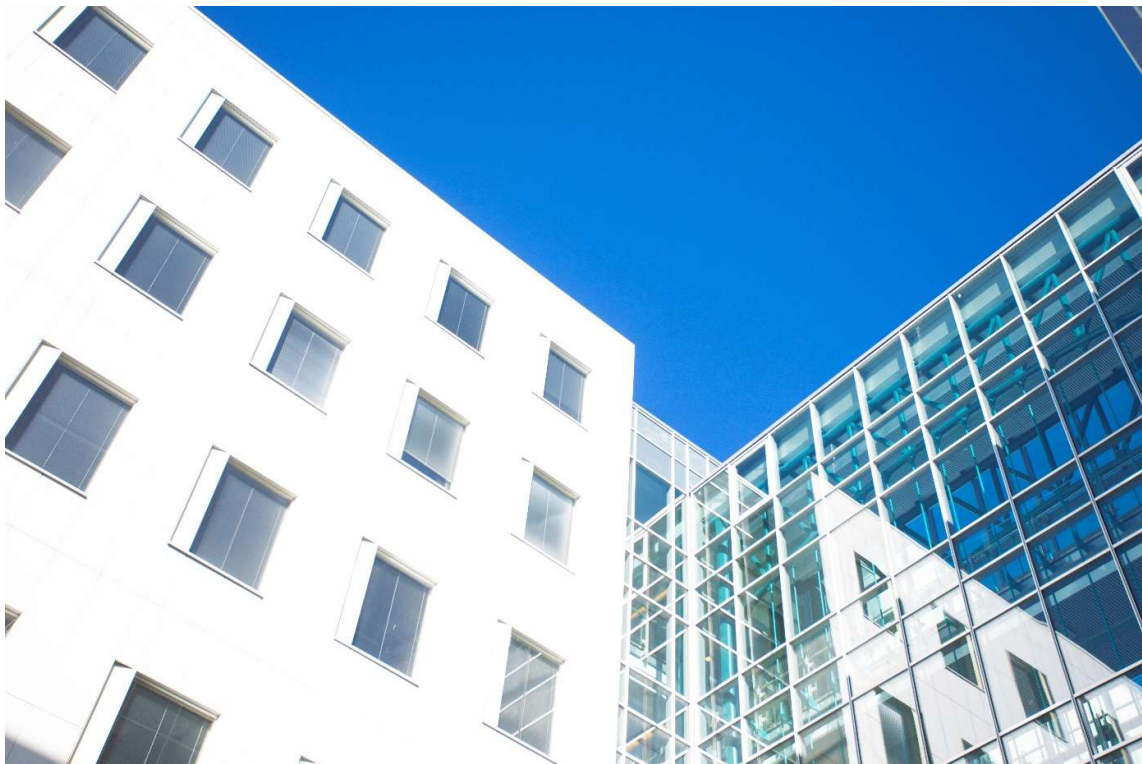


Talotekniikan optimaalinen aikataulutus rakennushankkeessa

Kirjoittajat:

Kimmo Keskiniva, Sina Moradi, Juha-Matti Junnonen, Piia Sormunen ja Arto Saari

Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka



TALO|20
tekniikka|30

Alkusanat

Tämän projektin toteutuksesta on vastannut Tampereen yliopiston tutkijaryhmä: väitöskirjatutkija Kimmo Keskiniva, tutkijatohtori Sina Moradi, tutkija Juha-Matti Junnonen, teollisuusprofessori Piia Sormunen ja professori Arto Saari.

Projektin ohjausryhmään on osallistunut aktiivisesti seuraavat henkilöt:

Tomi Alanen	Amplit Oy
Ville Jääskeläinen	Are Oy
Marko Holopainen	Bravida Finland Oy
Samuel Enkvist	Bravida Finland Oy
Jukka Järvinen	Cervi Talotekniikka Oy
Tero Järvinen	Granlund Oy
Tatu Svahn	Granlund Oy
Heikki Inkinen	Granlund Oy
Juho Lepistö	Granlund Oy
Anni Luoto	Granlund Oy
Mikael Kiuru	Hilti Suomi Oy
Mika Nikula	Maskun talotekniikkatiimi Oy
Mikko Sahikallio	QMG
Kimmo Lehtonen	QMG
Jouni Ylhäinen	Sweco Talotekniikka Oy
Kimmo Hallamaa	Sähkö Oy Turku
Harri Huhtamäki	YIT Suomi Oy

Kiitos kaikille hankkeeseen osallistuneille.

Tampereella xx.10.2023

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	1
1. Johdanto.....	5
1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja niiden kehittyminen	5
2. Kirjallisuuskatsaus	7
2.1 Talotekniikan ajallinen hallinta.....	8
2.2 Projektinjohtorakentamisen malli ja siihen liittyvä sopimustekniikka	11
2.2.1 Urakkasopimukset	12
2.2.2 Suunnittelusopimukset.....	13
2.3 SUKE-malli (talotekniikan) suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa	14
2.3.1 Projektinjohtorakentamisen ongelmat SUKE-kirjojen mukaan .	14
2.3.2 SUKE-mallin pääperiaatteet.....	16
2.4 Talotekniikan aikataulutuksen haasteita ja ratkaisuehdotuksia muusta kirjallisuudesta	17
2.4.1 Taloteknisten järjestelmien rooli rakennushankkeen prosessissa - tutkimushankkeen loppuraportti	18
2.5 Tahtituotanto	19
3. Haastattelututkimuksen tulokset.....	21
3.1 Metodiikka	21
3.2 Talotekniikan suunnittelun ja toteutuksen aikatauluttaminen.....	25
3.2.1 Talotekniikan suunnittelun aikatauluttaminen ja suunnittelunohjaus	25
3.2.2 Talotekniikan toteutuksen aikatauluttaminen	26
3.3 Projektinjohtourakkamalli.....	28
3.4 Suunnitelmanmuutokset ja suunnittelutuntien riittävyys	30
3.5 Muut esille nousseet alateemat.....	33
3.5.1 Käytössä olevat työkalut	33
3.5.2 Esivalmisteiden hyödyt ja haasteet.....	34
3.5.3 Tahtituotannon kokemukset.....	35
3.6 Nostoja sairaalarakentamisesta.....	36
3.7 Viestit alalle	38
4. Johtopäätökset	41

4.1	Ajallisen hallinnan menettelyt	41
4.2	Suunnittelutuntien riittävyys	42
4.3	Projektinjohtourakointimalli	43
4.4	Tutkimuksen suositukset listana.....	46
	Lähdeluettelo	49

1. Johdanto

Tutkimus on osa jatkuvaa Talotekniikka 2030 -projektia. Projekti on Aalto-yliopiston, Tampereen yliopiston ja 14 toimialakumppanin käynnistämä yhteenliittymä, joka edistää toimialaa uudistavaa visiota tutkimushankkeiden ja nopeiden kokeilujen avulla. Talotekniikka-alan kaikki sektorit toivotetaan tervetulleeksi projektin tuleviin hankkeisiin.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja niiden kehittyminen

Talotekniikan suunnittelun ja rakentamisen aikataulujen laadinnassa ja niiden pitävyydessä on ollut ongelmia. Samoin hankkeissa laaditaan vaiheittain eri toimintoja varten aikatauluja. Niiden yhteensovitus voi jäädä vajavaiseksi. Haasteeksi voi muodostua myös tilaajan päätöksenteon eriaikaisuus suhteessa laadittuun aikatauluun.

Tutkimuksen tavoitteiksi asetettiin:

- 1) kartoittaa taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin aikataulutukseen ja niiden valvontaan liittyvät haasteet ja hakea toimenpiteitä haasteiden taklaamiseksi huomioiden koko elinkaari.
- 2) selvittää tahtituotantohankkeiden onnistumisen edellytyksiä talotekniikan näkökulmasta suunnittelusta käyttöönottoon huomioiden suunnittelun ja rakentamisen integraatio.
- 3) aikataulutukseen liittyen tunnistaa päätösprosessissa ja valintojen vaiheistuksessa olevat haasteet ja hakea toimenpide-ehdotukset haasteiden välttämiseksi optimaalisen aikataulun saavuttamiseksi.
- 4) tarkastella kuinka hankkeen alkuvaiheessa tehtävien päätösten vaikutusta rakennuksen ylläpitoon.

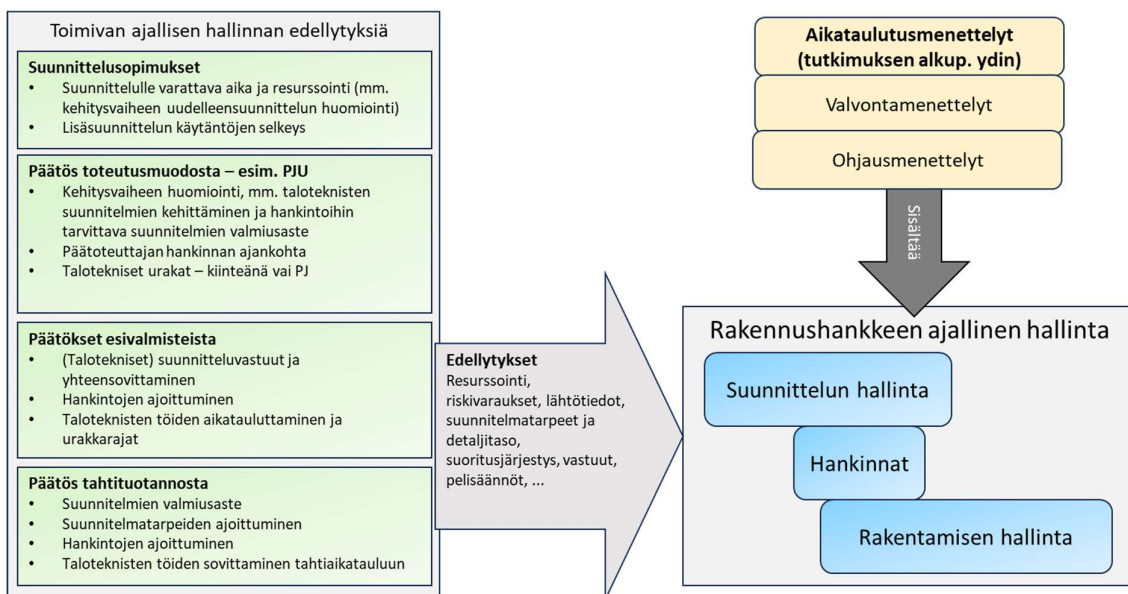
Hankkeen alussa on määritelty myös hankkeelta odotettuja tuloksia, joita ovat:

1. Aiempien olennaisten tutkimustulosten yhteen kerääminen ja kokoaminen haastattelututkimuksen lähtötiedoiksi.
2. Haastattelututkimuksen tulokset ja ratkaisumalleja talotekniikan aikataulutuksen ja päätösprosessin parantamiseen sekä läpinäkyvyyteen valituissa hankemuodoissa.
3. Lisätutkimusta tarvitsevien osa-alueiden tunnistaminen
4. Hankkeen loppuraportti, jossa kuvataan hankkeen tulokset.

Ensin tavoitteiden pohjalta suoritettiin kansainväliseen kirjallisuuteen keskittyvä kirjallisuuskatsaus. Hakusanoina katsauksessa käytettiin: ”Building services planning, Building services scheduling, 4D scheduling, MEP Design, MEP Construction, and Takt planning”. Katsaus ei kuitenkaan tuottanut juurikaan tuloksia liittyen talotekniikan aikatauluttamisen haasteisiin. Tutkimusasetelmaa muutettiin siten, että kirjallisuuskatsaus tehdään uudelleen haastattelututkimuksen jälkeen, olennaisten haastattelutulosten pohjalta. Haastattelututkimuksen metodiikka ja toteutus on kuvattu luvussa 3.1.

Tutkimuksen ohjaavaksi tavoitteeksi kiteytettiin ”taloteknisen suunnittelun ja toteutuksen ajallisen hallinnan haasteiden ja ratkaisujen” tarkastelu. Rakennustuotannon ajallinen hallinta koostuu aikatauluttamisesta, valvonnasta ja ohjauksesta, joten ajallisen hallinnan ytimessä ovat siihen liittyvät menettelytavat ja tekniikat. Esimerkiksi voidaan tutkia, millaisia vaihtoehtoisia tekniikoita, työkaluja, työmenekkejä, jne. aikatauluttamiseen käytetään ja mitä haasteita niihin liittyy. Toisaalta ajallinen hallinta ei tapahdu tyhjiössä, vaan esimerkiksi aikataulun resurssointiin vaikuttaa mm. valittu toteutusmuoto ja sopimukset. Talotekniikan ajalliseen hallintaan liittyy siis suuri määrä hallintaprosessien ”ulkopuolisia” tekijöitä.

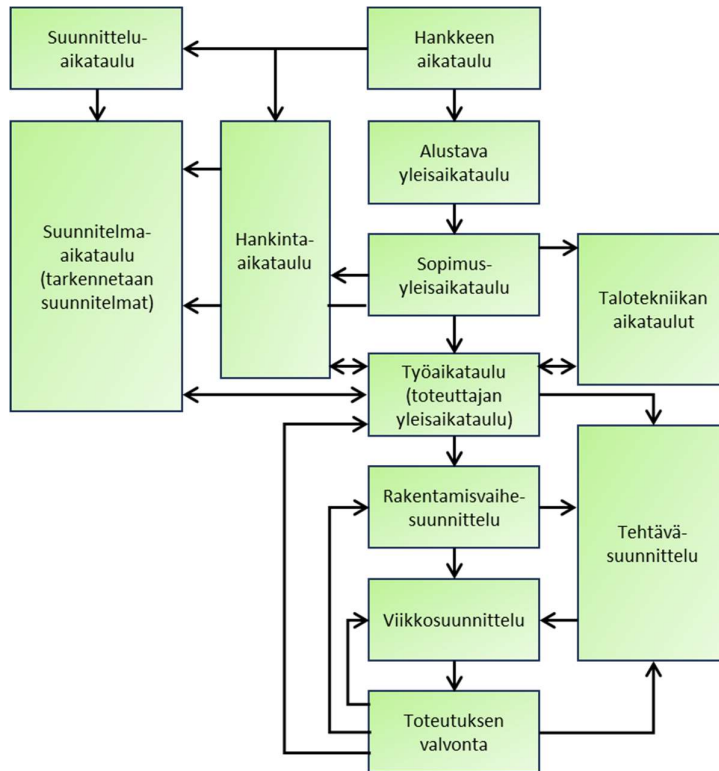
Tämän vuoksi tutkimusryhmä päätyi laatimaan listan mahdollisista edellytyksistä, joita olisi hyvä käydä läpi haastatteluissa. Nämä on esitetty myöhemmin luvussa 3.1. Tämä ratkaisu osoittautui lopulta perustelluksi, koska jo pelkästään ensimmäiseen haastattelukysymykseen: ”Mitkä ovat haasteet talotekniikan suunnittelun ja/tai urakoinnin aikatauluttamiseen liittyen?” lueteltiin enimmäkseen edellytyksiä, eikä niinkään aikatauluttamisteknisiä haasteita. Ydinhaasteiden koettiin siis olevan pääosin edellytyksistä, eikä niinkään aikatauluttamistekniikassa. Kuvassa 1 on pyritty havainnollistamaan tämän tutkimuksen fokusta, eli rakennushankkeen ajallisen hallinnan ydinasiat ja muutamia edellytyksiä omina kokonaisuuksinaan.



Kuva 1. Tämän tutkimuksen fokus – rakennushankkeen talotekniikan ajallinen hallinta ja edellytykset

2. Kirjallisuuskatsaus

Rakennushankkeessa laaditaan useita aikatauluja. Keskeiset ratkaisut tehdään hankesuunnitteluvaiheessa, jossa rakennuttaja päättää hankkeen ajalliset reunaehdot sekä tavoitteet ja luo hankeaikataulun. Tämän jälkeen aikatauluja eriytetään ja tarkennetaan asteittain hankkeen edetessä eri tarkoituksiin. Hyvin suunniteltu aikataulu on hyvä perusta hankkeelle, mutta toimiva hallinta tarvitsee myös aktiivista valvontaa ja ohjausta. Alla olevassa kuvassa on kiteytetty rakennushankkeen lukuisat aikataulut. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)



Kuva 2. Rakennushankkeen lukuisat aikataulut (mukaan Koskenvesa & Sahlstedt 2011).

2.1 Talotekniikan ajallinen hallinta

Suunnitelma-aikataulu eli piirustusaikataulu

Projektinjohtorakentamisessa (jota tämän tutkimuksen kohdehankkeissa käytettiin) yleisratkaisu ja yleissuunnitelma on laadittava huolellisesti, koska myöhempi ratkaisun muuttaminen on vaikeaa. Toteutussuunnitteluun varattua aikaa voidaan tarvittaessa pidentää, ja suunnitelmia voidaan kehittää hankkeen aikana. Maltti on tärkeää ennen rakennustöiden aloittamista, jotta vältetään sellaisilta suurilta suunnitelmamuutoksilta, jotka vaikuttavat projektinjohdourakan sisältöön ja tavoitehintaan. (Kiiras ym. 2019)

Suunnitelma-aikataululla ohjataan suunnittelua. Suunnitelma-aikataulussa määritetään ajankohdat, jolloin eri suunnittelualojen suunnitelmien tulee olla urakoitsijalla käytettävissä hankintoja ja toteutusta varten. Toteutuksen sopimusmalli vaikuttaa mm. suunnitelmien tarkkuustasoon ja hankintoihin sekä työpiirustuksien laatimiseksi käytössä olevaan aikaan. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

Suunnitelma-aikataulu pohjautuu töiden yleisaikatauluun ja suunnittelun yleisaikatauluun (suunnittelu-aikatauluun). Lisäksi hankinta-aikataulu luo kriittiset reunaehdot suunnitelmatarpeille. Suunnitelma-aikataulun toteutumista voidaan valvoa ja ohjata monin eri tavoin. Ohjaus tapahtuu mm. erilaisin kokouksin, kuten suunnittelu-, työmaa- ja suunnitelmamuutoksien hyväksymiskokouksin sekä risteilypalaverien, tilaajan avoimien lähtötietojen palaverien ja suunnittelun työpalaverien. Muita keinoja ovat suunnitelma- ja mallikatselmukset, henkilöiden vastuutukset ja projektipankit. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011).

Taloteknisten töiden hankinta

Taloteknisten töiden hankkimiseen voidaan käyttää erilaisia hankintamuotoja suunnittelun valmiuden perusteella. Hankinnat voidaan tehdä toteutussuunnitelmin (perinteinen), alustavien suunnitelmien ja/tai tuotevaatimuksin tai suunnitelmavaatimuksin (tuoteosakauppa).

Toteutussuunnitelmin tapahtuvassa hankinnassa tarjouspyyntö sisältää kaikki urakan vaatimat suunnitelmat, jolloin suunnitelmamuutoksia tehdessä lisä- ja muutostöiden määrä voi olla suuri. Tällainen hankinta vaatii varhaista päätöksentekoa, jotta suunnitelmat saadaan valmiiksi hankintoja varten ajoissa. (Kiiras ym. 2019)

Alustavien suunnitelmien tapahtuvassa hankinnassa suunnitelmia voidaan täydentää ja kehittää urakoitsijan esitysten perusteella. Toteutussuunnittelu tehdään yhteistyössä. Tällaisessa hankinnassa tarjouspyynnöt saadaan varhain liikkeelle ja urakoitsijat saadaan sidottua projektiin hyvissä ajoin. Sopimukset voivat olla esimerkiksi yksikköhintaiset tai sisältää optioita. (Kiiras ym. 2019)

Suunnitelmavaatimuksin tapahtuvassa hankinnassa toimittaja vastaa tuotteen toteutussuunnittelusta ja tuotteen toimituksesta paikalleen asennettuna. Tuoteosakauppoja voi olla esimerkiksi koko LVI-järjestelmä tai IV-kojeet. Erityisjärjestelmät hankitaan usein tuoteosakauppoina. (Kiiras ym. 2019)

Kiiraksen ym. (2019) mukaan Suomessa on totuttu hankkimaan talotekniikkaurakat perinteisenä kokonaishintaisena urakkana toimialoittain jaettuna. Heidän mukaansa muoto soveltuu huonosti projektinjohtototeutukseen, koska kokonaishintaa varten suunnitelmat tarvitaan heti¹, eikä suunnitteluratkaisujen aktiivinen kehittäminen ole mahdollista.

Kiiras ym. (2019) esittelevät yhtenä vaihtoehtona perinteiselle talotekniselle urakalle talotekniikan johtamisurakan, jossa tilaaja hankkii talotekniikkaurakoitsijan toimimaan projektinjohtourakan periaatteilla². Tällöin sopimus tehdään projektinjohtourakkasopimusmallilla, ja talotekniikkaurakoitsija tekee talotekniset hankinnat joko tuotehankintoina, asennusurakoina tai näiden yhdistelminä. Asennustyöt voidaan teettää omilla työntekijöillä tai suunnitelmista mitatuilla määrillä hankittuina asennusurakoina. Maksuperusteena voidaan käyttää tavoitehintaa.

