

# Taloteknisten järjestelmien rooli rakennushankkeen prosessissa

## Tutkimushankkeen loppuraportti

Kirjoittajat:

Antti Peltokorpi, Katarina Varteva, Olli Seppänen, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos



2.12.2021

<sup>1</sup> Tutkimuksen toteutukseen ovat osallistuneet seuraavien rahoittajien edustajat: STUL ry, LVI-TU ry ja STEK ry.

Lisätiedot: Antti Peltokorpi, [antti.peltokorpi@aalto.fi](mailto:antti.peltokorpi@aalto.fi)

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
1 Johdanto.....	4
1.1 Tutkimuksen tausta.....	4
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät .....	5
2 Tulokset .....	9
2.1 Kirjallisuuskatsaus talotekniikan nykytilaan .....	9
2.2 Haastattelututkimus talotekniikan nykytilasta .....	16
2.2.1 Hankemuodot, hankinnat ja riskien hallinta .....	16
2.2.2 Talotekninen suunnittelu .....	18
2.2.3 Esivalmistus ja talotekniikan tuotekehitys.....	20
2.2.4 Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus .....	21
2.2.5 Luovutus, käyttöönotto ja takuu-aika .....	23
2.2.6 Hankkeen kommunikointi ja viestintä .....	24
2.2.7 Ympäristövaikutusten hallinta.....	25
2.2.8 Teknologian hyödyntäminen .....	25
2.3 Kyselytutkimuksen tulokset.....	26
2.3.1 Talotekniikka sopimukset, hankemuodot ja hankinnat .....	27
2.3.2 Talotekniikkasuunnittelu .....	29
2.3.3 Talotekniikan tuotekehitys, esivalmistus ja logistiikka .....	32
2.3.4 Talotekniikan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus .....	34
2.3.5 Hankkeen kommunikointi ja yhteistyö .....	35
2.4 Asiantuntijatyöpajan kehitysehdotukset.....	37
2.4.1 Talotekniikkaurakoinnin hankemuodot ja sopimukset.....	37
2.4.2 Talotekniikkasuunnittelun prosessit ja käytännöt.....	38
2.4.3 Talotekniikan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus osana koko työmaata .....	39
3 Yhteenveto ja johtopäätökset .....	41
3.1 Yhteistoiminnan lisääminen .....	41
3.2 Prosessien ja käytäntöjen muuttaminen .....	43
3.3 Teknologioiden ja tuotekehityksen hyödyntäminen .....	44
3.4 Tiekartta kehittämistoimille .....	45
3.5 Yhteenveto .....	46
4 Keskeiset lähteet .....	48
5 Liitteet.....	49

# Tiivistelmä

Talotekniset järjestelmät ovat yhä keskeisempi osa nykyaikaisia rakennuksia. LVISA-järjestelmien laadukas ja tehokas suunnittelu sekä toteutus ovat olennainen edellytys onnistuneelle projektille. Aikaisempi tutkimus on osoittanut, että talotekniikan prosessin yhteensovittaminen rakennushankkeen kokonaisuuteen on haastavaa. Taloteknisten järjestelmien roolin kasvassa tarvitaan tietoa siitä, miten niiden suunnittelua sekä toteutusta johdetaan onnistuneesti osana koko rakennushanketta.

Tutkimuksen päätavoite oli tunnistaa menetelmiä, joilla voidaan parantaa taloteknisten järjestelmien suunnittelua ja toteutusta osana rakennusinvestointia. Ensiksi selvitettiin, mitkä ovat keskeiset haasteet ja ristiriidat taloteknisten järjestelmien yhteensovittamisessa rakennushankkeen prosesseihin. Tämän jälkeen tarkasteltiin, miten hyvin nykyiset johtamiskäytännöt tukevat järjestelmien yhteensovittamista. Lopuksi tuotettiin kehitysehdotuksia siitä, miten johtamiskäytäntöjä tulisi kehittää ja muuttaa. Tutkimus aloitettiin kirjallisuustutkimuksella. Haastattelu- ja kyselytutkimuksen pohjalta tunnistettiin kolme kehittämistä erityisesti vaativaa teemaa, joita työstettiin asiantuntijatyöpajassa: 1) talotekniikkaurakoinnin hankemuodot ja sopimukset, 2) talotekniikkasuunnittelun prosessit ja käytännöt sekä 3) talotekniikan tuotannon suunnittelu ja -ohjaus osana koko työmaata.

Tulokset osoittivat, että etenkin isojen ja monimutkaisten rakennushankkeiden prosesseissa on merkittäviä puutteita siinä, miten taloteknisten järjestelmien suunnittelua, hankintaa ja toteutusta johdetaan osana koko rakennushanketta ja miten nämä eri projektin vaiheet integroituvat talotekniikan osalta saumattomasti toisiinsa. Työssä tuotettiin yhdeksän suositusta siitä, miten talotekniikan prosessin johtamiskäytäntöjä tulisi kehittää. Näistä merkittävimmät koskivat:

- 1) Tate-asennuksen osaamisen ja roolin vahvistamista kehitys- ja suunnitteluvaiheessa,
- 2) Laadun, osaamisen ja projektin tavoitteiden painottamista urakoinnin hankinnassa,
- 3) Hankintaa ja toteutusta palvelevan tate-suunnittelun eriyttämistä,
- 4) Tuotteistettujen esivalmisteiden systemaattisempaa hyödyntämistä, ja
- 5) Tate-urakoitsijan osallistamista työmaan aikataulusuunnitteluun

Yhteistoimintaa tate-osapuolten kesken ja tate-osapuolten ja muiden hankkeen toimijoiden välillä tarvitaan nykyistä enemmän, jotta talotekniset järjestelmät ja niiden toteutus mahdollistavat paremmin koko rakennushankkeen onnistumisen. Kehittämistarve ei koske pelkästään projekteja ja niiden organisaatioita, vaan yhteistoimintaa ja osaamista tulee edistää myös rakennusalan tutkinto- ja jatkokoulutuksessa sekä koko KIRA-alan tutkimus- ja kehitystoimissa. Vähentämällä siiloutumista toisaalta tate-suunnittelun, -urakoinnin, ja -asennuksen välillä ja toisaalta tate-alan ja muun rakennusalan välillä mahdollistetaan jatkuva vuoropuhelu ja yhteisen kulttuurin kehittyminen. Rakennusalan keskeiset haasteet ovat teknisten järjestelmien, tehtävien, asiantuntijaroolien ja niitä edustavien organisaatioiden rajapinnoissa. Siksi haasteiden ratkomiseen ja koko rakentamisen systeemiseen muutokseen tarvitaan mukaan kaikkia alan keskeisiä toimijoita.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tässä tutkimuksessa perehdytään talotekniikan prosessiin rakennushankkeen johtamisessa. Rakennuksen talotekniikka muodostuu LVISA-järjestelmistä eli lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihto-, sähkö- ja sähköteknisistä tietojärjestelmistä. Nykyaikaiset rakennukset saattavat sisältää kymmeniä järjestelmiä, jotka ohjaavat ja valvovat rakennuksen sisäisiä olosuhteita sekä toimintaa käyttäjiltään piilossa.

Tilajaat asettavat rakennettavien tilojen ja järjestelmien toimivuudelle ja laadulle monenlaisia tavoitteita. Tämän takia talotekniset järjestelmät ovat yhä keskeisempi osa nykyaikaisia rakennuksia. Myös taloteknisten järjestelmien laadukas ja tehokas suunnittelu sekä toteutus ovat olennainen edellytys onnistuneelle projektille.

Tutkimuksella pyritään edesauttamaan merkittävää systeemistä muutosta rakennusallalla, erityisesti tavoissa organisoida ja johtaa taloteknisten järjestelmien suunnittelua ja rakentamista osana koko rakennushanketta. Systeemisellä muutoksella tarkoitetaan tässä tapauksessa usean rakennusalan ekosysteemin toimijan samansuuntaista muutosta ja kehitystyötä paremman ja paremmin johdetun talotekniikan suunnittelun ja toteutuksen eteen (Sitra, 2021).

Aikaisemmat tutkimukset (mm. Monsberger & Fruhwirth, 2018) ovat osoittaneet, että talotekniikan prosessin yhteensovittaminen rakennushankkeen kokonaisuuteen on usein haaste hankkeen osapuolille. Tähän vaikuttaa mm. järjestelmien kasvava monimutkaisuus. Aikaisempien tutkimusten pohjalta luotiin kaksi lähtöolettamaa tutkimukselle. Ensimmäinen lähtöolettama on muotoiltu seuraavasti:

*Taloteknisten järjestelmien suunnittelu- ja toteutusprosessit ovat erityisen herkkiä projektin häiriöille ja toisaalta kriittisiä koko projektin onnistumiselle.*

Monsbergerin ja Fruhwirthin (2018) tutkimuksessa havaittiin talotekniikan prosessin aiheuttavan usein haasteita hankkeen osapuolille, etenkin monimutkaisissa hankkeissa. Lisäksi talotekniikan prosessin koettiin olevan erityisen herkkä projektin häiriöille. Talotekniikkasuunnittelun ratkaisujen huomattiin aiheuttavan hankkeessa lisäkustannuksia. Tämä oli nähtävissä varsinkin silloin, kun talotekniikka-suunnittelua ei ollut koordinoitu yhdessä muiden suunnittelualojen kanssa. (Monsberger & Fruhwirth, 2018)

Ensimmäisen lähtöolettaman ollessa totta, nousee esiin kysymys siitä, minkälainen ymmärrys keskeisillä päätöksentekijöillä on taloteknisistä järjestelmistä ja niiden vaatimista prosesseista. Toinen lähtöolettama muotoiltiin seuraavasti:

*Rakennushankkeen keskeisten päätöstentekijöiden ymmärrys taloteknisten järjestelmien ja niiden vaatimista prosesseista on usein puutteellista ja myös prosessien ohjauksen ja koordinoinnin menetelmät ovat vaillinaisia.*

Monsbergerin ja Fruhwirthin (2018) tutkimuksen mukaan rakennushankkeissa ilmenevät haasteet johtuivat pääosin hankkeen suunnittelusta, koordinoinnista, päätöksenteosta ja yritysten puutteellisesta kokemuksesta. Tutkimus osoitti esimerkiksi, että taloteknisiä järjestelmiä tai niiden vaatimia prosesseja ei otettu riittävästi huomioon suunnittelussa.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Tutkimuksen päätavoite on kehittää talotekniikan prosessia osana rakennushankkeen johtamista. Taloteknisten järjestelmien roolin kasvaessa tarvitaan uutta ja käytäntöön sovellettavaa tietoa siitä, miten niiden suunnittelua sekä toteuttamista johdetaan onnistuneesti osana koko rakennushanketta. Tutkimuksen tavoitteeseen pyritään vastaamalla kolmeen tutkimuskysymykseen:

### 1. Mitkä ovat keskeiset haasteet ja ristiriidat taloteknisten järjestelmien yhteensovittamisessa rakennushankkeen prosesseihin?

Ensimmäinen tutkimuskysymys tähtää lähtötilanteen selvittämiseen. Lähtöolettamuksien pohjalta selvitetään taloteknisten järjestelmien nykyinen rooli ja haasteet suomalaisessa rakentamisen sekä kiinteistöpidon prosessissa. Tarkastelujakso on määritetty ulottuvan hankesuunnittelusta luovutukseen ja ylläpidon alkuun asti.

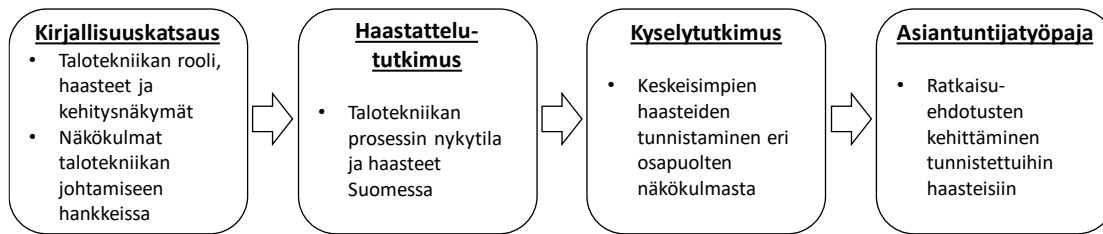
### 2. Miten hyvin nykyiset hankkeiden johtamiskäytännöt tukevat järjestelmien yhteensovittamista?

Toinen tutkimuskysymys tarkastelee, miten sopivia nykyiset hankkeiden johtamiskäytännöt ovat taloteknisten järjestelmien yhteensovittamisen kannalta.

### 3. Miltä osin ja miten johtamiskäytäntöjä tulisi kehittää ja muuttaa?

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä painopiste on enemmän kehittämisessä. Tutkimuskysymys tarkastelee, mitä muutoksia johtamiskäytäntöihin tulisi tehdä, jotta rakennushankkeen prosessit olisivat kokonaisuutena tehokkaampia ja laadukkaampia.

Tutkimuksessa sovellettiin useaa tutkimusmenetelmää, joista osa tähtäsi aihepiirin syvälliseen ymmärtämiseen ja osa puolestaan yleistettävien tulosten aikaansaamiseksi. Työssä hyödynnettiin aiempaa kirjallisuutta ja empiiristä tutkimusta. Empiirisen tutkimuksen tarkoituksena oli etsiä ratkaisuja ongelmiin siten, että aiheen parissa toimivat osapuolet ja ammattilaiset otettiin aktiivisesti osaksi tutkimusta. Tutkimusprosessi on esitetty Kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimusprosessi

## Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli luoda kokonaiskuva aihepiiristä. Kirjallisuudesta seuloitiin esille ja vertailtiin ajankohtaisia tutkimuksia, jotka käsittelivät talotekniikan prosessin roolia ja vaikutusta rakennushankkeen johtamiskäytäntöihin. Kirjallisuuskatsauksen avulla pyrittiin selvittämään, mitkä teemat ovat keskeisiä rakennushankkeen taloteknisten järjestelmien suunnittelun ja toteutuksen kannalta. Huomiota kiinnitettiin erityisesti käytettyjen lähteiden keskinäiseen yhteyteen ja esille tulleiden näkökulmien yleistettävyyteen. Yleistettävät tekijät toimivat avainaiheina ja niiden pohjalta muodostui kokonaiskuva, jonka avulla luotiin teoreettinen viitekehys pohjaksi empiiriselle tutkimukselle.

## Empiirinen tutkimus

Empiirisen tutkimuksen menetelmiksi valittiin haastattelu- ja kyselytutkimus sekä asiantuntijatyöpaja.

### Haastattelututkimus

Haastattelututkimuksen tavoitteena oli selvittää talotekniikan asiantuntijoiden näkemyksiä taloteknisten järjestelmien nykyproesseista ja haasteita Suomessa. Tavoitteeseen päästiin selvittämällä ja keräämällä talotekniikan prosessin parissa työskentelevien asiantuntijoiden mielipiteitä sekä kokemuksia.

Haastattelututkimus toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina. Puolistrukturoidut haastattelut ovat yleisin käytetty haastattelutyyppe, jossa haastateltaville esitetään ennalta määriteltyjä teemoja. Haastattelun aiheet perustuivat kirjallisuuskatsauksessa tunnistettuun kahdeksaan talotekniikan ja rakennushankkeen prosessien kannalta keskeiseen teemaan.

Haastattelututkimuksen haastattelut toteutettiin marras-helmikuun 2020–2021. Haastateltaviksi valikoitui STUL ry:n, LVI-TU ry:n ja Aalto-yliopiston kumppaniverkoston jäseniä. Haastatteluita pidettiin yhteensä 17. Haastatteluun osallistuvat jakautuivat karkeasti työtehtävänsä mukaan seuraavasti:

1. LVI-suunnittelu, 3 henkilöä

2. Rakennesuunnittelu, 2 henkilöä
3. Sähkösuunnittelu, 1 henkilö
4. Talotekniikka-asiantuntija pääurakoitsijalla, 3 henkilöä
5. Talotekniikka-asiantuntija rakennuttajalla, 1 henkilö
6. LVI-urakointi, 1 henkilö
7. Talotekniikka-urakointi, 1 henkilö
8. Sähköurakointi, 2 henkilöä
9. LVI-asennus, edunvalvonta, 1 henkilö
10. Sähköasennus, edunvalvonta, 2 henkilöä

### Kyselytutkimus

Kyselytutkimus pohjautui haastattelututkimuksessa esille tulleisiin aiheisiin. Kyselytutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten merkittäviä haastatteluiden pohjalta nousseet havainnot talotekniikan prosessin haasteista ovat ja mitkä ovat toimivia ratkaisuja niiden parantamiseksi. Kyselytutkimus päätettiin toteuttaa nettipohjaisen kyselylomakkeen avulla, sillä se tarjoaa suhteellisen edullisen, nopean ja tehokkaan tavan saada suuria määriä tietoa laajalta otokselta ihmisistä.

Kyselytutkimuksessa kerättiin vastaajilta näkemyksiä monivalintakysymyksillä ja lisäksi jokainen osio sisälsi avoimen kysymyksen kommentteja ja täsmennyksiä varten. Kyselyyn valittiin pääosin monivalintakysymyksiä, sillä ne tuottavat helposti analysoitavaa määrällistä dataa. Niistä saatu tieto on kuitenkin rajoitettu annettuihin vastausvaihtoehtoihin, joten sen takia monivalintakysymysten rinnalla hyödynnettiin avoimia vastauskenttiä. Avoimet kysymykset ovat luonteeltaan tutkivia ja tarjosivat rikasta laadullista tietoa aiheesta.

Nettipohjainen kyselylomake luotiin helmikuussa 2021. Kyselyn markkinoinnissa hyödynnettiin samoja tutkimushankkeen osapuolten verkostoja kuin haastattelututkimuksessa. Tämän lisäksi vastaajia haettiin myös monipuolisesti suunnittelija-, urakoitsija-, työntekijäliittojen jäsenyrityksistä sekä Aalto-yliopiston tutkimusverkostojen yrityksistä. Tavoitteena oli tavoittaa henkilöitä, jotka työskentelevät mm. rakennuttamisen, suunnittelun, urakoinnin ja kiinteistön ylläpidon parissa.

Kysely muodostui kuudesta osiosta:

1. Yleisiä kysymyksiä haastateltavan taustasta
2. Talotekniikan sopimukset, hankemuodot ja hankinnat
3. Talotekniikkasuunnittelu
4. Talotekniikan tuotekehitys, esivalmistus ja logistiikka
5. Talotekniikan tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus
6. Hankkeen kommunikointi ja yhteistyö

Kyselypohja ilman vastausvaihtoehtoja on esitetty Liitteessä 2. Kyselyn osiot 2–5 sisälsivät monivalintakysymysten lisäksi avoimen kommenttikentän. Tähän vastaajat pystyivät halutessaan jättämään kommentteja ja tarkennuksia osioon liittyen. Kyselyn lopussa vastaajille annettiin mahdollisuus osallistua tutkimuksen jatkokehitykseen.

### Asiantuntijatyöpaja

Asiantuntijatyöpajan tavoitteena on tuottaa konkreettisia kehitysehdotuksia haastattelu- ja kyselytutkimuksessa pohjalta tunnistettuihin teemoihin. Näiden teemojen käsitteleminen koettiin tarpeenmukaisena talotekniikan prosessin kehittämisen kannalta. Työpajaan kutsuttiin laajasti mm. suunnittelun, urakoinnin ja suunnitteluohjauksen asiantuntijoita, joilla oli kokemusta erilaisista rakennushanketyypeistä, urakkamalleista ja työtehtävistä.

Asiantuntijatyöpaja järjestettiin 24. toukokuuta 2021. Työpajaan kutsuttiin asiantuntijoita, jotka olivat osallistuneet haastatteluihin tai ilmaisseet mielenkiintonsa osallistua jatkokehitykseen kyselyn yhteydessä. Lisäksi Aalto-yliopiston tutkimusverkoston yritysten edustajia kysyttiin mukaan työpajaan. Työpajaan osallistui yhteensä 41 asiantuntijaa.

