

Esivalmistuksen vaikutusten arviointi

Building 2030 Esivalmistuksen pilotointi -osahankkeen loppuraportti 9/2018-8/2019

Kirjoittajat¹: Antti Peltokorpi, Rita Lavikka, Krishna Chauhan
Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos



Kylpyhuonemoduuli



Konehuone

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	2
Tutkimuksen tausta	3
Rakennusinvestoinnin osatekijät joihin esivalmisteilla on vaikutuksia	3
Esivalmisteiden vaikutusten mittaamismenetelmä	5
Vaikutusten mittaamismenetelmän hyödyntäminen	6
Kylpyhuonemoduulin vaikutusten analyysi	7
Tate-käytäväelementin vaikutusten analyysi.....	8
Konehuonemoduulin vaikutusten analyysi.....	10
Käyttövesimoduulin vaikutusten analyysi.....	11
Kylpyhuonetekniikkakasetin vaikutusten analyysi.....	13
Yhteenveto esivalmisteiden vaikutusten analyysistä.....	14
Johtopäätökset	15
Liitteet.....	18

¹ Tutkimuksen toteutuksessa on ollut mukana Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen Building 2030 tutkimushankkeen yrityskumppanit: A-Insinöörit, Fira, Haahtela, Rakennusliike U. Lipsanen, Skanska, YIT, Granlund, Lujatalo, Parma, Pohjola Rakennus, Ramboll, Ramirent, SRV, Stark, Tocoman ja Trimble.

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

Tiivistelmä

Tässä Building 2030 Esivalmistuksen pilotointi -osahankkeen loppuraportissa esitellään menetelmä esivalmisteen vaikutusten arvioimiseksi rakennushankkeessa. Aikaisemmat selvitykset osoittavat, että rakennushankkeen osapuolilla ei ole riittävästi tietoa esivalmistuksen laajoista vaikutuksista eikä myöskään kokemusta menetelmistä, joilla voisi arvioida esivalmisteen samanaikaisia vaikutuksia useaan tekijään rakennusinvestoinnin elinkaarella.

Tutkimuksessa kehitettiin esivalmistuksen vaikuttavuuden mittaamisprosessi, jolla voidaan arvioida esivalmisteen erilaisia suoria ja epäsuoria vaikutuksia projektissa. Prosessissa hyödynnetään kahta aiemmin kehitettyä mittaamismenetelmää: 1) Kustannushyötyanalyysiä (Cost-Benefit) rahassa mitattavien tekijöiden arviointiin ja 2) Hyötyihin perustuvaa valintamenettelyä (Choosing-by-Advantage CBA) ei-rahassa mitattavien tekijöiden arviointiin. Prosessin lähtökohtana on mitata koko hankkeen laajuisia vaikutuksia sen eri sidosryhmille.

Tutkijat kehittivät menetelmää pohjautuen aiempaan tutkimukseen mittaamismenetelmistä sekä yhteistyössä Building 2030 Esivalmistuksen pilotointi –työryhmän jäsenten kanssa neljässä työpajassa, jotka järjestettiin syksyn 2018 ja kevään 2019 aikana. Mittaamismenetelmän käyttäjänä voi toimia esimerkiksi rakennuttaja, rakennushankkeen toteuttaja tai yhteistoiminnallisen hankkeen tiimi.

Kehitettyä menetelmää testattiin viidessä talotekniikan esivalmistusta hyödyntävässä hankkeessa. Hankkeiden avulla voitiin selvittää erilaisten esivalmistusratkaisujen vaikutuksia ja tarjota näin referenssitietoa esivalmisteen käyttöönottoa harkitseville toimijoille. Analyysi osoittaa, että vaikka esivalmistaminen nostaa joissakin tapauksissa suoria kustannuksia, kokonaiskustannukset olivat kaikissa tutkituissa tapauksissa alhaisemmat kuin paikalla tehtynä. Laadullisten, eli ei-rahassa mitattavien, vaikutusten arviointi on aina projekti-kohtaista, mutta niissäkin esivalmistaminen tarjosi tutkituissa tapauksissa paremman lopputuloksen.

Tutkimuksen tausta

Esivalmistuksella on tutkitusti useita positiivisia vaikutuksia rakennusinvestointiin. Esivalmistamalla tuoteosia tehdasolosuhteissa voidaan mm. nopeuttaa rakennushanketta, vähentää laatuongelmia, parantaa työn tuottavuutta ja vähentää materiaalihukkaa ja -hävikkiä. Huolimatta monista positiivista vaikutuksista, esivalmistuksen hyödyntäminen on Suomessa vielä suhteellisen vähäistä, etenkin talotekniikan osalta. Building 2030 hankkeessa tehty kartoitus² osoitti, että rakennuttajilla ja pääurakoitsijoilla ei ole riittävästi referenssejä esivalmistuksen hyödyistä. Lisäksi puuttuu menetelmä, jolla mahdollisten esivalmisteiden vaikutuksia voitaisiin arvioida hankkeen suunnitteluvaiheessa.

Haasteena vaikutusten arvioinnissa on se, että vaikutukset ovat moninaisia ja osa niistä on suoria ja toiset taas epäsuoria, muihin rakennusosiin ja urakoihin vaikuttavia. Lisäksi osa vaikutuksista voi olla negatiivisia, kuten tarve lukita suunnitteluratkaisut hankkeen aikaisessa vaiheessa. Aikaisemmassa tutkimuksessa esivalmistuksen vaikutuksia paikallarakentamiseen verrattuna on selvitetty mm. kustannus-hyöty analyysillä. Kustannus-hyöty analyysissä suorien kustannusten lisäksi arvioidaan muita hyötyjä ja vaikutuksia, jotka sitten pyritään muuntamaan rahamääräisiksi. Lopputulemana on hyöty-kustannus-suhdeluku, jonka avulla vaihtoehtoja voidaan vertailla. Haasteena menetelmässä kuitenkin on, että kaikkia esivalmistuksen vaikutuksia ei voida mitata rahassa. Siksi tässä tutkimuksessa pyrittiin kokonaisvaltaisempaan esivalmistuksen vaikutusten arviointiin, joka voisi palvella hankkeen eri sidosryhmiä ja heidän näkemyksiään ja kokemuksiaan esivalmistuksen vaikutuksista liiketoimintaansa.

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää menetelmä ja mittaristo, jolla esivalmistusratkaisujen vaikutuksia voidaan laajasti arvioida sekä hankkeen suunnitteluvaiheessa, että toteutuksen aikana. Lisäksi pyrittiin menetelmää testaamalla selvittää erilaisten talotekniikan esivalmistusratkaisujen vaikutuksia ja tarjota näin referenssitietoa esivalmisteiden käyttöönottoa harkitseville toimijoille. Tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Mihin osatekijöihin esivalmistuksella voi olla vaikutusta rakennusinvestoinnin elinkaarella?
2. Millä menetelmällä ja prosessilla vaikutuksia voidaan arvioida hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa?
3. Mitkä ovat tyypillisten talotekniikan esivalmisteiden vaikutukset?

Rakennusinvestoinnin osatekijät joihin esivalmisteilla on vaikutuksia

Esivalmisteilla on vaikutuksia useisiin projektin ja koko rakennusinvestoinnin eri osatekijöihin, kuten kustannuksiin, aikatauluun, materiaalihukkaan, turvallisuuteen, työergonomiaan ja ympäristöön. Taulukkoon 1 on koottu aiemmasta tutkimuskirjallisuudesta löydetty 15 osatekijää, joihin esivalmisteilla on todettu olevan vaikutuksia. Esivalmistamisen tyypillinen vaikutus kuhunkin osatekijään on määritelty tutkimusten ja hankkeen työryhmissä käytyjen keskustelujen pohjalta. Lisäksi taulukossa kuvataan menetelmä, jolla voidaan arvioida esivalmisteen vaikutusta kuhunkin osatekijään ja mitä tietoja vaikutusten arvioimiseksi on hankkeessa kerättävä. Taulukossa otetaan kantaa myös siihen, onko osatekijän mittaaminen pääosin määrälliseen vai laadulliseen tietoon perustuvaa.

