

Niko Vuorimaa

Asuinkerrostalon yleisaikataulu

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Niko Vuorimaa

Työn nimi: Asuinkerrostalon yleisaikataulu

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2020 Sivumäärä: 37 Liitteiden lukumäärä: 6

Seinäjoella keskustassa on rakentumassa viiden kerrostalon keskittymä kasvavan asukasmäärän takia. Hankkeet ovat edenneet siihen pisteeseen, että on aika aloittaa kyseisen alueen seuraavan kerrostalon rakentaminen.

Tässä työssä perehdytään hankkeen ajalliseen suunnitteluun ja laaditaan talolle aikataulut rakentajan näkökulmasta. Kyseessä on hankeaikataulua tarkempi kokonaisuus, jossa kerrotaan myös hankesuunnittelun, rakennussuunnittelun, rakentamisvaiheen, käyttöönoton sekä luovutuksen aikatauluttamisesta. Työssä perehdytään pääosin rakentamisvaihetta kuvaavaan yleisaikatauluun. Yleisaikatauluja tehdään kaksi kappaletta eri rakentamistavoilla ja verrataan kyseisiä aikatauluja toisiinsa löytäen näistä optimaalisemman ratkaisun.

Apuna aikataulun toteuttamisessa käytetään RATU-tiedostoja, jotka ohjaavat tarkemmin ajallisessa suunnittelussa. Samalla käydään läpi jana-aikataulu sekä paikka-aikataulu ja niiden luominen Tocomanin Aikataulu-projektinhallintaohjelmalla.

Työssä sivutaan myös lyhyesti alueen muita hankkeita, kyseisen hankkeen sisältöä sekä ajallista ohjausta ja yleisesti niiden vaiheiden sisältöä, jotka jokainen hanke joutuu käymään läpi.

Avainsanat: yleisaikataulu, aikataulusuunnittelu, paikka-aika-kaavio, jana-aikataulu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Niko Vuorimaa

Title of thesis: A general schedule for a construction project

Supervisor: Ilkka Loukola

Year: 2020 Number of pages: 37 Number of appendices: 6

The thesis was done to improve the scheduling of apartment building construction. The schedule of a construction site is a very important part of a building construction project and it enables the building to be finished on time. The thesis was done for one apartment building built by the construction company Peab Oy, but it could also be applied to other new building construction sites.

The construction schedule of the thesis was made for an apartment building located in the center of Seinäjoki city. The thesis focused on the time schedule planning of the project, and a general schedule for the construction project was prepared.

The general schedule was done by using RATU-files which are necessary instructions and examples of various works related to construction. RATU-files are also chargeable, so not everyone uses them. Tocoman Aikataulu project management software was used for segment and location scheduling. Finally, two different schedule options were presented, and the best and more realistic schedule was selected. A summary of the schedule making process and conclusions were also included.

Keywords: general schedule, time schedule planning, place-time diagram, segment schedule

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn kuvaus.....	9
1.2 Työn tavoitteet.....	9
2 HANKKEEN VAIHEET JA AJALLINEN SUUNNITTELU.....	11
3 TOCOMAN AIKATAULU 3.2.....	14
4 AIKATAULUSUUNNITTELUN PERIAATTEET JA AIKATAULUJEN LAADINTA.....	16
4.1 Jana-aikataulun käyttö.....	16
4.2 Vinoviiva-aikataulut.....	18
4.3 Aikataulusuunnittelun vaiheet.....	20
4.4 Rakennusvaiheen yleisaikataulun laadinta.....	21
4.4.1 Aikataulun laadintaan vaikuttavat tekijät.....	21
4.4.2 Kohteen osittelu ja lohkominen.....	23
4.4.3 Aikataulutehtävien muodostaminen.....	24
4.4.4 Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta.....	24
Esimerkki: työsaavutuksen, työmenekin ja työn keston laskenta.....	26
4.4.5 Tocomanin hyödyntäminen laskuissa.....	27
4.4.6 Tehtävien ajoitus ja resurssit.....	28
4.5 Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu.....	29
5 ASUINKERROSTALO.....	31
5.1 Nykytilanne.....	31
5.2 Aikataulun sisältö.....	31
5.2.1 Aikataulujen erot ja niiden vaikutukset.....	32
5.2.2 Pumpputasoitteen vaikutus.....	33

6 YHTEENVETO.....	34
6.1 Aikataulujen esittely	34
6.2 Oma pohdinta.....	34
LÄHTEET	36
LIITTEET	37

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Tocoman aikataulun aloitusnäyttö.....	14
Kuvio 2. Tehtävien lisääminen RATU-tiedostoista.	15
Kuvio 3. Tehtäväkokonaisuudet ja niiden alkamisajat.....	17
Kuvio 4. Pystyviivan lisääminen.....	18
Kuvio 5. Paikkojen tai osakohteiden lisääminen paikka-aika-kaavioon.....	19
Kuvio 6. Eri kaltevuuksien huomioiminen paikka-aika-kaaviossa.....	20
Kuvio 7. Tehtävän ja sen suoritemäärän sekä yksiköiden lisääminen.	27
Kuvio 8. Työryhmän ja työmenekin lisääminen.	27
Kuvio 9. Yleisimmät kaavat, joita myös Tocoman käyttää. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2012, 82).	28

Käytetyt termit ja lyhenteet

Työmenekki	Aika, joka kuvaa työntekijän, työryhmän tai työkoneen tarvitsemaa aikaa yhden suoritemäärän tekemiseksi, esimerkiksi tth/m ² tai kone-h/m ³ .
Tahdistus	Työntekijöiden ja työtehtävien suunnittelu tahdistavien työtehtävien aikaansaamiseksi aikataulun mukaisesti.
Resurssi	Tuotantoa ohjaava tekijä, joka vaaditaan suoritteen saavuttamiseksi. Rakennushankkeissa resursseja ovat esimerkiksi työvoima ja kalusto.
Riippuvuus	Tehtävien välille syntyvä ehdoton tai valittu rajoitus, joka voi määräytyä resursseista tai tehtävien järjestyksestä, esimerkiksi ennen vesikattoa pitää olla runko, jonka päälle vesikatto tehdään.
Suoritemäärä	Määrällisesti aikaansaatu tuotos, esimerkiksi väliseinämäärä neliöinä tai raudoitusmäärä kiloina. Suoritemäärän mittaperusteena on Talo 90:n määrälaskentaohje.
Työsaavutus	Tuotettujen suoritteiden määrä aikayksikössä, esimerkiksi m ² /tv tai kpl/h. Työsaavutuksesta voidaan käyttää myös nimityksiä kapasiteetti ja teho.
Työvuoro	Tarkoittaa normaalisti työaikaa 7:00-11:00 ja 12:00-16:00. Tavallisesti työvuoro kestää 8 tuntia.
T4-aika, kokonaisaika	Kokonaisaika eli työvaihe aika koostuu kaikista työhön käytetyistä tunteista sekä tunnin mittaisista tai pidemmistä keskeytyksistä. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimisessa sekä yleisaikataulun laadinnassa.
Gantt-kaavio	Projektihallinnassa käytetty palkkikaavio, jossa pystyakselilla luetellaan aikataulutettavat työt ja vaaka-akselilla kuuluva aika. Kaavan kehitti amerikkalainen keksijä ja insinööri

Henry Gantt 1800-luvulla. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 22.)

Harmonogram

Tuotannonohjauksessa käytettävä kaavio, jonka kehitti puolalainen professori Karol Adamieckin. Siinä paikkatieto esitetään pystyakselilla, aika vaaka-akselilla ja kaavioon piirretyt janat kuvaavat tuotantoyksiköitä. Tuotanto liikkuu paikan suhteen ja edistyminen esitetään viivalla. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 24.)

Tuotantoaikakaavio

Vaaka-akselilla kuvataan toteutusaikaa ja pystyakselilla tuotannon määrää tai valmiusastetta, joka kyseisen aikataulutehtävän suunnitellun tai toteutuneen määrän suhdetta kokonaistyömäärään. Soveltuu hyvin yksittäisen tehtävän tuotantonopeuden valvontaa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 27.)

Line of Balance, LOB

Menetelmä tuli tutuksi toistuvan työn, kuten rakentamisen suunnittelumenetelmänä, jossa vaaka-akselilla kulkee aika ja pystyakselilla tuotantoyksiköiden määrä. Tuotantoyksikkö voi olla esimerkiksi talo, kerros tai huone. Suoritettava työ esitetään kahdella vinoviivalla, joista ensimmäinen kertoo aloitusajan ja jälkimmäinen tehtävän lopetusajan. LOB-aikatauluun voidaan merkitä käytettävien työryhmien määrä ja heidän liikkumisensa kohteessa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 28.)

Flowline

Graafinen esitys, joka on hyvin samanlainen kuin LOB-aikataulu. Pystyakselilla esitetään sovittu suorituspaikka ja vaaka-akselilla aika sekä tehtävä esitetään yhtenä viivana. Esittää työryhmien etenemisen paikan suhteen, mutta ei esitä yksittäisen työryhmän fyysistä sijaintia. Käytetään enemmän yksittäisen rakennusprojektin kuvaamiseen kuin toistuvaan rakentamiseen. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017,

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään rakennushankkeen yleisaikataulun tekoon ja siihen liittyviin haasteisiin ja ongelmiin. Aikataulujen teko on rakennushankkeissa ollut aina tärkeässä osassa ja koko ajan esillä eri hankkeen vaiheissa aina suunnitteluvaiheesta viimeistelyvaiheeseen asti. Työssä perehdytään uudisrakentamiskohteeseen, jolle on eri määräykset ja ohjeet kuin korjausrakentamishankkeille, joten tässä työssä läpi käytyjä asioita ei voi suoraan käyttää korjausrakentamiskohteille. Opinnäytetyössä käydään läpi erilaisia toimenpiteitä ja menetelmiä, joilla aikatauluun voidaan vaikuttaa, sekä miten aikataulusuunnittelulla voidaan säästää aikaa tai resursseja.

