmat, säähaitat tms. Työvaiheen lisäaikakertoimella muunnetaan työvuoroaika työvaiheajaksi. TL3-kertoimet vaihtelevat 1,0–1,30 riippuen työlaajista. TL3- kertoimet on ilmoitettu ratu-kortistossa työmenekkien yhteydessä. [10, s. 63.]

Seuraavassa kappaleessa lasketaan esimerkkinä ontelolaatta-asennuksen työmenekki ja kesto. Esimerkissä käytettävät työmenekit on otettu rakennustöiden menekit 2020-kirjasta.

Esimerkki.

Asuinkerrostalossa asennetaan ontelolaattoja 3000 m². Ontelolaattoja on 375 kappaletta. Ontelolaattaelementtien paino on yli 4 tonnia. Elementtiasennuksen

lisäksi huomioidaan ontelolaattojen saumavalut. Elementtiasennuksen työryhmänä käytetään kolmea elementtiasentajaa.

Ontelolaatat

-asennus, paino 3...8 t	0,48 tth/kpl
-saumaus pumpulla, raudoitus, laudoitus	0,33 tth/kpl

asennus 0,48 tth/elementti

saumaus 0,33 tth/elementti

yhteensä 0,81 tth/elementti

$$375 \text{ elem.} \times 0,81 \text{ tth/elem.} = 303,75 \text{ tth}$$

T3 työvuoroaika korjataan suoritemääräkertoimella. Ontelolaattoja on 375 kappaletta, joten kertoimeksi voidaan asettaa 1,03.

$$1,03 \times 303,75 \text{ tth} = 313 \text{ tth}$$

T3-aika muutetaan T4-kokonaisajaksi lisäämällä T3-aikaan TL3-lisäaikakerroin, joka on 1,10.

$$1,10 \times 313 \text{ tth} = 344 \text{ tth}$$

Ontelolaattojen asennuksessa käytettiin kolmen miehen työryhmää, jolloin yhden työvuoron työtunnit ovat

$$3 \times 8 \text{ tth/tv} = 24 \text{ tth/tv}$$

Työn kesto saadaan, kun työntekijätunnit jaetaan työvuoroilla

$$313 \text{ tth} / 24 \text{ tth/tv} = 13 \text{ tv eli noin 2,5 viikkoa. [19.]}$$

2.3.3 Tehtävien väliset riippuvuudet

Tehtävien välillä on erilaisia riippuvuuksia. Riippuvuus tarkoittaa tehtävien välistä määräävää, valittua tai ehdotonta rajoitusta. Riippuvuudet voivat johtua mm. tehtävien välisistä suhteista, resursseista tai olosuhteista. Riippuvuudet voidaan jakaa neljään eri ryhmään, joita ovat looginen riippuvuus, olosuhderiippuvuus, tekninen riippuvuus ja resurssiriippuvuus.

Looginen riippuvuus tarkoittaa, että tehtävät voidaan suorittaa vain tietyssä järjestyksessä. Esimerkiksi betonointi voidaan aloittaa vasta, kun muotti ja raudotus on valmis tai kipsiväliseinä voidaan villoittaa vasta, kun toinen puoli seinästä on levytetty.

Olosuhderiippuvuudet voivat syntyä sääolosuhteista, työmaajärjestelyistä tai sopimuksista. Esimerkiksi vesikaton tulee olla valmis, ennen kastumiselle alttiiden työvaiheiden aloitusta, kuten väliseinätyö tai rakenteiden kosteuden on oltava tietyllä tasolla ennen pintamateriaalin asennusta, kuten erilaiset lattiamateriaalit.

Tekniset riippuvuudet liittyvät toteutuksessa liittyvään tekniikkaan, joka vaikuttaa muihin tehtäviin. Esimerkkinä lämmönjakohuoneen valmistuminen tietyssä ajankohtana, joka vaikuttaa muihin tehtäviin.

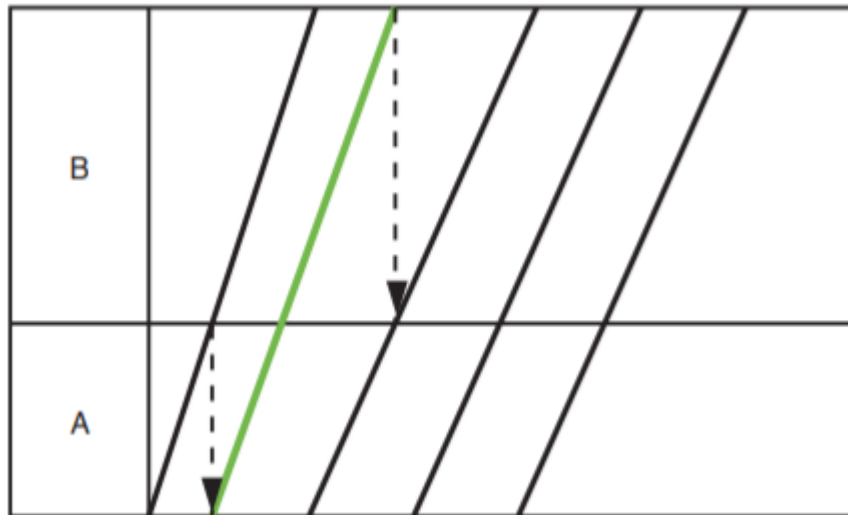
Resurssiriippuvuudet liittyvät työryhmiin tai koneisiin. Työryhmä tai työkone siirtyy seuraavaan tehtävään edellisen valmistuttua. Esimerkkinä holvin raudotusryhmä siirtyy purkamaan aiemmin valettua holvimuottia tai kaivinkone siirtyy parkkihallin anturan pohjien teosta täyttämään rakennuksen raakatäyttöä.

2.3.4 Tahdistus

Tahdistuksen tarkoituksena on mitoittaa tehtävät siten, että ne kulkevat samalla tuotantonopeudella tai nopeus lisääntyy tai vähenee tasaisesti. Tahdistetut tehtävät kulkevat samalla tuotantonopeudella, vaikka resurssit, työsisältö tai työ-

määrä vaihtelee tehtävittäin. [2, s. 36]. Tahdistuksella pyritään varmistamaan jokaiselle työryhmälle häiriötön työskentely. Tämä vaatii riittäviä aloitus- ja lopetusvälejä tehtävien välillä sekä tehtävien tasaista tuotantonopeutta. [10, s. 84.]

Kuvassa 8 on esitetty tehtävien tahdistus vinoviiva-aikataulussa. Tahdistuksessa tehtävien tuotantonopeus pysyy samana eri tehtävien välillä.



Kuva 8. Tehtävien tahdistus. [10.]

