



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Eero Viita

RAKENNUSHANKKEEN
AIKATAULUSUUNNITTELU

Case Kaupinojan pintavesilaitos

Tekniikan yksikkö
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Eero Viita
Opinnäytetyön nimi	Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu, case Kaupinojan pintavesilaitos
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	38 + 8 liitettä
Ohjaaja	Minna Uimonen

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Alasen Rakennus Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia toimivat ja realistiset kaukojäähdytyslaitoksen aikataulusuunnitelmat Alasen Rakennus Oy:n käyttöön. Tarkoituksena oli, että kaukojäähdytyslaitoksesta laadittavien aikataulusuunnitelmien avulla voidaan varmistaa Kaupinojan pintavesi- ja kaukojäähdytyslaitoksen toiminnan alkaminen keväällä 2016.

Opinnäytetyössä käsiteltiin rakennushankkeen ajallista suunnittelua ja ohjausta. Työssä esitellään aikataulujen suunnittelu ja valvonta, aikataulumuodot sekä rakennushankkeen aikataulut. Opinnäytetyön esimerkkikohteenä toimi Kaupinojan pintavesilaitoksen työmaa. Kaukojäähdytyslaitoksesta laadittiin aikataulusuunnitelmat PlaNet 6.4.6 -ohjelmalla ja ne yhteen sovitettiin Kaupinojan pintavesilaitoksen aikatauluun. Kaupinojan pintavesilaitoksen toteutuksesta vastaa Alasen Rakennus Oy:n, Econet Oy:n ja Are Oy:n muodostama työyhteisö. Rakennushanke toteutetaan KVR-urakkana ja päätoteuttajana toimii Alasen Rakennus Oy.

Opinnäytetyön tuloksena Alasen Rakennus Oy sai käyttöönsä kaukojäähdytyslaitosta varten laaditut rakentamisvaiheaikataulut työmaan perustamisesta ja louhintatöistä, perustustöistä, runkorakenteista, sisätöistä, rungon ulkopuolisista rakenteista sekä pintarakenteista. Kaukojäähdytyslaitosta varten laadittiin myös yleisaikataulu.

ABSTRACT

Author	Eero Viita
Title	Schedule Planning for a Building Project, Case Kaupinoja Surface Water Plant
Year	2015
Language	Finnish
Pages	38 + 8 Appendices
Name of Supervisor	Minna Uimonen

The thesis was made by order of Alasen Rakennus Oy. The objective of this thesis was to draw up a workable and realistic schedule plans of a district cooling plant which can be used by Alasen Rakennus Oy. The purpose of the schedule plans of the district cooling plant was to ensure that the Kaupinoja surface water plant and district cooling plant will be in operation in spring 2016.

The thesis dealt with the scheduling and guiding of construction project. The construction site of the Kaupinoja surface water plant was the example target of the thesis. The schedule plans of district cooling plant were drawn the PlaNet 6.4.6 program and they were fit to be compatible with the schedule of the Kaupinoja surface water plant. A working alliance formed by Alasen Rakennus Oy, Econet Oy and Are Oy is responsible for constructing the surface water plant. Alasen Rakennus Oy is the main contractor of the project, which is implemented as a turn-key contract.

A result of the thesis, Alasen Rakennus Oy got the schedule plans for the district cooling plant, which were drawn for construction site set up and excavating work, foundation work, frame structures, indoor work, outside work of frame structures and surface structures. The general schedule of district cooling plant was also drawn.

Keywords	Scheduling, general schedule, schedule for construction phase, surface water plant, district cooling plant
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	AIKATAULUSUUNNITTELU.....	9
	2.1 Aikataulusuunnittelun vaiheet	9
	2.2 Rakennushankkeen kokonaiskesto.....	9
	2.3 Tehollisen rakennusajan laskeminen	11
	2.4 Kohteen jakaminen osakohteisiin ja suoritusjärjestyksen valinta.....	12
	2.5 Tehtävien väliset riippuvuudet.....	12
	2.6 Tehtävien tahdistaminen	15
3	AIKATAULUMUODOT	16
	3.1 Jana-aikataulut	16
	3.2 Paikka-aika- ja tuotantoaikakaavio	17
	3.3 Lukujärjestys ja toimintaverkot	19
4	AIKATAULUJEN VALVONTA	21
	4.1 Paikka-aikakaavio tuotannon valvonnassa	21
	4.2 Valvontavinjetti tuotannon valvonnassa	22
5	RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUT	24
	5.1 Hankeaikataulu	25
	5.2 Suunnitelma-aikataulu	26
	5.3 Hankinta-aikataulu.....	27
	5.4 Yleisaikataulu	28
	5.5 Rakentamisvaiheaikataulu	29
	5.6 Viikkoaikataulu.....	31
	5.7 Viimeistelyvaihe ja luovutusaikataulu.....	32
6	TAMPEREEN KAUPINOJAN PINTAVESILAITOS.....	33
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Rakennushankkeen normaalikesto.	s. 10
Kuvio 2.	Tehtävien väliset riippuvuudet paikka-aikakaaviossa.	s. 15
Kuvio 3.	Jana-aikataulu.	s. 17
Kuvio 4.	Paikka-aikakaavion toimintaperiaate.	s. 18
Kuvio 5.	Esimerkkejä tuotantoaikakaavioista.	s. 19
Kuvio 6.	Excel-pohjainen lukujärjestys.	s. 19
Kuvio 7.	Paikka-aikakaavion hyödyntäminen tuotannon valvonnassa.	s. 21
Kuvio 8.	Matriisimuotoinen valvontavinjetti.	s. 22
Kuvio 9.	Matriisimuotoisesta valvontavinjetti.	s. 23
Kuvio 10.	Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun eteneminen.	s. 24
Kuvio 11.	Eri urakkamuotojen hankeaikatauluja.	s. 25
Kuvio 12.	Työmaan suunnitelma-aikataulu	s. 26
Kuvio 13.	Hankinta-aikataulu.	s. 28
Kuvio 14.	Perustustöiden rakentamisvaiheaikataulu.	s. 30
Kuvio 15.	Viikkoaikataulu.	s. 31
Taulukko 1.	Laskentaesimerkki. Anturatyön keston määrittäminen.	s. 35
Taulukko 2.	Laskentaesimerkki. Alapohjalaattatyön keston määrittäminen.	s. 36

LIITELUETTELO

- LIITE 1.** Yleisaikataulu, kaukojäähdytyslaitos. (Salainen)
- LIITE 2.** Rakentamisvaihe aikataulu, työmaan perustaminen ja louhintatyöt. (Salainen)
- LIITE 3.** Rakentamisvaihe aikataulu, perustustyöt. (Salainen)
- LIITE 4.** Rakentamisvaihe aikataulu, runkorakenteet. (Salainen)
- LIITE 5.** Rakentamisvaihe aikataulu, sisätyöt. (Salainen)
- LIITE 6.** Rakentamisvaihe aikataulu, rungon ulkopuoliset rakenteet. (Salainen)
- LIITE 7.** Rakentamisvaihe aikataulu, pintarakenteet. (Salainen)
- LIITE 8.** Työmaan yleisaikataulu. (Salainen)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Tampereen Kauppiin rakennettavan kaukojäähdytyslaitoksen aikataulusuunnittelua ja sen yhteensovittamista aikataulullisesti Kaupinojan pintavesilaitoksen kanssa. Kaupinojan pintavesilaitosta on rakennettu syksystä 2013 lähtien. Samalle tontille pintavesilaitoksen viereen rakennetaan kaavamuutoksen mahdollistamana uusi kaukojäähdytyslaitos, jonka suunnittelu on kesken, rakennuslupahakemus jätetty ja louhintatyöt aloitettu maaliskuussa 2015 erityisluvalla.

Kaupinojan pintavesilaitoksen rakentaa KVR-urakkana työyhteisliittymä, joka on muodostettu Alasen Rakennus Oy:n, Econet Oy:n ja Are Oy:n kesken. Tilaajana on Tampereen Vesi. Kaukojäähdytyslaitoksen rakennushankkeen urakkamuotoa ja urakoitsijaa ei ole sovittu vaikka louhintatyöt ovat käynnistyneet rakennusalueella. Kaukojäähdytyslaitoksen tilaajana toimii Tampereen Energiatuotanto Oy. Hanke on haastava, koska kaukojäähdytyslaitoksen valmistuminen ja toiminta alkaa samaan aikaan kuin Kaupinojan pintavesilaitoksen.

Kaukojäähdytyslaitoksen suunnittelu on kesken ja vain arkkitehdin rakennuslupakuvat ovat olleet käytössä aikataulusuunnittelussa. Kaukojäähdytyslaitoksen aikataulua on KVR-urakoitsijan toimesta sovitettu yhteen pintavesilaitoksen kanssa siten, että molemmat laitokset voivat aloittaa toimintansa keväällä 2016. Kaupinojan pintavesilaitos toimittaa vettä Tampereen seudulle ja kaukojäähdytyslaitos jäähdyttää alueella olevia rakennuksia.

Opinnäytetyössä käsiteltiin rakennushankkeen ajallista suunnittelua ja ohjausta. Teoriaosuudessa esiteltiin aikataulujen suunnittelu ja valvonta, aikataulumuodot sekä rakennushankkeen aikataulut yleisesti. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia toimivat ja realistiset kaukojäähdytyslaitoksen aikataulusuunnitelmat Alasen Rakennus Oy:n käyttöön. Opinnäytetyön esimerkkiprojektina toimi Kaupinojan pintavesilaitoksen työmaa. Tarkoituksena oli, että kaukojäähdytyslaitoksesta laadittavien aikataulusuunnitelmien avulla voidaan varmistaa pintavesi- ja kaukojäähdytyslaitoksen toiminnan alkaminen keväällä 2016.

Aikataulujen työvaiheiden kestot on määritetty siten, että hanke on valmis keväällä 2016. Työvoiman tarve suhteutetaan aikataulun keston ja työmaalla työskennel-
lään osin kahdessa vuorossa. Aikataulutus on tehty PlaNet 6.4.6 -ohjelmalla.