² Peltokorpi, Lavikka, Kokko, Seppänen. 2018. Talotekniikan esivalmistus: esteet, mahdollistajat ja prosessi.

https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/loppuraportti_visio2030_esivalmistus_19-09-2018.pdf

Taulukko 1. Rakennusinvestoinnin osatekijät, joihin esivalmisteilla on tutkimusten mukaan vaikutuksia

Osatekijät (tyypillinen vaikutus; + pos., - neg.)	Arviointimenetelmä (määrällinen/laadullinen)	Kerättävät ja analysoitavat tiedot
Suorat hankintakustannukset (+/-)	Verrataan työ- ja materiaalikustannuksia (perinteinen vs. esivalmistus) (määr. / €)	Arvioidut ja toteutuneet työ- ja materiaalikustannukset
Materiaalihukka (+)	Verrataan materiaalihukan määrää (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Materiaalijätteen määrä, jätemaksut
Työntekijän ja ympäristön turvallisuus (+)	Verrataan työtapaturmien määrää (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Tapahtumatiedot, poissaolot, TR-tiedot
Ergonomia (+)	Työntekijäkysely / -haastattelu, havainnointi (laad.)	Työnteon helppous ja mukavuus työpisteillä
Aikataulu (+)	Verrataan valmistumisajankohtia ja asennusaikoja (perint. vs. esivalmistus), urakoitsijan kustannus ajalle (määr. / €)	Esivalmistushankkeen suunniteltu ja todellinen valmistumisaika, asennusajat
Laatu (+)	Verrataan laatustandardeihin liittyviä saavutuksia ja laatuvirheitä (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Laatuvirheilmoitukset, laatustandardit
Häiriöt työmaan lähiympäristöön (+)	Lähiympäristön toimijoiden haastatteluja (laad.), verrataan äänien yms. häiriöiden voimakkuutta (määr.)	Lähiympäristön toimijoiden mielipiteet, desibelitiedot
Suunnittelukustannukset (+/-)	Verrataan suunnittelukustannuksia (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Suunnitteluajoja ja -kustannuksia koskevat tiedot
Suunnittelun joustavuus (-)	Tilaajan ja urakoits. haastattelu muunneltavuudesta proj. aikana (laad.)	Mielipiteitä suunnittelun joustavuudesta
Työmaan koordinoinnin kustannukset (+)	Verrataan koordinoitinkustannuksia työmaalla (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Urakoitsijan ja rakennuttajakonsultin projektilukulut (mm. miehitys)
Työmaatoimitukset ja tarvikkeet (+)	Verrataan materiaalityöimistöjen lukumäärää ja hintaa (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Logistiikkakalenteri, logistiikkapalvelujen käyttö ja kustannukset
Työmaatoimijat (+)	Verrataan työmaatoimijoiden lukumäärää (perint. vs. esivalmistus) (määr.), muutetaan kuluksi (€)	Sopimukset, päivittäiset työntekijän tiedot
Rakentamisen olosuhteet (+)	Verrataan kosteus- ja lämpötilaolosuhteita ja niihin liittyviä kuluja (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €)	Rakentamisen kosteus- ja lämpötilatiedot, kulut
Hankinta (+/-)	Verrataan hankinnan kustannuksia (perint. vs. esivalmistus) (määr. / €) ja kokemuksia (laad.)	Hankinnan työmäärä ja kustannukset
Ratkaisun ylläpito ja muunneltavuus (+/-)	Arvioidaan ratkaisun muunneltavuutta käytön aikana ja ylläpidon helppoutta ja kustannuksia (laad. ja määr. / €)	Toimittajien ja ylläpitäjien arviot

Vaikutusten osatekijöiden tarkastelu osoittaa, että useimmat esivalmistamisen vaikutukset ovat tutkimusten ja kokemusten perusteella positiivisia (mm. aikataulu ja laatu). Selkein negatiivinen vaikutus liittyy suunnittelun joustavuuteen: esivalmistaminen pakottaa suunnitteluratkaisujen aikaisempaan lukitsemiseen, mikä voi olla tilaajan ja käyttäjän kannalta heikennys totuttuun käytäntöön. Lisäksi mm. seuraaviin osatekijöihin liittyy epävarmuutta ja erilaisia näkemyksiä:

- **Suorat kustannukset:** Esivalmistus laskee asennustyön kustannuksia, mutta tuplarakenteet ja moduulien käsittely voivat lisätä kustannuksia.
- **Suunnittelukustannukset:** Pitkällä aikavälillä esivalmistaminen mahdollistaa valmiiden suunnitelmien hyödyntämisen, mutta yksittäiseen projektiin suunnitellut esivalmisteet voivat nostaa kustannuksia tarkempien suunnitelmien vuoksi.
- **Hankinta:** Esivalmistaminen vaatii uutta hankinnan osaamista ja hankintakanavia. Pitkällä aikavälillä vähentää hankintapakettien määrää.
- **Ylläpito ja muunneltavuus:** Lähtökohtaisesti vakioidut ja modulaariset tuoteosat ovat helpompia ylläpitää ja muokata. Liiallinen tilan säästäminen voi kuitenkin vaikeuttaa pääsyä esivalmisteen huoltamiseen rakennuksessa. Ylläpitoon liittyvät asiat onkin otettava huomioon esivalmisteen suunnittelussa.

Esivalmisteiden vaikutusten mittaamismenetelmä

Esivalmisteiden vaikutuksia yksittäisiin osatekijöihin on aikaisemmin mitattu erilaisilla työkaluilla, kuten kyselyillä (laatu-osatekijä), riippuvuusmatriisi (ympäristö-osatekijä), kustannushyötyanalyysi (kustannukset-osatekijä) ja tapaustutkimukset (turvallisuus ja terveys -osatekijät). Toistaiseksi ei kuitenkaan ole kehitetty menetelmää, jolla voisi arvioida esivalmisteiden samanaikaisia vaikutuksia useaan projektin osatekijään. Tässä tutkimuksessa kehitettiin esivalmisteiden vaikuttavuuden mittaamismenetelmä, jolla voidaan arvioida esivalmisteiden vaikutuksia projektin useaan osatekijään.

Mittaamismenetelmän kehityksessä hyödynnettiin kahta aiemmin luotua mittaamismenetelmää: 1) Kustannushyötyanalyysiä (Cost-Benefit) rahassa mitattavien tekijöiden arviointiin ja 2) Hyötyihin perustuvaa valintamenettelyä (Choosing-by-Advantage CBA) ei-rahassa mitattavien eli laadullisten tekijöiden arviointiin. Mittaamismenetelmän lähtökohtana on mitata koko hankkeen laajuisia vaikutuksia sen eri sidosryhmille. Käytännössä hyödyt ja kustannukset eivät kuitenkaan yleensä jakaudu tasan eri osapuolille ja siksi voi olla tarpeen soveltaa menetelmää erikseen eri osapuolille, kuten tilaajalle ja päätoteuttajalle.

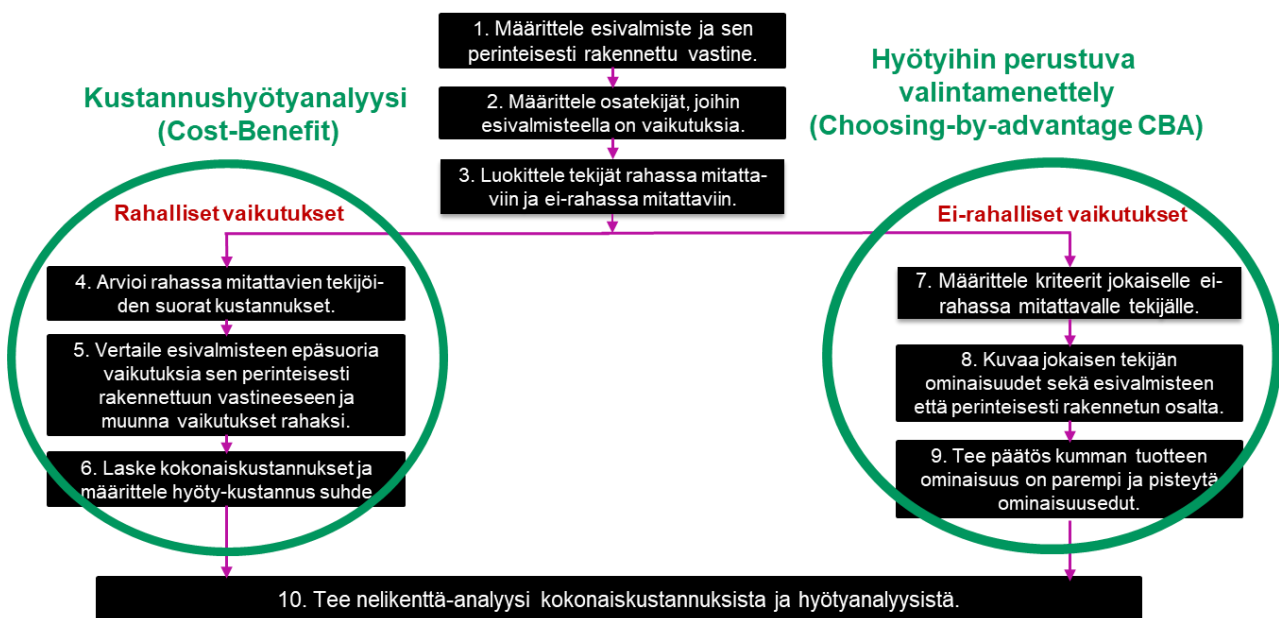
Kustannushyötyanalyysin ideana on suorien kustannusten lisäksi tarkastella sellaisia vaikutuksia, jotka voidaan muuntaa rahamääräisiksi, kuten vaikutukset hankkeen kestoan, laaturvirheiden määrään ja materiaalihukkaan, ja tämän pohjalta määrittää hyöty-kustannus-suhde esivalmisteelle. Jos suhdeluku on >1 , esivalmiste on hyödyllinen.

