



Jussi Ahava

Lean- ja aluetuotanto KYSin Uusi Sydän 2025 -hankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Ylempi AMK-tutkinto

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

Päivämäärä

28.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Jussi Ahava
Otsikko:	Lean ja aluetahituotanto
Sivumäärä:	41 sivua + 1 liitettä
Aika:	28.3.2024
Tutkinto:	Ylempi AMK-tutkinto
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	Sähköinen talotekniikka
Ohjaaja(t):	Lehtori Jarmo Tapio

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia vaihtoehtoisia tapoja toteuttaa potilashuoneen sähköistys mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti huomioiden hankkeen rakentamisen vaiheistus ja jälkivastuu-aika.

Opinnäytetyössä käytetyn case-hankekokonaisuuden rakentamisen läpimenokesto on noin kymmenen vuotta ja hanke koostuu neljästä vaiheesta. Vaiheistuksen vuoksi tavoitteena on myös tutkia lean- ja tahituotanto-periaatteiden soveltumista sairaalaympäristössä sähkötoteutuksen osalta.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta, jossa on lähteinä käytetty lean- ja aikataulukirjallisuutta, rakentamisoppaita ja määräyksiä. Teoriaosuuden jaksojen ja kappaleiden perään on koottu ja kommentoitu aiheeseen liittyviä havaintoja ja tuloksia kronologisessa järjestyksessä, jotta lukija pääsee kiinni kohteen aikaperspektiiviin hankesuunnitteluvaiheesta eri toteutusvaiheisiin saakka.

Opinnäytetyön tuloksien johtopäätöksenä todetaan hukan minimoimisen työssä, logistiikassa ja materiaalmäärissä tuovan merkittävää taloudellista ja aikataulullista säästöä.

Avainsanat: Lean, aluetahituotanto, tahituotanto

Abstract

Author: Jussi Ahava
Title: Lean and Regional Pace Production
Number of pages: 41 pages + 1 appendix
Date: 28 March 2024

Degree: Master of Engineering
Degree Program: Building Services Engineering
Instructor: Jarmo Tapio, Senior Lecturer

The aim of the thesis was to identify alternative ways to implement the electrification of hospital rooms as economically and efficiently as possible, taking into account the phasing of the project construction and the subsequent liability period.

The completion time for the four-phase construction project used as a case in the thesis is about ten years. Due to the phasing of the project, the goal was also to study the application of Lean and paced production principles in a hospital environment from the point of view of electrical implementation.

The thesis first studied literature about Lean and schedules, as well as construction manuals and regulations. Observations and results from the case project were then compiled and commented on in chronological order to depict the time perspective of the project, from the project planning phase to the different implementation phases of the project.

The thesis established that minimizing waste in work, logistics and material quantities brings significant financial and schedule savings.

Keywords: Lean, regional pace production, pace production

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
	1.2 Keskeiset käsitteet	3
	1.3 Tutkimusmenetelmät	6
2	Aikataulun, budjetin ja vaihtoehtoratkaisujen määrittäminen	8
2.1	Rakennustyömaan aikataulun suunnittelu ja aikatauluseuranta	8
	2.1.1 Jana-aikataulu	8
	2.1.2 Paikka-aikakaavio	10
	2.1.3 Viikkoaikataulu	12
	2.1.4 Last Planner	13
	2.1.5 Tahtiaikataulu	15
2.2	Aikataulun ja työkohteiden määrittäminen aluetuotantoa varten	16
	2.2.1 Hankkeen kokonaisaikataulu sekä rakennusvaiheiden yleisaikataulut ja paikka-aika kaavio	16
2.3	Projektivaiheiden laskenta ja budjetointi	18
	2.3.1 Määrälaskenta ja vertailut	19
	2.3.2 Vaihtoehtoratkaisujen vertailu	20
	2.3.3 Hävikin minimoiminen	23
	2.3.4 Kriittisten mestojen tunnistaminen	24
	2.3.5 Järjestelmäintegraatiot	27
3	Toteutus ja toteutuksen jatkuva kehitys	29
	3.1.1 Tavoiteajat ja logistiikka	29
	3.1.2 Toteutuksen korjaavat ja kehittävät toimenpiteet	32
4	Kohteen luovutus ja käyttäjäpalautteet	34
4.1	Nollavirheluovutus	34
	4.1.1 Opiksi otettavaa seuraavaan vaiheeseen	35
4.2	Käyttäjäpalaute	35
5	Tutkimuksen tulos, Arvoa rahalle -raportti ja yhteenveto	37
5.1	Tutkimuksen tulos	37
5.2	Arvoa rahalle -raportti	38

5.3 Yhteenveto	39
Lähteet	41
Liitteet	43
Liite 1. KYS Uusi Sydän -pääsairaalan uudistamisohjelma, sisäinen vaiheistus 17.10.2016.	43

Lyhenteet

KYS	Kuopion yliopistollinen sairaala
PSSH	Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri
AJR	Allianssinjohtoryhmä
APR	Allianssinprojektiryhmä
KSL	Kiinteät sairaalalaitteet
LP	Last planner; Lean-filosofiaan perustuva tuotannonohjausjärjestelmä
Hukka	Arvoa tuottamaton työvaihe
Lean	Toimintastrategia, jolla pyritään minimoimaan prosessin hukat
Tahtituotanto	Lean-filosofiaan perustuva menetelmä, jossa työvaiheet pyritään mitoittamaan samanpituisiksi ja toisiaan välittömästi seuraaviksi
Aluetuotanto	Tahtien jako alueisiin rakennusmestalla vaaka ja/tai pystysuunnassa, siten että tahtituotanto voidaan tarvittaessa katkaista ja siirtää resurssit tekemään saumattomasti toista aluetta häiritsemättä muuta perässä tulevaa työvaihetta
YSE 98	Rakennusalan Yleiset sopimusehdot (1998)

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön tavoite on kehittää Kuopion yliopistollisen sairaalan peruskorjaushankkeen potilaskerroksen toteutusta sähkötoteutuksen tuotannon näkökulmasta. Kehittämistyössä vaikutetaan mm. suunnitteluun (LVISA+ksl), laitevalintoihin, laite- ja järjestelmä integraatioihin, aikatauluun (mm. last planner, yleisaikataulu, kerrosaikataulu, 6-viikkoisaikataulu) ja budjettiin (kokonaisbudjetti). Lisäksi tarkoitus on tunnistaa ne ulkopuoliset tekijät, jotka voivat vaikuttaa aluetahituotantoon.

KYS Uusi Sydän 2025 -hanke toteutetaan neljässä vaiheessa. Kolmessa ensimmäisessä vaiheessa toteutetaan noin 500 potilashuonetta oheistiloineen. Hankkeen kokonaislaajuus on 62 000 m² ja kokonaistavoitekustannusarvio hankkeen alussa on noin 162 M € sisältäen KSL-laitteet. Kohteen urakkamuotona on allianssiurakka.

Hankkeen jakautuminen neljään vaiheeseen luo otolliset olosuhteet jatkuvalle kehittymiselle (lean), sekä tarpeelle kehittää rakentamis- ja suunnittelu-aikatauluja, jotta turhat haitat ja hukat saadaan aikataulusta pois (aluetahituotanto). Toteutettaessa satoja lähes identtisiä tiloja, korostuu toteutuksessa voimakkaasti tarve poistaa tuotannosta kaikki sellainen turha, mikä hidastaa tehokasta toteutusta.

Tässä opinnäytetyössä teoriaosoiden yhteydessä tuodaan esille myös hankkeen käytännön etenemistä sekä hankkeeseen valittuja toteutustapoja. Samalla valinnat perustellaan ja toisaalta pohditaan, olisiko asiat voinut tehdä toisin. Opinnäytetyön valittuun rakenteeseen vaikutti vahvasti hankkeen poikkeuksellisen pitkä kesto ja toteutustapa. Hankkeen edetessä tapahtunut kehitys pystytään paremmin avaamaan lukijalle teorian ja käytännön nivoutuessa toisiinsa.

Allianssin osapuolet

Allianssiurakka on hankkeen toimijoiden välinen yhteiseen sopimukseen perustuva hankkeen toteutusmuoto. Allianssiurakassa osapuolet vastaavat toteutettavan projektin suunnittelusta ja rakentamisesta yhdessä. Allianssi osapuolet vastaavat yhdessä projektin negatiivisista ja positivistista riskeistä. Allianssiurakassa noudatetaan tiedon avoimuuden periaatteita kiinteää yhteistyötä tavoitellen. (1. Professori Pertti Lahdenperä 2009 RT Allianssisopimukset 2015)

Allianssiurakan yksi peruseriaate on tuottaa yhdessä arvoa rahalle. Tämä ei tarkoita kuitenkaan sitä, että asiat tehtäisiin mahdollisimman edullisesti vaan sitä, että tilat valmistetaan mahdollisimman tehokkaasti tuottaen parasta arvoa rahalle.

Pääallianssin osapuolet ovat tilaaja Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri (myöhemmin PSSHP) ja Rakennusliike Lapti Oy. Lisäksi hankkeen pääallianssikumppaneita ovat Granlund Kuopio Oy (LVISA-suunnittelu), A-Insinöörit Oy (rakenne- ja geo-suunnittelu), Raami Arkkitehdit Oy (pääsuunnittelija), Arkkitehdit Kontukoski Oy (arkkitehtisuunnittelu), Turunen & Räisänen Ky (toiminnallinen suunnittelu) ja Sitowise Oy (KSL-suunnittelu).

Kaikilla osapuolilla on nimetty edustus allianssin johtoryhmään ja projektiryhmään.

Caverion Suomi Oy valittiin KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen sähkötöiden palveluntuottajaksi ja pääallianssin alianssikumppaniksi vuonna 2018. Samalla LVI-palveluiden toteuttajaksi valittiin ARE Oy, sekä automaatiotöiden palveluntuottajaksi Siemens Oy. ARE Oy ja Siemens Oy ovat myös alianssikumppaneita.



Kuva 1. KYS uudistuu. Ilmakuva luoteesta (Arkkitehdit Kontukoski 2016).

1.2 Keskeiset käsitteet

Allianssi ja aliallianssi

Allianssi tarkoittaa valtiollista, aatteellista, kaupallista tai muuta yhteenliittymää. Tässä tutkimuksessa allianssi on KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen rakennus-, talotekniikka-, KSL-suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaava projektin osapuolten ja tilaajan yhdessä muodostama allianssiorganisaatio, joka yhteisillä kehitys- ja toteutusvaiheen allianssisopimuksilla vastaa projektin toteutuksesta.

Allianssin johtoryhmä

Allianssin johtoryhmä käyttää allianssin ylintä päätäntävaltaa. Allianssin johtoryhmä koostuu allianssin sopimusosapuolten jäsenistä, joilla on valtuutus käyttää päätäntävaltaa omassa organisaatiossa ja hankkeessa

Allianssinprojektiryhmä

Allianssin projektiryhmä hoitaa hankkeen päivittäisen johtamisen ja hallinnon. Puheenjohtajana toimii allianssin projektipäällikkö, joka raportoi allianssin johtoryhmälle. Allianssin projektiryhmä koostuu projektin avainhenkilöistä, ja sitä voidaan täydentää hankkeen parhaaksi valituilla konsulteilla tai muilla toimijoilla.

Arvoa rahalle

Allianssin tavoite on suunnitella ja toteuttaa hanke tilaajan kannalta parhaalla mahdollisella tavalla, siten että se tuottaa parasta arvoa rahalle.

Last Planner

Last Planner on 1990-luvulla Yhdysvalloissa kehitetty menetelmä rakentamisen tuotannonohjaukseen. Sen lähtökohtana oli huomio, että vain noin puolet viikkosuunnitelman mukaisista tehtävistä saadaan toteutettua kyseisen viikon aikana. Menetelmän periaatteena on tehdä työn kulusta ennustettavampaa sekä oppimisen kautta parantaa tuotannon ohjauksen systeemiä. Last Planner -menetelmä soveltuu suunnittelutyön tuotannon ohjaukseen, rakentamisen tuotannon ohjaukseen sekä ylläpitotöiden tuotannon ohjaukseen. (2. Lauri Merikallio 2015 Lean Construction Institute Finland verkkodokumentti)

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen Last Planner käsittää kerrallaan noin vuoden aikaikkunan.

Paikka-aikakaavio

Paikka-aikakaavio kuvaa työn etenemistä suhteessa paikkaan.

Avaintulosalue

Allianssin toimintaa ohjaavat avaintulosalueet ovat tilaajan määrittelemiä ja palveluntuottajien kanssa yhteiseksi sovittuja tavoitteita. Tyypillisesti sellaiset arvoa rahalle -elementit, joita on vaikea määritellä suoraan rahallisesti, liitetäänkin avaintulosalueisiin.

6-viikkoisaikataulu

Työmaan yleisaikataulu pilkotaan ajallisesti lyhempiin jaksoihin. 6-viikkoisaikataulua käytetään työntekemis alueiden tarkempaan suunnitteluun ja töiden yhteensovittamiseen

Lean

Lean on filosofia, tapa ajatella, tapa johtaa, tapa ymmärtää asiakasta, tapa ratkaista ongelmia käytännössä, tiimityötä ja työtapojen vakioimista. Leanin tavoite on jatkuva parantaminen.