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Alasen Rakennus Oy. Alasen Rakennus Oy on vuonna 1984 perustettu vakavarainen perheyritys, joka toimii Pirkanmaan alueella. Alasen Rakennus Oy tekee sekä urakka- että laskutöitä. Yritys on tunnettu luotet-
tavuudestaan ja monipuolisuudestaan, ja sen tärkeitä kulmakiviä ovat laatu, asia-
kastytyväisyys sekä joustavuus. /9/

2 AIKATAULUSUUNNITTELU

Aikataulusuunnittelun merkitys koko rakentamiselle on tärkeä, koska sillä luodaan perusta muulle tuotannosuunnittelulle. Aikataulujen avulla tehdään päätöksiä jotka vaikuttavat kustannuksiin, sopimusteknisiin asioihin, laadunvarmistustoimiin sekä käytettäviin resursseihin. Jotta työmaa pysyy työnjohdon hallinnassa, on tuotannon ajallinen suunnittelu hyvin tärkeää. Aikataulussa pysyminen on suoraan yhteydessä hankkeen kustannuksiin, laatuun ja työturvallisuuteen. Aikataulusuunnittelulla pyritään havainnollistamaan tuotantoa, mutta sen tarkoituksena on myös toimia tuotannon ohjauksen ja valvonnan välineenä. /3,17; 2, 62/

2.1 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Aikataulusuunnittelu toteutetaan vaiheittain alkaen rakennushankkeen kokonaiskeston ja rakennusajan kireyden tarkistamisesta. Sen jälkeen lasketaan tehollinen rakennusaika, jaetaan kohde osakohteisiin, suunnitellaan ja valitaan työjärjestys, muodostetaan aikataulutehtävät, ajoitetaan tehtävät ja tasataan käytettävät resurssit ja lopuksi laaditaan tuotannon aikataulu. /3, 19/

Vaiheiden järjestys voi muuttua ja aikataulusuunnittelussa palataan usein aikaisempiin suunnitteluvaiheisiin, koska suunnitelmia on tehty puutteellisin tiedoin. Myös suunnitelmien muutos aiheuttaa uudelleen suunnittelua. /3, 19/

2.2 Rakennushankkeen kokonaiskesto

Hankkeen kokonaiskeston määrittää rakennuttaja. Kokonaiskesto vaikuttaa muun muassa rakennuksen suunniteltu käyttöönottoajankohta, kokemukseen perustuva käsitys kohtuullisesta rakennusajasta ja taloudellinen tilanne. Lisäksi hankkeen vaativuus ja laajuus näkyy suoraan kokonaiskestossa. /2, 64; 3, 19/

Rakennushankkeelle pystytään laskemaan kokonaiskesto, niin sanottu normaali-kesto (kuvio 1), laskukaavan avulla, kun tiedetään kokonaistyömenekki eli kokonaistyötuntimäärä, joka hankkeen läpiviemiseen tarvitaan. Normaalikestolla tarkoitetaan rakennushankkeen tavanomaisen kireystason mukaista rakennusaikaa, johon ei oteta huomioon kesälomia eikä tiedossa olevia keskeytyksiä. Isoissa, yli 10 000

työntekijätuntia sisältävissä kohteissa, rakennushankkeen kokonaiskeston laskukaava on: /3, 20; 2, 66; 11/

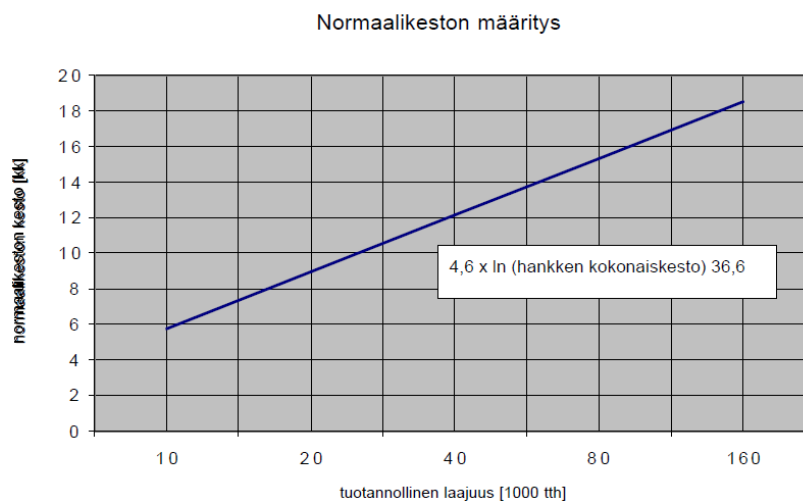
$$T_n = 4,6 * \ln(\text{kokonaistyömenekki}) - 36,6$$

$$T_n = \text{normaalikesto kuukausina}$$

Pienissä, alle 10 000 työntekijätuntia sisältävissä kohteissa, normaalikesto saadaan laskukaavalla:

$$T_n = 2 + 3,8 * \frac{\text{kokonaistyömenekki}}{10000}$$

Kaavat on kehitetty tutkimalla useiden hankkeiden toteutuneita kestoja. Toteutuneet kestot ja hankkeessa tehdyt kokonaistyömäärät on tilastoitu ja näin hankkeille on mallinnettu normaalikestot. /3, 20/



Kuvio 1. Rakennushankkeen normaalikesto, kun kokonaistyömenekki on yli 10 000 työntekijätuntia. /12/

2.3 Tehollisen rakennusajan laskeminen

Hankkeen koko rakennusaika ei ole käytettävissä tuotantoon. Aikataulun laadinnassa on otettava huomioon työmaalla tapahtuvat tuotannon keskeytykset. Tuotannon keskeytykset aiheutuvat lomista ja arkipyhistä, sääoloista sekä tuotannon häiriöistä, joita voivat olla esimerkiksi työkoneiden rikkoutumiset. Aikataulun tavoitteellisuus ja realismi varmistetaan suunnittelemalla työt ilman häiriöitä ja varautumalla keskeytyksiin. /3, 22; 11/

Tavoitteellinen aikataulu saadaan laadittua käyttämällä aikamenekkinä tehollista T3-aikaa. T3-aikaan ei sisälly yli tunnin mittaisia häiriöitä tai keskeytyksiä ja teholliset ajat ovat nimenomaan tavoitteellisia aikamenekkejä, joita käytetään muun muassa rakentamisvaihe aikataulujen laadinnassa. Tuotannon sujussa häiriöttä, tavoitetasona on tehollisen ajan mukainen työsaavutus. /3, 22; 2, 63/

Aikatauluun on varattava niin sanottua vapaata pelivaraa, joka tarkoittaa käytännössä suurhäiriöitä. Suurhäiriöitä tapahtuu aina työmaalla, mutta ne ovat satunnaisia eivätkä esiinny välttämättä jokaisen työvaiheen aikana. Esimerkkejä suurhäiriöistä ovat yli tunnin mittaiset keskeytykset, pienet erilliset työvaiheet ja kalustolliset ongelmat. Tästä syystä tavoitteelliseen aikatauluun, jossa käytetään T3-aikamenekkejä, on merkittävä suurhäiriöt keskeytyspäiviksi. Näin vältetään aikataulun liiallinen kireys. /3, 22/

Talonrakennustuotannon aikataulutuksessa voidaan käyttää seuraavia suurhäiriövarauksia kokonaisajasta laskettuna /3, 22/

- perustusvaiheen töissä 3 %
- runkovaiheen töissä 5 %
- sisävalmistustöissä 2 %

2.4 Kohteen jakaminen osakohteisiin ja suoritusjärjestyksen valinta

Kohteen jakaminen osakohteisiin helpottaa hankkeen kokonaishallintaa. Osakohteilla tarkoitetaan rakennuksen lohkoja ja työkohteita. Lohkot ovat rakennuksen fyysisiä osia, esimerkiksi rakennuksia tai rakennuksen osia. Työkohde on lohkon osa, jossa tehdään yhtä työkohteen sitovaa tehtävää kerralla. /3, 24/

Osakohteiden suoritusjärjestyksellä pystytään vaikuttamaan rakentamisen kestoon ja sitä kautta aikataulun kireyteen. Lohkojen toteutusjärjestykseen vaikuttavat mm. aikataulu, välitavoitteet, tekniset ratkaisut, ja rakennuttajan tekemät hankinnat. /3, 25–26/

Lohkojen toteutusjärjestyksen valintaan on olemassa niin sanottu Hossin sääntö ja laajennettu Hossin sääntö. Hossin säännön avulla voidaan valita lohkojen toteutusjärjestys. ”Säännön mukaan ensimmäiseksi lohkoksi valitaan se, jonka perustus- ja runkovaihe on lyhyin. Viimeiseksi lohkoksi valitaan se, jonka sisävalmistusvaihe on jäljellä olevista lyhyin.” /3, 27/

Laajennettu Hossin sääntö perustuu töiden kokonaiskestoihin. Säännön mukaan ”ensimmäiseksi lohkoksi valitaan se, jonka sisävalmistusvaiheen tuntimäärän suhde perustus- ja runkovaiheen tuntimäärään on suurin. Viimeiseksi lohkoksi valitaan se, jossa suhde on pienin.” /3, 27/

2.5 Tehtävien väliset riippuvuudet

Tehtävien välisellä riippuvuudella tarkoitetaan tehtävien välisen järjestyksen määräävää ehdotonta tai valittua rajoitusta. Esimerkiksi tiettyä tehtävää ei voida aloittaa tietyssä paikassa ennen edeltävän tehtävän valmistumista. Työjärjestyksen määräävä rajoitus voi johtua esimerkiksi tehtävien välisistä suhteista tai resursseista. Tehtävien väliset riippuvuudet voidaan jakaa loogisiin riippuvuuksiin, olosuhderiippuvuuksiin, teknisiin riippuvuuksiin sekä resurssiriippuvuuksiin. /2, 81–82/

Loogiset riippuvuudet ovat tehtävän toteutusjärjestyksestä johtuvia riippuvuuksia eli tehtävät voidaan toteuttaa vain tietyssä järjestyksessä. Tällainen looginen riippuvuus esiintyy esimerkiksi betonoinnin yhteydessä, jolloin muotin voi purkaa vasta, kun raudoitus ja betonointi on tehty ja betoni on kovettunut tarpeeksi. /2, 81–82/