Hyötyihin perustuvan valintamenettelyn (CBA) tarkoitus on auttaa päätöksentekijöitä eriyttämään vaihtoehtoja ja ymmärtämään näiden laadullisten erojen merkitys. Hyötyihin perustuva valintamenettely on yhteistyöhakuinen ja läpinäkyvä päätöksentekojärjestelmä, joka käsittää useita menetelmiä. Yksi käytetyimmistä menetelmistä on taulukkomuotomenetelmä, jota käytetään, kun tehdään valinta kahden tai useamman toisensa poissulkevan vaihtoehdon joukosta, joiden kustannukset eivät ole yhtä suuret. Tätä menetelmää esittelemme tässä raportissa. Esimerkkejä tilanteista, joissa on valittava keskenään poissulkevista vaihtoehdoista ovat mm. rakennusmateriaalin, pääurakoitsijan, laitteiden, rakennussuunnittelun ja palkattavan työntekijän

valinta. Taulukkomuotomenetelmää voidaan käyttää kohtalaisen monimutkaisista erittäin monimutkaisiin päätöksiin, ja keskeisenä periaatteena on dokumentoida päätöksentekoprosessi avoimesti.³

Kuvassa 1 on esitetty tässä hankkeessa kehitetty esivalmistuksen vaikuttavuuden mittaamismenetelmä, joka koostuu yhteensä 10 vaiheesta. Menetelmää voi hyödyntää hankkeen suunnittelun alkuvaiheessa, jossa päätöksiä esivalmistamisesta tehdään. Suositeltavaa on koota menetelmän hyödyntämiseen monialainen tiimi, jossa on käyttäjän, ylläpidon, suunnittelun ja rakentamisen osaamista.

Kolme ensimmäistä vaihetta keskittyvät määrittelemään tutkittavan esivalmisteen, määrittelemään ne projektin osatekijät, joihin tiimi haluaa pureutua esivalmisteen käytön vaikutuksissa, sekä jakamaan osatekijät joko rahassa mitattaviin tai ei-rahassa mitattaviin eli laadullisiin tekijöihin. Tämän jälkeen menetelmä jakautuu edellisen jaon perusteella kahteen siten, että rahalliset vaikutukset selvitetään *kustannus-hyöty* -analyysillä (vaiheet 4-6), kun taas ei-rahalliset vaikutukset selvitetään *hyötyihin perustuva valintamenettelyllä, hyödyntäen taulukkomuotomenetelmää* (vaiheet 7-9). Lopuksi laaditaan nelikenttä-analyysi kokonaiskustannuksista ja hyötyanalyyseistä (vaihe 10). Tarkempi esimerkki esivalmistuksen vaikuttavuuden mittaamismenetelmän käytöstä on esitelty liitteessä 1.



Kuva 1. Esivalmistuksen vaikuttavuuden mittaamismenetelmä.

Vaikutusten mittaamismenetelmän hyödyntäminen

Kehitettyä mittaamismenetelmää hyödynnettiin viiden talotekniikan esivalmisteen vaikutusten arvioinnissa: 1) kylpyhuonemoduuli, 2) tate-käytäväelementti, 3) konehuonemoduuli, 4) käyttövesimoduuli ja 5) kylpyhuonetalotekniikkakasetti.

³ Lisätietoja osoitteesta: <https://leanconstructionblog.com/applying-choosing-by-advantages-step-by-step.html>

Konehuonemoduuli ja tate-käytäväelementti olivat projekteihin pitkälti räätälöityjä ratkaisuita, kun taas kylpyhuonemoduuli, käyttövesimoduuli ja kylpyhuonetekniikkasetti olivat pitkälle tuotteistettuja ratkaisuita.

Aineistona käytettiin pääosin haastatteluita ja dokumenteista saatua tietoa projekteista. Lisäksi vierailtiin työmailla ja tehtaissa. Analyysin pohjana toimi kustannushyötyanalyysi. Suorien kustannusten lisäksi huomiointiin epäsuorien hyötyjen ja haittojen kustannusvaikutus. Jos suhde on yli 1, esivalmistus on kannattavampi. Lisäksi arvioitiin vaikutuksia, joita ei voi mitata helposti euroina. Epäsuorien vaikutusten kirjo vaihteli hankkeittain ja heijasti osittain projektin johdon omaa näkökulmaa esivalmistukseen.

Kylpyhuonemoduulin vaikutusten analyysi

Kylpyhuonemoduuli on tarkoitettu uudisrakennuskohteisiin. Moduuli on kooltaan n. 5 neliometriä ja se sisältää kylpyhuoneessa perinteisesti sijaitsevat tarvikkeet ja mukavuudet, kuten esimerkiksi pesualtaan hanoineen, suihkutilan, wc-istuimen, peilin, kaappeja, pyyhekoukut, valaistuksen, pistorasian ja kylpyhuoneen lämmityksen.

Moduulin vaikutusten analyysissä päädyimme seuraaviin rahassa mitattaviin osatekijöihin: Materiaalit, työ, kuljetus ja asennus (tuotteen suoria kustannuksia), sekä laatuvirheet, materiaalihukka, ja aikataulu (sekä työmaakulut, pääomakustannukset että projektimarginaali), jotka ovat tuotteen epäsuoria kustannuksia. Arvion mukaan esivalmiste lyhensi rakentamisvaihetta yhden kuukauden. Ei-rahassa mitattaviksi tekijöiksi valitsimme asiakasarvon, projektin aikataulun, työn koordinoinnin, suunnittelun joustavuuden, riskin ja kuljetuksen.

Seuraavissa kahdessa taulukossa on kuvattu kylpyhuonemoduulin kustannushyötyanalyysi ja hyötyihin perustuva valintamenettely verraten perinteisesti valmistettuun kylpyhuoneeseen.

Kustannushyötyanalyysi (rahassa mitattavien tekijöiden arviointi)

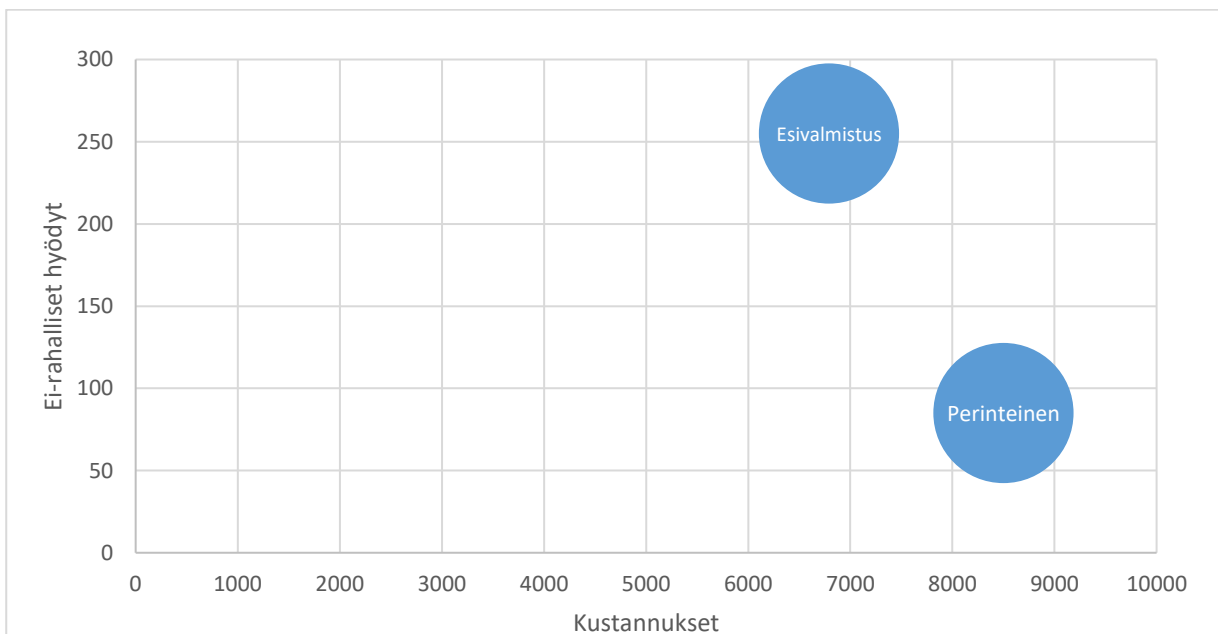
Perinteisesti rakennetun kylpyhuoneen kokonaiskustannukset = 8500 €	
Rahassa mitattavat tekijät	Esivalmiste verrattuna perinteiseen
<i>Suorat kustannukset</i> (materiaalit, työ, kuljetus ja asennus)	+375 €
<i>Epäsuorat kustannukset</i>	
Laatuvirheet (vähemmän ongelmia työmaalla)	-320 €
Materiaalihukka	-40 €
Aikataulu (projektimarginaali)	-1364€
Aikataulu (työmaakulut)	-150 €
Aikataulu (pääomakustannus)	-210 €
Esivalmisteen kustannukset yhteensä	6791 €
Hyöty-kustannussuhde = 8500/6791 = 1,25 >1	