Muiksi vaihtoehtoiksi Kiiras ym. (2019) kuvailevat osaurakat, teknisten ratkaisujen urakat ja tilaurakat.

Taloteknisten töiden (urakoinnin) aikatauluttaminen

Talotekniset työt esitetään yleisaikataulussa yhdessä rakennusteknisten töiden kanssa, mutta taloteknisistä töistä kannattaa laatia myös oma aikataulu (Koskenvesa & Sahlstedt 2011). Talotekniset aikataulunimikkeet määritetään kohdekohtaisesti. Pää toteuttaja määrittelee keskeiset nimikkeet tai talotekniikkaurakoitsijat antavat oman esityksensä. Todellisen rakentamisen kulun hahmottamiseksi nimikkeet kannattaa purkaa todellisiksi työmaalla tehtäviksi tehtäväkokonaisuuksiksi. Jotta talotekniikkaurakoitsijoiden osaamista voidaan hyödyntää aikatauluttamisessa, tulee urakoitsijat sitouttaa siihen sopimuksissa.

Taloteknisten tehtävien aikataulun laadintaa ja tehtävien mitoittamista vaikeuttaa talotekniikkatöitä koskevien yleisten työmenekkitiedostojen puute. Taloteknisten töiden mitoittaminen perustuu tavanomaisesti joko pääurakoitsijan keräämään viitetietoon tai talotekniikkaurakoitsijan kanssa käytävään keskusteluun aikataulutehtävien työsaavutuksesta. TATE-urakoitsijat voivat tehdä myös oman esityksensä aikataulusta.

Kolhonen, Kankainen ja Junnonen (2003) määrittelevät seuraavat periaatteet taloteknisen tuotantoaikataulun laadinnalle:

- aikataulun oltava realistinen, yksiselitteinen, havainnollinen ja yhteisesti hyväksytty
- aikataulutehtävät perustuvat mietittyihin/mitoitettuihin resursseihin
- aikataulunimikkeet valitaan kohdekohtaisesti ja jaetaan hankintajaon mukaisesti
- hankekohtaiset kriittiset työt selvitetään etukäteen (esim. IV-koneet, sähkökeskukset)
- kohteen rakenneratkaisujen vaikutukset tutkitaan
- lohko- ja työkohdejako otetaan huomioon (→välitavoitteet)
- talotekniikan keskinäiset ja riippuvuudet rakennustekniikkaan viedään aikatauluun

¹ Moni tässä tutkimuksessa haastateltu talotekniikkaurakoitsija totesi kohdanneensa saman ongelman hankkeissaan.

² Tätä suositeltiin muutamassa haastattelussa. Tosin haastateltavat puhuivat, että talotekniikat hankittaisiin (useampina) projektinjohtourakoina, jossa esimerkiksi sähköurakoitsija ja sähkösuunnittelija voivat tehdä läheisesti yhteistyötä yhteiset kustannustavoitteet huomioiden.

- teknisten tilojen valmistuminen ja tärkeät tapahtumat (kuten lämpö päälle) merkitään aikatauluun
- suurten ja raskaiden laitteiden nostot ja haalaukset otetaan huomioon
- ulkopuolisten liittymien (lämpö, vesi, viemäri, sähkö, tele, hälytys) teko ja käyttöönotto näkyviin
- kokeisiin, mittauksiin, säätöihin ja tarkastuksiin (viranomaiset, rakennuttaja) varataan riittävästi aikaa

Talotekniikka-aikataulun laatimisen jälkeen tarkistetaan taloteknisten tehtävien tahdistuminen yleisaikatauluun nähden ja tehtävien kestojen realistisuus. Tarkistus voidaan tehdä vertaamalla eri aikatauluja rinnakkain tai yhdistämällä kaikki tehtävät samaan aikatauluun, jotta hahmotetaan eri tehtävien etenemisen tasaisuus ja risteilyt. Ilman aikataulujen yhteensovitusta hankkeen ohjattavuus on heikko. Rakennustöiden ja TATE- töiden samaan aikatauluun yhdistämisen etuna on yhdellä silmäyksellä todettavissa olevat riippuvuudet. Samalla tarkistetaan myös taloteknisten urakoitsijoiden resurssitarpeiden tasaisuus ja realistisuus saatavilla oleviin resursseihin nähden. (Kolhonen, Kankainen & Junnonen, 2003)

Kolhonen ja Koskenvesa (2004) käsittelevät raportissaan tuotannon taloteknisten töiden aikatauluttamista. Raportti alkaa talotekniikan aikatauluttamisen ongelmien kuvauksella. Ongelmiksi mainitaan taloteknisten töiden ylimalkainen aikatauluttaminen ”pitkinä viivoina”, aikatauluttamiseen liittyvä osaaminen, mitoittamiseen tarvittavien lähtötietojen puuttuminen, yleisten työmenekkitiedostojen puute, lohkoittain vaihtuvat määrät ja resurssitarpeet sekä suunnitelmamuutosten hallinta. Ratkaisuksi esitetään taloteknisen aikataulusuunnittelun tarkkuustason lisääminen, talotekniikan ja rakennustekniikan yhteensovittaminen ja yhteistyö.

Taloteknisten töiden valvonta

Tuotannon (ajallisen) valvonnan tarkoituksena on pysyä selvillä tehtävien tilanteesta, havaita aikataulusta poikkeavia tilanteita ja raportoida havainnot työnjohdolle päätöksentekoa varten (Junnonen 2010). Jotta tuotannolle asetettuja tavoitteita ja todellista tilannetta voitaisiin verrata poikkeamien havaitsemiseksi, tulee tehtävät olla selkeästi määritelty tuotannosuunnittelussa. Huolellisen tuotannosuunnittelun ja aktiivisen valvonnan avulla ohjaustoimenpiteet voidaan kohdistaa sellaisiin töihin, jotka niitä tarvitsevat.

Taloteknisiä töitä valvotaan pääpiirteittäin vastaavasti kuin muitakin töitä. Ensimmäinen valvontatoimi on malliasennus (Kolhonen & Koskenvesa 2004). Muita valvonnan keinoja ovat mm. valvontavinjetin käyttö ja erilaiset digitaaliset ratkaisut. Valvonnasta kerätyn tiedon avulla voidaan tehdä ennusteita ja tarvittaessa kiinniotosuunnitelmia. Paikka-aikakaavio soveltuu tämän visualisointiin hyvin. (Junnonen 2010)

Työnaikainen valvonta kohdistetaan yhtä aikaa koko tuotantoon ja yksittäisiin kriittisiin tehtäviin. Valvottavia asioita ovat tuotannon riskitekijät, kuten valmistumisriskit ja tuottavuusriskit (töiden käynnistyminen ajoissa, tuotantonopeudet, keskeytymiset, töiden hajautuminen, työsisällön tai määrien muuttuminen). (Junnonen 2010)

Taloteknisten töiden ohjaus

Taloteknisten töiden ohjaus tapahtuu vastaavasti kuin muiden töiden. Tuotantoa ohjataan ennakoivasti ja reagoiden. Ennakoinnissa tunnistetaan tehtävien tulevaan toteutukseen liittyvät riskit sekä minimoidaan riskien todennäköisyys tapahtua ja/tai riskien toteutumisen vaikutukset. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi potentiaalisten ongelmien analyysiä. (Junnonen 2010)

Reagoiva tuotannonohjaus perustuu ensisijaisesti kiinniottosuunnitelmien tekemiseen, jotta poikennut tuotanto saadaan aikataulunmukaiseksi. Kriittistä on myös tunnistaa poikenneen tuotannon juurisyyt ja vaikuttaa niihin, jotta aikataulusta ei poiketa uudelleen kiinniottamisen jälkeen. (Junnonen 2010)

Periaatteessa myös tuotannon aikainen aikataulun päivittäminen/muokkaaminen voidaan mieltää reagoivaksi tuotannonohjaukseksi. Esimerkiksi aikataulua saatetaan joutua päivittämään, jos todellinen tuotannon tilanne on jäänyt niin pahasti jälkeen ajallisista tavoitteista, ettei tuotantoa voi enää järkevästi kirii takaisin aikataulunmukaiseksi. Tuotannon aikainen aikataulun päivittäminen ei kuitenkaan ole yleensä suositeltava menettely, mm. koska se vaatii osapuolten uudelleensitouttamisen uuteen aikatauluun. Esimerkiksi yhdessä laadittu talotekniikka-aikataulu vaatisi uuden aikatauluversion laatimisen yhdessä. Aikataulun muuttaminen myös herkästi muuttaa työmaan resurssitarvetta, johon urakoitsijoiden voi olla vaikea mukautua.

2.2 Projektinjohtorakentamisen malli ja siihen liittyvä sopimustekniikka

Projektinjohtorakentamisessa projektinjohtototeuttaja johtaa hanketta yhteistoiminnassa tilaajan kanssa siten, että toteutussuunnittelu, hankinnat ja rakentaminen limitetään jakamalla rakennustyö useisiin hankintoihin, jotka kilpailutetaan suunnittelun etenemisen myötä. Toteutusmuodon tavoitteina on mm. lyhentää hankkeen kokonaiskestoa, parantaa joustavuutta suunnitelmien kehittämiseksi, ohjata ja alentaa kustannuksia sekä mahdollistaa hinta- ja laatuvalinnat. (Kruus ym. 2006)

Kiiraksen ym. (2019) mukaan projektinjohtomuotoja on yleisesti käytetty mm. toimisto- liike- ja teollisuushankkeissa kuten ostoskeskukset, hotellit, sairaalat ja paperitehtaat. Tällaisissa kohteissa suunnittelun ja rakentamisen limittämistä saatava hyöty (mm. aikataulun lyhentyminen ja suunnitteluratkaisujen kehittäminen) korostuu ja kohde voidaan ottaa tarpeen vaatiessa osissa käyttöön. Pienissä ja yksinkertaisissa kohteissa projektinjohtorakentamista ei yleensä käytetä, koska muodosta ei saada oleellista lisähyötyä. (Kiiras ym. 2019)

Projektinjohtourakoinnissa projektinjohtourakoitsija vastaa rakennuttamistehtävien ja työmaan johtovelvollisuuden lisäksi myös varsinaisesta rakennustyöstä tekemällä hankintasopimukset nimiinsä. Erona perinteiseen pääurakkaan on rakennustöiden tekeminen hankintoina, joihin tilaajalla on lopullinen päätösvalta.

2.2.1 Urakkasopimukset

Urakkamuoto määrittelee mm. suoritusvelvollisuuden laajuuden ja urakan maksuperusteen (Kankainen & Junnonen 2013). Urakoinnissa tyypilliset maksuperusteet ovat kokonaishinta, yksikköhinta, laskutyö ja tavoitehinta. Tämän tutkimuksen kohteissa käytössä olivat tavoitehinta- ja kokonaishintaiset projekti- ja talotekniikkaurakat. Kokonaishintaisessa urakassa urakoitsija tarjoaa annettujen asiakirjojen perusteella kiinteän kokonaishinnan, jolla sitoutuu toteuttamaan urakan, pois lukien lisä- ja muutostyöt (Kankainen & Junnonen 2013). Kokonaishinnan määrittämiseksi urakoitsijan tulee saada korkean valmiusasteen suunnitelma-asiakirjat. Tavoitehinta- ja kokonaishintaisessa urakassa urakoitsijan kulut maksetaan sitä mukaa, kun niitä kertyy asetettuun tavoitehintaan saakka. Tavoitehinnan kustannuslaskutus tai -ylitys jaetaan sovituksi suhteeksi tilaajan ja urakoitsijan kesken. Ylitykselle asetetaan kattohinta, jonka jälkeen urakoitsija vastaa kustannusylityksestä kokonaan. Tavoitehinnan määrittäminen edellyttää vähintään luonnostason suunnitelmia. (Kankainen & Junnonen 2013)

Asianmukaisen tavoite- ja kattohinnan saaminen edellyttää urakkakilpailua, johon tarvitaan vähintään yleissuunnitelmat. Kiiraksen ym. (2019) mukaan tavoitehintaa on joskus sovittu päätettäväksi urakkasopimuksen allekirjoituksen jälkeen, mutta tästä on heidän mukaansa seurannut sopimusriitoja ja ongelmia. (Kiiras ym. 2019)

PJ-urakka sisältää pääurakan laskutyönä tai tavoite- ja kattohinnalla, johon on lisätty sopimuksen mukaiset projekti- ja talotekniikkaurakat. Projektinjohtourakassa PJ-urakoitsijalle maksetaan kiinteä palkkio projektinjohtotehtävistä ja kiinteä tai aikapalkkio työmaan johtotehtävistä. (Kruus ym. 2006) Vastaavasti taloteknisessä johtamisurakassa voidaan käyttää tavoite- ja kattohintaa ja kiinteää palkkiota PJ-tehtävissä (Kiiras ym. 2007).

Tavoite- ja kattohintaisella projekti- ja talotekniikkaurakalla pyritään motivoimaan projekti- ja talotekniikkaurakoitsijaa taloudellisempien ratkaisujen etsimiseen. Suunnitelmien muuttaminen (toisin kuin täsmäntäminen ja täydentäminen) muuttaa sekä tavoite- että kattohintaa. Toisaalta projekti- ja talotekniikkaurakoinnissa suunnitelmat eivät ole projekti- ja talotekniikkaurakkasopimusta tehdessä yleensä valmiit, vaan niitä täsmennetään ja täydennetään vielä. Tämän vuoksi toimiva muutostenhallinta ja yhteisymmärrys (mm. muutosten ja täsmennysten/täydennysten rajapinnasta) on tarpeellista. (Kiiras ym. 2019)

RT 103017 Projektinjohtourakkasopimuksen laatiminen tavoite- ja kattohinnalla -ohjekorttiin on kirjattu suosituksia tavoite- ja kattohinnan muutoksiin liittyen. Seuraavat suositukset löytyvät ohjekortista:

”Sopimussuunnitelmien myöhempi täydentyminen ja täsmentyminen on tavoite- ja kattohinnassa huomioitu, eikä muuta näitä ... Jotta projekti- ja talotekniikkaurakalle ominainen suunnitelmien myöhempi täsmentyminen ja täydentyminen ja toisaalta tavoite- ja kattohintaan vaikuttavien muutosten välinen tulkinta ei muodostuisi myöhemmin ongelmaksi, on sopijapuolten suositeltavaa tarkentaa tätä rajankäyntiä ja laatia siitä erillinen sopimusliite.”

RT 103017 -ohjekortissa suositellaan, etteivät projekti- ja talotekniikkaurakoitsijan aikaansaamat kehitysratkaisut tai muut parannukset alentaisi urakoitsijan tavoite- eikä kattohintaa: ”kirjataan

PJU:n mahdollisuus ja intressiperuste ohjata suunnittelua kustannustehokkaampien suunnitteluratkaisujen löytämiseksi ilman, että se johtaa tavoitehinnan alentumiseen.” Tällöin projekti-johtourakoitsija ja tilaaja voivat molemmat hyötyä kehitysratkaisuista.

Lisä- ja muutostyöt vaikuttavat sovitun urakan sisältöön. YSE 1998:ssa on asetettu ehtoja lisä- ja muutostöistä. YSE 1998 43 § käsittelee muutostyövelvollisuuksia. Urakoitsija on velvollinen toteuttamaan tilaajan vaatimat muutostyöt, elleivät ne olennaisesti muuta urakkasuoritusta toisen luonteiseksi (YSE 1998 43 § 1). Muutosta ei saa ryhtyä toteuttamaan ennen kuin sen sisällöstä ja vaikutuksesta urakkaan on kirjallisesti sovittu (YSE 1998 43 § 2), tosin pienistä ja kiireellisistä muutoksista voi ilman kirjallista sopimusta antaa määräyksen tilaajan asianmukaisesti valtuuttama henkilö (YSE 1998 43 § 3). Lisätöiden kustannus- ja aikavaikutukset ovat sopimusvapauden piirissä, eikä lisätöitä urakoitsija ole velvollinen toteuttamaan. Lisätöistä ja töiden vaikutuksista on kuitenkin sovittava kirjallisesti ennen niihin ryhtymistä (YSE 1998 46 §).

2.2.2 Suunnittelusopimukset

Suunnittelijat voidaan valita järjestettyyn kilpailuun perustuen tai ilman kilpailua. Kilpailuun perustuvia valintamenettelyjä ovat suunnittelukilpailut, tarjouskilpailut tai näiden kahden yhdistelmä. Tarjouskilpailulla tavoitellaan edullista suunnittelun hinta-laatusuhdetta. Menettely soveltuu erityisesti käytettäväksi, kun suunnittelutehtävä on selkeä ja suunnittelijan itsenäisesti suoritettavissa, ja tehtävän sisältö on ennalta tehdyssä työohjelmassa riittävän täsmällisesti määritelty. (Kankainen & Junnonen 2013)

Suunnittelupalkkiomuotoja ovat prosenttipalkkio, kokonaispalkkio, yksikköpalkkio, aikapalkkiot, tavoitepalkkio ja muu palkkio (esim. yhdistelmä edellisistä) (Kankainen & Junnonen 2013). Tämän tutkimushankkeen yhteydessä tarkastelluissa kohteissa suunnittelun maksuperuste oli joko kokonaispalkkio tai tavoite- ja kattohintainen suunnittelu. Tavoitehintaissa menettelyssä tavoitehinnan ylittävistä suunnittelutunneista maksetaan osittainen korvaus, ns. ”leikkurihinta” (haastattelujen perusteella). Suunnittelulle asetetaan samalla kattohinta, jonka ylityksestä ei makseta korvausta suunnittelijalle (haastattelujen perusteella). Käytännössä menettely on siis urakoinnin tavoite- ja kattohintaista menettelyä vastaava ainakin edellä mainituin osin.

Suunnittelijat ovat sopimussuhteessa tilaajan kanssa ja heitä velvoittavat konsulttisopimusten yleiset sopimusehdot. KSE 2013:ssa on ehtoja lisä- ja muutostyön korvauksista suunnittelijalle. KSE 2013 5.7.4:n mukaan tilaaja korvaa lisä- ja muutostyön, joka aiheutuu tilaajan tai tilaajan edustajan antamista ohjeista tai virheellisistä taikka puuttuvista perustiedoista, ohjeista tai määräyksistä. Lisä- ja muutostyöt on pyrittävä sopimaan ennen työhön ryhtymistä, tai niin pian kuin mahdollista. Jos sopimuksenteon jälkeen sovitaan tehtäväksi muutoksia sopimuksen pohjana olevaan ohjelmaan tai muihin asiakirjoihin ... konsultti on oikeutettu korvaukseen näin syntyneistä lisä- ja muutostöistä. (KSE 2013 5.7.4)

Projektinjohtourakointimallissa projektinjohtourakoitsija pääsee vaikuttamaan suunnitteluratkaisuihin, jolloin projektinjohtourakoitsija pystyy hallitsemaan paremmin riskejä ja innovaatioita uusia ratkaisuita (Salminen & Talaskivi 2021). Kiiras ym. (2019) kuvaavat projektinjohtohankkeen suunnitteluprosessin erityispiirteitä ja suosituksia. Heidän mukaansa projektinjohtototeutus vaatii perinteistä mallia enemmän yhteistyötä suunnittelijoiden välillä ja suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kesken. He suosittelivat suunnittelusopimusten vaihteista ja sitomista vaiheisiin palkkiot, jotta voidaan herättää suunnittelijoiden kiinnostus vaihtoehtoisten ehdotusten tuottamiseen. Heidän mukaansa ehdotussuunnittelu on luovaa työtä, yleissuunnittelu ”pakettimaista” suunnitelmatuotantoa ja toteutussuunnittelu työmaan kanssa yhteistyössä jatkuvaa palvelua. Tämän vuoksi palkkiot voivat olla erilaiset eri vaiheissa. Esimerkiksi ehdotussuunnittelu bonuksellista tuntilaskutusta, yleissuunnittelu kiinteällä palkkiolla ja toteutussuunnittelu tuntilaskutuksella³ ja (aikataulu-)bonuksella (Kiiras ym. 2019).

Kiiraksen ym. (2019) mukaan iso osa kustannusten alittamisista perustuu suunnitelmien kehitysratkaisuihin, minkä vuoksi suunnittelijoiden intressi kehittää suunnitelmia tulisi huomioida⁴. Kiiras ym. (2019) ehdottavat suunnittelijoiden ja projektinjohtourakoitsijan intressien yhteensovittamista bonuksin. Tällaisessa mallissa lisäpalkkio maksetaan, mikäli tavoitteet toteutuvat, pysytään aikataulussa, laadussa ja budjetissa ja jos yhteistyö on moitteetonta. RT-sopimusmalleissa on tällainen bonussopimusmahdollisuus. (Kiiras ym. 2019)

2.3 SUKE-malli (talotekniikan) suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa

SUKE-malli on eräs rakennusalalle suunniteltu ratkaisu projektinjohtorakentamisen sujuvoittamiseen. Tässä raportissa käsitellään kahta mallista julkaistua kirjasta: ”Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa” ja talotekniikkaan enemmän keskittyvää ”Malli talotekniikan suunnittelun ja hankintojen ohjaukseen projektinjohtohankkeissa”.