Olosuhderiippuvuuksilla tarkoitetaan työmaan olosuhteiden vaikutusta tehtävien välisiin riippuvuuksiin. Esimerkiksi ennen sisävalmistustöiden aloittamista pitää vesikatto olla asennettuna paikoilleen tai ennen kuin betonilattian pintamateriaalit asennetaan, on betonilaatan kosteuspitoisuuden oltava tietyllä tasolla. /2, 81; 8/

Tekniset riippuvuudet johtuvat toteutusteknisistä asioista. Tällaisia teknisiä riippuvuuksia voi esiintyä esimerkiksi betonoinnin yhteydessä liikuntasauvojen kohdalla, jolloin betonivalu tehdään kahdessa osassa. /8/

Resurssiriippuvuudet johtuvat resurssien tehtäväsidonnoisuuksista. Tällä tarkoitetaan sitä, että tietty työryhmä tai kone suorittaa tiettyä tehtävää kerralla. Vasta tehtävän valmistuttua työryhmä tai kone siirtyy tekemään seuraavaa tehtävää. Esimerkki resurssiriippuvuudesta on tilanne, jossa työryhmä tekee puisen vesikaton ja vasta sen valmistuttua siirtyy tekemään väliseiniä. /2, 82; 8/

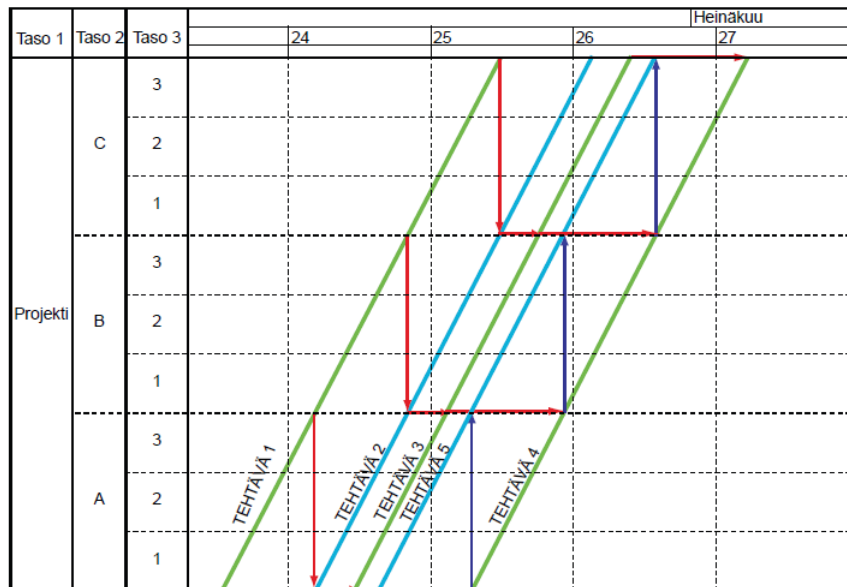
Yleisin rakennushankkeessa esiintyvä tehtävien välinen riippuvuustyyppi on niin sanottu loppu-alkuriippuvuus. Uutta tehtävää ei saa aloittaa ennen kuin edellinen tehtävä on saatu päätökseen. Esimerkki loppu-alkuriippuvuudesta on raudoitustyön tekeminen valmiiksi ennen betonoinnin aloittamista. Muita riippuvuustyyppejä ovat alku-alkuriippuvuus, loppu-loppuriippuvuus sekä alku-loppuriippuvuus. /2, 82; 3, 30–31; 8/

Alku-alkuriippuvuudessa tehtävän saa aloittaa, kun edellinen tehtävä on käynnistynyt. Esimerkki alku-alkuriippuvuudesta on muottityön ja raudoituksen välinen riippuvuus, jossa raudoitustyön voi aloittaa muottityön aloituksen jälkeen. /2, 82; 3, 30/

Loppu-loppuriippuvuudessa edeltävää tehtävää ei voi päättää ennen kuin jäljessä tuleva tehtävä on saatu päätökseen. Esimerkki loppu-loppuriippuvuudesta on väli-seinätyön ja vesijohtotyön välinen riippuvuus, jossa väliseiniä ei voida levyttää umpeen ennen kuin suunnitellut vesijohdot on asennettu rakenteen sisään. /3, 30/

Alku-loppuriippuvuudessa tietylle työlle luodaan onnistumisedellytykset toisen tehtävän avulla. Sillä tarkoitetaan tilannetta, jossa edeltävä tehtävä on aloitettava ennen kuin seuraava tehtävä voidaan tehdä valmiiksi. Esimerkki alku-loppuriippuvuudesta on betonoinnin ja lämmityksen välinen riippuvuus talviolosuhteissa, jossa lämmitys on pidettävä päällä betonoinnin onnistumiseksi. /2, 82; 11/

Kuviossa 2 on esitetty erilaisten tehtävien riippuvuuksia. Taulukossa taso 1 kuvaa koko rakennushanketta kautta projektia, taso 2 osakohteita, esimerkiksi erillisiä rakennuksia ja taso 3 osakohteiden kerroksia. Tehtävien 1 ja 2 välillä voidaan havaita loppu-alkuriippuvuus tasolla 2. Tehtävän 2 aloittamisedellytys on, että tehtävä 1 on tehty loppuun. Käytännössä se tarkoittaa esimerkiksi runkotöiden valmiiksi tekemistä ennen kuin vesikattotyöt voidaan aloittaa. Tehtävien 2 ja 3 välillä voidaan havaita alku-alkuriippuvuus tasolla 2. Tehtävän 3 aloittamisedellytys on, että tehtävä 2 on aloitettu. Taulukossa tehtävien 2 ja 3 aloitukset on ajoitettu yhden päivän viiveellä toisistaan. Tehtävien 3 ja 4 välillä voidaan havaita loppu-loppuriippuvuus kahden päivän viiveellä. Tehtävän 4 lopettamisedellytys on, että tehtävän 3 työt on lopetettu. Tehtävien 4 ja 5 välillä voidaan havaita alku-loppuriippuvuus tasolla 2. Tehtävän 5 lopettamisedellytys on, että tehtävän 4 työt on aloitettu tehtävän 5 suorituspaikassa. /2, 83/



Kuvio 2. Tehtävien väliset riippuvuudet paikka-aikakaaviossa. /2, 83/

2.6 Tehtävien tahdistaminen

Tehtävien tahdistamisella pyritään saamaan eri tehtävien kestot yhtä pitkiksi. Tehtävät pitää suunnitella ja aikatauluttaa niin, että ne kulkevat samassa tahdissa ja etenevät osakohteesta toiseen ilman häiriöitä. Näillä toimenpiteillä pyritään siihen, että jokaisella työryhmällä on työrauha eli samassa työkohteessa ei työskentele kuin yksi työryhmä kerrallaan. Työryhmille pitää järjestää tehtäviä niin, etteivät mestat pääse loppumaan. /2, 84; 3, 36/

Tahdistus tehdään pääasiassa tehtävien työsisältöä muuttamalla ja lisäämällä joihinkin tehtäviin resursseja eli käytetään esimerkiksi kahta työryhmää tai muutetaan työryhmien kokoonpanoja. Tehtävien aloitusväliksi valitaan noin 10 – 15 työvuo-
roa, kun on kyse tavanomaisista rakennuskohteista. /2, 84; 3, 36/

Tahdistaminen on hankalaa pienissä monikerroksisissa rakennuksissa, koska työryhmille ei pystytä järjestämään rinnakkaista varakohdetta. Lisäksi asuinrakennuskohteissa runko- ja sisävalmistusvaiheen välillä esiintyy usein tahdistusongelmia, koska tuotantonopeudellisesti runkovaiheen tehtävät ovat hitaampia verrattuna sisävalmistusvaiheeseen. /2, 85/

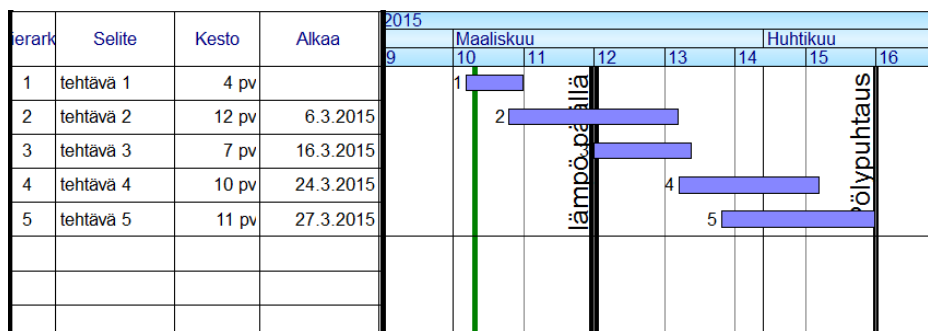
3 AIKATAULUMUODOT

Rakennushankkeen aikataulujen esittämismuotoja ovat jana-aikataulut, vinoviiva-aikataulut, lukujärjestykset sekä toimintaverkot. Erilaisia aikataulumuotoja käyttämällä pyritään havainnollistamaan tietyn rakennusvaiheen tai -ajanjakson aikataulua ja sen tarkkuutta. /2, 21; 3, 13/

3.1 Jana-aikataulut

Jana-aikataulu on talonrakennusalalla yleisesti käytetty aikataulumuoto. Jana-aikataulu kuvaa hankkeen ja sen tehtävien kestoa janoina. Rakennushankkeen aikataulutehtävät luetellaan jana-aikataulun vasemmassa reunassa pystyakselilla ja vaakakselilla on aika. Aika voidaan määritellä esimerkiksi päivän, viikon tai kuukauden tarkkuudella. Tehtävän keston kasvaessa vaakakselin janan pituus kasvaa. Jana-aikatauluun voidaan sijoittaa myös välitavoitteita, kuten ”lämpö päällä” tai ”pölypuhtaus”. Kuviossa 3 on esitetty välitavoitteita sisältävä jana-aikataulu. /2, 21; 3, 13–14/