Tahtituotanto

Tahtiaika liittyy olennaisesti lean-tuotantoon; se kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoa tuotannossa. Leanissa tuotannot toimivat virtausperiaatteella. Virtaus, flow, saadaan aikaan mitoittamalla kaikki työvaiheet samanpituisiksi ja suunnitteleamalla ne välittömästi toisiaan seuraavaksi. Rakentamisessa vastaavaan pyritään paikka-aikakaaviolla, jossa työvaiheiden eteneminen tasautetaan suhteessa toisiinsa. Tahtiaikatuoanto voi olla toimiva työkalu rakentamisessa ja sen aikatauluttamisessa. (3. Lean Construction Institute Finland verkkodokumentti 2015 Tahtiaikatuoanto uudistaa tuotannonohjauksen.)

Lean-tuotannon tahtiaikaperiaatteessa tasaisesti etenevän liukuhihnan korvaa "tuotantोजना", jossa tarkkaan mitoitettut työvaiheet seuraavat toisiaan kuin junan vaunut. Teollisuudessa työvaiheita suunnitellaan minuutin tai jopa sekunnin

tarkkuudella. Rakennusalan tuotannosuunnittelu ei nykyisellään ulotu tähän. Rakennusalalla tarkin aikataulusuunnittelun taso on tyypillisesti viikkosuunnittelu, jossa tehtävät yksilöidään päivän tai tuntien tarkkuudella. Hankaluuksia tuottavat mm. lukuisten aliurakoitsijoiden töiden koordinointi ja tuotannonohjaustiedon vieminen työntekijätasolle. Kaikkien täytyisi myös olla motivoituneita ja sitoutuneita tahtiaikatuotannon toteuttamiseen.

Lean Construction Instituten kotisivujen mukaan rakennusalalla ei voida puhua varsinaisesta tahtiaikatuotannosta, vaikka erilaisia ”peukalosääntöjä”, kuten ”2 viikkoa per linja tai kerros” käytetään kuvaamaan tasaista etenemää. Tahtiaikasuunnittelun avulla tuotannon suunnittelu viedään tavanomaista tarkemmalle tasolle, ja siitä viestitään ja sitä ohjataan visuaalisten menetelmien avulla. Tavoitteena on saavuttaa tasainen ja ennakoitava tuotannon tahti, jossa tarkka toimistusten ja logistiikan suunnittelu on mahdollista. Tämä poistaa hukkaa ja parantaa tuottavuutta. Tahtiaikatuotantoon, kuten lean-periaatteeseen ylipäättänsä, kuuluu jatkuva kehittäminen ja toiminnan parantaminen. (3. Lean Construction Institute Finland verkkodokumentti 2015 Tahtiaikatuotanto uudistaa tuotannonohjauksen.)

Hanke on perusmuodoltaan ja rakenteiltaan verrattavissa kerrostaloon, joten Teemu Klingbergin opinnäytetyö tahtituotannolla toteutetusta kerrostalohankkeessa antaa teoriapohjaa tahtituotannon soveltamiseen aluetuotantomallissa. (3. Teemu Klingberg opinnäytetyö 2019 Tahtituotanto kerrostalohankkeen sisätyövaiheessa)

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytetään laadullisen tutkimuksen menetelmiä, joiden avulla on tarkoitus saada tietoa eri tekijöiden ja allianssiosapuolten aiemmista kokemuksista sairaalaympäristössä rakentamisesta. Tutkimuksen aineistona käytetään eri standardeja, ohjeita ja lean- ja tahtituotanto-oppaita, sekä kirjallisuutta. Tutkimuksessa etsitään lähtökohtaisesti tehokkainta tapaa toteuttaa tilojen sähkö-

asennukset, mutta myös huomioidaan synergiaedut muiden rakennus- ja talotekniikka-asennusten kanssa, jos niitä on. Jos synergiaetuja löydetään, ne toteuttavat parhaiten allianssin periaatetta "arvoa rahalle".

Tavoitteena on tutkia lean-periaatteiden soveltamista sairaalaympäristössä. Työssä selvitetään, voidaanko hävikkiä saada pienemmäksi ja mitkä asiat vaikuttavat asennustehoon.

Tutkimuksessa verrataan eri toteutustapojen teknistä vastaavuutta, asennusten läpimenoaikaa sekä asennusten asennushintaa ja tarvikehintaa. Työssä selvitetään, löytyykö markkinoilta esivalmisteita, joita voidaan hyödyntää, tai löytyykö markkinoilta kumppania, jonka avulla saadaan tilat toteutettua tehokkaammin.

Tavoitteena on lisäksi selvittää, onko sairaalan rakentamisympäristössä mahdollisesti aluetahituotantoalueita, missä tilat ovat osittain samanlaisia, ja niissä on toistoa. Aluetahituotantoalueisiin liittyy myös olennaisesti erikoisempia tiloja, joiden suunnittelun ja rakentamisen läpimenoaika voi poiketa merkittävästikin tavanomaisesta.

2 Aikataulun, budjetin ja vaihtoehtoratkaisujen määrittäminen

2.1 Rakennustyömaan aikataulun suunnittelu ja aikatauluseuranta

Esimerkiksi Koskenvesa & Sahlsted ovat ottaneet kantaa aikataululaadintaan ja aikataulutyyppin valintaan seuraavasti:

Aikataulujen laadinta on tärkeä osa projektia lopputuloksen kannalta. Aikataulutyyppin valinta tehdään aikataulun käyttötarkoituksen mukaan. Aikataulutyypeillä on omat erityispiirteensä ja sen vuoksi niitä voidaan käyttää eri tavoin (11. Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy)

Rakentamispäätöksen jälkeen määritetäänkin ensin rakennustyömaan aloitusajankohta ja tavoitteellinen valmistumisajankohta. Aikataulun seurannassa ja suunnittelutavan valinnassa on otettava huomioon työmaan koko, sekä valintaa tehtäessä on syytä tunnistaa lisäksi työmaan erityispiirteet, niin ajallisesti kuin työntekemisalueiden puolesta. Lisäksi aikataulun valintaan voi vaikuttaa valittu urakkamuoto.

Markkinoilla on useita eri aikatauluohjelmistotoimittajia, joiden ohjelmistojen sisältö ei juurikaan poikkea toisistaan.

2.1.1 Jana-aikataulu

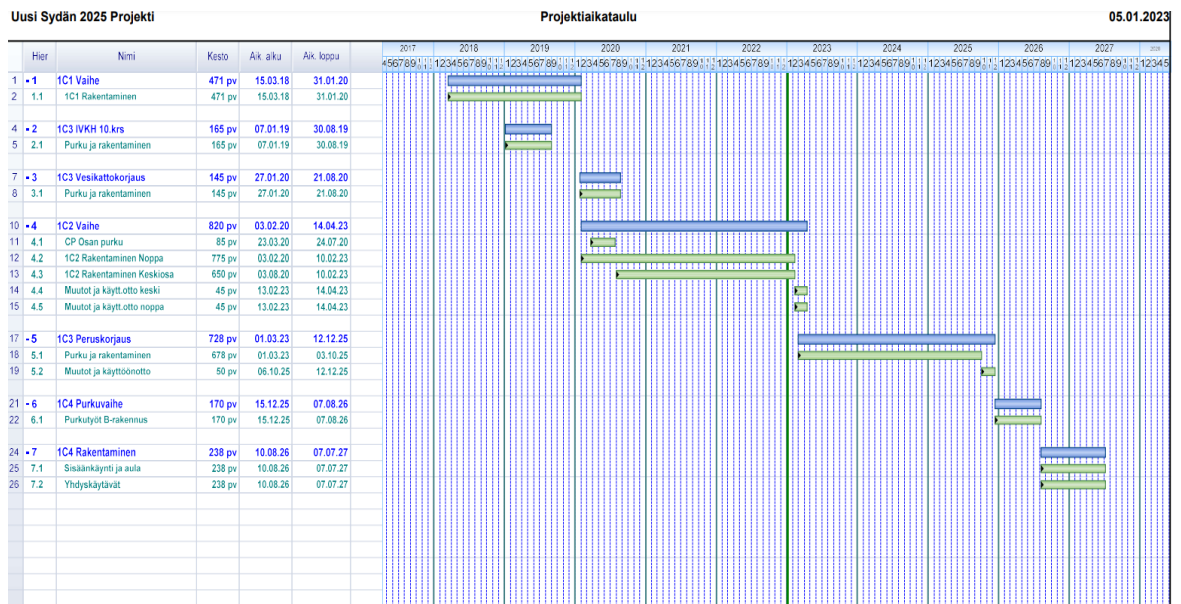
Rakentamisvaiheaikataulun tehtävänä on varmistaa työaikataulun saavuttaminen. Rakentamisvaiheaikataulu voidaan laatia tietyille rakentamisvaiheelle, esimerkiksi maanrakennustöille tai runkotöille. Rakentamisvaiheaikataulu voidaan myös laatia tietyille 2–6 kuukauden ajanjaksolle. (12. Ratu S-1229 2011 Rakennushankkeen projektisuunnittelu)

Yksi perinteisimmistä tavoista kuvata rakennusprojektin eri työvaiheiden kestoa on jana-aikataulu. Toisaalla jana-aikataulua kutsutaan Gantt-kaavioksi. Tässä työssä käytetään nimitystä jana-aikataulu. Jana-aikataulussa tehtävien työvaiheiden kesto esitetään janoina, joille annetaan kyseisen tehtävän kokonaiskesto.

Janoja voi tarvittaessa pilkkoa pienempiin osiin, ja työvaiheiden välille voi asettaa riippuvuuksia, joilla osoitetaan se esimerkiksi, että seuraava työvaihe ei voi alkaa ennen kuin edeltävä työvaihe on tehty. Janojen pituudet, eli työkestit, määritetään työmenekkilaskelman tai kokemuksen pohjalta. Jana-aikataulussa vasemmalle pystysarakkeeseen tulee tehtävänimike. Tehtävänimikkeet voidaan jakaa pää- ja alanimikkeisiin. Vaakasunnassa ylhäällä kuvataan aikaa. Aika voidaan jakaa tunneista vuosiksi riippuen siitä, mitä aikaikkunaa halutaan seurata.

Jana-aikataulu soveltuu erityisen hyvin päätyövaiheiden kokonaiskestojen ja riippuvuuksien esittämiseen ja seuraamiseen. Lisättäessä jana-aikataulun tehtäväriville valmiusprosentit, nähdään helposti, onko työ havainnointihetkellä aikataulussa, aikataulusta jäljessä vai valmistumassa etukäteen. Jana-aikataulun heikkoutena on se, että sillä on hankala esittää työntekemisaikaa.

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeessa päätettiin käyttää kuvan 2 mukaista jana-aikataulua hankkeen kokonaisaikataulun esittämiseen ja seurantaan. Hankkeen ensimmäinen kokonaisaikatauluversio laadittiin 17.10.2016. Vaiheistettu aikataulu on esitetty liitteessä 1.



Kuva 2. KYS Uusi Sydän 2025 -projektin aikataulu 5.1.2023, versio F.

2.1.2 Paikka-aikakaavio

Vinoviiva-aikataulua käytetään yleisesti yleisaikataulun sekä työvaiheikataulun esitystapana. Yhden työvaiheen lisäksi vinoviiva-aikataulua käytetään useita työvaiheita sisältävän aikataulun esitystapana, kuten esimerkiksi sisätyövaiheiden aikataulun. Kun vinoviiva-aikataulua käytetään työvaiheikatauluna, on silloin käytössä paikka-aikakaavio. (13. Koskenvesa, A., Kivimäki, C., Mäki, T. & Sahlstedt, S. 2016 Aikataulukirja 2016. Talonrakennusteollisuus Ry)

Paikka-aikakaavio kuvaa työmaan etenemistä paikan suhteessa aikaan.

Paikka-aikakaaviossa työn eteneminen on sidottu tarkkaan paikkaan ja aikaan.