1.1 Työn kuvaus

Tämä opinnäytetyö on tehty Peab Oy:lle osana Seinäjoen keskustassa sijaitsevan kerrostalon aikataulusuunnittelua. Hankkeen tilaajana, rakennuttajana sekä urakoitsijana toimii Peab Oy, eli kohde on omaa tuotantoa. Tässä työssä paneudutaan kohteen yleisaikatauluun sekä sen tuomiin ongelmiin ja ratkaisuihin. Tässä esitellään myös kaksi eri rakennustapaa ja näiden eroja ja vaikutuksia ajalliseen suunnitteluun. Valmiit aikataulut esitellään viimeisessä kappaleessa.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on laatia asuinkerrostalon yleisaikataulu kahdella eri tavalla ja verrata näitä keskenään. Ensimmäisessä aikataulussa tarkoituksena on runkovaiheen jälkeen aloittaa sisävaihe ensimmäisestä kerroksesta edeten ylöspäin, jolloin sisävaihe pystytään aloittamaan ennemmin ja näin lyhentämään kokonaisaikaa. Toisessa aikataulussa runkovaiheen jälkeen aloitetaan sisävaihe ylimmästä kerroksesta ja edetään alaspäin. Tällöin sisävaihetta ei voida aloittaa ennen runkovaiheen päättymistä, mutta talo valmistuu ylhäältäpäin, joten valmiiden kerrosten läpi ei tarvitse kulkea ja siinä säästytään uudelleen siivoukselta ja kolhuilta.

Ensisilmäyksellä aikataulutus voi vaikuttaa yksinkertaiselta, mutta tarkempi tarkastelu tuo esiin monia sääntöjä ja ohjeita, joita täytyy noudattaa. Näin ymmärrettävämman kokonaisuuden luomiseksi työssä käydään läpi myös ajallisen suunnittelun perusteita ja siinä käytettäviä laskelmia sekä työkaluja.

2 HANKKEEN VAIHEET JA AJALLINEN SUUNNITTELU

Aikataulusuunnittelun kannalta keskeisimmät ratkaisut hankkeelle tehdään hankesuunnitteluvaiheessa. Tällöin rakennuttaja asettaa hankkeelle ajalliset reunaehdot ja tavoitteet ja laatii hankeaikataulun. Tämän jälkeen aikataulut tarkentuvat hankkeen edetessä yhä tarkempiin ajankohtiin sidottuihin osatavoitteisiin ja määrätyn kestoisiin tehtäviin. Hankkeen onnistuminen vaatii toiminnan ohjaamista hankkeen kaikissa vaiheissa, eli toteutuksen ohjaus ja tuotannon johtaminen ovat aina suuressa roolissa rakennustyömaalla. Hyvin suunniteltu aikataulu on vasta hyvä alku. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 40.)

Rakennushankkeessa on eri tehtäväkokonaisuuksia, joissa pyritään saavuttamaan tietyt välitavoitteet eli saada osa päätökseen hankkeen kuluessa. Näitä tehtäväkokonaisuuksia kutsutaan hankkeen vaiheiksi, joissa tehdään eritasoisia aikatauluja. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42.)

Tarveselvitysvaihe. Tarveselvitysvaiheessa tarkastellaan, minkälainen tilantarve tai olemassa olevan tilan muutostarve on tarpeellista. Tässä vaiheessa tutkitaan myös vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia ja arvioidaan eri vaihtoehtojen kustannuksia. Hankepääätös tehdään tarveselvityksen pohjalta ja sen jälkeen aloitetaan hankesuunnitteluvaihe. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42.) Hankesuunnitteluvaihe. Hankesuunnittelussa hankkeelle asetetaan täsmälliset tavoitteet kustannuksista, laadusta, toimivuudesta, aikataulusta, laajuudesta ja ylläpidosta. Hankesuunnittelun tuotoksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu hankeohjelmasta, hanketietokortista sekä projektiohjelmasta. Hankesuunnitelman pohjalta päätetään investoinnista. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42.)

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe. Ehdotussuunnittelussa laaditaan vaihtoehtoiset tontinkäyttöratkaisut hankesuunnitelmassa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Yleissuunnittelussa valituksi tullut ehdotussuunnitelma ehostetaan ja korjataan toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma kohdistuu rakennushankkeen kiinteään perusosaan sekä muuntuvien tila-alueiden suunnitteluun. Yleissuunnitelmassa voidaan esitellä erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuiksi ja niistä valita paras, jonka mukaan tehdään päätös hyväksytyistä yleissuunnitelmista ja

pääpiirustuksista. Yleissuunnitteluvaiheessa aloitetaan myös rakennuslupatehtävien teko. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42.)

Yleissuunnitteluvaiheessa on tarkasteltava päätöksenteon vaatimaa aikaa ja se on otettava huomioon aikataulussa, että päätökset onnistutaan tekemään tarvittavina ajankohtina. Päätösten viivästyminen tarkoittaa suunnitteluajan lyhentymistä, jos rakennuksen tavoitteellinen valmistumisaika halutaan pitää ennallaan. Huolellisesti tehdyn yleissuunnitteluvaiheen merkitys korostuu erityisesti rinnakkaismallilla toteutettavissa hankkeissa. (RT 10-11225 2016, 2.)

Toteutussuunnitteluvaihe. Toteutussuunnittelussa kehitetään yleissuunnitelmaa erilaisiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi, jotka auttavat rakentamisen ja hankinnan suunnittelua. Toteutussuunnitteluun tarvittavaa tavoiteaikaa on mahdollista joustaa lisäämällä suunnitteluressseja. Liian tiukka aikataulu saattaa kuitenkin johtaa huonoihin ratkaisuihin ja virheisiin, eikä vaihtoehtoisten ratkaisujen vertailuun jää aikaa. Tiukat suunnittelun tavoiteajat on huomioitava myös suunnittelusopimuksissa ja palkkioiden määrittelyssä. Rakentamisen valmistelu ja suunnittelu aloitetaan toteutussuunnitteluvaiheen kanssa limittäin riippuen kohteen laajuudesta, sillä yksittäisten vaiheiden kestot voivat pidentyä, vaikka kokonaisaika saattaa pienentyä. Rakentamisen valmistelun jälkeen tehdään päätös rakentamisesta. Tarjouksissa olevaa laskenta-aikaa ei tule aiheettomasti lyhentää, jotta pystytään varmistamaan tilaajille edulliset tarjoukset ja mahdollisimman ristiriidattomat urakasopimukset. Tarjouksia ei myöskään pidä pyytää toimitettavaksi heti kesälomien tai pitkien juhlapyhävapaiden jälkeisinä aikoina. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42; RT 10-11225 2016, 2.)

Rakentamisvaihe. Rakentamisvaiheessa suunniteltu rakennus rakennetaan sekä siinä varmistetaan sopimuksenmukainen toteutus, laatutavoitteet täyttävä lopputulos ja tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Vaihe päätetään lopulta vastaanotto-päätöksellä. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42.)

Rakentamisvaiheaikataulut laaditaan yleisaikataulun tai työaikataulun perustella ja siinä esitetään rakennusteknisten töiden kanssa yhteen sovitettuna tärkeimmät alija sivu-urakoiden tehtävät. Työt suunnitellaan yhteistyössä kyseisten urakoitsijoiden kanssa, jotta kyseisiin aikataulutavoitteisiin sitoudutaan. Rakentamisvaiheaikataulu

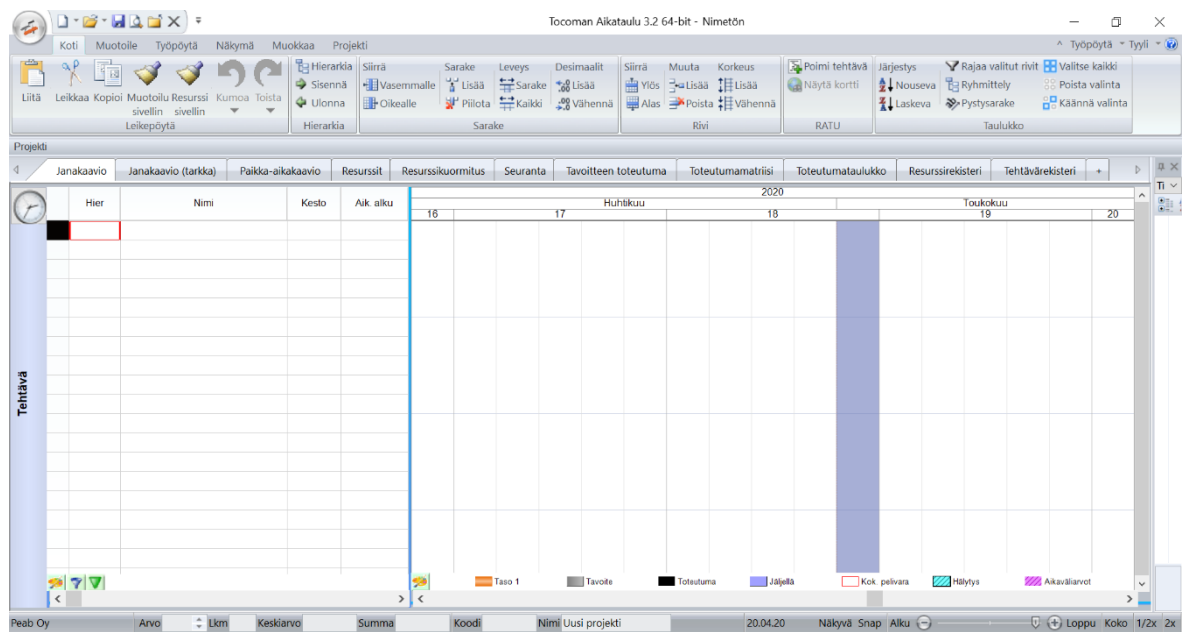
varmistaa työn jatkuvuuden ja sen tekemisen, eli varmistaa kullekin työlle vapaata työskentelytilaa eli ns. mestaa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 46.)