Aikataulutehtävistä muodostetaan sopivia tehtäväkokonaisuuksia kuten esimerkiksi perustusvaihe ja runkovaihe. Tehtäville asetetaan alkamis- ja lopetushetki. Näitä tehtäväkokonaisuuksia voidaan edelleen pilkkoa pienempiin tehtäväkokonaisuuksiin tai tehtäviin, jolloin saadaan aikataulua tarkemmaksi. Tarkentamisen tarpeellisuuden määrittää, mihin tarkoitukseen jana-aikataulua käytetään. Jana-aikataulun vasempaan reunaan tehtävien perään voidaan laittaa lisätietoja tehtävistä kuten suoritämääriä, työryhmiä ja työmenekkejä. Nämä lisätiedot selkiyttävät tehtävän keston muodostusperiaatteita. /2, 21/

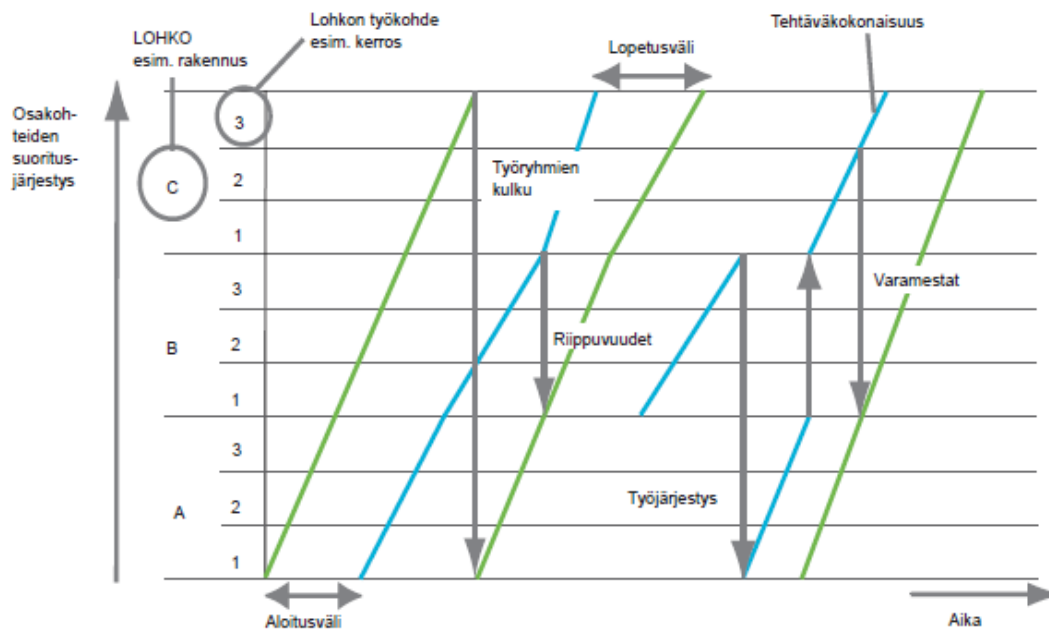


Kuvio 3. Jana-aikataulu, johon merkitty välitavoitteita.

3.2 Paikka-aika- ja tuotantoaikakaavio

Paikka-aikakaaviossa rakennuksen fyysiset osat, kuten lohkot ja työkohteet näkyvät pystyakselilla ja vaaka-akselilla on aika. Tehtäväviivojen kaltevuus kertoo tuotantonopeuden. Paikka-aikakaavio on havainnollinen aikataulumuoto, koska tehtävien kulku esitetään ajan ja paikan suhteen. Vinoviivat kuvaavat tehtävien kestoa, suoritusjärjestystä ja toteutuksien aikavälejä. Kuviossa 4 on esitetty paikka-aikakaavion toimintaperiaate. /1, 25; 2, 25; 4, 453/

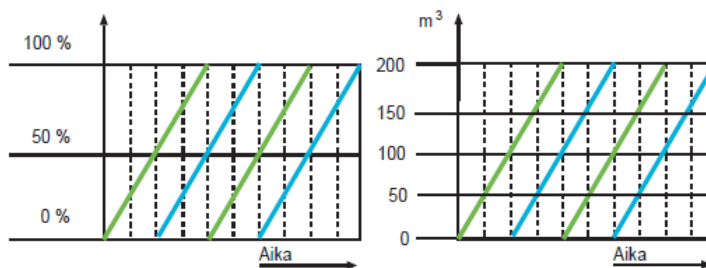
Paikka-aikakaavio on erinomainen tuotannon ja ohjauksen väline. Paikka-aikakaavio toimii hyvin tuotantonopeuden, aloitusajankohtien sekä tehtävien ja osakohteiden suoritusjärjestysten poikkeamien havaitsemisessa. Myös tehtävien joustovara häiriöiden sekä lisä- ja muutostöiden varalta voidaan havaita paikka-aikakaaviosta. /2, 26; 3, 14/



Kuvio 4. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate. /2, 25/

Tuotantoaikakaavio kuvaa tuotannon etenemistä ajan ja tuotannon määrän suhteessa. Vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla kuvataan valmistuneen tuotannon määrää tai valmiusastetta. Kuviossa 5 on esitetty tuotannon valmiusastetta ja määrää kuvaavat tuotantoaikakaaviot. /2, 27/

Tuotantoaikakaavio soveltuu hyvin tuotantonopeuden valvontaan niin työvaiheiden kuin yksittäisenkin tehtävän osalta. Sitä käytetään mm. tuotannon vaiheiden kehittämiseen ja tuotantonopeuden seurantaan ja valvontaan. Sen avulla pystytään varmistamaan tehtävien optimaalinen tahdistus eli se, että tehtävät etenevät samalla tuotantonopeudella. /2, 27; 3, 16/



Kuvio 5. Esimerkkejä tuotantoaikakaavioista. /2, 27/

3.3 Lukujärjestys ja toimintaverkot

Lukujärjestyksessä esitetään tietyn viikon päiväkohtaiset tehtävät päivä-, puoli-päivä tai tunti-kohtaisesti. Lukujärjestystä voidaan käyttää koko työmaan aikatauluna tai työryhmän tai työntekijän aikatauluna. Työmaan aikatauluna käytettäessä, lukujärjestyksessä esitetään koko työmaata koskevat aikataulullisesti merkittävät tehtävät tai esimerkiksi materiaalien saapuminen työmaalle. Työryhmän ja työntekijän yksityiskohtaiset lukujärjestykset suunnitellaan tehtävien mukaan. Kuviossa 6 on esitetty Excel-pohjainen lukujärjestys. /2, 38/

LUKUJÄRJESTYS		VKO 38			
	MA 20.9.	TI 21.9.	KE 22.9.	TO 23.9.	PE 24.9.
7.00 - 9.00	US M.P.L tilattu Skpl	M/P asennus	Ontelot lätkä 7.15 Ontelot 8.00	Betoco vaahtu U-asennus 7.15	Ontelojuotos 7.15 Ontelojuotos 8.30
9.15 - 11.00	väliseinät 10.00		Ontelot 9.15 Ontelot 10.00	Väliseinärungot alkaa	Muurauksittavat Raudoille
11.30 - 13.30		US 11.30 S25, M, L8, L11 L12	L9, L10 11.30		IV-konkreetin lattiavalmu 11.30
13.45 - 15.30	Saunat 9 -krs.		Hormiasennus	VIKKOPALAVERI	

MUUTA: Ma 20.9. imurasennus 1-8 krs.

Kuvio 6. Excel-pohjainen lukujärjestys. /2, 38/

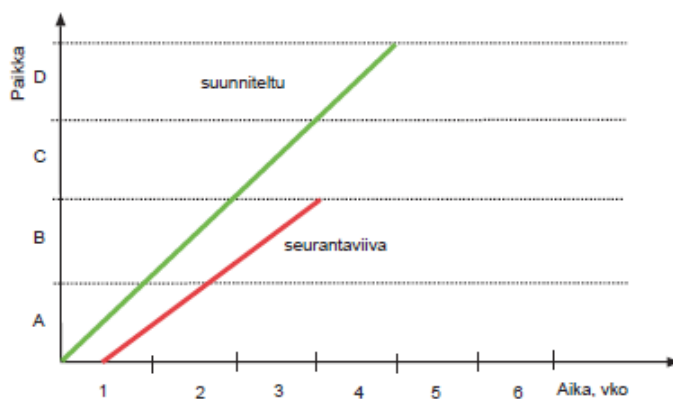
Toimintaverkkoja käytetään pääsääntöisesti aikataulujen laadintatekniikoina. Niiden avulla tutkitaan tehtävien riippuvuuksia ja lasketaan poikkeamien vaikutus hankkeen keston. Toimintaverkkoja ei käytetä aikataulun esitysmuotoina, koska sitä varten on olemassa parempia vaihtoehtoja kuten jana-aikataulut. /3, 14; 2, 32/

4 AIKATAULUJEN VALVONTA

Työn toteutumista on valvottava jatkuvasti, jotta osataan reagoida tuotannon poikkeamiin. Käytännössä valvontaa suoritetaan toteutuneen tuotannon vertaamisella suunniteltuun tuotannon etenemiseen eli laadittuihin aikatauluihin. Tehdyistä havainnoista on raportoitava työmaan johdolle, jotta tilannetta osataan ohjata oikeaan suuntaan. Tuotannon valvontaan tulee käyttää systemaattisia menetelmiä, jotta valvonta on tehokasta ja jatkuvaa. Tuotannon valvontaa varten suositeltavia tapoja ovat paikka-aikakaavion ja valvontavinjetin käyttäminen. /3, 45/

4.1 Paikka-aikakaavio tuotannon valvonnassa

Paikka-aikakaavio on hyödyllinen työkalu aikataulun valvonnassa. Paikka-aikakaavioon merkitään toteumatietoa, jotta pystytään seuraamaan ja toteamaan tuotannon edistymisen. Tehtävien edistymistä seurataan viikoittain suoritemäärien avulla. Tällä tavoin pystytään jatkuvasti seuraamaan tehtävien edistymistä ja reagoimaan oikea-aikaisesti tuotannon ohjaukseen. Kuviossa 7 on esitetty paikka-aikakaavio tuotannon valvonnassa. /3, 45–47/



Kuvio 7. Paikka-aikakaavio hyödyntäminen tuotannon valvonnassa. /2, 121/

4.2 Valvontavinjetti tuotannon valvonnassa

Valvontavinjetillä seurataan töiden edistymistä eli valmiusastetta. Työt voidaan esittää matriisimuodossa tai merkinnät voidaan tehdä pohjakuvaan. Työmaalta kerättyä toteumatietoa täytyy säännöllisesti siirtää valvontavinjettiin. /2, 30; 3, 49–50/