Tehtävien tahdistus voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla:

- työsisällön muuttaminen
- työryhmän kokoonpanon muuttaminen
- työpäivän keston muuttaminen. [2, s. 36.]

2.3.5 Rytmitys

Tehtävien rytmitys tarkoittaa töiden sisällön määrittelyä, sovittamista ja mitoittamista niin, että työryhmät etenevät ilman työkatkoksia osakohteesta toiseen. Työn katkokset johtuvat töiden suoritemäärien ja kestojen eroista eri työkohteissa. [10, s. 85.]

Tehtäviä voidaan rytmittää seuraavilla keinoilla: siirretään tehtävien aloitusajan kohtia, muutetaan työryhmän kokoonpanoa, lisätään varamestoja, muutetaan tehtävien työjärjestyksiä ja yhdistetään pienempiä tehtäviä suuremmiksi tehtäväkokonaisuuksiksi. [2, s. 36.]

2.3.6 Resurssit

Aikataulutehtävien kestoon pystytään vaikuttamaan resursseilla. Resurssit voivat kuvastaa työntekijöitä tai työkoneita. Kun työtehtävien työmäärät ja aikavälit ovat selvillä pystytään määrittämään työmaalla tarvittavien työntekijöiden määrä. Tarkoituksena on pitää työmaahenkilöstön määrä sopivana koko hankkeen läpi. Kun työmaalla on oikea määrä resursseja, vältetään ylimääräisiltä kustannuksilta ja työskentely on tehokkaampaa. Resurssien oikea mitoitus on yhtenä vaikuttavana tekijänä, ettei työkohteisiin synny päällekkäisyyksiä ja työt pystytään toteuttamaan häiriöttä.

Resurssien mitoitukseen käytetään apuna yrityksien omia tiedostoja, työnjohdon omaan kokemukseen perustuvaa tai ratu-tiedostoista saataviin menekkitietoihin.

3 Tahtituotanto

3.1 Tahtituotannon perusperiaate

Tahtiaika on Lean-tuotannon peruskäsite, joka kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoa virtausperiaatteella toimivassa tuotannossa. Tahtituotanto on lähtöisin teollisuuden puolelta ja sen tavoitteena on tuottaa tuotteita asiakkaalle kysynnän mukaan. [17, s. 8.]

Virtausperiaate toimii siten, että jokainen työvaihe pilkotaan ja mitoitetaan saman pituisiin tahteihin. Työvaiheet luodaan ilman puskuriaikoja, joka tarkoittaa, että seuraava työvaihe alkaa heti, kun edeltävä työvaihe osakohteessa on valmis. [18.] Tässä voidaan käyttää esimerkkinä lattiamateriaalin asennusta. Kun lattiamateriaali on asennettu asunnossa yksi, siirtyy lattiamateriaalin asennus asuntoon kaksi ja asunnossa yksi alkaa seuraava työvaihe ilman viivästyksiä.

Tahtituotanto sopii uudis- ja korjausrakentamiseen, jotka sisältävät työvaiheita, joissa on paljon toistuvuutta, kuten hotellit, asuntokorjaukset ja putkiremontit [18]. Lean-strategia pyrkii maksimoimaan projektien virtaustehokkuuden. Virtaustehokkuuden parantaminen pohjautuu resurssien maksimaaliseen kykyyn tuottaa arvoa asiakkaalle. Yksittäisten työvaiheiden tasainen ja säännönmukainen toteuttaminen mahdollistavat projektille kustannus- ja aikataulusäästöt, jotka johtavat parempaan tuottavuuteen, alhaisempiin kustannuksiin sekä lyhyempään projektin läpimenoaikaan. [20.]

Tahtiaikatauluttamisen tarkoituksena on varmistaa, vapaa työskentelypiste, työhön vaadittavat materiaalit sekä muut resurssit oikeaan aikaan. Tahtiaikataulusta on helppo ymmärtää mitä, missä ja milloin tapahtuu. [6, s. 24.] Tahtiaikataulussa on oleellista, että sen suunnittelu on tehty huolellisesti ja työt etenevät laaditun tahtiaikataulun mukaisesti. Tuotanto toimii, kun työvaiheiden välinen hukka vähenee ja pystytään varmistamaan työpisteiden valmius seuraavalle työvaiheelle. [7, s. 16.]

3.2 Tahtiaikataulun suunnittelu

Tahtiaikataulun suunnittelun alkuvaiheessa on tärkeää sitouttaa projektin osapuolet ja luoda yhteiset tavoitteet. Tämä ohjaa projektin osapuolia suunnittelemaan ja ratkaisemaan ongelmia, ennen tuotantovaihetta. Tahtiaikataulun suunnittelu vaatii paljon aikaa ja organisaation yhteispeliä. Tahtituotannon suunnittelu voidaan jakaa vaiheisiin ja suunnittelua voidaan kuvata kolmella eri tasolla riippuen rakennushankkeesta.

Kerrostalo esimerkki	Helmikuu							Maaliskuu		
	Viikko 5	Viikko 6	Viikko 7	Viikko 8	Viikko 9	Viikko 10	Viikko 11			
1.krs		Tasoite	Maalaus	Kalusteet						
2.krs			Tasoite	Maalaus	Kalusteet					
3.krs				Tasoite	Maalaus	Kalusteet				
4.krs					Tasoite	Maalaus	Kalusteet			
5.krs						Tasoite	Maalaus	Kalusteet		

Kuva 9. Tahtiaikataulu esimerkki työvaunuista.

Kuvassa 9 on esitetty 5 kerroksisen kerrostalotyömaan tahtivaunut sisävaiheen tasoite-, maalaus-, ja kalustusvaiheesta. Tahtiaikataulua luetaan vasemmalta oikealle. Paikkojen sijainti on esitettynä pystyakselilla taulukon vasemmassa reunassa ja aika vaaka-akselilla taulukon yläreunassa. Tahtiaikataulu voidaan luoda esimerkiksi käyttämällä Excel-taulukkoa. Yksi tahti kuvastaa yhtä työpakettia. Työpaketit erotetaan toisistaan väreillä, joka helpottaa aikataulun lukemista.

Kuvan esimerkki kerrostalotyömaan tahtiaikataulun tahtivaunut on mitoitettu 4 päivän tahtiin. Tahtivaunut jaetaan tasapitkiin tahteihin, jossa jokainen työvaihe etenee samalla nopeudella mahdollistaen virtaus ja resurssitehokkaan työnetemisen. Esimerkin ajallinen tarkkuustaso on kuvattu työvuoroissa ja sijainti kerroskohtaisesti. Tästä esimerkistä voidaan luoda vieläkin tarkempi mikrotason tahtiaikataulu, jossa sijainti on esitetty asuntokohtaisesti ja ajallinen tarkkuustaso muutaman tunnin tarkkuudella.