2.3.1 Projektinjohtorakentamisen ongelmat SUKE-kirjojen mukaan

SUKE-mallia käsittelevissä kirjoissa (”SUKE-malli suunnittelunohjaukseen projektinjohtohankkeissa” (Kruus ym. 2006) ja ”SUKE: Malli talotekniikan suunnittelun ja hankintojen ohjaukseen” (Kiiras ym. 2007)) kuvataan useita tavoitteita ja ongelmia projektinjohtorakentamisen ”peruskäytäntöihin” liittyen lähtökohtana SUKE-mallin kehittämiseksi. Niitä on poimittu seuraavaksi.

Projektinjohtohankkeissa tärkeä tavoite on mahdollistaa toteutuksen aikainen joustavuus suunnitelmamuutoksille, jotka koskevat mm. käyttäjistä johtuvia tilaratkaisuja, tilajakoa ja tilavarustusta sekä tilojen talotekniikkaa (Kruus ym. 2006).

³ Tämän tutkimuksen haastattelujen perusteella ainakin rakennuttajat pitävät kuitenkin ”puhdasta” laskutyötä (ilman kattohintaa) huonona budjetoinnin ja siihen liittyvän päätöksenteon sekä kustannusohjauksen ja -tehokkuuden kannalta.

⁴ Haastatellut suunnittelijat pitivät suunnitelmien kehittämistä suunnittelutyön kannalta haasteellisena, mikäli kehittämiseen käytetyistä tunteista ei saa minkäänlaista erillistä korvausta ja suunnittelu on tarjottu kiinteänä tai kattohintaisena.

SUKE-kirjan mukaan käytännön hankkeissa on havaittu, että hankesuunnitelma täydentyy osittain päällekkäisenä yleissuunnittelun kanssa, eli kaikkia yleissuunnittelun kannalta olennaisia lähtötietoja ei ole heti saatavilla. Tämän vuoksi SUKE-malli on luotu ympäristöön, jossa käyttäjä ei suunnittelun alkuvaiheessa ole valmis antamaan kiinteätä tilaohjelmaa ja yksilöityjä tilavaatimuksia. SUKE-mallissa suunnitellaan tämän vuoksi joustavat tilat muuntuviin tarpeisiin avoimen rakentamisen periaatteita noudattaen. (Kruus ym. 2006)

Kokonaishintakilpailu edellyttää valmiita suunnitelmia sellaisessa vaiheessa, jossa niitä ei vielä ole. Tästä seuraa suunnitelmapuutteita ja -virheitä, lisätöitä ja lisälaskutusta⁵ (Kruus ym. 2006).

Projektinjohtohankkeissa hankinnat tehdään hankintapaketeittain. Suunnittelijat eivät kuitenkaan ole tottuneet tekemään suunnittelua hankintapaketeittain, vaan tekemään kaikki suunnitteluratkaisut kerralla valmiiksi kokonaishintaisen urakkamuodon tarpeisiin. Tästä seuraa projektinjohtomallissa epäselviä suunnitelmatarpeita ja turhan nopeasti tehtyjä suunnitteluratkaisuita, joita joudutaan muuttamaan. (Kruus ym. 2006)

Hankintapaketit muodostavat suunnittelun kannalta vääriä ja liian pieniä asiakokonaisuuksia, mikä osaltaan vaikeuttaa suunnitelmien toimitusta. Tämän vuoksi hankintapaketit soveltuvat huonosti suoraan suunnittelunohjaukseen ja aikatauluttamiseen. Usein hankinnan vaatima suunnitelmien tuottaminen edellyttää laajempien kokonaisuuksien ratkaisemista. Kokonaisuus saattaa sisältää sellaisia ratkaisuita, jotka päätetään huomattavasti myöhemmin. Tämän vuoksi osa suunnitelmapyyntöistä saattaa tulla yllätyksenä suunnittelijalle. (Kruus ym. 2006). Myös projektinjohtototeuttajien panostus suunnittelunohjaukseen saattaa olla puutteellista, eikä projektiryhmän osaamista hyödynnetä tarpeeksi.

Rakennushankkeen suunnitteluprosessi on perinteisesti kokonaishintaisen pääurakkamallin johdattama ”mahdollisimman aikaisin ja kerralla valmiiksi” logiikka. Tämä soveltuu huonosti projektinjohtohankkeeseen sillä PJ-mallissa toimittajien ehdotuksia suunnitteluratkaisuksi käytetään hyväksi (kehitetään suunnitelmia). Tällöin laajojen arkkitehtisuunnitelmien tekeminen valmiiksi ennen lopullisen toteutustavan valitsemista johtaa muutossuunnitteluun ja erimielisyyksiin sekä suunnitelmien tekoon useampaan kertaan. (Kruus ym. 2006)

Projektinjohtohankkeiden toteutusvaiheessa erityisen vaikea ongelma on eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittaminen. Projektinjohtohankkeissa toteutussuunnittelu tehdään hankintojen mukaisesti, jolloin yhteensovittamista tehdään jatkuvasti. Lisäksi suunnitelmia voidaan muuttaa tarjousten perusteella, mikä lisää yhteensovitusta. (Kiiras ym. 2007)

Talotekniikan jakaminen perinteisiksi kiinteähintaisiksi urakoiksi sisältää Kiiraksen ym. (2007) SUKE-kirjan mukaan seuraavat heikkoudet:

- Se ei tue vaiheiden limittämistä, koska talotekniikkatoimialat menevät ajallisesti läpi lähes koko rakennusajan, jolloin hintaa varten tarvitaan suunnitelmat heti.
- Se ei tue kiinteän ja muuttuvan osan jaottelua, koska kiinteä hinta tarvitsee suunnitelmat molemmista

⁵ Tämä todettiin haasteeksi myös tämän tutkimuksen haastatteluissa.

- Se ei kannusta etsimään aktiivisesti erilaisia suunnitteluratkaisuja, koska suunnitteleja ja urakoitsija eivät hyödy siitä
- Se ei tue tuotteiden aitoja hinta-laatuvalintoja, vaan johtaa tuotteiden tarkkaan spesifointiin ja heikkoon hintakilpailuun
- Se ei kannusta talotekniikkatoimittajia kehittämään palveluitaan ja tuotteitaan.

Kiiraksen ym. (2019) mukaan talotekniikan suunnittelunohjauksessa ja luovutuksissa on ollut vaikeuksia alalla. Heidän mukaansa projektinjohtorakentamisella avoimen rakentamisen mallin (Suke) kanssa voidaan vaikuttaa sekä suunnittelun ohjauksen että luovutusvaiheen laadun ongelmatiikkaan.

2.3.2 SUKE-mallin pääperiaatteet

Suke-mallin pääperiaatteet ovat:

1. **Projektinjohtohankkeen toteutus täydentyvänä ja limitettynä.** Hankkeen vaiheet limitetään siten, että päätökset tehdään ajankohtina, jolloin ne ovat mahdollisia. Tuotetaan joustava tilaohjelma, jota täydennetään ehdotusten laadinnan yhteydessä. Kiireellisiä perusrakennuksen toteutussuunnitelmia voidaan tehdä jo yleissuunnitteluvaiheessa.
2. **Suunnittelun vaiheistaminen.** Suunnittelusopimukset laaditaan kaksiosaisena eriytettyllä palkkiolla. Yleissuunnittelun sopimukset laaditaan ”pakettina”, joka toimitetaan kokonaisuutena. Toteutussuunnittelu ostetaan rakennustyön ajan jatkuvana ”palveluna”.
3. **Suunnitelmien jako kiinteään ja muuntuvaan osaan.** Kiinteän perusosan suunnitelmat laaditaan lohkoittain tilakonsepteihin perustuen yleissuunnittelussa. Toteutussuunnittelussa laaditaan muuntuvien tilojen suunnitelmat tila-alueittain.
4. **Suunnitelma-aikataulun laatiminen suunnitelmapaketeittain.** Suunnitelmat laaditaan suunnitelmapaketteina, ellei muuta ole ohjeistettu (Suke-mallissa on määritetty standardipakettien luettelo). Suunnitelmapaketit sisältävät sellaisen kokonaisuuden, joiden keskinäiset riippuvuudet pakottavat suunnittelemaan kokonaisuuden kerralla. Suunnitelmapaketti voi sisältää useampia hankintoja/hankintapaketteja, joiden sisältö tarkentuu vasta projektinjohtototeuttajan tarjouspyynnön kaupallisissa asiakirjoissa. Projektinjohto ajoittaa suunnittelupaketit ja toisaalta työmaa pyytää sekä ohjeistaa hankintojen suunnitelmia ja ratkaisuja omien tarpeidensa mukaisesti.
5. **Suunnitelmien valmius tarjouspyynnössä.** Suunnitelmat laaditaan valmiudeltaan alustavina suunnitelmina, ellei muuta päätetä.
6. **Rakennesuunnitelmien ajoitus.** Kiireen vuoksi osa toteutussuunnittelusta voidaan aloittaa yleissuunnittelun aikana. Mm. maanrakennus- ja perustushankintojen tarjouspyyntösuunnitelmat.
7. **Suunnitelmapakettien ohjaus.** Suunnitelmapaketille tehdään suunnitelmakatselmus, jossa varmistetaan suunnitelmien täydellisyys, ristiriidattomuus ja soveltuvuus hankintaan ja rakentamiseen.
8. **Hankintojen ohjaus.** Toimittajan tarjoaman suunnitteluratkaisun muutosten ja toimittajan vastuusasioiden huomiointi.

Avoimen rakentamisen mukaisesti talotekniikka voidaan jakaa kiinteään perusrakennukseen ja muuntuviin tiloihin. Keskuslaitteistot testataan tehtaalla ennen toimitusta, kiinteä perusosa otetaan vastaan niille suunniteltujen mitoitusarvojen vaihteluvälein ja tila-alueet niiden valmistuessa sisäilmaston mitoitusarvoja noudattaen. (Kiiras ym. 2007)

Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty esimerkkejä taloteknisiin hankintoihin liittyvistä SUKE-suunnitelmapaketeista ja niihin liittyviä asiakirjoja (Kiiras ym. 2019).

Taulukko 1. Suunnitelmien ja hankintojen välinen yhteys SUKE-mallissa (Kiiras ym. 2019 mukailleen).

Suunnitelma-asiakirjat	Suunnitelmapaketit/sisältö	Hankinnat esimerkiksi johtamisurakassa
Perus-LVI-suunnitelmat Vesi ja viemäri Lämmitys ja jäähdytys Ilmanvaihto Erityisjärjestelmät	9 LVI perusputkisto ja -kanavisto lohkoittain Kylmä-, käyttö-, jäte- ja sadevesiputkistot Tulo- ja poistoilmakanavistot Erityisputkistot ja -kanavistot	Perus-LVI:n urakat Reititys- ja kannatusjärjestelmäurakka Lämmitysjärjestelmäurakka Palontorjuntajärjestelmäurakka Perusputkiurakka Peruskanavistourakka Eristysurakka Erityisputkisto ja -kanavistourakka
Tilasuunnitelmat Vesi ja viemäri Lämmitys ja jäähdytys Ilmanvaihto Erityisjärjestelmät	0 Tilojen LVI-suunnitelmat tila-alueittain Kylmä-, käyttö-, jäteveden tilaverkostot ja -järjestelmät Tilan kylmäjärjestelmät ja -luovuttimet Vesi- ja viemärikalusteet Erityiset tilan putkijärjestelmät Tulo- ja poistoilman huonelaitteet Erityiset tilat IV-järjestelmät	Tilatoimitukset ja asennukset Tilan putkihankinnat Vesi- ja viemärikalustehankinta Tilan putkiasennus IV:n huonelaitteiden hankinta Tilan IV-asennus Erityiset tilan IV-hankinnat

2.4 Talotekniikan aikataulutuksen haasteita ja ratkaisuehdotuksia muusta kirjallisuudesta

Honkaniemen (2018) diplomityö käsittelee talotekniikkasuunnittelun aikataulutusta projektinjohtourakoissa. Diplomityössä suurimpien haasteiden kerrotaan muodostuvan kuuden teeman ympärille: lähtötiedot, suunnittelu-aikataulu, aikataulujen yhteensovitus, suunnitelmatarpeiden määrittäminen, kiinteähintaiset talotekniikkaurakat sekä tiedonvaihto ja -hallinta.

Mäkinen (2020) AMK-opinnäytetyö käsittelee sähkösuunnittelun haasteita projektinjohtourakoinnissa. Opinnäytetyön keskeisiä tuloksia ovat:

- Ennakkoon suunniteltavat suunnitelmat, muuttuvat tilat, alakattosuunnittelu, muuttuvat arkkitehtipohjat ja uudet lähtötiedot haastavat taloteknistä suunnittelua projektinjohtourakoissa. Tämän vuoksi on tärkeää sopia hankinta- ja suunnitelmapaketien ajankohdat ja sisällöt. Lisäksi lähtötietotarpeet tulisi informoida riittävän ajoissa
- Projektinjohtourakassa, jossa talotekninen urakka on kiinteähintainen, talotekniset suunnitelmat joudutaan tekemään hankintaa varten valmiiksi joillain rakenne- ja

arkkitehtisuunnitelmilla, jotka todennäköisesti vielä muuttuvat. Suunnitelmamuutokset on vaikea huomioida järkevästi kiinteään urakkaan.

- Hankkeen kiireet näkyvät helposti epärealistisina suunnittelutarpeina ja aikatauluina, josta seuraa suunnittelijan syyttäminen, vaikka juurisyyt olisivat muualla.
- Suunnittelijoiden on vaikea määrittää suunnittelutyön kestoa.
- Suunnitelma-aikataulut ovat usein ylimalkaiset ja harva projektinjohtourakoitsija osaa tehdä sellaisen. Tarvittaisiin erittelyä suunnittelulle, tarjouspyynnölle ja rakentamiselle lohkoittain ja hankintapaketeittain.
- Last Planner toimii hyvin suunnittelualojen aikataulutukseen.
- Arkkitehtipohjien muuttuminen haastaa taloteknistä suunnittelua. Käytännössä jäädytetään tietty arkkitehtipohja talotekniseen suunnitteluun. Lopuksi päivitetään kerralla talotekniikkasuunnitelmamuutokset viimeisimmän arkkitehtipohjan muutosten pohjalta.
- Kiinteiden sairaalalaitteiden lähtötiedot saadaan myöhäisessä vaiheessa hanketta, koska laitteet vanhenevat nopeasti ja ne halutaan hankkia myöhään.
- Kiinteiden talotekniikkaurakoiden muutoksia voidaan vähentää jakamalla suunniteltava kohde kiinteään perusosaan ja muuttuvaan tilaosaan.
- Projektinjohtourakointimalli haastaa suunnittelun resurssointia, koska suunnitelmien kehittämiseen ja suunnitelmapaketin suunnitteluun tarvitaan paljon enemmän henkilöitä lyhyeksi aikaa. Hukkaa syntyy mm. suunnittelijoiden opettamisesta projektiin liittyen.

2.4.1 Taloteknisten järjestelmien rooli rakennushankkeen prosessissa -tutkimushankkeen loppuraportti

Taloteknisten järjestelmien rooli rakennushankkeen prosessissa -tutkimushankkeessa (Peltokorpi ym. 2021) tarkasteltiin taloteknisten järjestelmien suunnittelua ja toteutusta. Kyseinen tutkimushanke toteutettiin haastattelu- ja kyselytutkimuksina. Seuraavaksi on poimittu muutamia nostoja hankkeen loppuraportista.

Suunnittelun ja toteutuksen limittymisen yleistymistä pidettiin hyvänä muutoksena, koska se mahdollistaa urakoitsijan osallistumisen suunnittelunohjaukseen. Toteutusmuotojen kehittymistä yhteistoiminnallisempaan suuntaan pidettiin hyvänä muutoksena. Urakoitsijälähtöisten kehitysideoiden varjopuolena pidettiin kehitysratkaisuista aiheutuvia suunnittelun lisätoivia. (Peltokorpi ym. 2021)

Talotekniikan jatkuvasti kehittyvä teknologia on haastanut suunnittelijoiden osaamista. Talotekniikkaurakoitsijoiden kokemus on, että suunnittelijoilta puuttuu kokemusta ja tunteista järjestelmistä. Tämän vuoksi talotekniikkaosaamista tulisi lisätä ja toisaalta talotekniikkaurakoitsijoilta olisi hyvä saada ehdotuksia vaihtoehtoisista tuotteista. Talotekniikkaurakoitsijoiden osallistamista suunnittelunohjaukseen pidettiin positiivisena muutoksena. Varhaisen talotekniikkaurakoitsijan osallistamisen koettiin vähentävän työmaa-aikaisia muutoksia. (Peltokorpi ym. 2021)

Talotekniikan kehittymisen koettiin toisaalta haastavan myös päätoteuttajan osaamista. Haastateltavat kokivat, että talotekniikan kokonaisuutta ei ymmärretä kunnolla, vaan tuotantoa johdetaan liian rakennustekniikkapainotteisesti. Eräs haastateltava mainitsi, että toisinaan taloteknisille töille ei tämän vuoksi varata tarpeeksi aikaa aikatauluun. Ratkaisuna tähänkin nähtiin talotekniikkaurakoitsijoiden osallistaminen ja yhteistyö urakoitsijoiden välillä. (Peltokorpi ym. 2021)

Lähtötietojen ja suunnitelmien varhaista lukitsemista toivottiin. Talotekniikkasuunnittelun aikaistamista ei pidetty realistisena ratkaisuna suunnitelmatarpeisiin vastaamiseksi, vaan suunnittelun johtamisen ja urakkahankinnan prosessien muutosta suositeltiin. Esimerkkiratkaisuna keskuslaitteet voitaisiin päättää aiemmin ja vakiotuotteiden osalta urakoitsijat voitaisiin valita tilastollisten massa- ja määrätietojen perusteella ilman tarkempia suunnitelmia. (Peltokorpi ym. 2021)

Tahtituotantoa pidettiin lähtökohtaisesti hyvänä menetelmänä, mutta talotekniikan kannalta haasteellisena. Talotekniikan pilkkomista pienempiin kokonaisuuksiin pidettiin vaikeana, mutta ”tarkemman tarkastelun” nähtiin ratkaisuksi tähän ongelmaan. Toisaalta kokemusta tahtituotannosta oli kertynyt vastanneille melko vähän. (Peltokorpi ym. 2021)

Suunnitteluajatauluun toivottiin tarkempaa kokonaisnäkyä, jotta ennakointi ja lähtötietojen selvittäminen olisi selkeämpää. Samaan aikatauluun tulisi integroida lähtötietojen hankkiminen, tilaajan päätöksenteko, suunnitteluvaiheet, hankinta, materiaalitöimitukset ja asennustyö. Suunnitteluajataulun johtamiseen suositeltiin Last Planneria. (Peltokorpi ym. 2021)

2.5 Tahtituotanto

Tässä tutkimuksessa sivutaan yhtenä alateemana tahtituotantoa, minkä vuoksi se on lyhyesti kuvattu tässä kohdassa. Tahtituotantokirjallisuus on tällä hetkellä vielä puutteellista, ja tahtituotantoon liittyvät menettelyt eivät ole vakiintuneita. Siten tämä alaluku on raportin pääkirjoittajan muodostama synteesi tahtituotannosta aiempien tutkimustensa ja väitöskirjansa perusteella (Keskiniva ym. 2018; Keskiniva ym. 2020; Keskiniva ym. 2021; Keskiniva ym. 2023).

Tahtituotanto on järjestelmällisyyteen ja tasaisuuteen vahvasti nojaava tuotantotapa. Tahtituotanto on lähtöisin muiden teollisuusalojen liukuhihnatuotannosta. Tehtaalla tahtituotannossa keskeneräinen tuote etenee tasaisin sykäyksin liukuhihnalla eteenpäin eri työpisteiden läpi. Tällöin tuotetta jalostetaan tasaisin aikavälein, eli tasaisessa tahdissa, josta tuotantotapa saa nimensä.

Rakennustyömaalla tuotteiden voidaan ajatella olevan keskeneräisiä työkohteita, joita jalostetaan. Koska työkohteet eivät voi liikkua liukuhihnalla, liikkuvat tahtituotannossa sen sijaan työryhmät tasaisessa tahdissa työkohteiden läpi. Tahtituotanto tarkoittaa rakennustyömaalla sitä, että jokaiselle työryhmälle on varattu saman kestoinen aikaikkuna (tahtiaika) yksittäisen tehtävän (tahtivaunun) suorittamista varten yksittäisessä työkohteessa (tahtialueessa). Edellä mainittujen muuttujien avulla laaditaan tahtiaikataulu. Kuvassa 3 on esitetty yksinkertaistettu

tahtiaikataulu. Todellisuudessa useampia tehtäviä/asennuksia voidaan sisällyttää samaan tahtivaunuun, jotta käytössä olevia resursseja saadaan hyödynnettyä tehokkaammin ja aikataulua saadaan tiivistettyä.