Hyötyihin perustuva valintamenettely (ei-rahassa mitattavien tekijöiden analyysi)

Tekijät	Kylpyhuone-esivalmiste		Perinteisesti rakennettu kylpyhuone	
	Ominaisuus	Tärkeys	Ominaisuus	Tärkeys
Asiakasarvo	Asiakkaat arvostavat lisäominaisuuksia: älykäs mit-	100	Vähemmän modulaariset huonekalut, perinteisemmät materiaalit, ei älykkyyttä	

	tausjärjestelmä, korkealaatuiset materiaalit, kalusteita helppo mukauttaa			
Projektin aikataulu	Nopeampi rakentaa (-1 kk)	60	Hidas, kun rakennetaan paikan päällä	
Työn koordinointi	Huomattavasti helpompaa koordinoida työtä paikan päällä	50	Enemmän tekijöitä työskentelee samassa paikassa	
Suunnittelun joustavuus	Suunnittelun joustavuuden puute		Mahdollista muuttaa mallia	60
Riski	Matalampi materiaaliriski kuin perinteisessä	45	Korkeampi riski osien rikkoutumiselle asennuksen aikana	
Kuljetus	Suurien moduulien kuljetus ja siirtäminen haastavaa		Pienempien osakomponenttien kuljetus helpompaa	25
YHTEENSÄ		255		85

Seuraavassa kuvassa esitetään kustannukset vs. ei-rahalliset hyödyt –analyysi, josta nähdään, että esivalmistettu tuote on kustannusmielessä edullisempi vaihtoehto verrattuna perinteisesti valmistettuun kylpyhuoneeseen, kun otetaan huomioon sekä suorat että epäsuorat kustannustekijät. Lisäksi analyysi kertoo, että esivalmistettu tuote sisältää enemmän ei-rahallisia hyötyjä, joiden vuoksi se on myös arvoitettu laadullisesti paremmaksi kuin perinteisesti valmistettu tuote.



Tate-käytäväelementin vaikutusten analyysi

Tate-käytäväelementti on tarkoitettu lähinnä uusiin toimitilakohteisiin. Elementin kautta kulkee ilmanvaihto, vesi, viemärointi, lämmitys, jäähdytys ja sähköt toimitiloihin. Tutkittuna projektina oli kaksikerroksinen 3000 m² usean vuokralaisen toimitilarakennus. Elementin vaikutusten analyysissä päädyimme seuraaviin rahassa mitattaviin osatekijöihin: Materiaalit, työ, kuljetus ja asennus, jotka ovat tuotteen suoria kustannuksia,

sekä suunnittelu ja runkotyöt, projektin aikataulu, kokoukset ja materiaalin hakeminen, jotka ovat tuotteen epäsuoria kustannuksia. Ei-rahassa mitattaviksi tekijöiksi valitsimme projektin aikataulun, laadun, ergonomian, materiaaliriskin, suunnittelumuutokset ja alihankkijoiden motivaation.

Seuraavissa kahdessa taulukossa on kuvattu tate-käytäväelementin kustannushyötyanalyysi ja hyötyihin perustuva valintamenettely verraten perinteisesti valmistettuun talotekniikkaan.

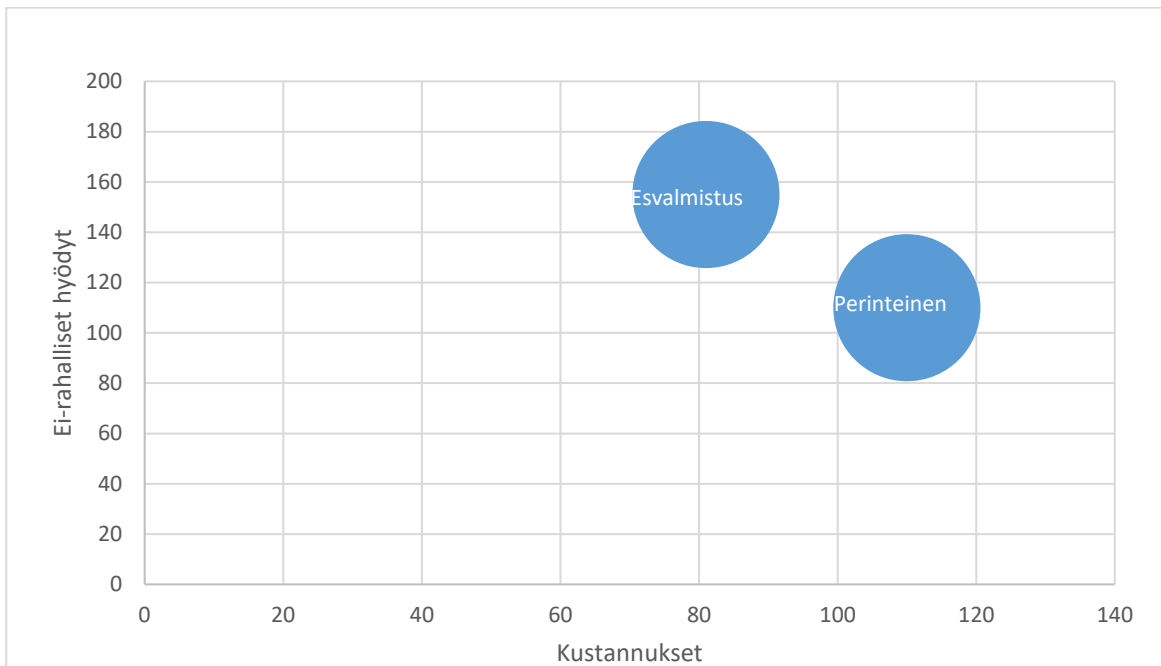
Kustannushyötyanalyysi (rahassa mitattavien tekijöiden arviointi)

Tate-käytäväelementtejä vastaavien perinteisten tuotteiden kokonaiskustannukset = 110 k€	
Rahassa mitattavat tekijät	Esivalmistet verrattuna perinteiseen
<i>Suorat kustannukset</i> (materiaalit, työ, kuljetus ja asennus)	-12 k€
<i>Epäsuorat kustannukset</i>	
Suunnittelu ja runkotyöt	+8 k€
Projektin aikataulu (-4 vko)	-23 k€
Kokoukset	-1 k€
Materiaalien nouto	-1 k€
Esivalmisteen kustannukset yhteensä	81 k€
Hyöty-kustannussuhde = 110/81 = 1.36 >1	

Hyötyihin perustuva valintamenettely (ei-rahassa mitattavien tekijöiden analyysi)

Tekijät	Tate-käytäväelementti		Perinteisesti rakennettu käytävä	
	Ominaisuus	Tärkeys	Ominaisuus	Tärkeys
Projektin aikataulu	Nopeampi rakentaa	60	Pidentää rakentamisaikaa	
Laatu	Parempi laatu äänenvaimennuksessa ja eristystöissä	55	Laatua vaikeampi kontrolloida työmaalla	
Ergonomia	Asennustyö helppoissa asennoissa hyvissä tehdasolosuhteissa	40	Työasennot ja -ympäristöt haastavampia	
Materiaaliriski	Elementit vaativat suuria kuljetusaukkoja. Riski rikkoutumiselle ja varastamiselle.		Helpompi pitää työmaa lukittuna	40
Suunnittelumuutos	Vaikea muuttaa mallia jos vuokralainen vaihtuu		Helppo muuttaa suunnitelmia ennen rakentamista	70
YHTEENSÄ		155		110

Seuraavassa kuvassa esitetään kustannukset vs. ei-rahalliset hyödyt -analyysi. Kuvasta nähdään, että esivalmistettu tuote on kustannusmielessä edullisempi vaihtoehto verrattuna perinteisesti valmistettuun talotekniikkaan verrattuna. Vaikka perinteiseen tapaan liittyi monia ei-rahallisia hyötyjä, kokonaisuutena esivalmistettu tuote sisälsi enemmän tekijöitä, joiden vuoksi se on myös arvotettu laadullisesti paremmaksi kuin perinteisesti valmistettu tuote.