Työpajan alussa osallistujille esiteltiin poimintoja haastattelu- ja kyselytutkimuksen tuloksista liittyen kolmeen teemaan:

1. Talotekniikkaurakoinnin hankemuodot ja sopimukset
2. Talotekniikkasuunnittelun prosessit ja käytännöt
3. Talotekniikan tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus osana koko työmaata

Tulosten läpikäynnin jälkeen osallistujat jaettiin pienryhmiin. Pienryhmissä osallistujat käsitelivät vuorollaan tutkimuksen teemoja. Työpajan lopussa kaikki osallistujat kokoontuivat samaan tilaan ja heillä oli mahdollista kommentoida pienryhmistä koottuja tuloksia. Hankkeen lopulliset johtopäätökset ja suositukset koostettiin kirjallisuuden, haastatteluiden, kyselytutkimukset ja työpajan synteeseinä.



## 2 Tulokset

### 2.1 Kirjallisuuskatsaus talotekniikan nykytilaan

#### Talotekniikan rooli ja prosessi

Rakennusten sisältämä talotekniikka vaikuttaa tänä päivänä tilojen toimintaan ja ihmisten viihtyvyyteen vähintäänkin yhtä paljon kuin rakenteelliset ratkaisut. Talotekniikka rakentuu kiinteistöjen ja tilojen palveluista, teknisistä ratkaisuista ja laitteista. Niiden avulla vaikutetaan hallitusti rakennuksen sisäisiin olosuhteisiin sekä toimintoihin, perustuen käyttäjien tarpeisiin. Näitä tarpeita ovat esimerkiksi ilman, veden, lämmön, energian ja tiedon välitys. Lisäksi nämä tarpeet saattavat olla hyvinkin yksilöllisiä. (Rakennusvirasto, 2010)

Talotekniset järjestelmät voidaan jakaa kolmeen pääosaan: LVI-, sähkö- ja sähkötekniset tietojärjestelmät (Rakennustietosäätiö ym., 2002). Taulukossa 1 on esitetty yksityiskohtaisemmin, mitkä järjestelmät kuuluvat mihinkin pääosaan. Talo 2000 Hankenimikkeistö (2009) jakaa tekniikkaosat putki-, ilmanvaihto-, sähkö-, tiedonsiirto- ja laiteosiin (Rakennustieto, 2009).

*Taulukko 1. Talotekniset järjestelmät osa-alueittain (Rakennustietosäätiö ym., 2002; Rakennustietosäätiö, 2011)*

LVI-perusjärjestelmät	Sähköjärjestelmät	Sähkötekniset tietojärjestelmät
Lämmitysjärjestelmät	Sähkön pääjakelujärjestelmät	Automaatiojärjestelmät
Vesi- ja viemärijärjestelmät	Sähkönliitäntäjärjestelmät	Puhelinjärjestelmät
Ilmastointijärjestelmät	Valaistusjärjestelmät	Viestintäjärjestelmät
Jäähdytysjärjestelmät	Sähkölämmitysjärjestelmät ja -laitteet	Merkinantojärjestelmät
Palontorjuntajärjestelmät		Sähköiset turvallisuusjärjestelmät
Väestösuojien LVI-järjestelmät		Tietoverkkojärjestelmät
		Integroidut järjestelmät

Taloteknisillä järjestelmillä on merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen ja rakentamisen ja kiinteistöjen ympäristövaikutuksiin laajemminkin. LVI- ja sähköjärjestelmien suunnittelulla voidaan saavuttaa useiden kymmenien prosenttien säästöjä energiakulutuksessa ja hiilidioksidipäästöissä jo verrattain pienillä toimenpiteillä (Rakennusvirasto, 2010). Energiatehokkaiden järjestelmäkokonaisuuksien ja tehokkaampien rakennusmateriaalien ansiosta rakentamisen aikaisten hiilidioksidipäästöjen odotetaan laskevan. Viime vuosikymmenellä pääpaino on

siirtynyt yhä enemmän käytönaikaisten hiilidioksidipäästöjen pienentämiseen. (Rodriguez ym., 2020).

Taloteknisillä järjestelmillä on merkittävä vaikutus ilmastoon, kun huomioidaan rakennuksen ja taloteknisten järjestelmien tekninen käyttöikä (Rodriguez ym., 2020). Suurin osa taloteknisistä järjestelmistä ja laitteista kestää enintään 15 vuotta ja vain joidenkin putkimateriaalien enimmäiskäyttöikä voi olla 40 vuotta (Schoen, 2010). Keskimäärin rakennuksen talotekniikka vaihdetaan 10–20 vuoden välein (Rodriguez ym., 2020). Taloteknisten järjestelmien käyttöiän ollessa huomattavasti lyhyempi kuin itse rakennuksen, keskittyy korjausrakentaminen usein taloteknisiin korjauksiin ja muutoksiin (Rodriguez ym., 2020). Peruskorjauksen yhteydessä voidaan parantaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuutta ja sisäilman laatua (Schoen, 2010). Lyhyen käyttöiän lisäksi talotekniikkatuotteet, jotka kokevat nopeaa teknologiakehitystä, kuten valaisimet, saatetaan korvata uusilla tuotteilla asiakaskokemuksen parantamiseksi jo ennen niiden teknisen käyttöiän päättymistä. Tällöin tuotteen todellinen elinkaari on paljon lyhyempi ja myös kalliimpi kuin suunniteltu (Gayral, 2017).

Taloteknisten järjestelmien laadukas ja tehokas suunnittelu ja asennus ovat olennainen edellytys onnistuneelle hankkeelle, kun tavoitellaan kustannustehokkaita sekä toiminnallisia ratkaisuja (Samarasignhe ym., 2019). Talotekniikan osuus rakennushankkeesta on jatkuvassa nousussa. Tällä hetkellä sen osuus voi olla jopa 40 % koko hankkeen kustannuksista (Granlund, 2020) riippuen hankkeen koosta ja vaatimustasosta. Lisäksi hankkeen alkuvaiheen päätöksillä on merkittävä vaikutus rakennuksen elinkaarikustannusten muodostumiselle (Pulakka ym., 2007).

Hankkeita johdetaan yleensä joko tilaajan omin resurssein tai ulkopuolisia palveluita käyttäen (RTS, 2013). Tyypillisesti tilaaja hankkii talotekniikkapalvelut ja -järjestelmät kiinteistön elinkaarelle monilla erillisillä sopimuksilla. Tämä vaikeuttaa eri osapuolten tavoitteiden yhteensovittamista. Usein yksittäisen osapuolen tavoitteet ajavat hankkeen sekä tilaajan kokonaisedun edelle (Vuolle & Junnonen, 2021).

Suunnittelun valmistelussa valitaan talotekniikkasuunnittelijat ja tehdään suunnittelusopimukset hankesuunnitelman pohjalta. Hankkeen talotekniikkasuunnittelijoiden valinta tapahtuu yleensä tarjouskilpailulla (Koppinen & Lahdenperä, 2003). Talotekniikkasuunnittelijoihin sisältyy pääsääntöisesti LVI-, sähkö- ja automaatio-suunnittelija. Tyypillisesti sähkö- ja automaatio-suunnittelijoita tarjotaan yhdessä. Lisäksi isommat suunnittelutoimistot saattavat tarjota kaikkia kolmea talotekniikkasuunnittelun alaa (Taloteknisten suunnittelun tehtäväluettelo, 2017). Tarjouskilpailussa huomioidaan hankkeen erityispiirteet ja suunnittelijoiden erityisosaamiseen. Kilpailumenettelyllä tilaaja pyrkii varmistamaan hankittavalle talotekniikkapalvelulle laadullisesti parhaimman ja elinkaarietuisimmän vaihtoehdon (Vuolle & Junnonen, 2021).

## **Talotekniikan prosessin kehittäminen**

Nykyään tilaajat vaativat samanaikaisesti yhä nopeampia ja halvempia tapoja hankkeen toteuttamiseen. Talotekniikan prosessin hallinnalla on merkittävä vaikutus hankkeen toteuttamisen sujuvuuteen ja taloudelliseen kannattavuuteen. (Khanzode, 2010)

Talotekniikan prosessin on koettu aiheuttavan enemmän haasteita kuin muut rakennusprojektin osa-alueet. Haasteita on havaittu hankkeen päätöksenteossa, suunnittelun ohjauksessa sekä tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa. Monsbergerin ja Fruhwirthin (2018) Itävallassa tehdystä tutkimuksesta ilmenee, ettei hankkeen osapuolien talotekniikkaosaaminen ole riittävällä tasolla ja talotekniikan suunnitteluvaiheeseen ei paneuduta tarpeeksi hyvin.

Yhteistyön ja hyvän suunnittelun ohjauksen avulla voidaan varmistua, että tilat suunnitellaan käyttäjien todellisiin tarpeisiin (Monsberger & Fruhwirth, 2018). Lahdenperän ja Koppisen (2003) tutkimuksen mukaan riskien jakaminen tasavertaisesti hankkeissa kannustaa hankkeen eri osapuolia parempaan yhteistyöhön ja innovatiivisuuteen. Lisäksi palkkion on nähty innostavan osapuolia enemmän kuin sanktio.

Rakennusalan yleiset sopimusehdot toimivat pohjana sopimuksia tehdessä. Sopimusehtojen haasteena on ennalta määrittelemättömät tilanteet (Rakennustieto, 1999). Näin ollen tarjouspyyntöihin ja urakkaneuvotteluihin on tuotu selvästi sopimusehdoista poikkeavia määräyksiä (Kivioja, 2014). Urakkasopimukseen otettuina poikkeavat määräykset saattavat horjuttaa sopimuksia ja olla urakoitsijan näkökulmasta kohtuuttomia. Tilaajat saattavat lisätä urakkaohjelmaan esimerkiksi ylimääräisiä sanktioita, joista ei ole erikseen mainintaa sopimusehdoissa. Lisäksi maksuaikoja on saatettu pidentää tulkinnanvaraisen virheen tai puutteen vuoksi. Tämä aiheuttaa sopimusketjussa urakoitsijalle usein liiallisia vaatimuksia. (Kivioja, 2014)

Monsbergerin ja Fruhwirthin (2018) tutkimuksen tulosten perusteella talotekniikkaa koskevat päätökset tehdään liian myöhään tai niitä ei tehdä lainkaan. Haasteena päätöksenteossa on havaittu hankkeen osapuolten kokemattomuus taloteknisten järjestelmien suunnittelusta ja ohjauksesta. Talotekniikkaurakoitsijoiden varhainen osallistuminen on todettu taas olevan avainasemassa prosessin ohjauksessa ja sen varmistamisessa, että päätöksenteossa huomioidaan myös rakennuksen talotekniikka (Khanzode, 2010).

Talotekniikkaurakoitsijoiden osallistuminen suunnitteluvaiheeseen tapahtuu kuitenkin liian myöhäisessä vaiheessa. He saattavat osallistua vasta siinä vaiheessa, kun rakennuksen runko on jo valmis tai melkein valmis (Samarasinghea ym. 2019). Talotekniikkaurakoitsijoiden aikaisemmalla osallistumisella voidaan mahdollistaa myös tarkemman talotekniikkaurakan aika-aulun laadinta (Monsberger & Fruhwirth, 2018). Tämän lisäksi voidaan varmistaa, ettei aukkoja tai läpivientejä suljeta ennen kuin talotekniikka-asennukset on saatu tehtyä (Samarasinghea ym., 2019).

Monsbergerin ja Fruhwirthin (2018) tutkimuksen mukaan taloteknisessä suunnittelussa ei ole tarpeeksi toteutuksen osaamista. Tämä saattaa aiheuttaa suunnitelmavirheitä, jotka vaikuttavat toteutukseen. Suunnitelmavirheet voivat johtaa komponenttien purkamiseen,

vaihtamiseen tai korjaamiseen. Tämä taas vaikuttaa rakennuksen toimintaan ja kunnossapitoon (Monsberger & Fruhwirth, 2018). Tämän takia suunnittelijoita tulisi ennemmin palkita rakennettavuudeltaan toimivista ratkaisuista eikä suunnittelutuntien minimoimisesta (Building 2030, 2019).

Yhteistyön merkitys on havaittu korostuvan suunnittelun aikana. Etenkin suunnittelun alkuvaiheessa yhteistyö korostuu, kun on tarve kerätä käyttäjiltä lähtötietoja suunnittelua varten (Monsberger & Fruhwirth, 2018). Tyypillisesti haasteena on saada kerättyä riittävästi tietoa tilojen tulevista käyttäjistä ja heidän todellisista tarpeistaan. Tilanteissa, joissa lähtötietoja ei saada tarpeeksi, pohjautuvat päätökset usein oletuksiin (Sanni-Anbire ym. 2019).

Suunnittelutiimien välinen yhteistyö ja kommunikointi ovat ensiarvoisen tärkeitä suunnitteluristiriitujen välttämiseksi (Monsberger & Fruhwirth, 2018). Talotekniikka sijoittuu rakennushankkeissa suunnittelun osalta usein viimeisimpien joukkoon. Tämän takia tilaajien ja muiden suunnitteluryhmien tekemät muutokset vaikuttavat myös talotekniikkaan. Esimerkiksi, kun tilan käyttötarkoitusta muutetaan, vaatii se mm. ilmanvaihtojärjestelmän vaihtamista ja ilma- vaihtokanaviston runkokoon muuttamista. Tämä johtaa merkittävään määrään lisä- ja muutostöitä, jotka taas aiheuttavat viivästyksiä ja lisäkustannuksia hankkeelle (Samarasinghe ym. 2017).

Lisä- ja muutostyöt kasvattavat merkittävästi suunnittelun määrää. Jotta suurimmilta lisä- ja muutostöiltä vältyttäisiin, talotekniikkasuunnittelijat saattavat huomioida suunnitelmissaan 20–25 % riskivaroja järjestelmien osalta (Samarasinghe ym. 2017). Tämä saattaa kuitenkin koitua ongelmalliseksi, jos suunnitelmissa ei tehdäkään muutoksia. Ylimitoitettuna talotekniset järjestelmät ohjaavat hanketta huonompaan energia- ja tilatehokkuuteen (Samarasinghe ym., 2017). Sujuvalla yhteistyöllä voidaan kuitenkin ehkäistä tarpeettomia lisä- ja muutostyösyklejä.

Rakentamisen suunnittelun ja ohjauksen haasteet liittyvät pääosin hankkeiden ainutlaatuisuuteen. Tyypillisesti tavoiteltu lopputulos on toiminnallisilta ja teknisiltä ominaisuuksiltaan ainutlaatuinen, sillä jokainen rakennuspaikka ja sen olosuhteet ovat erilaisia. Haasteita aiheuttaa rakentamisen osapuolten vaihtuva kokoonpano sekä hankkeiden tyypillisesti suuri koko. Rakenteiden kokoonpano tapahtuu suurelta osin ulkona ja vaihtelevissa olosuhteissa tehdasolosuhteiden sijaan (Pelin, 2019; SFS ISO 21500, 2012).

Tyypilliset ristiriidat, joita projektiryhmät kokevat hankkeen aikana liittyvät samassa tilassa tehtäviin eri järjestelmien samanaikaiseen asennukseen. Tämä on suoraan yhteydessä järjestelmien asennuksen koordinointiin (Korman & Tatum, 2006). Päällekkäiset työvaiheet aiheuttavat työntekijöiden välillä konflikteja, viivästyksiä ja heikentävät tuottavuutta. Tähän lisättyinä heikko kommunikointi vaikeuttaa myöhemmin taloteknisten järjestelmien käyttöönottoa ja huollon opastusta (Samarasinghe ym., 2017).

Ilman rakennushankkeen jatkuvaa ohjausta voi osapuolten välille helposti syntyä konflikteja ja nopeasti laajeneva epäjärjestys voi kasvattaa kustannuksia, venyttää aikataulua ja heikentää laatua (RTS, 2013). Konfliktit ja epäjärjestys synnyttävät turhia viiveitä toiminnalle. Viiveiden luoma kiire taas voi aiheuttaa laadullisia virheitä ja sitä kautta lisätä kustannuksia (Iskala, 2019).

## **Teknologian hyödyntäminen**

Suuri osa taloteknisestä suunnittelusta toteutetaan nykyään tietomallintamisena. Rakennuksen tietomallin (Building Information Modeling, BIM) tarkoituksena on parhaimmillaan toimia yhteistyöalustana hankkeessa ja koko rakennuksen elinkaarella. Sen tavoitteena on ratkoa ongelmia kokoamalla kaikki suunnittelu- ja toteutustieto samaan paikkaan. Tällöin myös toiminnan läpinäkyvyys paranee ja johtaminen helpottuu (Wang ym., 2016).

Tietomallisuunnittelu muodostuu tyypillisesti kahdesta vaiheesta: 1) ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheesta sekä 2) toteutussuunnitteluvaiheesta. Ensimmäisen vaiheen tavoitteena on saada riittävät lähtötiedot järjestelmä- ja laitevalintojen sekä tilavarausten suunnitteluun. Lähtötietoja on tarkoitus hyödyntää myös muiden suunnittelualojen mallin luomisessa. Toteutussuunnitteluvaiheessa luodaan ohjeistus taloteknisen tietomallin suunnittelulle. Tämän pohjalta tuotetaan malli rakennuksen taloteknisistä järjestelmistä (Wang ym., 2016).

Tietomalli mahdollistaa suunnitteluvaiheessa useamman vaihtoehdon tarjoamisen. Sen avulla voidaan suorittaa vaihtoehtotarkasteluja ja analysoida suunnitelmista. Suunnittelijat voivat optimoida esimerkiksi auringonvaloa, sisäilmanlaatua, energiankulutusta ja ilmanvaihtoa sekä arvioida miten eri toimenpiteet vaikuttavat elinkaarihokkuuteen ja -kustannuksiin (Wang ym., 2016). Lisäksi voidaan arvioida hankkeen rakennettavuutta, tilavaatimuksia, esivalmistuksen mahdollistamista ja turvallisuutta (Korman & Lu, 2011).

Tietomallin on havaittu edistäneen talotekniikan prosessin ohjausta suunnitteluvaiheessa (Monsberger & Fruhwirth, 2018; Korman ym., 2010). On huomattu, että talotekniikka-, arkkitehti- ja rakennesuunnitelmien ristiriidat ovat helpommin tunnistettavissa tietomallin avulla. Tietomallin sisältäessä kaiken valmistustiedon, toimii se apuna tarkempien arvioiden luomisessa. Lisäksi siitä on apua tuotteiden valmistuksen ohjauksessa, josta on hyötyä mm. valmistajille, suunnittelijoille ja urakoitsijoille. Tuotekeskeiset tietomallit ottavat myös huomioon suunnittelun tavoitteet ja kriteerit. Tämä helpottaa tehokasta rakentamista, asennusta ja käyttöönottoa. Tietomallin ajantasaisuuden varmistaminen on kuitenkin yksi tärkeimmistä edellytyksistä toimiville prosesseille (Wang ym., 2016; Wang & Leite, 2016).

Talotekniikkaurakoitsijat ovat yleensä avainasemassa suunnitteluvaihtoehtojen muodostamisessa. He vastaavat rakentamisen yksityiskohtien kehittämisestä ja toteutuksesta. He ovat kuitenkin tyypillisesti passiivisia tietomallipohjaisessa suunnittelun ohjauksessa. Tämä saattaa johtua siitä, että tietomallin käyttö hankkeissa ei ole vielä täysin vakiintunut. Tämän lisäksi

urakkalaskenta ja osa mittauksista saatetaan tehdä manuaalisesti, jolloin ne vievät aika- ja henkilöresursseja (Wang ym., 2016; Wang & Leite, 2016).