Käyttöönotto- ja luovutusvaihe. Kohteen luovutukseen kuuluu toimintakokeiden aloitusvalmiuden toteaminen, toimintakokeiden teko, koekäyttö, tarkastusmittausten teko ja loppukatselmus. Käyttöönotossa annetaan tarvittava käytön opastus käyttäjille. Hankkeen takuuajana seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuuajan säädöt ja tarvittavat tarkastukset sekä korjataan mahdolliset puutteet. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 42, 57, 58.)

Nykypäivänä käyttöönotto- ja luovutusvaihetta kutsutaan myös viimeistelyvaiheeksi, jonka suunnittelun avulla varmistetaan hankkeen valmistuminen sovittuna ajankohdaksi. Työmaan viimeistely ja luovutus suunnitellaan ja toteutetaan sovittulla tavalla noudattaen asiakkaan haluamaa laatutasoa taloudellisesti. Viimeistelyvaiheesta ilmoitetaan erillisessä palaverissa (työmaakokous). Urakkasopimuksissa veloitetaan urakoitsijat osallistumaan viimeistelypalaveriin ja varaamaan resursseja viimeistelyn virheiden ja puutteiden korjauksiin. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 57.)

3 TOCOMAN AIKATAULU 3.2

Aikataulun laatimisen työkaluna toimii Tocoman Aikataulu 3.2, joka on kehitetty suomalaiseseen rakentamiseen ja siinä on kiinnitetty erityistä huomiota helppokäyttöisyyteen. Tocoman Aikataulu on osa laajempaa Tocoman-ratkaisua rakennushankkeiden hallintaan luonnosvaiheesta rakentamiseen asti. Aikataulutuksen pohjana voidaan käyttää kustannus- ja määrälaskennan tuottamia tietoja. Hanke voidaan Tocoman Aikataulussa suunnitella joko janakaavion tai paikka-aikakaavion muodossa, joten itse saa valita mieluisamman. Tässä ohjelmistossa on valmiina RATU-tiedostot ladattuna, joten niitä ei tarvitse etsiä tai laskea itse enää erikseen, vaan tarvittavat työt ja niiden ajalliset toteutumukset voidaan poimia ohjelmiston kirjastosta ja lisätä ne aikatauluun (Kuvio 2). (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 111.)



Kuvio 1. Tocoman aikataulun aloitusnäyttö.

The screenshot displays the Tocoman Aikataulu 3.2 64-bit - Nimetön software interface. The main window shows a project schedule table with columns for hierarchy, code, name, location, quantity, unit, work rate, duration, and start date. A task '12 00 01 Kiintotilavuus, e1...e3, h' is highlighted. A 'RATU tehtävät' dialog box is open, showing a list of tasks from a RATU file. The 'Lisää' button in the dialog is circled in red. The 'Poimi tehtävä' and 'Näytä kortti' buttons in the top toolbar are also circled in red.

Hier	Koodi	Nimi	Sijainti	Määrä	Yks	Työsaavutus (yks/pv)	Kesto	Aik alku
1	12 00 01	Kiintotilavuus, e1...e3, h		m ³ kr	667	5 pv	20.04.20	

RATU tehtävät

- 1 MAA- JA POHJARAKENNUS
- 11 RAIVAUS JA PURKU
- 12 MAANKÄIVY
 - 12 00 01 Kiintotilavuus, e1...e3, h1, h2, k1
 - 12 00 02 Kiintotilavuus, k2 tai kuten edellä ja 40 cm routaa
 - 12 00 03 Kiintotilavuus, h3, m1, m2 tai kuten edellä ja 45 cm routaa
 - 12 00 04 Kiintotilavuus, m2, m3 tai kuten edellä ja 55 cm routaa
 - 12 00 05 Irtotilavuus, e1...e3, h1, h2, k1
 - 12 00 06 Irtotilavuus, k2 tai kuten edellä ja 40 cm routaa
 - 12 00 07 Irtotilavuus, h3, m1, m2 tai kuten edellä ja 45 cm routaa
 - 12 00 08 Irtotilavuus, m2, m3 tai kuten edellä ja 55 cm routaa
- 13 LOUHIINTA
- 14 POHJARAKENTEET JA -VAHVISTUS
- 15 SÄILÖTIET JA RITIKÖIDYNT

Sulje
Lisää
Poista valinnat
RATU-kortti

Kuvio 2. Tehtävien lisääminen RATU-tiedostoista.

4 AIKATAULUSUUNNITTELUN PERIAATTEET JA AIKATAULUJEN LAADINTA

Aikataulua pidetään toteutuksen mallina hankkeessa. Aikataulua eli tehtävien ajoitusta ja ajankäyttöä suunniteltaessa pyritään toteuttamaan optimaalisin toteutusmalli sillä hetkellä saatavilla olevien tietojen perusteella. Aikataulussa asetetaan tavoitteet hankkeelle ja yksilöidyille työtehtäville. Tavoitteiden on oltava realistisesti suunniteltuja sekä mitattavissa ja aikaan ja tuotokseen sidottuina. Aikataulun on tarkoitus kuvata tuotantoa rakennustyömaalla sekä toimia apuvälineenä työmaan valvonnassa ja ohjauksessa. Aikatauluttaminen on siis tehtävien sijoittelua ja ajoituksen määrittelyä kokonaisuuden hallitsemiseksi. Aikataulusta saa selville eri tehtävät, niiden ajoituksen ja tehtävien järjestyksen. (Mäki & Koskenvesa 2015, 18; Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 6, 62.)

Rakennushankkeen projekti aikataulun vastuu on rakennuttajalla. Rakennuttaja päättää hankkeen ajalliset tavoitteet ja reunaehdot sekä laatii hankeaikataulun. Realismi, tavoitteellisuus ja yhteys muihin hankkeen suunnitelmiin luovat perustan muulle ajalliselle suunnittelulle hankkeessa. Hankeaikataulussa on oltava realistinen näkemys rakennushankkeen kestosta sekä vaiheiden ajoituksesta. Aikataulusuunnittelu käsittelee työmaatoimintojen lisäksi suunnitelmien valmistumisen, hankintojen, kohteen käyttöönoton sekä korjausrakennuskohteissa rakennusaikaisen käytön suunnittelun. Hyvin valmisteltu hankeaikataulu varmistaa, että kohteen luovutus saadaan valmisteltua kunnolla. Epärealistisesti valmisteltu hankeaikataulu johtaa tyypillisesti laaturvirheisiin ja toimenpiteet aiheuttavat ongelmia. Keskeisin tekijä aikataulusuunnittelussa on hyödyntää hankkeen edetessä tuleva tieto ja tarkentaa ajallista suunnittelua sen mukaan. Aikatauluilla on myös kyettävä varautumaan erilaisiin häiriötekijöihin ja -tilanteisiin sekä olosuhteiden ja suunnitelmien muuttumisiin. (Mäki & Koskenvesa 2015, 18; Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 41, 62.)

4.1 Jana-aikataulun käyttö

Aikatauluja voidaan tehdä erilaisilla laadinta- ja piirrostekniikoilla. Aikataulutyyppit valitaan usein niiden käyttötarkoituksen mukaan. Jana-aikataulu käytetään esimerkiksi

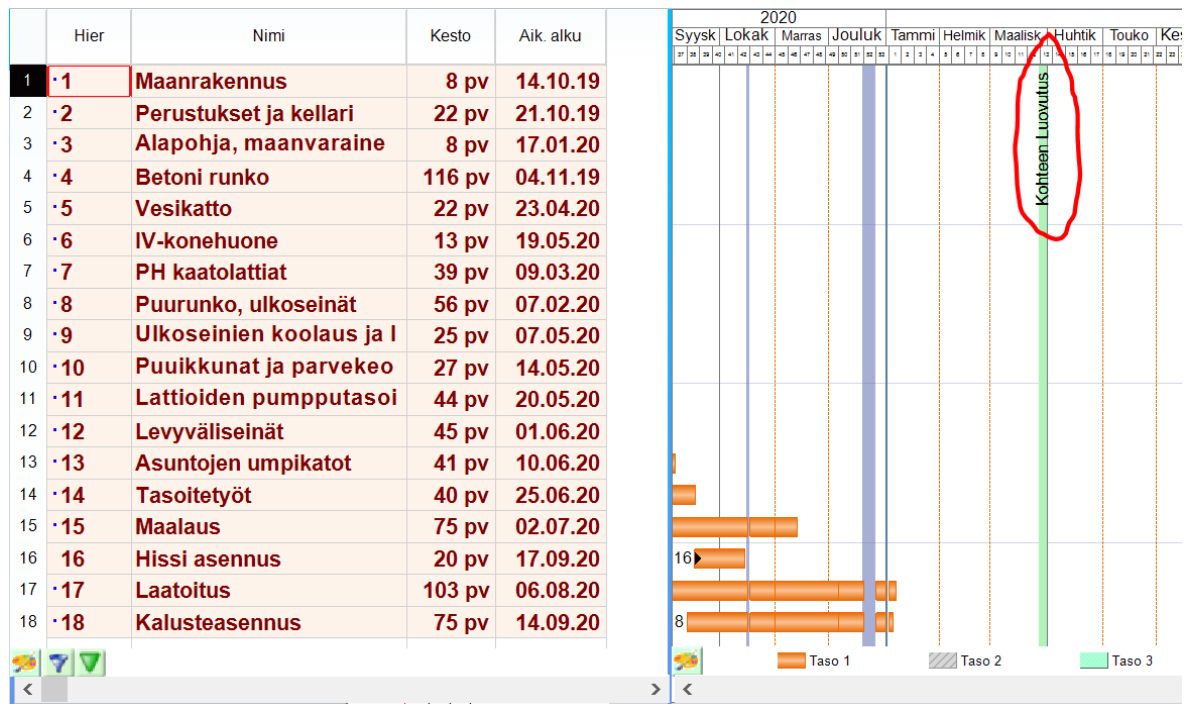
yleisaikataulun valmistelussa ja paikka-aika-kaaviota tuotannon suunnittelun ja ohjauksen apuvälineenä. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 21.)

