

# Talotekniikan esivalmistus: esteet, mahdollistajat ja prosessi

Visio 2030 Teollinen rakentaminen -osahankkeen loppuraportti 9/2017-8/2018

Kirjoittajat<sup>1</sup>: Antti Peltokorpi, Rita Lavikka, Laura Kokko, Olli Seppänen  
Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos

## Tiivistelmä

Esivalmistusta halutaan lisätä Suomessa, sillä se tutkitusti lisää rakennusprojektien tuottavuutta. Lisäksi aikaisempi tutkimus osoittaa, että esivalmistuksella pienennetään rakennusmateriaalien hävikkiä, parannetaan rakentamisen laatua ja työntekijöiden työturvallisuutta. Esivalmistamisella voidaan myös tavoitella kustannushyötyjä, joita syntyy hyvän etukäteissuunnittelun tuloksena suunnittelu- ja rakennusprosessin eri vaiheissa, kun läpimenoajat lyhenevät, suunnittelun laatu paranee, työmaa pysyy siistinä, sekä logistiikkaketjut ja asentamisen tehokkuus paranevat.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää talotekniikan (TATE) esivalmistuksen käyttöönottoa edistäviä ja estäviä tekijöitä Suomessa. Lisäksi selvitettiin miten rakennusprojektin eri toimijat hyötyvät esivalmistuksen lisäämisestä ja miten toimijoiden on muutettava toimintaansa saadakseen hyötyjä esivalmistamisesta. Tutkimuksen aikana tehtiin kirjallisuuskatsaus, haastateltiin rakennusprojektin eri toimijoita, tutustuttiin esivalmistustyöpajoihin ja työmaakohteisiin, järjestettiin työpajoja sekä vierailtiin kansainvälisesti esivalmistuksen edistyksellisimmissä kohteissa.

Tutkimuksen tuloksena TATE-esivalmisteet jaettiin neljään eri kategoriaan: 1) tilamoduulit, 2) tekniset tilaosat, 3) keskus-, siirto- ja pääteosat, sekä 4) TATE yhteensovittaminen muihin rakennusosiin. TATE esivalmistuksen käyttöönottoa tuetaan parhaiten yhteistoiminnallisuutta lisäämällä sekä sopimuksellisesti että yhteisprosesseja kehittämällä. Esivalmistuksen pysyvä lisääminen vaatii systeemistä muutosta, jossa keskeiset toimijat sitoutuvat prosessien yhteiskehittämiseen usean projektin ajan. Tutkimuksen aikana kehitettiin suunnittelu- ja rakentamisprosessi, jolla edistetään talotekniikan esivalmisteiden hyödyntämistä rakennusprojektissa. TATE esivalmistusta tukeva prosessi poikkeaa perinteisestä rakentamisprosessista kolmen keskeisen vaiheen osalta:

1. Kartoita projektin mahdolliset esivalmistuskohteet ja niistä saatavat hyödyt yleissuunnitteluvaiheessa yhdessä arkkitehdin, tilaajan, TATE-suunnittelijan ja konsulttien (pääurakoitsijan ja/tai TATE-urakoitsijan) kesken, ja kirjaa ne *esivalmistusohjelmaan*.
2. Konsultoi TATE-esivalmistajia viimeistään toteutussuunnitteluvaiheessa, ja laadi *esivalmistesuunnitelma*, jossa määritellään parhaat esivalmisteratkaisut ja sovitaan esivalmisteiden rajapinnoista muuhun rakennukseen.
3. Sovita esivalmisteiden hankinnan ja asennuksen aikataulut yhteen muiden rakentamisen aikataulujen kanssa. Suunnittele etukäteen logistiikka ja varastointi. Kirjaa asiat *esivalmisteiden tuotannon suunnitelmaan*.

---

<sup>1</sup> Tutkimuksen toteutuksessa on ollut mukana Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen VISIO 2030 tutkimushankkeen yrityskumppanit: A-Insinöörit, Fira, Haahtela, Rakennusliike U. Lipsanen, Skanska, YIT, Granlund, Lujatalo, Parma, Ramboll, SRV, Tocoman ja Trimble.

Lisätiedot: apulaisprofessori Antti Peltokorpi: antti.peltokorpi@aalto.fi

## Tutkimuksen tausta

Teollinen rakentaminen, ja sen alla etenkin esivalmistus, on nähty keskeisenä keinona parantaa rakennusalan tuottavuutta, laatua ja luotettavuutta. Suomessa on pitkät perinteet esivalmistuksen hyödyntämisestä etenkin betonirakentamisessa. Sen sijaan monella muulla alueella, kuten talotekniikassa, esivalmistus on selvästi vähäisempää muihin maihin verrattuna (mm. USA). Visio 2030 – konsortion 14 yritystä päättivät yhdessä Aalto-yliopiston tutkijoiden kanssa syksyllä 2017, että teollinen esivalmistus – osaprojektissa lähdetään tutkimaan talotekniikan (TATE) esivalmistuksen käytönottoa edistäviä ja estäviä keinoja. Tavoitteena konsortiolla on valmiuksien kehittäminen esivalmistuksen lisäämiseksi ja viimekädessä rakennushankkeiden suorituskyvyn parantaminen.