		Tahtiaika = 2 työpäivää															
		Tahti 1		Tahti 2		Tahti 3		Tahti 4		Tahti 5		Tahti 6		Tahti 7		Tahti 8	
		Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma
Tahtialue = 2 asuntoa	Tahtialue e 1	Asunto 1								RAK- tehtävä 1		LV-asennus 1		RAK- tehtävä 2		sähkö- asennus 1	
	Tahtialue e 2	Asunto 2								RAK- tehtävä 1		LV-asennus 1		RAK- tehtävä 2		sähkö- asennus 1	
	Tahtialue e 3	Asunto 3										RAK- tehtävä 2					
	Tahtialue e 4	Asunto 4															
	Tahtialue e 5	Asunto 5															
	Tahtialue e 6	Asunto 6															
	Tahtialue e 7	Asunto 7															
	Tahtialue e 8	Asunto 8															
	Tahtialue e 9	Asunto 9															
	Tahtialue e 10	Asunto 10															

Kuva 3. Tahtituotannon ideaali tahtiaikataulu. Tehtävät etenevät tasaisen ”liukuhihnaisesti” asuntojen läpi.

Rakennusalalla on jo ennen tahtituotannon saapumista tunnettu käsitteet tahdistus ja rytmitys. Perinteisesti tahdistus tarkoittaa kahden tai useamman tehtävän etenemisnopeuden tasoittamista ja rytmitys tarkoittaa tehtävän aikataulutusta jatkuvaksi eri työkohteiden välillä (Koskenvesa & Sahlstedt 2011). Tahdistuksella ja rytmityksellä pyritään saavuttamaan tilanne, jossa tehtävät eivät risteile keskenään ja urakoitsijoilla on jatkuvasti työstettävänä työkohteita (Koskenvesa & Sahlstedt 2011). Kirjoittajan mielestä tahtituotannossa tahdistaminen vie aikaa pidemmälle, jolloin yhtenäistä tahtia pyritään viemään mahdollisimman monen tehtävän välille, kuitenkin realistinen toteutus huomioiden. Pitkälle vietyä työtä alkaa tahtituotannossa muistuttaa liukuhihnatuotantoa, jossa työryhmät liikkuvat tasaisesti työkohteesta toiseen. Yhtenä suurimpana tahtituotannon etuna pidetään tuotantovaiheen aikataulun merkittävää lyhenemistä, koska työkohteita edistetään tiiviisti ja pieniin osiin porrastettuna ja lähes jatkuvasti ilman suurempaa tehtävien välistä aikapuskuria.

Käytännössä jokaisen tehtävän suorittaminen tasakestoisessa tahdissa on hyvin haastavaa, mm. koska eri tehtävien menekit ja määrät ovat yleensä erilaiset, tehtävien optimaalisen suoritusjärjestyksen logiikka vaihtelee ja työkohteiden välillä voi olla eroja. Lisäksi tasaisessa tahdissa pysyminen vaatii aktiivista ja säännöllistä valvontaa ja nopeaa reagoitua tuotannonohjaukselta. Osittain tämän vuoksi tahtituotantoa on sovellettu toisistaan poikkeavien menettelytapoin eri hankkeissa. Tästä evidenssinä ovat esimerkiksi eri hankkeiden logiikaltaan poikkeavat tahtiaikataulut ja opinnäytteiden kertomukset. Pääkirjoittajan näkemys on, että joissakin julkaistuissa tahtiaikatauluissa tasaista tahtia ei ole tavoiteltu tehtävien kesken. Lehtovaara ym. (2019) kuvaavat osuvasti, että tahtituotannosta luovutaan herkästi ongelmien ilmaantuessa kesken hankkeen, jolloin työmaa palaa ns. ”perinteiseen tuotantoon”. Se mitä tahtituotannolla käytännössä tarkoitetaan vaikuttaa vaihtelevan ainakin tähän mennessä kohdekohtaisesti.

3. Haastattelututkimuksen tulokset

3.1 Metodiikka

Tutkimukseen valittiin mukaan kaksi case-kohdetta: Helsingin Meilahdessa tammikuussa 2023 toimintansa aloittanut Siltasairaala sekä Helsinki-Vantaan lentokentän lähelle vuonna 2024 valmistuva APC Hotelli. Siltasairaala on Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin historian suurin rakennushanke (Rakennuslehti 1.7.2022) ja APC Hotelli on Suomen suurin hotelli (Skanskan lehdistötiedote 27.9.2021).

Tutkimuksen empiirinen osio toteutettiin teemahaastatteluina. Tutkimuksessa haastateltiin case-kohteiden rakennuttajia, talotekniikkasuunnittelijoita, projektinjohtourakoitsijoita ja talotekniikkaurakoitsijoita. Lisäksi tutkimuksessa haastateltiin Siltasairaalan erästä arkkitehtia, erään suunnittelutoimiston asiantuntijaa ja Uuden lastensairaalan yhtä talotekniikkaurakoitsijaa. Haastateltaviksi valikoitiin case-kohteista sellaisia henkilöitä, jotka toimivat kohteissa sellaisessa roolissa, että heillä olisi käytännön näkemys tutkimuksen teemoihin liittyen. Kolme viimeksi mainittua henkilöä valikoitui täydennyksenä haastateltavien tai hankkeen ohjausryhmän suosituksesta.

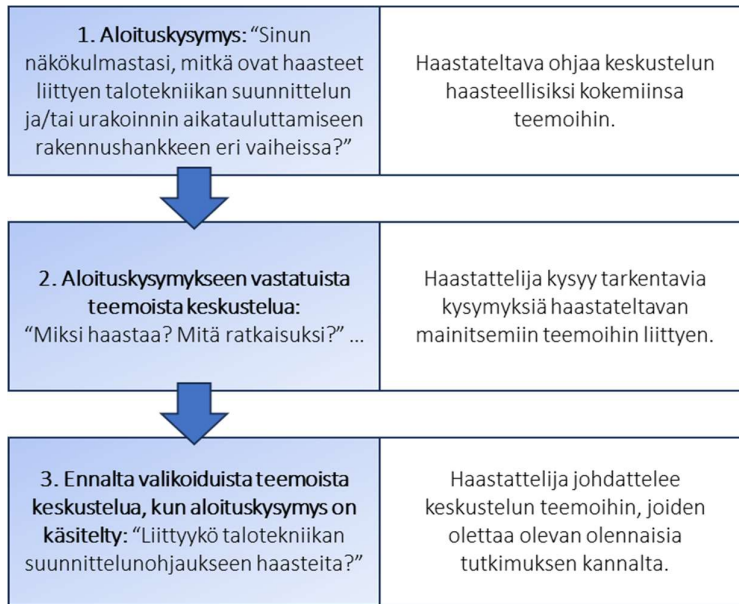
Haastattelut suoritettiin Teamsissa huhtikuun ja kesäkuun 2023 välisenä aikana. Haastattelujen tavoitekesto oli aluksi n. 1 tunti. Tavoiteaika pidennettiin 90 minuuttiin ensimmäisten haastattelujen perusteella. Taulukossa 2 on listattu haastateltujen henkilöiden roolit, liittyvät case-kohteet sekä haastattelujen kokonaiskestot. Kaikkiin haastattelupyyntöihin ei vastattu ja sovittujen haastattelujen määrä alkoi paisua nopeasti melko suureksi. Tämän vuoksi valitettavasti kaikkien roolien haastatteluja ei saatu sovittua tasamääräisesti molemmista hankkeista. Haastateltavien tarkkaa roolia (esimerkiksi sähköurakoitsija) ei paljasteta taulukossa anonyymiteetin säilyttämiseksi.

Taulukko 2. Haastateltujen henkilöiden roolit, kohde ja haastattelujen kestot

Rooli	Kohde	Haastattelun kesto
Arkkitehti	Siltasairaala	2 h 24 min
Talotekniikkasuunnittelija	Siltasairaala	1 h 56 min
Talotekniikkasuunnittelija	Siltasairaala	1 h 3 min
Talotekniikkasuunnittelija	APC Hotelli	59 min
Talotekniikkasuunnittelija	Siltasairaala	1 h 32 min
Talotekniikkasuunnittelija	Yleisesti / Uusi lastensairaala	1h 41 min
Talotekniikkaurakoitsija	APC Hotelli	1 h 7 min
Talotekniikkaurakoitsija	APC Hotelli	1 h 7 min
Talotekniikkaurakoitsija	APC Hotelli	1 h 33 min
Talotekniikkaurakoitsija	APC Hotelli	1 h 3 min
Talotekniikkaurakoitsija	Yleisesti / Uusi lastensairaala	1 h 5 min
Projektinjohtourakoitsija	Siltasairaala	1 h 35 min
Projektinjohtourakoitsija	Siltasairaala	1 h 56 min
Projektinjohtourakoitsija	APC Hotelli	1 h 33 min
Rakennuttaja	Siltasairaala	1 h 28 min
Rakennuttaja	APC Hotelli	1 h 21 min

Mahdollisista haastattelumetodeista tutkimukseen valittiin nimenomaan teemahaastattelut, koska kyseinen metodi mahdollistaa keskustelujen elämisen ennalta suunniteltujen teemojen sisällä (Hirsjärvi & Hurme 1995). Haastateltavilla oli haastattelijaa enemmän kokemusta ja parempi tietous keskusteltavista asioista. Tällöin keskustelujen rajaaminen tarkkoihin ennalta määrättyihin kysymyksiin olisi mahdollisesti rajannut tutkimuksen kannalta olennaisia nostoja haastattelun ulkopuolelle.

Toisaalta ennen haastatteluja tiedostettiin, että haastatteluja ei voisi täysin toteuttaa haastateltavan mielipiteiden ohjaamana. Tällainen menettely olisi sopinut huonosti mm. aiemmissa haastatteluissa nostetuista näkökulmista keskustelemiseen. Tämän vuoksi haastattelustrategia (esitetty kuvassa 4) muodostettiin sellaiseksi, että ensin haastateltava sai vapaasti kertoa näkemyksensä talotekniikan aikatauluttamisen haasteisiin liittyen, minkä jälkeen käytiin keskustelua kyseisistä nostoista. Lisäksi haastattelijalla oli laadittuna kysymyslista tutkimusryhmän haasteellisiksi olettamista teemoista, joita käytiin läpi edellä mainitun keskustelun jälkeen. Samalla keskusteltiin aiemmissa haastatteluissa löydettyistä haasteista ja ratkaisuehdotuksista. Tällä menettelyllä vältettiin haastateltavan ajattelun ohjaaminen suoraan haastateltajan oletusten mukaiseksi.



Kuva 4. Käytetty kolmivaiheinen haastatteluprosessi.

Teemahaastattelumetodin mukaisesti tutkimusryhmä laati taulukon 3 listan tutkimusaiheen kannalta olennaiseksi olettamistaan teemoista, joiden avulla keskustelua ohjattaisiin. Lähtökohtaisesti teemoja ei paljastettu etukäteen haastateltaville, ettei se rajaisi keskustelua alusta asti pelkästään juuri kyseisten teemojen ympärille. Vain aloituskysymyksen ja tutkimuksen tavoitteet paljastamalla, haastateltava joutuisi miettimään itse, missä asioissa ylipäätään kokee haasteita olevan talotekniikan ajalliseen hallintaan liittyen. Tällöin saattaisi paljastua jokin tutkijoiden oletuksista poikkeava teema. Käytännössä uusia teemoja ei kuitenkaan paljastunut. Osa haastateltavista myös halusi valmistautua haastatteluihin esimerkiksi keskustelemalla kollegoidensa kanssa jo valmistuneesta Siltasairaala-hankkeesta. Tämän vuoksi haastattelija lopulta suostui jakamaan tällaisille henkilöille tärkeiksi otaksunsa teemat etukäteen.

Taulukko 3. Tutkijaryhmän ongelmalliseksi olettamat teemat

Teemat, joissa tutkimusryhmä olettaa olevan haasteita
Tilaajan päätöksenteko
Talotekniikkasuunnittelun ohjaus
Talotekniikkasuunnittelun aikataulutus
Yhteensovittaminen
Suunnitelmamuutosten hallinta
Tuotannon suunnitelmatarve
Talotekniikkaurakoitsijan osallistaminen
Taloteknisen tuotannon aikataulutus ja päivittäminen
Lohkojen yhteenliittymät, rajapinnat
Aikataulun toteutumisen valvonta
Lisä- ja muutostyöt
Työkalut
Tahtituotanto

Tutkimusryhmä arvioi etukäteen, että lista teemoista ei välttämättä riittäisi riittävän yksityiskohtaisen ja kattavan keskustelun aikaansaamiseen. Tämän vuoksi tutkimusryhmä laati

taulukon 4 kysymyslistan haastattelujen tueksi. Kysymyslista laadittiin yhteistyössä tutkimusryhmän kesken ja sitä kehitettiin tutkimuksen ohjausryhmän kommenttien perusteella. Haastattelija pyrki käymään listalta kaikki haastateltavan roolin kannalta olennaiset kysymykset läpi, mikäli haastatteluun varattu aika riitti siihen. Tarvittaessa haastattelija priorisoi aiempien keskustelujen kannalta olennaiseksi näkemiään kysymyksiä, jos aika ei riittänyt jokaisen kysymyksen läpikäyntiin. Valtaosin haastatteluissa ennätettiin käydä koko kysymyslista läpi.

Taulukko 4. Keskusteluja ohjaavat haastattelukysymykset

Kysymys nro	Ennalta määrättyihin teemoihin liittyviä kysymyksiä
1	Miten suunnitelma-aikataulu (suunnitelma-aikataulu) on muodostettu? Kuinka osapuolet ovat tehneet yhteistyötä sitä muodostaessa?
2	Kuinka paljon on jouduttu tekemään työnaikaisia (myöhäisiä) suunnitelmia esim. taten detaljikkaan liittyen?
3	Ketkä osapuolet ovat ohjanneet tate-suunnittelua (BIM)? Onko tate-urakoitsija kommentoinut suunnitelmia, ja missä vaiheessa?
4	Onko suunnitelmatarpeiden hallintaan liittynyt haasteita? Ratkaisuja?
5	Miten tate-suunnittelu on aikataulutettu? Mitkä ovat ne tekijät, jotka asettavat raamit tate-suunnittelun aikataululle? Esim. tuleeko raamit muiden suunnitelmien kanssa yhteensovittamisesta vai/ja esim. (tahti)tuotannon aikataulun suunnitelmatarpeista?
6	Missä kohtaa tate-urakoitsija on tullut mukaan hankkeeseen? Riittävän varhain vai turhan myöhään?
7	Ketkä tate-osapuolet osallistuivat kohteen aikataulusuunnitteluun? Miten? Missä vaiheessa ja kuinka usein tate-osapuolet osallistuivat?
8	Onko tate-suunnitelmien ja muiden suunnitelmien yhteensovittamiseen liittynyt haasteita? Miten ratkaistu?
9	Miten eri tate-osapuolet sitoutettiin osallistumaan aikataulusuunnitteluun? Eli miten saatiin osallistumaan?
10	Miten tate-tehtävät on mitoitettu aikatauluun? Kenen toimesta? Ratu-/muut menekit, pääurakoitsijan ja/tai tate-urakoitsijan hihavakiot, muu tapa? Millä tarkkuustasolla tate-tehtävät on eritelty aikatauluun?
11	Onko tate-suunnittelija saanut hankkeessa riittävät lähtötiedot ja ajankohtaiset tiedot muutoksista? Onko tähän liittynyt suunnittelijan näkökulmasta haasteita?
12	Miten rakentamisen ja talotekniikan tuotantoaikataulut yhteensovitettiin?
13	Millaisia yhteistyökäytäntöjä tate-suunnittelijoilla ja muilla suunnittelijoilla on ollut? Entä työmaan ja suunnittelijan välillä?
14	Millainen tietämys pääurakoitsijalla on tate-töistä? Esim. tehtävien sisältö ja kestot? Luonnistuuko tate-aikataulun laadinta riittävän kattavasti, selkeästi ja realistisesti?
15	Onko tate-suunnitteluun tai sen ohjaukseen liittynyt haasteita?
16	Millainen tietämys ja osaaminen tate-urakoitsijalla on aikatauluttamisesta? Luonnistuuko tate-aikataulun laadinta riittävän kattavasti, selkeästi ja realistisesti?
17	Ovatko jotkin asiat aiheuttaneet tate-suunnittelussa ylimääräistä uudelleen tekemistä tässä hankkeessa?
18	Onko aikataulusuunnitteluun liittynyt haasteita? Miten ratkaistu?
19	Mitä haasteita päätöksentekoon ja muutosten hallintaan on liittynyt? Miten suunnittelun/tuotannon aikaisia muutoksia on hallittu?
20	Kuinka usein ja miten tate-aikataulua on päivitetty tuotannon aikana?
21	Mitä haasteita liittyy tatesuunnittelijan ja urakoitsijoiden väliseen yhteistyöhön
22	Ovatko jotkin asiat aiheuttaneet tate-suunnittelussa ylimääräistä uudelleen tekemistä tässä hankkeessa? Yleissuunnittelu ja toteutussuunnittelu erikseen?
23	Muutosten vaikutus tate-lajien yhteensovittamiseen. Haasteet? Ratkaisut? Esim. talotekniikan sisäisten asennusjärjestysten muuttuminen?
24	Miten taten aikataulunmukaista toteutumista valvotaan? Kuka valvoo?
25	Mitä keskusteltuihin teemoihin liittyviä työkaluja käytätte?
26	Onko taten aikataulunmukaiseen toteuttamiseen liittynyt haasteita? Miten ratkaistu?
27	Onko taten toteutukseen liittynyt lisä- ja muutostöitä? Millaisia? Haasteita?
28	Miten rakennusteknisiin töihin tulevat lisä- ja muutostyöt on otettu huomioon tate-aikatauluissa?
29	Onko taten luovutusvaiheelle varattu riittävästi aikaa aikatauluun, ja onko aikaa ollut lopulta tarpeeksi? Vai onko luovutukselle varattu aika huvennut esim. myöhästymisien kirimiseen?

30	Kerätäänkö hankkeessa tateen liittyen mitattua tietoa tulevien hankkeiden suunnittelun ja toteuttamisen auttamiseksi? Miten?
31	Toteutusmuodot: koetko, että tästä hankkeesta saadut opit pätevät joissakin muissakin toteutusmuodoissa? Miksi, Miksi ei?

3.2 Talotekniikan suunnittelun ja toteutuksen aikatauluttaminen

3.2.1 Talotekniikan suunnittelun aikatauluttaminen ja suunnittelunohjaus

Tutkimuksen keskustelut talotekniikan aikatauluttamisen menetelmistä keskittyivät lähinnä urakointiin, tosin myös suunnittelun aikatauluttamista käsiteltiin jonkin verran. Eräs suunnittelija mainitsi suunnittelun aikatauluttamisen perustuvan lähinnä suunnitteluun käytävissä olevan tuntimäärän litteroimiselle eri suunnittelutehtäviin. Käytävissä oleva tuntimäärä taas perustuu tarjoushintaan ja keskimääräiseen tuntihintaan. Ainakin suunnitelmatarpeiden määrittäminen, tarpeiden muutokset, suunnitelmamuutokset, moneen kertaan suunnittelu (esim. PJ-mallin kehitysvaiheessa) ja suunnittelutuntien riittävyys haastavat taloteknisen suunnittelun aikatauluttamista ja suunnitteluajankulun pitävyyttä.

Taloteknisen suunnittelun suunnittelunohjaukseen liittyen kuultiin muutamia kommentteja. Siltasairaalan rakennuttaja mainitsi, että heillä on osaavia talotekniikka-asiantuntijoita, jotka ohjasivat suunnittelua hankkeessa. Urakoitsijoiden puolelta taloteknisen suunnittelun ohjaus tapahtuu yleensä lähinnä projektinjohtourakoitsijan talotekniikka-asiantuntijoiden kautta. Yleensä talotekniikkaurakoitsijat hankitaan liian myöhään, jotta ne pystyisivät vaikuttamaan suunnitelmiin. Muutama talotekniikkaurakoitsijoista suositteli heidän mukaan ottamista myös case-kohteiden kaltaisissa projektinjohtourakoissa jo kehitysvaiheessa. Myös aliansseista oli hyviä kokemuksia talotekniikkaurakoitsijoiden antamasta suunnittelunohjauksesta, mm. laitevalintoihin liittyen.

Osa suunnittelijoista toivoi lisää selkeyttä talotekniikan suunnitelma-aikatauluihin. Eräs suunnittelutoimiston edustaja arveli suunnitelma-aikataulun laatimisen olevan ylipäättään haastavaa päätoteuttajalle. Haastatteluissa mainittiin, että joskus suunnitelmatarpeiden ajoittuminen on ollut epälooginen suunnitteluprosessien realistisen toteutusjärjestyksen kannalta, tai tarpeita on ilmaistu liian myöhään. Suunnitelma-aikatauluista toivottiin näkyvän ainakin hankintapakettikohtainen erittely sekä suunnittelun, tarjouspyyntöjen ja rakentamisen ajoittuminen rakennusosittain ja hankintapaketeittain. Last Planner -prosessia voitaisiin kyseisen haastateltavan mielestä hyödyntää hankinta-/suunnittelupakettien sisällön määrittämiseen. Lisäksi määriteltäisiin hankintapaketin suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot ja halutut lopputulokset (esim. asemapiirustukset ja kaivokuvat).