3.3 Tahtituotannon suunnittelun vaiheet

3.3.1 Kohteeseen tutustuminen

Tahtituotannon suunnittelun alussa tutustutaan projektin tiedostoihin sisältäen erilaisia suunnitelmia, kuvia ja mallinnuksia. Vastaava työnjohtaja laatii projektista yleisaikataulun ensimmäisen version. Tarkoituksena on koota tietoa projektin tuotantoprosessista. Laadittu yleisaikataulu antaa tietoa tehtävien kestoista ja työjärjestyksistä, jotka pohjautuvat kokemukseen ja ratu-menekkeihin. [21.]

3.3.2 Yleisaikataulun tahdistus ja työvaunujen määrittäminen

Yleisaikataulu tahdistetaan vastaavan työnjohtajan kanssa. Yleisaikataulun ollessa jana-aikataulu muodossa muutetaan se paikka-aikakaavioksi. Kohde ositellaan eli jaetaan osakohteisiin ja suunnitellaan työvaiheista urakkakokonaisuuksia. Urakkakokonaisuudet kuvataan tahtiaikataulussa työvaunuina, jotka pilkotaan mikrotasolle. Pilkkomisessa työvaiheet kirjataan allekkain, kertoen urakkakokonaisuuden sisällön tarkasti. [21.]

3.3.3 Tuotantotahdin pituuden määrittäminen

Urakkakokonaisuuksien pilkkomisen jälkeen tahtituotannolle määritetään työtahti. Tuotannolle valitaan sopiva etenemisnopeus, joka valitaan hitaimman työvaiheen mukaan. Ennen valintaa tulee pohtia, voidaanko hitainta vaihetta nopeuttaa pilkkomalla työvaihe pienempiin osiin tai onko resurssien muuttamisella mahdollisuutta nopeuttaa prosessia. [21.]

Tahdistettu aikataulu voidaan luoda esimerkiksi Excel-ohjelmalla. Excel-ohjelmalla tahtiaikataulun luominen on työlästä, mutta ohjelma mahdollistaa laajat muokkausominaisuudet. Exceliä käytettäessä ohjelma ei pysty myöskään aikataulun simuloimiseen, vaan tämä täytyy tehdä manuaalisesti. [21.]

Jos tahtiaikataulutuksessa on tullut isoja muutoksia, tulee tahtiaikataulu kääntää vielä paikka-aikakaavioksi ja tehdä yleisaikataulu 2.0 -versio, jonka mukaan projektissa edetään. Vaiheessa 3 tutustutaan työvaiheisiin tarkasti, projektin läpimenoaika mitataan ja verrataan aikaisempiin aikatauluihin. [21.]

3.3.4 Resurssisuunnitelman laadinta

Resurssisuunnitelma laaditaan urakkakokonaisuuksien pohjalta. Resurssisuunnitelmassa tulee huomioida myös muiden urakoitsijoiden tarve, jos omat resurssit eivät riitä tai niitä ei jostain syystä ole saatavilla. Urakkakokonaisuuksien resurssit suunnitellaan siten, että halutut työntekijät nimetään kyseiseen urakkakokonaisuuteen. Tässä vaiheessa tulee olla selvillä työnjohto ja heidät sitoutetaan aikatauluun. [21.]

3.3.5 Hankintasuunnitelma

Tahtiaikataulua käydään läpi ja hankinta tekee hankintasuunnitelman, jonka laatimiseen työmaainsinööri osallistuu. Tässä vaiheessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että hankinnat tehdään riittävän ajoissa ja suunnitellaan hankinta-aikataulu/logistiikka-aikataulu. [21.]

3.3.6 Valmistautuminen urakkaneuvotteluun

Valmistellaan urakkaneuvotteluun asiakirja, jossa käydään läpi aikatauluun liittyvät asiat, kuten aikataulu, logistiikka, resurssitarpeet ja urakkaryhmät. Urakoitsijan tulee pohtia, miten tilanne korjataan, jos urakoitsija jää aikataulusta. Viivästyssakkoja on hyvä pohtia jokaisen urakan kohdalla, koska nämä voivat olla asioita, jotka vaikuttavat siihen syntykö sopimusta vai ei. [21.]

3.3.7 Logistiikkasuunnitelma

Logistiikalla on suuri merkitys tahtituotannossa. Tähän vaiheeseen on syytä varata resursseja. Logistiikkakeskuksen sijainnilla ja toimintatavalla on suuri merkitys projektille. Logistiikka-suunnitelman tulee olla laadittuna yksityiskohtaisesti. Logistiikka-suunnitelma pitää sisällään muun muassa työmaan tavaraliikenteen suunnittelun, toimittajien yhteystiedot, täsmätoimitukset, työmaatilat sekä materiaalien varastointi- ja purkupaikat. [21.]

3.3.8 Palaverit

Aliurakoitsijoiden kanssa käydään aloituspalaveri töiden alkaessa, johon osallistuu aliurakoitsijan työnjohto sekä urakkaryhmä. Aloituspalaverissa aliurakoitsijat sitoutetaan aikatauluun ja käydään läpi työmaan logistiikka. Aikataulua ja töiden etenemistä seurataan päivittäisellä tasolla. Työmaan logistiikkavastaavan kanssa sovitaan logistiikka-aikataulun seuraamistapa. [21.]

3.4 Tahtisuunnittelun tasot

Tahtisuunnittelu jaetaan kolmeen tasoon aikataulun tarkkuuden mukaisesti. Ensimmäinen on makrotaso. Makrotason tahtiaikataululla tarkoitetaan karkean tahtiaikataulun tasoa. Makrotason tahtiaikataulussa merkittävimmät työtehtävät siirretään alustavasta yleisaikataulusta tahtiaikatauluun. Makrotasolla ei kuvata työtehtäviä sisältötarkasti, sillä tarkoituksena on pyrkiä hahmottamaan eri vau-
nujen lukumäärä, sekä tahtialueiden koko ja määrä. [21.] Makrotasolla tehtävien sijainnit ja seuranta-ajat voivat olla tarkempia kuin alustavassa yleisaikataulussa. Aikataulun seuranta-aika vaihtelee kahdesta tunnista useaan päivään. Seuranta-aika tarkoittaa aikaa, jolla tarkkuudella tahtiaikataulua suunnitellaan. [17, s. 14.]