Aikaisempi tutkimus osoittaa, että esivalmistuksella vähennetään rakennusmateriaalien hävikkiä, parannetaan rakentamisen laatua ja työntekijöiden työturvallisuutta. Esivalmistamisella voidaan myös tavoitella kustannushyötyjä, joita syntyy hyvän etukäteissuunnittelun tuloksena suunnittelu- ja rakennusprosessin eri vaiheissa, kun läpimenoajat lyhenevät, suunnittelun laatu paranee ja työmaa ja sen prosessit pysyvät järjestyksessä, sekä logistiikkaketjut ja asentamisen tehokkuus paranevat.

Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää, miten voidaan edistää talotekniikan esivalmisteen käytönottoa rakennusprojekteissa. Tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Mitkä ovat talotekniikan esivalmistuksen sovelluskohteet?
2. Mitkä tekijät estävät talotekniikan esivalmistusta? Miten esteet voidaan poistaa?
3. Miten hankkeen prosessin ja suunnittelun tulee muuttua esivalmistuksen lisääntyessä?

### Näin tutkimus toteutettiin:

- Kansainvälinen kirjallisuustutkimus talotekniikan esivalmistuksesta.
- Haastattelututkimus rakennushankkeiden asiantuntijoiden näkökulmista mm. eri toimijoiden hyötyihin esivalmistuksen lisäämisestä ja esivalmistuksen aiheuttamiin muutoksiin toimijoiden tehtävissä ja prosesseissa: 27 asiantuntijaa 21 suunnittelu- ja rakennusalan organisaatiosta Suomessa.
- Tehdas- ja työmaavierailuja sekä kansainvälisiin ja muiden alojen innovaatioympäristöihin tutustumista; Kalifornian Stanfordin yliopistossa ja Berkeleyn yliopistossa, Sveitsin Zürichissä, Ruotsin Luulajassa (Luulajan teknillinen yliopisto ja puukerrostalomoduuleja toimittava Lindbäcks) sekä Suomen Turun Meyer-telakalla.
- Esivalmistusta tukevan suunnittelu- ja rakennusprosessin käsittely ja jatkokehitys työpajoissa

## Tulokset

### Esivalmistuksen keskeiset käsitteet

Seuraavissa kahdessa alakappaleessa on lyhyesti määritelty esivalmistus ja -asennus sekä modulaarisuus.

#### *Esivalmistus ja -asennus*

Esivalmistuksella ja -asennuksella tarkoitetaan rakennuspaikan ulkopuolella tapahtuvaa tuoteosan valmistusta tai siihen kuuluvien komponenttien ali- kokoonpanoa. Esivalmistuksen avulla päästään paikkariippumattomampaan tuotantoon ja parempiin tuotanto-olosuhteisiin, jotka mahdollistavat tehokkaamman, nopeamman ja laadukkaamman tuotannon. Esivalmistus voi koskea projekti-kohtaisia tai projektista toiseen hyödynnettäviä tuoteosia ja se voidaan toteuttaa projektikohtaisissa tiloissa (esim. lähellä rakennuspaikkaa) tai pysyvissä tuotantolaitoksissa. Tuotteen kokoonpanoperusteinen modulaarisuus tyypillisesti edesauttaa esivalmistusta, koska se mahdollistaa esi-

valmistetun tuoteosan asennuksen vaatiman tuoteosien rajapintojen ja asennustyön standardisoinnin.

### *Modulaarisuus*

Modulaarisuudella tarkoitetaan monimutkaisen tuotteen, systeemin, prosessin tai organisaation yksinkertaistamista koostamalla se määritellyistä alijärjestelmistä (tuoteosat, komponentit ja moduulit), joiden keskinäiset rajapinnat ovat mahdollisimman yksinkertaisia ja standardoituja. Modulaarisuus mahdollistaa kokonaistuotteen (esim. talotekniikan järjestelmä) osittamisen paremmin hallittaviin komponentteihin (esim. tuoteosa), jotka voidaan suunnitella ja tuottaa toisistaan riippumattomasti ja kytkeä lopputuotteeksi vakioliitosten avulla.

### **Talotekniikan esivalmisteratkaisut ja niiden luokittelu**

Talotekniikan esivalmisteita voidaan hyödyntää monella eri tasolla. Yhden ääripään muodostavat kokonaiset esivalmistetut rakennukset, joihin on integroitu talotekniset järjestelmät. Toisessa ääripäässä on puolestaan pienet talotekniset osat (kuten vesimittarit ja jakotukit), joiden alikokoonpanoa voidaan tehdä tehdasmaisesti. Koska esivalmisteen laajuus vaikuttaa sen suunnittelu ja toteutusprosessiin, tässä tutkimuksessa talotekniikan esivalmisteet luokiteltiin neljään eri kategoriaan:

#### *1. Tilamoduulit*

Yksittäisen tilan tai huoneen muodostavat moduulit, jotka voidaan kytkeä rakennuksen runkoon. Kullakin tilaelementillä on tyypillisesti määritelty käyttötarkoitus (esim. potilashuone, kylpyhuone, leikkaussali). Tilamoduuli voi olla kokonaan esiasennettu tai se voi koostua asennussarjasta komponentteja (esim. seinärakennusosia) jotka asennettuna kohteessa muodostavat valmiin tilan. Tehdään yhteistyössä tilasuunnittelun kanssa.