Tietomallin käyttö kannustaa monialaiseen yhteistyöhön. Se on parantanut kommunikointia eri työryhmien, kuten suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä. Tämän lisäksi se on mahdollistanut eri työryhmien osallistumisen hankkeen alkuvaiheesta lähtien sekä virtaviivaisemman prosessin (Wang ym., 2016). Lisäksi älykkäät laitteet ja esineiden internet (IoT) ovat helpottaneet rakennuksen käytönaikaista ylläpitoa sekä huoltoa. Älykkäiden sensorien avulla voidaan seurata mm. laitteiden kulumista ja energiankäyttöä ja ne tuottavat myös tietoa laitteiden valmistuksesta, aikataulusta ja asennuksesta (Korman ym., 2010).

### **Tuotteiden modulaarisuus**

Järjestelmäkoonpanojen monimutkaisuuden, hajautettujen asiantuntijavaatimusten ja erilaisten rajoitusten vuoksi monet rakennusalan ammattilaiset pitävät talotekniikan prosessin johtamista haastavana (Wang & Leite, 2016). Työn tehokkuuden, virtauksen ja laadun parantamiseksi on kehitetty modulaarinen lähestymistapa. Se toimii apuna monimutkaisten ja ainutlaatuisten tuotteiden valmistuksessa, kun kokonaisuudessa on mukana monia osapuolia ja prosesseja. Modularisaatio on tapa vähentää järjestelmien monimutkaisuutta rakentamalla ne pienemmistä vakioiduista osajärjestelmistä tai moduuleista. Moduulit voidaan suunnitella erikseen, mutta niiden on tarkoitus toimia yhdessä kokonaisuutena. (Peltokorpi ym., 2018)

Rakennusalan modularisaatio on osakseen mahdollistanut tuotantomenetelmiä, kuten esivalmistuksen ja -asennuksen (Peltokorpi ym., 2018). Modularisaation myötä myös talotekniikka-tuotteiden esivalmistus on yleistynyt viime vuosikymmenen aikana. Lisäksi tietomallin hyödyntäminen hankkeissa on helpottanut esivalmistuksen ohjausprosessia useassa tasossa (Samarasinghe ym., 2019).

Rakennushankkeiden on ennakoitu hyötyvän merkittävästi esivalmistuksesta (Wuni & Shen, 2019). Parhaimmillaan esivalmistuksessa kokonaiset järjestelmät valmistetaan, tarkastetaan, nimikoidaan ja testataan työmaan ulkopuolella. Tällöin paikan päälle jää vain tuotteiden loppuasennus (Samarasinghe ym., 2019). Lavikka ym. (2019) tutkimus osoitti, että esivalmistus voi johtaa laadun parantamiseen, hankkeiden loppuun saattamiseen paremmin budjetissa ja ajallaan, alentuneisiin rakennuskustannuksiin, jätteen minimoimiseen, terveys- ja turvallisuusriskien vähentymiseen sekä ympäristötehokkuuden parantamiseen (Lavikka ym., 2021).

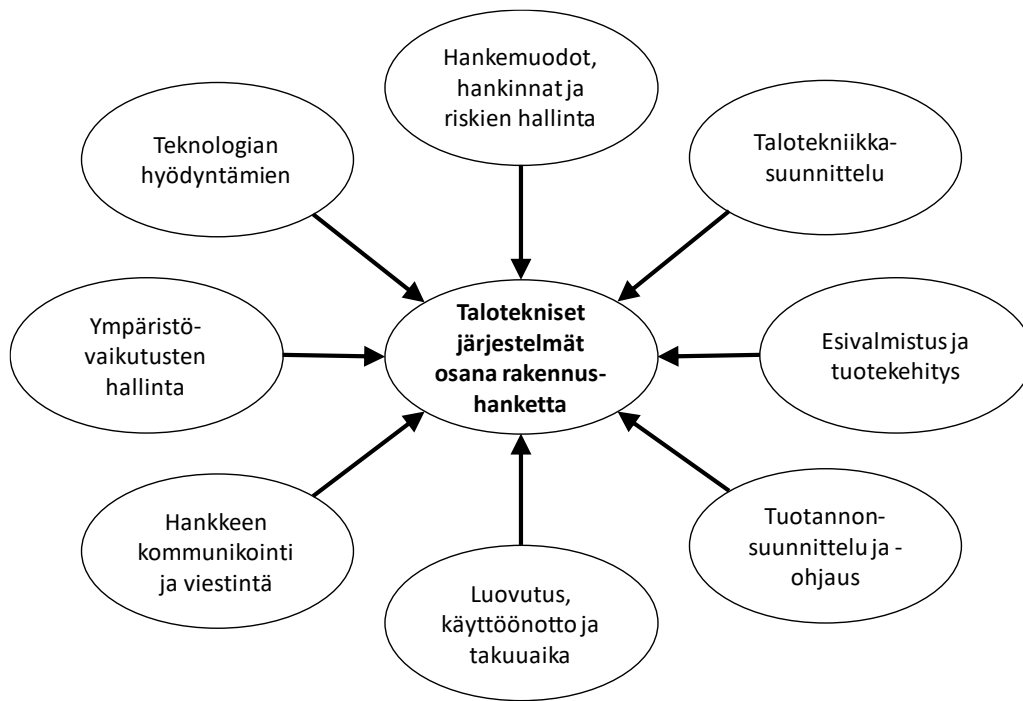
Khazoden ym. (2018) tutkimuksessa kaikki putkityöt ja matalapainekanaavat toteutettiin hyödyntäen esivalmistusta. Tämä johti siihen, että pääurakoitsija pystyi ylläpitämään tehokkuutta rakennustyömaalla. Tämän lisäksi talotekniikkaurakoitsijoiden työn tuottavuus parani 5–25 % (Khazode ym., 2008), kun työt oli koordinoitu tehokkaasti tietomallin avulla (Khazode ym., 2008).

Haasteena esivalmistuksessa nähdään sen aiheuttama lisätyö suunnittelussa ja sen ohjauksessa. Tämän lisäksi esivalmistus tulisi huomioida jo hankkeen alkuvaiheessa. Sosiaalisena esteenä on huomattu olevan muiden suunnittelijoiden, kuten arkkitehtien, tottumus suunnitella ainutlaatuisia projektikohtaisia tuotteita (Samarasinghe ym., 2017). Myös nykyiset liiketoimintamallit voivat jarruttaa esivalmistuksen lisääntymistä: esimerkiksi talotekniikka-asentaja tai urakoitsija voi kokea moduuliratkaisut ja esivalmistuksen uhkana, jos se vähentää omaa työtä ja ansaintamahdollisuuksia työmaatehtävissä (Lavikka ym. 2021).

Esivalmistuksessa ilmenevät tekniset haasteet aiheutuvat nykyisistä urakkamalleista. Niiden sopimusrajat määrittelevät liiankin tiukan jaon suunnittelun ja asennuksen välillä. Tämän lisäksi teknisenä haasteena nähtiin suunnitelmien laatu, riittävä tarkkuustaso ja urakoitsijoiden ammattitaito (Lavikka ym. 2021; Samarasinghe ym. 2017). Lisäksi haasteena on koettu esivalmistesteiden hankala siirrettävyys.

### **Johtopäätökset kirjallisuudesta ja viitekehys empiiriseen tutkimukseen**

Kirjallisuuden perusteella talotekniikan johtaminen osana rakennushankkeiden prosessia voidaan kiteyttää kahdeksaan teemaan tai näkökulmaan (Kuva 2). Osa teemoista, kuten talotekniikkasuunnittelu ja tuotannonsuunnittelu- ja ohjaus, perustuvat suoraan keskeisiin hanketehäviin, joilla rakentamista ohjataan. Esivalmistus ja tuotekehitys sekä teknologian hyödyntäminen puolestaan viittaavat trendeihin, joista tutkimuksen mukaan on hyötyä myös talotekniikan prosesseissa. Valitut hankemuodot ja hankintatavat sekä kommunikointi ja viestintä puolestaan korostavat ohjaus- ja johtamismalleja, joilla rakennusprojektin keskeiset tavoitteet pyritään saavuttamaan. Ympäristövaikutusten hallinta on keskeinen teema, kun huomioidaan taloteknisten järjestelmien merkittävä rooli koko rakennetun ympäristön hiilijalanjäljessä ja ympäristövaikutuksissa. Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa talotekniikan nykytilannetta Suomessa lähdettiin tarkastelemaan näiden kahdeksan teeman osalta.



Kuva 2. Näkökulmat taloteknisten järjestelmien kehittämiseen rakennushankkeissa

## 2.2 Haastattelututkimus talotekniikan nykytilasta

Haastattelututkimusta ohjasi Kuvassa 2 esitetyt kahdeksan teemaa. Tässä luvussa on esitelty haastatteluiden keskeisiä tuloksia teemoittain.

### 2.2.1 Hankemuodot, hankinnat ja riskien hallinta

Ensimmäisessä teemaosiossa kerättiin tietoa haastateltavilta, mikä heidän mielestään toimii ja mikä ei eri hankemuodoissa sekä sopimuksissa. Lisäksi kysyttiin heidän mielipidettään yhteistoiminnallisista hankkeista. Tulokset on koottu Taulukkoon 2.

Talotekniikka-asiantuntijoiden mielestä yleiset sopimusehdot (YSE) toimivat vahvana runkona perinteisissä hankemuodoissa. Talotekniikkasuunnittelijoiden ja -urakoitsijoiden mukaan YSE:n rinnalla saatetaan solmia paikallisia sopimuksia, jotka toimivat melko hyvin riippuen hankkeista ja niiden avainhenkilöistä. Talotekniikka-asiantuntijoiden ja -urakoitsijoiden mielestä YSE:n haittapuolia on, ettei se tunnista bonusmenettelyä, vaan pelkästään sanktion. Talotekniikka-asiantuntijoiden mielestä hankkeen tavoitteiden saavuttamisesta pitäisi palkita paremmin hankkeen osapuolia:

*”Sopimuksista puuttuu kannustettavuus. Palkkioiden sijaan sanktiot korostuvat.” - Talotekniikkaurakoitsija*



Talotekniikkasuunnittelijoiden ja -urakoitsijoiden mukaan työehtosopimus (TES) rajoittaa innovaatioiden leviämistä. TES ei heidän mielestään joustaa mm. uusien laitteiden suhteen. Tämän lisäksi palkka saattaa perustua liian jäykästi jonkun parametrin mukaan, esimerkiksi paneelien pituuden eikä leveyden suhteen.

Talotekniikka-asiantuntijat kokivat, että talotekniikan roolia olisi syytä korostaa sopimuksissa. Heidän mielestään nykyiset sopimusmallit osittain rajaavat urakoitsijan roolia. Rakennesuunnittelijat näkivät myös sopimusmaailmassa parannettavaa. Esimerkiksi lisätyökierteessä suunnittelija ei pysty laskuttamaan sopimusehtojen mukaisesti. Lisäksi pääurakoitsijan edustajien mielestä vastuujako pitäisi näkyä selkeämmin sopimuksissa. Talotekniikkaurakoitsijat nostivat esille, että maksuerätaulukkojen tulisi olla etupainotteisempia.

Talotekniikkaurakoitsijat ja -asiantuntijat sekä rakennesuunnittelijat korostivat, että hinta merkitsee enimmäkseen hankkeen kilpailutuksessa. He kokivat hinnan olevan liian suuressa roolissa ja laatu jäi toissijaiseksi kriteeriksi:

*”Hankkeita pitäisi lähteä laadun ja yhteisten tavoitteiden perusteella rakentamaan.”*

- Talotekniikkaurakoitsija

Pääurakoitsijan edustajat nostivat esille urakkamuodot, joissa suunnittelu ja toteutus tehdään rinnakkain. Talotekniikkasuunnittelijat ja -asiantuntijat pitivät limittämisen yleistymistä hyvänä muutoksena. Molempien mielestä tämä olisi toimiva malli, sillä se mahdollistaa urakoitsijoiden aikaisemman osallistumisen. Malli ei kuitenkaan ole aktiivisesti käytössä. Rakennesuunnittelijat lisäsivät, että urakoitsijan läsnäolo tuo hyviä ideoita, mutta aiheuttaa samalla lisätyötä.

Talotekniikka-asiantuntijat ja -urakoitsijat pitivät myönteisenä muutoksena, että hankemuodot ovat kehittymässä yhteistoiminnallisempaan suuntaan. Talotekniikkasuunnittelijat olivat tunnistanee yhteistoiminnallisissa hankkeissa hyödynnettyjä hyviä mittareita ja menetelmiä. Pääurakoitsijan edustajien mukaan yhteistoiminnalliseen toimintaan löytyy motivaatiota, mutta hankemuodossa on vielä paljon kehitettävää, eikä se ole edullisin malli.

*”Allianssi saa toimijat miettimään yhteisiä tavoitteita.”* – Talotekniikka-asiantuntija

Yleisesti koettiin, että talotekniikan profilia pitäisi saada nostettua, sillä sen avulla voidaan luoda rakennuksille tavoiteltuja olosuhteita ja parantaa niiden toimintaa. Lisäksi yhteiseen tekemiseen pitäisi kannustaa enemmän, jottei jokainen osapuoli vain tekisi omaa osaansa välittämättä muista.

*Taulukko 2. Asiantuntijoiden näkemykset hankemuodoista ja sopimuksista*

	Sopimukset	Talotekniikan kilpailutus	Yhteistoiminnalliset hankkeet
Talotekniikkasuunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paikallisia sopimuksia tehdään, mutta niiden</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittelu ja toteutuksen</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>toimivuus riippuu henkilöstä</li> <li>Työehtosopimukset rajoittavat innovaatioita</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>liittyminen on hyvä muutos</li> <li>Hyviä mittareita ja menetelmiä</li> </ul>
Talotekniikka-urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paikallisia sopimuksia tehdään, mutta niiden toimivuus riippuu henkilöistä</li> <li>Sopimuksista puuttuu kannustus. Palkkioiden sijaan sanktiot korostuvat.</li> <li>Maksuerätaulukot tulisi olla etupainotteisempia</li> <li>Työehtosopimukset rajoittavat innovaatioita</li> <li>Sopimusten lähtökohdana tulisi olla enemmän laatu ja yhteiset tavoitteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hinta merkitsee liikaa kilpailutuksessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistoiminnalliset hankkeet ovat tervetulleita</li> </ul>
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>YSE toimii vahvana runkona, mutta eivät tunnista bonusmenetelyä, vaan pelkää sanktiot</li> <li>Talotekniikan roolia on syytä korostaa sopimuksissa</li> <li>Nykyiset sopimusmallit rajaavat urakoitsijan roolia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hinta ratkaisee liikaa. Laatu jää toissijaiseksi kriteeriksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allianssi saa toimijat miettimään yhteisiä tavoitteita.</li> <li>Suunnittelu ja toteutuksen liittyminen on hyvä muutos</li> </ul>
Pää-urakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vastuujaon pitäisi näkyä selkeämmin sopimuksissa</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistoiminnallisiin käytäntöihin on motivatiota</li> <li>Suunnittelu ja toteutuksen liittyminen on hyvä muutos</li> <li>Hankemuodoissa on vielä kehitettävää</li> </ul>
Rakennesuunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sopimusmaailmassa on vielä parannettavaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liikaa hintakilpailua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urakoitsijan läsnäoloa suunnittelussa pidetään hyvänä asiana</li> </ul>

## 2.2.2 Talotekninen suunnittelu

Tässä teemaosiossa tarkasteltiin talotekniikkasuunnittelua, suunnittelunohjausta ja suunnitelmien koordinoitua. Osiossa selvitettiin myös, millainen vaikutus talotekniikkaurakoitsijan osallistumisella on suunnitteluun. Tämän lisäksi kartoitettiin suunnitelmien laatua ja joustavuutta. Tulokset on koottu Taulukkoon 3.

Talotekniikkaurakoitsijat näkevät suunnittelunohjauksen tärkeänä osana hanketta. Siihen pitäisi varata riittävästi resursseja, jotta työt voitaisiin tehdä kustannustehokkaasti. Pääurakoitsijan edustajien mielestä suunnittelussa on tärkeätä sisäistää, ymmärtää ja hyväksyä tilaajan vaatimukset, minkä lisäksi suunnittelijan pitäisi osata varautua tilaajan muuttuviin tarpeisiin.

Talotekniikka-asiantuntijoiden kokemuksen perusteella talotekniikkasuunnitelmat toteutetaan pääsääntöisesti riittämättömillä lähtötiedoilla. Tämä aiheuttaa hankkeen aikataulun venymistä ja suuria määriä lisä- sekä muutostöitä. Suunnitelmien teko tehdään heikoilla lähtötiedoilla johtaa merkittävään hukkaan. Rakennesuunnittelijat toivoisivat taloteknisen suunnittelun kulkevan samassa tahdissa muiden suunnittelualojen kanssa, jottei suunnittelupakettien myöhäinen jakaminen aiheuttaisi lisäpäivityksiä muiden alojen suunnitelmiin.

Talotekniikka-asiantuntijoiden mielestä kehittynyt teknologia on tuonut haasteita suunnitteluun. Heidän mukaansa suunnittelun osa-alueiden pitäisi osata kommunikoida paremmin keskenään ja talotekniikkaosaamista tulisi lisätä. Talotekniikkaurakoitsijat pitivät hyvänä menetelystä sitä, että voivat ehdottaa vaihtoehtoisia tuotteita suunnitelmiin. Heidän kokemuksensa perusteella suunnittelijoilta usein puuttuu käytännön kokemus ja tuntemus järjestelmistä.

Talotekniikkaurakoitsijan osallistumista hankkeen suunnitteluvaiheeseen pidettiin positiivisena muutoksena. Se lisäsi mm. yhteistyötä suunnittelun ja toteutuksen välillä. Talotekniikka-asiantuntijoiden ja -suunnittelijoiden mielestä talotekniikkaurakoitsijoiden osallistuminen suunnitteluun on erittäin tärkeätä, koska tällä hetkellä suunnittelu ja toteutus elävät liiaksi omissa maailmoissa.

Pääurakoitsijan edustajien mielestä suunnitelmien laatu on noussut. Siihen on vaikuttanut mm. tietomallin tuoma laatu ja visuaalisuus. Suunnitelmat eivät kuitenkaan vielä ole isossa kuvassa hyvällä tasolla. Riippuvuussuhteiden ymmärtämisessä ja työn varmistuksessa esiintyy vielä puutteita.

Talotekniikka-asiantuntijat kokivat, että suunnitelmien laatu ja joustavuus määräytyy pitkälti kilpailutuksen perusteella. Heidän mielestään halvin tarjoushinta korreloi pääsääntöisesti negatiivisesti suunnitelmien laatuun. Liittojen edustajien mukaan laadullisesti hyvät ja hyvin suunnittelut kohteet valmistuvat aikataulussa.