Paikka-aikakaavio soveltuu kohteisiin missä on esimerkiksi useita kerroksia,

portaita tai lohkoja. Paikka-aikakaaviossa tulee esitettyä riippuvuudet selkeäm-

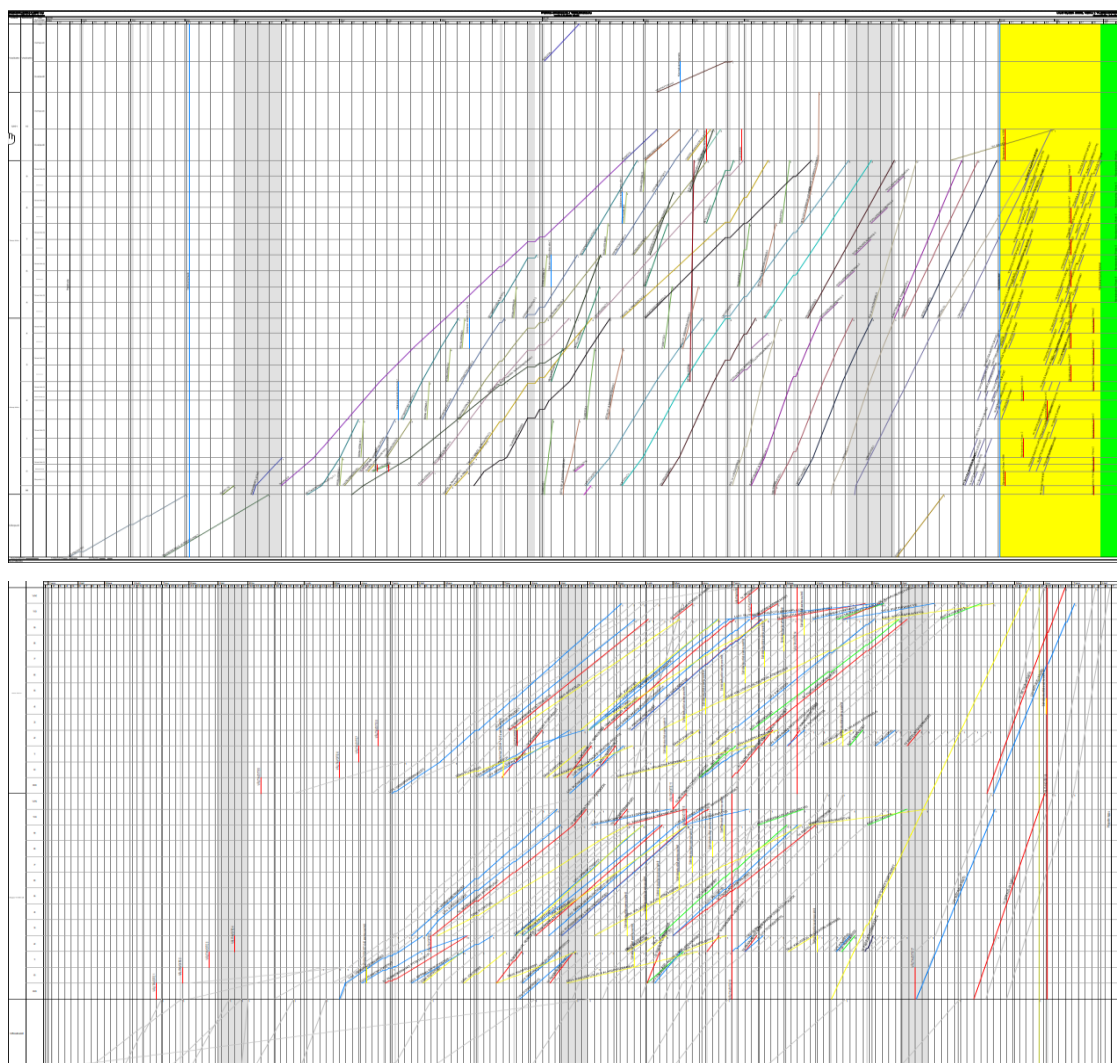
min paikkojen ja ajan suhteessa. Paikka-aikakaaviossa vasemmalla näkyy työn-

suoritusalue ja nimike ja vaakasuunnassa kuvataan aikaa. Paikka-aikakaaviosta

toteuman raportointi on huonosti esitettävissä, joten toteuman seurantaan ja ra-

portointiin kannattaa käyttää paikka-aikakaavion sijaan jana-aikataulua.

KYS Uusi Sydän -hankkeen päätyövaiheet on kuvattu paikka-aikakaaviossa. Aikataulu on jaettu kahteen osaan ja ensimmäisessä osassa on esitetty päätoiteuttajan päätyövaiheet ja toisessa TATE-töiden päätyövaiheet. Aikataulut on jaettu kahteen osaan, jotta aikataulujen luettavuus säilyy sekä edeltävien päätöiden riippuvuudet tulevat luettavaksi. Hankkeen yleisaikatauluna käytettiin kuvan 3 mukaista paikka-aikakaavioita. Näiden ongelmana on kuitenkin se, että työn toteutuman seurantaan ne ovat epäkäytännöllisiä. Hankkeen toteutuman seurantaan sovittiin käytettävän janakaavioita, joihin raportoitii työn etenemät prosentuaalisesti lohkoittain ja kerroksittain.



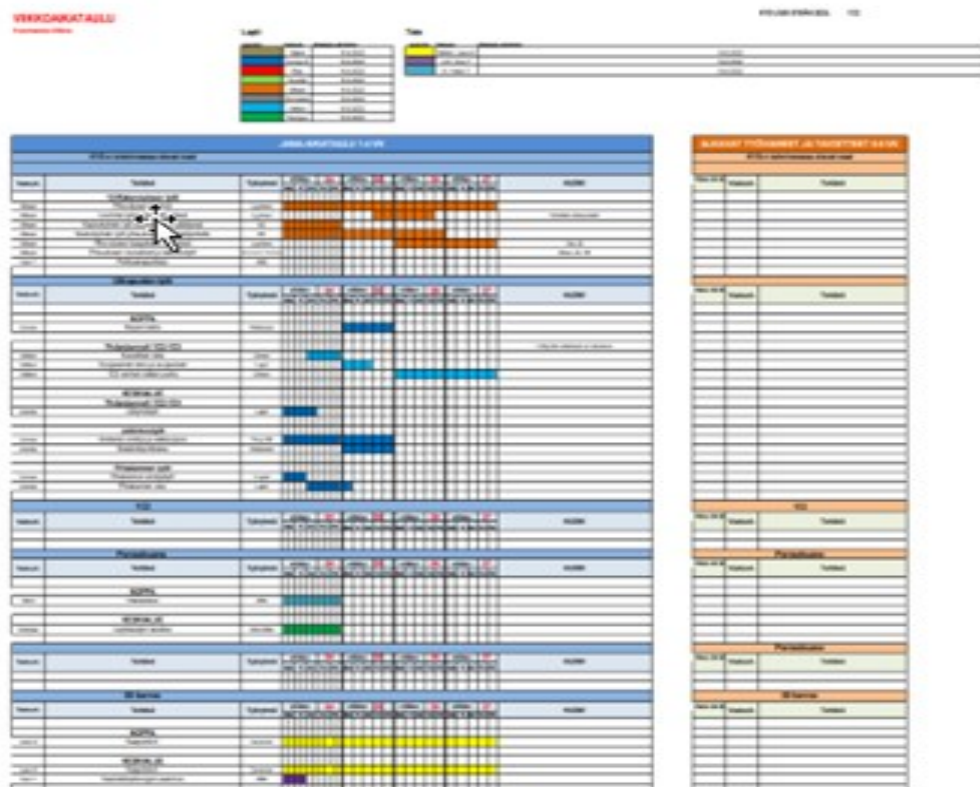
Kuva 3. Uusi Sydän 2025 –hankkeen vaihe 1C1 ja 1C2. Yhteensovitetut TATE-aikataulut 1.6.2018 ja 13.10.2020.

2.1.3 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulu laaditaan lyhyelle aikajaksolle, ja sen toteutumista seurataan viikoittain. Viikkoaikataulun laadinnasta vastaa työnjohtaja, jonka vastuulla kyseiset työt ovat. Työmaalla kaikki työnjohtajat laativat omat viikkoaikataulunsa, ja ne sovitetaan yhteen vastavavan työnjohtajan johdolla. (12. Ratu S-1229 2011 Rakennushankkeen projektisuunnittelu)

Viikkoaikataulua käytetään normaalisti lyhyen aikavälin työsuunnitteluun. Viikkoaikataulussa esitetään normaalisti tulevat työtehtävät päivän tarkkuudella, mutta aikataulu voidaan myös viedä jopa tuntitasolle, jos sellaiseen on tarvetta. Normaalisti viikkoaikataulut käsittävät noin kahden–kolmen viikon tulevat työtehtävät. Viikkoaikataulussa voidaan myös esittää pidempikin ajanjakso. Viikkoaikataulun etuna on se, että lyhyen aikavälin riippuvuudet työtehtävien välillä saadaan käytyä työmaan työnjohdon ja muiden urakoitsijoiden kanssa läpi ja näin saadaan varmistettua, että kaikille on tarjolla työtehtäviä tai osapuolille saataan tiedoksi mahdolliset työesteet.

KYS Uusi Sydän hankkeessa käytettiin kuvan 4 mukaista 6-viikkoisaikataulua, siten että kolmen viikon aikaikkuna suunniteltiin ja yhteensovitettiin tarkasti ja kolme viimeistä viikkoa sisälsivät päätyöaiheet tavoiteaikoineen. Tämä siksi, että osapuolille jäisi riittävästi aikaa varautua tuleviin työvaiheisiin resurssin ja materiaalin osalta.



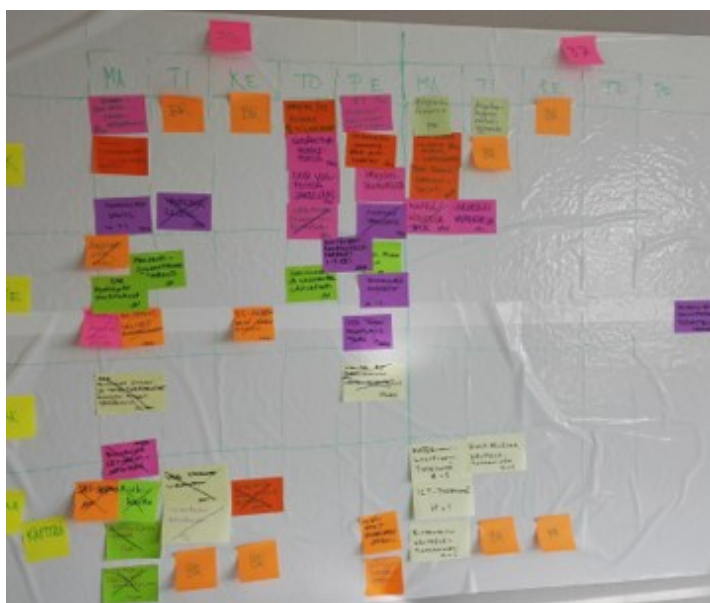
Kuva 4 KYS Uusi Sydän 2025 –hankkeen vaihe 1C2 6-viikkoisaikataulu, viikot 34–39 2022y.

2.1.4 Last Planner

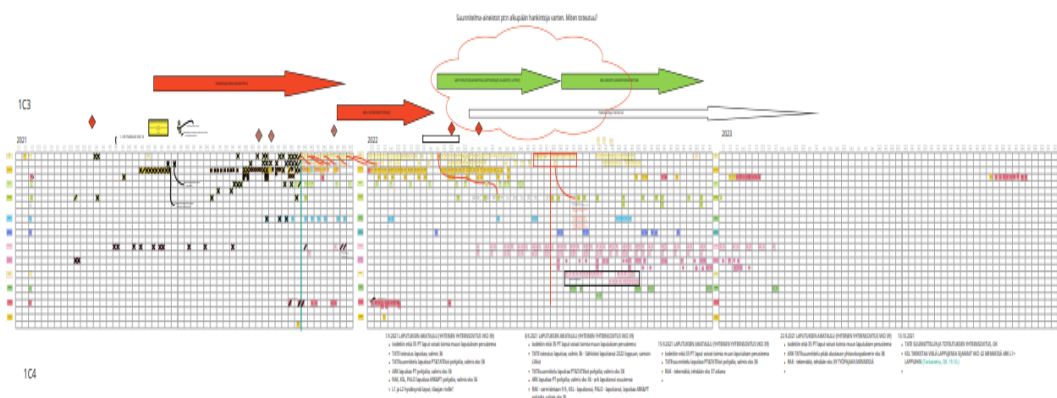
Last Planner -menetelmään kuuluu toiminnan jatkuva kehittäminen; tavoitteena on oppiva ja kehittyvä tuotannon ohjauksen systemi. Last Planner -menetelmän tarkoituksena on tehdä työn kulusta ennustettavaa ja häiriötöntä. Tähän liittyy aikataulutehtävien esteiden tunnistaminen ja poistaminen. (3. Lean Construction Institute Finland verkkodokumentti 2015 Tahtiaikatutuotanto uudistaa tuotannonohjauksen)

Myös KYS Uusi Sydän -hankkeessa Last Planner -menetelmä on työkalu, jonka keskeisenä tavoitteena on vähentää ja poistaa ”making do” -hukkaa. Last Planner -menetelmällä havainnollistetaan viimeinen mahdollinen hetki tehdä esimerkiksi jokin suunnittelu tai rakentamistehtävä ennen seuraavaa vaihetta.

KYS Uusi Sydän projektissa Last Planner tehtiin suunnitteluvaiheessa kuvan 5 mukaisesti post-it-lapuilla, mutta myöhemmässä vaiheessa hankkeessa siirryttiin käyttämään kuvan 6 mukaista Miro Last Planner ohjelmistoa.



Kuva 5. Suunnittelua Last Planner -menetelmällä KYS Uusi Sydän 2025 –hankkeen suunnitteluvaiheessa 7.9.2017.



Kuva 6. Last Planner -menetelmän soveltamista Miro-alustalla KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen vaiheessa 1C3 (vk 44 2022).