#### *2. Tekniset tilaosat*

Tiloihin suorituskykyä tuottavat rakennusosiin esiasennetut talotekniikan järjestelmät, kuten tek-

niikkaseinät, lattiaelementit ja pystykuiluelementit ja huoneiden kattopalkit. Vakiointi ja esiasennus on viety pitkälle ja jotka voidaan asentaa nopeasti standardoiduilla liitoksilla. Vaatii yhteistyötä rakennesuunnittelun kanssa.

#### *3. Talotekniikan keskus-, siirto- ja pääteosat*

Tilaa muodostamattomat mitoitukseltaan ja suunnitteluratkaisuiltaan vakioidut ja esivalmistettavat rakennusosat, jotka voidaan kytkeä toisiinsa tai rakennuksen runkoon. Esimerkiksi LVI-pystykuiluelementit tai VJK/LJK konehuoneosat. Tilamoduuleihin verrattuna tehdastuotanto ja logistiikka ovat yleensä yksinkertaisempia toteuttaa, mutta ratkaisu vaatii enemmän viimeistelytyötä työmaalla.

#### *4. Talotekniikan yhteensovittaminen muihin rakennusosiin*

Tähän ryhmään kuuluvat vesikaton läpiviennit, väliseinät ja -pohjat rei'itykset ja käytävaläpiviennit.

Luokittelun taustalla on ajatus siitä, kuinka aikaisessa vaiheessa suunnittelua esivalmisteen käyttö tulee ottaa hankkeessa huomioon. Esimerkiksi kylpyhuonemoduulit tulee huomioida huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa rakennushanketta kuin jakotukkipäät. Alla olevassa esivalmistetaulukossa (Taulukko 1) on luokiteltuna tällä hetkellä markkinoilla tarjolla olevia esivalmisteita näihin neljään eri kategoriaan. Lisäksi taulukossa on esitetty jokaisen esivalmisteen talotekniikan osajajit (LVI, sähkö=s, sprinkleri=spr).



*Kuva 1. Talotekniikkaelementtejä.*

Taulukko 1. Esivalmisteet luokiteltuna neljään eri kategoriaan.

| Esivalmiste                                                                                            | LVI | S | SPR |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|-----|
| <b>1. Tilamoduulit</b>                                                                                 |     |   |     |
| Kerrososaelementti/suurelementti                                                                       | x   | x | x   |
| Kylpyhuonemoduulit                                                                                     | x   | x |     |
| Konehuoneet                                                                                            | x   | x |     |
| Leikkaussalit                                                                                          | x   | x |     |
| <b>2. Tekniset tilaosat</b>                                                                            |     |   |     |
| Alakattolevyjen tate (esim. valaisin ja savuilmaisoin asennettuna)                                     | x   | x | x   |
| Tekniikkaseinäelementit (mm. keittiö, potilashuone)                                                    | x   | x | x   |
| Lattiaelementit ja asennuslattiat (P27R)                                                               | x   | x | x   |
| Käytäväelementti (+ katot + otsat)                                                                     | x   | x | x   |
| Pystykuiluelementit (mm. Elpo, Pilster)                                                                | x   | x | x   |
| Kantavat kattoelementit                                                                                | x   |   | x   |
| <b>3. Talotekniikan keskus-, siirto-, ja pääteosat</b>                                                 |     |   | x   |
| LVI-pystykuiluelementit                                                                                | x   |   | x   |
| VJK/LJK konehuoneosat                                                                                  | x   |   |     |
| Yhteiskannakointijärjestelmät                                                                          | x   | x | x   |
| Toimistokattoelementit + jäähdytys                                                                     | x   | x | x   |
| IV-koneet pumpuryhmillä                                                                                | x   |   |     |
| Johtosarjat                                                                                            |     | x |     |
| Jakotukkipaappi                                                                                        | x   |   |     |
| Putkistot (esim. BIM-mallista, yksilöidyt numerot)                                                     | x   |   | x   |
| Moduulikohtaiset toimituserät (esim. pesuallaspaketti, johtosarjat, sähkömittarit, jako- ja vesitukit) | x   | x |     |
| Esiaseennettavat tarvikkeet (vesimittarit, jakotukit)                                                  | x   |   |     |
| <b>4. Tate-yhteensovittaminen muihin osiin</b>                                                         |     |   |     |
| Vesikaton läpiviennit                                                                                  | x   |   |     |
| Väliseinä/väli pohja rel'itys                                                                          | x   |   | x   |
| Käytäväläpiviennit                                                                                     | x   |   | x   |



Kuva 2. Kylpyhuonemoduuli, jonka talotekniikka on asennettu tehtaalla valmiiksi.



Kuva 3. Lämmönjakokeskus.