Konehuonemoduulin vaikutusten analyysi

Konehuonemoduuli on tarkoitettu lähinnä uudisrakennuskohteisiin. Katon kautta asennettavaan moduuliin on koottu mm. kaukolämpöpaketti, iv-koneet ja nousukeskus, jäähdytyksen pumppuryhmät, sähköpääkeskus sekä automatiikkaa. Tutkittuna projektina oli kaksikerroksinen 3000 m² usean vuokralaisen toimitilarakennus.

Moduulin vaikutusten analyysissä päädyimme seuraaviin rahassa mitattaviin osatekijöihin: Materiaalit, työ, kuljetus ja asennus, jotka ovat tuotteen suoria kustannuksia, sekä projektin aikataulu, tila, koordinoitkokoukset, suunnittelu ja runko, jotka ovat tuotteen epäsuoria kustannuksia. Ei-rahassa mitattaviksi tekijöiksi valittiin tilan, projektin aikataulun, asiakasarvon, asennuksen, huoltotilan ja suunnittelun joustavuuden.

Seuraavissa kahdessa taulukossa on kuvattu konehuonemoduulin kustannushyötyanalyysi ja hyötyihin perustuva valintamenettely verraten perinteisesti valmistettuun konehuoneeseen.

Kustannushyötyanalyysi (rahassa mitattavien tekijöiden arviointi)

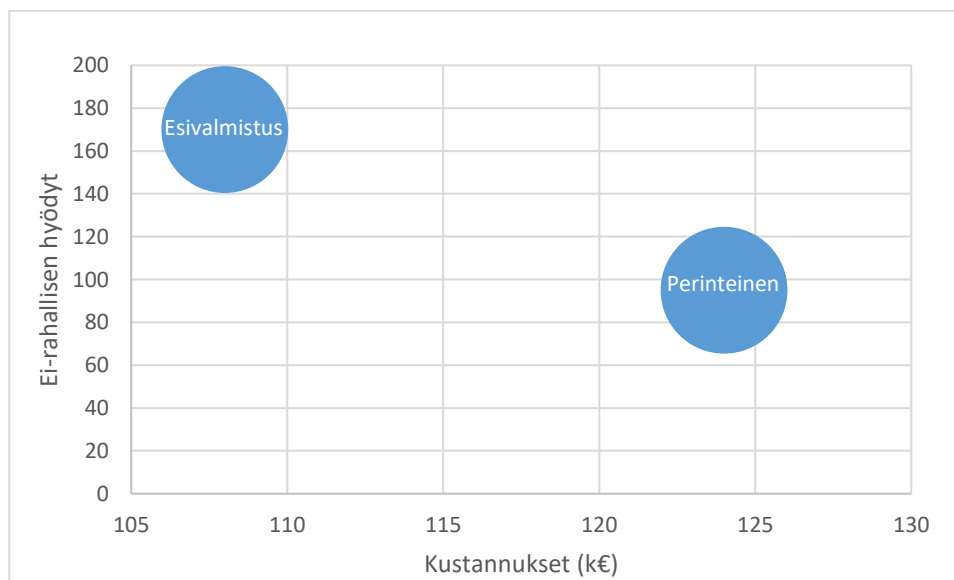
Konehuonemoduulin perinteisen tuotteen kokonaiskustannukset = 124 k€	
Rahassa mitattavat tekijät	Esivalmiste verrattuna perinteiseen
<i>Suorat kustannukset</i> (materiaalit, työ, kuljetus ja asennus)	+9 k€
<i>Epäsuorat kustannukset</i>	
Projektin aikataulu (-1 vko)	-6 k€
Tilan säästö (-18%)	-35 k€
Koordinoitkokoukset	-1 k€
Suunnittelu	+2 k€
Lisärunko	+5 k€
Lisälattiatyöt	+10 k€
Esivalmisteen kustannukset yhteensä	108 k€

Hyöty-kustannussuhde = $124/108 = 1.15 > 1$

Hyötyihin perustuva valintamenettely (ei-rahassa mitattavien tekijöiden analyysi)

Tekijät	Konehuonemoduuli		Perinteisesti rakennettu konehuone	
	Ominaisuus	Tärkeys	Ominaisuus	Tärkeys
Tila	Vaatii vähemmän tilaa, vähentää kiinteistöhuoltoa ja lämmitystarvetta	70	Vaatii enemmän tilaa	
Projektin aikataulu	Nopeuttaa rakentamista yhdellä viikolla	40	Hitaampi rakentaa	
Asiakasarvo	Kokonaisuuden huoltopalvelu mahdollista sisällyttää hankintaan, vähemmän seisokkeja asiakkaalle	60	Huollolla ei samanlaista osaamista kokonaisuudesta	
Huoltotila	Tiivis tila rajoittaa työntekijöiden liikkuvuutta		Iso tila ei häiritse työntekijöiden liikkuvuutta	35
Suunnittelun joustavuus	Suunnitelma lukitaan aikaisemmin		Suunnitelmia helppo muuttaa kun tilan käyttäjät varmistuu	60
YHTEENSÄ		170		95

Seuraavassa kuvassa esitetään kustannukset vs. ei-rahalliset hyödyt –analyysi, josta nähdään, että esivalmistettu tuote on kustannuksiltaan edullisempi vaihtoehto verrattuna perinteisesti valmistettuun konehuoneeseen, kun otetaan huomioon sekä suorat että epäsuorat kustannusosatekijät. Lisäksi analyysi kertoo, että esivalmistettu tuote sisältää tekijöitä, joidenka vuoksi se on myös arvotettu muiden hyötyjen osalta paremmaksi kuin perinteisesti valmistettu tuote.



Käyttövesimoduulin vaikutusten analyysi

Käyttövesimoduuli on tarkoitettu lähinnä asuinkeuhkkojen korjauskohteisiin. Korjauskohteessa etsitään käyttövesiputkille uusi pinta-asennusreitti porraskäytävän kautta asuntoihin. Moduulissa kulkee käyttövesi,

ja se on palo-, lämpö-, ääni- ja kondenssieristetty. Moduulissa on valmiina myös putkikannakkeet. Moduulit ovat avattavia ja näin ollen helpottavat huolto- sekä korjaustöitä. Moduulia tutkittiin projektissa, joka käsitti käyttövesiremontin 160 asuntoon.

Moduulin vaikutusten analyysissä päädyimme seuraaviin rahassa mitattaviin osatekijöihin: Materiaalit, työ, kuljetus ja asennus, jotka ovat tuotteen suoria kustannuksia, sekä projektin aikataulu, hukan käsittely, purkutyöt, työkalut ja tila, jotka ovat tuotteen epäsuoria kustannuksia. Ei-rahassa mitattaviksi tekijöiksi valitsimme asiakasystävällisyyden, projektin aikataulun, laadun, dokumentoinnin, putken naarmuuntumisen ja esteettisen laadun.

Seuraavissa kahdessa taulukossa on kuvattu käyttövesimoduulin kustannushyötyanalyysi ja hyötyihin perustuva valintamenettely verraten perinteisesti tehtyyn käyttövesijärjestelmään.

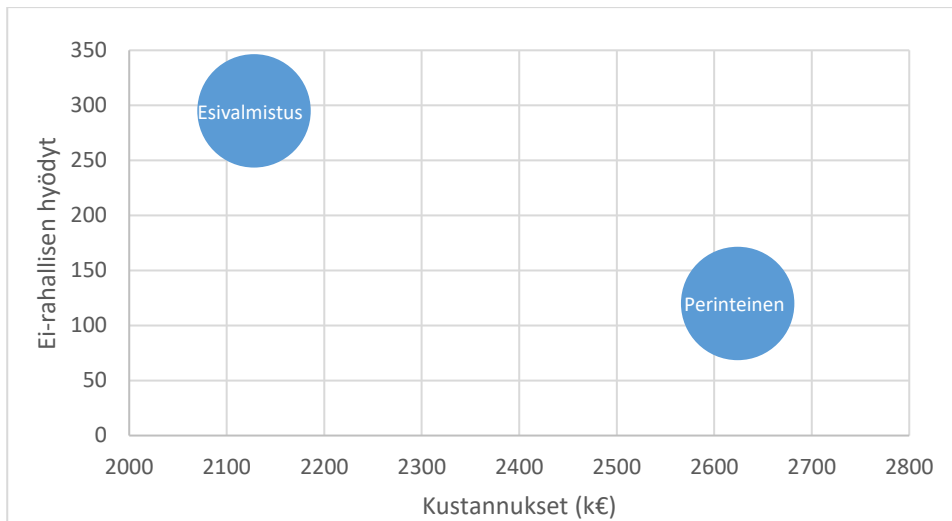
Kustannushyötyanalyysi (rahassa mitattavien tekijöiden arviointi)