Jana-aikataulut ovat saaneet Suomessa vaikutteita Gantt-kaaviosta ja Harmonogramista, jossa tehtävät luetellaan vasemmassa reunassa ja ylärivillä kulkee aika. Jana-aikataulun tehtävien kestot esitetään piirrettyinä viivoina eli janoina jokaisen tehtävän kohdalla. Jokaisen viivan tulee perustua tietoon työn kestosta, jotka ovat kokemuksella hankittua tietoa tai laskennallisia työmenekkitietoja. Jana-aikataulussa projekti tulee pilkkoa sopiviin tehtäväkokonaisuuksiin, joille arvioidaan alkamis- ja lopetushetki, jotta aikataulun tekeminen ja sen lukeminen on helpompaa (Kuvio 3).

	Hier	Nimi	Kesto	Aik. alku
1	*1	Maanrakennus	8 pv	14.10.19
2	*2	Perustukset ja kellari	22 pv	21.10.19
3	*3	Alapohja, maanvaraine	8 pv	17.01.20
4	*4	Betoni runko	116 pv	04.11.19
5	*5	Vesikatto	22 pv	23.04.20
6	*6	IV-konehuone	13 pv	19.05.20
7	*7	PH kaatolattiat	39 pv	09.03.20
8	*8	Puurunko, ulkoseinät	56 pv	07.02.20
9	*9	Ulkoseinien koolaus ja l	25 pv	07.05.20
10	*10	Puuikkunat ja parvekeo	27 pv	14.05.20
11	*11	Lattioiden pumpputasoi	44 pv	20.05.20
12	*12	Levyväliseinät	45 pv	01.06.20
13	*13	Asuntojen umpikatot	41 pv	10.06.20
14	*14	Tasoitetyöt	40 pv	25.06.20
15	*15	Maalaus	75 pv	02.07.20
16	16	Hissi asennus	20 pv	17.09.20
17	*17	Laatoitus	103 pv	06.08.20
18	*18	Kalusteasennus	75 pv	14.09.20
19	*19	Saunat ja ph katot	36 pv	19.11.20
20	*20	Parkettiasennus	48 pv	30.10.20
21	*21	Varusteet	33 pv	01.12.20
22	*22	Väliovet	22 pv	05.01.21
23	*23	Listoitus	40 pv	11.01.21
24	24	Loppusiivous	24 pv	09.02.21
25	25	Mittaus ja säätö	20 pv	18.02.21
26	*26	Julkisivumuuraus	44 pv	03.08.20
27	*27	Parveke-elementit	186 pv	02.01.20
28	28	Parvekekaiteet	20 pv	07.01.21
29	*29	Parveke lasitus	20 pv	14.01.21
30	30	Pihatyöt	40 pv	04.01.21
31	31	Itselleluovutus	15 pv	01.03.21
32	32	Toimintakokeet	2 pv	19.03.21
33	33	Lämmitys, vesi ja viemä	309 pv	22.10.19
34	34	Ilmastointityöt	308 pv	22.10.19
35	35	Sähkötyöt	314 pv	22.10.19

Kuvio 3. Tehtäväkokonaisuudet ja niiden alkamisajat.

Aikataulutasosta riippuen vasempaan reunaan voidaan lisätä tehtävänimikkeiden lisäksi myös suoritemäärä, työmenekki, työsaavutus ja työryhmä sekä työn kestoja. Mahdolliset resurssien siirtymiset esitetään riippuvuusnuolilla eri tehtävien välillä. Myös tietyt työt on hyvä esittää riippuvuusnuolta käyttäen, koska tietyt työvaiheita ei voida tehdä ennen kuin edellinen tehtävä on saatu täysin valmiiksi. Aikatauluosaan piirretään yleensä pystyviiva kuvaamaan välitavoitteita, lomina tai pidempiaikaisia keskeytyksiä (Kuvio 4). (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 21-22.)

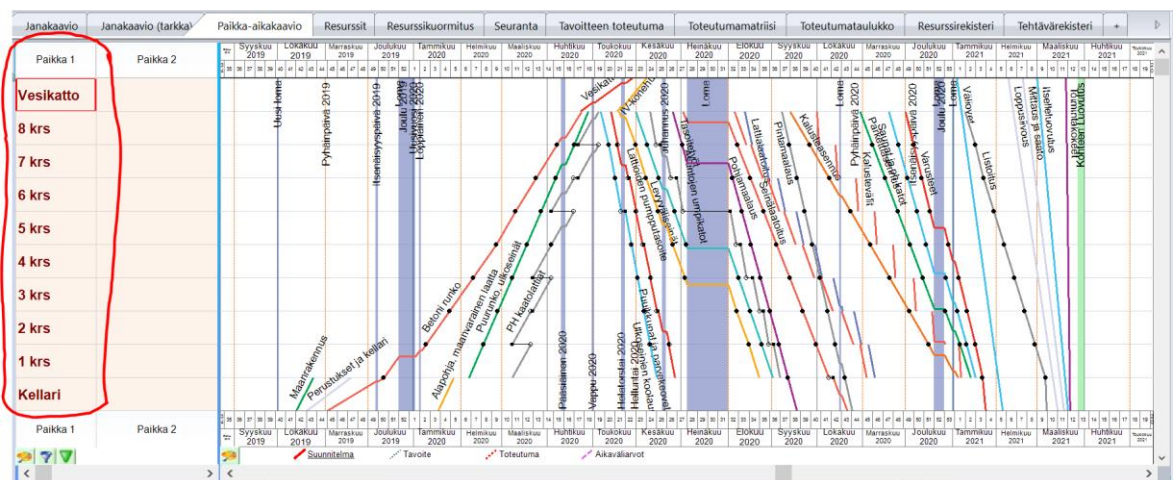


Kuvio 4. Pystyviivan lisääminen.

4.2 Vinoviiva-aikataulut

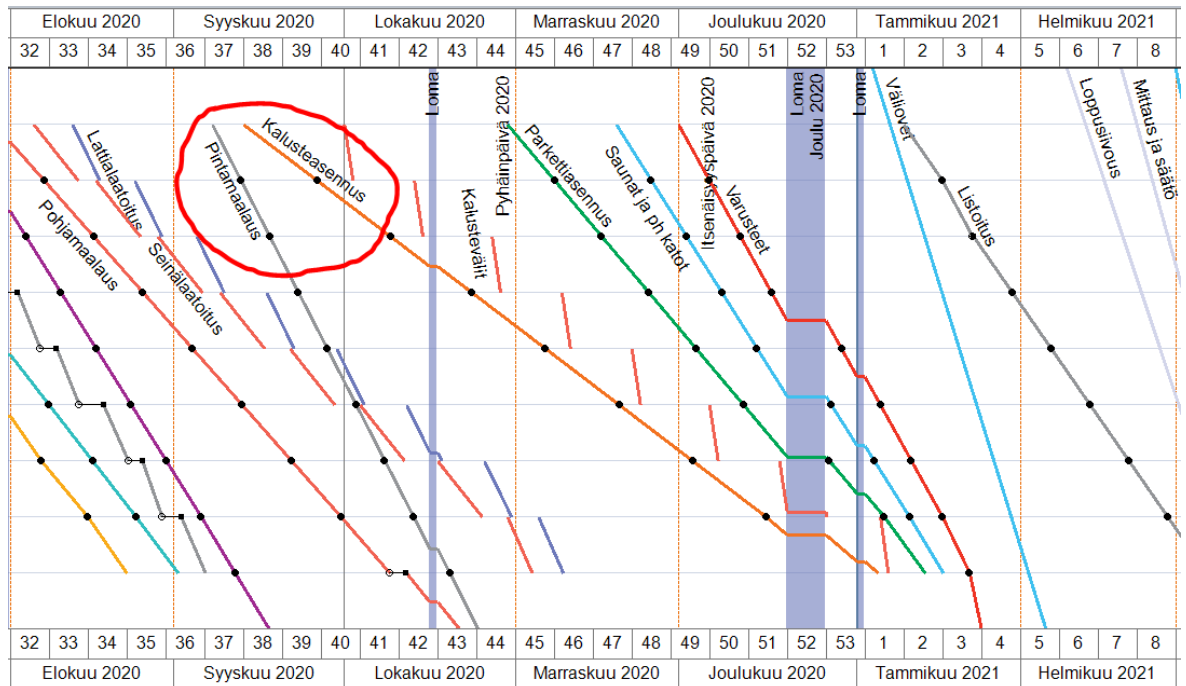
Suomessa on kaksi erilaista vinoviiva-aikataulutyyppiä käytössä, jotka perustuvat Line of Balance- sekä flowline-tekniikoihin. Ensimmäinen on paikka-aika-kaavio, joka kuvaa tuotannon etenemistä paikan ja ajan suhteessa. Toinen on tuotantokaavio, joka kuvaa taas tuotannon etenemistä tuotannon määrän ja ajan suhteessa. Molemmat näistä aikataulutyypeistä kuvataan vinoviivoilla, jotka on piirretty kaavioon. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 25.)

Paikka-aika-kaavion käyttö vaatii tuotannon sitomista paikkaan ja aikaan. Aikataulun tekoa varten kohde on jaettava osakohteisiin ja osakohteille on valittava suoritusjärjestys. Esimerkiksi kerrostalossa yksi kerros on osakohde ja suoritusjärjestys alkaa esimerkiksi ensimmäisestä kerroksesta ja loppuu viimeiseen kerrokseen. Paikka-aika-kaaviossa kohteen kriittiset työkohteita sitovat aikataulutehtävät merkitään aikatauluun ja tehtävien väliset riippuvuudet, tehtävien kestot ja resurssit selvitetään tai arvioidaan kriittisen polun menetelmää käyttäen. Paikka-aika-kaavioon merkitään vasempaan reunaan rakennuksen paikkoja tai osakohteita, esimerkiksi kerroksia, ja ylärivillä esitetään aika (Kuvio 5). (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 25.)



Kuvio 5. Paikkojen tai osakohteiden lisääminen paikka-aika-kaavioon.