Tahtiaikataulun toinen taso on normaalitaso eli tahtisuunnittelu. Työalueet jaetaan toistuviin tahtialueisiin, jonka jälkeen määritetään tahtivaunut, jotka kulkevat tahtialueiden läpi. Tahtivaunut, eli työpaketit suunnitellaan eri osapuolien

kanssa. Vaunut mitoitetaan saman pituisiksi, jolloin muodostuu tahtiaika. [6, s. 27.]

Tahtiaikataulun tarkin taso on mikrotaso, jota seurataan päivittäin. Mikrotasolla työvaiheet avataan ja mietitään aikataulutehtäviä tarkemmalla tasolla [21]. Esi-merkkinä voidaan pitää väliseinätyötä, joka on yleisaikataulussa yhtenä tehtävänä. Mikrotason tahtiaikataulussa väliseinätyö pilkotaan osiin, alajuoksujen/yläjuoksujen asennus, rankojen asennus ja työpuolen levytys, talotekniikan työt ja varaukset, villoitus ja tuplaus. Mikrotason tahtiaikataulussa nämä kaikki työtehtävät on aikataulutettu, riippuen tahtiaikataulun määritetystä tarkkuustasosta. Mikrotason tahtiaikataulussa poistetaan puskureita vaunujen väliltä, jotta aikataulusta saadaan virtaustehokas. Vaunujen tahdistus ja rytmitys toteutetaan muuttamalla vaunun työsisältöä tai resursseja. Välttämättömät puskurit merkitään tahtiaikatauluun tyhjänä vaununa [17, s. 15; 21.]

3.5 Tahtituotannon nykytilanne rakentamisessa

Tahtituotanto lisääntyy tänä päivänä rakennuslalla sen tiedostamien hyötyjen myötä, mutta tuotannonsuunnittelussa ei olla samalla tasolla kuin teollisuudessa. Tahtituotanto on ollut pidemmän aikaa käytössä tuotantolaitoksissa, jossa tuotanto on linjastomaista ja sen ohjaaminen on helpompaa. [22]. Teollisuudessa tuotantoa pystytään suunnittelemaan minuutin tai jopa sekunnin tarkkuudella.

Rakentamisessa aikataulusuunnittelun tarkin taso on tyypillisesti viikkosuunnittelu, jossa tehtävät yksilöidään päivän tarkkuudella. Aikataulutarkkuuden lisäksi ongelmana on aliurakoitsijoiden töiden koordinointi ja tiedon vieminen työnteijätasolle.

Tahtiaikataulun käyttöönotto vaatii resursseja, aikaa ja laaja-alaista näkemystä. Aikataulu pilkotaan pieniin osiin, joka vaatii eri osapuolien välistä tiivistä yhteistyötä, ennakkosuunnittelua ja aliurakoitsijoiden aikaista sitouttamista tahtiaikatauluun. Tahtituotannolla pystytään parantamaan mm. ajallista ja materiaalista

hukkaa, osakohteiden tuottavuutta ja työmaan logistiikanhallintaa. Aikataulusäästöt voivat olla hyvinkin merkittäviä, jotka vaikuttavat suuresti työmaan yleiskustannuksiin.

Työmaan logistiikka pyörii tahtiaikataulun asettaman aikataulun mukaan, joka ohjaa työmaan toimitukset hyvinkin tarkkaan. Logistiikkakeskuksen toimiva yhteistyö on yhtenä asiana, jota halutaan tänä päivänä kehittää tahtituotannossa.

Tahtituotannolla haetaan työvaiheiden toistuvuutta ja osakohteiden valmistumista kerralla kuntoon. Osakohteiden täysi valmistuminen poistaa työkohteiden välisen hyppimisen ja helpottaa työnjohdon laadunvalvontaa ja aikataulun seuranta. Paljastuneet laatuvirheet voidaan poistaa jo ensimmäisten tilojen kohdalla ja voidaan karsia toistuvat virheet jatkossa. Tällöin vähennetään virheiden määrää projektin loppuvaiheessa.

Kokemuksien perusteella urakoitsijoiden välinen yhteistyö ja tiedonkulku on merkittävässä asemassa koko rakennustuotannon kannalla. Siksi on tärkeää saada aliurakoitsijoiden edustajat mukaan osallistumaan palavereihin ja töiden suunnitteluun, jossa on ollut hankaluuksia. Kokemuksien perusteella tämä asiaakin on ymmärretty ja hyöty on ollut molemmilta puolilta.

Tahtituotanto on pikkuhiljaa nousemassa rakennusosalalle enemmän ja enemmän, koska tahtituotannon hyötyjä on havaittu. Tämä voi osittain johtua liian vähäisen ajan varaamisesta ennakkosuunnitteluun ja muille valmisteluille, joita tahtituotanto vaatii. Tätä voisi helpottaa, jos tahtiaikasuunnittelu saataisiin mukaan jo rakennussuunnitteluvaiheessa. Rakennussuunnitteluvaiheessa olisi jo mahdollisuudet vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin ja urakkarajoihin. Tahtituotannon pääpiirteet olisivat selvillä aiemmin eri osapuolille ja ne voitaisiin huomioida urakkaneuvotteluissa ja hankintasopimuksissa. [18.]

4 CASE-kohteet

Tässä luvussa tutustutaan case-kohteiden tuotannon etenemiseen. Kohteissa suoritettiin tilannekatsauksia ja haastatteluja työmaan tahtituotannon etenemisestä. Haastatteluiden tarkoituksena oli kerätä työnjohtajien ajatuksia opinnäytetyössä esiintyvien työmaiden tahtiaikataulutuksesta. Työmaaseurannan avulla pyrittiin löytämään tuotantovaiheessa ilmenneiden asioiden vaikutusta tahtituotantoon.

4.1 KOy Helsingin Hyperion

4.1.1 Yleistä

Hyperionissa tuli esille yllättäviä haasteita, jotka ovat aiheuttivat tuotannon viivästyksiä, vaikuttaen rungon aikatauluun. Suurina haasteina olivat asennettavat sandwich-elementit, jotka eivät nousseet suorassa painopisteongelmien vuoksi. Elementtien painopistettä korjattiin suunnittelijoiden toimesta, ja ongelma meni parempaan suuntaan. Lisäksi valettavat pystysaumamat olivat työläisiä niiden mas- siivisuudesta johtuen.

Hyperionin runkokierto oli helmikuun alun tilannekatsauksen mukaan myöhässä noin 3 työvuoroa. Tahtiaikataulun mukaisesti 5.kerroksen katon VA1 ja VA2 holvi olisi valettu viikon 7 lopussa. Holvivalu siirrettiin 8 viikon keskiviikolle. Run- kokieirron viivästyksistä huolimatta Hyperionin alemmissa kerroksissa pystytettiin aloittamaan sisätoita (etuputsi, väliseinien ala- ja ylärangat + työpuolen levytys, patterilinjat) laadittua aikataulua aikaisemmassa vaiheessa.