*”Suunnitelmien laatu ja joustavuus määräytyy, miten tilaaja näkee suunnitelmien laadun tärkeyden suhteutettuna rahaan. Halvimmalla hinnalla mennään.” -Talotekniikka-asiantuntija*

Taulukko 3. Asiantuntijoiden näkemykset talotekniikan suunnittelusta

	Suunnittelun ohjaus ja koordinaointi	Talotekniikka-urakoitsijan osallistuminen	Suunnitelmien laatu ja joustavuus
--	--------------------------------------	---	-----------------------------------

Talotekniikka-suunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riittämättömät lähtötiedot aiheuttavat hukkaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talotekniikka-urakoitsijan pitäisi osallistua suunnitteluun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
Talotekniikka-urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelun ohjaukseen pitää varata riittävästi resursseja</li> <li>• Mahdollisuutta ehdottaa vaihtoehtoisia tuotteita on hyvä asia</li> </ul>		
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnitelmat toteutetaan pääosin riittämättömillä lähtötiedoilla</li> <li>• Osa-alueiden pitäisi kommunikoida paremmin keskenään</li> <li>• Talotekniikkaosaaamista tulisi lisätä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talotekniikka-urakoitsijan osallistuminen suunnitteluun on erittäin tärkeää</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kehittynyt teknologia on tuonut haasteita suunnitteluun</li> <li>• Suunnitelmien laatu ja joustavuus määräytyy kilpailutuksen perusteella</li> </ul>
Pääurakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelijoiden pitää osata varautua tilaajan tarpeisiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnitelmien laatu on parantunut</li> <li>• Puutteita riippuvuussuhteiden ymmärtämisessä ja oman työn tarkistuksessa</li> </ul>
Rakennesuunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talotekniikkasuunnittelu pitäisi kulkea samassa tahdissa muiden suunnittelualojen kanssa</li> </ul>		
Työntekijäläi-ton edustaja			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyvin suunnitellut kohteet valmistuvat aikataulussa</li> </ul>

### 2.2.3 Esivalmistus ja talotekniikan tuotekehitys

Tässä teemaosiossa tarkasteltiin talotekniikan esivalmistuksen ja tuotekehityksen mahdollisuuksia, esteitä sekä mahdollistajia. Tulokset on koottu Taulukkoon 4.

Talotekniikka-asiantuntijat, -urakoitsijat ja rakennesuunnittelijat pitivät esivalmistuksen hyödyntämistä hanketta edistävänä toimenpiteenä. Sen koettiin lisäävän työturvallisuutta, parantavan laatua ja säästävän aikataulussa, kun varsinaiset työmaalla tapahtuvat toimenpiteet vähentyvät. Tämän lisäksi varsinkin asuntorakentamisen puolella, jossa on paljon toistoja, esivalmistuksen katsottiin tuovan paljonkin hyötyä.

Talotekniikka-asiantuntijoiden mukaan esivalmistusta käytetään sen potentiaaliin nähden melko vähän. Pääurakoitsijan edustajien kokemuksen perusteella osapuolilta löytyisi kuitenkin ideoita ja tahtotilaa esivalmistuksen hyödyntämiseen. Talotekniikkasuunnittelijoiden ja -urakoitsijoiden mukaan esivalmistus vaatii päätöksiä hankkeen aikaisessa vaiheessa ja

lisäsuunnittelua. Lisäksi liiton edustajien mukaan esivalmistuksesta ei ole luotu tavoitteita talotekniikan osalta. Pääurakoitsijan edustajat pitivät haasteena myös henkilöiden kokemattomuutta. Tämän takia alalle tarvittaisiin esivalmistuksen suunnannäyttäjiä. Liiton edustajien mukaan nykyään tuotekehitys antaa paljon anteeksi pieniä virheitä.

*”Esivalmistus on sidonnainen suunnitelmiin.” - Työntekijäliiton edustaja*

*Taulukko 4. Asiantuntijoiden näkemykset esivalmistuksesta ja tuotekehityksestä*

	Esivalmistus ja tuotekehitys
Talotekniikka-suunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Päätös esivalmistuksesta tulee tehdä hankkeen alkuvaiheessa ja sen hyödyntäminen vaatii suunnittelua</li> </ul>
Talotekniikka-urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esivalmistus lisää työturvallisuutta</li> <li>• Päätös esivalmistuksesta tulee tehdä hankkeen alkuvaiheessa ja sen hyödyntäminen vaatii suunnittelua</li> </ul>
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esivalmistus vähentää varsinaisia työmaantoimintoja</li> <li>• Esivalmistusta käytetään melko vähän</li> <li>• Alalle tarvitaan suunnannäyttäjiä</li> </ul>
Pääurakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esivalmistusta pitäisi käyttää enemmän</li> <li>• Esivalmistuksen suhteen on ideoita ja tahtotilaa</li> </ul>
Työntekijäliiton edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esivalmistus on sidonnainen suunnitelmiin.</li> <li>• Esivalmistuksesta ei ole luotu tavoitteita talotekniikan osalta.</li> <li>• Tuotekehitys antaa anteeksi pieniä virheitä</li> </ul>

## 2.2.4 Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus

Tässä teemaosiossa keskityttiin työmaan aikataulusuunnitteluun, aikataulun johtamiseen, laadunohjaukseen, kustannusten hallintaan sekä logistiikan hallintaan ja menetelmiin. Tulokset on esitetty Taulukossa 5.

Haastateltavat kokivat yhtenä haasteena, että talotekniikan kokonaisuutta ei ymmärretä kunnolla, vaan työmaalla johtamista katsotaan pääosin rakennusteknisestä näkökulmasta. Heidän mielestään yhteistyötä eri osapuolien välillä pitäisi lisätä ja ongelmat tulisi ratkaista yhdessä paikan päällä. Haastateltavien mukaan hankkeen lopputavoite pitäisi miettiä yhteisesti kuntoon ja pilkkoa osatavoitteisiin, minkä seurauksena pystyttäisiin mahdollistamaan laadukain lopputulos. Haastateltavat olivat myös sitä mieltä, että hankkeen lähtötiedot ja suunnitelmat pitäisi saada lukittua hankkeen varhaisessa vaiheessa sekä tieto mahdollisista lisä- ja muutostöistä pitäisi saada nopeammin.

Aikataulun suunnittelun yhteydessä tiedusteltiin, hyödynnetäänkö hankkeissa esimerkiksi tah-tituotantomenetelmää. Talotekniikka-asiantuntijat pitivät tahtituotantoa hyvänä menetelmänä, sillä siinä pureudutaan lyhyempiin ajanjaksoihin ja pienempiin kokonaisuuksiin. Tämän lisäksi talotekniikkasuunnittelijat kokivat sen auttavan suunnittelun ja työmaan aikataulujen yhteensovittamisessa. Talotekniikkaa voi kuitenkin olla vaikea pilkkoa pieniin kokonaisuuksiin, mutta tarkemmassa tarkastelussa tämän haasteen nähtiin olevan ratkaistavissa.

Talotekniikka-asiantuntijat pitivät nykyisiä yleisaikatauluja liian yleispätevänä. Aikataulun suunnittelussa tulisi olla mukana henkilöitä, jotka ymmärtävät paremmin talotekniikkatöiden toteutuksesta. Aikataulussa pitäisi huomioida paremmin mm. talotekniikan käyttöönotto ja laitteiden toimintojen testaus.

Talotekniikkaurakoitsijat olivat vahvasti sitä mieltä, että aikataulusta pitää sopia yhdessä niin että kukaan osapuoli ei joudu tekemään tehtäviään liiallisessa kiireessä. Talotekniikan painotuksessa työmaan loppuvaiheeseen vaikuttavat muiden osa-alueiden myöhästymiset siihen merkittävästi. Tämän takia myös aikataulun hallintaa ja jatkuvaa päivittämistä pitäisi parantaa.

*”Talotekniikka koostuu järjestelmäkokonaisuuksista. Sen takia aikataulussa pitäisi ottaa huomioon talotekniikan käyttöönotto ja laitteiden toimintojen testaus.”* -Pääurakoitsijan edustaja

Talotekniikkasuunnittelijoiden kokemuksen perusteella työmaa-aikataulun hahmottaminen on tärkeä osa tuotantoa. Sen avulla pystytään tunnistamaan hankkeen eri vaiheet ja resurssi-vaatimukset. Haastateltavien mielestä aikataulun seuranta vaatii kuitenkin kehittämistä, jotta hankkeen osapuolet tietäisivät, mikä vaihe on milloinkin menossa.

Talotekniikka-asiantuntijat kokivat, että laadunvarmistukseen tarvittaisiin toimintamalli, joka sisältäisi mm. suunnitelmien tarkistusmenettelyn. Tämä helpottaisi esimerkiksi sitä, että lisä- ja muutostöiden ilmestyessä järjestelmiä ei suunniteltaisi päällekkäin. Tämän lisäksi pääura-koitsijan edustajat kokivat, että lisä- ja muutostöistä pitäisi saada aikaisemmin tieto. Talotekniikkaurakoitsijat kokivat tällä hetkellä laadunohjauksen työnjohdolle raskaana. Paperisia asiakirjoja pitäisi vähentää ja asiakirjat voisi siirtää pilveen.

Haastateltavien mielestä logistiikan hallinnassa on parantamista. Talotekniikan logistiikka suunnitellaan (jos ylipäänsä suunnitellaan) yleensä viimeisenä, mutta tuotteet joudutaan tilaamaan pitkän toimitusajan takia aikaisin. Sen seurauksena tuotteet saatetaan toimittaa liian aikaisin työmaalle. Haastateltavat kokivat tämän vaikeuttavan työmaalla työskentelyä, sillä työmailla on pääsääntöisesti ahdasta ja varastointitilaa ei ole, joten tuotteet saattavat haitata työn-tekoa.

Talotekniikka-asiantuntijat olivat sitä mieltä, että logistiikan voisi hajauttaa työmaan ulkopuolelle ja tehdä samalla myös esiasennusta. Talotekniikkaurakoitsijoiden mukaan tuotteet voi tilata työmaalle myös täsmätoimituksina, mutta tämä lisää hankkeen kustannuksia. Tämän takia logistiikka pitäisi paremmin huomioida hinnoittelussa. Erillinen logistiikka vähentäisi sitä, että ammattimiehen työtunteja käytetään tuotteiden etsimiseen ja haalaukseen.

*Taulukko 5. Asiantuntijoiden näkemykset tuotannosuunnittelusta -ohjauksesta*

	Aikataulu	Laatu	Logistiikka
--	-----------	-------	-------------

Talotekniikka-suunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työmaa-aikataulun hahmottaminen vaatii kehittämistä</li> <li>• Tahtituotanto auttaa työmaan ja suunnittelun aikataulun yhteensovittamisessa</li> </ul>		
Talotekniikka-urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aikataulusta pitäisi sopia yhdessä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laadunohjaus menetelmät ovat tällä hetkellä raskaita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logistiikka suunnitellaan viimeisenä, mutta tuotteet joudutaan tilaamaan aikaisin</li> <li>• Tuotteet voi tilata täsmätoimituksina, mutta se lisää hankkeen kustannuksia</li> <li>• Logistiikka pitäisi huomioida hinnoittelussa</li> </ul>
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahtituotanto auttaa työmaan ja suunnittelun aikataulujen yhteensovittamisessa</li> <li>• Yleisaikataulu on liian yleispätevä</li> <li>• Aikataulun suunnittelussa tulee olla henkilöitä, jotka ymmärtävät toteutuksesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laadunvarmistukseen tarvittaisiin parempi toimintamalli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logistiikka ja esi-asennus työmaan ulkopuolelle</li> </ul>
Pääurakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aikataulussa pitäisi huomioida talotekniikan käyttöönotto ja laitteiden toimintojen testaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lisä- ja muutostöistä pitäisi saada aikaisemmin tieto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logistiikan hallinnassa on parantamista</li> </ul>
Työntekijäliiton edustaja			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logistiikan hallinnassa on parantamista</li> </ul>

## 2.2.5 Luovutus, käyttöönotto ja takuu aika

Tässä teemaosiossa tarkastellaan talotekniikan luovutusta, käyttöönottoa ja takuu-aikaa. Edellisen teemaosion tuloksista huomattiin, että talotekniikan luovutus ja käyttöönotto pitäisi olla paremmin huomioitu aikataulun suunnittelussa ja päivittämisessä.

Talotekniikka-asiantuntijat ovat havainneet, että talotekniikan luovutuksen ja käyttöönoton huomioiminen aikataulun suunnittelussa sekä hallinnassa edellyttää mm. tilaajalta toimenpiteitä. Tilaajan tulisi esittää hankkeen tavoitteet selkeästi hankkeen osapuolille. Tällöin esimerkiksi suunnittelijat saisivat riittävät lähtötiedot. Tämän lisäksi tuotannosuunnittelu ja -ohjaus voitaisiin toteuttaa nykyistä tarkemmin.

Haastateltavien mukaan testaus- ja luovutusvaiheeseen ei varata riittävästi aikaa. Talotekniikkaurakoitsijat toivat esille, että työvaiheet saattavat olla vielä kesken, kun testaus- ja

luovutusvaihe alkaa. Toisin sanoen rakennus saatetaan ottaa vastaan, vaikka talotekniikan testausta olisi kesken. Tämä vaikuttaa siihen, että huollon- ja käytönopastuksia joudutaan tekemään toistamiseen. Tämä taas aiheuttaa lisäkustannuksia ja heikentää siirtymää käyttövaiheeseen. Talotekniikka-asiantuntijat toivat ilmi, että talotekniikkaurakoitsijalle voisi luvata palkkion, mikäli työt valmistuvat ennen käyttöönottoa. Tämä motivoisi siihen, että rakennusta ei otettaisi vastaan ennen kuin kaikki työvaiheet on suoritettu.

Taulukko 6. Asiantuntijoiden näkemykset hankkeen luovutuksesta käyttöönotosta

	Luovutus, käyttöönotto ja takuu-aika
Talotekniikka-urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hankkeen luovutuksessa työvaiheet saattavat olla vielä kesken</li> </ul>
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hankkeen luovutus ja käyttöönotto tulisi huomioida aikataulusuunnittelussa</li> <li>Talotekniikkaurakoitsijoille voisi luvata palkkion, jos työt valmistuvat ennen käyttöönottoa</li> </ul>
Pääurakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hankkeen luovutukseen ja käyttöönottoon ei varata riittävästi aikaa</li> </ul>
Työntekijäliiton edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hankkeen luovutukseen ja käyttöönottoon ei varata riittävästi aikaa</li> </ul>

## 2.2.6 Hankkeen kommunikointi ja viestintä

Tässä teemaosiossa tarkasteltiin hankkeiden johtamis- ja palaverikäytäntöjä. Osiossa selvitettiin, miten tiedonkulku ja tilannetiedon jakaminen toteutuu hankkeissa. Haastateltavat kokivat, että kommunikointi ja viestintä työryhmän sisällä on tärkeä asia. Tämän takia vuoropuhelua ja ymmärrystä toisten tarpeista pitäisi lisätä. Tämän lisäksi koko talotekniikan osa-alueen pitäisi tehdä paremmin töitä yhdessä.

Talotekniikkaurakoitsijat kokivat yhteistyön vähentyneen osittain hintakilpailun vuoksi. He pitivät positiivisena asiana, että suunnittelijoiden työmaalla käynnit ovat yleistyneet, jolloin heiltä saa apua tarvittaessa. Microsoft Teamsin kaltaisten alustojen on koettu tuovan uusia mahdollisuuksia ja hyötyjä joutaville kokouskäytännöille.

Talotekniikka-asiantuntijoiden mielestä tiedonhallinnan pitäisi olla järjestelmällisempää ja tiedonkulussa ohjelmistoja voisi hyödyntää enemmän. Tällöin kommunikointi ei perustuisi vain sähköpostiviestittelyyn. Työkalujen ei kuitenkaan nähdä korvaavan kokoontumisia paikan päällä työalueilla tai kommunikointia puhelimitse. Pääurakoitsijan edustajan mukaan reaaliaikaisista tiedoista työmaavaiheista tulisi olla paremmin saatavilla.

Taulukko 7. Asiantuntijoiden näkemykset hankkeen kommunikoinnista ja viestinnästä

	Kommunikointi ja viestintä
Talotekniikka-urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistyö eri osapuolien välillä on osittain vähentynyt</li> <li>Suunnittelijoiden käynnit työmaalla ovat yleistyneet</li> <li>Paikan päällä kommunikointia ei tulisi korvata digitaalisilla työkaluilla</li> </ul>
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiedonhallinta pitäisi olla järjestelmällistä</li> <li>Ohjelmistoja voisi hyödyntää enemmän tiedonkulussa</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paikan päällä kommunikointia ei tulisi korvata digitaalisilla työkaluilla</li> </ul>
Rakennesuunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelijoiden käynnit työmaalla ovat yleistyneet</li> </ul>
Pääurakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaaliaikaista tiedonkulkua tulisi kehittää</li> </ul>

## 2.2.7 Ympäristövaikutusten hallinta

Alalla ollaan valmiita ohjaamaan hankkeita ympäristövaikutusten pohjalta. Elinkaarilaskenta on yleistynyt ja tuotteiden toiminnallisuuteen kiinnitetään enemmän huomiota. Haasteena ympäristövaikutusten hallinnassa nähtiin olevan vaikutukset kustannuksiin ja vaatimukset hankinnan kriteereihin. Suurempaa keskustelua teemasta ei syntynyt, sillä päävaatimukset ympäristövaikutusten hallintaan koettiin lähtevän tilaajilta, jotka eivät olleet tutkimuksen ensisijaisena kohteena.

## 2.2.8 Teknologian hyödyntäminen

Tässä teemaosiossa keskityttiin BIM tietomallin hyödyntämiseen ja koordinointiin, tietomallin tarkkuuteen sekä suunnittelun automatisointiin. Tämän lisäksi tarkasteltiin, miten teknologioita voisi hyödyntää työn edistymisen seurannassa.

Talotekniikka-asiantuntijat kokivat, että tietomallia hyödynnetään tällä hetkellä tietosisällön sijaista lähinnä vain visuaalisessa muodossa. Heidän mielestään fokus pitäisi olla enemmän teknisten ratkaisuiden oikeellisuudessa ja toteutettavuudessa, eikä pienien geometrinen törmäysten poistamisessa.

*”Tietomallia hyödynnetään liian vähän, vain geometrisiin ominaisuuksiin. Tietomallia voisi hyödyntää analyyseihin ja laskentaan.” - Talotekniikkasuunnittelija*

Yleisesti tietomallien laadun on koettu kehittyneen ja sen käyttö tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen parissa on lisääntynyt. Pääurakoitsijan edustajien mukaan talotekniikan rooli on kasvanut tietomallinnuksen avulla. Heidän mielestään tietomallia voitaisiin hyödyntää aktiivisemmin esimerkiksi kannakoinnin suunnittelussa ja toteutuksessa sekä työvaiheiden reaaliaikaisessa seurannassa. Talotekniikka-asiantuntijoiden mukaan tietomallille ei vielä ole suunnittelustandardia, jolloin sitä voisi hyödyntää myös rakennuksen ylläpidossa.

Haastateltavat olivat havainneet, että tietomallin käyttö on lisännyt mm. työmaan hallintaa sekä työnaikaseurantaa. Talotekniikka-urakoitsijat eivät kokeneet työn edistymisen seurannalle kehitystarvetta. Heidän mukaansa maksuerät puolestaan voisivat perustua reaaliaikaiseen tietoon työmaan etenemisestä. Talotekniikka-asiantuntijat ja pääurakoitsijan edustajat taas olivat sitä mieltä, että teknologia helpottaa työn seuraamista ja hallitsemista.

Taulukko 8. Asiantuntijoiden näkemykset teknologioiden hyödyntämisestä

	Tietomallin hyödyntäminen	Työn edistymisen seuranta
Talotekniikka-		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei nähty kehitystarvetta</li> </ul>

urakoitsija		
Talotekniikka-asiantuntija	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tietomallilla ei ole suunnittelustandardia</li> <li>Tietomallia hyödynnetään tällä hetkellä tietosisällön sijaista lähinnä vain visuaalisessa muodossa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teknologia helpottaa työn seuraamista ja hallitsemista</li> </ul>
Pääurakoitsijan edustaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Talotekniikan rooli on kasvanut tietomallinnuksen avulla</li> <li>Tietomallia voisi hyödyntää enemmän tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teknologia helpottaa työn seuraamista ja hallitsemista</li> </ul>

## 2.3 Kyselytutkimuksen tulokset

Haastattelututkimuksen tulosten pohjalta laadittiin kyselytutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää tarkemmin kentän kokemuksia keskeisimmistä haasteista sekä tunnistaa kehityskohdat, joita tulisi priorisoida yhteisessä kehittämisessä. Kyselyn kysymykset on esitetty kokonaisuudessaan Liitteessä 2.