Paikka-aika-kaaviosta näkee hyvin työn etenemisen ja miten paljon eri tehtävillä on joustoa esimerkiksi häiriöitä ja lisä- tai muutostöitä varten. Pystyviivoilla voidaan tässäkin aikataulutyyppissä merkitä erilaisia välitavoitteita, osaluovutuksia tai sovittuja keskeytyksiä, ja niillä voidaan seurata toteumaa esimerkiksi katkoviivalla. Tehtävien kulku paikan ja ajan suhteen esitetään vinoviivoin, ja siihen sisältyy tehtävien kestot, suoritusjärjestys sekä toteutuksen aikavälit. Tuotantonopeus selviää tehtäväviivojen kaltevuudesta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 26.) Esimerkiksi kuviossa kuusi nähdään, että pintamaalaus ja kalusteasennus voidaan aloittaa vain viikon erolla, koska pintamaalaus etenee huomattavasti nopeammin kuin kalusteasennus.



Kuvio 6. Eri kaltevuuksien huomioiminen paikka-aika-kaaviossa.

4.3 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Hankkeen aikataulusuunnittelun vaiheet ja niiden merkitys sekä järjestys riippuvat hankkeen suuruudesta ja teknisestä haastavuudesta, kokonaisajasta, aliurakointi-asteesta ja työvoimasta. Suunnittelu voidaan jakaa yleisesti seuraaviin vaiheisiin:

- rakennusaikataulun kireyden tarkistus
- tehollisen rakennusajan laskenta
- kohteen lohkominen ja osakohteisiin jakaminen
- aikataulutehtävien tekeminen
- tehtävien mitoitus
- työjärjestyksen suunnittelu ja valinta
- tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus
- tuotantoaikataulun teko
- aikataulun toteutuskelpoisuuden tarkistaminen.

Vaiheiden järjestys ei ole kiveen hakattu ja aikataulusuunnittelussa joudutaan usein palaamaan aiempiin suunnitteluvaiheisiin, koska suunnittelun edetessä paljastuu aiemmista päätöksistä johtuvia puutteita tai suunnitelmien muutoksia. Tuotannon

resurssit kannattaa lisätä vasta lähellä toteutusta tavoitteen saavuttamiseksi. (Mäki & Koskenvesa 2015, 19-20.)

4.4 Rakennusvaiheen yleisaikataulun laadinta

Toimivan aikataulun tekeminen vaatii huolellista perehtymistä rakennuskohteeseen. Alustava yleisaikataulu tehdään tarjouspyyntöasiakirjoja käyttäen, joita ovat mm. piirustukset, joista selviää kohteen mitattavat ominaisuudet, kuten mitat ja laajuus. Tässä vaiheessa etsitään keinot asetettuihin aikatavoitteisiin pääsemiseksi ja riskien arvioinnin perusteella varataan tehtävien sekä vaiheiden väliset pelivarat. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 43.)

Alustavassa yleisaikataulussa esitetään rakennusvaiheiden ja tehtävien alku- ja loppuajankohtien lisäksi hankesuunnitelman mukainen valmistumispäivänmäärä ja välitavoitteet sekä toteutuksen kannalta tärkeät tavoitteet esimerkiksi lämmön päälle laittaminen. Alustava yleisaikataulu esitetään tyyppillisesti joko jana-aikataulun tai paikka-aika-kaavion muodossa. Aikataulun tekemisessä otetaan myös huomioon jokaisen talvikuukauden pakkaspäivät sekä työehtosopimuksen mukaiset vapaapäivät eli ”pekkaspäivät”. Alustavassa yleisaikataulussa tulee esittää

- nimikkeistötunnus tai tehtävän juokseva numero
- aikataulutehtävä
- suoritemäärä ja -yksikkö
- mitoitustyöryhmä
- työmenekki tai työsaavutus
- tehtävän kesto ja ajoitus. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 44; Mäki & Koskenvesa 2015, 28.)

4.4.1 Aikataulun laadintaan vaikuttavat tekijät

Aikataulussa on otettava huomioon vuosilomalain (18.3.2005/162) mukaan asetettu vuosiloma, josta 24 arkipäivää on sijoitettava lomakaudelle ja loppuosa on annettava viimeistään seuraavan lomakauden alkuun mennessä. Aikatauluun on myös

merkittävä työajan lyhennyspäivät eli niin sanotut pekkaspäivät. Pekkaspäiviä kerryntyy työntekijälle, jonka säännöllinen viikoittainen työaika ylittää 38 tuntia, ellei muusta kertymistavasta ole sovittu. Työajan lyhennys ja pidettävät vapaapäivät tulee tarkistaa voimassa olevasta työehtosopimuksesta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 69.)

Sään vaikutukset hidastuttavat rakennustöitä tai aiheuttavat keskeytyksiä. Näitä ovat esimerkiksi myrskyt, pakkaset, vesi- ja lumisateet, ja niitä on haasteellista sovitaa yleisaikatauluun. Erilaiset tilastot kuitenkin auttavat hahmottamaan, milloin todennäköisesti sataa tai pakastaa normaalia enemmän kuukausitasolla. Säähäiriöihin varaudutaan kohteesta riippuen merkitsemällä häiriöt puskurijakoiksi eri rakennusvaiheiden loppuun tai sijoitetaan 2-3 kuukauden välein aikatauluun. Tarkemmissa aikatauluissa, kuten viikkoaikataulussa, sääolosuhteisiin pystytään kuitenkin varautumaan suhteellisen tarkasti ja näin pystytään ennakoimaan poikkeuksellisia tilanteita. Työnantaja on velvollinen keskeyttämään työskentelyä, jos työn laatu laskee vaatimustason alle tai työskentelyolosuhteet eivät ole kunnollisia. Urakoitsijalla on myös mahdollista saada pidennys urakka-aikaan, jos rakennuskohteen sopimuksen mukaisessa ajassa valmistumisen esteenä ovat ”poikkeukselliset urakoitsijan suoritusta olennaisesti haittaavat sääolosuhteet”. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 69-70.)

Talvirakentaminen tuo myös oman mausteensa aikataulua laadittaessa ja se on huomioitava varsinkin perustus- ja runkovaiheissa sekä mahdollisen bitumikatteen asennusvaiheessa. Talvirakentaminen aiheuttaa myös talvilisätöitä, kuten suojausta ja lumitöitä sekä mahdollisia keskeytyksiä. Yleisenä ohjeena käytetään pakkaspäivien varalle 16 työvuoroa siten, että kaksi pakkaspäivää sijoittuu joulun ja maaliskuulle kuukautta kohti ja tammi- ja helmikuussa on kuusi pakkaspäivää. Hyvä käytäntö on määritellä pakkasraja rakennusvaihe huomioon ottaen työmaakohtaisesti. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 70-71.)

4.4.2 Kohteen osittelu ja lohkominen

Rakennuskohteen jako pienempiin kokonaisuuksiin edesauttaa tuotannosuunnittelun onnistumista ja mahdollistaa tehokkaan tuotannon ohjauksen. Rakennus-hanke ositellaan tyypillisesti monella eri tavalla riippuen hankkeen vaiheesta ja osapuolesta. Suomessa kohteet jaetaan normaalisti lohkoihin, joita voidaan jakaa vielä pienempiin osa- tai työkohteisiin. Perusajatus lohkomisessa ja osakohteiden käytössä on päästä aloittamaan seuraava työvaihe aikaisemmin, eli eri töitä voidaan tehdä porrastaen ja rakennuksen eri osissa samaan aikaan. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 71; RT 10-11224 2016, 1.) Rakennusprojekti voidaan ositella esimerkiksi seuraavilla menetelmillä tai niiden yhdistelmillä:

- vaiheittain osittelu
- osapuoliin/ tehtäviin/ työlajeihin osittelu
- sijainnin mukainen osittelu
- avoimen rakentamisen mukainen osittelu
- urakoihin/ hankintoihin osittelu
- suunnitelmapaketteihin osittelu. (RT 10-11224 2016, 2.)

Lohkot ovat tyypillisesti kohteen osia, esimerkiksi erillisiä rakennuksia tai rakennuksen osia, jossa työt tehdään yhtenä kokonaisuutena valmiiksi. Lohkot voidaan myös jakaa tuotantotekniikan, suunnitteluratkaisujen, sijainnin tai kerrosluvun mukaan, jolloin lohkojen rajoina toimivat esimerkiksi moduulilinjat, liikuntasauamat tai työsauamat. Lohkojaon etu perustuu siihen, että kun runko saadaan valmiiksi yhdessä kohteen osassa, voidaan sisävalmistustyöt aloittaa aikaisemmin verrattuna siihen, että runko rakennettaisiin kerralla valmiiksi koko kohteessa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 73.)

Lohkojen toteutusjärjestys vaikuttaa kohteen rakennusaikaan ja aikataulun kireyteen. Sen valintaan vaikuttavat erilaiset tekniset ratkaisut, rakennuttajan asettamat tavoitteet tai rakennuttajan tekemät hankinnat sekä olosuhteet ja vuodenaika. Toteutusjärjestyksen valintaa rajoittavia tekijöitä voidaan myös muuttaa neuvotteluilla, teknisillä ratkaisuilla tai suunnitelmamuutoksilla. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 73.)

Lohkojaon määrittämiseen on käytetty Hossin sääntöä, joka perustuu vaiheiden keston, ja laajennettua Hossin sääntöä, joka puolestaan perustuu vaiheiden kestojen väliseen suhteeseen. Hossin säännössä ensimmäiseksi lohkoksi valitaan se, jonka perustus- ja runkovaihe on lyhyin, ja viimeiseksi se, jonka sisävalmistusvaihe on jäljellä olevista lyhyin. Perustus- ja runkovaiheen sekä sisävalmistusvaiheen ollessa lyhyin samassa lohossa toteutusjärjestys määräytyy perustus- ja runkovaiheen perusteella. Laajennetussa Hossin säännössä ensimmäiseksi lohkoksi valitaan lohko, jonka sisävalmistusvaiheen tuntimäärän suhde perustus- ja runkovaiheen tuntimäärään on suurin. Viimeiseksi valitaan taas se lohko, jossa suhde on pienin. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 74,75.)