Käyttövesimoduulia vastaavan perinteisen rakentamisen kokonaiskustannukset = 2624 k€	
Rahassa mitattavat tekijät	Esivalmiste verrattuna perinteiseen
<u>Suorat kustannukset</u> (materiaalit, työ, kuljetus ja asennus)	Samat kuin perinteisessä tuotteessa.
<u>Epäsuorat kustannukset</u>	
Evakuointikustannukset (asukkaat voivat asua remontin aikana asunnoissaan)	-300 k€
Projektin aikataulu (- 2 vko / rappu; työmaakulut)	-49 k€
Projektin aikataulu (pääomakustannukset ja voittomarginaali)	-147 k€
Esivalmisteen kustannukset yhteensä	2128 k€
Hyöty-kustannussuhde = 2624/2128= 1.23 >1	

Hyötyihin perustuva valintamenettely (ei-rahassa mitattavien tekijöiden analyysi)

Tekijät	Tate-käytäväelementti		Perinteisesti rakennettu vastine	
	Ominaisuus	Tärkeys	Ominaisuus	Tärkeys
Asiakasystävällisyys	Asiakas voi asua asunnoissaan remontin ajan.	85	Vaatii muuttoa remontin ajaksi.	
Projektin aikataulu	2 viikkoa nopeampi kuin perinteinen	75	Hitaampi rakentaa	
Laatu	Komponentit kytketty toisiinsa vakioliitoksilla.	70	Alttiimpi laatuvirheille liitoksissa.	
Dokumentointi	As-built vastaa hyvin suunnitelmaa.	65	Toteutus voi poiketa merkittävästi suunnitelmasta.	
Putken naarmuuntuminen	Valmiit kotelopinnat ovat herkkiä naarmuuntumaan.		Viimeistely työmaalla mahdollistaa naarmujen korjaamisen.	65
Esteettinen laatu	Ei sovellu välttämättä kaikkiin, esim. arvorakennuksiin.		Yksilöllinen ratkaisu sovittavissa kaikkiin rakennuksiin.	55
YHTEENSÄ		295		120

Seuraavassa kuvassa esitetään kustannukset vs. ei-rahalliset hyödyt –analyysi, josta nähdään, että esivalmistettu tuote on kustannusmielessä edullisempi vaihtoehto verrattuna perinteisesti tehtyyn käyttövesijärjestelmään, kun otetaan huomioon sekä suorat että epäsuorat kustannustekijät. Lisäksi analyysi kertoo, että esivalmistettu tuote sisältää tekijöitä, joidenka vuoksi se on myös arvotettu paremmaksi kuin perinteisesti valmistettu tuote.



Kylpyhuonetalotekniikkakasetin vaikutusten analyysi

Kylpyhuonetalotekniikkakasetti on tarkoitettu lähinnä kerrostalon korjausrakennuskohteisiin. Kasetti sisältää käyttövesiputket, pystyviemärin ja seinä-wc:n sekä vesi- ja viemäriiitännät viereen asennettavaa pesuallasta varten. Kasetti voidaan avata, mikä mahdollistaa vaivattoman huollettavuuden. Esivalmistetta tutkittiin projektissa, joka käsitti linjasaneerauksen 52 asunnon kerrostalossa.

Kasetin vaikutusten analyysissä päädyimme seuraaviin rahassa mitattaviin osatekijöihin: Materiaalit, työ ja asennus, jotka ovat tuotteen suoria kustannuksia, sekä aikataulu, ylimääräinen työ, asbestin purku ja työkalujen vuokraus, jotka ovat tuotteen epäsuoria kustannuksia. Ei-rahassa mitattaviksi tekijöiksi valitsimme asennuksen, projektin aikataulun, laadun ja suunnittelun epävarmuuden.

Seuraavissa kahdessa taulukossa on kuvattu kylpyhuonetalotekniikkakasetin kustannushyötyanalyysi ja hyötyihin perustuva valintamenettely verraten perinteisesti valmistettuun kylpyhuoneen talotekniikkaan.

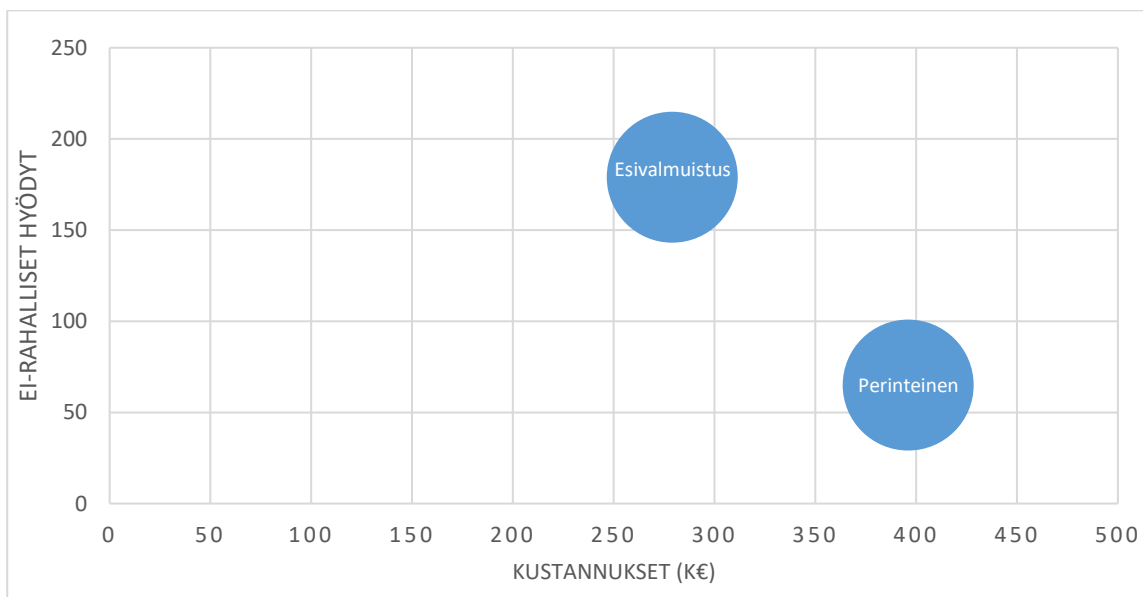
Kustannushyötyanalyysi (rahassa mitattavien tekijöiden arviointi)

Vastaavan perinteisen tuotteen kokonaiskustannukset = 396 k€	
Rahassa mitattavat tekijät	Esivalmiste verrattuna perinteiseen
<u>Suorat kustannukset</u> (materiaalit, työ, kuljetus ja asennus)	-30 k€
<u>Epäsuorat kustannukset</u>	
Projektin aikataulu (-15%)	-9 k€
Ylimääräinen työ (mm. piikkaus ja purku)	-18 k€
Asbestin purku	-11 k€
Vuokratuotot/väistöasumisen kustannukset	-49 k€
Esivalmisteen kustannukset yhteensä	279 k€
Hyöty-kustannussuhde = 396/279 = 1.4 >1	

Hyötyihin perustuva valintamenettely (ei-rahassa mitattavien tekijöiden analyysi)

Tekijät	Käyttövesimoduuli		Perinteisesti rakennettu käyttövesi	
	Ominaisuus	Tärkeys	Ominaisuus	Tärkeys
Asennus	Helpompaa asentaa kuin perinteinen	60	Vaikea asentaa	
Projektin aikataulu	15% nopeampi kuin perinteinen	58	Hitaampi, kun rakennetaan paikan päällä	
Laatu	Parempaa laatua, vähemmän huoltoa	60	Heikompi laatu, vaatii enemmän huoltoa	
Suunnittelun epävarmuus	Ratkaisu ei sovi mitoitukseltaan kaikkiin kohteisiin		Asennettu todelliseen sijaintiin, pienempi epävarmuus suunnitelman toteuttavuudessa	40
Asentajan saatavuus	Joskus vaikea löytää kokenut asentaja		Helposti saatavissa oleva asennusohjelma	25
YHTEENSÄ		178		65

Seuraavassa kuvassa esitetään kustannukset vs. ei-rahalliset hyödyt –analyysi, josta nähdään, että esivalmistettu tuote on kustannusmielessä edullisempi vaihtoehto verrattuna perinteisesti tehtyyn kylpyhuoneen talotekniikkaan, kun otetaan huomioon sekä suorat että epäsuorat kustannustekijät. Lisäksi analyysi kertoo, että esivalmistettu tuote sisältää tekijöitä, joidenka vuoksi se on myös arvotettu paremmaksi kuin perinteisesti valmistettu tuote.