Matriisi- eli taulukkomuotoisessa valvontavinjetissä työhön liittyvä tieto merkitään pystyakselille. Työhön liittyvällä tiedolla tarkoitetaan suunniteltuja töitä ja osakohteita. Matriisiruutuihin merkitään jokaisen osakohteen kohdalle suunniteltu aloitus- ja lopetusajankohta. Kuviossa 8 on esitetty matriisimuotoinen valvontavinjetti. /2, 30/

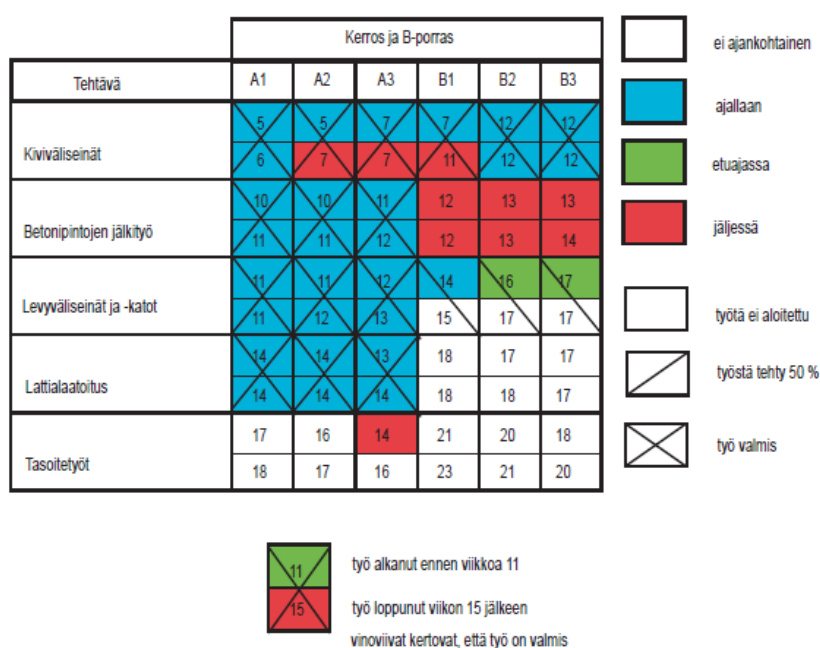
Tehtävän hierarkia	Valvottava tehtävä	Osakohde					
		Talo 1			Talo 2		
	Selite	kerros	1. krs	2. krs	3. krs	1. krs	2. krs
12	Saunan rakenteet		29 ma 30 ke	30 ke 31 pe	31 pe 32 ti	33 ti 34 to	34 to 36 ti
13	Parkettilattiat		31 pe 32 ti	32 ti 33 to	33 to 35 ma	35 ma 36 ke	36 ke 37 pe
14	Pintamaalaus		38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

Työtä ei ole aloitettu
 Työ aloitettu
 Työ valmis

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

Kuvio 8. Matriisimuotoinen valvontavinjetti. /2, 30/

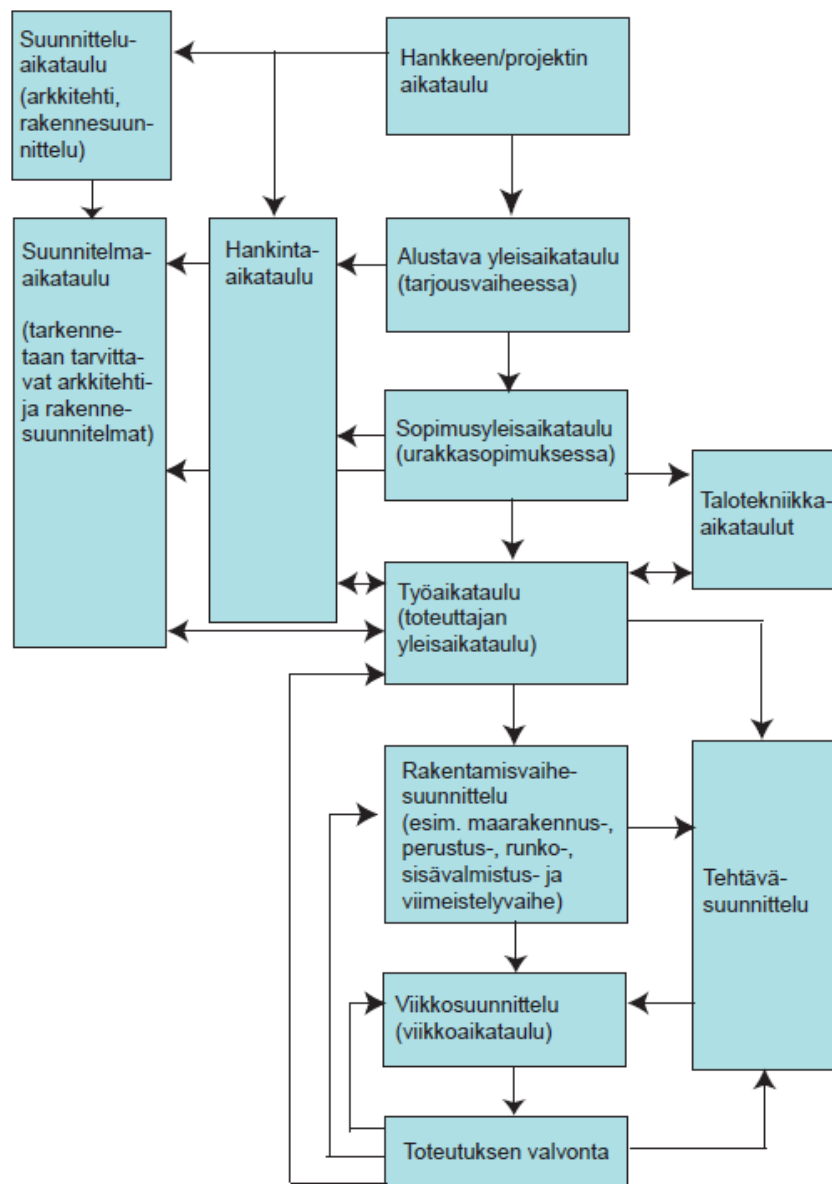
Töiden etenemistä voidaan seurata rastitusperiaatteella eli ruutuun vedetään yksi vinoviiva, kun työt kohteessa on aloitettu tai töistä on valmiina 50 %. Kun työt osakohteessa ovat valmiit, vedetään ruutuun toinen vinoviiva. Toinen tapa on käyttää värejä töiden etenemisen seurannassa. Tyypillisiä väri vaihtoehtoja ovat vihreä, sininen ja punainen tai vihreä, keltainen ja punainen. Vihreä tarkoittaa valmista, sininen ja keltainen, että työ on käynnissä tai kesken ja punainen, että työ on myöhässä. Vinjettiin voidaan myös käyttää rastitusperiaatteen ja värien yhdistelmiä (kuvio 9). /2, 30; 3, 49–50/



Kuvio 9. Matriisimuotoinen valvontavinjetti, jossa on hyödynnetty sekä värejä että rastitusperiaatetta. /2, 31/

5 RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUT

Rakennushankkeen aikataulutuksella pyritään luomaan edellytykset hankkeen toteuttamiselle. Hankesuunnitteluvaiheessa tehdään aikataulusuunnittelun kannalta oleelliset ratkaisut, jolloin rakennuttaja päättää hankkeen ajalliset reunaehdot ja tavoitteet sekä laatii hanke- eli projektiaikataulun. Kuviossa 10 on esitetty aikataulusuunnittelun eteneminen rakennushankkeessa.

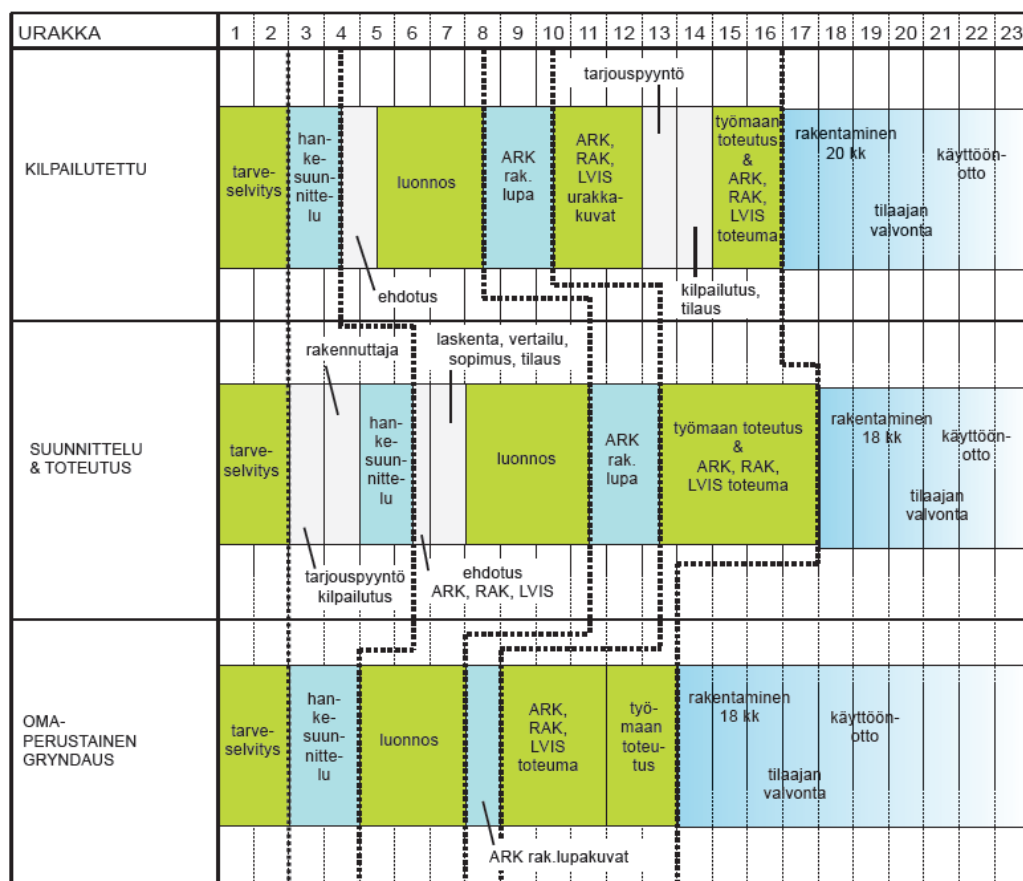


Kuvio 10. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun eteneminen. /2, 40/