4.4.3 Aikataulutehtävien muodostaminen

Aikataulussa olevat tehtävät ovat töitä tai toimintoja, jotka tarvitsevat aikaa ja resursseja. Tehtävien on oltava sellaisia kokonaisuuksia, jotta niiden toteutumista pystytään valvoa ja tuotantoa ohjata. Tehtävien valinnassa täytyy ottaa huomioon kaikkien työmaan osapuolten yhteistoiminta ja kyettävä hallitsemaan niitä tavoitteiden mukaisesti. Tehtävät ovat pääurakoitsijan omien työntekijöiden tai aliurakoitsijan tekemiä työvaiheita, työlajeja tai niiden yhdistelmiä. Tehtävän suoritukseen kuuluu usein varsinaisen edistävän työn lisäksi myös aloittavia, lopettavia ja ylläpitäviä suorituksia, joita kutsutaan tehtävää täydentäviksi suorituksiksi. Näitä suorituksia ovat esimerkiksi materiaalien ja kaluston siirrot, siivous, suojaus, kaiteiden asennus ja telinetyöt. Tehtävistä muodostetaan tehtäväluettelo, jossa esitetään tehtävien nimet, suoritemäärät ja niiden yksiköt. Tehtäviä valitaan rakennuskohteen laajuuden ja monimuotoisuuden mukaan 20-40, joskus useampiakin. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 44, 76; Mäki & Koskenvesa 2015, 25.)

4.4.4 Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta

Rakennushankkeessa olevien tehtävien tekeminen riippuu yleensä muista tehtävistä ja niiden suorituksista. Esimerkiksi tiettyä tehtävää ei pystytä aloittamaan tietyssä paikassa ennen kuin toinen tehtävä on saatu valmiiksi samassa paikassa.

Näitä kutsutaan riippuvuuksiksi, jotka määräävät tehtävien välisiä työjärjestyksiä tai valittuja ja ehdottomia rajoituksia. Töiden suoritusjärjestystä ja limitysten suunnittelua varten tehtävien väliset riippuvuudet voidaan jakaa neljään eri ryhmään:

1. Loogiset riippuvuudet
2. Olosuhderiippuvuudet
3. Tekniset riippuvuudet
4. Resurssiriippuvuudet. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 81.)

Loogisia riippuvuuksia ovat ne, jotka määräävät tehtävät toteutetuksi vain tietyssä järjestyksessä. Esimerkiksi muotti voidaan purkaa vasta, kun raudoitus ja betonointi on suoritettu ja betoni on saavuttanut riittävän lujuuden purkutöiden mahdollistamiseksi tai seinä voidaan maalata vasta tasoitustöiden jälkeen. Olosuhteet voivat vaikuttaa työmaan tehtävien riippuvuuksiin ja eroja voivat aiheuttaa esimerkiksi sääolosuhteet, työmaajärjestelyt ja sopimukset. Esimerkiksi vesikaton tai väliaikaisen vesikaton tulee olla asennettu ennen kuin kastumiselle arkoja materiaaleja voidaan asentaa tai tilan ja rakenteiden kosteuden pitää olla tietyllä tasolla ennen pintamateriaalien asentamista. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 81.)

Tekniset riippuvuudet tarkoittavat toteutuksessa käytettyä tekniikka, joka vaikuttaa muihin tehtäviin. Esimerkiksi perusmuurin laudoitus tulee olla toiselta puolen valmis ennen raudoituksen asennusta ja LVIS-asennusten tulee olla asennettuna ennen väliseinän toisenkin puolen levytystä eli niin sanottua tuplausta. Resurssiriippuvuus tarkoittaa, että samaa resurssia voidaan käyttää vain yhdessä kohteessa kerrallaan. Eli sama työryhmä ei voi tehdä vesikattoa ja väliseiniä yhtä aikaa, vaan ensin on tehtävä toinen työ valmiiksi ennen kuin voi siirtyä toiseen tehtävään. Otetaan esimerkkinä ulkoseinäelementtien asennustyö, jota voitaisiin tehdä yhtä aikaan useassa työkohteessa. Käytettäessä vain yhtä asennusryhmää asennustyö on tehtävä yksi työkohde kerrallaan. Mikäli käytetään kahta työryhmää, nosturi ei välttämättä pysty palvelemaan molempia työryhmiä samaan aikaan riittävän tehokkaasti. (Mäki & Koskenvesa 2015, 26; Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 82.)

Kohteessa käytettyjä yleisimpiä riippuvuuksia kuvaava taulukko (liite 1) on laadittu Aikataulukirjan tietojen mukaan (Mäki & Koskenvesa 2015, 49-50). Tämän perusteella on tehty suurin osa tehtävien loogisista riippuvuuksista. Tocomanissa riippuvuudet näkyvät vain alemmissa hierarkiatasoissa, mutta ne saavat näkyviin myös ylimmällä tasolla halutessaan asetuksista.

Esimerkki: työsaavutuksen, työmenekin ja työn keston laskenta

Väliseinämuuraustyön työmenekki, T4, on $1,33 \text{ tth/m}^2$ ja tahdistavan työryhmän koko on 2 muuraajaa.

Työsaavutus

Yhden muuraajan työsaavutus voidaan laskea työmenekin käänteislukuna eli $1 / 1,33 \text{ tth/m}^2 = 0,75 \text{ m}^2/\text{tth}$.

Tahdistavan työryhmän yhden työvuoron työsaavutus saadaan puolestaan työvuoron työntekijätunnit jaettuna työmenekillä eli $(2 \text{ tt} \times 8 \text{ h/tv}) / 1,33 \text{ tth/m}^2 = 12 \text{ m}^2/\text{tv}$.

Työmenekki, työntekijätunnit

Työhön kuluvat työntekijätunnit lasketaan kertomalla työmenekki kohteen suoritemäärällä. Kun suoritemäärä on esimerkiksi 250 m^2 , saadaan kohteen työmenekiksi $250 \text{ m}^2 \times 1,33 \text{ tth/m}^2 = 333 \text{ tth}$.

Työn kesto

Työn kesto lasketaan jakamalla työntekijätunnit työryhmän koolla (2 RAM) tai työryhmän yhdessä työvuorossa tekemillä työtunneilla. Työn kesto tunteina: $333 \text{ tth} / 2 \text{ RAM} = 167 \text{ tth}$, työn kesto työvuoroina: $333 \text{ tth} / (2 \text{ tt} \times 8 \text{ h/tv}) = 20,8 \text{ tv}$. (Mäki & Koskenvesa 2015, 9.)

4.4.5 Tocomanin hyödyntäminen laskuissa

Tehdään edellinen esimerkki Tocomania apuna käyttäen. Ensimmäiseksi lisätään tehtäväosioon työn nimi, suoritemäärä ja sen yksikkö (kuvio 7).

Hier	Nimi	Sijainti	Määrä	Yks	Työsaavutus (yks/pv)	Työryhmä lkm	Resurssit	Työmenekki (hyks)	Tunnit	Kesto
1	Väliseinämuuraus		250 m2	50						5 pv

Kuvio 7. Tehtävän ja sen suoritemäärän sekä yksiköiden lisääminen.

Seuraavaksi luodaan resurssirekisteriin tahdistava työryhmä, joka on kaksi rakennusammattimiestä ja lisätään tämä resurssisarakeeseen työmenekin kanssa (kuvio 8).

Hier	Nimi	Sijainti	Määrä	Yks	Työsaavutus (yks/pv)	Työryhmä lkm	Resurssit	Työmenekki (hyks)	Tunnit	Kesto
1	Väliseinämuuraus		250 m2	12			RAM	1,33	333	21 pv

Kuvio 8. Työryhmän ja työmenekin lisääminen.

Näiden tietojen avulla Tocoman laskee kyseisen tehtävän keston kestosarakkeeseen ja työhön kuluvat työntekijätunnit tunnit-sarakkeeseen. Esimerkiksi saatu 20,8 työvuoron kesto pyöristyy Tocomanissa 21 päivään. Tocomanin suorittamat laskut perustuvat alla oleviin kaavoihin (kuvio 9).

$$\begin{array}{l} \text{Työmenekki} = \frac{\text{Työntekijätuntia}}{\text{Suoritemäärä}} \\ \text{[tth/yks]} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Työryhmän} \\ \text{työmenekki} = \sum (\text{Työntekijöiden} \\ \text{[tth/yks]} \quad \text{työmenekki}) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Työsaavutus} = \frac{1}{\text{Työmenekki}} \\ \text{[yks/h]} \quad \text{[tth/yks]} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Työryhmän} \\ \text{työsaavutus} = \frac{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ tth/tv}}{\text{Työmenekki}} \\ \text{[yks/h]} \quad \text{[tth/yks]} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Kokonais-} \\ \text{työmenekki} = \text{Määrä} \times \text{Työmenekki} \\ \text{[tth]} \quad \text{[yks]} \quad \text{[tth/yks]} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Työn kesto} = \frac{\text{Kokonais-} \\ \text{[h]} \quad \text{työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Työn kesto} = \frac{\text{Kokonais-} \\ \text{[tv]} \quad \text{työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ [h/tv]}} \end{array}$$

Kuvio 9. Yleisimmät kaavat, joita myös Tocoman käyttää. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2012, 82).

4.4.6 Tehtävien ajoitus ja resurssit

Kun tehtävät on mitoitettu ja niille on määritetty riippuvuudet, tehtävät piirretään aikatauluun. Tehtävän keston tarkkuusvaatimukseksi voidaan esittää 0,5 viikkoa ja tehtävän ajankohdalle 1 viikko. Tocoman Aikataulu käyttää kalenteria, jossa viikkojen pituus on viisi päivää, eli niissä ei ole viikonloppuja. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 44, 85; Mäki & Koskenvesa 2015, 31.)