Kyseisen haastateltavan mukaan ongelmien helpottamiseksi heidän suunnittelutoimistonsa on joskus talotekniikkasuunnittelija laatinut suunnitelma-aikataulu, johon päätoteuttaja voi ottaa kantaa. Tällä on arvioitu säästettävän resurssienhallinnassa ja oman työn laadunvarmistuksessa, vaikka menettely voikin vaatia hieman lisätyötä suunnittelijalta.

”Usein tatesuunnittelijoille annetaan suunnitelma-aikataulu yhtenä pitkänä viivana. Oikeasti me tarvitsisimme sellaisen aikataulun, jossa on selkeästi määritelty, että tässä on

suunnitteluvaihe, tarjouspyyntövaihe, valmistusvaihe, ja mentäisiin esimerkiksi rakennusosittain tai hankkeen pilkkomisen mukaan. Eli tarkempaa tasoa kaivattaisiin. Tämän aikataulun prosessoimiseksi esimerkiksi Last Planner -ratkaisu olisi se, että määritetään hankintapakettikohtaisesti suunnittelijan tarpeet, sisällön määräitys ja lopputulos.” -Talotekniikkasuunnittelijan edustaja

”Talotekniikan suunnittelunohjaukseen ei useinkaan ole tarpeeksi yksityiskohtaista prosessia. Haluttaisiin selkeämpää ohjausta ja selkeämpää prosessointia jokaiseen hankintapakettiin. Saataisiin resurssit paremmin ohjattua. Aika usein suunnitelmatarvepyynnöt tulee hyvin lyhyellä aikataululla, jos ollenkaan.” - Talotekniikkasuunnittelijan edustaja

Suunnitelma-aikataulujen toteutumisen kannalta haasteellisena pidettiin osapuolten sitouttamista aikataulun noudattamiseen. Esimerkiksi käyttäjien sitouttamista tekemään päätöksiä suunnitelma-aikataulujen mukaisesti pidettiin haasteellisena. Myös ainakin hotellikohteista nostettiin esiin tilaajan, käyttäjän ja sisustussuunnittelijan yhteisymmärryksen pääseminen sisustusratkaisuista (jotka tilaaja maksaa, mutta käyttäjä on mukana valitsemassa). Tässä riskinä nähtiin päätöksenteon ja lähtötietojen saamisen viivästyminen, josta voi seurata rahakiistoja ja viivästyksiä. Kiistat voivat heijastua myös suunnitteluun ja urakointiin, jolloin osapuolten välille voi syntyä entistä enemmän vastakkainasettelua.

Vastauksissa korostui prosessien toteuttamisen epäjärjestelmällisyys. Alla olevassa lainauksessa suunnittelijaa turhautti suunnittelutehtävien näennäinen ”loputtomuus” ja uudelleensuunnittelu, sekä päätösten ja suunnitteluratkaisujen jäädyttämisen puuttuminen.

”Kuvitellaan, että hankkeessa tehdään ensin toteutussuunnitelmat ja sitten alkaa rakentamisen vaihe, jossa on tehtäväluettelon mukaiset tehtävät. Ei kyllä lähelläkään ole sitä totuutta, mitä oikeasti tehdään. Suunnittelu jatkuu koko ajan. Ei ole ainoa hanke, jossa tätä tapahtuu, joissain on ehkä vähän parempi tilanne. -Suunnittelija

”Pitäisi ehkä hankkeessa tunnustaa, että me joudutaan jotakin suunnittelemaan kahteen kertaan ja että jotakin tarkoitusta sekin palvelee. ”Puhutaan lukituista arkkitehtipohjista, mutta ei sellaisia nykyään ole olemassa. Sellainen on yksisarvinen.” -Suunnittelija

3.2.2 Talotekniikan toteutuksen aikatauluttaminen

Osa talotekniikkaurakoitsijoista piti päätoteuttajan taloteknisten töiden aikatauluttamisen osaamista riittämättömänä (sekä tarkastellussa kohteessa, että alalla muutenkin). Eräs talotekniikkaurakoitsijan edustaja piti suurimpana kompastuskivenä saada päätoteuttajalta riittävän tarkkoja ja yhteensovitetuja aikatauluja. Myös eräs projektinjohtourakoitsija mainitsi töiden yhteensovittamisen ja realistisen aikatauluttamisen olevan haaste. Käytännössä osaamisen puutteet näkyivät esimerkiksi satunnaisesti päällekkäisinä töinä työmaalla.

Haastateltavat mielsivät projektinjohtourakoitsijan talotekniikka-asiantuntijoiden helpottavan talotekniikan realistista aikatauluttamista. Tosin yksi talotekniikkaurakoitsijoista epäili, että talotekniikkaprojektipäälliköitä ei silti välttämättä kuunnella tarpeeksi, vaikka osaamista olisikin. Pienemmillä työmailla taloteknisen osaamisen puutteen arveltiin olevan selkeämmin havaittavissa, koska talotekniikka-asiantuntijoita ei välttämättä ole mukana sellaisissa hankkeissa. Toisaalta pienemmän työmaan talotekniikan todettiin olevan yleensä yksinkertaisempaa ja täten helpommin aikataulutettavissa olevaa.

Molemmissa case-kohteissa osallistettiin talotekniikkaurakoitsijoita tuotannon aikatauluttamiseen. Menettelyä pidettiin tärkeänä, koska talotekniikkaurakoitsijoilla koettiin olevan paras ammattikohtainen tietämys. Siltasairaalassa talotekniikkaurakoitsijat ovat laatineet talotekniikka-aikataulun yhdessä projektinjohtourakoitsijan talotekniikkapäällikön kanssa. Lisäksi talotekniikkaurakoitsijat ovat osallistuneet tahtiaikataulun ja luovutusvaiheen aikataulujen kommentointiin ja hiomiseen. Yleisaikataulun ja sisävaiheaikataulun on tehnyt projektinjohtourakoitsija. APC Hotellissa projektinjohtourakoitsija on tehnyt raamit yleisaikatauluun ja tahtiaikatauluun, joita talotekniikkaurakoitsijat ovat kommentoineet. Hotellikohteessa tarkempia aikatauluja on laadittu yhdessä urakoitsijoiden kanssa Last Plannerin käänteisen vaiheaikataulun menettelyn avulla. Siltasairaalassa käännetyn vaiheaikataulun menettelyä käytettiin tuotannon aikatauluttamisen lisäksi myös suunnittelun aikatauluttamiseen. Käännetyn vaiheaikatauluttamisen ”PostIt-laputuksia” tehtiin digitaalisesti Miro-ohjelmiston avulla.

Aikatauluttamisen menekkitietojen hyödyntämiseen oli vaihtelevia lähestymistapoja. Osa talotekniikkaurakoitsijoista määritteli ajantarpeensa arvioimalla ”kokemusperäisesti kuvista”. Osa hyödynsi talotekniikka-alakohtaisen työehtosopimuksen normitunteja. Eräs talotekniikkaurakoitsija hyödynsi hankkeista keräämäänsä historiatietoa todellisista menekeistään. Tällä menettelyllä yritys koki pystyvänsä arvioimaan tarkasti, kuinka paljon heidän asentajillaan todellisuudessa kuluu aikaa töihin ja toisaalta myös paremmin valvomaan töitään ja tuomaan esiin ongelmakohtia ja tarpeitaan urakoitsijapalaverissa.

Aikataulun päivittämistä pidettiin haasteellisena erityisesti siksi, että se vaatii urakoitsijoilta uudelleensitoutumista. Tämän vuoksi parempana vaihtoehtona pidettiin korjata aikataulupoikkeamat aktiivisesti, palauttamalla poikennut tuotanto aikataulunmukaiseksi. Jos aikatauluja päivitetään, niin uudelleensitoutettavien urakoitsijoiden tulee olla mukana palaverissa.

”Aikatauluja ei jatkuvasti pitäisi päivittää. Aikataulujen muokkaamisesta seuraa töiden kiihtymistä, jolloin pitää keskustella kirimisen aiheuttamista kustannuksista. Pää toteuttajan pitäisi aktiivisesti korjata aikataulupoikkeamat työmaalla. Eräällä työmaalla oli hyvä käytäntö, jossa päätoteuttaja kävi heti keskustelun myöhästyneen aliurakoitsijan kanssa, että miten tilanne korjataan.” -Talotekniikkaurakoitsija

”Päivittäminen pitäisi tehdä yhdessä, koska se vaatii uudelleensitouttamista. Ei voi sanoa, että: ’me nipistettiin yhtäkkiä teidän työstä kuukausi pois, sovittakaa resurssit.’” -Projektinjohtourakoitsija

3.3 Projektinjohtourakkamalli

”Kiinteässä urakkamuodossa on suunnittelun prosessi aika lailla vakiintunut. Suunnittelijan kannalta en näe siinä aikatauluhaasteita juurikaan” - Talotekniikkasuunnittelijan edustaja

Tutkimukseen valituissa case-kohteissa toteutusmuotona oli molemmissa projektinjohtourakka. Tämän vuoksi vastauksissa korostuvat välillä projektinjohtourakointiin liittyvät haasteet, joihin keskitytään tässä luvussa.

Projektinjohtourakoinnille tyypillistä on suunnitteluvaiheen ja rakentamisvaiheen limittyminen. Tämä mahdollistaa rakentamisen aloittamisen keskeneräisillä suunnitelmilla ja toisaalta suunnittelun jatkamisen rakentamisen aikana. Projektinjohtourakoitsija hankitaan luonnos-suunnitelmilla, joita projektinjohtourakoitsija yhdessä suunnittelijoiden kanssa kehittää projektinjohtomallin kehitysvaiheen aikana. Suunnittelu, hankinnat ja rakentaminen limitetään jakamalla rakennustyöt hankintapaketteihin. Mallia käytetään tyypillisesti vaativammissa hankkeissa, joissa riski ja toisaalta tarve suunnittelun ja rakentamisen aikaisille muutoksille on suuri.

Haastateltavien mukaan projektinjohtourakoitsija hankitaan mukaan hankkeeseen joskus aiemmin ja joskus myöhemmin. Ainakin suunnittelijat ja projektinjohtourakoitsijat toivovat PJ-urakoitsijan varhaista hankkeeseen liittymistä. Varhainen liittyminen helpottaa suunnitelmien kehittämistä ja vähentää moneen kertaan suunnittelua, koska suunnitelmien valmiusaste on matalampi. Yksi rakennuttajan edustajista näki rajoittavaksi tekijäksi rakentamispäätöksen ajoittumisen, jota ennen projektinjohtourakoitsijaa ei voida hankkia.

”PJU hankittiin heti, kun se oli hallinnollisesti mahdollista, eli omistajalta saatiin päätös, että voidaan lähteä hankkimaan. Emme voi ottaa projektinjohtourakoitsijaa heti suunnitteluvaiheen alusta, koska meillä ei ole vielä rakentamispäätöstä.” -Rakennuttaja

Myös talotekniikkaurakoitsijat voidaan hankkia joskus aiemmin ja joskus myöhemmin. Toisen hankkeen projektinjohtourakoitsijan mielestä olisi ollut hyvä, jos talotekniikkaurakoitsijat olisi saatu aiemmin mukaan kehittämään kehitysvaiheen ratkaisuja. Toisaalta projektinjohtomallin lopullinen valinta tapahtui kyseisessä hankkeessa sen verran myöhään, että hankintoja ei saatu tehtyä näin varhain.

Projektinjohtourakkamenettelyjä on kahdenlaisia sen perusteella, hankitaanko talotekniset työt projektinjohtourakkana vai ei. Haastatteluissa nostettiin esiin, että projektinjohtourakamallin ”perustapauksessa” talotekniset urakat kilpailutetaan kiinteänä urakkana (vain päätoiteuttaja on PJU). Tällöin taloteknisten suunnitelmien urakkalaskentaversioiden pitää olla valmiit taloteknisten töiden hankintaa varten. Tämä luo suunnitteluun painetta saada suunnitelmia valmiiksi varhain, jotta hankinnat voidaan tehdä.

Suunnittelijoiden ja talotekniikkaurakoitsijoiden edustajien mukaan käytännössä talotekniikkaurakoita on kuitenkin jouduttu tässä mallissa hankkimaan keskeneräisillä suunnitelmilla. Erään kokeneen asiantuntijan mukaan tämä johtuu siitä, että projektinjohtourakoitsija haluaa talotekniikkaurakoitsijat mahdollisimman varhain kiinni hankkeeseen, koska projektinjohtourakoitsijalla on budjettivastuu hankkeesta ja muiden urakoitsijoiden kiinnittäminen auttaa

budjetin säätämisessä ja lukitsemisessa. Näin varhaisessa vaiheessa hanketta taas eri suunnitelmien valmiusaste on matala, ja muutoksia ja yhteensovittamista tulee vielä tapahtumaan merkittävästi. Talotekniikkasuunnittelijat joutuvat näin ollen laatimaan varhain keinotekoisesti valmiit talotekniikkasuunnitelmat hankintoja varten keskeneräisten muiden suunnittelualojen suunnitelmien pohjalta. Tästä taas seuraa monenlaisia haasteita sekä suunnittelijoille että urakoitsijoille. Luonnollisesti talotekniikkaurakoitsijoiden kannalta mm. tarjoaminen, resurssien varaaminen ja aikatauluttaminen ovat haastavia, jos kilpailutetaan kiinteällä summalla, mutta suunnitelmiin tulee myöhemmin muutoksia.

”On jouduttu tekemään [monenlaisia] arvauksia. Isoissa hankkeissa on joskus jouduttu ottamaan oma ryhmä, joka muuttaa ensimmäisen lohkon suunnitelmia samalla, kun seuraava ryhmä tekee seuraavan lohkon suunnittelua” -Suunnittelutoimiston asiantuntija

Edellisestä tavasta poiketen, joissakin hankkeissa (esimerkiksi Uudessa lastensairaalassa) päätoteuttajan lisäksi myös talotekniset urakoitsijat on hankittu erillisinä projektinjohtourakoina. Selkeänä etuna on se, että myös talotekniset työt saadaan hankittua järkevästi keskeneräisillä suunnitelmilla. Lisäksi talotekniikkaurakoitsijoiden kehitysehdotukset ja laitevalinnat saadaan huomioitua suunnitelmiin varhain, jolloin suunnittelu suoraviivaistuu. Uudessa Lastensairaalassa talotekniikkaurakoitsijat hankittiin erään haastateltavan mukaan luonnoksilla ja massoilla ja vasta viimeisellä arkkitehtiversiolla tehtiin toteutussuunnitelma. Eduistaan huolimatta tämä tapa on silti ensin kuvattua harvinaisempi. Uudessa lastensairaalassa mukana olleet asiantuntija ja talotekniikkaurakoitsija suosittelivat tätä tapaa. Kyseisen kohteen rakennuttajaa tai tilaajaa ei haastateltu tässä tutkimuksessa.

Kirjallisuudessa yhdeksi projektinjohtourakoinnin eduksi mainitaan hankkeen läpimenoajan lyheneminen, joka seuraa suunnittelun ja rakentamisen limittymisestä. Toisaalta osa suunnittelijoista ja urakoitsijoista toivoisi käytännön projektinjohtourakointiin lisää malttia. Suunnittelijat kokivat kiireen johtuvan ainakin tarpeesta saada valmiita suunnitelmia aikaiseksi epärealistisen varhain hankintoja varten. Osittain tämän koettiin johtuvan edellä kuvatusta taloteknisten töiden hankkimisesta kiinteinä urakoina. Yksi projektinjohtourakoitsijoista koki, että nykyään mallissa käynnistyspäätös tehdään usein liian varhain ja liian matalan valmiusasteen suunnitelmilla.

”Olen tehnyt kymmeniä vuosia tätä mallia. Malli on mennyt siihen, että käynnistyspäätös tehdään todella matalatasoisilla suunnitelmilla. Kuvitellaan, että työn aikana saadaan suunniteltua asiat. Siitä tulee minun mielestäni moneen kertaan tekemistä, lisäkustannuksia ja aikaa menee. Nopeamminkin saataisiin tehtyä, kun vähän pidemmälle suunniteltaisiin ja kustannuksia varmasti säästyisi. Jos projektinjohtourakointimalli menee tähän suuntaan, että aina vain matalatasoisimmilla suunnitelmilla käynnistetään hanke, niin mun mielestä malli on tullut tiensä päähän. Tahtituotannosta puhumattakaan, jossa pitäisi mielestäni olla lähes 100% valmiit suunnitelmat. Suunnitteluun pitää satsata enemmän.” -Projektinjohtourakoitsija

Eräs haastateltava toivoi aiemman yhteistoiminnallisen projektinjohtomallisen sairaalakohteen perusteella projektinjohtomalliin tiiviimpää ja vähemmän hierarkkista yhteistyötä talotekniikkasuunnittelijan ja talotekniikkaurakoitsijan (ja myös muiden osapuolien) välille.

Haastateltavan mukaan kyseisessä kohteessa taloteknisiä suunnitelmia kehitettiin siten, että urakoitsija ja suunnittelija olivat yhteisvastuussa yhteisestä ”rahapotista”, jolloin suunnittelun kustannukset huomioitiin osana kehitysratkaisujen tuottamisen kuluja.

”Yhdessä pohditaan mihin rahat riittää. Meillä on yhteinen arkku, mistä otetaan rahaa ja vahditaan että se riittää. Sitten on joku palkkio. Jos alitetaan tavoite, niin jaetaan rahaa yhdessä. Normaalistihan vain tilaaja ja projektinjohtourakoitsija hyötyy kustannussäästöistä. Ei siiloutuneita talouksia, vaan yhteisvastuu. Vaikka suunnittelu- ja toteutusbudjetti tietyllä talotekniikka-alalla ja me ollaan yhdessä vastuussa siitä, että raha riittää. Ei tule turhaa suunnittelua.”

”Jos mä keksin jonkun kehityssuunnitelman, niin soitin suunnittelijalle ja kysyin, paljonko se suurin piirtein maksaa, jos suunnitelmia muokataan. Suunnittelija määrittä hinnan ja tiesimme suunnilleen paljon säästöä syntyisi. Sitten ilmoitettiin projektinjohto-organisaatiolle, että idea on löytynyt ja tämä on säästöpotentiaali ja aiomme jalkauttaa idean. Rakennuttajan edustaja kuittasi.”

”Pienissä säästöissä pitää olla ketterä päätöksenteko. Ei käsitellä niitä isolla konklaavilla, koska siinä menetetään säästöt.”

”Yhteisvastuullisuus rahoista mahdollisti sen, että me pystyimme omien töidemme ohessa ja kokouksissa auttamaan myös muiden osapuolien tekemistä.”

3.4 Suunnitelmamuutokset ja suunnittelutuntien riittävyys

Suunnittelutyö kilpailutetaan usein kiinteällä hinnalla tai tavoite- ja kattohintaisena, jolloin tietyn tuntimäärärajan ylittämisen jälkeen suunnittelusta ei makseta enää täyttä korvausta. Katon ylittäneistä tunneista ei makseta lainkaan. Lisäksi suunnitteluun voi kuulua suunnittelutarjouksen ulkopuolista lisälaskutettavaa työtä. Rakennuttajapuoli kokee edellä mainitut menettelyt toimiviksi, koska menettelyt mahdollistavat suunnittelukustannusten budjetoinnin ja menettelyt ohjaavat suunnittelua kustannustehokkaammaksi, toisin kuin laskutyönä tehty suunnittelu. Kattohintaisella menettelyllä suunnittelijat arvioivat lähtötietojen perusteella suunnitteluun tarvittavan tuntimäärän, josta saadaan laskettua tarjoushinta. Onnistunut suunnittelutarjous vaatii siis suunnittelijalta kykyä määrittää hankkeen suunnitteluun tarvittava tuntimäärä riittävän osuvasti. Lisäksi korostuu suunnittelutoimiston kyky johtaa suunnittelua siten, että tunnit käytetään riittävän tehokkaasti. Sekä rakennuttajan että suunnittelijoiden puolelta todettiin, ettei suunnittelutoimistojen pitäisi tarjota suunnittelua liian halvalla, jotta tunnit riittävät.

”Pitäisi tarjota oikein, vaikka sitten vähän kalliimmalla. Budjetointia varten oikeat luvut ovat tärkeitä. Vaikka olisi hyvää tahtoa [suunnittelijaa kohtaan], niin budjetti ei välttämättä anna myöten. Suunnittelu ei ole kuitenkaan oikea paikka säästää.” -Rakennuttaja

”Suunnittelulle ei jätetä riittävästi aikaa ja se on minusta ykköshaaste. Sahataan omaan jalkaan, kun tarjotaan liian halvalla.” -Talotekniikkasuunnittelija

Moni haastatelluista suunnittelijoista näki nykyisissä menettelyissä haasteita. Suunnittelutyö on iteratiivista, eli suunnitelmia tehdään jatkuvasti valmiimmiksi syklittäisesti ja huomioimalla mm. päätöksenteon, muiden suunnittelualojen suunnitelmien ja hankintojen edistymisen. Iteroinnin määrä kasvaa, jos lähtötiedot ovat puutteelliset tai ne muuttuvat kesken suunnittelun. Suunnitteluun tarvittavien tuntien arvioiminen on tämän vuoksi haastavaa ja suunnittelutuntien riittävyys muodostuu selkeäksi riskiksi sekä suunnittelijan, että hankkeen joulhevan toteutumisen kannalta.