## Rakennushankkeen osapuolten näkökulmat esivalmistukseen

Osapuolten näkökulmia esivalmistukseen tarkasteltiin tilaajan/rakennuttajan, suunnittelijan, TATE-urakoitsijan, pääurakoitsijan sekä esivalmistajan näkökulmista. Näkökulmissa painotettiin jokaisen osapuolen ajatuksia esivalmistuksen haasteista ja mahdollistajista, heidän arvoa tuottavia toimiaan sekä arvon kaappausta. Yhteisenä näkökulmana kaikkien osapuolien tahoilta voidaan nostaa yhteistoiminnallisuuden korostaminen, jos esivalmistusastetta halutaan jatkossa nostaa hankkeissa. Seuraavaksi esittelemme tarkemmin eri toimijoiden näkökulmat.

### *Tilaajan ja rakennuttajan näkökulma*

Tilaajalle ja rakennuttajalle esivalmistuksen käyttämisen esteeksi muodostuu todellisten hyötyjen tunnistamattomuus, yhä aikaisempien päätösten tekojen tarve sekä osaamisen puute hankintaprosessissa. Esivalmistuksen avulla saatava mahdollinen aikasäästö on tilaajien mukaan vaikea muuttaa suoraan rahaksi. Yhteistoiminnalliset hankkeet sekä mahdollisuus tilata esivalmistetason suunnitelmat suunnittelijoilta taas nähdään vahvoina mahdollistajina esivalmistuksen lisäämiselle. Tilaajat ja rakennuttajat tuottavat arvoa toimissaan muutosagentteina mm. kehitysohjelmien avulla sekä tuomalla esivalmistisiin kiinteistöjen käytön ja ylläpidon tarpeet. Suurimpana etuna heille on nopeutunut hankkeen aikataulu, alhaisemmat kustannukset, laadun paraneminen sekä suunnittelun laadun paraneminen, kun suunnittelun panostetaan enemmän resursseja.

### *Suunnittelijan näkökulma*

Suunnittelijoiden mielestä suurimpana esivalmistuksen esteenä ovat sopimusmallit; kaikki hankkeen osapuolet eivät ole riittävän aikaisin mukana, jotta esivalmistuksen käyttäminen olisi aina edes mahdollista. Usein suunnittelijat pääsevät mukaan vasta niin myöhään, etteivät esivalmistetut enää sovi hankkeen suunnitelmiin. Kokonaisuudessaan alalta puuttuu esivalmistetason suunnittelun kulttuuri ja osaaminen. Lisäksi osa suunnittelijoista pitää esivalmistusta eräänlaisena uhkana, sillä he uskovat esivalmistuksen ennen pitkää vähentävän

suunnittelutyön tarvetta. Esivalmistetut mahdollistajina suunnittelijat näkevät yhteistoiminnallisuuden ja yhteistyön korostamisen. Suunnittelijat voivat tuoda arvoa valmistus- ja asennustarkkojen suunnitelmien tuottamiseen sekä toimiessaan mahdollisina esivalmistuskonsultteina. Esivalmistus lisää suunnittelutyön mielekkyyttä, sillä se nostaa suunnittelun painoarvoa valmistuksen ja asennuksen ohjauksessa.

### *TATE-urakoitsijan näkökulma*

TATE-urakoitsijat mainitsevat useita erilaisia esteitä esivalmistukselle; liian myöhäinen mukaan pääsy hankkeisiin, suorien kustannusten minimoinnin periaate hankinnoissa, riskin karttaminen, puutteet suunnitelmissa, esivalmistuksen heikosti huomioivat työ sopimukset, materiaaleihin perustuvan liiketoimintamallin häiriintyminen sekä valmiuden puute investointeihin ja kehitystyöhön. Mahdollistajina he näkevät yhteistoiminnalliset hankkeet, TATE-projektinjohtourakoinnit, kokonaishyötyjen huomioimisen hankinnoissa, valmistustarkat suunnitelmat, esivalmistustilojen saatavuuden sekä työ sopimusten joustavuuden. Työ sopimuksen joustamattomuudella viitataan siihen, että niiden pohjalta esivalmistetut työmaa-asennuksista maksetaan enemmän kuin niiden vaatima työaika. Esivalmistetut hyödyntämisessä tarvitaan TATE-urakoitsijoiden asennustyöosaamista. Esivalmistus voi kasvattaa TATE-urakoitsijoiden liiketoimintaa ilman resurssien lisäystä, mahdollistaa laadulla kilpailun, työvoimakustannusten laskeamisen, työturvallisuuden parantumisen, hankkeiden nopeutumisen sekä konsulttiliiketoiminnan.