5.1 Hankeaikataulu

Rakennushanke- eli projektiaikataulun laatii rakennuttaja, joka tarkistaa projektin toteutumisedellytykset normaalissa rakentamisajassa. Hankeaikataulun tarkoituksena on luoda puitteet ja tavoitteet rakennushankkeen toteutukselle. Hankeaikataulun tulee olla realistinen ja tavoitteellinen ja siinä tulee huomioida hankkeen muiden suunnitelmien yhteensovittaminen. /2, 40–41/

Rakennuttaja päättää hankeaikataulua varten kokonaiskestosta, välitavoitteista, rakentamisen ajoittumisesta, suoritusjärjestyksestä, suunnitelmien valmistumisajankohdista sekä suunnittelun ja rakentamisen limittämisestä. Hankeaikataulun toteuttamiseen vaikuttaa urakkamuoto. Kuviossa 11 on esitetty eri urakkamuotojen hankeaikatauluja. /1, 18; 2, 40–41/



Kuvio 11. Eri urakkamuotojen hankeaikatauluja. /2, 41/

5.2 Suunnitelma-aikataulu

Suunnitelma-aikataulu eli piirustusaikataulu on keskeinen suunnittelujohtamisen työkalu. Suunnitelma-aikatauluun sisältyy suunnittelun sisältö ja suunnittelun ajoitus ja siihen määritetään päivämäärät, jolloin eri suunnitelmien pitää olla valmiina ja käytettävissä. Kuviossa 12 on esitetty työmaan suunnitelma-aikataulu. /1, 18; 2, 48/

Suunnitelma-aikataulun laadinta aloitetaan yleensä ennen urakkasopimuksen solmimista samaan aikaan hankinta-aikataulun kanssa. Rakentamisen työaikataulun hyväksymisen jälkeen tarkistetaan suunnitelma-aikataulu. Suunnitelma-aikataulun lähtötietoina tulee olla rakentamisen yleisaikataulu ja suunnittelun yleisaikataulu, jossa kuvataan suunnitelmien tekemiseen varattu aika ja aikavälit. Suunnittelun yleisaikataulu eli suunnittelu-aikataulu on hyväksyttävä kaikkien suunnittelijoiden kesken. /2, 48–49/

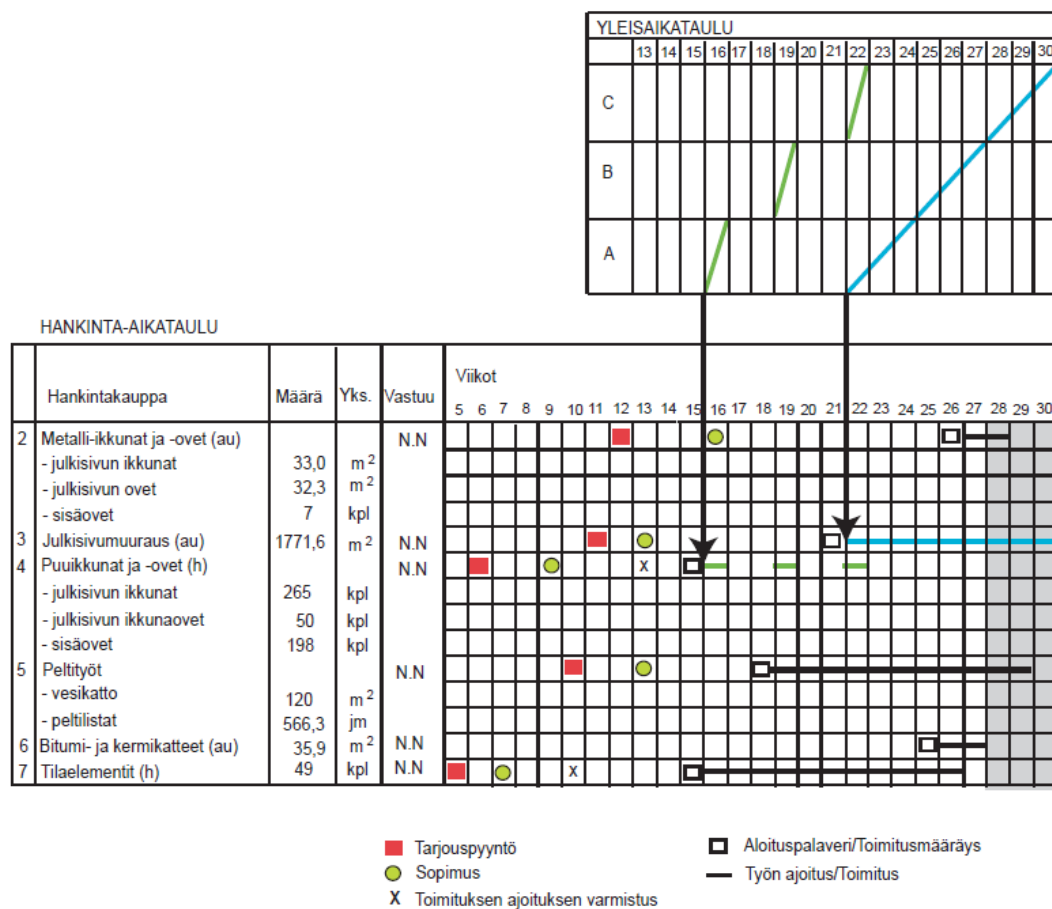
				AIKATAULU	TOTEUMA
Ulkoseinät					
	C-100	Julkisivuelementit etelään	1:100	} vko 51 / 2010	
	C-101	Julkisivuelementit länteen	1:100		
	C-102	Julkisivuelementit itään	1:100		
	C-103	Julkisivuelementit pohjoiseen	1:100		
Ikkunat					
	C-100	Lasijulkisivukaaviot	1:200	} vko 51 / 2010	
	C-101	Lasijulkisivut, nurkkadetailit	1:10		
	C-102	Lasijulkisivut, detailit	1:40, 1:20, 1:10	} vko 4 / 2011	
	C-103	Puualumiini-ikkunakaavio	1:50		
	C-104	Puualumiini-ikkunat, sovitukset, periaate	1:20	} vko 5 / 2011	
	C-105	Metalli-ikkunakaavio	1:50		
Ulkio-ovet					
	C-100	Metallilumpiovet, ulko-ovet	1:50	} vko 8 / 2011	
	C-101	Metallilasiovet, ulko-ovet	1:50		
	C-102	Al-rakenteiset lasiovet	1:50		

Kuvio 12. Työmaan suunnitelma-aikataulu. /2, 49/

5.3 Hankinta-aikataulu

Hankinta-aikataulussa kuvataan hankintojen hankintaprosessi. Hankintatapahtumien ajoituksessa tulee huomioida riittävät aikavaraukset tarjouspyynnölle, tarjoukselle, neuvotteluille ja päätöksille. Hankinta-aikataulun vasempaan reunaan kirjataan hankintakauppa. Oleellisia tietoja ovat myös hankintojen määrät ja kuka hankinnasta vastaa. Kuviossa 13 on esitetty hankinta-aikataulu. /2, 51–52/

Osa hankinnoista tehdään heti rakennushankkeen alkaessa, ettei rakentamisen aloitus viivästy. Hankkeen alussa suoritetaan karkeaa hankintojen aikatauluttamista. Viimeistään työaikataulun valmistuttua karkeat hankintoja koskevat aikataulutukset tarkennetaan hankinta-aikatauluksi. Jotta hankinta-aikataulu on toimiva, on se sidottava työaikatauluun. Näin varmistetaan, että materiaalit ja rakennusosat ovat työmaan käytössä oikea-aikaisesti ja työt päästään aloittamaan aikataulun mukaan. Hankinta-aikataulun laatiminen on työnsuunnittelijan tai työmaainsinöörin tehtävä yhteistyössä työmaan vastaavan työnjohtajan ja hankintavastaavan kanssa. Hankinta-aikataulu laaditaan työaikataulun laatimisen yhteydessä. /2, 51–52/



Kuvio 13. Hankinta-aikataulu. /2, 51/

Hankinta-aikataulun laatimiseen tarvittavat lähtötiedot saadaan hankeaikataulusta, jossa määritetään välitavoitteet ja muut tavoitteet. Nämä ovat alustavia eli karkeita lähtötietoja, mutta yleisaikataulun tarkentuessa lähtötiedot hankinta-aikataulun laadintamiseksi tarkentuvat. Hankinta-aikataulun laadinta on työmaahenkilöstön ja hankintahenkilöstön välistä yhteistyötä. Työmaahenkilöstö määrittelee hankintojen toimitusajankohdan työaikataulun perusteella, josta hankintahenkilöstö määrittelee tarvittavan ajan hankintaprosessille. /2, 52/

5.4 Yleisaikataulu

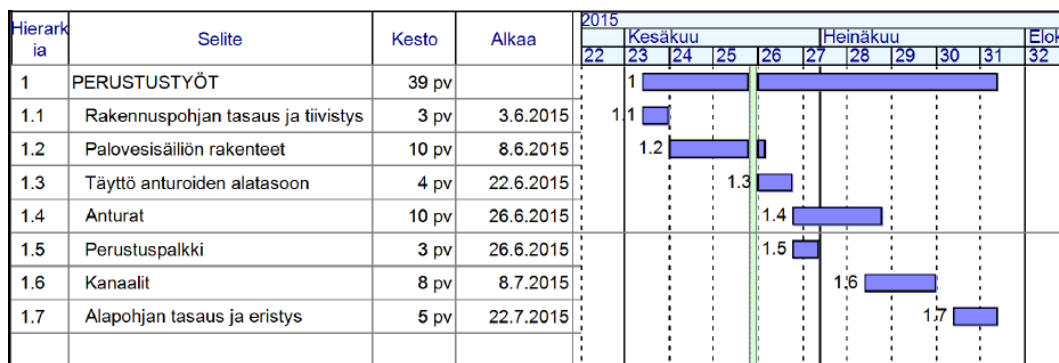
Yleisaikataulu kuvaa koko hankkeen suunniteltua työnkulkua. Yleisaikataululla on kolme erilaista muotoa, jotka eroavat toisistaan laadinnan ajankohdan, tarkkuustason ja käyttötarkoituksen mukaan. /1, 52; 2, 43; 5/