”Huomasin aiemmassa hankkeessa, että suunnittelijalta loppui rahat kesken. Urakoitsija joutuu kiusalliseen välikäteen, kun suunnitelmien hankkiminen kuitenkin liittyy rakennuttajan myötävaikutusvelvollisuuteen ja työmaa seisoo. Kaikki siitä hyötyvät, että kunnolliset kuvat saadaan ajoissa ja työmaa etenee.” -Projektinjohtourakoitsija

Tähän liittyen suunnittelijat nostivat kriittiseksi tekijäksi tilaajan ja käyttäjän välisen päätöksentekoprosessin. Haastateltavien mukaan esimerkiksi hotellikohteissa sisustuksen valitsee hotellin käyttäjä, mutta hotellin omistaja (tilaaja) maksaa sisustuksesta. Kärjistettynä käyttäjä haluaa siis mahdollisimman hienon sisustuksen, kun taas omistajaa kiinnostaa enemmän sisustuksen hinta. Tästä intressien konfliktista on seurannut erimielisyys suunnitteluratkaisuista ja lopulta sisustussuunnittelun viivästyminen, joka taas vaikuttaa suoraan mm. talotekniseen suunnitteluun, koska esimerkiksi valaisimet vaikuttavat sähkösuunnitteluun.

Sopimusteknisestä näkökulmasta suunnittelijat nostivat haasteeksi lisälaskutettaviin tunteihin liittyvät menettelyt. Tähän liittyviä suunnittelijoiden mainitsemia esimerkkejä olivat:

- Sopimuksissa saattaa olla kirjattu, että pienet lisä- ja muutostyöt kuuluvat alkuperäiseen hintaan. ”Pienen työn” määritelmää pidettiin epäselvänä.
- ”Normaalin” suunnittelun yhteensovittamisen ja lisälaskutettavan suunnittelun raja on epäselvä. Jos joku suunnittelija muuttaa suunnitelmiaan siten, että se pakottaa muidenkin suunnitelmien muuttamista, onko muilla suunnittelijoilla oikeus lisälaskutukseen? Suunnitelmien lukitsemiseen toivottiin myös lisää selkeyttä.
- PJU-mallin kehitysvaiheen muutoksien lisälaskutettavuudesta on joissakin hankkeissa oltu eriä mieltä tilaajan ja suunnittelijoiden välillä. Suunnitelmien kehittäminen lisää suunnittelun määrää. Tässä asiassa toivottiin parempaa yhteisymmärrystä tilaajan, kehitystä tekevän projektinjohtourakoitsijan ja suunnittelijan välille.
- Talotekniikkasuunnittelija laati suunnitelmansa ensin esimerkituotteiden perusteella. Myöhemmin talotekniikkaurakoitsijalta saadaan suosituksia laitevalintoihin. Tämä voi aiheuttaa järjestelmätason muutoksia suunnitelmiin.
- Suunnittelutarjoukseen on vaikea arvioida, miten paljon suunnittelijoiden sopimukseenmukaiseen työhön kuuluu helpottaa urakoitsijan työtä tuotannon aikana.
- Eräs suunnittelija piti lisälaskutettavien tuntien käsittelyprosessia raskaana menettelynä, jos lisälaskutettavia asioita on paljon, eikä suunnittelua voi jatkaa ennen lisälaskutuksen hyväksyntää. Suunnittelijat ja urakoitsijat saattavat toteuttaa pienempiä muutoksia ”omalla riskillään”, kun taas isompien muutoksien päätöksiä jäädään odottamaan. Jos näin ei toimita, on riskinä esimerkiksi työmaan pysähtyminen. Eräs suunnittelija toivoi kiireellisille päätöksille ns. ”ohituskaistamallia”, jota kautta kiireiset päätökset saataisiin nopeammin.

Taulukko 5. Syitä ja seurauksia liittyen suunnittelutuntien haasteille.

Mainittuja syitä suunnittelutunteihin liittyville haasteille	Suunnittelutuntien haasteiden seurauksia
Suunnittelutyön määrän arviointi on haasteellista.	Suunnittelun tunteja käytetään hankkeen kannalta turhan säästeliäästi.
Lähtötiedot ovat puutteellisia, tai ne muuttuvat, jolloin iterointikierrosten määrä kasvaa.	Suunnitelmien laatu saattaa kärsiä.
Urakkamuoto on joskus vaihtunut kesken hankkeen, jolloin suunnittelutyön määrä kasvaa annetusta tarjouksesta. Esimerkiksi vaihdetaan PJU-malliin suunnittelusopimuksien tekemisen jälkeen.	Suunnittelutunnit loppuvat kesken, suunnittelijalta loppuu rahat.
Muiden päätösten ajoittuminen, esimerkiksi riittävän varhainen tieto tahtituotannosta tai elementtien käyttämisestä.	Hankkeen loppupään suunnittelupanos on vähäisempää, hitaampaa ja takkuilevampaa. Suunnitteluressit on myyty muihin hankkeisiin.
PJU-mallin kehitysvaihe lisää suunnittelun iterointia. Suunnittelusopimuksessa ei välttämättä huomioida tarpeeksi kehityksestä johtuvaa lisäsuunnittelua.	Riski urakoitsijan ”sooloiluun” kasvaa, kun suunnittelijaa ei haluta vaivata enempää.
Jos päätoteuttaja on PJU, mutta taloteknisiä urakoita ei tehdä PJU:na, hankitaan talotekniset urakat ”valmiilla suunnitelmilla” keinotekoisin varhain. Todellisuudessa talotekniset suunnitelmat valmistuvat myöhemmin, muun suunnittelun edistyessä. Tästä seuraa useaan kertaan suunnittelua ja käytäntö on ongelmallinen myös taloteknisten urakoitsijoiden kannalta.	
Talotekniikkaurakoitsijoiden laitesuositukset voivat aiheuttaa järjestelmätason muutoksia suunnitelmiin.	
Suunnittelutyön lisälaskutettavuusperiaatteissa on epäselvyyksiä. Sopimuksissa ja/tai käytännöissä.	
Suunnitelmamuutosten tai lisälaskutettavien tuntien käsittelyprosessi on liian hidas.	
Tietomallit taipuvat huonosti ”nopeiden hahmotelmien” tekemiseen. Tehdään ”kerralla liian valmista”.	
Kokousten määrän arvioiminen etukäteen.	
Työmaan toiminnan palveleminen/sujuvoittaminen ja/tai suunnittelijan läsnäolo työmaalla. Mitä tietoa suunnittelijalta halutaan työmaan aikana?	

Rakennuttajat korostivat ymmärtävänsä suunnittelutuntien riittävyyden haasteellisuuden. Kuten edellä mainittiin, suunnittelutoimistoilta toivottiin kykyä arvioida ja tarjota suunnittelua realistisin hinnoin. Korostettiin myös suunnittelutoimiston johtamiskykyä, jotta tunnit

käytettäisiin tehokkaasti. Lisäksi huomautettiin, että suunnittelijoiden pitäisi aktiivisemmin tuoda hyvissä ajoin esiin, jos suunnittelutunnit uhkaavat loppua.

”Täytyy saada hyvä sopimus aikaiseksi, jossa selkeästi määritellään, mitä perussuunnittelu sisältää ja miten toimitaan jos tehdään muuta. Rakennuttaja ei voi laittaa päätä pensaaseen, jos lisäsuunnittelussa on epäselvyyttä tai tunnit meinaavat loppua. Hankkeen eteneminen ja myötävaikutusvelvollisuus.” -Rakennuttaja

”Valitettavan usein tuntien loppuminen nousee esiin, kun tunnit on jo käytetty. Joskus on jälkikäteen hyväksytty lisäsuunnitteluun sellaistaakin, mitä ei ole tuotu oikea-aikaisesti esiin. On jälkikäteen hyväksytty lisätunteja pienellä leikkurilla.” -Rakennuttaja

Erääksi keskeiseksi ratkaisuksi suunnitelmamuutosten hallinnalle ja suunnittelutuntien riittävyyden takaamiseksi nähtiin iterointikierrosten ja kahteen kertaan suunnittelun vähentäminen projektinjohtourakkamalla sujuvoittamalla. Tästä asiasta on kirjoitettu tarkemmin luvussa 3.3 ”Projektinjohtourakkamalli”. Toiseksi ratkaisuksi nähtiin suunnittelun maksuperusteiden sovittaminen palvelemaan suunnitelmien kehittämistä ja lisäsuunnittelun periaatteiden selkeyttäminen.

3.5 Muut esille nousseet alateemat

3.5.1 Käytössä olevat työkalut

Haastatteluissa kysyttiin käytössä olevista työkaluista. Työkaluiksi määriteltiin erilaiset aika-
tauluttamiseen liittyvät menettelyt ja digitaaliset ohjelmistot.

Mainitut menettelyt olivat melko tyypillisiä yhteistoiminnallisia työkaluja. Big Roomeja käytettiin sairaalahankkeessa. Last Planneria käytettiin osittain tuotannossa ja myös Siltasairaalan suunnittelutehtävien yhteensovittamiseen. Haastattelun rakennuttajan mukaan Last Planneria on käytetty suunnittelussa noin neljässä hankkeessa. Käytännössä Last Plannerista käytettiin ainakin käänteisen vaiheikataulun menettelyä, jossa suunnittelutehtävät määritetään laputtamalla. Eräässä aiemmassa hankkeessa oli käytetty myös Target Value Designiä.

Haastatteluissa mainittiin lukuisia ohjelmistoja. Last Plannerin käänteisen vaiheikataulun laputukseen käytettiin digitaalista Miro-ohjelmistoa sen sijaan, että laputus olisi tehty perinteisesti PostIt-lappuina seinälle. Digitaalisena valkotauluna käytettiin ainakin Lucid Appia. Smartsheetillä tehtiin todo-listoja ja seurattiin niiden toteutumista. Siltasairaalassa käytettiin Modelspacea, jolla tehtiin tila-/huonekortit, joilla pystyttiin havainnollistamaan tiloja (esim. valaistusta ja varusteiden sijaintia) käyttäjälle. Erään haastateltavan mukaan Modelspacea tehtiin noin 800 huoneesta neljästä eri suunnasta projektiot, joista nähtiin huoneiden sisältämät varusteet ja kalusteet ym. asennukset.

Suunnittelua tehtiin mm. Magicadilla ja Revitillä. Solibri Checkerillä tarkasteltiin risteilyjä. Bluebeamilla tarkasteltiin mm. revisioita. Dalux-ohjelmistoa käytettiin mm. tietomallien, työmaalta otettujen kuvien ja projektipankin muiden dokumenttien välisissä tarkasteluissa.

Työmaan hallintaan käytettiin ainakin Sitedriveä. Eräs urakoitsija teki tarjouslaskentaan ja muutoksiin liittyviä laskelmia Broker-ohjelmistolla. Tahtiaikataulut laadittiin Excelillä, vaikka tiedettiin, että muitakin aikataulutushjelmistoja on olemassa niiden laatimiseen. Eräs talotekniikkaurakoitsija käytti Power BI:tä menekkitietojen ja kustannustietojen tarkasteluun.

4D-mallien käytöstä ei ollut haastateltavilla juurikaan kokemusta. Mallien uskottiin tuovan arvoa hankkeisiin mm. niiden visualisuuden vuoksi. Toisaalta eräs haastateltava epäili mallin päivittämisen vaativan jonkin verran ylimääräistä työtä.

3.5.2 Esivalmisteiden hyödyt ja haasteet

Haastatteluissa keskusteltiin esivalmisteiden käyttötavoista ja kokemuksista. Siltasairaalassa elementoitii potilashuoneiden sängynpäädyt, joissa sijaitsi mm. kaapistoja, sairaalakaasureittejä ja sähkötekniikkaa. Muita käytössä olleita esivalmisteita olivat ainakin paineistetut savunpoistokuilut ja ovien sähköpielet. Savunpoistokuilut tehtiin esivalmisteisena, koska aiemmissa kohteissa oltiin todettu paikalla rakennettujen kuilujen sisäpuolten tasoittamisen olevan erittäin haasteellisia ja riskialttiita painevuodoille ja niistä seuraaville korjauksille. Ovien sähköpielien esivalmistamisen koettiin sujuvoittavan taloteknisiä töitä merkittävästi, mm. koska ovenpieliin liittyy valtavasti taloteknisiä asennuksia ja ovet tulevat työmaalle myöhään. Pielen asentaminen seinän rakentamisen yhteydessä mahdollistivat asennustöiden tekemisen huomattavasti aikaisemmin. Kohteessa harkittiin myös kylpyhuone-elementtien käyttämistä, mutta erään haastateltavan mukaan vilkkaan rakentamisen aikaan elementteihin ei saatu kunnolla tarjouksia. APC Hotellissa kylpyhuoneet tehtiin elementteinä.

Haastateltavilta kysyttiin esivalmisteiden hyödyistä ja haasteista. Esivalmisteiden käyttämisestä pidettiin kaiken kaikkiaan hyödyllisenä. Esivalmisteiden koettiin nopeuttavan työmaatuotantoa paikallarakentamiseen verrattuna, koska osa tehtävistä saadaan suoritettua työmaan ulkopuolella. Talotekniikkaesivalmisteet voivat yksinkertaistaa työmaan tehtävien yhteensovittamista. Tämä mainittiin erityishyötynä varsinkin tahtituotantoa käyttäviin kohteisiin.

Esivalmistamisen haasteista keskusteltiin liittyen nykyisiin ja aiempiin kohteisiin, joissa haastateltavat olivat olleet mukana. Suunnittelun kannalta haasteelliseksi nähtiin tilanne, jossa suunnittelija saa tiedon esivalmisteiden käyttämisestä turhan myöhään. Esivalmisteiden huomioiminen vaatii oman suunnittelutyömääränsä, joka tulee ottaa huomioon suunnittelutarjouksissa ja aikataulutamisessa. Esivalmisteisiin tehdään omat hankinta-asiakirjansa. Suunnittelijan tulee kommentoida ja oikaista tehtaiden laatimia piirustuksia ja ottaa elementtiratkaisut huomioon omissa suunnitelmissaan.

Elementtien hankintoihin liittyen haasteelliseksi koettiin elementtien saatavuus ja tietyt ulkomailta hankkimisen ongelmat. Elementtien saatavuusongelmia voi aiheuttaa elementtien suuri kysyntä kiivaan rakentamisen aikaan. Korona-pandemian jälkeinen rakentamisen elpyminen aiheutti tiettyjen elementtikomponenttien, kuten valaisimien toimitusviivästyksiä. Ulkomailta hankittaessa haasteita on haastateltavien mukaan tuottanut toimittajien konkurssit tai muut toimituksen peruuttavat tekijät, laatuvirheet kuten elementtien ruostuminen laiva-

kuljetuksissa ja maakohtaiset säädöserot, esimerkiksi reikävannekannakointien käyttö. Kylpyhuone-elementtien säilöminen työmaalla oli tuottanut jonkin verran haasteita aiemmalla sairaalatyömaalla.

Esivalmisteiden ja niitä ympäröivien osien jouheva yhteensovittaminen koettiin merkittäväksi haasteeksi. Korkoasemoinnin onnistumisen ja elementteihin kohdistuvien kuormitussien huomioimisen mainittiin tuottaneen haasteita eräillä työmailla. Sähkön kaapelointeja ja johdotuksia on joskus jouduttu uusimaan ulkomaisiin elementteihin. Paikallarakennettujen sekä elementtien viemäri- ja käyttövesiputkien päitä on jouduttu muokkaamaan työmaalla toisinaan paljonkin niiden yhteen liittämiseksi. Erään haastateltavan mukaan kylpyhuone-elementeistä on joskus jäänyt huomioimatta nousuhormiputkien kannakoinnin mahdollistava seinärakenne. Seinärakenteena on käytetty kipsilevyä, minkä vuoksi työmaalla on rakennettu erillinen kehikko, johon kuiluputket on saatu kannakoitua.

3.5.3 Tahtituotannon kokemukset

Tutkimuksessa yhdeksi osatavoitteeksi asetettiin tahtituotannon kokemusten kartoittaminen. Tahtituotantomalli on kuvattu luvussa 2.5.

APC Hotellissa oli projektinjohtourakoitsijan mukaan käytössä 4 tunnin tahtiaika hotellihuoneistoissa. Siltasairaalassa tahtiaikataulu laadittiin vuodeosastoille viikon tahtiaikana, jossa joka viides päivä on ns. vapaa puskuripäivä. Molemmissa kohteissa valikoitui tahtituotantoon mukaan siis erityisen paljon toistuvuutta sisältäviä alueita. Haastateltavat kokivatkin vähemmän toistuvuutta sisältävien alueiden soveltuvan huonommin tahtituotantoon.

Tahtituotannon koettiin olevan periaatteena hyvä, mutta käytännössä haastava toteuttaa. Talotekniikan sovittamisen tahtituotantoon koettiin haastavan osaltaan realistisen tahtiaikataulun laatimista ja toteuttamista. Ainakin sairaalatyömaan toimivan logistiikan kannalta tasaisen tahdin koettiin olevan tärkeä, jotta työmaa ei tukkiutuisi tavarantoiminnan määrästään. Seuraavaksi on taulukoitu haastatteluista esiin nousseita tahtituotannon haasteita ja joitakin vinkkejä:

Taulukko 6. Tahtituotannon haasteet ja vinkit

Tahtituotantoon liittyviä haasteita	Tahtituotantoon liittyviä vinkkejä (ei välttämättä yhteyttä mainittuihin haasteisiin)
Tahtituotannon omaksuminen aiheuttaa joskus muutosvastarintaa	Tahtituotanto vaatii lähes 100% valmiit suunnitelmat. Ei kannata aloittaa aiemmin. Tämä vaatii riittävästi aikaa suunnittelulle ja järjestelmällisyyttä.
Talotekniikka etenee järjestelmittään, eri suuntaan kuin muut työt. Talotekniset työt on vaikea sovittaa yhtenäiseen tahtiaikatauluun.	Tahtituotannon suunnitelmatarpeet (hankinnat, vaunut) tulee ottaa huomioon suunnittelun aika-auluttamisessa.
Taloteknisiä töitä tehdään mielusti isompina alueina kuin tahtialueet, koska talotekniset työt etenevät järjestelmittään. Esimerkiksi sähkökaapeloinnit. Joidenkin taloteknisten tehtävien työ-määrä on liian pieni tasaiseen tahtiin.	Tahtituotantoon ei välttämättä kannata ottaa mukaan kaikkia tehtäviä. ”Kannattanee aloittaa siitä, kun ruvetaan tekemään pintabetonilattioita. Ei sotketa mukaan pystynousuja”.

<p>Tahtituotanto haastaa muutossuunnittelua. Suunnittelijaa huolestuttaa muutossuunniteluun liittyvät sopimukselliset velvoitteet. ”Lyhyessä tahdissa pitäisi saada muutossuunnitelmat todella nopeasti. Entä jos ei pystytä, ja tuotanto pysähtyy? Lienee sopimusmielessä vielä pureksittavaa.”</p>	<p>Tahtituotannon käyttäminen olisi hyvä olla tiedossa hankkeen alusta asti. Joskus päätös tulee kesken hankkeen.</p>
<p>Tahtituotannon karkaaminen aikataulusta on haastavaa, erityisesti jos tilannetta ei korjata nopeasti. Urakoitsijoilla voi olla epäselvyyksiä siitä, vieläkö aikataulunmukaista tasaista tahtia tulisi noudattaa, vai tulisiko sopeutua todelliseen tilanteeseen. Myös tasaisen tahdin mukaisesti aikataulutetut hankinnat saattavat haastaa tässä asiassa.</p>	<p>Elementtien käyttäminen voi helpottaa tahtituotannon noudattamista, kun taloteknisiä asennuksia saadaan esivalmistettua.</p>
	<p>Tahtituotannon varamestat tulee suunnitella huolella häiriöiden tai keulimisen varalle.</p>

3.6 Nostoja sairaalarakentamisesta

Siltasairaalan haastatteluissa nousi esiin monia mielenkiintoisia yksityiskohtia sairaalarakentamiseen liittyen. Sairaalahankkeet nähtiin erityisen monimutkaisiksi ja haastaviksi hankkeiksi. Sairaaloissa talotekniikan osuus on keskimääräistä rakennushanketta suurempi, varsinkin jos huomioidaan kiinteät sairaalalaitteet. Tämän vuoksi sairaalahankkeissa vaaditaan tietyiltä avainhenkilöiltä riittävät referenssit aiemmista sairaalahankkeista (tai kokemuksesta saa tarjouskilpailussa pisteitä). Osa suunnittelijoista piti käytäntöä hieman haasteellisena, koska sairaalahankkeet ovat pitkäkestoisia, minkä vuoksi referenssejä saattaa kertyä tietyille avainhenkilöille hitaasti, tai referenssit voivat vanhentua. Tosin pitkissä hankkeissa avainhenkilöitä saattaa vaihtua eläköitymisen tai työnantajan vaihtumisen takia. Osa haastateltavista mainitsi samojen kokeneiden sairaalasuunnittelijoiden pysymisen mukana eri hankkeissa hyvänä asiana, koska tällöin yksilöiden ja organisaatioiden toimintamallit ovat tutut. Sairaalahankkeiden osaavien rakennuttamisyksiköiden merkitystä keuhuttiin myös tärkeänä elementtinä monimutkaisten hankkeiden läpiviennissä. Sairaalahankkeissa mainittiin olevan valtava määrä asiantuntijoita, jolloin myös tarvittavien kokousten määrä on erityisen suuri. Osa koki tämän hieman haastavaksi ajankäytöllisesti.