Työmaalla todettiin alkuvuodesta koronatapauksia, jotka vaikuttivat työmaan toimintaan. Aikataulussa oli kirittävää, joten työmaalla asennettiin elementtejä myös ilta-asennuksena aliurakoitsijan toimesta.

Aikataulu oli tiukka ja holvilla tehtävä työ oli suunniteltava hyvinkin tarkkaan. Kullakin työryhmällä oli tarkka aikataulu oman työvaiheen ajankohdasta esimerkiksi holvin raudoituksessa, putki- ja sähkötoissa.

Holvilla suoritettavat putki- ja sähkötyöt tulee esivalmistella mahdollisimman pitkälle, jotta holvilla käytettävä aika on mahdollisimman pieni. Näin vältetään saman työpisteen päällekkäisyydet työryhmien välillä.

Kuvassa 10 on esitetty havainnekuva Skanskan Delfiinikorttelista, johon kuuluvat tornitalot Atlas (33.krs) ja Hyperion (24.krs) sekä näitä yhdistävä pysäköintihalli, joka sijaitsee tornitalojen alapuolella kahdessa tasossa.



Kuva 10. Delfiinikortteli, KOy Helsingin Hyperion (oik.).

4.1.2 Haastattelut

Hyperionin osalta haastateltavia olivat runkomestari, sisätyönjohtaja sekä työmaainsinööri, jonka työtehtävät koostuvat pääosin tahtiaikataulun päivittämiseen ja ylläpitämiseen liittyvistä työtehtävistä.

Haastattelussa käytettiin apuna ennalta laadittua kysymyspakettia, joka löytyy vastauksineen tämän opinnäytetyön liitteistä (liite 1.). Kysymyspaketti sisältää viisi kysymystä, jotka käsittelevät Hyperionin työmaata.

Kysymyksissä selvitettiin seuraavat asiat:

1. Miten tahtituotantoa seurataan työmaalla?
2. Miten logistiikka tukee työmaan tahtituotantoa?
3. Miten hankinnat on suunniteltu ensimmäisestä hankinnasta lähtien hankkeen loppuun asti?
4. Miten kustannukset jakautuvat, painottuuko tietyt kustannuslajit tahtituotannossa?
5. Mitä tulee erityisesti huomioida yleisaikataulun laadinnassa, jos tiedetään että yleisaikataulusta tullaan tekemään tahtiaikataulu?

Hyperionin työmaalla on lisenssi Firan hiljattain lanseeraamaan Sitedrive tahtiaikasovellukseen. Sitedrive-sovellusta tullaan mahdollisesti hyödyntämään myöhemmässä vaiheessa työnjohdon tahtiaikataulun seurannan työkaluna. Sitedrivestä on tullut palautetta sen käyttöliittymän toiminnasta, joka ei ole vielä haluttu tasolla. Toisaalta Sitedrive toimii hyvänä aikataulun seurantatyökaluna, jossa työvaunujen valmiustason muokkaaminen on yksinkertaista. Työssä syntyvien häiriötekijöiden dokumentointi onnistuu kuvien kautta pääurakoitsijalle sekä työtä suorittavalle urakoitsijalle, joka saa reaaliaikaisen ilmoituksen ongelmakohdasta.

Työmaalla painotetaan jatkuvan viikkoaikataulun merkitystä, joka antaa tietoa projektin eri osapuolille käynnissä olevista ja tulevista työvaiheista muutaman viikon aikavälillä. Viikkoaikataulut ovat kaikkien projektiin osallistuvien urakoitsijoiden saatavilla ja muokattavissa, joka mahdollistaa sujuvan tiedonkulun. Näin

pystytään reagoimaan aikaisessa vaiheessa mahdollisiin häiriötilanteisiin ja töiden päällekkäisyyksiin.

Pohdintoja on tullut myös siitä, pitäisikö työnjohtajien tehdä itselleen oman työnohjausta helpottavaa työvaihe aikataulutusta, joka antaisi pidemmän aikavälin kokonaisnäkemyistä ja töiden etenemisen hahmottamista. Työvaihe aikataulutus olisi laadittu kuukauden tai kahden kuukauden ajanjaksolle karkeana aikatauluna.

4.2 As. Oy Helsingin Liekki

4.2.1 Yleistä

Liekin rakentaminen alkoi syksyllä 2021. Perustuksia päästiin aloittamaan marraskuussa. Raidejokerinvuoksi perustukset toteutettiin kahdessa osassa, jotka vaativat värinäeristuksen. Vuodenvaihteessa työmaalla on ollut resurssipulaa mm. talviolosuhteiden aiheuttamista lisätöistä, joka hidasti perustustyötä. Työmaalla on toistaiseksi välttytty koronalta.

Liekin maanvarainen laatta sekä korkeat kerrosvälit ovat hyvin optimistisesti ajoitettu kohteen yleisaikatauluun ottaen huomioon työvaiheisiin kuuluvien töiden määrä, joka luo osaltaan aikataulupainetta.

Työmaa oli vuodenvaihteen tilannekatsauksen jälkeen osittain jäljessä työvaihe aikataulusta, mutta yleisaikataulussa on pysytty. Varamестоja on hyödynnetty ja joitakin työjärjestyksiä on jouduttu muuttamaan. Laaditusta työvaihe aikataulusta saatavat mahdolliset aikataulusäästöt on menetetty erinäisistä syistä.

Liekin A-portaan 1.krs seinät ovat asennettuna maaliskuun toisella viikolla ja holvi valettu maaliskuun kolmannen viikon perjantaina. Holvi valetaan yhdessä osassa kattaen noin 360 m² pinta-alan. B-porrasta aloitetaan viikolla 18, joka muodostaa noin 400 m² pinta-alan. Tontin logistiikka on erittäin haastava johtuen tilanpuutteesta ja työmaan sisäänkäynnistä, joka tapahtuu vain yhdestä portista. Työmaaliikenteellä ei ole läpiajo mahdollisuutta.

Kuvassa 11 on esitetty Oulunkylän seitsemänkerroksisen As. Oy Helsingin Liekin havainnekuva. Havainnekuva on poimittu Skanskan verkkosivuilta markkinointimateriaalista.



Kuva 11. As. Oy Helsingin Liekki havainnekuva.

4.2.2 Haastattelut

Oulunkylän Liekin osalta haastatteluun osallistui vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri sekä vanhempi työnjohtaja, jonka vastuualueeseen kuuluu kohteen julkisivu sekä vesikattotyöt.