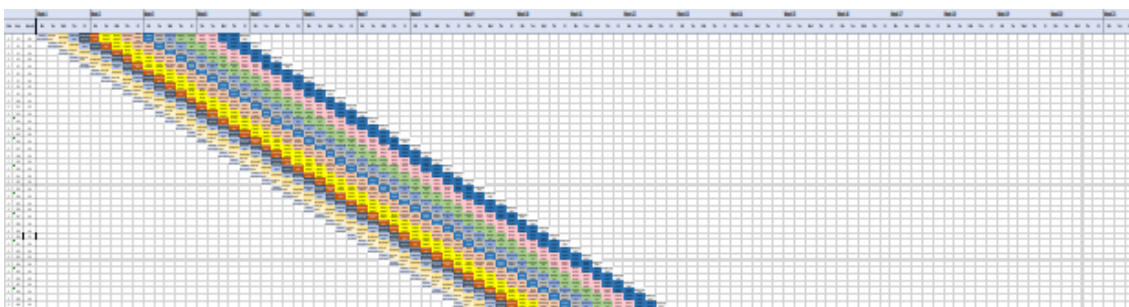
2.1.5 Tahtiaikataulu

Tahtiaikatauluttamisen avulla mahdollistetaan, että työskentelypiste ja työhön vaadittavat materiaalit sekä muut resurssit ovat käytettävissä silloin kuin pitää. Jokaisen on aikataulua katsomalla helppo ymmärtää, mitä tapahtuu, missä ja mihin aikaan. Optimaalisessa tilanteessa työvaiheiden ennakkosuunnittelu on tehty huolellisesti ja työt saadaan suoritettua kerralla kuntoon. Tuotanto kokonaisuudessaan etenee sujuvasti, kun työvaiheiden välinen hyppiminen vähenee ja pystytään varmistamaan työpisteiden valmius seuraavaksi alkavaa työvaihetta varten. Tämä mahdollistaa sen, että urakan läpimenoaika lyhenee, kustannukset pienenevät ja hankkeen jokainen osapuoli hyötyy tilanteesta. (14.Fira sitedrive)

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeessa tahtiaikataulun tahdit tai aiheet kootaan esimerkiksi Last Plannerista, jonka jälkeen työmaa ositetaan pieniin lohkoihin, sekä määritetään näille tavoiteaika. Tavoiteaikaa vasten varataan työmenekkilaskelmien pohjalta tarveresurssi kyseisiä työvaiheita varten. Resurssin lisäksi on tarve määrittää tarvittava materiaali ja sen oikea-aikainen toimitus. Tahtiaikatauluprosessia on myös tavoite parantaa koko ajan, ja se vaatii tekijöiltä avoimuutta ja sitoutumista, jotta kehitystä voi tapahtua.

KYS Uusi Sydän 2025 -projektissa alkuun suunniteltiin, että koko kohde olisi tehty perinteisenä tahtituotantona, mutta tähän ei kuitenkaan päädytty. Kohteen monimutkaisuuden, suunnitelmatilanteen ja käytettävien resurssien puolesta tahtituotanto ei olisi soveltunut kohteeseen.

Sähkötoteutuksessa havaittiin, että elementtejä tahtituotantoaikataulusta olisi kuitenkin mahdollista käyttää. Tunnistamalla vinoviiva-aikataulun toistuvat alueet ja tehtävät pystyttiin tunnistamaan, että osa kohteesta voidaan tehdä alueellisinä tahteina, kunhan vain sähkötoteutusta edeltävät ja riippuvuuksia toisille aiheuttavat tehtävät saadaan tehtyä oikea-aikaisesti.



Kuva 7. Esimerkki tahtiaikataulusta Tahtituotanto-workshopissa 2022.

2.2 Aikataulun ja työkohteiden määrittäminen aluetihtituotantoa varten

Rakennustyömaan aikataulun määrittystä varten tarvitaan hyvää yhteistyötä rakennushankkeen eri osapuolten kanssa. Osapuolten tulee tuntea omat vastuunsa hyvin, sekä heidän tulee tunnistaa käytettävissä olevan resurssin kyvykyys suhteessa olevaan kohteeseen tai työsuoritteeseen. Mikäli työmaa päätetään toteuttaa perinteisellä tahtituotannolla, on kaikkien osapuolten sitouduttava tahdissa pysymiseen tai on luotava yhdessä välitahdit tai vaihtokohteet tilanteeseen, jossa tahti ei pidäkään tuotannossa tai jokin muu osa-alue työmaalla sakkaa. Perinteisesti rakennustyömailla vallitsee ”hallittu kaaos” johtuen monista muuttuvista tekijöistä. Työvaiheiden suunniteltua toteutusta voivat häiritä erinäiset syyt, kuten logistiikka, suunnitelmamuutokset tai puutteet, yli- tai ali resursointi ja materiaalipula. Koska hanke koostui useasta osasta ja useista osapuolista, ja suunnittelu eteni rinnan toteutuksen kanssa, oli syytä miettiä, miten perinteistä tahtituotantoa voitaisiin jalostaa palvelemaan työmaata.

2.2.1 Hankkeen kokonaisaikataulu sekä rakennusvaiheiden yleisaikataulut ja paikka-aika kaavio

Tilaaaja määritteli hankkeen kokonaisaikataulun syksyllä 2017, ja tuolloin rakennushanke päätettiin jakaa neljään vaiheeseen: 1C1, 1C2, 1C3 ja 1C4. Vaiheet 1C1, 1C2 ja 1C4 ovat uudiskohteita ja vaihe 1C3 on vuodeosaston 1959 täydellinen peruskorjaus. Hankeaikataulussa hankkeen valmistumisajankohdaksi määriteltiin vuosi 2025. Konsulttiosapuolet on sidottu yhdellä sopimuksella koko

hankkeeseen, ja toteuttajaosapuolilla on vaihekohtainen sopimus. Rakennusvaiheiden KAS-vaiheessa tilaajalla ja toteuttajaosapuolilla on molemmilla mahdollisuus käyttää exit-pykälää.

Rakennusvaiheen 1C1 yleisaikataulu laadittiin yhdessä allianssiosapuolten kanssa keväällä 2018. Aikataulun muodostamisen ongelmaksi muodostui KAS-vaiheen lyhyt aika. Tästä johtuen rakentamisen aikataulu perustui perinteisiin menekkilaskelmiin. Tahtituotantomainen rakentaminen syntyi ja toteutui kuitenkin luonnostaan, koska aikataulu oli rakennettu siten, että jana-aikataulu saatiin käännettyä aika- ja paikka-aikataulu-muotoon (kuva 3). Näin se ohjasi ajallisesti tekemään työt alueittain ja kerroksittain.

Rakennusvaiheen 1C2 yleisaikataulu laadittiin yhdessä allianssiosapuolten kanssa keväällä 2019. Yleisaikataulu tehtiin perinteisestä jana-aikataulu esityksestä poiketen suoraan paikka-aikakaavio-esitystapamuotoon (kuva 3). Hanke jaettiin aikatauluesityksessä rakennuksen pystysuunnassa kerroksiin ja vaaka suunnassa jako tehtiin kahteen. Vaakasuunnan jaoista käytetään nimitystä ”noppa” ja ”keskiosa”. Aikatauluun esitettiin osapuolten päätyövaiheet.

Suunnittelun päätyövaiheet ja aikataulu tehtiin Last Planner -taululle. Last Planner -aikataulun pohjana käytettiin yleisaikataulua. Koronasulkuihin 2020 saakka Last Planner -aikataulut tehtiin perinteiseen malliin post- it -lapuilla, mutta kun koronasulut alkoivat, piti allianssiosapuolten löytää uusi tapa pitää yllä Last Planner -aikataulua. Useiden kokeilujen jälkeen Last Planner -järjestelmäksi valikoitui Miron Last Planner -ohjelmisto (kuva 6). Sulkujen päätyttyä allianssi päätti, ettei perinteistä Last Planner taulua enää perusteta, vaan aikatauluja täydennetään jatkossakin Miron Last Planner -sovellukseen.

Rakennusvaiheen 1C2 aikataulun tekemisen aikaan rakentui myös edellinen rakennusvaihe 1C1. Tästä saatiin hyvää oppia rakennusvaiheen 1C2 aikatauluun.

Rakennusvaiheen 1C3 aikataulu laadittiin keväällä ja syksyllä 2022. Rakennusvaiheen aikataulu tehtiin perustuen 1C1- ja 1C2-vaiheiden työkohteiden läpimeinoaikoihin. Rakennusvaihe 1C3 on peruskorjaus, ja koska rakenneavauksia ei ole voitu tehdä sairaalatoiminnan päällä ollessa, sovittiin yhdessä, että valmistuksen tavoiteaikataulua tarkennetaan sisäpurkujen valmistuttua kesällä tai syksyllä 2023.

2.3 Projektivaiheiden laskenta ja budjetointi

Lean-periaatteita alettiin ensin noudattaa vain autoteollisuudessa, jossa Toyotan mallia oli helppo soveltaa suoraan ja jossa tarve uudistuksille oli suuri. Pian leania alettiin hyödyntää myös muilla tuotannonaloilla, ja hiljalleen kasvoi ymmärrys siitä, että lean-ajatus voidaan viedä myös tehtaiden ulkopuolelle. Lean on johtamisjärjestelmä, joka sisältää arvoketjun kaikki osa-alueet tuotekehityksestä tuotantoon ja myyntiin.

Projektin budjetointi perustuu perinteisesti valmiista suunnitelmista tehtävään menekkilaskentaan. Laskennan voi myöskin tehdä eri tavoilla, kuten kokemukseen tai aiempiin laskelmiin perustuvilla neliö-, järjestelmä- tai muilla laskentatavoilla. Euromääräinen budjetti luo pohjan itse toteutukselle, sillä sen avulla määritetään työmenekki, tavoiteltu laatutaso ja työmaan tavoiteltu kate.

Budjetointi kestää läpi projektin, sillä budjettia tulee seurata ja sitä tulee ennustaa toteutuneiden kulujen pohjalta. Helpoimmillaan kohde on laskettu oikein ja työn aikana ei tule taloudellisia yllätyksiä. Tällöin kohde tulouttaa tavoitellun katteen ja todennäköisesti kohteen laatukin on ollut asiakkaan vaatimusten mukainen.

Rakentaminen muuttuu haastavaksi, mikäli halutaan parantaa projektin taloudellista katetta tai esimerkiksi laskentavirheen vuoksi budjettia täytyy kiristää taloudellisten tappioiden minimoimiseksi. Tämä johtuu siitä, että kohteen sisältö ja laatutaso on jo sovittu aiemmin. Tällöin ainoa järkevä tapa pysyä budjetissa tai

alittaa se on nostaa työn tehokkuutta. Tehokkuuden parantaminen tapahtuu läpimenoaikaa lyhentämällä. Se laskee muun muassa työmaan yleiskustannuksia ja henkilöstön sivukuluja, kuten esimerkiksi ateria ja kilometrikorvauksia. Lisäksi kohteeseen varattu resurssi voidaan siirtää aiemmin seuraavaan kohteeseen.

2.3.1 Määrälaskenta ja vertailut

Rakennusvaiheen 1C1 määrälaskenta perustui pitkälti yhdessä määritettyihin sisältökuvauksiin, esisuunnittelusta saatuihin massaluetteloihin ja neliöpohjaiseen sähköurakkahinnoitteluun.

Esisuunnitteluun lähtötiedot määrittivät käyttäjä, tilaaja ja voimassa olleet standardit. Esimerkki potilashuoneessa oli lähtötietoina valaistustaso, hyödykkeet ja tilan käyttötarkoitus. Tästä lähdimme yhdessä etsimään kokonaisvaltaisesti parhaita ratkaisuja toteutukseen huomioiden muut allianssiosapuolet ja käyttäjä. Vertailussa ei verrattu vain yksikköhinnoiteltuja tuotteita vaan kokonaisia järjestelmätoteutuksia.

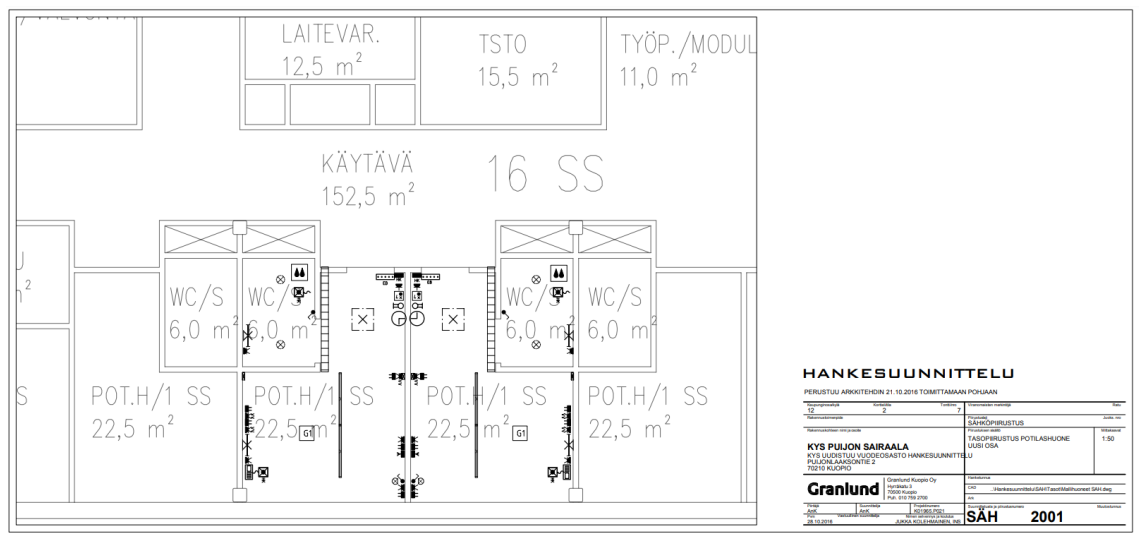
Rakennusvaiheen 1C2 määrälaskenta perustui rakennusvaiheen 1C1 toteumaan sekä yhdessä sähkösuunnittelijan ja tilaajan kanssa tehtyihin massaluetteloihin ja järjestelmätarvekuvauksiin. Määrälaskenta toteutettiin kerroksittain ja lohkoittain siten että ”nopan” ja ”keskiosan” massat oli eritelty. Vertailuja varten sähkösuunnittelija tuotti sovitusti massa- ja tarvikelista. 1C1-vaiheessa hyväksi havaittuja toteutustapoja päätettiin soveltaa vaiheessa 1C2 siten, että lean-oppeja noudattaen tuotannosta poistetaan kaikki turha, tai tuotantoa muuten virtaviivaistetaan tuottaen parasta arvoa rahalle.