### *Pääurakoitsijan näkökulma*

Pääurakoitsijat listaavat esteinä heidän liian myöhäisen mukaanpääsyn hankkeisiin, referenssien vähyyden esivalmistuksen hyödyistä, hankintaprosessin jäykkyyden sekä sen, ettei projektikeskeys kannusta pitkäjänteiseen kehitykseen. Muiden toimijoiden tavoin pääurakoitsijoiden mielestä yhteistoiminnallisuus mahdollistaa esivalmistuksen ja sen lisäksi tarvittaisiin riittävästi referenssikohteita. Pääurakoitsijat tuottavat arvoa muutosagenttina toimien sekä realisoitujen esivalmistuksen hyödyn hankkeelle. Haastateltavien

mukaan esivalmistus mahdollistaa nopeammat hankkeet, jolloin niistä saadaan kannattavampia, ja työmaan johtaminen ja logistiikka helpottuvat. Esteenä on kuitenkin urakoitsijoiden myöhäinen osallistuminen hankkeisiin. Jos suunnitelmia tehdään ilman työmaaprosessien ammattilaisia, voi esivalmistuksen käyttäminen olla jopa mahdollista, mutta ainakin haasteellisempaa, kun esivalmisteisissa ei ole huomioitu kaikkia rajapintoja ja prosesseja. Törmäyskohdat tuotteiden rajapinnoissa ja logistiikassa tulisi ratkoa jo suunnittelu- vaiheessa, eikä vasta sen jälkeen, kun suunnitelmat on lyöty lukkoon.

### *Esivalmistajan näkökulma*

Esivalmistajan näkökulmasta esteenä on tällä hetkellä markkinoiden puute sekä se, että suunnitelmat lukitaan liian myöhään, ja ne muuttuvat jatkuvasti. Tilaajien päätöksenteon aikaistuminen on esivalmistuksen mahdollistaja. Arvoa saadaan tuotettua paremman laadun, tuottavuuden, parantuneen turvallisuuden, materiaalihukan vähenemisen ja nopeutuneen rakennusajan avulla. Itse esivalmistajille arvoa taas tuo liiketoiminnan lisääntymisen lisäksi mahdollisuudet investointeihin sekä kansainväliseen liiketoimintaan. Jo tällä hetkellä on Suomessa esimerkkejä TATE-esivalmistajista, joiden liiketoiminnasta osa tulee viennistä joko suoraan projekteihin tai talotehtaisiin.

Taulukko 2 esittelee yhteenvedon eri toimijoiden kokemista esteistä, edistäjistä, sekä toimijoiden arvon tuoton ja arvon kaappauksen.

### **Esivalmistusta hyödyntävän hankkeen suunnittelu- ja rakennusprosessi**

Tutkimuksen aikana työstettiin työpajoissa sekä tutkijatiimin kesken esivalmistusta hyödyntävän hankkeen prosessikaaviota, jonka tarkoitus on kuvata, mitä asioita missäkin vaiheessa prosessia olisi hyvä käydä läpi ja keiden tulisi olla mukana missäkin hankkeen vaiheessa. 4 esittelee suuntaa antavan prosessin. Prosessin tarkoitus on korostaa eri hankkeen osapuolien esivalmistuksen mahdollistajaa eli yhteistoiminnallisuutta. Lisäksi prosessikuvauksen tarkoitus on herätellä hankkeen osapuolia miettimään, keitä olisi hyvä ottaa mukaan

hankkeeseen missäkin vaiheessa, jotta edistetään esivalmisteen käyttöönottoa.

Ehdotettu esivalmistusprosessi poikkeaa perinteisestä rakentamisprosessista kolmen keskeisen vaiheen osalta:

#### *1. Esivalmistusohjelma*

- Määritellään projektissa (tai laajemmin koko liiketoiminnassa) hyödynnettävät esivalmistet.
- Käytetään kustannus-hyöty-arvo -analyysseja mahdollisten esivalmisteen vaikutusten arviointiin verrattuna paikalla rakennettuun
- Ei-rahallisten hyötyjen arviointi ja painotus (mm. käyttöarvo, ammatillinen arvo)
- Valitaan toteutettavat esivalmistet
- Valitaan suunnittelu- ja hankintatavat sekä niiden kriteerit

#### *2. Esivalmistesuunnittelu*

- Laaditaan suunnitelma esivalmistettavan kokonaisuuden pilkkomisesta esivalmistekomponentteihin, määritellään rajapinnan komponenttien välillä ja muuhun rakennukseen
- Esivalmistemoduulien detaljisuunnittelu: tehdas/työpajavalmistuksen mahdollistavat kuvat/malli; asennussuunnitelma ja -ohjeet
- Valmistajan vakioratkaisujen ja modulaaristen tuoteperheiden hyödyntäminen

#### *3. Esivalmisteen tuotannonsuunnittelu*

- Esivalmisteen asennuksen aikataulusuunnittelu osaksi rakentamisen aikataulua: asennusjärjestyksen, toimituserien ja logististen reitien huomioiminen, asennuskaluston määrittäminen ja hankinta
- Työmaan asennustyön hankinta: määrien laskeaminen erikseen esivalmisteen ja työmaalle
- Esivalmisteen valmistus- ja toimitusaikataulun tarkentaminen
- Tarkemittaukset ja laadunvarmistustoimet tehtaissa