Alustava yleisaikataulu on karkea hankkeen aikataulu, jonka avulla pyritään luomaan kokonaiskuva muun muassa hankkeen kestosta ja tärkeimmistä työvaiheista. Alustava yleisaikataulu laaditaan hankkeen tarjousvaiheessa päätoteuttajan toimesta. Sopimusyleisaikataulu on rakennuttajan ja päätoteuttajan välinen sopimusaikataulu, josta käy ilmi rakennuttajalle ja päätoteuttajalle tärkeät päivämäärät ja ajankohdat, kuten rakennuttajan hankinnat ja toimintakokeiden käynnistäminen. /2, 45/

Työaikataulu toimii koko rakennushankkeen ajallisena runkona. Yleisaikataulussa esitettävät päätyövaiheet pilkotaan työaikataulua varten pienemmiksi kokonaisuuksiksi eli osatehtäviksi. Työmaalla työaikataulu ja yleisaikataulu tarkoittavat yleensä samaa asiaa. Työaikataulun laadinnan lähtötietoina käytetään alustavaa yleisaikataulua ja sopimusyleisaikataulua ja se pyritään laatimaan heti, kun taloteknisten töiden osuus on selvillä. Työaikataulun laadinnassa käytetään tehollisia työaikoja (T3) ja häiriöpelivaroja. Se tarkoittaa, että yli tunnin mittaisia häiriöitä ei oteta huomioon tehtävän kestossa vaan ne huomioidaan tehtävien väliin jätettävillä häiriöpelivaroilla. /2, 45–47/

5.5 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataululla tarkoitetaan tarkennettua aikataulua, joka laaditaan työaikataulun perusteella. Rakentamisvaiheaikataulu laaditaan palvelemaan eri rakentamisen vaiheita kuten runkovaihetta tai sisävalmistusvaihetta. Rakentamisvaiheaikataululla pyritään varmistamaan työaikataulun tavoitteiden saavuttaminen. Rakentamisvaiheaikatauluista voidaan käyttää myös nimityksiä jaksoaikataulu, vaihesuunnitelma ja käännetty rakentamisvaiheaikataulu. Käännetty rakentamisvaiheaikataulu tarkoittaa sitä, että työaikataulu on laadittu rakentamisvaiheaikataulusta. Kuviossa 14 on esitetty perustustöiden rakentamisvaiheaikataulu. /2, 55/



Kuvio 14. Perustustöiden rakentamisvaiheajakaulu.

Rakentamisvaiheajakaulun laadinnan tärkeimmät lähtötiedot ovat

- sopimusasiakirjat, joista käy ilmi kiinteät päivämäärät
- työajakaulu ja edellinen rakentamisvaiheajakaulu sekä tuotantosuunnitelmat
- määrälaskelma
- tekniset suunnitelmat
- käytettävät työmenetelmät sekä kalustovalinnat
- resurssit ja resurssirajoitukset
- tuotantotiedostot kuten yrityskohtaiset tiedostot ja Ratu-työmenekkitiedostojen T3-ajat ja toteutuneet työmenekkitiedot. /2, 56/

Rakentamisvaiheajakaulu laaditaan työmaan yleisaikatauluun tai työajakauluun perustuen. Ajakaulusta tulee näkyä sekä rakennustekniset työt että tärkeimmät sivu- ja aliurakoiden tehtävät. Näiden töiden tulee olla yhteen sovitettu keskenään riippuvuuksiltaan, mitoituksiltaan ja tahdistuksiltaan. Eri urakoitsijoiden työt suunnitellaan yhteistyössä niin, että kaikki osapuolet ovat valmiita sitoutumaan aikataulutavoitteisiinsa. /2, 56/

Tärkeimpien työvaiheiden resurssien mitoitus suoritetaan työmenekkien, tehtävien limitysten ja vaihtoehtolaskelmien avulla. Työmenekkeinä käytetään T3-aikoja eli tehollisia työmenekkejä. Rakentamisvaiheajakaulut laaditaan tavallisesti työ-

maalla. Rakentamisvaiheaikataulujen pohjalta laaditaan tarkempia viikkoaikatauluja. Yleisin esitysmuoto rakentamisvaiheaikataululle on jana-aikataulu tai paikka-aikakaavio. /2, 56/

5.6 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulun avulla pyritään varmistamaan töiden tavoitteiden toteutuminen, resurssien tehokas käyttö ja riittävyys. Viikkosuunnittelu tehdään viikoittain 1-3 viikoksi eteenpäin. Yleisesti viikkoaikataulu esitetään jana-aikataulumuodossa selkeyden vuoksi. Viikkoaikataulun laatii kunkin työkohteen työnjohtaja ja aikataulut sovitetaan yhteen ja yhdistetään yhteistyössä vastaavan työnjohtajan kanssa. Kuviossa 15 on esitetty viikkoaikataulu. /2, 58–59/

Viikkoaikataulu																						
Kohde:		Viikot ____ - ____ 20__																				
Tehtävänimike ja työkohde	Työryhmä RAM + RM	Työsaavutus	Tavoite- määrä	Viikko							Viikko											
				M	T	K	T	P	L	S	M	T	K	T	P	L	S					
Täyttö ja tasaus	2 RM + KK	320 m ² idt/tv	Ruudut 2-5, 7-9	█																		
Lämpöeristeen ja suoja-paperin asennus	2 RM	200 m ² /tv	1-3, 6-8	1	6	2	7	3	8				4	9	5							
Muuraus	3 RAM + 5 RM	45 m ² /tv	225 m ²	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Liittyvät työt:																						
Laatan raudoitus		1,5 ruutua/tv											2	8	3	9	4	5				
Imubetonointi		1 ruutu/tv											1	2	3	4	5					

Kuvio 15. Viikkoaikataulu. /2, 59/

Viikkoaikataulun laadinnan perustana on työ- ja rakentamisvaiheaikataulu ja niiden asettamat tavoitteet. Aikataulun laadinnassa tulee ottaa huomioon työmaan käytävissä olevat resurssit, työkohteet, suunnitelmat, koneet ja kalusto ja materiaalit. Laadintavastuu on työmaan työnjohtajalla. /2, 59/

5.7 Viimeistelyvaihe ja luovutusaikataulu

Viimeistelyvaiheen periaatteena on saada hanke valmistumaan sovittuna ajankohdaksi ja siksi luovutusaikataulun laadinta on oleellinen ja tärkeä vaihe rakentamisessa. Viimeistelyvaiheessa on tärkeää suunnitella työvaiheiden oikea suoritusjärjestys. Esimerkiksi pölyävät työvaiheet on tehtävä ennen toimintakokeita ja säätöjä. /2, 57; 5/

Viimeistelyvaiheessa laaditaan eri urakoitsijoiden työt yhteen sovittaen luovutusaikataulu, johon sisältyy urakoitsijoiden omia tarkastuksia, korjauksia ja säätöjä, talotekniikan koekäyttöjä, teknisiä kokeita, tarkastuksia ja mittauksia, jälki- ja viimeistelytarkastusten suorittaminen sekä kohteen luovutus. Kaikkia osapuolia tiedotetaan viimeistelyvaiheesta työmaakokouksessa. /2, 57; 5/

6 TAMPEREEN KAUPINOJAN PINTAVESILAITOS

Tampereen vanha Kaupinojan pintavesilaitos on rakennettu 1920-luvulla ja sitä laajennettiin 1950-luvulla. Se toimii varalaitoskäytössä ja se voidaan tarvittaessa käynnistää tuottamaan vettä kaupunkilaisille neljän tunnin varoajalla. Tampereen vanha Kaupinojan pintavesilaitos korjataan perusteellisesti ja vanhan laitoksen perinteinen vedenkäsittelyjärjestelmä modernisoidaan vastaamaan nykyisiä vaatimuksia. Tontille rakennetaan samanaikaisesti uusi vesilaitokseen kuuluva tulovesipumppaamo. Samalle tontille tulevan kaukojäähdytyslaitoksen rakentaminen aloitetaan sen jälkeen, kun rakennuslupa on saatu. Louhintatyöt on aloitettu erityisluvalla maaliskuussa 2015. /10/

Työyhteisliittymä Alasen Rakennus Oy, Are Oy ja Econet Oy toteuttaa Kaupinojan pintavesilaitoksen korjauksen ja tulovesipumppaamon rakentamisen KVR-urakana, jonka tilaajana on Tampereen Vesi. Alasen Rakennus Oy toimii kohteen rakennusurakoitsijana ja päätoteuttajana. Are Oy toimii talotekniikkaurakoitsijana ja Econet Oy vastaa vedenkäsittelyprosessista, putkistoista ja prosessisuunnittelusta. KVR-urakka on aloitettu syksyllä 2013 ja sen suunniteltu valmistumisajankohta on vuoden 2016 toukokuussa. /10/

Tampereen Kaupinojan pintavesilaitoksen KVR-urakka on haasteellinen aikataulusuunnittelun näkökulmasta. Vesilaitoksen vanhaa osaa korjataan samanaikaisesti, kun uutta tulovesipumppaamorakennusta rakennetaan, osin kuusi metriä Näsijärven pinnan alapuolelle. Sen jälkeen, kun KVR-urakka oli aloitettu, tilaaja haki Kaupinojan pintavesilaitoksen tontille kaavamuuoksen, joka mahdollistaa kaukojäähdytyslaitoksen rakentamisen samalle tontille.