Rakennusvaiheessa 1C3 määrälaskenta on tehty käyttäen edellisten vaiheiden hyväksi havaittuja toteutustapoja, kuitenkin huomioiden se, että rakennusvaihe 1C3 on peruskorjaus ja kaikkia uudiskohteen toteutustapoja ei välttämättä voida käyttää.

Määrälaskenta on kehittynyt vaiheittain ja vertailuja on kehitetty lean periaatteiden mukaan. Vertailujen helpottamiseksi muun muassa valaisimien positionäärät on supistettu siten, että samoja valaisimia voitaisiin käyttää mahdollisimman monessa paikassa. Mikäli esimerkiksi valotehotarve eri tiloissa vaihtelee, säätö tehdään esimerkiksi Dali-valaistusohjausjärjestelmällä. Lisäksi on pyritty siihen, että valaisimia ei sidota yhteen toimittajaan, vaan ne voidaan tarvittaessa korvata toisen toimittajan vastaavalla tuotteella niin teknisesti kuin myös fyysinen asennustila ja koko huomioiden.

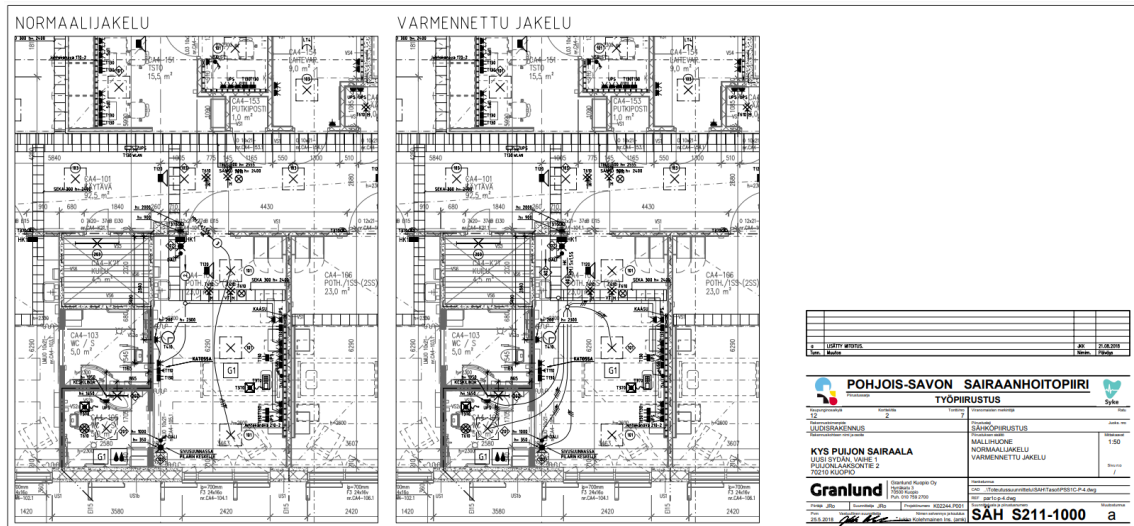
2.3.2 Vaihtoehtoratkaisujen vertailu

Hankesuunnitteluvaiheen lähtötilanne potilashuoneen sähköistyksen osalta on esitetty kuvassa 8. Suunnitelmassa on hahmoteltu tilan sähköasennustarpeet. Tästä suunnitelmasta ei vielä pysty määrittämään tarkkaa kokonaishintaa tai läpimenoaikaa, mutta sen avulla hankkeen KAS-vaiheelle pystyttiin määrittämään huonekohtainen tavoiteyksikköhinta ja sitä kautta huoneistoyksikkökohtainen sähköistyksen tavoiteaika.



Kuva 8. Tasopiirustus potilashuone uusi osa (2016).

KAS-vaiheen aikana sähkösuunnitelmia jalostettiin ja tarkennettiin siten, että tilasuunnittelu ja ratkaisut vietiin suunnitelmiin mahdollisimman lähelle toteutuskuvasuunnittelua. Näillä kuvilla saatiin laskettua tarkka tavoitehinta ja tavoiteaika per huoneyksikkö.



Kuva 9. Mallihuone normaali ja varmennettu jakelu (2018).

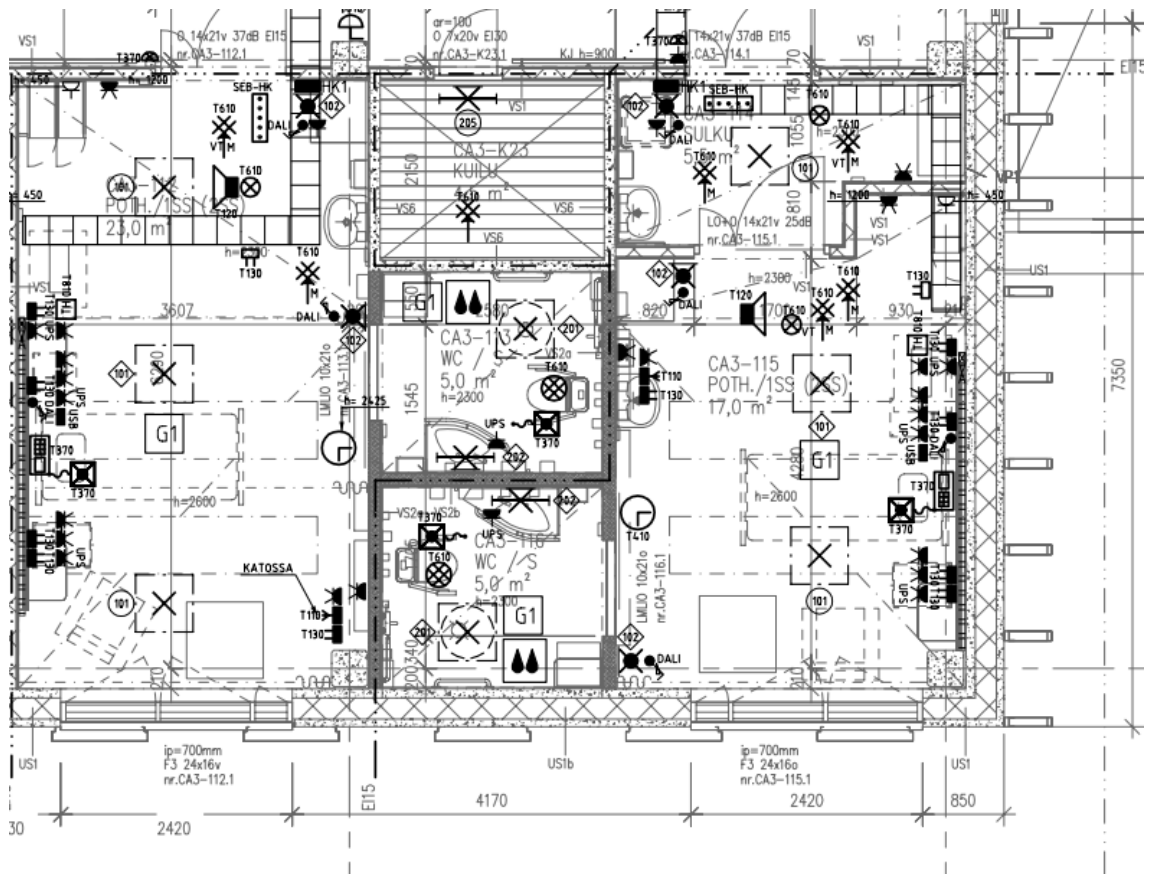
Suunnitelmien valmistuttua päätettiin, että potilashuoneesta tehdään malliasennus lopullisen tilanteen demoamiseksi. Sähkötoteutuksen osalta todettakoon, että mallitilan perusteella allianssi päätti tehdä lisäinvestoinnin käyttäjätarpeiden perusteella mm. aikakelloihin ja huonekeskuksiin. Aikakellot vaihdettiin analogikelloista digitaalikelloiksi. Syy tähän oli se, että esimerkiksi lääkkeitä annosteltaessa digitaalisekuntikellosta ajan mittaaminen on selkeämpää ja helpompaa. Lisäksi jouduttaessa elvytystilanteeseen on ajan seuraaminen digitaalikellosta helpompaa kuin analogikellosta. Lisäksi potilashuoneen sähkökeskukseksi valittiin tilaan esteettisistä ja hygieniasyistä laadukkaampi tuote kuin alkuun oli ollut ajatus.

Potilaspaneeli päätettiin toteuttaa investointilaskelmien ja käyttäjäkyselyiden pohjalta paikalla rakennettuna mallina. Tämä toteutus on laskennallisesti edullisempi toteuttaa, sekä se on muuntojoustavampi kuin perinteiset valmiit ratkaisut. Asennusaikaa laskettaessa valmis ratkaisu havaittiin teoriassa nopeamaksi tehdä. Käytännössä kuitenkin havaittiin, että valmISRatkaisulla ei kuitenkaan saatu merkittävää aikataulu hyötyä. Lisäksi valmISRatkaisussa olevia kiinteitä asennuksia ei voisi muuttaa yhtä helposti kuin paikalla rakennetussa mallissa. Lean-periaatteiden mukaan nähtiin oleelliseksi se, että hoitotekniikkojen kehittyessä välillä todella nopeastikin tilojen muuttamisen on myös oltava tehtävissä mahdollisimman pienellä työllä ja kustannuksella.



Kuva 10. Mallihuone (2018).

Osapuolten hyväksytyä yhdessä tavoitetason ja tavoitebudjetin siirryttiin allianssin KAS-vaiheesta allianssin TAS- eli toteutusvaiheeseen. Toteutusvaiheeseen mentäessä KAS-vaiheen suunnitelmapiirustukset ja mallitilaratkaisut suunniteltiin työkuviin. Tämän jälkeen käynnistyi tarkempi työaika- ja tarvikemenekki-suunnittelu.



Kuva 11. Työpiirustus normaali-jakelu Revisio a (9.11.2018).

2.3.3 Hävikin minimoiminen

Lean-periaatteen tavoitteena on hävikin minimoiminen. Tämä on myös allianssi-hankkeen yksi tärkeimmistä tavoitteista. Hävikin minimoimiseksi on tunnistettava eri tuotantoketjuista ne työvaiheet, jotka voidaan tehdä tehokkaammin tai jotka voidaan korvata jollain toisella toteutustavalla.

Paikalla rakennettavaa potilaspaneelia suunniteltaessa tunnistettiin mm. tarve käyttää vakiomittaisia tuotteita, jolloin ei synny turhaa materiaalihukkaa, eikä työstettäessä tule turhia työvaiheita. Potilaspaneelin mitaksi valikoitui kolme metriä, koska johtokanava toimitetaan vakiomittaisena kolmen metrin salkona ja potilaspaneelin paneeli oli myös saatavana kolmen metrin vakiomitalla. Näillä valinnoilla saatiin jo poistettua mm. ylimääräiset katkaisut molemmista, sekä saatiin vähennettyä materiaalihukkaa työmaalla. Työmailla on yleisesti tunnistettu ongelma, että eri työvaiheista jää hukkaa. Hukan poistaminen työmaalta on yksi turha työvaihe, jota tulisi välttää. Lisäksi kun hukkaa ei synny, saavutetaan myös ympäristösäästöjä.

Perinteisesti sairaalassa on suosittu ovipieliä sähköasennuksille, mutta KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeessa ne korvattiin kuvan 14 mukaisella huonekeskukseksi.