Kyselytutkimukseen vastasi yhteensä 384 asiantuntijaa. Vastaajat olivat työskennelleet laajasti erilaisissa rakennushankkeissa, ja heillä oli melkein yhtä paljon kokemusta sekä uudis- että korjaushankkeista. Suurin osa vastaajista oli työskennellyt kiinteistö- ja rakennusalalla yli 25 vuotta. Vastaajien jakaumat yksikön päätoimialan ja työtehtävän mukaan on esitetty Taulukoissa 9 ja 10. Yleisimmät päätoimialat olivat sähkö- ja automaatiourakointi (n=99) sekä sähkö- ja automaatiosuunnittelu (n=50) ja työtehtävistä yleisimpiä olivat muu ylempi johto (n=70) ja projektipäällikkö (n=58).

Taulukko 9. Kyselyyn vastaajien yksikön päätoimiala (n=382)

<b>Yksikön päätoimiala</b>	<b>n</b>
Kiinteistön omistus	6
Rakennuttaminen	36
Arkkitehtisuunnittelu	3
LVISA-suunnittelu	25
LVI-suunnittelu	7
SA-suunnittelu	50
Muu suunnittelu	21
LVISA-urakointi	46
LVI-urakointi	7
SA-urakointi	99
Pääurakointi	36
Kiinteistön ylläpito	21
<i>Muu, mikä?</i>	
Konsultointi	1
Tuotevalmistaja	7
Tukitoimi	2
Opetus	3
Turvaurakointi	1
Jakeluverkkoyhtiö	2
Kiinteistötekniikka	1
Valvonta	2

Kulttuurin tuottaminen	1
Asiantuntija	1

Taulukko 10. Kyselyyn vastaajien työtehtävä (n=384)

Työtehtävä	n
Rakennuttaja	9
Arkkitehti	4
LVI-suunnittelija	9
SA-suunnittelija	46
Rakennesuunnittelija	15
Muu suunnittelija	3
Suunnittelunohjaus	18
Asentaja	36
Kärkihenkilö	11
Työnjohto	21
Vastaava työnjohto	7
Projektin hoitaja	9
Projekti-inssi	10
Projektipäällikkö	58
Muu ylempi johto	70
Valvoja	22
<i>Muu, mikä?</i>	
Professori	3
Tuotevalmistaja	3
Isännöitsijä	3
Tarjouslaskenta	4
Yrittäjä	7
Asiantuntija	13

### 2.3.1 Talotekniikka sopimukset, hankemuodot ja hankinnat

Osioon liittyvät kyselyn vastaukset on koottu Taulukkoon 11. Alla on esitetty keskeiset tulokset kysymyksittäin.

Suurin osa vastaajista (67 %) koki talotekniikkaurakan nykyisten kilpailutuskäytäntöjen vaikuttavan hankkeen lopputuloksen laatuun ainakin jonkin verran laatua heikentävästi. Vastajaryhmistä pääurakoinnin edustajat olivat positiivisempia verrattuna muihin urakoitsijoihin. Heidän mielestään kilpailutuskäytännöt voivat mahdollistaa hankkeen lopputuloksessa hyvän laadun. Kyselyssä tuli myös ilmi, että kilpailutusprosessi saattaa siirtää urakan aloitusta. Tämän lisäksi vastaajien mielestä kilpailutuksessa ei pitäisi tarkastella ensisijaisena kriteerinä halvinta hintaa.

*”Liian usein hinta on ainoa määräävä tekijä.”* - Sähköisten taloteknisten järjestelmien myynti

Vastaajien mielestä ainakin joissakin hankkeissa pitäisi hyödyntää enemmän tilaajan tarjoamia määräluetteloita, hanketyypistä riippumatta. Määräluetteloiden käytön säännöllisyydessä esiintyi pieniä eroavaisuuksia vastaajaryhmien välillä.

Vastaajien mielestä talotekniikkaurakan kustannusarvio tulisi pystyä antaa ennen lopullista toteutussuunnitelmaa. Joka toisen (50 %) mielestä nykyiset hankintakokonaisuudet olivat sopivia. Erimielisyyksiä hankintakokonaisuuksien laajuudessa nähtiin pienien ja suurien organisaatioiden välillä sekä toteutuksen parissa työskentelevien ja toimihenkilöiden välillä. Toteutuksen parissa työskentelevät kokivat, että hankintakokonaisuudet olivat osittain hieman liian laajoja, kun taas toimihenkilöt kokivat niiden olevan osittain liian suppeita.

Talotekniikan urakkarajat koettiin melko selkeinä. Vastaajat olivat kuitenkin sitä mieltä, että urakoihin pitäisi sisällyttää käytönaikainen toiminnanvarmistus ja optimointi. Tulosten perusteella esivalmisteilla koettiin olevan positiivinen vaikutus urakkarajojen selkeyteen.

*”Esivalmistuksen hyödyntäminen helpottaisi urakkarajoja. Niiden avulla saataisiin selkeämpiä suunnitelmia ja helpotettaisiin työmaan toteutumista.”- Muu ylempi johto, pääurakointi*

Iso osa (38 %) vastaajista näki maksuerien aikataulut sopivina, mutta merkittävä osa (31 %) oli myös sitä mieltä, että maksuerien aikataulut ovat hieman liian takapainotteisia. Kyselyä edeltävissä haastatteluissa ilmeni, että maksuerien aikataulut pitäisi olla jonkin verran etupainotteisempia. Kyselyn tuloksista ilmeni, että talotekniikkaurakoitsijat kokivat maksuerien aikataulun olevan liian takapainotteisia, kun taas pääurakoitsijoiden mielestä maksuerien aikataulu oli osittain melko etupainotteinen.

Työehtosopimusten koettiin estävän osittain talotekniikan asennustyön työtapojen ja tuottavuuden kehittämistä. Työehtosopimusten nähtiin myös määrittelevän talotekniikan urakkatyötehtäviä ja niiden hinnoittelua jonkin verran liian tarkasti.

Suuri osa (41 %) vastaajista oli sitä mieltä, että talotekniikkaurakoitsijoiden tulisi olla mukana allianssisopimuksissa kaikissa tai valtaosassa hankkeita. Kyselyssä tuli myös ilmi, että talotekniikkaurakoitsijoita pitäisi ottaa aikaisemmin mukaan hankkeisiin muissakin hankemuodoissa kuin yhteistoiminnallisissa, mutta tällöin suunnittelunohjaus tulee olla selkeästi määritelty sopimuksissa.

*”Mikäli talotekniikkaurakoitsija osallistuu suunnitelmien kehittämiseen, tulee suunnittelunohjaus olla määritelty selkeästi sopimuksissa.”- Rakennuttaja*

Taulukko 11. Talotekniikka sopimukset, hankemuodot ja hankinnat

Kysymys	N	Keskeinen tulos	Ryhmien vastausten vertailu
Miten nykyiset talotekniikkaurakan kilpailutuskäytännöt vaikuttavat lopputuloksen laatuun?	334	Suurin osa (67 %) vastaajista koki talotekniikkaurakan kilpailutuskäytäntöjen vaikuttavan hankkeen lopputuloksen laatuun ainakin jonkin verran laatua heikentävästi.	Pääurakoitsijat olivat ainut urakoitsijaryhmä, jonka mielestä nykyiset käytännöt mahdollistavat hankkeen lopputuloksessa hyvän laadun.

Tulisiko talotekniikkaurakoiden hankinnassa voida hyödyntää tilaajan tarjoamia valmiita määräluetteloita?	295	Kaikkien vastaajaryhmien mielestä ainakin joissakin hankkeissa pitäisi hyödyntää tilaajan tarjoamia määräluetteloita, riippumatta hanketyypistä.	Määräluetteloiden käytön säännöllisyydessä esiintyi pieniä eroavaisuuksia vastaajien välillä.
Talotekniikkaurakan kustannusarvio tulisi pystyä antamaan ennen lopullisia toteutus suunnitelmia?	312	Suurin osa (70 %) vastaajista oli täysin tai jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa.	
Talotekniikan tehtäviä voidaan pilkkoa hankintakokonaisuuksiin. Mitä mieltä olet tyypillisistä hankintakokonaisuuksista?	360	Suurimman osan (50 %) mielestä tyypilliset hankintakokonaisuudet olivat sopivia.	Erimielisyyksiä hankintakokonaisuuksien laajuudesta nähtiin pienien ja suurien organisaatioiden välillä sekä toteutuksen parissa työskentelevien ja toimihenkilöiden välillä.
Mitä mieltä olet talotekniikan urakkarajojen selkeydestä?	359	Vastaajat kokivat urakkarajat melko selkeinä.	
Mitä mieltä olet talotekniikkaurakan maksuerien aikatauluista?	226	Suurin osa vastaajista näki maksuerien aikataulut sopivina (38 %), mutta iso osa (31 %) vastaajista koki myös maksuerien aikataulujen olevan hieman liian takapainotteisia.	Talotekniikkaurakoitsijoista 55 % koki maksuerien aikataulun olevan melko tai aivan liian takapainotteisia, kun taas pääurakoitsijoista ja rakennuttajista vain 9 % oli tätä mieltä.
Miten mielestäsi työehtosopimukset (TES) vaikuttavat talotekniikan asennustyön työtapojen ja tuottavuuden kehittämiseen?	340	Vastaajat kokivat, että työehtosopimukset estävät osittain asennustyön työtapojen ja tuottavuuden kehittämistä.	
Miten mielestäsi työehtosopimukset (TES) määrittelevät talotekniikan urakatyötehtäviä ja niiden hinnoittelua?	261	Työehtosopimusten nähtiin määrittelevän talotekniikan urakatyötehtäviä ja niiden hinnoittelua jonkin verran liian tarkasti.	
Yhteistoiminnalliset allianssihankeet ovat yleistyneet. Pitäisikö talotekniikkaurakoitsijoiden olla mukana allianssisopimuksessa?	336	Suuri osa (41 %) vastaajista oli sitä mieltä, että talotekniikkaurakoitsijoiden tulisi olla mukana allianssisopimuksissa valtaosassa hankkeita.	

### 2.3.2 Talotekniikkasuunnittelu

Osioon liittyvät kyselyn vastaukset on koottu Taulukkoon 12. Alla on esitetty keskeiset tulokset kysymyksittäin.

Kun tarkasteltiin vastaajien tyytyväisyyttä talotekniikkasuunnitelmien rakennettavuuteen ja toteutettavuuteen käytännössä, tulokset jakautuivat melko tasaisesti tyytyväisiin (35 %) ja tyytymättömiin (40 %). Rakennuttajat ja suunnittelijat olivat keskimäärin tyytyväisiä

suunnitelmien rakennettavuuteen ja toteutettavuuteen. Tyytymättöimpiä olivat toteutuksen parissa työskentelevät, kuten asentajat, kärkihenkilöt ja työnjohto.

Kun puolestaan tarkasteltiin tyytyväisyyttä talotekniikkasuunnitelmien tietosisällön kattavuuteen, tulokset jakautuivat myös melko tasaisesti tyytyväisiin (38 %) ja tyytymättömiin (37 %). Rakennuttajat ja suunnittelijat olivat keskimäärin tyytyväisiä tietosisällön kattavuuteen, kun taas toteutuksen parissa työskentelevät olivat tyytymättömämpiä. Tuloksista ilmeni, että suunnittelukokonaisuudet saattavat olla joissakin määrin liian monimutkaisia kiinteistön ylläpidon käytettäviksi, ja suunnitelmissa saattaa esiintyä tuotteita, joita ei enää valmisteta.

Suurin osa (59 %) vastaajista oli melko tyytymättömiä talotekniikkasuunnitelmien virheettömyyteen. Ongelmana nähtiin, että suunnitelmien laadussa on erittäin suuria eroja. Hintakilpailun nähtiin vaikuttavan suunnitelmien laatuun. Ongelmana nähtiin myös suunnittelussa käytettävät puutteelliset lähtötiedot.

*”Tilajaat eivät ole aina valmiita maksamaan suunnittelusta riittävästi. Tällä on väistämättä vaikutus suunnitelmien laatuun.”*- Asiantuntija, kiinteistön omistus

*”Laatu kärsii liiallisesta kilpailusta.”*- Talotekniikka-asiantuntija

*”Suurin ongelma on lähtötietojen puuttuminen.”*- Sähkö- ja automaatio suunnittelija

Tulokset jakautuivat melko tasaisesti tyytyväisiin (33 %) ja tyytymättömiin (34 %), kun tarkasteltiin vastaajien näkemystä talotekniikkatietomallin hyödyntämisestä hankkeissa. Rakennuttajat ja suunnittelijat olivat keskimäärin tyytyväisiä talotekniikkatietomallin hyödyntämiseen. Toisaalta suunnittelijat kaipasivat silti enemmän tietomallin oikeaoppista hyödyntämistä. Toteutuksen puolella työskentelevät henkilöt olivat pääosin tyytymättömiä ja yleisesti koettiin, että tietomallin tarkastusten ja yhteensovittamisen pitäisi keskittyä enemmän suunnitelmien tietosisältöön eikä vain geometrian tarkastukseen.

*”Nyt tietomallin tarkastukset ja yhteensopivuuden seuranta keskittyy liikaa geometrisiin törmäyksiin ja niiden lukumäärään. Enemmän pitäisi keskittyä tietosisällön oikeellisuuteen.”*- Muu ylempi johto, LVISA-suunnittelu

Vastaajien mielestä talotekniikkaurakoitsijoita tulisi hyödyntää ainakin jonkin verran enemmän hankkeen suunnitteluvaiheessa. Suurin osa (52 %) vastaajista koki, että pääurakoitsijalla ei ole riittävästi osaamista osallistua talotekniikan suunnitteluvaiheeseen ja heidän osaamisensa on melko paljon kehitettävää.

*”Merkittävin kehityskohde on saada urakoitsijoilta palautetta mahdollisimman ajoissa suunnittelua.”*- Projektipäällikkö, rakennuttaminen

*”Paljolta turhalta työltä vältyttäisiin, jos talotekniikkaurakoitsija olisi mukana hankkeen suunnitteluvaiheessa sparrailemassa ja ohjaamassa suunnitelmien tietosisällöä.” - Muu ylempi johto, LVISA-suunnittelu*

*”Suunnittelussa tulisi ottaa mukaan talotekniikkaurakoitsijoiden asiantuntemus jo alkuvaiheessa, jotta työmaa-aikaiset muutokset jäisivät minimiin.” - Suunnittelunohjaus, rakennuttaminen*

Kukaan vastaajista ei ollut sitä mieltä, että talotekniikkasuunnittelun ja -hankinnan aikataulun yhteensovittaminen toimisi erittäin hyvin. Suuri osa (42 %) vastasi, että yhteensovittaminen toteutuu melko huonosti, ja tämä näkemys korostui työnjohtajien, vastaavien työnjohtajien, projektipäälliköiden ja muun ylemmän johdon keskuudessa. Vastaajat kokivat, että talotekniikkasuunnittelu ei pääsääntöisesti pysy aikataulussa. Yhdeksi ratkaisuksi nähtiin aikataulun jakottaminen tarkemmin eri suunnittelualoille. Lisäksi vastaajien mielestä suunnittelun ohjaukseen tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

Talotekniikkasuunnittelijoiden ja työmaaorganisaation välinen tiedon jakaminen sekä kommunikointi koettiin toimivan suhteellisen neutraalisti. Vastaajat olivat kuitenkin isolta osin (42 %) tyytymättömiä vaihtoehtoisten talotekniikkatuotteiden ehdotus- ja hyväksyntämenettelyihin. Tuloksissa ei ilmennyt selvää eroa eri vastaajaryhmien välillä.

*”Vaihtoehtoisten tuotteiden hyväksymiskriteerit pitäisi yhtenäistää.” - Tarjouslaskija / projektinohitaja, sähkö- ja automaatiourakointi*

Taulukko 12. Talotekniikkasuunnittelu

Kysymys	N	Keskeinen tulos	Ryhmien vastausten vertailu
Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkasuunnitelmien rakennettavuuteen ja toteutettavuuteen käytännössä?	379	Tulokset jakautuivat melko taiseesti tyytyväisiin (35 %) ja tyytymättömiin (40 %).	Rakennuttajat ja suunnittelijat olivat keskimäärin tyytyväisiä. Tyytymättömiä olivat toteutuksen parissa työskentelevät.
Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkasuunnitelmien tietosisällön kattavuuteen?	379	Tulokset jakautuivat melko taiseesti tyytyväisiin (38 %) ja tyytymättömiin (37 %).	Rakennuttajat ja suunnittelijat olivat keskimäärin tyytyväisiä. Tyytymättömiä olivat toteutuksen parissa työskentelevät.
Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkasuunnitelmien virheettömyyteen?	379	Suurin osa (59 %) vastaajista oli melko tai erittäin tyytymättömiä talotekniikka-suunnitelmien virheettömyyteen.	
Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkatietomallien hyödyntämiseen hankkeissa?	378	Tulokset jakautuivat melko taiseesti tyytyväisiin (33 %) ja tyytymättömiin (34 %).	Rakennuttajat ja suunnittelijat olivat keskimäärin tyytyväisiä tate-mallin hyödyntämiseen hankkeissa. Suunnittelijat kaipasivat vielä enemmän tietomallin oikeaoppista hyödyntämistä. Toteutuksen

			puolella työskentelevät olivat pääosin tyytymättömiä.
Tulisiko talotekniikkaurakoitsijoita hyödyntää enemmän hankkeen suunnitteluvaiheessa?	342	Enemmistön (85 %) mielestä talotekniikkaurakoitsijoita pitäisi hyödyntää ainakin jonkin verran enemmän suunnitteluvaiheessa.	Lisähyödyntäminen sai eniten kannatusta tateurakoitsijoiden keskuudessa (90 %) ja vähemmän suunnittelijoiden keskuudessa (70 %)
Onko pääurakoitsijoilla riittävästi osaamista osallistua talotekniikan suunnitteluvaiheeseen?	294	Suurin osa (52 %) vastaajista koki, että pääurakoitsijan osaamisessa on kehitettävää.	
Toimiiko talotekniikkasuunnittelun ja hankinnan aikataulujen yhteensovittaminen?	294	Kukaan vastaajista ei ollut sitä mieltä, että aikataulujen yhteensovittaminen toimii erittäin hyvin. Suurin osa (42 %) koki, että yhteensovittaminen toimii melko tai erittäin huonosti.	
Toimiiko talotekniikkasuunnittelijoiden ja työmaaorganisaation välinen tiedon jakaminen ja kommunikointi?	294	Talotekniikkasuunnittelijoiden ja työmaaorganisaation välinen tiedon jakaminen sekä kommunikointi koettiin toimivan suhteellisen neutraalisti.	
Kuinka tyytyväinen olet vaihtoehtoisten talotekniikkatuotteiden ehdotus- ja hyväksyntämenettelyihin?	309	Vastaajat olivat suurimmaksi osaksi (42 %) tyytymättömiä vaihtoehtoisten talotekniikkatuotteiden ehdotus- ja hyväksyntämenettelyihin.	

### 2.3.3 Talotekniikan tuotekehitys, esivalmistus ja logistiikka

Osion keskeisimmät tulokset on koottu Taulukkoon 13. Tulosten perusteella talotekniikan esivalmistus tuo ainakin osittain lisäarvoa rakennushankkeisiin ja niiden hyödyntämistä tulisi lisätä. Vastaajien mielestä esivalmistuksen potentiaali on kuitenkin tunnistettava ja huomioitava riittävän aikaisessa vaiheessa hanketta.