Haastattelu toteutettiin vapaamuotoisena keskusteluna käyden läpi kohteen tahtiaikataulua. Vastaavalle työnjohtajalle ja työmaainsinöörille tämä on ensimmäinen tahtiaikataulukohde. Haastatteluun osallistuneella vanhemmalla työnjohtajalla, oli aikaisempi kokemus yhdestä tahtiaikataulukohdeesta. Kohde oli hyvin alkuvaiheessa, joten varsinaista tahtiaikataulun työmaaseurantaa ei pystytty toteuttamaan kohteessa.

Oulunkylän työmaalla esitettiin sama kysymyspaketti kuin Hyperionin työmaalla. Samoilla kysymyksillä muodostettiin näkemys kahden projektin tahtituotannon eroavaisuuksista. Kysymykset löytyvät vastauksineen tämän opinnäytetyön liitteistä (liite 1.).

Liekissä toteutetussa haastattelussa nostettiin esille tahtiaikataulun antamia positiivisia ajatuksia, jotka liittyivät tahtisuunnitteluun ja töiden koordinointiin. Tahtiaikataulu auttaa kohdistamaan oikeat resurssit työvaiheille tarkemmin. Tahtiaikataulussa esitetyt tyhjät solut ohjaavat työnjohtoa pohtimaan erilaisia tuotannon ratkaisuja ja tehostamaan työvaiheiden läpimenoa. Työvaiheiden etenemisen hahmottaminen onnistuu tarkasti, kun osakohteet on tarkoin jaoteltu.

Väliseinätyön ja sähkötöiden yhteensovitus on herättänyt pohdintaa töiden ajoittamisen suhteen. Tällä hetkellä yritetään löytää oikea työjärjestys, jolla työ toteutetaan sujuvasti ja häiriöttömästi välttämällä työkohteessa syntyvää päällekkäisyyttä liittyen väliseinätuplaukseen ja väliseinien sähkötöihin.

5 Ohjeistus/toimintamalli

Tästä opinnäytetyöstä syntyvä ohjeistus/toimintamalli käsittelee rakennushankkeen suunnittelu- ja tuotantovaihetta tahtituotannon näkökulmasta. Ohjeistus toimii apuna kohteissa, jossa käytetään tahtituotantoa. Ohjeistus/toimintamalli muodostui kahden työmaan haastatteluiden ja työmaaseurannan kautta.

Ohjeistukseen on koottu havaintoja, jotka tulee huomioida rakennushankkeen suunnittelu- ja tuotantovaiheessa. Ohjeistus on numeroitu aikajärjestykseen, jossa ensimmäiset kohdat keskittyvät hankkeen suunnitteluvaiheeseen. Ohjeistukseen on kirjattu asioita, jotka helpottavat työmaalla toimivien työnjohtajien päivittäistä johtamista. Asiakirja toimii muistilistana, jossa on huomioitu tahtituotantoon vaikuttavia asioita. Asiakirjan muoto pidettiin lyhyenä ja yksinkertaisena. Ohjeistus/toimintamalli on kuvattuna tämän insinöörityön lopussa olevassa liitteessä (liite 2.).

6 Johtopäätökset

Onnistunut tahtituotantokohde vaatii suoriutumista hankkeen suunnittelu kuin tuotantovaiheessa. Suunnitteluvaiheella on erittäin suuri merkitys rakennushankkeen toteutukseen ja etenemiseen. Suunnitteluvaiheessa tulee pohtia erilaisia toteutustapoja tahtiaikataulun näkökulmasta, sillä kaikki tuotantovaiheessa syntyvät ongelmat vaikuttavat kriittisesti tahtituotannon etenemiseen, joka ei juurikaan salli tuotannon poikkeamia.

Tuotannon kannalta tärkeäksi seikaksi osoittautui työvaiheiden esivalmiusaste. Eri työvaiheiden esivalmistelut on syytä tehdä niin pitkälle kuin mahdollista. Esivalmisteluilla minimoidaan työkohteessa suoritettavan työn vaatima aika, työvaiheiden päällekkäisyydet ja niistä syntyvät häiriöt.

Käydyissä keskusteluissa korostettiin työmaan hankintojen suunnittelun merkitystä. Hankinnat tulee suunnitella mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jolloin valitut urakoitsijat sitoutetaan laadittuun tahtiaikatauluun. Tarkan ja yksityiskohtaisen yleisaikataulun pohjalta pystytään laatimaan mahdollisimman tarkka tahtiaikataulu, joka mahdollistaa hankintojen kohdistamisen oikealle ajankohdalle.

Rakennusaikainen kosteudenhallinta näyttäytyy myös merkittävässä roolissa tuotannon etenemisen kannalta. Kosteudenhallinta on toteutettava huolellisesti laadittujen suunnitelmien mukaisesti. Näin varmistetaan kosteudenkannalta oleellisten työvaiheiden eteneminen tahtiaikataulun mukaisesti.

Hanketta toteutettaessa tahtituotantomallilla kustannukset jakautuvat pääsääntöisesti logistiikalle, materiaalivirrälle ja resurssivirtaukselle. Tahtituotannossa syntyvät lisäkustannukset syntyvät esimerkiksi tehostetuista logistisista ratkaisuista, jotka kompensoidaan kokonaisläpimenoaikojen lyhentämisellä ja sitä kautta syntyvillä kustannussäästöillä.

Tahtituotannon kannalta riskinä voidaan pitää nopeimpien työvaiheiden aiheuttamaa mestan loppumista ja siitä syntyneitä työtehtävien välisiä katkoksia. Aikataulussa tuleekin huomioida mahdolliset varamestat, häiriöt ja työvaiheiden katkeamiset, jotka vaikuttavat tahtiin.

7 Yhteenveto

Tämän insinööri työn tavoitteena oli luoda ohjeistus/toimintamalli avuksi tahtituotantokohteisiin käyttäen apuna kahta kerrostalotyömaahanketta. Ohjeistuksen/toimintamallin sisältö pidettiin yksinkertaisena ja helppolukuisena asiakirjalistana, jonka lukeminen onnistuu ilman suurempaa ajankäyttöä. Ohjeistus/toimintamalli pitää sisällään kohtia, joihin tulee kiinnittää huomiota hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa.

Työn tutkimusmenetelminä olivat haastattelut, vapaamuotoinen keskustelu ja työmaaseuranta. Näiden lisäksi luotiin kysymyspaketti, joka esitettiin insinööri työssä käsiteltävillä työmailla. Haastatteluihin osallistui muutamia henkilöitä kulkakin työmaalta. Haastateltavilla ei ollut aikaisempaa kokemusta tahtituotannosta.