Rakennusvaiheen kuvaus. Kohde on alueen kolmas asuinkerrostalo ja ne on aloitettu limittäin niin, että edellisestä kohteesta on aina saanut tarvittavat resurssit seuraavaan kohteeseen. Tähän hankkeeseen tarvitaan resursseja porrastetusti, eli ensin työllistetään yksi työryhmä maanrakennukseen ja sen edetessä toinen työryhmä hoitamaan alueen muita töitä. Perustusten alkaessa otetaan yksi työryhmä hoitamaan muottitöitä ja raudoittaja raudoittamaan. Näin hankkeen edetessä jokainen edellisessä kohteessa oleva työntekijä siirtyy sen valmistumisen myötä seuraavaan kohteeseen porrastetusti. Rungon noustessa aloitetaan puurunkoisten ulkoseinien teko ja samalla betonipintojen jälkityöt. Perustusten valmistuttua tehdään vesikatto

sekä ilmanvaihtokonehuone, jonka rinnalla alkaa ulkoseinien koolaus ja levytys. Ikkuna- ja oviasennukset alkavat, kun katto on vesitiivis. Näin saadaan resurssit jaetua tasaisesti eikä kuormitusta synny samalle työryhmälle liikaa. Sisävaihe alkaa pesuhuoneiden kaatovaluista heti, kun vesikatto on valmis. Kaatolattioiden jälkeen aloitetaan väliseinien teko, johon saadaan resurssit vesikatolta. Lattioiden pumpputasoitteet pyritään saada ennen väliseiniä tehtyä, mutta alkavan kerroksen voi joutua tekemään toisinpäin, joten siihen täytyy varata enemmän aikaa tai resursseja. Pumpputasoitteiden ja väliseinien edetessä alkavat tasoitus- ja maalaustyöt sekä laatoitus. Tässä kohtaa ikkunoilta ja ovilta vapautuvat resurssit tekevät tahdittomia töitä eli esimerkiksi julkisivun paneelauksia, räystäslaudoituksia tai parvekkeiden väliseiniä ja levytyksiä. Laatoituksen edetessä yksi työryhmä aloittaa saunojen ja pesuhuoneiden paneelauksia. Seuraavat tahdistavat työt ovat kalusteet sekä parketit, jotka eivät tarvitse paljoa omia resursseja, koska ovat alihankintatöitä. Omia resursseja tarvitsee taas väliovien asennuksessa sekä listoituksessa. Tässä vaiheessa resursseja on vähennetty hieman, ja listoituksen valmistuessa resurssien tarve vähenee jälleen. Näin loppusiivouksen yhteydessä työmaalla on enää muutamia työntekijöitä tekemässä viimeistely- ja korjaustöitä ja loppusiivouksen jälkeen valitaan hankkeeseen yksi rakennusammattimies hoitamaan viimeiset korjaukset ja mahdolliset puutteet. (Vastaava työnjohtaja Etelä-Pohjanmaa 2020.)

4.5 Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu

Viimeistelyaikatauluun suunnitellaan rakennuskohteen oikea valmistumisjärjestys, joka sisältää seuraavien toimenpiteiden ja ajoituksen viimeistelyalueittain

- omat tarkastukset
- mahdolliset asiakastarkastukset
- korjaustyöt tiloittain tai urakoisijoittain
- talotekniikan tarkastukset
- mittaukset ja testit
- jälkitarkastukset
- vastaanottotarkastukset
- viranomaistarkastukset.

Talotekniset tarkastukset sisältävät työnaikaiset laite- ja asennustapatarkastukset sekä rakennuksen viimeistelyvaiheessa tehtävän luovutuksen valmistelun. Tarkoituksena on varmistaa laitteiden ja järjestelmien toiminnallisuuden aiotulla tavalla sekä niiden toimintakunnon. Luovutuksen valmistelun vaiheita ovat toimintakokeiden aloitusvalmiuden toteaminen, toimintakokeiden teko, koekäyttö, tarkastusmittausten teko sekä loppukatselmus. (Mäki & Koskenvesa 2015, 43; Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 57, 58.)

Viimeistelyvaiheen aikataulun laadinnassa on otettava huomioon, että

- eri toimijoiden kanssa laaditaan yhteensovitettu yhteinen aikataulu
- ennen toimintakokeita ja säätöjä päätetään pölyävät työvaiheet
- talotekniikkaurakoitsijat tekevät laite- ja asennustarkastukset sekä sisäiset toimintakokeet ennen virallisia toimintakokeita
- järjestelmät säädetään ja mitataan ennen urakoitsijoiden tilaamia viranomaiskatselmuksia ja -tarkastuksia
- kohteen tarkastuksissa havaitut virheet ja puutteet korjataan ennen loppusiivousta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 57.)

5 ASUINKERROSTALO

5.1 Nykytilanne

Työn kohde sijaitsee Seinäjoella ja on osa viiden kerrostalon kokonaisuutta. Samassa korttelissa on valmistumassa viiden kerrostalon sekä parkkihallin kokonaisuus, joista kaksi taloa ja osa parkkihallia ovat valmistuneet ennen kyseistä kohdetta. Rakennustyöt aloitettiin tontilla keväällä 2018 ja tähän mennessä ensimmäinen asuinkerrostalo on valmistunut ja toinen asuinkerrostalo valmistuu maaliskuussa 2020.

Hanke koostuu erikokoisista asunnoista, jotka ovat kolmioita, kaksioita ja yksiöitä. Tarve uudisasunnoille on kasvava Seinäjoen kasvavan asukasmäärän sekä opiskelijoiden takia. Näin ollen kerrostalo keskustassa on hyvä ratkaisu tähän ongelmaan. Kohteen rakennustyöt alkavat lokakuussa 2019 ja kohteen on määrä olla valmis maaliskuussa 2021.

5.2 Aikataulun sisältö

Yleisesti ottaen yleisaikataulu sisältää kaikki olennaiset työvaiheet eli kaikki, jotka tahdistavat jotain muuta työvaihetta, suuria hankintoja tarvitsevat työvaiheet sekä suurimpien alihankkijoiden aikataulut. Jana-aikataulussa edellä mainitut asiat on ilmoitettu, mutta paikka-aika-kaaviossa näitä kaikkia ei ole, koska se on tehty tarkkailemaan sisävaiheen töitä, jotka kulkevat tahdistetusti eli niin sanotusti peräkkäin.

Jana-aikataulu sisältää kaikki hankkeen tärkeimmät työvaiheet aina maanrakennuksesta luovutukseen. Jana-aikataulussa oleva julkisivumuuraus ei esimerkiksi juurikaan tahdista muita töitä ja sen takia se on sijoitettu pääasiassa sään mukaan ja näin tiedetään, että ulkopuolen lämmöneristeet ja puurungot täytyy olla tehtynä ennen muurausta. Parvekelasitukset sekä pihatytöt taas ajoitetaan julkisivumuurauksen jälkeen, koska muurauksesta tulisi hankalaa niiden valmistumisen jälkeen esimerkiksi henkilönostimet pilaa pihan ja parveketaustojen muuraaminen täytyisi tehdä kaiteiden sisäpuolelta.

Paikka-aika-kaavio sisältää kaikki sisävaiheen tahdistavat työt, koska niiden seuraaminen on tärkeää niiden tiukkojen riippuvuuksien takia. Esimerkiksi jos väliseinien työryhmä jää aikataulusta jälkeen, joutuu tasoitemies odottamaan ja näin myös maalari. Maalauksen jälkeen laatoituksen aloitus jää aikataulusta jälkeen ja se vaikuttaa kalusteiden asennukseen. Kalusteasennus taas on toteutettu aliurakoitsijalla, joka hoitaa työn ja sen kanssa on sovittu aikataulu, jota hän noudattaa ja näin työvaiheet menevät ristiin eikä toteutus ole mahdollista. Aikataulusta on myös otettu pois pienemmät aliurakoitsijoiden työt, esimerkiksi julkisivupellitykset, mattotyöt, heiloitukset ja kittaukset, koska nämä työt eivät vie paljoa aikaa ja ne voidaan sijoittaa aikataulullisesti moneenkin kohtaan, kunhan työt, johon nämä liittyvät, on tehty.

5.2.1 Aikataulujen erot ja niiden vaikutukset

Näiden kahden aikataulun erona on sisävaiheen rakennussuunta. Sisävaiheen aloittaminen ensimmäisestä kerroksesta edeten ylöspäin on mahdollista aloittaa jo runkovaiheen kanssa limittäin ja näin säästää hankkeen kokonaisajassa. Runkovaiheen kanssa limititys kuitenkin tarkoittaa väliaikaisen vesitiiviin kerroksen tekemistä ennen vedelle alttiiden materiaalien asentamista. Vesitiivis kerros voi olla esimerkiksi bitumikate, joka laitetaan neljännen tai viidennen kerroksen lattiaan ennen seinien paikallavaluja. Tämä toimenpide on myös huomioitava aikataulussa, koska se aiheuttaa noin kolmen päivän keskeytyksen betonirungon työvaiheessa. Tässä aikataulussa pitää myös huomioida, että rakennuksen jokainen työvaihe tehdään alhaalta ylöspäin eli myös loppusiivous aloitetaan alhaalta. Tämän vaikutuksesta työntekijät joutuvat kulkemaan aina siivotun alueen läpi ja se joudutaan siivoamaan uudestaan.

Sisävaiheen aloittaminen ylimmästä kerroksesta ja edeten alaspäin on aikataulullisesti parempi siivouksen kannalta, ja väliaikaista vesitiivistä kerrosta ei tarvita, koska vesikatto tehdään ennen vedelle alttiiden materiaalien asennusta. Ylhäältä aloitettaessa on kuitenkin huomioitava betonin kuivumiset, koska siellä sijaitsee viimeiseksi betonoidut seinät ja välipohja ja sinne laitetaan ensimmäiset vesieristeet. Betonin kuivuminen on pidettävä mahdollisena ja se on välttämätöntä nykyajan rakentamisessa ja sen takia se on huomioitava aikataulua tehdessä. Betonirungon

kuivuttua voidaan asentaa sementtipohjainen pumpputasoite eli plaano huomioiden siihen tarvittava kuivumisaika. (Vastaava työnjohtaja Pirkanmaa 2020.)