2.3.4 Kriittisten mestojen tunnistaminen

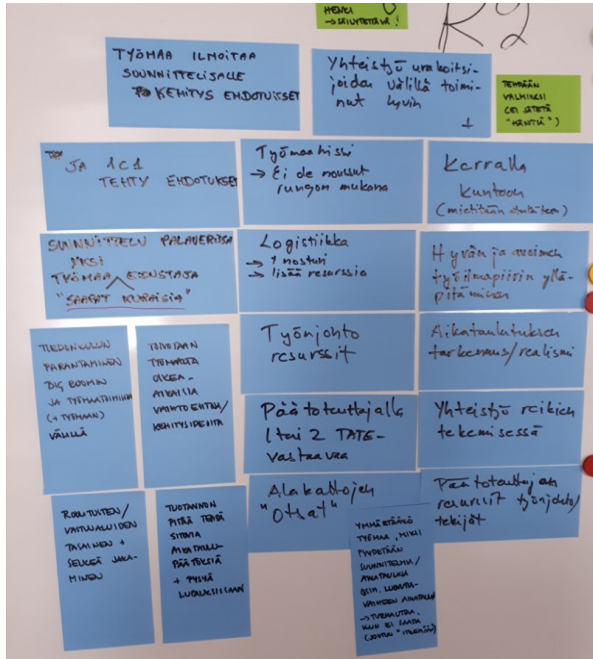
Tahtituotanto on tehokkainta ympäristössä, missä on rajaton määrä työresursseja, materiaalia ja tavoiteaika on lukittu, siten että se ei siirry eteen- eikä taaksepäin. Rakennustyömaalla taas resurssi on rajallinen, materiaalitoimitukset voivat muuttua radikaalisti ja aikataulu voi muuttua työmaalla jopa päivittäin.

Jotta rakennustyömaalla päästäisiin tehdasmaiseen tuotantoympäristöön, on tunnistettava ne työvaiheet, jotka tahdistavat toisia töitä hidastaen tai nopeuttaen niitä, pahimmillaan jopa estäen toisten työn etenemisen.

Rakennustyövaiheen 1C1 aikaan pidettiin työpaja, jossa pyrittiin tunnistamaan mm. potilashuoneessa tehtävät työvaiheet ja asettamaan niille riippuvuussuhteet ja arvioimaan niiden kriittisyystasot (kuva 12).

Pajan tuotoksena tunnistettiin kaksi päätyökohdettapotilashuoneessa, ja ne olivat lattia ja katto. Ajallisesti katossa tehtävät työt tunnistettiin kriittisiksi, koska niissä oli määrällisesti ja osapuolikohtaisesti eniten niitä töitä, jotka tuli suorittaa

tietyissä järjestyksessä, jotta seuraavat työvaiheet pääsivät jatkumaan. Lattiassa tehtävät työt koskettivat ajallisesti vain paria päätyöryhmää ja vaikka lattiatyö työnä tunnistettiin kriittiseksi, jäi sille kuitenkin riittävä työaika, kunhan katossa tehtävät työt vain tehtiin lattiassa tehtäviä töitä ennen valmiiksi.



Kuva 12. Kehitystyöpaja (vk 19/2019).

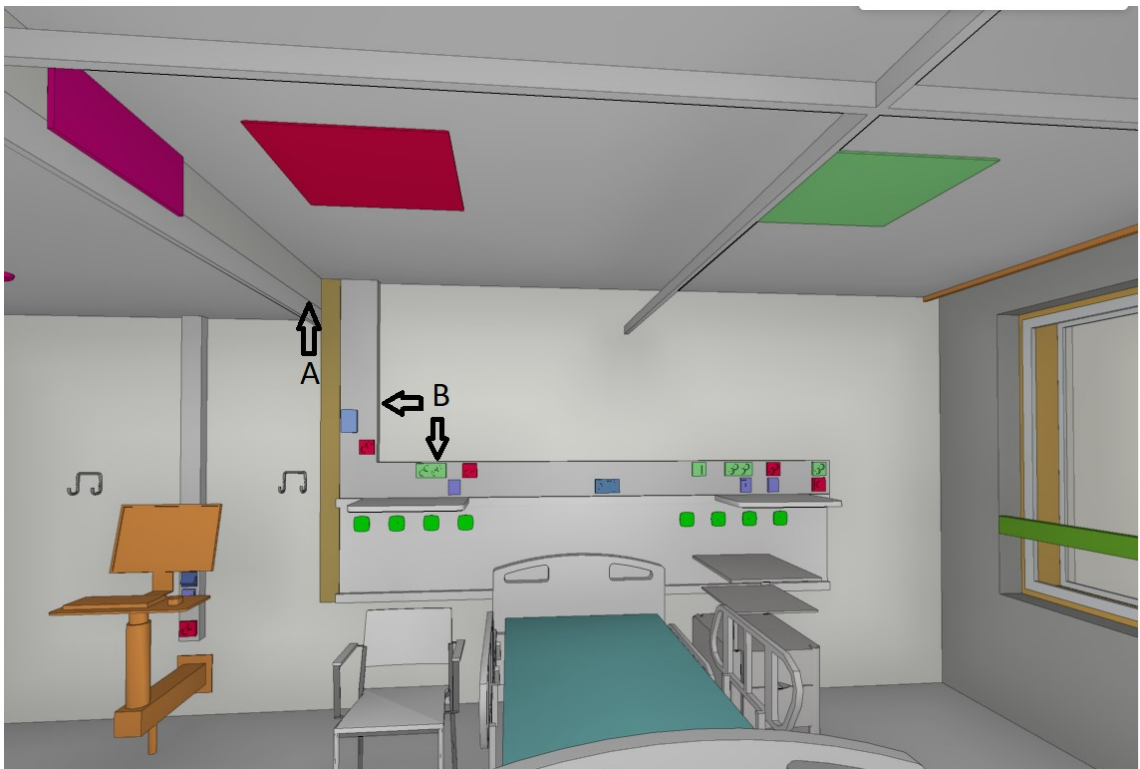
Jatkotyöpajassa tunnistettiin lisäksi kaksi voimakkaasti tahdistavaa työvaihetta katossa. Ne olivat potilaspaneeliseinän maalaus ja alas lasketun katon "otsan" asennus (kuva 13 A) ja maalaus. Tehtäessä nämä työvaiheet riittävän ajoissa, tahtituotannon tahtia pystyttiin säätämään resurssin saatavuuden mukaan (kuvat 15–17).

Potilashuoneissa potilaan luo tuodaan eri hyödykkeitä (kaasut, sähkö, tele jne.), jotka asennetaan käytettäväksi potilaspaneeliin (kuva 13). Markkinoilla on useita eri potilaspaneelivalmistajia, ja heillä on omat vakioidut tuotteet. Näissä on yleensä se ongelma, että niitä ei voi helposti modifioida eri tilaratkaisuihin, tai niiden saatavuus voi vaihdella voimakkaasti. Rakennustyömaalla on lisäksi se

ongelma, että varastotiloja on rajallinen määrä, ja kriittisiä komponentteja ei voi ottaa työmaalla kuin rajallisen määrän säilöön.

Tähän kehitettiin ratkaisuksi paikalla tehtävä potilaspaneeliratkaisu (kuva 13). Paikalla tehtävä potilaspaneeli kootaan vakiokomponenteista työmaalla, ja sen sisältöä voidaan modifioida nopeastikin tarpeen muuttuessa.

Potilaspaneelin rakentamiseen liittyy sekä sähkö-, LV- ja rakennusteknisiä töitä. Kun katossa tehtävät kriittiset työt on tehty ja potilaspaneeliasennuskanavat on saatu paikoilleen (kuva 13 kohta B), ajallinen riippuvuus toisista muuttuu sellaiseksi, että osapuolet voivat palata omaan tahtiinsa alueelle aina kun resursseja on saatavissa tai resurssin käyttö on mahdollisimman tehokasta.



Kuva 13. Potilaspaneeli KYS Uusi Sydän 1C2, huone CB5-111.

Sähkötekniisiin järjestelmiin liittyen tunnistettiin lisäksi tarve saada potilas-huonetta palveleva keskus tehtyä esivalmisteena mahdollisimman pitkälle tehdasympäristössä. Tällöin työmaalla ei sitoudu ylimääräistä asennusresurssia työhön, joka voidaan tehdä muualla lähes valmiiksi (kuva 14).

Ratkaisuesitys

Toteutusmalli 1



Kuva 14. Huonekeskus toteutusmalli 1, Pok Group 2018.

2.3.5 Järjestelmäintegraatiot

Järjestelmäintegraatioiden tavoite on yhdistää eri rakentamisen osa-alueita synergiaetujen saamiseksi siitä, että järjestelmiä voitaisiin yhdistää tai asentaa yhtä aikaa.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli tuottaa järjestelmä- ja asennusintegraatioita yli tekniikkarajojen, mutta jo aikaisessa vaiheessa allianssina totesimme, että kriittisessä sairaalaympäristössä tulee välttää liian pitkälle vietyjä integraatioita. Yhden järjestelmän vikaantuminen voisi aiheuttaa tahattomasti useamman järjestelmän toimimattomuuden. Tätä ei voitu hyväksyä missään olosuhteessa.

Eino Rantala kirjoittaa väitöskirjassaan integraatioiden ongelmallisuudesta talotekniikan- ja rakennustekniikan välillä. Väitöskirjassa tutkimusongelma ja johtopäätökset tukevat hankkeen päätöstä luopua integraatiosta. (4. Erno Rantala väitöskirja 2003 Installaatio- ja rakennustekniikan koherenssista perusinstallaatiotekniikan integraatioon)

Päätös integraatioiden välttämisestä helpotti lopulta järjestelmätoteutuksia, koska voitiin pitäytyä jo testatuissa järjestelmäkoonpanoissa. Riitti, että niistä karsittiin turhat toiminnot pois ja järkeistettiin asennustavat siten, että hukkaa tulisi mahdollisimman vähän.

3 Toteutus ja toteutuksen jatkuva kehitys

3.1.1 Tavoiteajat ja logistiikka

Perinteisesti sähköurakan toteutusaika saadaan laskettua ensin sähköurakan kokonaishinnasta, joka koostuu yleensä työnjohdosta, aliurakoinnista, materiaalista ja asennustyöstä. Asennustyö jakaantuu lisäksi aikatoihin ja urakkatöihin, jos laskennan pohjana käytetään sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimusta (9). Työehtosopimuksessa määritetään työt, jotka sovitaan tehtäväksi aikatyönä tai urakkatyönä. Työehtosopimusta voidaan lisäksi yhdessä sopien soveltaa.

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen kaikki vaiheet on laskettu myös perinteisesti laskien työkuvista ulos kappaleet ja metrit. Kokemusperäisesti on todettu, että perinteisen sairaalahankkeen keskituntiansio asentajalla on noin 25–30 €/h. Täten laskettaessa potilashuoneen asennettavat sähkömateriaalit saadaan tavoiteaika jakamalla tilakohtainen kokonaistyöhinta tavoitekeskituntiansiolla.

Potilashuoneen kokonaistyöaika sähkösuunnitelmista laskien on noin 40 h, joka ei sisällä potilashuoneen ulkopuolisia kaapelointeja. Potilashuoneita vaiheessa 1C1 on noin 14 kpl/kerros. Yhteensä potilashuoneita vaiheessa 1C1 on 98 kpl, eli potilashuoneiden kokonaistyöajaksi saadaan noin 4000 tuntia. Hankkeen kokonaistyöaika laskennan kautta oli noin 13 000 tuntia.

Kokonaistyöajasta vaakasuuntaisten oheistilojen ja kerroksien 0–2 ja 10 krs työajaksi laskennallisesti tuli 8000 h ja pystysuuntaisten kerrosten välisten töiden laskennalliseksi työajaksi jäi noin 1000 h.

Kerroksessa 0 sijaitsevat tekniset tilat. 1. kerros koostuu pääosin vastaanottotiloista ja 2. kerroksessa sijaitsevat leikkauslaittoiminnot. Kerroksessa 10 sijaitsee IV-konehuone.

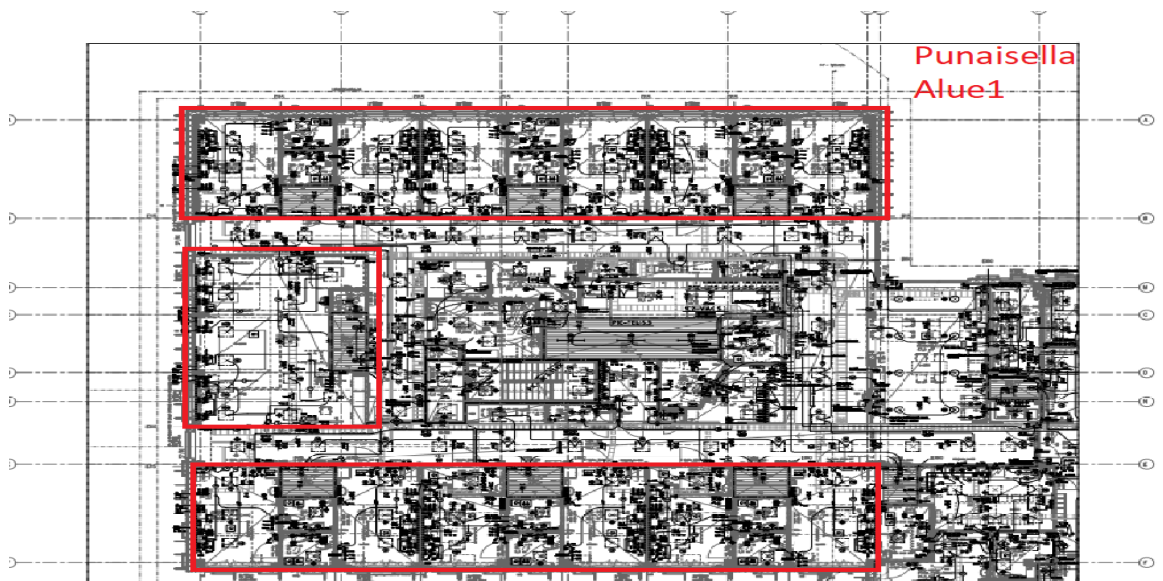
Kohteesta tunnistettiin neljä aluetta, ja niille tehtiin omat tavoitealuetahdit. Alueet olivat vaakasuunnassa potilashuoneet (kuva 15), niiden aputilat ja käytävät (kuva 16), pystysuunnassa kuilut (kuva 17), joissa kulki eri järjestelmien pääsyöttökaapelit, sekä tilat 0–2 krs ja IV-konehuone.