Haastatteluiden ja kysymyspaketin avulla saatiin useamman henkilön näkökulmia esille tahtituotantoon vaikuttavista tekijöistä niin hankesuunnittelu kuin tuotantovaiheessa.

Erittäin merkittävänä tahtituotantoon vaikuttavana asiana pidettiin hankkeen suunnitteluvaihetta, joka näkyy suoranaisesti rakentamisen tuotantovaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa tuotantovaiheessa valittuihin työmenetelmiin ja ratkaisuihin. Työvaiheiden häiriöiden minimoimisella pienennetään aikataulu- sekä kustannusriskiä, joten työn ohjauksen ja valvonnan merkitys on erittäin tärkeää työvaiheiden sujuvan läpimenon kannalta.

Lähteet

- 1 Rakennustyömaan ongelmien poistaminen digitalisaatiolla. 2018. Verkkodokumentti. Rakennustekniikka. <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/uutisarkisto/rakennustyomaan-ongelmien-poistaminen-digitalisaatiolla.html>. Luettu 24.11.2021.
- 2 Junnonen, Juha-Matti. 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Tammerprint Oy. Tampere.
- 3 Skanska. 2020. Skanska lyhyesti. Verkkoaineisto. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>. Luettu 26.11.2021.
- 4 Viita, Eero. 2015. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu. Opinnäytetyö. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Elomaa, Pekka. 2012. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu. Opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Selenius, Aleksi. 2020. Hotellihankkeen sisävalmistusvaiheen tahtituotannon suunnittelu. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 7 Rautiainen, Meri. 2020. Tahtiaikataulu ja sen vaikutukset työmaan logistiikkaan. Opinnäytetyö. Theseus-tietokanta.
- 8 Aikataulukirja 2016. KI-6028. Rakennustieto Oy.
- 9 Talonrakennushankkeen kulku. 2016. RT 10-11225. Rakennustieto Oy.
- 10 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. KI-6031. Rakennustieto Oy.
- 11 Heiskanen, Aleksi. 2018. Aikataulutuksen erikoiskohteessa. Opinnäytetyö. Oulun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 12 Malkki, Lasse 2015. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu, ohjaus ja jälkitarkastelu. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 13 Saarikettu, Juho. 2013. Kerrostalotyömaan aikataulusuunnittelu ja -hallinta. Opinnäytetyö. Oulun seudun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

- 14 Peltola, Juho. 2019. Nopean korjaushankkeen kehittäminen tahtiaikataulun avulla. Opinnäytetyö. Savonia-Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 Sani, Kimmo. 2019. Rakentamistalouden perusteet. Luentomateriaali 1. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 16 Tuotannon suunnittelun perusteet. 2020. Rakennushankkeen ajallinen hallinta. Luentomateriaali 2. Karelia Ammattikorkeakoulu.
- 17 Rissanen, Olli. 2021. Tahtituotannon jalkautussuunnitelma. Opinnäytetyö. Savonia-Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 18 Tahtiaikatuo-
tanta uudistaa tuotannonohjauksen. 2015. Verkkoaineisto. Lean Construction Institute. [https://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuo-
tanta/](https://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuo-
tanta/). Luettu 2.12.2021.
- 19 Rakennustöiden menekit 2020. KI-6035. Rakennustieto Oy.
- 20 Mitä on lean. Verkkoaineisto. Lean Construction Institute. <https://lci.fi/mita-on-lean-rakentaminen/>. Luettu 2.12.2021.
- 21 Ylinen, Markus. Työmaainsinööri. Skanska Talonrakennus Oy. 16.12.2021.
- 22 Salminen, Juha. Mitä uutta tahtituotanto tuo rakentamisen tuotannonohjaukseen. Verkkoaineisto. [https://www.salmicon.fi/artikkelit/mita-uutta-tahti-
tuotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/](https://www.salmicon.fi/artikkelit/mita-uutta-tahti-
tuotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/). Luettu 31.12.2022.

Haastattelulomake

1. Miten tahtituotantoa seurataan työmaalla?
2. Miten logistiikka tukee työmaan tahtituotantoa?
3. Miten hankinnat on suunniteltu ensimmäisestä hankinnasta lähtien hankkeen loppuun asti?
4. Miten kustannukset jakautuvat, painottuuko tietyt kustannuslajit tahtituotannossa?
5. Mitä tulee erityisesti huomioida yleisaikataulun laadinnassa, jos tiedetään että yleisaikataulusta tullaan tekemään tahtiaikataulu?

Vastauslomake

KOy Helsingin Hyperion

1. Tehtäviä seurataan laaditun tahtiaikataulu-Excelin avulla. Seuranta toteutetaan työvaunukokonaisuuksittain samalla tavalla kuin valvontavinjetissä. Messari- ja urakoitsijapalaverissa käydään läpi tehtävien valmiusasteita. Palaverit pidetään kerran viikossa.

Työnjohtajat johtavat työtä päivittäisellä tasolla seuraten työvaiheiden etenemistä. Tehtäväsuunnitelma laaditaan kriittisistä sekä laajoista työkokonaisuuksista, jonka kautta seurataan aikataulun etenemistä ja kustannusten kertymistä. Työnjohtajien käytössä on yrityksen kustannushallintaohjelma, josta seurataan kustannuksia ja tehtäville varattuja panoksia.

2. Kohteessa on käytössä ulkoinen logistiikkakeskus, jolla parannetaan materiaalivirtaa. Ulkoisella logistiikkakeskuksella pyritään minimoimaan logistiset riskit, jotka liittyvät työmaaliikenteeseen, täsmätoimitusten varmistamiseen ja materiaalien säilyvyyteen.

3. Hankinnan alkuvaiheessa painotetaan hankkeen tahtiaikataulua ja sitoutetaan valitut urakoitsijat varhaisessa vaiheessa aikatauluihin ja toimintatapoihin. Ylläpidetään informaation kulkua jatkuvilla urakoitsijapalavereilla. Pyritään kokonaisurakkamuotoisiin hankintoihin.

4. Tahtituotannon lisäkustannukset muodostuvat tehostetuista logistisista ratkaisuista. Tehostettujen logististen ratkaisuiden lisäkustannukset kompensoidaan kokonaisläpimenoaikojen lyhentämisellä. Hyvällä hankinnan suunnittelulla ja hankinnoilla vähennetään tavoitekustannusriskiä kokonaisurakoiden kautta. Tarkoituksena on suosia kokonaisurakoita ja minimoida tuntityö.

5. Yleisaikataulu tulee suunnitella mahdollisimman tarkasti ja yksityiskohtaisesti. Päätyövaiheet tulee olla tahdistettuna yleisaikataulussa. Ulkopuolisten töiden huomioiminen mahdollisimman tarkalla tasolla yleisaikataulussa.