*”Esivalmisteet helpottaisivat urakkarajoja ja sitä kautta koko rakennusprosessia saataisiin kehitettyä nopeammaksi.”* - Muu ylempi johto, pääurakointi

*”Parempi esivalmistelu ja toimitusketjut mahdollistavat sujuvamman rakentamisen, mitä enemmän työmaalla tehdään ratkaisuja sitä epäselvemmäksi menevät toimitusrajat.”* - Projektipäällikkö, rakennuttaminen

Enemmistön (62 %) mielestä myös yhteiskannakointi tuo osittain lisäarvoa ja sen hyödyntämistä pitäisi lisätä. Vastausten mukaan vakioituja ja tuotteistettuja ratkaisuja tulisi hyödyntää ainakin jonkin verran enemmän.



Suurin osa (38 %) vastaajista oli tyytyväisiä talotekniikan materiaali- ja tuotetilausten sekä -toimitusten suunnitelmallisuuteen. Osa urakoinnin ja rakennuttamisen parissa työskentelevistä oli kuitenkin tyytymättömiä. Pääurakoinnin edustajat olivat keskimäärin tyytymättömmimpiä kuin talotekniikkaurakoitsijat. Suurin osa (52 %) vastaajista oli jokseenkin samaa mieltä, että talotekniikan tuotteiden logistiikka tulisi järjestää osana koko työmaata koskevaa erillistä logistiikkapalvelua. Hyödyntäminen riippuu kuitenkin aina kohteen erityisluonteesta, minkä lisäksi erillisen logistiikkapalvelun on havaittu lisäävän hankkeen kustannuksia.

*”Logistiikka on parantunut, koska usein käytetään erillistä logistiikkapalvelua.”*- Kärki- / etuhenkilö, LVISA-urakointi

*”Työmaalogistiikan eriyttäminen soveltuu joihinkin hankkeisiin, mutta lisää samalla kustannuksia.”*- Asiantuntija, LVISA-urakointi

*”Varastointi työmaalla on lähes aina ongelma.”*- Projektipäällikkö, sähkö- ja automaatiourakointi

Taulukko 13. Talotekniikan tuotekehitys, esivalmistus ja logistiikka

Kysymys	N	Keskeinen tulos	Ryhmien vastausten vertailu
Tuoko talotekniikan esivalmistus lisäarvoa rakennushankkeisiin?	377	Enemmistön (63 %) mielestä esivalmistus tuo osittain lisäarvoa ja sen hyödyntämistä pitäisi lisätä.	Esivalmistamisen lisäämistä kannattivat eniten pääurakoitsijat ja rakennuttajat (76 %) ja vähemmän tate-urakoitsijat (53 %)
Tuoko talotekniikan yhteiskannakoinnin hyödyntäminen lisäarvoa rakennushankkeisiin?	349	Enemmistön (62 %) mielestä yhteiskannakointi tuo osittain lisäarvoa ja sen hyödyntämistä pitäisi lisätä.	
Tulisiko talotekniikassa hyödyntää nykyistä enemmän vakioituja ja tuotteistettuja ratkaisuja?	373	Vakioituja ja tuotteistettuja ratkaisuja pitäisi hyödyntää jonkin verran enemmän.	Kannatus on suurempaa pääurakoitsijoiden ja rakennuttajien (81 %) sekä suunnittelijoiden (74 %) keskuudessa kuin tate-urakoitsijoiden (58 %) keskuudessa.
Kuinka tyytyväinen olet talotekniikan materiaali- ja tuotetilausten sekä -toimitusten suunnitelmallisuuteen?	277	Suuri osa (38 %) vastaajista on tyytyväisiä.	Osa urakoinnin ja rakennuttamisen parissa työskentelevistä oli tyytymättömiä. Pääurakoinnin edustajat olivat keskimäärin tyytymättömmimpiä kuin tate-urakoitsijat.
Tulisiko talotekniikan tuotteiden logistiikka järjestää osana koko työmaata koskevaa erillistä logistiikkapalvelua?	265	Suurin osa (52 %) vastaajista koki, että talotekniikan tuotteiden logistiikka pitää järjestää osana koko työmaata koskevaa erillistä logistiikkapalvelua.	

### 2.3.4 Talotekniikan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus

Vastaajien mielestä talotekniikkaurakoitsijoita tulisi osallistaa merkittävästi nykyistä enemmän työmaan aikataulusuunnitteluun. Tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen nähtiin olevan parempaa, kun talotekniikkaurakoitsijat otetaan jo suunnitteluvaiheessa mukaan. Tulosten perusteella vastaajat olivat enemmän tyytymättömiä (46 %) kuin tyytyväisiä (31 %) taloteknisten töiden työmaa-aikataulun tarkkuustasoon. Vastaajat kokivat, että aikataulu pitäisi pilkkoa pienempi kokonaisuuksiin tai ainakin aikataulussa tulisi olla eriteltynä eri talotekniikka-alat.

*”Pääurakoitsija luo aikataulun ja talotekniikka koitetaan sovittaa siihen. Monesti työaikaa ei ole tarpeeksi hyvälle toteutukselle.”* - Projektipäällikkö, sähkö- ja automaatiourakointi

Kirjallisuuskatsauksessa tuli ilmi, että tahtituotantomenetelmä on yleistynyt rakennushankkeissa. Lisäksi haastatteluissa tuli ilmi, että tahtituotanto auttaa työmaan ja suunnittelun yhteensovittamisessa. Kyselyn tulosten mukaan vastaajille ei kuitenkaan ollut kertynyt riittävästi käytännön kokemusta tahtituotantomenetelmästä. Toisin sanoen, iso osa (36 %) vastaajista ei osannut ottaa kantaa soveltuuko tahtituotanto taloteknisiin asennustöihin.

Lähes puolet (48 %) vastaajista oli tyytymättömiä talotekniikan lisä- ja muutostöiden hallinnan nykyisiin käytäntöihin. Lisäksi suurimman osan (51 %) mielestä suunnitellut työmaa-aikataulut toteutuvat talotekniikan osalta melko huonosti.

*”Kiire hallitsee aikataulua. Sen toimivuuteen pitäisi panostaa enemmän. Resurssit tulisi nähdä voimavarana, eikä kustannuksena rakennuttajalle ja toimittajille.”* - Projektipäällikkö, rakennuttaminen

Kyselyn vastausten perusteella rakentamisen aikataulumuutoksista viestitään talotekniikkaurakoitsijalle ja työmaalle melko huonosti. Tähän saattaa vaikuttaa se, että vastaajat kokivat pääurakoitsijan tuotannonohjauksen olevan usein ylipäänsä puutteellista talotekniikan osalta. Myös taloteknisten järjestelmien testaukseen ja luovutukseen varataan vastausten perusteella aivan liian vähän aikaa. Vastaajat pohtivat, että aikaa usein varataan hankkeen alussa riittävästi testaukseen ja luovutukseen, mutta viivästyneet työvaiheet supistavat sitä.

*”Käyttöönottoon varataan aivan liian vähän aikaa. Sen suunnitteluun ja toteutukseen pitäisi lisätä panoksia.”* - Suunnittelunohjaus, rakennuttaminen

Vastausten perusteella yhteistoiminnallista aikataulusuunnittelu esim. Last Planneria käyttäen tuo osittain lisäarvoa ja sen hyödyntämistä tulisi lisätä. Iso osa vastaajista ei kuitenkaan osannut ottaa kantaa kysymykseen, mikä kertoo siitä, että menetelmä ei ole vielä laajasti tunnettu.

*”Last Planner menetelmä on hyvä, jos se on läpinäkyvä.”* - Muu ylempi johto, LVISA-urakointi

Taulukko 14. Talotekniikan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus

Kysymys	N	Keskeinen tulos	Ryhmien vastausten vertailu
Miten paljon talotekniikkaurakoitsijoita tulisi osallistaa työmaan aikataulusuunnitteluun?	262	Talotekniikkaurakoitsijoita tulisi osallistaa ainakin jonkin verran nykyistä enemmän	Sekä tate-urakoitsijoista että pääurakoitsijoista ja rakennuttajista noin 90 % kannatti osallistamisen lisäämistä.
Kuinka tyytyväinen olet taloteknisten töiden työmaa-aikataulun tarkkuustasoon?	287	Vastaajat olivat enemmän tyytymättömiä (46 %) taloteknisten töiden työmaa-aikataulun tarkkuustasoon kuin tyytyväisiä (31 %).	Pääurakoitsijat ja rakennuttajat olivat tyytymättömpämpiä (58 %) kuin tateurakoitsijat (48 %).
Miten hyvin tahtituotanto soveltuu mielestäsi talotekniisiin asennustöihin?	330	Iso osa (36 %) vastaajista ei osannut ottaa kantaa soveltuuko tahtituotanto talotekniisiin asennustöihin.	Pääurakoitsijat ja rakennuttajat näkivät selvästi enemmän potentiaalia (57 %) kuin tate-urakoitsijat (22 %).
Kuinka tyytyväinen olet talotekniikan lisä- ja muutostöiden hallinnan nykyisiin käytäntöihin?	354	Suurin osa (48 %) vastaajista oli tyytymättömiä talotekniikan lisä- ja muutostöiden hallinnan nykyisiin käytäntöihin.	Suunnittelijat (59 %) ja tate-urakoitsijat (53 %) olivat tyytymättömpämpiä kuin pääurakoitsijat ja rakennuttajat (42 %).
Miten hyvin suunnitellut työmaa-aikataulut toteutuvat talotekniikan osalta?	289	Suurin osa (51 %) vastaajista on sitä mieltä, että suunnitellut työmaa-aikataulut toteutuvat melko huonosti tai erittäin huonosti talotekniikan osalta.	Ei merkittävää eroa pääurakoitsijan ja tate-urakoitsijan välillä.
Miten hyvin rakentamisen aikataulumuutoksista viestitään talotekniikkaurakoitsijalle ja työmaalle?	260	Suurin osa (52 %) vastaajista koki, että rakentamisen aikataulumuutoksista viestitään talotekniikkaurakoitsijalle ja työmaalle melko huonosti tai erittäin huonosti.	Tate-urakoitsijat oli tyytymättömpämpiä (62 %) kuin pääurakoitsijat (47 %).
Varataanko taloteknisten järjestelmien testaukseen ja luovutukseen riittävästi aikaa?	358	Taloteknisten järjestelmien testaukseen ja luovutukseen ei varata riittävästi aikaa.	Sekä pääurakoitsijat ja rakennuttajat (79 %) että tate-urakoitsijat (76 %) pitivät aikaa liian vähäisenä.
Tuoko yhteistoiminnallinen aikataulusuunnittelun (Last Plannerin) hyödyntäminen lisäarvoa taloteknisten asennustöiden tuotannonohjaukseen?	305	Vastausten perusteella yhteistoiminnallista aikataulusuunnittelua tuo osittain lisäarvoa ja sen hyödyntämistä tulisi lisätä. Iso osa (32 %) vastaajista ei myöskään osannut ottaa kantaa asiaan.	

### 2.3.5 Hankkeen kommunikointi ja yhteistyö

Tulokset jakautuivat melko tasaisesti tyytyväisiin (37 %) ja tyytymättömiin (41 %), kun mitattiin ovatko vastaajat tyytyväisiä rakennushankkeen eri osapuolten väliseen kunnioitukseen, luottamukseen ja yhteistyöhalukkuuteen. Vastausten perusteella työryhmien välinen yhteistyö toimii

melko hyvin työmaalla, vaikka luovutusvaiheessa kommunikointi onkin osoittanut joissakin tapauksissa haasteelliseksi.

*”Kommunikointi ja talotekniikkaurakoitsijoiden välinen yhteistyö hankkeen luovutusvaiheessa järjestelmien toimintakuntoon saattamiseksi on osoittautunut haasteelliseksi.”* - Muu ylempi johto, LVISA-urakointi

Suuri osa (39 %) vastaajista oli tyytyväisiä urakoitsijapalavereiden nykykäytäntöön ja vastaajaryhmien välillä ei ollut suurta eroa. Enemmistö (58 %) vastaajista oli sitä mieltä, että viikoittaisten urakoitsijapalavereiden järjestäminen on toimiva käytäntö, mutta samalla palavereiden säännöllisyys nähtiin olevan myös hyvin hankeriippuvaista.

Suurimman osan (62 %) mielestä talotekniikkasuunnittelijoiden osallistuminen työmaakoukuihin tuo lisäarvoa ja heitä pitäisi osallistaa enemmän. Vastaajien mielestä talotekniikkasuunnittelijalla olisi kysyntää urakoitsijapalavereissa, kun agendana on käsitellä työvaiheiden etenemistä sekä mahdollisia ongelmia tai puutteita.

*”Talotekniikkasuunnittelijoiden pitäisi olla enemmän työmaalla muuten kuin kokousten yhteydessä.”* - Valvoja, rakennuttaminen

*”Talotekniikkasuunnittelijoita pitäisi saada jalkautettua työmaalle paremmin.”* - Valvoja, rakennuttaminen

Talotekniikan suunnitelmamuutosten koettiin aiheuttavan melko paljon haasteita työmaan toimintaan. Suunnitelmista poikkeava toteutus työmaalla on puolestaan havaittu päivittyvän melko huonosti takaisin suunnitelmiin. Vastaajien mielestä tähän vaikuttaa mm. urakoinnin ja suunnittelijoiden välinen puutteellinen kommunikointi. Tulosten mukaan tilaajien ja pääurakoitsijoiden tulisi käyttää nykyistä enemmän samoja talotekniikkaurakoitsijoita ja -tiimejä eri hankkeissa.

Vastausten mukaan tällä hetkellä digitaalisia sovelluksia käytetään työmaalla talotekniikan tehtäviin liittyen hieman liian vähän ja niiden käyttöä voisi lisätä.

Taulukko 15. Hankkeen kommunikointi ja yhteistyö

Kysymys	N	Keskeinen tulos	Ryhmien vastausten vertailu
Kuinka tyytyväinen olet rakennushankkeen eri osapuolten väliseen kunnioitukseen, luottamukseen ja yhteistyöhalukkuuteen?	379	Vastaukset jakautuivat melko taiseesti tyytyväisiin (37 %) ja tyytymättömiin (41 %).	
Miten eri työryhmien välinen yhteistyö toimii työmaalla?	281	Suuri osa (49 %) vastaajista on sitä mieltä, että työryhmien välinen yhteistyö toimii melko tai erittäin hyvin työmaalla.	

Kuinka tyytyväinen olet urakoitsijapalavereiden nykykäytäntöön?	282	Suurin osa (39 %) vastaajista on tyytyväisiä urakoitsijapalavereiden nykykäytäntöön.	
Kuinka usein urakoitsijapalavereita pitäisi järjestää?	282	Enemmistö (58 %) vastaajista suosi viikoittaisia urakoitsijapalavereita.	
Tuoko talotekniikkasuunnittelijoiden osallistuminen työmaakoukuihin lisää arvoa?	344	Suurimman osan (62 %) mielestä talotekniikkasuunnittelijoiden osallistuminen työmaakoukuihin tuo osittain lisää arvoa ja heitä pitäisi osallistaa enemmän.	
Miten paljon talotekniikan suunnitelmamuutokset aiheuttavat ongelmia työmaan toiminnassa?	278	Talotekniikan suunnitelmamuutokset koettiin aiheuttavan melko paljon haasteita työmaan toiminnassa.	
Kuinka hyvin talotekniikan suunnitelmista poikkeava toteutus työmaalla päivittyy takaisin suunnitelmiin?	358	Suuri osa (49 %) vastaajista oli sitä mieltä, että poikkeava toteutus ei päivitty takaisin suunnitelmiin.	
Tulisiko tilaajien ja pääurakoitsijoiden käyttää nykyistä enemmän samoja talotekniikkaurakoitsijoita ja -tiimejä eri hankkeissaan?	337	Tulosten mukaan tilaajien ja pääurakoitsijoiden tulisi käyttää jonkin verran nykyistä enemmän samoja talotekniikkaurakoitsijoita ja -tiimejä eri hankkeissa.	
Kuinka paljon digitaalisia sovelluksia käytetään työmaalla talotekniikan tehtäviin liittyen, esim. suunnitelmien ja aikataulujen tarkastelu ja työmaan raportointi?	337	Tällä hetkellä digitaalisia sovelluksia käytetään työmaalla talotekniikan tehtäviin liittyen hieman liian vähän ja niiden käyttöä voisi lisätä.	

## 2.4 Asiantuntijatyöpajan kehitysehdotukset

Asiantuntijatyöpajaan valikoitui kolme teemaa, jotka perustuivat haastattelu- ja kyselytutkimuksessa esille tulleisiin merkittävimpiin kehittämistä vaativiin aiheisiin. Työpajan tavoitteena oli tuottaa konkreettisia kehitysehdotuksia näihin teemoihin. Tässä luvussa on esitetty työpaikoissa syntyneet kehitysehdotukset teemoittain.

### 2.4.1 Talotekniikkaurakoinnin hankemuodot ja sopimukset

#### Kilpailutuskäytännöt ja urakkamuodot

Työpajaan osallistuvien mielestä tate-urakoinnin kilpailutuskäytäntöjä ja urakkamuotojen valintaa tulisi kehittää. Urakoitsijan kilpailutuksessa voisi olla mukana kriteeri esimerkiksi prosessinosaamisesta. Myös tilaajan tarjoamia määrälueteloita tulisi hyödyntää entistä enemmän. Tällöin osapuolien ei tarvitsisi laskea määriä erikseen ja samalla vähenisi ylimääräinen toistettava työ. Eräässä kehitteillä olevassa menetelmässä määrät laskettiin arkkitehdin tilaluettelon pohjalta. Tällä tavalla saatiin tietoa alkuvaiheen massoista. Menetelmän tarkoituksena oli vähentää myös suunnittelussa aiheutuvaa hukkaa.

Hankkeen tavoitteet ja ansaintalogiikka tulisi olla kaikilla hankkeen osapuolilla samankaltaiset. Tämän avulla talotekniikkaurakoitsijan roolia voitaisiin nostaa hankkeen arvoketjussa

ylöspäin. Tämä taas vaikuttaisi siihen, että talotekniikkasuunnittelun ja -toteutuksen painoarvoa saataisiin lisättyä koko hankkeessa.

Asiantuntijat kokivat sellaiset urakkamuodot mieluisiksi, missä asioista sovitaan yhdessä ja kustannukset muodostuvat sovittujen asioiden pohjalta. Heidän mukaansa urakkamuodoissa tulisi myös kannustaa innovointiin. Suunnittelijoiden mielestä yhteistoiminnalliset hankkeet on koettu miellyttäväksi ja tilaajille hyödyllisiksi. Toisinaan ne saattavat sitoa talotekniikkaurakoitsijan resursseja pitkäksikin aikaan.

Hanke lähtee tyypillisesti käyntiin tilaajan antamista lähtötiedoista. Näin ollen niiden pitäisi olla selkeästi esitetty ja niissä pitäisi olla tarkemmin kuvattu mitä laatutasoa hankkeessa tavoitellaan, missä on hankkeen painoarvo ja paljonko ollaan valmiita investoimaan. Tämän avulla pystyttäisiin nykyistä paremmin ohjata hankkeen suunnittelua.

Asiantuntijoiden kokemuksen perusteella talotekniikkaurakka ei välttämättä ole valmis, kun hanke olisi tarkoitus luovuttaa. Tärkeänä kriteerinä olisi saada toiminnanvarmistus suoritettua. Tämän takia toteutuksen suunnittelussa tulisi ennakoida enemmän ja huomioida mahdolliset hankkeen hidastustekijät. Talotekniikkaurakoitsijoiden pitäisi päästä vaikuttamaan hankkeen aikatauluun aikaisessa vaiheessa tai päätoteuttajan puolella tulisi olla enemmän osuudesta talotekniikan tuotannonsuunnittelusta ja -ohjauksesta. Näiden lisäksi hankkeiden bonusmallin koettiin tarpeelliseksi sisältyä myös tate-urakoitsijan sopimukseen.