Taulukko 2. Eri sidosryhmien näkökulmat talotekniikan esivalmistusten käyttöönottoon

| Sidosryhmä                    | Esteet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Mahdollistajat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Tuottama arvo                                                                                                                                                     | Arvon kaappaus                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tilaaja / rakennuttaja</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei varmuutta hyödyistä</li> <li>Ei halua aikaistaa päätöksentekoa</li> <li>Ei riittävää tietoa miten hankkia</li> <li>Liian vähän tarjoavia toimijoita</li> </ul>                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistoiminnalliset hankkeet</li> <li>Esivalmistesuunnitelmien tilaaminen suunnittelijoilta</li> <li>Lisäarvo käytön aikana</li> <li>Kehitysohjelmien johtaminen</li> </ul>                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Muutosagenttina toimiminen</li> <li>Kiinteistön käytön ja ylläpidon osaaminen</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nopeampi aikataulu, alhaisemmat kustannukset</li> <li>Käytettävyys, päivitettävyys</li> <li>Parempi laatu; rakennettu = suunniteltu</li> </ul>                                                                       |
| <b>Suunnittelijat</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sopimuksen minimoi suunnittelutyötä</li> <li>Tate-suunnitteluvastuiden tiukka jako</li> <li>Puuttuu kulttuuri ja osaaminen esivalmistetason suunnittelusta</li> <li>Vähentää suunnittelutyötä jos osa siirtyy esivalmistajalle</li> </ul>                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistyö suunnittelijoiden välillä ja tate-suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä</li> <li>Yhteistoiminnalliset hankemuodot</li> </ul>                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Valmistus- ja asennustarkan tate-suunnitelman tuottaminen</li> <li>Mahdollinen esivalmistuskonsultti</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Esivalmistetason suunnittelu ja konsultointi tuo lisää työtä</li> <li>Suunnittelutyö mielekästä; ohjaa suuremmin valmistusta ja asennusta</li> </ul>                                                                 |
| <b>TATE urakoitsija</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Myöhäinen mukaantulo hankkeeseen</li> <li>Suoran hankintakustannuksen minimointi</li> <li>Riskiä karttava kulttuuri</li> <li>Suunnitelmapuutteet</li> <li>Työsopimukset joustamattomia</li> <li>Häiritsee materiaaleihin perustuvaa liiketoimintamallia</li> <li>Ei valmiutta investointeihin ja kehitystyöhön</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistoiminnalliset hankkeet</li> <li>Tate-pj-urakointi</li> <li>Valintakriteereihin muuta kuin suora kustannus</li> <li>Valmistustarkat suunnitelmat</li> <li>Esivalmistustilat saatavilla</li> <li>Joustavat työsopimukset</li> <li>Määrät laskettu tarkasti</li> <li>Erikoistuneet urakoitsijat</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Asennustyön ja siihen liittyvien prosessien osaaminen</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enemmän liiketoimintaa nykyresursseilla</li> <li>Laadulla kilpailu</li> <li>Työvoimakustannusten laskeminen</li> <li>Parempi työturvallisuus</li> <li>Nopeammat hankkeet</li> <li>Konsultti-liiketoiminta</li> </ul> |
| <b>Pääurakoitsija</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Myöhäinen mukaantulo hankkeisiin</li> <li>Ei riittävästi referenssejä hyödyistä</li> <li>Hankintaprosessi liian jäykkä</li> <li>Projektiokeskeisyys ei kannusta kehitykseen</li> </ul>                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yhteistoiminnalliset hankkeet</li> <li>Riittävästi referenssikohteita</li> <li>Selkeä esivalmistusprosessi</li> <li>Käytössä kaikissa hankeissa</li> </ul>                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Muutosagenttina toimiminen</li> <li>Realisoi esivalmistuksen hyödyn hankkeelle</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nopeammat hankkeet mahdollistavat kasvun</li> <li>Kannattavammat hankkeet</li> <li>Työmaan johtaminen ja logistiikka helpottuu</li> </ul>                                                                            |
| <b>Esivalmistaja</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Markkinat puuttuvat</li> <li>Suunnitelmat muuttuu ja lukitaan myöhään</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tilaajan vaatimukset päätetään aikaisemmin</li> <li>Parempia referenssejä</li> <li>Riittävästi kapasiteettia</li> </ul>                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Parempi laatu, tuottavuus ja turvallisuus</li> <li>Vähemmän materiaalihukkaa</li> <li>Nopeuttaa rakentamisaikaa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lisääntyvät liiketoiminta</li> <li>Mahdollisuudet investointeihin ja kv. markkinointiin</li> </ul>                                                                                                                   |