Eräs sairaalahankkeiden toteuttamista monimutkaistava asia ovat kiinteät sairaalalaitteet (KSL). KSL vaatii laitteen tyylistä ja mallista riippuen sähköä, vettä, sairaalakaasuja, jne. Lattiarailot, alakatot, putket ja sähköt suunnitellaan ja asennetaan laitemallin vaatimusten mukaisesti. Mallista riippuen laitteita saatetaan asentaa alakatosta ripustaen tai seisovana. Joihinkin kuvantamisen laitteisiin voi liittyä myös säteilysuojahuoneita tai -levyjä. KSL vanhenee nopeasti, esimerkiksi kuvantamislaitteet n. 5–10 vuodessa, koska uutta tekniikkaa tulee nopealla sykillä markkinoille. Laitteiden nopean vanhenemisen ja sairaalahankkeiden pitkäkestoisuuden vuoksi KSL kilpailutetaan hankkeen loppuvaiheessa, mahdollisesti vuosia taloteknisen suunnittelun ja asennusten valmistumisen jälkeen. Koska vasta kilpailutuksen jälkeen saadaan

varmuus laitteen todellisista taloteknisistä vaatimuksista, täytyy tiettyjä suunnitteluratkaisuja ja asennuksia viivyttää, tai mitoittaa järjestelmiä yläkanttiin.

”Tämän vuoksi tilantarve ja talotekniikka mitoitetaan yläkanttiin. Yläkanttiin mitoittaminen mm. lisää sähköpääkeskukselta vaadittavaa tehoa, mikä pitäisi huomioida varhain, koska pääkeskus on ensin rakennettavassa alakerrassa.” -Talotekniikkasuunnittelija

”Joskus myös jätetään betonipinnalle ’hold-alueeksi’, joka suunnitellaan loppuun myöhemmin. Ei pystytty esimerkiksi tekemään lattiavaluja valmiiksi, niin betonin kuivumisen ja lattian pinnoituksen kannalta tulee haasteita.” -Projektinjohtourakoitsija

Sairaalakohteiden ympäristössä saattaa toimia ennestään muitakin sairaaloita. Esimerkiksi Siltasairaalan ympäristössä toimii useita eri sairaaloita. Tällaisessa ympäristössä rakentaminen vaatii luonnollisesti erityisen paljon huolellisuutta potilasturvallisuussyistä. Siltasairaalan kohteessa tehtiin maan alla väistöreitit useille taloteknisille järjestelmille, jotta purkutyt pystyttiin aloittamaan turvallisesti. Maan alla sijaitsi myös alueen huoltotunnelisto ja pysäköintilaitos poistumisteineen, jotka pidettiin käytössä väliaikaisratkaisuin hankkeen aikana. Pysäköintilaitoksen ilmastointikuilu tuli Siltasairaalan tontille, joka aiheutti louhintaa ja uusien poistoteiden ja ilmastointirakennelmien tekemisen. Olemassa oleva tekniikka aiheutti rajoituksia ja haasteita mm. louhinnalle, hissien sijoituksille, nostoille ja logistiikalle.

Sairaaloissa on erilaisia erityistiloja, joihin liittyy tiukkoja taloteknisiä vaatimuksia. Erään suunnittelijan mukaan jokaisella leikkaussalilla on oma ilmanvaihtokoneensa. Osa tiloista on ylipaineistettu, jotta immunosuppressiiviset potilaat eivät altistuisi muista tiloista tuleville viruksille ja bakteereille. Osa tiloista on alipaineistettu, jotta virukset ja bakteerit eivät leviäisi muihin tiloihin. Sairaaloissa voi myös olla erillisiä eristystiloja omine sisäänkäynteineen ja paineistuksineen erityisen vakavia viruksia kantaville potilaille, kuten SARS- tai Ebola-potilaille.

Sairaaloiden sähköjärjestelmät toimivat normaalisähköllä, varavoimalla ja UPS:llä. UPS, eli Uninterrupted Power Supply on lyhytaikainen virransyöttö, jolla taataan välittömästi alueellisen sähkökatkon tapahtuessa sairaalaan sähköä. Varavoimakoneiden käynnistymisen jälkeen ne hoitavat sairaalan sähkönsyötön, kunnes alueen normaalisähkö palautuu käyttöön.

”[Sähköjärjestelmiin] liittyy paljon varmistuksia ja testauksia hissi hissiltä, ovi ovelta ja pistorasia pistorasialta. Jokaisessa pistorasiassa on esim. oma värikoodaus eri virroille.” -Arkkitehti

Osa sairaaloiden erityispiirteistä mainittiin ohimennen lyhyesti. Näitä erityispiirteitä on lueteltu tässä kappaleessa. Laitteiden haalausreitit täytyy suunnitella huolella, koska laitteet ovat raskaita ja toisinaan isokokoisia. Tiukat tehokkuusluovaatimukset haastavat halutun muuntojoustavuuden suunnittelua, varsinkin jos kohde on muodoltaan haastava. Eräs suunnittelija esimerkiksi mainitsi, että IV-konehuoneen kuiluihin olisi voinut varata enemmänkin tilaa myöhempiä asennuksia varten. Kiinteiden sairaalalaitteiden myöhäinen hankinta korosti tätä haastetta. MRI-kuvaushuoneet suojataan Faradayn häkillä ja paksulla betonoinnilla ulkopuolisilta elektromagneettisilta häiriöiltä. Sähköovien ovenpielet ovat haastavia, mm. palo-osastointien, paine-eristyksien, säteilysuojauksien ja sähköistyksien vuoksi. Ovenpieliin liittyy siis

paljon urakoitsijoita, ja ovenpieliä joudutaan mahdollisesti hankkimaan ”ympäri maailmaa”. Arkkitehtuurin kannalta muun ympäristön ja talotekniikan visuaalisuus ja värit voivat olla haasteellisia yhteensovittaa.

Sairaalarakentamisen yksityiskohdista keskusteltaessa esiin nostettiin muutamia yksittäisiä suunnitteluratkaisuja. Koska Siltasairaalan alakerroksen talotekniset koneet haluttiin varhain käyttöön, tehtiin lattiapäällystyksen erään suunnittelijan mukaan ensin koneiden alta, myöhemmin ympäristöön jatkaen, maakosteutta kestäväällä lattiapinnoitteella, jotta koneet saatiin asennettua nopeasti paikalleen. Muovimattoa käyttämällä ongelmalliseksi olisi muodostunut maton alapuolisen betonirakenteen kuivumisen aikainen kosteus.

Useampi haastateltava nosti hyvänä innovaationa sairaalan alakattoratkaisut. Haastateltavien mukaan sairaalan alakattoja joudutaan avaamaan jatkuvasti, koska alakattoihin asennetaan jatkuvasti erilaista talotekniikkaa. Innovaationa kehitettiin alakattoratkaisu, jossa alakattossa on molemmissa reunoissa kiinteät kaistaleet, keskellä kiinteä kaistale ja niiden välissä sälekatto, mikä laitetaan lopuksi paikalleen. Reunoille asennetaan valaisimet ja keskikaistalle paloilmalaitteet.

”Alakattourakoitsija pystyi tekemään umpiosat ensin valmiiksi ja muutamassa viikossa muiden alueiden alakattolevyjien nostot paikalleen myöhemmin. Sähköurakoitsija säästi satojatuhansia euroja, kun ei tullut hukkatyötä ja alakattojen aukomista ja rikkomista. Yleensä alakattoja joudutaan sulkemaan jo kuukautta ennen vastaanottoa. Erityisesti sähköpuolella jää tarvetta, että pitäisi päästä vielä jotain kaapelia kytkemään. Normaalisti tästä seuraa alakattojen purkamisen ja uudestaan sulkeminen. Tulee kustannuksia myös siivoukseen ja puhdistukseen. Ja elinkaaren ajalle.” -Suunnittelutoimiston edustaja

”Alakattojen sulkeminen aloitettiin innovaatiosta johtuen 2kk ennen luovutusta ja onnistui hyvin. Verrokkina aiemmassa kohteessa olisi pitänyt 9kk aiemmin laittaa alakattoja paikalleen, kesken toimintakokeiden, mikä ei ollut mahdollista. Normaalisti projektissa saatetaan muutamalla sadallatuhannella eurolla uusia hajonneita alakattoja, joiden sisällä touhutaan jatkuvasti.” -Talotekniikkaurakoitsija

3.7 Viestit alalle

Lähes jokainen haastateltava kiteytti käydystä keskustelusta jonkin viestin alalle. Viesteissä toivotaan erityisesti lisää yhteistyötä, avoimuutta ja riitelyn vähentämistä. Osa haastateltavista myös jakoi huonoja kokemuksiaan aiemmista hankkeista. Huonoina tapoina pidettiin mm. sopimusten jyrkkäluontoista ja yksipuolista tulkintaa (esim. avainhenkilöiden vaihtuessa), haitallista oman edun tavoittelua, syyttelyä ja uhkailua sekä toisten osapuolten tarpeiden huomiomattomuutta (esim. vaaditaan asioita ilman ennakkointia, tai ollaan välittämättä toisten osapuolten taloudesta). Eräs haastateltava pohti arvojen toteamisen mielekkääksi, mutta arvioi todellisten arvojen olevan mitattavissa vasta stressitilanteissa.

<p>”Panostetaan aikatauluihin ja sitoudutaan niihin. Kunnioitetaan suunnittelijaa ja ymmärretään, että suunnittelu vaatii oman aikansa. Suunnittelua ei voi kiihdyttää määräänsä enempää.” -Suunnittelija</p>
<p>”Suunnitelmat pitäisi saada aikaisemmin valmiiksi, ne on aina vähän myöhässä kun tuotanto alkaa. Kiinteän ja muuttuvan osan ajattelua voisi olla hyvä soveltaa kohteissa. Käyttäjämutoksille pitäisi asettaa selkeä aikaraja.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Meidän pitäisi kouluttaa mestareita, jotka ymmärtävät tuotannon kokonaisuuden [ja osaa koordinoita]. Ei tarvitse osata, mutta ymmärtää. Mentorihomma on tässä hyvä.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Ei pitäisi liikaa hajottaa kokouksia pelkästään osa-alueisiin. Esim. tatetöiden ja rakennusteknisten töiden edellytyksiä olisi hyvä käydä läpi samassa palaverissa, niin saisi ehkä viestiä paremmin menemään eteenpäin.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Ala on mennyt aika riitaisaksi minun urani aikana. Osittain varmaan johtuu tietämättömyydestä. Tulee epäselvyyttä ja muutoksia ja sitten riidellään rahasta. Jos olisi hyvin tehdyt suunnitelmat, niin riitojen määrään olisi paljon pienempi.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Yhteistoiminnallinen, avoin ja keskusteleva yhteistyö johtaa aina parempaan menestykseen, kuin se, että osaoptimoidaan ja katsotaan vain omat asiat kuntoon. Vaatii mm. yhteistoimintaa, esivalmistusta ja avoimuutta.” -Projektinjohtourakoitsija</p>
<p>”Tarkka aikataulu on kaikkien etu. Ongelmat oikenevat ainoastaan avoimella vuoropuhelulla.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Riitelyn haluaisin pois. Yhdessä tekemistä.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Tiedon jakaminen, hyvien kokemusten jakaminen. Ja myös huonojen kokemusten jakaminen. Meillä tulee olemaan työvoimapula alalla. Jotta me saadaan alalle osajia, alan pitää kiinnostaa. Ei tää ala kohta enää kiinnosta jos jatketaan tällaisella riitelyn tiellä.” -Talotekniikkaurakoitsija</p>
<p>”Otetaan suunnittelija enemmän mukaan toteutusvaiheeseen. Erittäin hyvä ratkaisu on ollut esimerkiksi suunnittelijan pitäminen saneeraustyömaalla ratkomassa ongelmia yhteistyössä urakoitsijan kanssa. Uskon, että sillä säästetään kokonaiskustannuksissa ja saadaan sujuvammin ja aikatauluissa paremmin pysyvät hankkeet.” -Suunnittelija</p>
<p>”Taloteknisen suunnittelun tarjoukset pitäisi olla niin isoja, että niillä voidaan oikeasti tehdä työt. Pitää luoda suunnittelulle edellytykset tehdä työt hyvin. Ongelmia tulee, jos tunnit loppuu kesken ja töitä ei tehdä sitten loppuun niin hyvin kuin pitäisi. Liian halvaksi kilpailutetut hinnat on iso ongelma. Myös aikataulujen tulee olla järkeviä.”</p>

-Arkkitehti

”Jos projekti menee hyvin eteenpäin, niin ongelmia ei tule. Kustannusten tai aikataulun meneminen pitkäksi luo alustan ongelmille ja tilanteiden tulehtimiselle. Ei riitely silti auta.” -Rakennuttaja

”Tärkeintä on hyvän yhteishengen luominen, että projekti menee kivuttomasti. Tilaajan roolissa hyvän hengen ja edellytysten luominen hankkeen onnistumiseksi. Kun voi vapaasti puhua asioista, niin yleensä menee vähän paremmin.” -Rakennuttaja

”Hankkeissa oma talous on aina sidoksissa muidenkin talouksiin. Kaikkien pitää ymmärtää, että jos toisella menee huonosti, niin se sitten jollain tapaa vaikuttaa omaankin tekemiseen. Täytyisi miettiä, miten yhdessä saadaan hyvä lopputulos.”
-Rakennuttaja

”Siiloutumisesta pitäisi päästä eroon, elikkä oikeasti lisätä yhteistä tekemistä ja yhteistä kehittämistä. Yhdessä onnistutaan ja – toivottavasti ei – epäonnistutaan. Se että ei syytellä toisia, on kaikkien intressi.” -Projektinjohtourakoitsija

”Yhteistyön ja toiminnan parantaminen eri osapuolten välillä ja aitojen kaataminen”
-Rakennuttaja

4. Johtopäätökset

Haastattelututkimuksessa ja kirjallisuuskatsauksessa paljastui useampia talotekniikan ajallisen hallinnan haasteita. Suuri osa esille nostetuista haasteista liittyy talotekniikan suunnitteluun ja toteuttamiseen projektinjohtorakentamisen mallilla (koska kyseinen malli oli molemmissa case-hankkeissa käytössä). Valtaosa haasteista ja ratkaisuksista on avattu tarkemmin luvussa 3.

4.1 Ajallisen hallinnan menettelyt

Aikataulutustekniikoista ei saatu tutkimuksessa uutta tietoa. Aikataulut mitoitetaan yleensä ”perinteisin keinoin”. Tällaiset keinot pohjautuvat kokemuseräiseen tietoon, menekitiedostoihin tai työehtosopimusten normitunteihin. Yksittäinen talotekniikkaurakoitsija keräsi tietoa todellisista toteumatunneista, joiden avulla pyrittiin arvioimaan työntekijöiden todellisia tehtäväkohtaisia ajallisia tarpeita.

Suunnitelma-aikatauluja pidettiin tärkeinä ja osa suunnittelijoista toivoi entistä yksityiskohtaisempia suunnitelma-aikatauluja, joista näkyisi suunnittelun, tarjouspyyntöjen ja rakentamisen ajoittuminen hankinnoittain. Last Planneria voitaisiin hyödyntää hankintapakettien sisällön määrittämiseen. Lisäksi tulisi määritellä hankintoihin tarvittavat lähtötiedot ja toivotut lopputulokset (piirustukset).

Taloteknisen suunnittelun ajallista hallintaa pidettiin haasteellisena, koska suunnitteluun liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Haastatteluissa esille nousseet suunnittelun ajankäytön epävarmuustekijät on kiteytetty seuraavaan kuvaan. Epävarmuutta voitaisiin vähentää mm. sujuvalla päätöksentekoprosessilla ja päätösten sekä suunnitelmien lukitsemisella, projektinjohtorakentamiseen soveltuvilla suunnittelusopimusehdoilla (mm. kehityssuunnittelun korvausperusteet, selkeät lisäsuunnittelun ehdot), urakoitsijoiden hankintaa mahdollisuuksien mukaan aikaistamalla ja luonnoksien (ei kokonaishintaisena) tapahtuvilla hankinnoilla. Myös talotekniikkaurakoitsijan ja talotekniikkasuunnittelijan yhteisvastuuta kehitysvaiheen kustannuksista voitaisiin harkita.



Kuva 6. Talotekniikkasuunnittelijan ajankäytön epävarmuustekijät haastatteluiden perusteella

Talotekniikkaurakoitsijoiden osallistumista tuotannon aikataulujen laatimiseen pidettiin tärkeänä, vaikka päätoteuttajan talotekniikkapäälliköt hallitsevat myös melko hyvin taloteknisten aikataulujen laatimisen. Päätoteuttaja laatii aikatauluille raamit, joita talotekniikkaurakoitsijat kommentoivat. Mm. talotekniikka-aikataulu ja tahtiaikataulu laaditaan yhteistoiminnassa talotekniikkaurakoitsijoiden kanssa.

Toimintakoe- ja käyttöönottovaihetta pidettiin taloteknisten töiden kannalta kriittisenä. Haastatteluissa ei kuitenkaan juuri noussut esiin konkreettisia asioita kyseiseen vaiheeseen liittyen. Hotellikohteessa vaihetta ei ollut vielä aloitettu ja sairaala oli jo käytössä. Yleisesti todettiin, että vaiheeseen liittyy yleensä erinäisiä haasteita ja vaiheeseen tulee sen vuoksi panostaa paljon. Sairaaloissa jo PJU:n hankinnassa arvioidaan laadullisesti vastaanottovaiheeseen ja toimintakokeisiin liittyviä asioita. Perinteisesti toimintakokeisiin ja käyttöönottoon voi jäädä liian vähän aikaa, jos hankkeelle on asetettu kiinteä määräaika ja toimintakokeita edeltävät vaiheet myöhästyvät aikataulusta.

4.2 Suunnittelutuntien riittävyys

Suunnittelijat pitivät suunnittelutuntien riittävyttä haasteellisena ja urakoitsijat kertoivat nähneensä suunnittelutuntien loppumisen haittavaikutuksia eri hankkeissa. Suunnittelutuntien riittävyys vaikuttaa mm. suunnittelun maksuperuste eri suunnittelutehtävissä, suunnittelusta tarjottu hinta, käytettävissä olevien tuntien käyttäminen tehokkaasti ja iteroinnin määrä (mm. suunnitelmien kehittäminen ja uudelleenytensovittaminen). Suunnittelutuntien riittävyys voivat siis vaikuttaa osaltaan sekä suunnittelijat itse, että suunnittelunohjausta tekevät osapuolet.

Kiiras ym. (2019) ehdottavat, että intressien yhdensuuntaisuuden nimissä voitaisiin käyttää mallia, jossa sekä suunnittelijalle että projektinjohtourakoitsijalle maksetaan lisäpalkkio, kun

kaikki tavoitteet toteutuvat, pysytään aikataulussa ja budjetissa ja yhteistyö on moitteetonta. Bonukset voitaisiin vaiheistaa hankkeen välitavoitteille. Tällöin myös suunnittelijalla olisi motivaatio kehittää suunnitelmia, eikä sitä pidettäisi suunnittelutunteja kuluttavana välttämättömänä pahana, johon on vain pyritty varautumaan kiinteällä summalla suunnittelutarjouksessa.

Kiiras ym. (2019) ehdottavat myös eri maksuperusteita ehdotus-, yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheisiin, koska ne ovat luonteeltaan erilaisia. Ehdotussuunnittelu on luovaa työtä, jossa haetaan yleisratkaisua. Yleissuunnittelu on ”pakettimaista” suunnitelmatuotantoa ja toteutussuunnittelu on projektinjohtohankkeissa työmaan kanssa yhteistyössä tapahtuvaa jatkuvaa ”palvelua”. Kirjan mukaan ehdotukset voisivat tällöin olla bonuksellista tunti-laskutusta, yleissuunnittelu kiinteällä palkkiolla ja toteutussuunnittelu tuntilaskutuksella ja (aikataulu-) bonuksella.

Haastatteluissa suunnitelmien tuntilaskutusta pidettiin ongelmallisena, koska se tekee tilaajan ja rakennuttajan budjetoinnista vaikeaa. Tämän vuoksi case-kohteissa käytettiin tavoite- ja kattohintaista maksuperustetta suunnittelulle. Suunnittelun bonuksellisuudella voitaisiin kattaa ainakin suunnitelmien kehittämisestä suunnittelijalle aiheutuvia kuluja, joiden määrää on vaikea arvioida ennalta suunnittelutarjoukseen. Ylipäätään olisi hyvä, että suunnitelmia kehittävä urakoitsija ja suunnittelija huolehtisivat yhdessä, että molemmat osapuolet hyötyvät, eivätkä kärsi suunnitelmien kehittämisestä. Vastaavasti pitäisi huomioida, ettei suunnitelmien kehittämisestä aiheudu haittaa myöskään muiden alojen suunnittelijoille (mikäli kehittynyt suunnitteluratkaisu vaikuttaa muiden suunnittelualojen suunnitelmiin).