Kaukojäähdytyslaitokseen tulee kaksi kerrosta. Ensimmäinen kerros jää maanpinnan alle. Runkorakenteet toteutetaan sekä paikalla valaen että elementtirakenteisina. Ensimmäisen kerroksen rakenteet eli alapohjalaatta, kantavat seinät, pilarit ja palkit toteutetaan paikalla valaen. Holvirakenne koostuu kuorilaatastosta ja pinta-valusta. Sokkeli tehdään sokkelipalkeilla. Toisen kerroksen kantavat seinät, pilarit ja palkit ovat elementtirakenteisia ja kattorakenteena käytetään ontelolaattoja.

Kohteeseen laaditut aikataulut suunniteltiin yhteistyössä tilaajan ja työmaan toimihenkilöiden kanssa hyödyntäen Ratu-työmenekkitiedostoja sekä olemassa olevia suunnitelmia. Aikataulujen laadinnassa käytettiin PlaNet 6.4.6 -ohjelmaa. Työssä laadittiin kaukojäähdytyslaitoksen osalta yleisaikataulu sekä rakentamisvaihe aikatauluja. Kaukojäähdytyslaitoksesta laadittiin aikataulusuunnitelmat, joiden tavoitteena on varmistaa pintavesi- ja kaukojäähdytyslaitoksen toiminnan alkaminen keväällä 2016. Kaukojäähdytyslaitoksen suunnittelu on kesken eikä rakenteiden määrää ollut käytössä. Tilaaja määritteli tuotannon käynnistymispäivän. Aikataulujen työvaiheiden kestot on määritetty siten, että hanke on valmis keväällä 2016 ja työvoiman tarve suhteutettiin aikataulun keston. Työmaalla työskennellään osin kahdessa vuorossa.

Rakentamisvaihe aikataulut (liitteet 2–7) laadittiin

- työmaan perustamisesta ja louhintatöistä
- perustustöistä
- runkotöistä
- sisätöistä
- rungon ulkopuolisista töistä
- pintarakennetöistä

Rakentamisvaihe aikatauluissa käytetyt kestot määriteltiin taulukoissa 1 ja 2 esitettyjen laskentaesimerkkien mukaisesti. Käytetyt arvot ovat suuntaa-antavia. Esimerkiksi ilman tarkempia suunnitelmia, on mahdoton sanoa, minkä vahvuista raudoitusta anturoissa käytetään ja kuinka paljon. Laskentaesimerkeissä on käytetty karkeutettuja työmenekkejä. Töiden kestoja määritettäessä on tehty yhteistyötä tilaajan sekä työmaan toimihenkilöiden kanssa.

Esimerkiksi louhintatöiden kesto on määritetty louhintaurakoitsijalta saadun tiedon mukaan. Muiden töiden eli työmaakeskuksen rakentamisen, väliaikaisten rakenteiden, aitauksen sekä työmaasähkön, -veden ja -viemäroinnin osalta on keston määrittelyssä käytetty KVR-urakassa esiintyneiden samojen töiden kestoja. Rakenteiden määriä ei ollut käytettävissä.

Perustustöiden kestot perustuvat arvioihin, koska rakenteiden määriä ei ollut käytettävissä. Taulukossa 1 esitetystä laskentaesimerkistä on kuvattu anturatyön keston määrittäminen. Anturoiden korkeudeksi on arvioitu 500 mm ja leveydeksi 1000 mm. Arvioitu anturoiden juoksumetrimäärä on 140 jm.

Taulukko 1. Laskentaesimerkki. Anturatyön keston määrittäminen.

Laskentaesimerkki									
PERUSTUSTYÖT: ANTURAT									
HUOM.! Määrät arvioita									
Työlaji	Määrä	Yks.	Työmenekki T3	yks.	Kokonaistyömenekki	Yks.	Työryhmä	Kesto	Yks.
Muottityö levymuotteilla	140	m ²	0,42	tth/m ²	58,8	tth	1 RAM + 1 RM	3,7	tv
Raudoitus (laskettu antruaraudoitus d=16 mm)	5	1000 kg	8,8	tth/1000 kg	44	tth	2 RAM	2,8	tv
Betonointi, pumpulla	70	m ³	0,25	tth/m ³	17,5	tth	2 RAM	1,1	tv
Anturatyö yhteensä:								8,0	tv
Työmenekit ja työryhmien koot on otettu seuraavista Ratu-korteista									
- Ratu 0398. Levymuottityö. Menekit ja menetelmät.									
- Ratu 0402. Raudoitus. Menekit ja menetelmät.									
- Ratu 0403. Betonointi. Menekit ja menetelmät.									

Laskentaesimerkin tuloksena saadaan anturatyölle 8 työvuoroa. Koska määrät, muottien toteutustapa, raudoituksen vahvuus ja betonointimenetelmä ovat arvioita, on hyvä varata anturatyölle lisää aikaa. Sen vuoksi perustustöiden aikataulussa anturoiden kestoksi päätettiin yhdessä toimeksiantajan kanssa 10 työvuoroa.

Runkorakenteiden kestot perustuvat arvioihin, koska rakenteiden määriä ei ollut käytettävissä. Taulukossa 2 esitetystä laskentaesimerkistä on kuvattu alapohjalaa-
tan keston määrittäminen. Laatan paksuudeksi on arvioitu 300 mm ja laatan kokonaispinta-alaksi 1000 m².

Taulukko 2. Laskentaesimerkki. Alapohjalaattatyön keston määrittäminen.

Laskentaesimerkki									
RUNKORAKENTEET: ALAPOHJALAATTA									
HUOM.! Määrät arvioita									
Työlaji	Määrä	Yks.	Työmenekki T3	yks.	Kokonaistyömenekki	Yks.	Työryhmä	Kesto	Yks.
Muottityö kasettimuoteilla	100 m ²		0,36 tth/m ²		36 tth		3 RAM	1,5 tv	
Raudoitus (laskettu laatta verkkoraudoiteella d=6mm k150)	8 1000 kg		10,9 tth/1000 kg		87,2 tth		2 RAM	5,5 tv	
Betonointi, pumpulla	300 m ³		0,25 tth/m ³		75 tth		2 RAM	4,7 tv	
Alapohjalaattatyö yhteensä:								12,0 tv	
Työmenekit ja työryhmien koot on otettu seuraavista Ratu-korteista									
Ratu 0399. Kasetti- ja kupumuottityö. Menekit ja menetelmät.									
- Ratu 0402. Raudoitus. Menekit ja menetelmät.									
- Ratu 0403. Betonointi. Menekit ja menetelmät.									

Laskentaesimerkin tuloksena saadaan alapohjalaattatyölle 12 työvuoroa. Määrät, muottien toteutustapa, raudoituksen laatu ja vahvuus, sekä betonointimenetelmä ovat arvioita. Mahdollisista alapohjalaatan varauksista ei ole tietoa. Sen vuoksi työlle on hyvä varata lisää aikaa ja siksi runkorakenteiden aikataulussa alapohjalaatan kestoksi päätettiin yhdessä toimeksiantajan kanssa 22 työvuoroa. Muiden rakenteiden ja rakentamisvaihe aikataulujen osalta kestot on laskettu samalla tavalla käyttäen arvioituja määriä.

Kaukojäähdytyslaitoksen aikataulujen lisäksi koko hankkeesta laadittiin yleisaikataulu, johon on sisällytetty kaukojäähdytyslaitoksen työt. Yleisaikataulu laadittiin ajanjaksolle 3/2015 – 5/2016, jolloin se käsittää hankkeen jäljellä olevan keston. Yleisaikataulun laadinnassa hyödynnettiin kohteen aikaisempia aikataulusuunnitelmia.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä laadittiin kaukojäähdytyslaitoksen aikataulusuunnitelmat, joiden tavoitteena on varmistaa pintavesilaitoksen ja kaukojäähdytyslaitoksen toiminnan alkaminen keväällä 2016. Aikataulusuunnittelulla luodaan perusta muulle tuotannon suunnittelulle ja sen merkitys rakentamiselle on tärkeä. Huolellinen aikataulusuunnittelu vaikuttaa myönteisesti kustannuksiin, laatuun ja työturvallisuuteen. Aikataulusuunnittelun avulla pyritään havainnollistamaan tuotantoa, mutta sen tarkoituksena on myös toimia tuotannon ohjauksen ja valvonnan välineenä.

Aikataulujen laadinta oli haasteellista, koska tarvittavia suunnitelmia ja määrälaskentoja ei ollut saatavilla. Opinnäytetyön aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja opettava kokemus. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus ja sitä voidaan hyödyntää jatkossa aikataulusuunnitelmia laadittaessa. Opinnäytetyön tuloksena laaditut aikataulusuunnitelmat vastasivat työlle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia ja ne ovat Alasen Rakennus Oy:n käytössä Kaupinojan pintavesilaitoksen työmaalla.

LÄHTEET

- /1/ Ratu KI-6023. Aikataulukirja 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- /2/ Ratu KI-6021. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2011. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- /3/ Junnonen, J-M. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Suomen rakennusmedia Oy. 2010. 148 s.
- /4/ Kankainen, J. & Kolhonen, R. Rakennuttajan toimenpiteet urakan ajallisessa ohjauksessa. Rakentajain kalenteri 2002. Julk. Rakennustieto Oy. 2001. 452 – 458 s.
- /5/ Mittaviiva Oy. 2015. Viitattu 18.2.2015.
http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/1_2_aikataulut.html#alku_1_2_2_otsikot
- /6/ RT 16-10758. KVR-esisopimuksen laatiminen. YSE 1998 asiakirjamalli. 2011. Rakennustieto Oy.
- /7/ RT 16-10768. Urakkamuodot ja -asiakirjat. YSE 1998 asiakirjaohje. 2002. Rakennustieto Oy.
- /8/ Mittaviiva Oy. 2015. Viitattu 19.2.2015.
http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/1_3_riippuvuustaulukko.html.
- /9/ Alasen Rakennus Oy. 2013. Viitattu 3.3.2015.
<http://www.alasenrakennus.fi/2>
- /10/ Econet Oy. Viitattu 3.3.2015.
<http://www.econetgroup.fi/tiedotteet3643>
- /11/ Mittaviiva Oy. 2015. Viitattu 24.2.2015.
http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/1_1_aikataulusuunnittelu.html#alku_1_7
- /12/ Mittaviiva Oy. 2015. Viitattu 18.2.2015.
www.mittaviiva.fi/ratuflow/pdf/1_1_6_normkestomaar.pdf