5.2.2 Pumpputasoitteen vaikutus

Koska plaanot ovat matala-alkalisia (niiden pH on 10,5-11), antavat ne suojan lattiapäälysteitä varten, kun alla on emäksinen betonilattia. Betonin pH on lähemmäksi 13 ja tällöin betonissa olevat hydroksidi-ionit vaurioittavat lattialiimoja ja päälysteitä, jolloin ilmaan syntyy haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, kuten esim. 2-etyyliheksanolia tai 1-butanolia. Kun betonin päälle asennetaan matala-alkalinen lattiatasoite, mahdollistaa tasoitekerros turvavyöhykkeen muodostumisen lattialiimojen ja emäksisen betonin väliin. Toki tämä edellyttää sen, että betonin suhteellinen kosteus on 90 % tai alle, jotta betonissa oleva kosteus ei nouse kapillaarisesti tasoitekerroksenkin läpi. Kun mennään 90 % tai alle suhteellisessa kosteudessa, liikkuu kosteus höyrymuodossa.

Kun tulee kysymykseen tasoitekerroksen kuivuminen, esimerkiksi Weberin lattiatasoitteet perustuvat polymeerimodifioituun erikoissideainesysteemiin, joka on täysin erilainen kuin betonin tai kipsin sideaine. Seurauksen saavutetaan nopeasti päällystettävä, sileä, suora ja suuria dynaamisia kuormia kestävä pinnoitealusta. Weberin nopeasti kuivuvien tasoitteiden päällystettävyyssajat perustuvat tasoitteiden kemialliseen kuivumiseen, joka alkaa jo ennen lattian päällystämistä ja jatkuu muutama viikon ajan päällystämisen jälkeen. Esimerkiksi Weberiltä löytyy tasoitteita kolmella eri kuivumislukituksella:

- itsestään kuivuvat tasoitteet = 10 mm / tunti
- nopeasti päällystettävät tasoitteet = 10 mm / päivä
- ja normaalisti kuivuvat tasoitteet = 10 mm / viikko. (weber 2020.)

6 YHTEENVETO

6.1 Aikataulujen esittely

Ensimmäinen aikataulu (Liite 2) kuvaa valmista alustavaa yleisaikataulua, jossa sisävaiheen rakentaminen aloitetaan alimmasta kerroksesta edeten ylöspäin.

Toinen aikataulu (Liite 3) kuvaa alustavaa yleisaikataulun, jossa sisävaiheen rakentaminen aloitetaan ylimmästä kerroksesta edeten alaspäin. Tämä aikataulu pysyy vielä realistisena, mutta on hieman kireämpi kuin ensimmäinen aikataulu, koska rakennussuunta muuttuu siirryttäessä sisävaiheeseen.

Seuraavaksi on esitetty paikka-aika-kaavio hankkeen sisävaiheista. Ensimmäisessä paikka-aika-kaaviossa (Liite 4) sisävaiheet rakennetaan alhaalta ylöspäin ja toisessa paikka-aika-kaaviossa (Liite 5) sisävaiheet rakennetaan ylhäältä alaspäin. Näissä aikatauluissa ei ole kaikkia työvaiheita, koska kaikki työvaiheet eivät tahdista muita töitä, ja näin niiden tekemistä voidaan säätää tai siirtää tarvittaessa.

Viimeisenä on laajennettu alustava yleisaikataulu (Liite 6), jossa on avattu työvaiheet pienimpiin hierarkioihin asti, kuitenkin rajaten sen yhteen tai kahteen kerrokseen, koska loput kerrokset ovat samanlaisia. Laajennettu alustava yleisaikataulu on tehty vain aikataulusta, jossa sisävaiheen rakentaminen aloitetaan alimmasta kerroksesta, koska työvaiheiden kestot ovat juuri samat molemmissa aikatauluissa, ainoastaan työvaiheiden aloituspäivämäärät ovat erilaiset.

6.2 Oma pohdinta

Tämän työn tekeminen opetti minulle paljon aikataulujen tärkeydestä. Mielessä aikataulun tekeminen vaikutti helpolta ja yksinkertaiselta, mutta kun sitä alkoi tehdä, tehtiin tehtävä tehtävältä, huomasi, että siihen täytyy uhrata aikaa. Tehtävien rakentamassa huomasi, että jokainen tehtävä voi olla liitoksissa muihin tehtäviin, jolloin kokonaisuus voi muuttua pienen asian takia. Alustavan yleisaikataulun laatiminen oli kaikin puolin haastava ja aikaa vievä tehtävä, mutta silti hyvin opettavainen, koska

oppi ymmärtämään, mikä vaikutus huonolla aikataulusuunnittelulla on hankkeen rakennusvaiheen toteutuksella. Pitkien muokkausten jälkeen huomasin saaneeni satumalta toimivan aikataulun, ja sitä tarkastaessa se alkoi tuntua yhä paremmalta ja pienten muokkausten jälkeen sain valmiin aikataulun tehtyä. Kokemuksena tämä oli hyvin opettavainen ja kärsivällisyyttä vaativa tehtävä.

LÄHTEET

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. [Verkkokirja]. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 9.1.2020]. Saatavana Ratu Net-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.

Mäki, T. & Koskenvesa, A. 2015. Aikataulukirja 2016. [Verkkokirja]. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 9.1.2020]. Saatavana Ratu Net-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.

RT 10-11225. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 2012. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Opettajan kalvosarja. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 30.3.2020]. Saatavana Ratu Net-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.

Vastaava työnjohtaja Pirkanmaa. 2020. Peab Oy-. Keskustelu. 20.2.2020.

Vastaava työnjohtaja Etelä-Pohjanmaa. 2020. Peab Oy-. Puhelinkeskustelu. 10.3.2020.

Weber. 3.2020. Alkadry. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2020]. Saatavana: <https://www.fi.weber/alkadry>.

LIITTEET

Liite 1. Tehtävien väliset riippuvuudet

Liite 2. Suppea jana-aikataulu, jossa rakennussuunta on alhaalta ylöspäin (salattu)

Liite 3. Suppea jana-aikataulu, jossa rakennussuunta on sisävaiheessa ylhäältä alaspäin (salattu)

Liite 4. Paikka-aika-kaavio, jossa rakennussuunta on alhaalta ylöspäin (salattu)

Liite 5. Paikka-aika-kaavio, jossa rakennussuunta on sisävaiheessa ylhäältä alaspäin (salattu)

Liite 6. Laaja jana-aikataulu, jossa rakennussuunta on sisävaiheessa alhaalta ylöspäin (salattu)

LIITE 1. Tehtävien väliset riippuvuudet

Tehtävä	Edeltävät tehtävät
D Aluerakenteet	
Raivaus ja purku	Työmaan aloituskokous
Maankaivu	Raivaus ja purku Olemassa olevien kaapelien ym. paikantaminen
E Pohjarakenteet	
Louhinta	Raivaus, purku ja maankaivu
Salaojat ja putkijohdot	Maankaivu Anturat, perusmuurit, sokkelit
Sisäpuolinen täyttö ja tiivistys	Alapohjan LVIS-asennukset Perusmuurit
Perusmuurin vierustäyttö ja tiivistys	Salaojat, kaivot ja putkijohdot Perusmuurit Vesi-, lämpö- ja routaeristeet
F1 Perustukset	
Anturat	Maankaivu Louhinta ja rusnaus
Perusmuurit	Anturat
Kantava alapohja	Perusmuurit, sokkelit Alapohjan LVIS-asennukset
Maanvarainen laatta	Alapohjan LVIS-asennukset Sisäpuolinen täyttö ja tiivistys
F2 Rakennusrunko	
Kantavat väliseinät ja pilarit	Perustukset ja perusmuurit Alapuoliset laatat ja palkit
Laatat ja palkit	Alapuoliset kantavat väliseinät ja pilarit
Betonipintojen jälkityöt	Betonirunkotyöt
F3 Julkisivut	
Kantavat ulkoseinät	Alapuoliset laatat ja palkit
Ulko-ovet	Ulkoseinät, vesikatto
F4 Yläpohjarakenteet	
Kattorakenteet	Kantavat ulkoseinät Kantava yläpohja LVIS-asennukset katolla Konehuoneiden runko
Vesikate	Kattorakenteet
F5 Täydentävät sisäosat	
Ikkunat	Ulkoseinät, vesikatto
Kevyet levyväliseinät	Pintabetonilattiat Ulkoseinät, vesikatto
Muuratut väliseinät	Kantavat pysty- ja vaakarakenteet Pintabetonilattiat (tapauskohtaisesti)
Sisäovet	Kevyet väliseinät Tasoitetyöt Alakatot, lattiapäällysteet

F6 Sisäpinnat

Tasoitetyöt	Betonipintojen jälkityöt, väliseinätyö Lämpö päällä Vesikatto
Maalaus ja tapetointi	Tasoitetyöt, väliseinätyö
Pintabetonilattiat	Kantava laatta Muuratut väliseinät LVIS-läpimenot tai -varaukset
Lattianpäällysteet	Pintabetonilattiat, lattiatasoitetyö Tasoitetyöt Kevyet väliseinät Kiintokalusteet

F7 Rakennusvarusteet

Kiintokalusteet	Kevyet väliseinät Tasoitetyöt Maalaus (ainakin pohja)
Varusteasennus	Kalusteasennus Maalaus
Listoitus	Kiintokalusteet Ovet ja ikkunat Maalaus ja tapetointi Lattianpäällysteet

G LVI-järjestelmät

Lämpö päällä	Ikkunat ja ulko-ovet Vesikatto Lämmönjakohuone, lämpökeskus
IV-kanavat	Runkorakenteet
IV-koneet	Koneedit Konehuoneen lattia, runko, ulkoseinät ja kattorakenne (huom. asennusaukko)

H Sähköjärjestelmät

Sähköpääkeskus	Tarvittava tila kunnossa (mm. katon ja seinien maalaus käsittely)
Tarkastukset, kokeet, säädöt ja mittaukset	Pölyävät työvaiheet