### **Talotekniikkaurakoiden maksuerät**

Talotekniikkaurakoinnin maksueristä havaitut ongelmat nähtiin lähinnä projektikohtaisina. Haasteena on havaittu myös aikataulun venyminen, jolloin toteutusta ei voida suorittaa silloin kuin on sovittu. Osallistujat kokivat, että ensimmäinen askel on ymmärtää, miten maksueriä tulisi käyttää koko ketjussa tilaajasta toimittajiin. Tämä tarkoittaa sitä, että hankkeen osapuolet määrittäisivät yhdessä kuinka isoja kokonaismaksuerät tulevat olemaan hankkeessa. Tämän lisäksi sovitaan, mihin ensimmäinen ja viimeinen maksuerä sijoittuvat hankkeessa. Tässä vaiheessa on syytä määritellä myös, kuinka suuri osuus kokonaisuudesta on ensimmäistä ja viimeistä maksuerää. Osallistujien mielestä kenenkään ei kuuluisi toimia rahoittajana. Näin ollen maksuerien pitäisi toteutua tasapainossa työn kanssa tai ehkä hieman etupainotteisesti.

Maksueriä muodostettaessa voisi mahdollisesti hyödyntää myös tahtituotantomenetelmää. Siinä maksuerät tehdään tahtialueiden mukaisesti, mutta niiden ei tarvitse olla riippuvaisia sijainneista. Tahtituotantomenetelmässä maksuerät voidaan sitoa paremmin alueiden mukaan perinteisemmän prosenttiluvun sijasta. Tahtialueisiin sidotut maksuerät kannustavat tahtialueiden valmistumiseen tilaajan edellyttämällä tavalla.

### **2.4.2 Talotekniikkasuunnittelun prosessit ja käytännöt**

#### **Talotekniikkasuunnittelu ja -hankinnan yhteensovittaminen**

Hankkeissa tapahtuu nykyään paljon ryntäystä ja päivittämistä, mikä lisää paineita tuotannon tahdistuessa. Talotekniikkasuunnittelun aikaistaminen ei kuitenkaan ole isossa mittakaavassa realistista. Näin ollen tarvittava muutos kohdistuu ennemmin suunnittelun johtamiseen ja urakkahankinnan prosessin muuttamiseen.

Osallistujien mukaan suunnittelun voisi pilkkoa pienempiin eriin. Erien tarkoituksena on määrittellä jokaiselle osalle omat lähtötietotarpeet. Lähtötiedoissa tulisi olla sovittuna millä tiedoilla edetään suunnitteluun ja millä hankitaan. Talotekniikan keskuslaitteita ja vakiolaitteita voisi käsitellä enemmän toisistaan eriytettyinä: keskuslaitteet päätetään aiemmin ja vakiotuotteiden osalta urakoitsijat voitaisiin valita tilastollisten massa- ja määrätietojen perusteella ilman tarkempia suunnitelmia.

Osallistujien kokemuksen perusteella toteutus suunnittelulle tarvitaan oma tarkka aikataulu, joka on sidottu muihin hankkeen tehtäviin. Tarkempi aikataulu mahdollistaisi ennakkoinnin ja riittävän ajan lähtötietojen selvittämiseen. Samaan aikatauluun tulisi siis integroida lähtötietojen hankkiminen, asiakkaan päätöksenteko, suunnitteluvaiheet, hankinta, materiaalityöt ja asennustyö. Suunnittelu-aikataulun johtamiseen työpajan osallistujat suosittelivat käyttävän Last Planner -menetelmää.

### **Talotekniikkaurakoitsijan osallistuminen**

Talotekniikkaurakoinnin osaamista voitaisiin hyödyntää enemmän talotekniikka-suunnittelussa. Talotekniikkaurakoitsijan ollessa mukana suunnitteluvaiheessa voivat he vaikuttaa tuotteiden ja järjestelmien valintapäätöksissä. Tämän avulla suunnitelmissa esitetään vain yhdessä päätettyjä komponentteja.

Mikäli talotekniikkaurakoitsija on vahvasti mukana hankkeen suunnitteluvaiheen päätöksenteossa, on hyvin tärkeää sopia molempien osapuolien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden, vastuut tarkasti. Sopimuksessa täytyy tulla ilmi talotekniikkaurakoitsijan rajapinta eli mihin urakoitsijan tulisi osallistua. Urakoitsijan lisäksi myös ylläpidon roolia talotekniikkasuunnittelussa tulee vahvistaa.

### **2.4.3 Talotekniikan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus osana koko työmaata**

#### **Talotekniikkaurakoinnin aikataulusuunnittelu**

Osallistujien mielestä talotekniikkaurakoitsija tulisi ottaa mukaan työmaan aikataulusuunnitteluun. Rakennustekniikan aikataulutajille talotekniikan käyttöönoton aikataulutusta voi olla normaalista poikkeava. Näin ollen käyttöönoton aikataulutusta voisi kehittää, jos talotekniikkaurakoitsijat olisivat mukana aiemmin. Työmaan aikataulu on yleensä laadittu etukäteen, jolloin keskustelua mm. aikavaruuksista ei käydä riittävästi.

Osallistujat ehdottivat seuraavanlaista menettelytapaa aikataulusuunnitteluun: Tilaaja määrittelee ennen pääurakoitsijan aikataulutusta, kuinka paljon hankkeen loppuvaiheeseen tarvitaan

aikaa esimerkiksi toimintakokeiden suoritukseen. Tämän jälkeen pääurakoitsija aikatauluttaa edeltävät työt siten, että ne eivät mene tilaajan määrittämän ajan kanssa päällekkäin. Tahtiaikatuoannossa edellytyksenä on, että talotekniikkaurakoitsijat ovat vahvasti mukana aikataulun suunnittelussa. Aikataulutuspöytäkirjoissa talotekniikkaurakoitsijoiden tulisi olla vastuussa mm. resurssien määrittämisestä tahtialueiden tehtäville.

### **Muutosten viestintä**

Lisä- ja muutostöiden hallintaan liittyy useita haasteita. Esimerkiksi suunnitelmamuutosten laajoista vaikutuksista ei ole päätöksentekijöillä tietoa ja muutoksista viestitään heikosti. Osallistujien mielestä tähän haasteeseen pitäisi tuoda helpotusta nykyaikaisilla teknologioilla ja menetelmillä, joilla muutoksia voidaan arvioida systemaattisemmin ja analyttisemmin.

Yhtenä kehitysehdotuksena oli kannustaa asentajia käyttämään aktiivisemmin digitaalisia sovelluksia. Talotekniikkaurakoitsijoiden tehtävänä tulisi olla tehtyjen tehtävien kuitaaminen, kuvien liittäminen tehtäviin ja ongelmatilanteisiin ja muutoinkin dokumentoida tehdyt asennukset. Osa asentajista dokumentoi muutokset kuitenkin vain paperikuviiin. Yhtenäinen digitaalinen sovellus voisi toimia kytkentänä alustaan, johon kaikki asentajat voisivat merkitä tehdyn työn ja siihen liittyvät huomiot. Samaa digitaalista alustaa voisi hyödyntää myös koko hankkeen aikataulun valvonnassa.

Muutosten digitaalisen viestinnän myötä prosessi helpottuisi, mutta joidenkin talotekniikka-komponenttien massoittelu on edelleen haastavaa. Pääurakoitsijoiden näkökulmasta lisä- ja muutostöiden hallintaan pitäisi kehittää prosessi, jossa on määritelty miten arkkitehdin muutos vaikuttaa koko ketjuun. Suunnittelijoiden mielestä muutosmäärä-luettelon tekeminen on mahdollista. Siinä on kuitenkin huomioitava, että pisteiden siirtyminen on myös muutos, jolla on yleensä kustannus- ja aikatauluvaikutus, vaikka itse määrät eivät muuttuisi. Lisäksi osapuolten mielestä tilaajan on ymmärrettävä, minkälaiset muutokset ja missä vaiheessa hanketta aiheuttavat isoja kustannuksia.



## 3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Haastattelut, kyselytutkimus ja asiantuntijatyöpaja tuottivat useita ehdotuksia siitä, miten taloteknisten järjestelmien roolia voisi parantaa osana rakennushankkeita ja niiden johtamista. Näiden ehdotusten ja Aalto-yliopiston aikaisemman tutkimustyön pohjalta muodostettiin yhdeksän suositusta rakennusalan toimijoille (Taulukko 16). Suositukset on kohdistettu etenkin laajoihin ja monimutkaisiin hankkeisiin. Suosituksista kolme liittyy hankemuotoihin ja sopimuksiin, kolme suunnittelukäytäntöihin ja kolme tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen. Suositukset voidaan jakaa teemoittain myös kolmeen kehityslinjaan: 1) yhteistoiminnan lisääminen, 2) prosessien ja käytäntöjen muuttaminen, ja 3) teknologioiden ja tuotekehityksen hyödyntäminen. Seuraavaksi avaamme suosituksia tarkemmin näiden kolmen kehityslinjan pohjalta.

Taulukko 16. Suositukset rakennusalan toimijoille

Hankemuodot ja sopimukset	Talotekniikan suunnittelu	Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus
1. Tate-asennuksen osaamisen vahvistaminen hankkeen kehitysvaiheessa	4. Suunnittelun aikataulun suunnittelu ja sovittaminen muihin hankkeen tehtäviin	7. Tate-urakoitsijan osallistaminen työmaan aikataulusuunnitteluun
2. Laadun, osaamisen ja projektin tavoitteiden painottaminen tate-urakoinnin hankinnassa	5. Hankintaa ja toteutusta palvelevan suunnittelun eriyttäminen tarpeen mukaan	8. Paremmat menetelmät muutosten laajojen vaikutusten arviointiin ja kommunikointiin
3. Tasapainoisemmat ja läpinäkyvämmät tate-urakoinnin maksuerät	6. Tuotteistettujen esivalmisteiden systemaattisempi hyödyntäminen	9. Työntekijälähtöiset digitaaliset sovellukset muutosten hallintaan ja aikataulun seurantaan

### 3.1 Yhteistoiminnan lisääminen

Tutkimus osoitti kautta linjan, että rakennushankkeen osapuolten välistä yhteistyötä pitää lisätä, jotta taloteknisiin järjestelmiin liittyvät suunnittelu- ja toteutushaasteet saadaan paremmin ratkottua (Taulukko 17). Ennen kaikkea tämä tarkoittaa sitä, että talotekniikkaurakoitsijaa osallistetaan selvästi nykyistä enemmän sekä rakennuksen suunnitteluvaiheessa että tuotannosuunnittelussa.

Taulukko 17. Suositukset yhteistoiminnan lisäämiseksi

Miksi?	Mitä?	Miten?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Talotekniikan asentamisen osaaminen kriittistä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tate-asennuksen osaamisen vahvistaminen hankkeen kehitysvaiheessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tate-urakoitsija allianssin tai pj-urakan osapuolena</li> </ul>

<p>kustannustehokkaiden tate-järjestelmien suunnittelussa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Osaaminen ja yhteistyökyvykkyys korostuu hankkeissa entistä enemmän</li> <li>• Tate-urakoitsijalla viimekädessä tietämys resursseista, työn tuottavuudesta ja tehtävien vaatimasta ajasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laadun, osaamisen ja projektin tavoitteiden painottaminen tate-urakoinnin hankinnassa</li> <li>• Tate-urakoitsijan osallistaminen työmaan aikataulusuunnitteluun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tate-suunnitelmien kehitysvaiheen sisällyttäminen hankkeisiin</li> <li>• Päätoteuttajien tate-osaamisen vahvistaminen</li> <li>• Tahtituotantomenetelmän hyödyntäminen ja tate-toimijoiden koulutus</li> <li>• Enemmän mitattua tietoa aikataulusuunnittelun pohjaksi</li> </ul>
---	--	---

Talotekniikan asennusosaamista tarvitaan nykyistä enemmän hakkeiden kehitys- ja suunnitteluvaiheissa varmistamaan suunnitelmien toteutettavuus ja kustannustehokkuus. Rinnakkainen työmaan hukkaa tutkinut hanke osoitti, että etenkin putkiasentajat tekevät työmaalla paljon näkymätöntä suunnittelutyötä, kun asentaminen ei ole mahdollista täsmälleen laadittujen suunnitelmien mukaisesti. Asennusosaamisen tuominen kehitys- ja suunnitteluvaiheeseen voidaan toteuttaa monella tavalla. Allianssihankeissa tate-urakoitsijan tulisi olla sopimuksen osapuoli ja päästä näin vaikuttamaan hankkeeseen jo aikaisessa vaiheessa. Tate-urakan hankinta pj-urakkamallilla on toinen vaihtoehto. Merkittävästi talotekniikkaan keskittyvässä hankkeessa tate-urakoitsija voisi olla hankkeen pääurakoitsijana ja hankkia rakennustekniset työt muilta urakoitsijoilta. Tate-urakoitsijan osallistamisen ohella vaihtoehtona on tate-asennuksen osaamisen vahvistaminen pääurakoitsijoiden projektiorganisaatioissa. Tällöin suunnitelmat paranevat tuotannon näkökulmasta, vaikka tate-urakoitsija sitoutuu hankkeeseen vasta myöhemmässä vaiheessa.

Myös tate-urakoitsijan valinnan kriteereitä tulisi tarkastella nykyistä laajemmin. Tutkimus osoitti, että urakoitsijan valinnassa painotetaan liikaa hintaa. Osaamisen ja yhteistyökyvykkyuden rooli isoissa hankkeissa kasvaa ja siksi myös hankintakriteereissä tulisi painottaa nykyistä enemmän näitä laadun ohella. Myös perinteisemmissä hankemuodoissa tate-suunnitelmien kehitysvaihe tulisi sisällyttää hankkeisiin ennen tuotannon aloittamista. Kehitysvaiheessa eri osapuolet antavat osaamisensa suunnitelmien kehittämiseen, jotta tuotantovaihe sujuisi mahdollisimman häiriöttömästi. Vastaavaa mallia on sovellettu jo esimerkiksi infrarakentamisessa (Suunnittele-Kehitä-Toteuta-malli).

Suunnittelun ohella tutkimuksessa nousi selkeä tarve lisätä tate-urakoitsijan osallistamista työmaan aikataulusuunnittelussa. Tate-urakoitsijoilla on paras näkemys tarvittavista resursseista, työn tuottavuudesta ja tehtävien vaatimasta ajasta, ja tätä tietoa tulisi paremmin hyödyntää pitäen samalla mielessä koko hankkeen aikataulutavoitteet. Tahtituotantomenetelmän yleistyessä aikataulujen tulee olla entistä tarkempia ja tähän tarvitaan tate-urakoitsijoiden ja asentajien panosta. Myös mitattua tietoa tulisi hyödyntää aikataulusuunnittelussa enemmän: nykyisellään tate-asennustehtävien aikataulusuunnitelmat ovat varsin väljiä ja niiden työtä ohjaava vaikutus on vähäinen.

## 3.2 Prosessien ja käytäntöjen muuttaminen

Toinen kokonaisuus suosituksia liittyy nykyisten prosessien ja käytäntöjen kehittämiseen, etenkin talotekniikan suunnittelun osalta (Taulukko 18). Tutkimus osoitti, että isoissa hankkeissa talotekniikan suunnittelutyö on pitkälti reagointia kiireellisiin vaatimuksiin ja työn ennakointi on haastavaa. Suunnittelua tehdään paljon turhaan ja uudestaan kun toteutussuunnitelmia laaditaan hankintaa varten ennen kuin lähtötiedot ja tilaajan päätökset ovat selvillä. Tämä kaikki johtaa merkittävään hukkaan suunnittelutyössä. Kun toteutuksen aikana suunnitelmia tulisi muuttaa tarkentuneiden lähtötietojen pohjalta, hankkeelle varattu suunnitteluresurssi on jo käytetty ja suunnittelijat ovat seuraavissa hankkeissaan.

Taulukko 18. Suositukset prosessien ja käytäntöjen muuttamiseksi

Miksi?	Mitä?	Miten?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittelutyö reagoivaa ilman ennakkointia</li> <li>Paljon turhaa suunnittelua, jota tehdään uudestaan, kun lähtötiedot tarkentuvat tai muuttuvat</li> <li>Suunnitteluresurssi käytetty kun toteutus alkaa</li> <li>Tate-urakoitsijat kokevat joutuvansa rahoittajiksi joissain hankkeissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittelun aikataulun suunnittelu ja sovittaminen muihin hankkeen tehtäviin</li> <li>Hankintaa ja toteutusta palvelevan suunnittelun eriyttäminen tarpeen mukaan</li> <li>Tasapainoisemmat ja läpinäkyvämmät tate-urakoinnin maksuerät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kokonaisaikataulu: Lähtötiedot → Päätökset → Suunnitelmat → Hankinnat → Asennus → Käyttöönotto</li> <li>Last Plannerin käyttö suunnittelun ohjauksessa</li> <li>Tate-hankintojen pilkkominen kiinteään ja muuntuvaan osaan tai valmiilla suunnitelmilla ja massoilla hankittavaan osaan</li> </ul>

Keskeisenä suosituksena on, että a) talotekniikan suunnittelua tulee osittaa paremmin vastaamaan hankkeen tarpeita, ja että b) suunnittelun aikataulu tulee suunnitella paremmin osaksi koko hankkeen kokonaisaikataulua. Suunnittelu tulisi osittaa selkeämmin hankintaa ja toteutusta palvelevaan suunnitteluun. Avainasemassa on muuttaa hankinnan asiakirjoja siten, että niiltä osin kuin lopullisia toteutussuunnitelmia ei vielä voida laatia, mallinnetaan massoja ja määriä esimerkiksi rakennuksen koon ja tilatyypin alustavan varustelutason pohjalta. Tämä malli vastaa myös SKOL:n ehdotusta suunnittelun jakamisesta tarkasti mallinnettuun kiinteään perusosaan, tilastollisia tietoja määristä hyödyntävään puolikiinteään perusosaan ja muuntuvaan tilaosaan. Käytännössä kiinteä perusosa kattaisi mm. keskuslaitteet ja esim. LVI-kanavistojen ja sähköpisteiden määrät laskettaisiin hankintavaiheessa ilman tarkkoja toteutussuunnitelmia.

Suunnittelun aikataulun suunnittelu tarkoittaa puolestaan sitä, että tarvitaan täsmällisempi aikataulu siitä, miten eri järjestelmiin ja tiloihin liittyvät lähtötiedot, päätökset ja suunnitelmat nivoutuvat hankintaan, materiaalityöihin, asennukseen ja käyttöönottoon. Käytännössä

tällainen suunnitelmallisuus vastaa tahtituotannon menetelmien ulottamista työmaata edeltäviin vaiheisiin. Kokonaisuakataulun viikoittaisessa ohjauksessa suositellaan käytettäväksi Last Planner menetelmää, jonka avulla johdetaan eri osapuolten viikkotehtävien suunnittelua ja niihin sitoutumista, poistetaan tehtävien esteitä ja varmistetaan suunniteltujen tehtävien toteutuminen.

Kolmas suositus liittyy talotekniikan maksuerien käytöntöihin. Tutkimus osoitti, että tate-urakoitsijoiden ja pääurakoitsijoiden kesken esiintyy erimielisyyttä siitä ovatko toteutettujen töiden maksuerät tasapainoisia ja liian takapainotteisia, tate-urakoitsijoiden painottaessa jälkimmäistä näkemystä. Suosituksena onkin, että maksuerissä siirrytään tasapainoisempaan malliin, jossa tate-urakoitsijat eivät joudu tarpeettomasti hankkeen rahoittajan rooliin. Tahtituotannon aikaansaama parempi näkyvyys tuotannon etenemiseen edesauttaa sitä, että maksuerät toteutuvat lähes reaaliaikaisesti tuotannon edistymisen mukaan.