| Hankeprosessin vaiheet                             | Tate-esivalmistukseen liittyvät tehtävät                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tehtävien kuvaus ja menetelmät                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Muistilista                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Keskeiset osapuolet                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Tarveselvitys                                   | <div> <div>Toiminnan suunnittelu ja tilantarpeen arviointi</div> <div>Tilojen hankintatavan päättäminen</div> </div>                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tilaaaja</li> <li>Käyttäjät</li> <li>TATE-konsultti</li> <li>Rakennuttaja-konsultti</li> </ul>                                                             |
| 2. Hanke-suunnittelu                               | <div> <div>Suunnittelun vaatimusten ja käyttäjätarpeiden määrittely</div> <div>Tilaohjelman laatiminen: laajuus, mitoitus, budjetti, aikataulu</div> <div>Onko tate-esivalmistuksesta hyötyä hankkeelle?</div> </div>                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Millaiset ovat hankkeen tate-lähtökriteerit?</li> <li>✓ Puoltavatko aikataulu- ja kustannustavoitteet esivalmistusta?</li> <li>✓ Edellyttääkö kohde esivalmistusta esim. ahtaan tontin tai laatuvaatimusten takia?</li> <li>✓ Mitä osia on pakko asentaa paikalla?</li> </ul>                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Arkkitehti</li> <li>TATE-konsultti</li> <li>Rakennuttaja-konsultti</li> <li>Pääurakoitsijan konsultti</li> </ul>                                           |
| 3. Ehdotus- ja yleissuunnittelu                    | <div> <div>Modulaaristen ja esivalmistettujen TATE-järjestelmien analysointi ratkaisuihin</div> <div>Esivalmistusohjelman laatiminen osaksi yleissuunnitelmaa</div> <div>TATE-suunnittelija tekee alustavan toteutussuunnitelman arkkitehdin, pääurakoitsijan ja muiden suunnittelijoiden kanssa</div> </div> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Tilaaaja hankkii selvityksen tate-järjestelmien esivalmistuksesta ja niiden hyödyistä: määrittää mahdolliset ja valitaan toteutettavat esivalmistukset.</li> <li>Esivalmistusohjelman tuottaminen ja soveltaminen osaksi yleissuunnitelmaa</li> <li>Esivalmistusten vaatiman suunnittelu- ja valmistusajataulun laatiminen ja yhteensovittaminen muuhun aikatauluun</li> </ol> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko esivalmistus-suunnitelma hyödyllinen ja toteuttamiskelpoinen?</li> <li>✓ Palveleeko suunnittelijoiden valinta ja hankinta- ja toteutustapa esivalmistusta?</li> <li>✓ Voidaanko esivalmistuksen suunnittelu-, valmistus- ja asennusaika sovitaa koko aikatauluun?</li> <li>✓ Onko viranomais-vastuunajat sovitettu kokonaisuutena?</li> <li>✓ Puuttuuko tate-kokonaisuudesta tehtäviä?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tilaaaja</li> <li>Arkkitehti</li> <li>Käyttäjät</li> <li>TATE-suunnittelijat</li> <li>Pääurakoitsija</li> </ul>                                            |
| 4. Toteutus-suunnittelu ja rakentamisen valmistelu | <div> <div>Esivalmistajan valinta ↔ Esivalmistesuunnitelma</div> <div>TATE-kokonaissuunnitelma</div> <div>Esivalmistetoimitusten yksityiskohtien suunnittelu</div> </div>                                                                                                                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>Esivalmistetoimittajien valinta ja toimittajien vakioratkaisuja hyödyntävät esivalmistesuunnitelmat</li> <li>Työmaan tate-urakoitsijan valinta</li> <li>Materiaalitoimitusten ja logistiikan suunnittelu ja sopiminen yhdessä pääurakoitsijan ja tate-urakoitsijan kanssa</li> </ol>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tuottaako esivalmistaja vai suunnittelija esivalmistesuunnitelman?</li> <li>✓ Onko urakkarajapinnat esivalmistajan ja muiden toimijoiden välillä selvät?</li> <li>✓ Onko rajapinnan toleranssit ja kiinnitykset sopivat?</li> <li>✓ Onko asennusjärjestys ja aikataulu järkevä?</li> <li>✓ Miten tuotetaan yhteinen TATE-malli?</li> </ul>                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Esivalmistaja</li> <li>Pääurakoitsija</li> <li>Talotekniikka-urakoitsijat</li> <li>Tilaaaja</li> <li>TATE-suunnittelijat</li> </ul>                        |
| 5. Rakentaminen ja käyttöönotto                    | <div> <div>Toimitus- ja asennusaikataulujen tarkistus</div> <div>Asennusta edeltävä rajapintojen mittaus/tarkistus ja muutokset</div> <div>Esivalmisteen ja asennustyön tarkistus työmaalla</div> </div>                                                                                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>Rakentamisen tuotannonohjaus esim. tahtia tai Last Planneria hyödyntäen</li> <li>Muutosten hallinta ja niiden kommunikointi</li> <li>Tarkastukset ja testaukset tehtaalla ja työmaalla</li> <li>Luovutus, käyttökoulutus</li> </ol>                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko haalausreitit ja varastointi selvät?</li> <li>✓ Toimiiko viestintä esivalmistajan ja urakoitsijoiden välillä?</li> <li>✓ Onko esivalmistajalla riittävä ymmärrys rakennusvaiheesta?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Esivalmistaja</li> <li>Urakoitsijat</li> <li>Pääurakoitsija</li> <li>Talotekniikka-urakoitsijat</li> <li>Valvoja</li> <li>Tilaaaja ja käyttäjät</li> </ul> |
| 6. Takuuaika ja ylläpito                           | <div> <div>Hyötyjen ja haasteiden arviointi ja kehittämisenpiteet</div> <div>Esivalmistajan takuu sekä käyttö-, ylläpito-, ja tilan muutospalvelut</div> </div>                                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>Takuukorjaukset</li> <li>Sovitut ylläpitopalvelut ja niiden toteutus</li> <li>Sovitut päivitys ja muutostimet</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tuottiko esivalmistaminen tavoitellut hyödyt?</li> <li>✓ Onko huoltovastuut määritelty selvästi?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Esivalmistaja</li> <li>Käyttäjät</li> <li>Tilaaaja</li> <li>Ylläpito</li> </ul>                                                                            |

Kuva 4. Esivalmistusta hyödyntävän hankkeen prosessikaavio.



## Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa analysoitiin esivalmistuksen esteitä ja mahdollistajia, sekä arvon tuottoa ja arvon kaappausta monen rakennusalan toimijan näkökulmasta.

Tutkimuksen tuloksena TATE-esivalmisteet jaettiin neljään eri kategoriaan: 1) tilamoduulit, 2) tekniset tilaosat, 3) keskus-, siirto- ja pääteosat, sekä 4) TATE yhteensovittaminen muihin rakennusosiin. Tutkimuksen perusteella yhteistoiminnallisuuden lisääminen suunnittelu- ja rakentamisprosesseissa tukisi talotekniikan (TATE) esivalmisteiden käyttöönottoa.

Tulokset osoittavat, että esivalmistus voi tuhota joitakin nykyisiä liiketoimintamalleja. Lisäksi esivalmistus edellyttää esivalmistukseen liittyvää osaamista ja muutoksia nykyiseen toimintaan, mikä voi aiheuttaa joissakin toimijoissa muutosvastarintaa. Onkin tärkeää, että rakennuttajat ja isot urakoitsijat toimivat kehitystyön muutosagentteina. Yhteinen tahtotila on tärkeä mahdollistaja, sillä esivalmistusta pystyttäisiin lisäämään huomattavasti, mikäli keskeiset hankkeen osapuolet sitä edellyttäisivät. Esivalmistusosaamista voidaan hakea alan ulkopuolelta, esim. telakkateollisuudessa on pidempi historia esivalmisteiden ja putkityöpajojen hyödyntämisessä.

Talotekniikan esivalmistuksen mahdollistajina toimivat myös syvälinen talotekniikan osaaminen, mahdollisuus käyttää samoja suunnittelijoita useammassa projektissa, kokonaishankkeet ja allianssi, työpajat, suunnittelun hyvä taso ja ratkaisujen vakiointi. Tietomallinnuksen rooli on oleellinen niin kommunikoinnin kuin suunnittelun välineenä.

Esivalmistuksessa suunnittelun vaikeusaste aluksi kasvaa ja vaatii yhä enemmän aikaa ja ammattitaitoa. Lisäksi toleranssit pienenevät esivalmistuksen myötä, joten suunnittelun tulee olla entistä tarkempaa, ja se edellyttää tarkkoja lähtötietoja. Kohdekohtainen suunnittelutyö kuitenkin vähenee. Parhaimmillaan talotekniikkamoduulit muuttuvat vakioituiksi komponenteiksi, ja niiden logistiikka huomioidaan suunnittelussa riittävän ajoissa. Tavaraa ei tarvitse tilata työmaalle ennen

aikojaan. Lisäksi varastoinnin tarve vähenee oleellisesti, sillä just in time –tyyppisten toimitusten käyttäminen mahdollistuu.

Tutkimuksen johtopäätös on, että TATE-esivalmisteiden hyödyntämisen edistäminen vaatii systeemistä muutosta keskeisten rakentamisen osapuolten (tilaaja/urakoitsija, suunnittelija, TATE-urakoitsija, pääurakoitsija, esivalmistaja) totuttuihin suunnittelu- ja rakentamisprosesseihin. Systeemin muutos voidaan toteuttaa pitkäjänteisellä panostuksella yhteiseen kehitysohjelmaan, jossa esivalmistustuotteita ja -prosesseja kehitetään yhdessä, ja hyötyjä arvioidaan usean projektin ajan. Tämän on osoittanut mm. aiemmat Senaatin ja Liikenneviraston onnistuneet systeemiset muutokset, joista esimerkkeinä toimivat BIM- ja allianssimallin kehittäminen Suomessa.

Tutkimuksessa kehitettiin talotekniikan esivalmistusta tukeva suunnittelu- ja rakennusprosessi, missä korostuu TATE esivalmisteiden käyttöönoton edellyttämä projektitiimin kesken tehtävä suunnittelutyö. Tutkimuksen perusteella ehdotamme, että rakennusprojektin mahdolliset esivalmistuskohteet ja esivalmisteista saatavat hyödyt kartoitetaan jo yleissuunnitteluvaiheessa ja kirjaataan esivalmistusohjelmaan yhdessä arkkitehdin, tilaajan, TATE-suunnittelijan ja konsulttien (pääurakoitsijan ja/tai TATE-urakoitsijan) kesken. Toteutus suunnitteluvaiheessa talotekniikkaurakoitsijat on hyvä ottaa mukaan laatimaan esivalmiste-suunnitelmaa, jossa pohditaan rakennuskohteen kannalta parhaat esivalmisteratkaisut ja sovitaan esivalmisteiden rajapinnoista muuhun rakennukseen. Toteutus suunnitteluvaiheessa on sovittava yhdessä myös esivalmisteiden hankinnan ja asennuksen aikataulut suhteessa muihin rakentamisen aikatauluihin.