Vastauslomake

As. Oy Helsingin Liekki

1. Urakoitsijapalaverit pidetään tällä hetkellä joka toinen viikko, mutta työvaiheiden lisääntyessä siirrytään viikoittaiseen urakoitsijapalaveriin. Urakoitsijapalaverissa käydään läpi työmaan nykytilanne urakoitsijoiden kanssa ja ennen työvaiheen aloitusta käydään läpi aikataulu erikseen sovittaessa. Mestaripalaverit pidetään joka viikko, jossa käydään läpi aikataulun etenemistä.

Vastaava mestari laatii kuusiviikkoisaikataulun, jonka pohjalta työmaamestarit laativat kolmeviikkoisaikataulut. Kolmeviikkoisaikataulut yhteensovitetaan mestaripalaverissa.

Työmaainsinööri käyttää valvontavinjettiä aikataulun seurantaan, joka on yleisaikataulutasolla. Kohteen tahtiaikataulu tullaan ottamaan käyttöön viikolla neljättä etuputsitöiden alkaessa.

2. Työmaalla on käytössä Keskon logistiikkakeskus. Logistiikka on toiminut moitteettomasti. Logistiikkakeskuksen kautta tulevat täsmätoimitukset helpottavat aikataulun seurantaa ja työmaan yhteensovitusta eri työvaiheiden osalta. Logistiikkakeskuksella pyritään varmistamaan kerroksiin tulevien tavaroiden oikea aikainen toimitus.

3. Hankintoja ei ole tehty alun perin tahtituotannon ehdoilla, mutta tuotantovaiheessa toimittajien ja aliurakoitsijoiden kanssa on pyritty sopimaan, että tahtiaikataulu otetaan käyttöön. Suuret hankinnat olisi pitänyt tehdä huomioiden tahtituotanto. Lisäksi hankinnat pystytään suunnittelemaan tarkemmin käytettäessä apuna laadittua tahtiaikataulua kuin kohteen yleisaikataulua.

4. Kokonaisläpimenoaikoja pystytään lyhentämään, jonka kautta syntyy kustannussäästöjä. Työvaiheiden sujuva eteneminen mahdollistaa päällekkäisyyksien ja häiriöiden minimoimisen.

Riskinä on nopeimpien työvaiheiden aiheuttama mestan loppuminen ja siitä syntyvät venttatunnit tai resurssien menettäminen toiselle työmaalle, jolloin niitä ei saada enää takaisin uuden tahdin alkaessa. Häiriöiden syntyessä muodostuu riski kohonneille kustannuksille.

5. Yleisaikataulun tulisi olla mahdollisimman realistinen, liian löysä yleisaikataulu vaikeuttaa hankintojen oikeaa ajankohtaa ja työvaiheen aloituspäivien kohdistamista hankintavaiheessa. Riskinä liian löysän aikataulun takia ilmoitetut aloituspäivämäärät aikaistuvat tahtiaikataulun myötä. Huonoimmassa tapauksessa urakoitsija on jo resursoinut omat työntekijät muille projekteille.

Tarkoituksena on ottaa referenssiä aiemmista kohteista, jossa on ollut käytössä tahtiaikataulu. Referenssien kautta haetaan apua työvaiheiden kestojen tarkentamiseen ja löysien poistamiseen työvaiheiden väliltä. Tehostuksesta saadaan kilpailuetua urakkatarjousvaiheessa.

Ohjeistus/Toimintamalli

1. Rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa tulisi olla tieto, mikäli kohde toteutetaan tahtituotannolla.
→ Vaikutus tuotannossa käytettyihin ratkaisuihin ja työjärjestyksiin.
2. Hankkeen yksityiskohtaiseen tuotannonsuunnitteluun on varattava riittävästi aikaa.
→ Hankkeen ennakkosuunnittelulle ja tuotannonsuunnittelulle laadittava oma aikataulu.
→ Luodaan alustava tahtiaikataulu.
3. Aliurakoitsijoiden sitouttaminen tahtituotantoon hankintavaiheessa.
→ Hankinta/tarjousvaiheessa tuodaan esille kohteen pääpiirteitä ja aikataulua. Näin varmistetaan valittujen urakoitsijoiden resurssit.
4. Tahtiaikataulun laadinta.
→ Laaditaan yleisaikataulun pohjalta.
→ Vastaava mestari laatii makrotason tahtiaikataulun, apuna mahdollisesti työpäällikkö ja asiantuntijat.
→ Työnjohtajat pilkkovat vastuualueidensa työvaunut tarkemmaksi mikrotason aikatauluksi.
→ Aliurakoitsijoiden työnjohtajat pilkkovat omien työvaiheiden aikataulut tarkemmiksi työvaunuiksi.
→ Luodaan yhdessä toimiva tuotantostrategia ja työvaiheiden tasapaino.
→ Tahdin kesto määräytyy resursseja, työvaiheen sisältöä ja tahtialueen laajuutta muuttamalla.
5. Rungon kuivumisajan huomioiminen/varmistaminen (kosteudenhallinnalla suuri merkitys tuotannon etenemiseen).
→ Kuivumisajan laskenta By202-ohjelmalla.
→ Huolellisesti laadittu kosteudenhallintasuunnitelma ja työnaikaisen kosteudenhallinnan toteutus.
→ Urakkaohjelman erityisvaatimukset sääsuojista.

6. Tehtävien aloitusedellytyksien varmistaminen.
 - Suunnitelmien tarkastus
 - Sopimukset
 - Edellisen työvaiheen valmius
 - Resurssit
 - Logistiikka
 - Materiaalit ja niiden varastointi.

7. Työvaiheiden esivalmistelut tehtynä mahdollisimman pitkälle ja osittain viety urakkasopimuksiin.
 - Putkityöt holvilla.
 - Sähkötyöt holvilla (rasioiden lähdöt/nimeäminen).
 - Valmiit raudoitukset (reunahäkit/reunapussit).
 - Runkoryhmä käyttää mahdollisuuksien mukaan edellisen kerroksen muottikalustoa (nimeää muottikaluston alueiden mukaisesti).

8. Työnjohtajat valvovat/ohjaavat työtä päiväkohtaisella tasolla, vähintään samalla tasolla kuin laadittu tahtiaikataulu.
 - Tehostettu seuranta, työn tehostaminen ja poikkeamiin reagointi välittömästi.

9. Tahtiaikataulun seuranta ja dokumentointi kerran viikossa mestari- ja aliurakoitsijapalaverissa.
 - Tahtiaikataulun päivittäminen (esim. excel tai vastaava käytössä oleva seurantatyökalu).
 - Aikataulun tarkentaminen tarvittaessa.