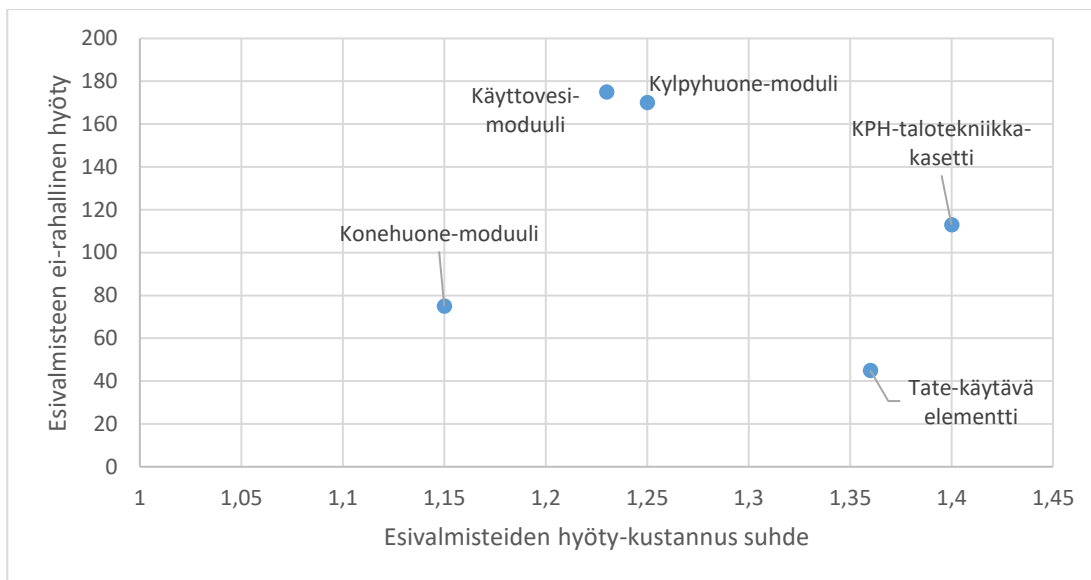


Yhteenveto esivalmisteiden vaikutusten analyysistä

Kun yllä esiteltyjä esivalmisteita verrattiin perinteisesti valmistettuihin tuotteisiin, huomattiin, että kaikissa tutkituissa tapauksissa esivalmiste näyttäytyi kaikki tekijät huomioon otettaessa edullisemmalta vaihtoehdolta. Merkittävimmän kustannushyödyn todettiin yleensä syntyvän epäsuorista kustannuksista. Säästöjen pää lähde kuitenkin vaihteli: jossain ratkaisuissa se oli nopeutunut aikataulu ja sen aiheuttamat säästöt pää-

urakoitsijalle, toisissa tapauksissa korostui esim. tilan säästö. Korjauskohteissa puolestaan merkittävät hyödyt liittyivät useimmiten lyhentyneeseen asukkaiden evakko aikaan tai jopa mahdollisuuteen käyttää asuntoa koko remontin ajan.

Kuvassa 2 on esitetty viisi tutkittua esivalmistetta niiden hyöty-kustannussuhteen ja ei-rahallisten hyötyjen osalta. Esivalmisteen eivät ole toisiinsa verrattavissa ja projektikohtaisesti vaikutuksissa voi olla suurta eroa. Silti analyysi osoittaa, että tutkituista esivalmisteista ja tutkituista projekteista KPH-talotekniikkakasetti oli kustannuksiltaan suhteellisesti vaikuttavin ja käyttövesimoduuli oli puolestaan paras ei-rahallisilla tekijöillä mitattuna. Huomioitavaa on, että nämä molemmat esivalmisteen olivat pitkälti tuotteistettuja eli niiden projektikohtainen räätälöinti oli suhteellisen vähäistä.



Kuva 2. Nelikenttä-analyysi kokonaiskustannuksista ja hyötyanalyysistä viiden esivalmisteen osalta.

Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa kehitettiin prosessi esivalmisteen laajojen vaikutusten arvioimiseksi rakennushankkeessa.

Tutkimuksen mukaan projektien ja toimijoiden välillä on merkittävää vaihtelua suhtautumisessa esivalmisteen vaikutuksiin. Toisessa ääripäässä fokus valintatilanteessa on pelkästään suorissa kustannuksissa, kun taas toiset toimijat laskevat esivalmisteen vaikutuksia mm. elinkaarikustannuksiin ja rakentajan vuosikatteeseen. Parhaimmillaan tate-esivalmisteen hyödyntäminen ohjaa pohtimaan tarkemmin muuntojoustavuutta ja elinkaarikustannuksia. Esivalmisteen voidaan myös vakioda huollettavien laitteiden, kuten palopellin ja veden sulkuventtiilin, sijoituksia ja näin edistää asukkaiden turvallisuutta.

Mitä laajempi näkökulma vaikutuksiin on, sitä hyödyllisempänä esivalmiste yleensä näyttäytyy. Laajoja hyötyjä ei kuitenkaan saavuteta, jos niitä ei ensin arvioida ja johdeta suunnittelua ne silmällä pitäen. Eniten kehityspotentiaalia löytyy aikatauluhyötyjen ulosmittaamisessa ja elinkaarihyötyjen innovoinnissa. Korjausrakentamisessa tate-esivalmisteen usein määrittävät hankkeen kokonaisratkaisua ja laajuutta, kun taas uudisrakentamisessa ne ovat usein pienempi osa kokonaisuutta. Esivalmisteen hyödyt ja haitat jakautuvat usein epätasaisesti eri osapuolille. Tästä syystä osapuolten yhteistyö suunnitteluvaiheessa on tärkeää vaikutusten kommunikoimiseksi ja hyötyjen aikaansaamisessa ja jakamisessa.

Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että moduulien hyödyntäminen rakentamisessa vaatii pitkäjänteistä investointia tuotteen ja prosessin kehittämiseen. Ensisijaisesti on kannattavaa pyrkiä tuotteistettuihin ratkaisuihin (tuoteperheet) projektikohtaisen esivalmistuksen sijaan. Projekti- ja liiketoimintatasolla kannattaa tarkastella moduulien ja esivalmisteiden vaikutuksia laajasti ja usean toimijan näkökulmasta. Hyödyt ovat useimmiten epäsuoria; hyödyt eivät tule itsestään, vaan ne tulee ulosmitata yhdessä suunnitellun rakennusprosessin kautta.

Keskusteluissa työpajoihin osallistuneiden kanssa selvisi, että esivalmisteiden käytön esteenä on usein tekijöitä, joihin voidaan varautua ennakoinnilla. Yksi niistä on se, että esivalmisteista parhaan hyödyn saamiseksi, niiden hyödyntämisestä pitäisi päättää jo luonnossuunnitteluvaiheessa, mutta urakoitsija, joka usein on päättämässä toteutusmenetelmistä, ei ole tässä vaiheessa vielä mukana projektissa. Suunnitteluvaiheessa on myös varattava riittävästi aikaa esivalmisteisiin liittyvään suunnitteluun, sillä esivalmisteet vaikuttavat rakentamiseen, logistiikkaan ja työvaiheiden järjestykseen.

Tarkemman suunnittelun yhteydessä on tärkeää, että tate-suunnittelija ja valmistaja tekevät yhteistyötä, jotta voidaan varmistua siitä, että esivalmistajalla on viimeisin suunnittelutieto rakennettavasta kohteesta ja esimerkiksi sallituista materiaaleista. Olisi myös hyvä, jos elementoitavat alueet käytäisiin tarkemmin läpi tietomallissa, sillä pelkät arkkitehtikuvat eivät välttämättä luo riittävästi ymmärrystä talotekniikan ja rakenteiden riippuvuuksista. Eräs haaste esivalmisteiden hyödyntämiselle on myös se, että kaikki esivalmisteet eivät vielä ole tuotehyväksynnän piirissä. Tämä tarkoittaa, että valvojan on erikseen hyväksyttävä näiden tuotteiden käyttö. Työpajoihin osallistuneet henkilöt ehdottivat, että tehtäväluetteloihin lisättäisiin tehtävä, jossa suunnitteluryhmä käy läpi esivalmistusvaiheen mahdollisuudet ja mahdolliset haasteet ja lisää tämän arvioinnin tulokset luonnosvaiheen suunnitelmaan.

Esivalmisteiden hyödyntäminen ei edellytä uutta teknistä osaamista talotekniikkayritykseltä, mutta se edellyttää liiketoiminnan kehittämistä palveluorientoituneempaan suuntaan, sillä esivalmistettaessa tate-yritysten osaamista tarvitaan jo aiemmin rakennusprojektin suunnitteluvaiheissa. Tällä hetkellä esivalmisteiden hyödyntäminen edellyttää jonkin verran paikallista sopimista, mikä voi viedä aikaa. Esimerkiksi asuntohinnittelussa on alin sähkötöiden lukumäärä 50 pistettä, mutta esivalmisteiden hyödyntämisessä ei aina tule näin montaa pistettä, joten tilaaja joutuu maksamaan ylimääräistä hyödyntäessään esivalmistetta. Toisaalta työehtosopimukset esivalmisteiden osalta tulevat varmasti kehittymään tulevaisuudessa. Esivalmisteiden hyödyntäminen tuo aluksi mukanaan myös enemmän sovittavia asioita, sillä mm. kylpyhuonemuodulleja hyödynnettäessä vastuurajat muuttuvat lvi-töiden osalta. Esimerkiksi putkitöiden osalta voi pahimmillaan olla jopa kolme rajapintaa: elementin sisäiset putkityöt, pystykuilun runkoliitokset ja esim. keittiön vaakalinja.