Logistiikan on tarkoitus palvella työmaan rakennusprosessia. Logistiikan toimivuutta tulee mitata seuraamalla työnvirtausta ja tuottavuutta, ei siis pelkästään materiaaliprosessia. Logistiikka on onnistunutta, jos oikea materiaali on käytössä oikealla hetkellä, siten ettei ylimääräinen materiaali häiritse asennustyötä. On lisäksi vältettävä sitä, että materiaalit siirtyvät työmaalla useaan kertaan. Lisäksi toimitustavoissa on vältettävä materiaalien noutoa, jolloin työntekijöiden työaika vapautuu enemmän tuottavaan työhön. (7. Rakennusteollisuus 2021 Ketju yhteenvetoraportti)

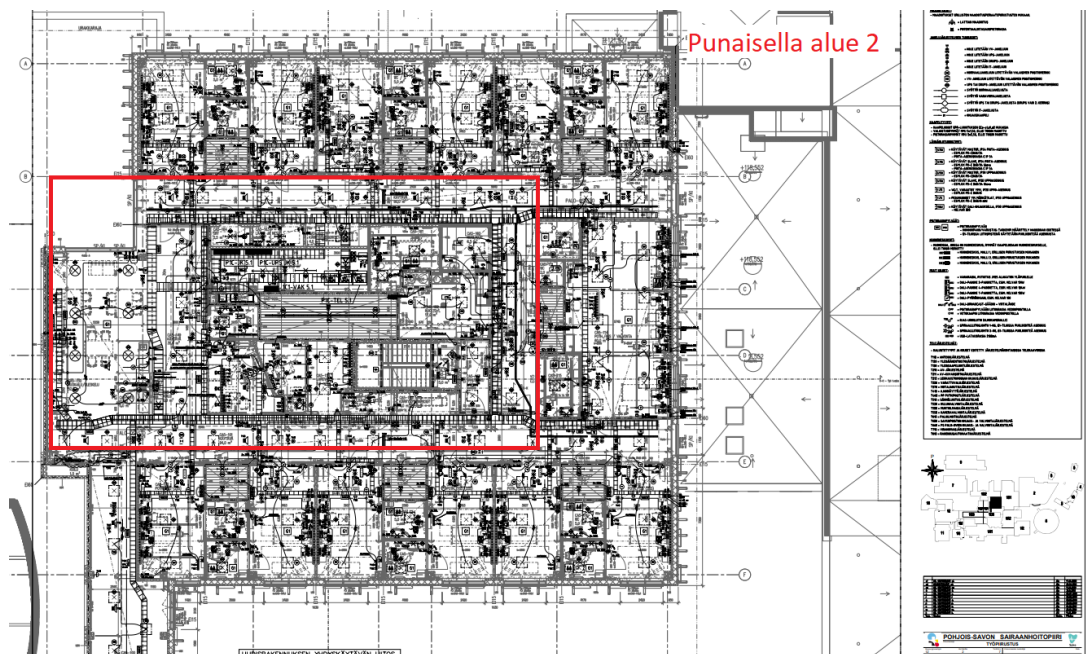
Logistisesti materiaalivirran osalta aluetahdituotantoalueet poikkeavat merkittävästi toisistaan. Potilashuoneisiin menee määrällisesti paljon materiaalia, ja materiaalit toistuvat tiloissa. Aputilat ja käytävät toistavat myös itseään, mutta niiden tahti voi katketa useasta syystä, joten materiaalia pitää pystyä siirtämään alueelta pois erinäisistä syistä. Pystysuunnassa materiaalia menee määrällisesti vähän, mutta esimerkiksi paksut nousukaapelit vaativat paljon tilaa ja työ on saatava kerralla tehtyä. Erikoistilat puolestaan sisältävät paljon sellaista materiaalia, jolla voi olla pitkä toimitusaika ja sen työnaikaiseen varastointiin on kiinnitettävä suurta huolellisuutta (lämpö, pöly tmv.).

Logistiikkaprosessi on tärkeä osa lean-mallia ja tahdituotantoa. Tästä syystä oli tärkeää, että materiaalinimikkeitä saatiin supistettua siten, että vaikka aluetahdiin tuli katos tai häiriö, samoja tuotteita saatiin käytettyä myös tarvittaessa toisella alueella.

Työmaa sijaitsi keskellä toimivaa sairaalakampusta, joten varastointitilaa materiaaleille ei ollut juurikaan käytössä. Lisäksi kulkureittejä oli vähän käytössä, ja eri työvaiheista johtuen työmaan kulkureitit saattoivat muuttua usein.



Kuva 15. KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen vaihe 1C2. 5. kerroksen aluetuotantoalue 1.



Kuva 16. KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen vaihe 1C2. 5. kerroksen aluetuotantoalue 2.



Kuva 17 KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen vaihe 1C3. Aluetahtituotantoalue 3:n nousukaapelit.

3.1.2 Toteutuksen korjaavat ja kehittävät toimenpiteet

Irtolastitavaran logistiikka- ja saatavuusongelmaan haettiin ratkaisua tekemällä sopimus tukkurin kanssa irtolastitavaran riittävyyden takaamiseksi. Tukkurin toimitti työmaalle kaupintakontin irtolastitavaralle, sekä huolehti siitä, että tavaraa oli koko ajan sovitun mukaisesti saatavilla. Kaupintakontin varastotilat olivat kuitenkin rajalliset, joten saatavuuden varmistamiseksi kontteja täydennettiin useita kertoja viikossa tukkurikumppanin toimesta. Lisäksi työmaalle saatiin varattua jonkin verran tilaa puskurivarastolle.

Vaiheessa 1C2 konttitäydennyksiä ei voitu koronan vuoksi tehdä kovinkaan tiiviillä tahdilla koska henkilökontaktit pyrittiin saamaan minimiin. Tähän ratkaisuna konttivalikoimaa supistettiin siten, että vähämenekkisiä tuotteita poistettiin valikoimasta ja menekkituotemääriä lisättiin vapautuneille hyllypaikoille.

Logistiikan tehostamiseksi työmaatarvikkeet pyrittiin saamaan työkohteissa pyörille. Esimerkiksi johtotiet, asennuskalusteet ja kaapelit sijoitettiin pyörille, jolloin materiaalin siirto työkohteiden välillä oli mahdollisimman jouhevaa. Vaiheessa 1C1 pyörillä oli arviolta kolmasosa tarvikkeista, ja vaiheessa 1C2 pyörillä oli jo arviolta 70 prosenttia tarvikkeista.

Logistiikan tehostaminen nosti työtehoa merkittävästi, ja työmaalta saatiin siitä erittäin hyvää palautetta. Lisäksi työmaahenkilöt aktiivisesti pyrkivät keksimään uusia tapoja saada materiaalit pyörille.

4 Kohteen luovutus ja käyttäjäpalautteet

4.1 Nollavirheluovutus

Allianssi valitsi yhdeksi avaintulosalueekseen nollavirheluovutuksen, koska yhdessä tunnistettiin, että toimivassa sairaalassa ei voida tehdä potilastyöskenteilyn käynnissä ollessa enää rakennustyöpuutteiden korjaustöitä. Lisäksi on yleisesti tunnistettu, että mm. energiatehokkuusvaatimusten paraneminen sietää huomommin rakennusaikaisiavirheitä.

Energiatehokkuusvaatimusten paraneminen vaatii aikaisempaa huolellisempaa suunnittelua ja rakentamista, mikä luo hyvät edellytykset myös laadun paranemiselle. Määräyksillä ei kuitenkaan voida taata virheettömyyttä. Hyvään rakentamisen laatuun päästään vain hyvällä suunnittelulla, toteutuksella ja valvonnalla. Rakennuksia on myös kyettävä käyttämään oikein. Kun nollaenergiatalossa seinät ovat tiiviit ja talo on täynnä tekniikkaa, on selvää, että tällaisen talon rakentaminen sietää huonosti virheitä rakentamisen aikana. (5. Hannele Pokka 2016 Rakennuslehti Nollavirhettä rakentamisen tavoitteeksi)

Kaisa Ristola on tutkinut diplomityössään mm. aliurakoitsijoiden sitouttamista nollavirheluovutukseen. Ristolán työssä havaittiin, että aliurakoitsijoiden koko- ja osatyösuoritusten nollavirheluovutukset sovituissa aikataulussa koettiin hanketta edistäviksi mittareiksi. (6. Kaisa Ristola diplomityö 2016 Allianssiurakoitsijoiden sitouttaminen rakentamisen projektiallianssiin)

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen alussa sovittiin, että tarvittaessa aliurakoitsijoille voidaan tehdä omat kannustin- ja sanktiomekanismit, joiden yksi tavoite olisi ollut nollavirheluovutus. Sähkötoteutuksen aliurakkasummien jäädessä suhteessa pieniksi kuitenkin päätettiin, että aliurakkasopimukset tehdään YSE 98 -sopimusehtojen mukaisesti.

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen ensimmäinen vaihe luovutettiin sähkötoteutuksen osalta nollavirheluovutuksena. Muista sopimusosapuolista automatiikka

sai myös tehtyä nollavirheluovutuksen. Lopuilla osapuolilla kuitenkin oli lukuisa määrä pieniä virheitä. Allianssina todettiin täten, että nollavirheluovutusta ei kuitenkaan kokonaisuudessa saavutettu ensimmäisessä vaiheessa.

Puutelistoja tutkiessa johtopäätelmänä voidaan mm. havaita se, että jos eri toimijoilla on erilaiset sopimukset kannustin- ja sanktiomekanismeineen, nollavirheluovutusta ei tule tapahtumaan. YSE 98 -pohjaisissa urakoissa sallitaan tietty määrä virheitä, joiden pohjalta kohteen tai työmaan luovutus voidaan tehdä.

Tilaaaja on oikeutettu pidättämään urakoitsijan vastattavaksi kuuluvan virheen korjaustyötä vastaavan määrän, kunnes korjaus on suoritettu. Lisäksi voidaan sopia sopimussakko esimerkiksi osa- tai kokonaisluovutuksista.

YSE 98 -sopimusehdoissa ei tunnisteta nollavirheluovutusta, vaan kohde tai työ on luovutettavissa pienin puuttein tilaajalle. Koska kyseessä oli laaja hanke, puuteiden määrä aliurakoissa oli yhteenlaskettuna niin suuri, että avaintulosta-voite ei täyttnyt kokonaisuudessaan.

4.1.1 Opiksi otettavaa seuraavaan vaiheeseen

Vaiheen 1C2 avaintulosalueita määritettäessä tunnistettiin haasteet nollavirheluovutuksen suhteen. Aiemman vaiheen kokemuksien pohjalta ei kuitenkaan haluttu luopua YSE-pohjaisista aliurakoista, vaan päätettiin, että tietty määrä virheitä ja puutteita hyväksytään nollavirheluovutukseen.

4.2 Käyttäjäpalaute

Jatkuvan kehittymisen kannalta on olennaisen tärkeää saada palautetta tekijöiltä, yhteistyökumppaneilta, tilaajalta ja varsinkin käyttäjältä.

Käyttäjäpalautekyselyissä nousi sähkötoteutuksen osalta pari huomioitavaa ja seuraaviin vaiheisiin muutettavaa asiaa. Ensimmäinen palautteen pohjalta muu-

tettava asia oli potilashuonevalaisimen himmennettävyys. Käyttäjä toivoi seuraaviin vaiheisiin sellaista valaisinta, jota voidaan himmentää enemmän kuin vaiheessa 1C1 asennettua valaisinta. Mallihuonekyselyn pohjalta valaisin oli todettu toimivaksi ja riittävästi himmentyväksi, mutta käytäntö osoitti, että valaisinta tulisi saada himmennettyä lisää. Toisena palautteena sähkötoimituksen osalta saatiin lisäpistorasia tarve potilaskouruihin.

Vaiheeseen 1C2 valittiin palautteen pohjalta enemmän himmentyvä tuote, ja tähän muutokseen käyttäjä on ollut tyytyväinen. Lisäpistorasioiden lisääminen tehtiin myös vaiheeseen 1C2, ja tähänkin on oltu pääsääntöisesti tyytyväisiä, mutta vaiheeseen 1C3 pistorasia sijoituksia haluttiin vielä muuttaa käyttäjäpalautteen vuoksi.