### 3.3 Teknologioiden ja tuotekehityksen hyödyntäminen

Kolmas kokonaisuus suosituksista koskee teknologioiden ja tuotekehityksen nykyistä laajempaa ja systemaattisempaa hyödyntämistä talotekniikassa (Taulukko 19). Kaupallisia vakioituja talotekniikan tuotteita käytetään paljon Suomessa, mutta suurempia taloteknisiä kokonaisuuksia koskevia esivalmisteita, kuten konehuoneita, pystykuiluja, käytäväelementtejä, putkistoja, johtosarjoja, kylpyhuone-elementtejä ja -hormeja, hyödynnetään edelleenkin suhteellisen harvoissa projekteissa. Esivalmisteet nopeuttavat hanketta, parantavat monissa tapauksissa laatua sekä vähentävät merkittävästi työntekijän materiaalien haalaukseen ja valmisteluun liittyvää aikaa työmaalla. Materiaaleihin liittyvät valmistelutehtävät ovat työmaan hukkaa tutkineen hankkeen perusteella merkittävän arvoa tuottamaton työvaihe talotekniikan asentajilla.

Lisäksi on havaittu, että nykyiset esivalmisteiden tuottajat ovat tulevat monessa tapauksessa perinteisen tate-urakoinnin ulkopuolelta. Tähän on osasyynä muiden toimialojen esivalmistusta paremmin suosivat työehtosopimukset. Suosituksena onkin, että tate-urakoitsijoiden, -suunnittelijoiden ja -asentajien tulisi yhdessä kehittää esivalmistuksen menetelmiä ja käytäntöjä, jotka mahdollistavat kaikille osapuolille kilpailukyisen roolin rakennushankkeissa. Nykyisessä kehityksessä on alan kannalta vaarana, että talotekniikan liiketoimintaa siirtyy yhä kiihtyvässä määrin muille toimijoille ja toimialoille. Mallia voitaisiin ottaa esim. USA:sta, jossa tate-urakoitsijat ovat aktiivisesti kehittäneet esivalmistukseen liittyvää suunnittelu- ja mallin- nusosaamista ja kehittäneet työntekijäliittojen kanssa sopimuksia, joissa esivalmistuksesta hyötyvät tasapuolisesti kaikki osapuolet. Lisäksi tate-urakoitsijat voisivat lisätä yksinkertaisempaa tate-osien esivalmistelua ja -asennusta työmaalla tai sen läheisyydessä, vaikka hankkeen suunnitelmissa ei olisikaan erityisesti varauduttu laajaan esivalmistamiseen.

Taulukko 18. Suositukset teknologioiden ja tuotekehityksen hyödyntämisestä

Miksi?	Mitä?	Miten?
--------	-------	--------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuoteinnovaatioiden hyötyjä ei kyetä ulosmittaamaan hankkeissa</li> <li>• Prosessit ja sopimukset eivät taivu esivalmistamiseen</li> <li>• Muutoksia tehdään hallitsemattomasti ja ilman tietoa kokonaisvaikutuksista</li> <li>• Työmaa ei saa päivitettyjä suunnitelmia ja työmaalla tehdyt muutokset eivät päivitty suunnitelmiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuotteistettujen esivalmisteiden systemaattisempi hyödyntäminen</li> <li>• Paremmat menetelmät muutosten laajojen vaikutusten arviointiin ja kommunikointiin</li> <li>• Työntekijälähtöiset digitaaliset sovellukset muutosten hallintaan ja aikataulun seurantaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosessin ja suunnitteluosaamisen kehittäminen esivalmisteiden hyödyntämiseksi</li> <li>• Tate-urakoitsijoiden, -suunnittelijoiden ja –asentajien yhteinen kehitystyö esivalmistukseen</li> <li>• Prosessi/mallinnustyökalu muutosten vaikutusten arvioimiseksi hankkeessa</li> <li>• Työntekijälähtöisten kommunikointi- ja raportointisovellusten kehittäminen</li> </ul>
---	--	--

Toisena suosituksena nostetaan esille prosessin tai mallinnustyökalun kehittäminen rakennushankkeiden muutosten vaikutusten arviointiin ja hallintaan. Tällä hetkellä etenkin talotekniikka-asentaminen kärsii paljon suunnitelmamuutoksista rakennushankkeissa. Muutosten vaikutukset lisä- ja muutostöihin ja niiden kustannuksiin tulevat usein yllätyksenä. Vaikuttaa siltä, että päätöksiä muutoksista tehdään ilman tietoa niiden kokonaisvaikutuksista. Rakennusalalla tarvitaan systemaattisempia malleja ja työkaluja muutosten arviointiin. Tämä ei hyödyttäisi pelkästään talotekniikkaa vai kaikkia rakentamisen erikoisaloja ja hankkeen osapuolia.

Kolmas suositus liittyy työntekijälähtöisten digitaalisten sovellusten kehittämiseen hankkeen muutosten viestintään ja aikataulun hallintaan. Työmaalla edelleen käytetään paperisuunnitelmia, jotka eivät ole ajan tasalla. Myöskään työmailla tehdyistä muutoksista ei viestitä takaisin suunnittelijoille. Tarvitaan käyttäjäystävällisiä digitaalisia työkaluja, joiden kautta asentajilla on helppo pääsy kriittisiin suunnitelmiin ja joilla kommunikointi ja viestintä työmaan ja suunnittelun välillä mahdollistuu tehokkaasti. Sovelluksilla voitaisiin samalla viestiä työn etenemisestä ja jakaa ennakkotietoa siitä mitkä mestat ovat vapaana tate-asentajille. Rinnakkaishankkeen analyysin mukaan merkittävä osa työntekijöiden hukasta aiheutuu epäselvyyksissä siitä missä työkohteissa on edellytyksiä työn tekemiselle. Toimivalla sovelluksella pysyttäisiin jakamaan tilannekuva työkohteiden etenemisestä tehokkaasti kaikille hankkeen osapuolille. Yksi digitaalisten sovellusten käyttöönottoa edistävä tekijä on tietomallikoulutuksen lisääminen tate-asentajien peruskoulutuksessa.

### 3.4 Tiekartta kehittämistoimille

Annettuja suosituksia tarkasteltiin lopuksi niiden käyttöönoton vaatiman panostuksen näkökulmasta (Kuva 3). Useat suosituksista on sellaisia, että niiden käyttöönotto on suhteellisen suoraviivaista ja vaatii lähinnä yhden tai kahden keskeisen sidosryhmän sitoutumista muutokseen. Tällaisia ovat esim. urakoinnin hankintakriteerien muuttaminen, maksuerien

kehittäminen reilummiksi ja tate-asennuksen osaamisen mukaanotto hankekehitykseen ja aikataulusuunnitteluun. Rakennuttaja ja pääurakoitsija voivat useimmissa tapauksissa edistää näitä kehitystoimia.



Kuva 3 Tiekartta kehittämistoimien edistämiseksi

Osa suositelluista kehitystoimista vaatii kuitenkin laajempaa alan yhteistä kehittämistä ennen kuin käyttöönotto on laajasti mahdollista. Näitä ovat mm. suunnittelun aikataulun suunnittelu, jota tulee kehittää tate-suunnittelijoiden, tilaajien ja urakoitsijoiden kesken. Esivalmisteiden laaja hyödyntäminen puolestaan vaatii ainakin suunnittelijan, urakoitsijoiden ja työntekijän näkökulmien yhdistämistä. Digitaalisia sovelluksia kehittämään tarvitaan projektitoimijoiden ulkopuolisia IT-kumppaneita. Hankintaa ja toteutusta palvelevan suunnittelun eriyttäminen on esimerkki toimesta, jossa suunnittelijat ja urakoitsijat ovat jo lähteneet liikkeelle. Siksi sen käyttöönotto voi tapahtua suhteellisen nopeasti. Selkeästi lisätutkimusta vaativa toimi on puolestaan muutosten vaikutusten arviointimenetelmän kehittäminen: Tarvitaan lisää ymmärrystä muutosten erilaisista vaikutuksista ennen kuin voidaan edetä varsinaiseen menetelmän kehitystyöhön.

### 3.5 Yhteenveto

Tämän tutkimuksessa tavoitteena oli kehittää talotekniikan prosessia osana rakennushankkeen johtamista. Tutkimus toteutettiin tunnistamalla nykykäytäntöjen puutteita ja kehittämällä suosituksia puutteiden korjaamiseksi.

Tutkimus osoitti, että talotekniset järjestelmät ja niiden onnistunut suunnittelu ja toteutus ovat merkittävä tekijä koko rakennushankkeen onnistumiselle. Analyysin mukaan etenkin isojen ja monimutkaisten rakennushankkeiden prosesseissa on merkittäviä puutteita siinä, miten taloteknisten järjestelmien suunnittelua, hankintaa ja toteutusta johdetaan osana koko rakennushanketta ja miten nämä eri projektin vaiheet integroituvat talotekniikan osalta saumattomasti toisiinsa.

Aiempi Itävallassa toteutettu vastaava tutkimus tunnisti merkittävimmiksi ongelmien juurisyiksi a) suunnitelmien muutokset toteutuksen aikana, b) talotekniikkaa koskevien päätösten puute tai tekeminen liian myöhään ja c) talotekniikan toteutuksen ja hankinnan välinen

riittämätön koordinointi. Samat ongelmat nousivat esille myös tässä tutkimuksessa. Lisäksi nousi esille työmaan aikataulun hallinnan ja toteutuksen ongelmia, jotka osaltaan johtuvat suunnittelun ja hankinnan prosessien puutteista.

Tutkimus tuotti suosituksia talotekniikan hankemuotojen ja sopimusten kehittämiseen, talotekniikan suunnitteluprosessiin sekä työmaan tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen. Näistä merkittävimmät koskivat tate-urakoinnin ja -asennuksen asiantuntijuuden vahvistamista hankkeen kehittämiseen ja suunnitteluun liittyvissä tehtävissä. Yhteistoimintaa tate-osapuolten kesken ja tate-osapuolten ja muiden hankkeen toimijoiden kesken tarvitaan nykyistä enemmän, jotta talotekniset järjestelmät ja niiden toteutus mahdollistavat paremmin kokorakennushankkeen onnistumisen. Yhteistoiminnan ja osaamisen lisäämisen tarve ei koske pelkästään projekteja ja niiden organisaatioita, vaan yhteistoimintaa ja oppimista tulee edistää myös rakennusalan tutkinto- ja jatkokoulutuksessa sekä koko kira-alan tutkimus- ja kehitystoimissa. Vähentämällä siloutumista toisaalta tate-suunnittelun, -urakoinnin, ja -asennuksen välillä ja toisaalta tate-alan ja muun rakennusalan välillä mahdollistetaan jatkuva vuoropuhelu ja yhteisen kulttuurin kehittyminen. Rakennusalan keskeiset haasteet ovat teknisten järjestelmien, tehtävien, asiantuntijaroolien ja niitä edustavien organisaatioiden rajapinnoissa. Siksi haasteiden ratkomiseen ja koko rakentamisen systemiseen muutokseen tarvitaan mukaan kaikkia keskeisiä toimijoita.

## 4 Keskeiset lähteet

Katarina Varteva. Talotekniikan prosessin kehittäminen rakennushankkeen johtamisessa. (2021) Diplomityö. Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/109325>

Michael Monsberger & Michael Fruhwirth. (2018). Die Gebäudetechnik im österreichischen Bauprozess. Graz: Institut für baubetrieb und bauwirtschaft. Saatavilla: [https://www.metalltechnischeindustrie.at/fileadmin/content/Dokumente/Branchenbetreuung/Tech.\\_Geb%C3%A4udeausr%C3%BCster-VTGA/Studie\\_Die\\_Geb%C3%A4udetechnik\\_im\\_%C3%B6sterreichischen\\_Bauprozess.pdf](https://www.metalltechnischeindustrie.at/fileadmin/content/Dokumente/Branchenbetreuung/Tech._Geb%C3%A4udeausr%C3%BCster-VTGA/Studie_Die_Geb%C3%A4udetechnik_im_%C3%B6sterreichischen_Bauprozess.pdf)

Muut lähteet löytyvät Katarina Vartevan diplomityöstä: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/109325>



# 5 Liitteet

## Liite 1 Haastattelurunko

### Kerro itsestäsi ja taustastasi

#### 1. Hankemuodot, sopimukset ja vastuut

Yhteistoiminnalliset hankkeet (mm. allianssi)  
MRL:n uudistus ja vastuut  
Hankintamallit ja menettelyt

#### 2. Tate-suunnittelu

Suunnittelunohjaus ja suunnitelmien koordinointi  
Tate urakoitsijoiden osallistuminen  
Suunnitelmien laatu  
Suunnitelmien joustavuus

#### 3. Riskien hallinta

#### 4. Esivalmistus ja TATE-tuotekehitys

Mahdollisuudet  
Esteet ja mahdollistajat

#### 5. Tuotannon suunnittelu ja ohjaus

Aikataulusuunnittelu (esim. tahtituotanto)  
Aikataulun johtaminen  
Laadunohjaus  
Kustannusten hallinta  
Logistiikan hallinta ja menetelmät

#### 6. Luovutus, käyttöönotto ja takuu aika

#### 7. Hankkeen kommunikointi ja viestintä

Johtamismenetelmät  
Palaverikäytännöt  
Tiedonkulku ja tilannetiedon jakaminen

#### 8. Ympäristövaikutusten hallinta

#### 9. Teknologioiden hyödyntäminen

BIM tietomallinnus ja koordinointi  
mallinnuksen tarkkuus, esim. kannakoinnit  
suunnittelun automatisointi  
Laserkeilaus?

#### Mitä muuta?

## Liite 2 Kyselylomake

### **Yleiset kysymykset**

1. Mikä on ikäsi?
2. Minkälaisissa rakennushankkeissa olet työskennellyt? Voit valita useamman vaihtoehdon.
3. Oletko työskennellyt enemmän
4. Montako työntekijää nykyisellä työnantajallasi työskentelee?
5. Mikä on yksikkösi päätoimiala?
6. Missä alan työtehtävässä toimit?
7. Montako vuotta olet työskennellyt kiinteistö- ja rakennusosalalla?

### **Sopimukset, hankemuodot ja hankinnat**

8. Miten nykyiset talotekniikkaurakan kilpailutuskäytännöt vaikuttavat lopputuloksen laatuun?
9. Tulisiko talotekniikkaurakoiden hankinnassa voida hyödyntää tilaajan tarjoamia valmiita määräluetteloita?
10. Talotekniikkaurakan kustannusarvio tulisi pystyä antamaan ennen lopullisia toteutussuunnitelmia?
11. Talotekniikan tehtäviä voidaan pilkkoa hankintakokonaisuuksiin. Mitä mieltä olet tyyppillisistä hankintakokonaisuuksista?
12. Mitä mieltä olet talotekniikan urakkarajojen selkeydestä?
13. Mitä mieltä olet talotekniikkaurakan maksuerien aikatauluista?
14. Miten mielestäsi työehtosopimukset (TES) vaikuttavat talotekniikan asennustyön työtapojen ja tuottavuuden kehittämiseen?
15. Miten mielestäsi työehtosopimukset (TES) määrittelevät talotekniikan urakatyötehtäviä ja niiden hinnoittelua?
16. Yhteistoiminnalliset allianssihankkeet ovat yleistyneet. Pitäisikö talotekniikkaurakoitsijoiden olla mukana allianssisopimuksessa?
17. Mitä muuta haluat sanoa talotekniikan sopimuksista, hankemuodoista ja hankinnoista?

### **Talotekniikkasuunnittelu**

18. Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkasuunnitelmien rakennettavuuteen ja toteutettavuuteen käytännössä?
19. Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkasuunnitelmien tietosisällön kattavuuteen?
20. Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkasuunnitelmien virheettömyyteen?
21. Kuinka tyytyväinen olet talotekniikkatietomallien hyödyntämiseen hankkeissa?
22. Tulisiko talotekniikkaurakoitsijoita hyödyntää enemmän hankkeen suunnitteluvaiheessa?
23. Onko pääurakoitsijoilla riittävästi osaamista osallistua talotekniikan suunnitteluvaiheeseen?
24. Toimiiko talotekniikkasuunnittelun ja -hankinnan aikataulujen yhteensovittaminen?
25. Toimiiko talotekniikkasuunnittelijoiden ja työmaaorganisaation välinen tiedon jakaminen ja kommunikointi?

26. Kuinka tyytyväinen olet vaihtoehtoisten talotekniikkatuotteiden ehdotus- ja hyväksyntämenettelyihin?
27. Mitä muuta haluat sanoa talotekniikkasuunnittelusta?

### **Tuotekehitys, esivalmistus ja logistiikka**

28. Tuoko talotekniikan esivalmistus lisäarvoa rakennushankkeisiin?
29. Tuoko talotekniikan yhteiskannakoinnin hyödyntäminen lisäarvoa rakennushankkeisiin?
30. Tulisiko talotekniikassa hyödyntää nykyistä enemmän vakioituja ja tuotteistettuja ratkaisuja?
31. Kuinka tyytyväinen olet talotekniikan materiaali- ja tuotetilausten sekä -toimitusten suunnitelmallisuuteen?
32. Tulisiko talotekniikan tuotteiden logistiikka järjestää osana koko työmaata koskevaa erillistä logistiikkapalvelua?
33. Mitä muuta haluat sanoa talotekniikan tuotekehityksestä, esivalmistuksesta ja logistiikasta?

### **Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus**

34. Miten paljon talotekniikkaurakoitsijoita tulisi osallistaa työmaan aikataulusuunnitteluun?
35. Kuinka tyytyväinen olet taloteknisten töiden työmaa-aikataulun tarkkuustasoon?
36. Tahtituotantomenetelmä on yleistynyt rakennushankkeissa. Miten hyvin tahtituotanto soveltuu mielestäsi taloteknisiin asennustöihin?
37. Kuinka tyytyväinen olet talotekniikan lisä- ja muutostöiden hallinnan nykyisiin käytäntöihin?
38. Miten hyvin suunnitellut työmaa-aikataulut toteutuvat talotekniikan osalta?
39. Miten hyvin rakentamisen aikataulumuutoksista viestitään talotekniikkaurakoitsijalle ja työmaalle?
40. Varataanko taloteknisten järjestelmien testaukseen ja luovutukseen riittävästi aikaa?
41. Tuoko yhteistoiminnallinen aikataulusuunnittelun (Last Plannerin) hyödyntäminen lisäarvoa taloteknisten asennustöiden tuotannonohjaukseen?
42. Mitä muuta haluat sanoa talotekniikan tuotannonsuunnittelusta ja -ohjauksesta?

### **Hankkeen kommunikointi ja yhteistyö**

43. Kuinka tyytyväinen olet rakennushankkeen eri osapuolten väliseen kunnioitukseen, luottamukseen ja yhteistyöhalukkuuteen?
44. Miten eri työryhmien välinen yhteistyö toimii työmaalla?
45. Kuinka tyytyväinen olet urakoitsijapalavereiden nykykäytäntöön?
46. Kuinka usein urakoitsijapalavereita pitäisi järjestää?
47. Tuoko talotekniikkasuunnittelijoiden osallistuminen työmaakokouksiin lisäarvoa?
48. Miten paljon talotekniikan suunnitelmamuutokset aiheuttavat ongelmia työmaan toiminnassa?
49. Kuinka hyvin talotekniikan suunnitelmista poikkeava toteutus työmaalla päivittyy takaisin suunnitelmiin?
50. Tulisiko tilaajien ja pääurakoitsijoiden käyttää nykyistä enemmän samoja talotekniikkaurakoitsijoita ja -tiimejä eri hankkeissaan?

*51. Kuinka paljon digitaalisia sovelluksia käytetään työmaalla talotekniikan tehtäviin liittyen, esim. suunnitelmien ja aikataulujen tarkastelu ja työmaan raportointi?*

*52. Mitä muuta haluat sanoa hankkeen kommunikoinnista ja yhteistyöstä liittyen talotekniikkatöihin?*