4.3 Projektinjohtourakointimalli

Haastateltavat kokivat kiinteähintaiset talotekniikka-urakat haasteellisena limitetyn suunnittelun ja rakentamisen sisältävissä hankkeissa, koska talotekniset urakat hankitaan tyypillisesti melko varhain. Kiinteähintaisen urakan hankinta vaatii korkean valmiusasteen suunnitelmat sellaisessa vaiheessa hanketta, jossa suunnitelmat ovat vielä hyvin keskeneräiset. Myös Honkaniemen (2018) diplomityössä ja Kiiraksen ym. (2019) julkaisussa kiinteähintaiset talotekniikka-urakat on mainittu haasteena.

Projektinjohtorakentamisen mallin hankintoja pidettiin haasteellisina, koska mallissa suunnittelu ja rakentamisen toteutetaan limitettynä, jolloin suunnitelmia ei saada sujuvasti valmiiksi mm. taloteknisten töiden hankintoja varten. Tästä seuraa mm. suunnittelun tekemistä moneen kertaan sekä urakoihin enemmän lisä- ja muutostöitä. Ongelmallisuutta lisää se, että alalla on totuttu ”kerralla valmiiksi” -suunnittelulogiikkaan.

Ratkaisuehdotukset taloteknisen suunnittelun ja rakentamisen sujuvoittamiseksi projektinjohtomallissa liittyvät joko yksittäisten toimenpiteiden kehittämiseen tai mallin laajempaan uudelleenjärjestelyyn (Suke-mallin mukaisesti). Yksittäisiä mahdollisia toimenpiteitä ovat mm.:

- suunnittelusopimusten sisällön kehittäminen,
- lisäsuunnittelun korvauserusteiden selkeyttäminen
- päätoteuttajan ja taloteknisten hankintojen ajoittuminen aikaisemmaksi,

- taloteknisten hankintojen tekeminen keskeneräisemmällä suunnitelmilla,
- taloteknisten urakoiden maksuperusteen vaihtaminen kiinteähintaisesta tavoitehintaan,
- taloteknisten töiden projektinjohtourakointi (tai talotekninen johtourakka?)

Honkaniemi (2018) esittää ratkaisuja taloteknisen suunnittelun ja rakentamisen välisien tarpeiden ja aikataulujen yhteensovittamiselle sekä suunnittelualojen tarpeiden ja aikataulujen yhteensovittamiselle. Hänen mukaansa suunnittelun aikataulut tulisi laatia yhdessä suunnittelutiimin, projektinjohtourakoitsijan ja tilaajan kanssa Last Planner -sessiossa. Talotekniikkasuunnittelun suunnitelmatarpeita tulisi hänen mukaansa hakea sijaintipohjaisesta rakentamisen aikatauluista, jolloin suunnittelu etenee työmaan tarpeiden mukaisesti. Muina ratkaisuin diplomityössä mainitaan tietomallien tarkkuustasotarpeiden määrittäminen, aikataulujen valvonta, Big Room sekä lähtötietojen varmistaminen.

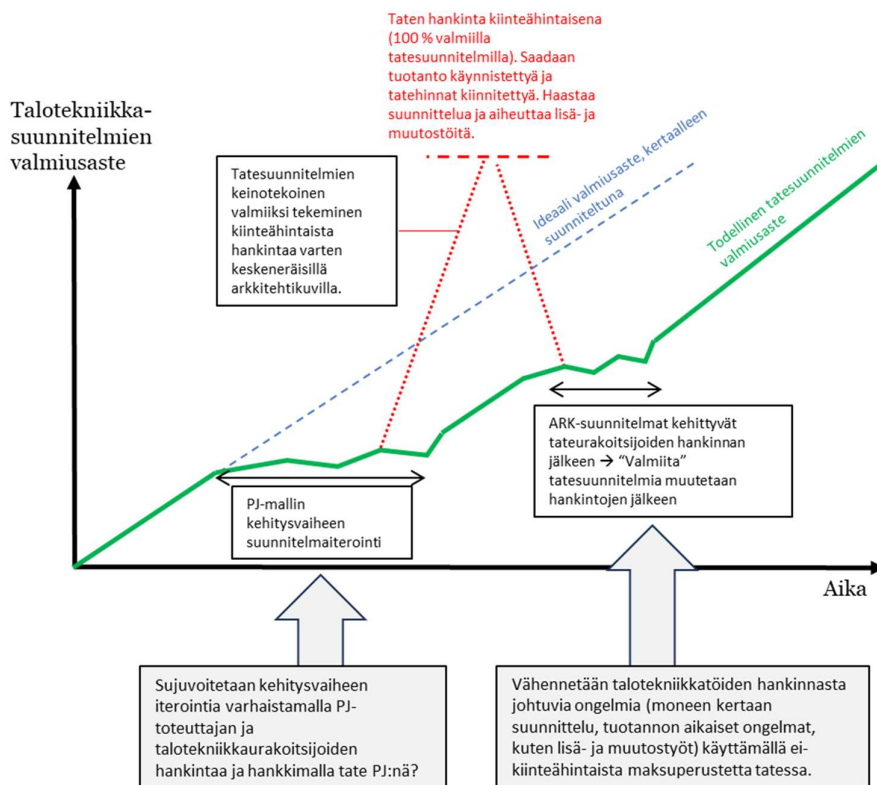
Tässä tutkimuksessa esitettiin ehdotuksena projektinjohtourakoitsijan hankkimista riittävän varhain, jotta projektinjohtourakoitsijan suunnittelunohjaus olisi sujuvampaa ja kahteen kertaan suunnittelua saataisiin vähennettyä. Honkaniemi (2018) ehdottaa suunnittelun aikatauluttamista yhdessä projektinjohtourakoitsijan kanssa Last Planner -sessioissa, joka myös loogisesti hyötyisi projektinjohtourakoitsijan varhaisesta hankkeeseen liittymisestä. Last Planneria onkin tämän tutkimuksen haastateltavien mukaan käytetty useammassa sairaalahankkeessa viime aikoina suunnittelualojen aikatauluttamiseen ja yhteensovittamiseen, ja kokemuksia on pidetty hyvinä.

Honkaniemi (2018) ehdottaa, että suunnitelmatarpeet tulisi hakea sijaintipohjaisesta rakentamisen aikatauluista. Tällaisia aikataulumalleja ovat mm. paikka-aikakaavio (ja tahtiaikataulu), joissa esitetään, missä sijainneissa ja milloin kukin tehtävä on tarkoitus suorittaa. SUKE-mallissa (Kruus ym. 2006) taas esitetään, että projektinjohtorakentamisen suunnitellaikataulujen laatimisen tulisi perustua suunnitelmapaketteihin. Suunnitelmapaketit ovat sellaisia kokonaisuuksia, jotka ovat loogisia suunnitella kerralla siten, että keskinäiset riippuvuudet on ratkaistavissa samaan aikaan (Kruus ym. 2006). Toteutusvaiheen alussa suunnitelmapaketit määritetään ja aikataulutetaan yleisaikatauluun perustuen projektinjohtoon ja suunnittelijoiden kesken (Kruus ym. 2006). Jokainen suunnitelmapaketti sisältää yhden tai useamman hankintapakettin, joka määrittelee yksittäisen kerralla hankittavan kokonaisuuden ja siihen liittyvät eri alojen suunnitelmat (Kruus ym. 2006).

Projektinjohtomallin kehitysvaihe vähentää urakoitsijan odotettuja kustannuksia, lisäten odotettua katetta esimerkiksi tavoitehintaishankinnassa (koska tavoitehintaa ei alenneta kehitysratkaisujen perusteella). Toisaalta haastattelujen perusteella kehitysvaihe lisää suunnittelijan kustannuksia, koska kehitysvaiheesta seuraa herkästi kahteen kertaan suunnittelua ja uudelleen yhteensovittamista. Mitä enemmän kehitykseen panostetaan, sitä enemmän se saattaa vähentää suunnittelijan budjetoimia tunteja. Pääsääntöisesti urakoitsija siis hyötyy kehityksestä, kun taas suunnittelijalle siitä voi olla taloudellista haittaa. Suunnittelijan täytyy lähtökohtaisesti pystyä arvioimaan kehitysvaiheeseen tarvittava suunnittelutuntimäärä suunnittelutarjouksessa. Käytännössä tätä pidetään kuitenkin haasteellisena. Tarjottujen suunnittelutuntien kuluminen kehitysvaiheeseen sisältää riskin suunnittelutuntien loppumisesta myöhemmin hankkeessa.

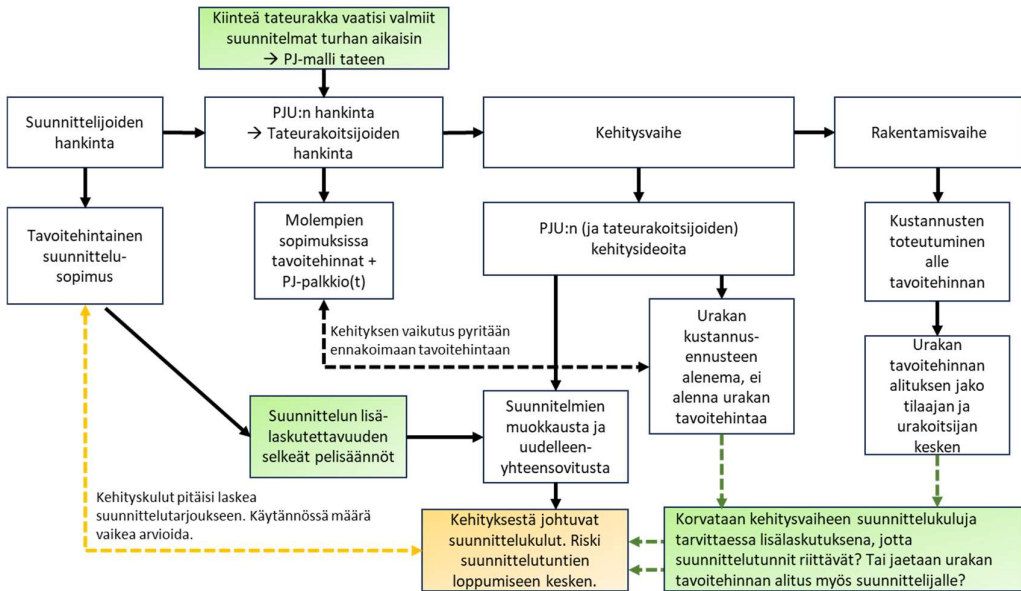
Kiiras ym. (2019) suosittelivat suunnittelijan intressien huomioimista kehitysvaiheessa. Käytännössä intressien huomioiminen tarkoittaa sitä, että suunnittelijan tulisi hyötyä tilaajan ja urakoitsijan lisäksi taloudellisesti kehitysratkaisujen tuottamisesta. Kiiras ym. (2019) ehdottavat ratkaisuksi suunnittelijan bonusjärjestelmää kehitysvaiheeseen. Eräs tämän tutkimuksen haastateltava ehdotti talotekniikkasuunnittelijan ja talotekniikkaurakoitsijan yhteistä ”rahapottia”, josta kehityksen kulut katetaan. Menettelyssä huomioitaisiin, ettei kehitysratkaisujen tuottaminen koidu kenellekään osapuolelle taloudellisesti kannattamattomaksi.

Projektinjohtourakoitsijan ja talotekniikkaurakoitsijoiden hankintojen varhaistaminen ja urakoiden maksuperusteen valitseminen sellaiseksi, ettei hankintoja tarvitse tehdä valmiilla suunnitelmilla olivat ehdotettuja ratkaisuja projektinjohtorakentamisen sujuvoittamiseen. Seuraavassa kuvassa 7 havainnollistetaan edellä kuvattua ongelmatiikkaa ja mahdollisia ratkaisuita. Kuvan valmiusastekäyrät ovat kuvitteelliset.



Kuva 7. Kiinteähintaisen talotekniikkaurakan hankinnan ongelmallisuus ja mahdollisia ratkaisuita projektinjohtorakentamisessa (haastattelujen ja erään haastateltavan näyttämän esitysmateriaalin perusteella).

Alla olevassa kuvassa 8 on esitetty tämän raportin kirjoittajan käsitys yksinkertaistetusta mallista, jossa talotekniikkaurakat hankitaan kehitysvaiheeseen tavoitehintaisten projektinjohtourakoina (vältetään hankinta valmiilla suunnitelmilla). Tällöin talotekniikkaurakoitsijoiden kehitysratkaisut ja laitevalinnat saadaan huomioitua ilman merkittävää myöhäistä lisäsuunnittelua. Suunnitelmien kehittämisen kustannukset katetaan tarvittaessa lisälaskutuksena tai jaetaan urakan tavoitehinnan alitus bonuksina myös suunnittelijalle. Lisäksi kuvassa suositellaan suunnittelun lisälaskutettavuuden pelisääntöjen selkeyttämistä.



Kuva 8. Raportin kirjoittajan yksinkertaistettu luonnostelma mallista, jossa näkyy urakoitsijoiden varhainen hankinta ja suunnitelmien kehityksen korvausperiaatteet.

Se miten paljon urakoitsijoiden hankintaa voitaisiin käytännössä järkevästi aikaistaa, ei selvinnyt tutkimuksessa. Tätä voitaisiin tutkia jatkossa.

4.4 Tutkimuksen suositukset listana

Suuret linjat

1. Suunnittelu ja toteutus jaetaan avoimen rakentamisen periaatteiden mukaisesti kiinteään perusosaan ja muuntuvaan tilaosaan.
2. Ei kiirehdiä projektinjohtourakkamuodon kokonaisaikataulun kanssa, vaikka suunnittelu ja rakentaminen saadaan limitettyä. Jätetään suunnittelulle ja toteutukselle riittävästi aikaa.
3. Tehdään suuret päätökset ajoissa ja selkeästi informoituna (toteutusmuoto, tahtituo-
tinto, esivalmisteeet, ...).

Suunnittelukeskeiset

4. Huomioidaan projektinjohtourakkamallin kehitysratkaisujen vaikutus suunnittelijan työmäärään. Ei tehdä kehitysratkaisuja suunnittelijan kustannuksista välittämättä. Muuten suunnittelijan tunnit uhkaavat loppua kesken.
5. Selkeytetään lisäsuunnittelun periaatteet ja maksuperusteet

6. Harkitaan yhteistoiminnallista mallia, jossa sekä suunnittelija että urakoitsija hyötyvät kehitysratkaisuista. Esimerkiksi bonukset tai kehitysratkaisujen aikaansaamaan kustannushyödyn jakaminen myös suunnittelijoille.
7. Määritellään suunnitelmatarpeet selkeästi. Tarvittaessa talotekniikkasuunnittelija luonnostelee tarveaikataulun ja päätoteuttaja kommentoi.
8. Tehdään suunnitelma-aikataulu projektinjohtourakoitsijan ja talotekniikkaurakoitsijan yhteistyönä ja sovitetaan se suunnitteluaikataulun kanssa.
9. Laaditaan käyttäjäsuunnittelua koskeva aikataulu ja yhteensovitetaan se hankkeen muihin aikatauluihin.
10. Lukitaan tilaajilta ja käyttäjiltä vaadittavat sekä eri suunnittelualoilta edellytettävät lähtötiedot ja suunnitelmat tarpeeksi varhain. Muutokset käsitellään erillisen muutosprosessin avulla. Nopeita päätöksiä vaativille muutoksille ”ohituskaista / fast lane”.
11. Harkitaan Last Plannerin käyttöä suunnittelualojen aikatauluttamisessa ja aikataulujen yhteensovittamisessa.
12. Tehdään säännöllisiä suunnitelmakatselmuksia suunnitelmapaketeittain.

Urakointi- ja hankintakeskeiset

13. Hankitaan projektinjohtourakoitsija varhain suunnittelunohjauksen tehostamiseksi.
14. Harkitaan taloteknisten töiden hankkimista projektinjohtomuotoisena. Mahdollisesti helpottaisi ainakin varhaista hankintaa ja suunnittelua.
15. Hankintaan talotekniset urakoitsijat tavoite- ja kattohintaisena, jos päätoteuttaja on projektinjohtourakoitsija. Kiinteä hankinta vaatii valmiit suunnitelmat keinotekoisena varhain. Puhdas laskutyö taas haastaa budjetointia ja on huono kustannusohjaukseen.
16. Osallistetaan mahdollisuuksien mukaan talotekniikkaurakoitsijoita suunnittelunohjaukseen (mm. laitevalinnat) ja aikatauluttamiseen (mm. tate- ja tahtiaikataulut).
17. Selkeytetään PJ-mallin kehitysvaiheen prosessia ja pienten muutosten käsittelyä.
18. Harkitaan taloteknisten töiden irrottamista tahtituotannosta esim. sallimalla niille eri tahti tai esivalmisteiden avulla.
19. Hyödynnetään esivalmisteita taloteknisissä töissä. Esivalmisteet voivat selkeyttää myös tahtituotannon toteuttamista taloteknisten töiden osalta.
20. Kehitetään esivalmistamista, jotta niistä saadaan maksimaalinen hyöty irti. Tavoitellaan entistä vaivattomammin paikalla rakennettuun ympäristöön istuvia ratkaisuita.

Muut suositukset

21. Pyritään huomioimaan henkilöstön vaihtuvuus ja uusien tai vähän kokeneiden henkilöiden oppiminen. Osapuolten tahtotila tulisi välittyä selkeästi kirjallisista aineistoista.
22. Panostetaan rakennusalan työnjohtajien ja suunnittelijoiden monipuoliseen käytännön osaamiseen.

23. Tutkitaan keinoja hallita ja omaksua entistä tehokkaammin valtavia tietomääriä ja niihin liittyviä kytköksiä ja muutoksia, joita mm. isoissa sairaalahankkeissa esiintyy.
24. Jaetaan avoimesti hyviä ja huonoja kokemuksia.

Lähdeluettelo

- Hirsjärvi, S., Hurme, H. 1995. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.
- Honkaniemi, O. (2018). Diplomityö: Talotekniikkasuunnittelun aikataulutus projektinjohtourakoissa. Aalto Yliopisto.
- Junnonen, J.-M. (2010). Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- Keskiniva, K., Junnonen, J. M., & Saari, A. (2018). Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa: Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1.
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J. M. (2020). Takt planning in apartment building renovation projects. *Buildings*, 10(12), 226.
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J. M. (2021). Takt production monitoring and control in apartment renovation projects. *Buildings*, 11(3), 92.
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J. M. (2023). Suggestions for takt production subcontract clauses—a conceptual study. *Construction Innovation*, 23(2), 425-442.
- Kankainen, J., & Junnonen, J. M. (2013). Rakennuttaminen. 3. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kiiras, J., Kruus, M., Hämäläinen, A., Lindroos, H., Saari, A., & Salmikivi, T. (2007). SUKE: Malli talotekniikan suunnittelun ja hankintojen ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kiiras, J., Peltonen, T., Kruus, M., & Sivunen, M. (2019). Projektinjohtorakentaminen ja muita palvelumuotoja. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kolhonen, R., & Koskenvesa, A. (2004). Talotekniikan aikataulutus (Rakennustiedon RK040504.).
- Kolhonen, R., Kankainen, J., & Junnonen, J. M. (2003). Rakennushankkeen ajallinen hallinta. Espoo: Otavamedia Oy.
- Koskenvesa, A., & Sahlstedt, S. (2011). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kruus, M., Kiiras, J., Raveala, J., Saari, A., & Salmikivi, T. (2006). SUKE-Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa.
- Lehtovaara, J., Mustonen, I., Peuronen, P., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2019). Implementing takt planning and takt control into residential construction. In *Proceedings of the Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Dublin, Ireland (pp. 3-5).
- Mäkinen, J. (2020). AMK-opinnäyte: Sähkösuunnittelun haasteet projektinjohtourakoinnissa. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
- Peltokorpi, A., Varteva, K., & Seppänen, O. (2021). Taloteknisten järjestelmien rooli rakennushankkeen prosessissa. Rakennustekniikan laitos.
- RT 103017 (2018). Projektinjohtourakkasopimuksen laatiminen tavoite- ja kattohinnalla. Talonrakennustyö. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RT 13-11143. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013
- RT 16-10660. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998
- Salminen, J., & Talaskivi, P. (2021). Lean rakentamisessa: Arvoa luovan rakentamisen periaatteet, menetelmät ja työkalut. Helsinki: RIL ry.

Skanska, lehdistötiedote (2021). Skanska toteuttaa Suomen suurimman hotellihankkeen Helsinki-Vantaan lentoasemalle. Lehdistötiedote, Skanskan verkkosivut. Luettavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2022/07/husn-siltasairaala- valmistui-helsingin-meilahdessa-srvn-urakan-kayttoonotto-ensi-vuoden-alussa/>

Sormunen, T. (2022). HUS:n Siltasairaala valmistui Helsingin Meilahdessa – SRV:n urakan käyttöönotto ensi vuoden alussa. Rakennuslehti (1.7.2022). Luettavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2022/07/husn-siltasairaala- valmistui-helsingin-meilahdessa-srvn-urakan-kayttoonotto-ensi-vuoden-alussa/>