Aiemmin tehtyjen valintojen vuoksi lean-periaatteita noudattaen muutokset oli erittäin helppo tehdä ja monistaa seuraaviin vaiheisiin, ilman että suunnitelmia tai toteutustapoja olisi tarvinnut radikaalisti muuttaa. Palautteen perusteella osa "tulevista" ongelmista oli siis jo ennakkoon tunnistettu ja korjaavat toimenpiteet oli siten helppo toteuttaa.

5 Tutkimuksen tulos, Arvoa rahalle -raportti ja yhteenveto

5.1 Tutkimuksen tulos

Sähköurakoinnissa taloudelliset mittarit kertovat parhaiten sen, miten tehokkaasti hankkeessa on onnistuttu rakentamisen aikana. Budjetti koostuu yleensä neljästä pääkohdasta, jotka ovat materiaali, alihankintakulut, asennuskulut ja työnjohtokulut.

Yleensä työmaan asennusteho nähdään asennuksiin käytetyistä tuntiperusteisista aikatoista. Aikatyöt ovat urakkaan kuulumattomia tunteitä. Jos aikatoita on paljon suhteessa urakkatunteihin, on työmaa mennyt tehottomasti läpi.

Materiaaliylitys tai alitus kertoo yleensä sen, onko kohteessa tapahtunut hinnoittelu- tai massalaskentavirhe tai onko materiaali- tai järjestelmävaihtoehtoja saatu läpi.

Alihankintatoteumasta ylitys johtuu yleensä huonosta valvonnasta tai siitä, että alihankinta on kilpailutettu epäselvillä suunnitelmilla, jonka johdosta aliurakka on paisunut budjetoitua isommaksi.

Työnjohtototeuman ylitys johtuu yleisimmin siitä, että joku edellisistä vaatii jatkuvia toimenpiteitä, ja tästä syystä työnjohtoon tarvitaan ylimääräistä resurssia.

Rakennusvaiheen 1C1 sähkötoteutuksen taloudellisista tunnusluvuista voidaan nostaa yksi tunnusluku erityisesti esiin, koska se kuvastaa parhaiten hankevaiheen onnistumista. Tämä tunnusluku on asennuksiin käytetty aikatyöprosentti. Aikatyöprosentti ennen käyttäjämuutoksia on alle viisi, kun se normaalissa vastaavassa uudiskohteessa voi olla 15–20 %:n välissä suhteessa urakkatunteihin. Aikatyöprosentin ollessa matala voidaan tulkita, että asennuksia ei ole tarvinnut tehdä useaan kertaan (lean), sekä urakkakohteita on ollut tarjolla riittävästi (aluetuotanto).

Rakennusvaiheessa 1C2 voidaan sama tunnusluku nostaa esiin, koska se pysyi myös alle viidessä prosentissa. Lisäksi huomionarvoista on materiaalisäästöt, joiden osuus budjettialituksesta on noin 10 %. Materiaalialitukseen vaikutti erityisesti se, että järjestelmävalinnat tehtiin ja määritettiin edellisessä vaiheessa siten, että toimittajasidonnaisia valintoja tehtiin mahdollisimman vähän. Lisäksi lean-oppeja soveltaen hävikkiä saatiin pienemmäksi.

Rakennusvaiheiden 1C1 ja 1C2 taloudellisten tunnuslukujen lisäksi kyselytutkimusten perusteella työmaan henkilökunta kokee olevansa hyvin tai erittäin sitoutunutta hankkeeseen.

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että tehostamalla ja yksinkertaistamalla työmaan logistiikkaa materiaalivirtojen osalta sekä kohdentamalla, sitouttamalla ja aikatauluttamalla työresurssit tehokkaammin siten, että ei tule turhaa odotetta, voidaan erikoiskohteessakin saada huomattavaa laadullista parannusta ja taloudellista, sekä aikataulullista säästöä. Työn ja työmaan jatkuva kehittäminen ja kehittyminen luo lisäksi mielekkään ja sitoutuneen työyhteisön, joka tuo tavoitteen mukaisesti myös lisäarvoa projektille.

5.2 Arvoa rahalle -raportti

Rakennusvaiheen 1C1 jälkeen päätettiin koota yhdessä allianssiosapuolten kanssa Arvoa rahalle -raportti vaiheittain. Raportin kokoojaksi valittiin Vision Oy.

Rakennusvaiheen 1C1 raportti on koostettu kevään 2021 ja talven 2022 välisenä aikana ja se on julkaistu PSSHP:n verkkosivuilla 24.2.2022. Rakennusvaiheen 1C2 Arvoa rahalle -raportti julkaistaan keväällä 2024.

Arvoa rahalle -raportissa arvioidaan taloudellisia tunnuslukuja, läpimenoaikaa, tavoitteiden saavutusta, allianssin kehitystä, sekä sen tavoitteena on myös luoda läpinäkyvyyttä projektin ulkopuolisille tahoille.

Raportissa todetaan, että tilaajan asettamat toiminnalliset ja taloudelliset tavoitteet saavutettiin. Yhtenä onnistumisena raportille nostettiin myös hankkeen aikana kehitetty potilaspaneeliratkaisu.

5.3 Yhteenveto

Projektin tehokkuutta parantamalla ja hukkaa vähentämällä voidaan saavuttaa teknisesti ja taloudellisesti parempi projektin lopputulos. Tehokkuuden parantaminen ei kuitenkaan vaadi valtavia ponnisteluja tai taikatemppeja, vaan se onnistuu myös kiinnittämällä huomiota yksityiskohtiin ja virtaviivaistamalla teke- mistä. Projektionnistumiset tuntuvat osittain merkityksettömiltä kokoluokkansa tai aiheensa puolesta, mutta monistettaessa niitä satoihin vastaaviin tiloihin saadaan aikaan huomattavaa taloudellista ja ajallista säästöä.

KYS Uusi Sydän 2025 -hankkeen ensimmäisessä vaiheessa asentajakeskivahvuus oli neljä asentajaa ja aliurakoinnin keskivahvuus yksi asentaja. Toisessa vaiheessa kohteen koon yli kaksinkertaistuuessa, asentaja keskivahvuus oli kuusi asentajaa ja keskimäärin yksi aliurakoitsija. Ottaen huomioon myös sen, että toista vaihetta rasitti koronapandemian ja Ukrainan sodan tuomat haasteet, tehollisesti mitattuna työteho miltei kaksinkertaistui.

Tärkein oppi opinnäytetyön tekijälle on ollut tässä projektissa se, että lean tuo pieniä parannuksia ja kehityksiä kohti selkeämpää lopputuotetta, ja tahtituotantoa voi tehdä myös ilman metronomia. Tahtijunat kulkevat täydellisessä rakentamisympäristössä kuin Japanissa junat, millisekuntien tarkkuudella, mutta pilkkomalla tahdin alueille voi lopputulokseen päästä myös dieselveturillakin.

Yrityksen näkökulmasta aluetahdituotantoa tai tahtituotantomaista talotekniikka rakentamista kannattaa jatkossa miettiä ja suunnitella hyvissä ajoin ennen hankkeen aikataulun lukitsemista tai fyysisten töiden aloitusta. Tahtituotantomainen rakentaminen voi vaatia alussa taloudellista lisäpanostusta, esimerkiksi logistiikkaan tai toteutusratkaisuihin, mutta panostuksilla voidaan saada huomattavaa parannusta mm. työmaatehoihin. Sitä kautta taloudellinen panostus

tulee korkojen kanssa takaisin. Lisäpanostuksella voidaan myös saavuttaa aikataulullista etua siinä, että esimerkiksi toimintakokeita ja oman työn tarkastuksia päästään suorittamaan alkuperäistä ajatusta aiemmin. Tätä kautta voidaan paremmin varmistua siitä, että kohde saadaan luovutettua vähillä virheillä tai jopa virheittä ja ennen kaikkea suunnitellussa aikataulussa.

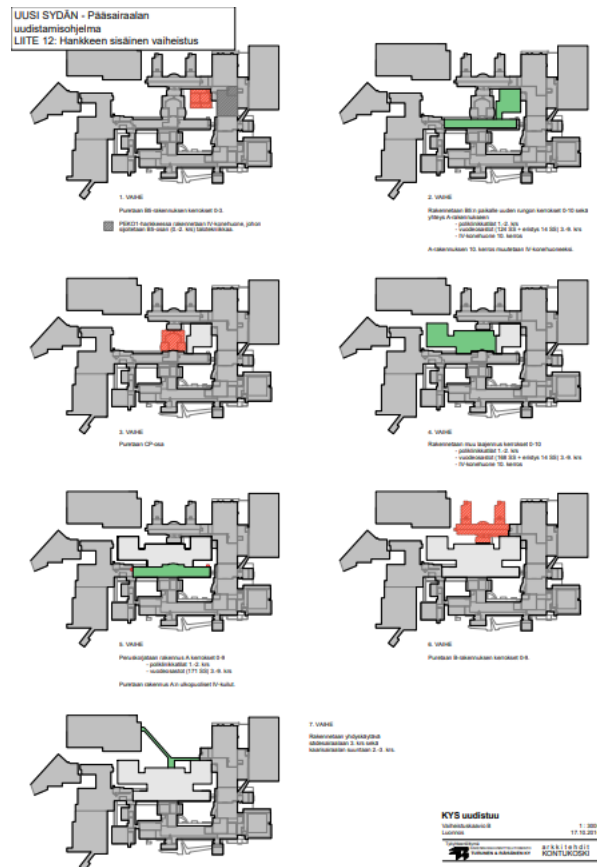
Opinnäytetyön tekijän oma arvio tuloksista on, että tavoitteena ”potilaskerroksen” tehostus saavutettiin. Tätä päätelmää tukee saavutettu materiaali, aika ja kustannussäästö molemmissa hankevaiheissa 1C1 ja 1C2.

Lähteet

- 1 Kivioja, Karri. 2015. Rakennusteollisuus verkkojulkaisu 2015. Allianssisopimukset. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/toimialat/talonrakennus/aluetoimistot/ita-suomi/koulutusaineistot-2015/2015-02-04-allianssisopimukset-asiames-karri-kivioja-talonrakennusteollisuus.pdf>>. Luettu 24.8.2022.
- 2 Lean Construction Institute Finland. 2019. Verkkodokumentti. <<https://lci.fi/blog/menetelmakortti/last-planner-systeemi/3>>. Luettu 24.8.2022.
- 3 Klingberg, Teemu. 2019. Opinnäytetyö Metropolia ammattikorkeakoulu: Tahtituotanto kerrostalohankkeen sisätyövaiheessa. Luettu 26.8.2022.
- 4 Rantala, Eino. 2003. Väitöskirja Helsingin teknillinen korkeakoulu: Installaatio- ja rakennustekniikan koherenssista perusinstallaatiotekniikan integraatioon. Luettu 26.8.2022.
- 5 Pokka, Hannele. 2016. Rakennuslehti verkkojulkaisu 2016 ”Nolla virhettä rakentamisen tavoitteeksi” <<https://www.rakennuslehti.fi/blogit/nolla-virhetta-rakentamisen-tavoitteeksi/>>. Luettu tammikuu 2023.
- 6 Ristola, Kaisa. 2016. Diplomityö Tampereen teknillinen yliopisto: Allianssiurakoitsijoiden sitouttaminen rakentamisen projektiallianssiin. Luettu tammikuu 2023.
- 7 Rakennusteollisuus verkkojulkaisu. 2020. Ketju – yhteenvetoraportti. <<https://www.rt.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/ketju-yhteenvetoraportti.pdf>>. Luettu tammikuu 2023.
- 8 RIL 276-2021. 2021. Lean Rakentamisessa – Perusteet, menetelmä ja arvon tuottamisen työkalut. Luettu 6.12.2023.
- 9 Sähköliitto työehtosopimus 2020–2022. 2020. <<https://sahkoliitto.fi/wp-content/uploads/2023/09/Sahkoistysalan-SES-2020-2022-nettiversio2.pdf>>. Luettu 6.12.2023.
- 10 RT 16-10660 YSE 1998. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. <https://oivawood.com/wp-content/uploads/2020/10/Rakennusurakan_yleiset_sopimusehdot_YSE_1998.pdf>. Luettu 6.12.2023.
- 11 Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017. Rakennustieto Oy. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Luettu 2.12.2023.
- 12 Ratu S-1229. 2011. Rakennushankkeen projektisuunnittelu. Rakennustietosäätiö. <<https://kortistot-rakennustietofi.libproxy.tuni.fi/resource/juha/content/18038#page=1>>. Luettu 2.12.2023.

- 13 Koskenvesa, A., Kivimäki, C., Mäki, T. & Sahlstedt, S. 2016. Aikataulukirja 2016. Talonrakennusteollisuus Ry. <<https://kortistot-rakennustieto.fi.libproxy.tuni.fi/resource/juha/content/17168#page=1>>. Luettu 2.12.2023.
- 14 Fira Sitedrive. <<https://www.sitedrive.com/fi/tahtiaika>>. Luettu 2.12.2023.

Liitteet



Liite 1. KYS Uusi Sydän -pääsairaalan uudistamisohjelma, sisäinen vaiheistus 17.10.2016.