Esivalmisteiden vaikutuksia yksittäisiin tekijöihin on aikaisemmin mitattu erinäisillä työkaluilla, kuten kyseilyillä (laatu), riippuvuusmatriisilla (ympäristö), kustannushyötyanalyysillä (kustannukset) ja tapaustutkimuksilla (turvallisuus ja terveys). Toistaiseksi ei kuitenkaan ole kehitetty menetelmää, jolla voisi arvioida esivalmisteiden samanaikaisia vaikutuksia useaan projektin tekijään. Building 2030 Esivalmistuksen pilotointi –työryhmässä kehitetty mittaristo auttaa alan toimijoita ymmärtämään esivalmisteiden samanaikaisia vaikutuksia useaan projektin tekijään. Mittariston käytön edellytyksenä on, että projektissa toimiva henkilö, kuten rakennushankkeen toteuttaja tai rakentajan kustannuslaskija, tutustuu mittarin käyttöön ja kerää mittariston edellyttämän tiedon projektiin osallistuvilta henkilöiltä. On tiedostettava, että aina ei ole saatavilla riittävästi lähtötietoja, vaan lähinnä arvioita vaikutusten minimi- ja maksimiarvoista. Tämän raportin liitteeseen 1 on tuotettu esimerkki esivalmistuksen vaikuttavuuden mittaamisprosessin käytöstä, jotta mittariston käyttöön-otto olisi yksinkertaisempaa.

Mittariston lopputulemat ja niiden pohjalta tehtävät päätökset ja toimenpidesuunnitelmat on hyvä kirjata luonnosvaiheen suunnitelmaan, jotta niihin voidaan tarvittaessa palata projektin aikana. Projektin loppuksi on

projektiryhmän hyvä palata suunnitelmaan, ja käydä läpi, miten hyvin mittarissa käytetyt arviot ovat toteutuneet projektissa, ja mitä voidaan oppia seuraavaa projektia ajatellen.

Liitteet

Liite 1. Esimerkki esivalmistuksen vaikuttavuuden mittaamisen menetelmän käytöstä. Menetelmä koostuu kymmenestä vaiheesta.

Vaiheet	Selite ja esimerkki
<p>1. Määrittele potentiaalinen esivalmiste ja sen perinteisesti rakennettu vastine.</p>	<p>1. Keskeistä on tarkasti määritellä ne rakennusosat ja tehtävät, jotka esivalmiste korvaa paikalla tehdystä rakentamisesta.</p> <p><i>Modulaarinen esivalmistettu kylpyhuone toimii esimerkkinä esivalmisteesta ja sen perinteisesti rakennettu vastine on työmaalla rakennettu kylpyhuone.</i></p>
<p>2. Määrittele projektin osatekijät, joihin esivalmisteella on vaikutuksia.</p>	<p>2. Osatekijät tulee olla sellaisia, joihin esivalmisteella on potentiaalisesti vaikutusta ja jotka lisäksi ovat hankkeen tavoitteiden kannalta keskeisiä. Tekijöiden määrittelyyn tarvitaan tilaajan lisäksi ainakin suunnittelun ja rakentamisen osaamista.</p> <p><i>Esimerkiksi modulaarinen esivalmistettu kylpyhuone voi vaikuttaa projektin suoriin kustannuksiin, laatuun, aikatauluun, materiaalihukkaan, asiakasarvoon, lisätyöriskihin, työn koordinointiin ja suunnittelun joustavuuteen.</i></p>
<p>3. Luokittele tekijät rahassa mitattaviin ja ei-rahassa mitattaviin.</p>	<p>3. Huomioitava, että jotkut tekijät (esim. aikataulu) voivat olla sekä rahassa mitattavia (kustannussäästö) että ei-rahallisia (nopea luovutus asiakkaalle tai aikataulun pitävyyden).</p> <p><i><u>Rahassa mitattavat:</u> a) suorat kustannukset: materiaalit, työ, kuljetus ja asennus. b) epäsuorat kustannukset: laatu, aikataulu, materiaalihukka.</i></p> <p><i><u>Ei rahassa mitattavat:</u> työn koordinointi, asiakasarvo, suunnittelun joustavuus, lisätyöriskit.</i></p>

4. Arvioi rahassa mitattavien tekijöiden suorat kustannukset.

4. Suorissa kustannuksissa huomioidaan esivalmisteen välittömästi liittyvät työ, materiaali ja kuljetuskustannukset.

Suoriin kustannuksiin kuuluvat kylpyhuoneen materiaali-, työ- (tehdas ja asennus) ja kuljetuskustannukset.

Kustannushyötyanalyysi

5. Vertaile esivalmisteen epäsuoria vaikutuksia sen perinteisesti rakennettuun vastineeseen ja muunna vaikutukset rahaksi.

5. Epäsuorat vaikutukset mitataan usein lähtökohteisesti muina kuin rahallisina vaikutuksina (esim. laatuvirheiden määrä, rakentamisaikataulu). Vaikutukset muunnetaan kustannuksiksi yhdistämällä ne muuhun tietoon (esim. laatuvirheiden koordinaatinkustannus ja työmaan aikaperustaiset yleiskustannukset).

Esimerkiksi kylpyhuone-esivalmisteen suorat kustannukset (materiaali, työ, kuljetus, asennus) voivat olla korkeammat kuin perinteisesti rakennetun kylpyhuoneen, kun taas epäsuorat kustannukset (laatu, materiaalihukka, aikataulu) saattavat olla pienemmät.

6. Laske kokonaiskulut ja määrittele hyöty-kustannussuhde.

6. Esivalmisteen suoriin kustannuksiin lisätään epäsuorat kustannukset ja vähennetään epäsuorat säästöt. Lopuksi tätä kokonaiskustannusta verrataan perinteisen rakentamisen kustannukseen.

*Jos esimerkiksi perinteisesti rakennetun kylpyhuoneen suorat kustannukset ovat 8500 € ja kylpyhuone-esivalmisteen kokonaiskustannus hyödyt mukaan lukien on 6791 €, saadaan hyöty-kustannussuhteeksi 1,25 (8500 € / 6791 €) mikä on projektille kannattava (>1). (Ks. *)*

7. Määrittele kriteerit jokaiselle ei-rahassa mitattavalle tekijälle.

7. Ei-rahassa mitattaville tekijöiden arvottamiselle määritellään kriteerit.

Esimerkiksi suunnittelun joustavuuden (ei-rahassa mitattava tekijä) kriteerinä voi toimia ”joustavampi prosessi on parempi” kun taas lisätyön riskien kriteerinä voi toimia ”vähemmän riskiä on parempi”.

Hyötyihin perustuva
valintamenettely

8. Kuvaa jokaisen tekijän ominaisuudet sekä esivalmisteen että perinteisesti rakennetun osalta.

8. Kuvataan mahdollisimman tarkasti molempien vaihtoehtojen ominaisuudet.

Esimerkki.

<i>Tekijä</i>	<i>Esivalmisteen ominaisuudet</i>	<i>Perinteisen ominaisuudet</i>
Suunnittelun joustavuus	Suunnitelma pitää lukita n. 2 kk ennen rakentamisen alkua.	Suunnitelmaa voidaan muuttaa vielä rakentamisen aikana.
Lisätöiden riskit	Esivalmis- teella on vähemmän rajapintoja kuin perinteisessä.	Asennetaan osissa, töiden raja-pinnoissa epävarmuuksia.

9. Tee päätös kumman tuotteen ominaisuus on parempi ja pisteytä ominaisuudet.

9. Ensin määritellään tekijöittäin, kumpi vaihtoehdoista on hankkeen kannalta edullisempi. Tämän jälkeen edut asetetaan tärkeysjärjestykseen pisteyttämällä ne.

*Esimerkiksi ”joustava suunnittelu” –etu voi olla asiakkaalle erittäin hyödyllinen, jolloin tälle ominaisuudelle annetaan esim. 100 pistettä ja muille eduille vähemmän pisteitä suhteessa tähän priorisoituun etuun. Lopuksi lasketaan hyötyjen pisteet yhteen. (Ks. **)*

10. Tee nelikenttä-analyysi kokonais-kustannuksista ja hyötyanalyysistä.

10. Tehdään nelikenttä-analyysi kokonaiskustannuksista ja hyötyanalyysistä. Lopullinen päätös tehdään kokonaisuus huomioimalla.

*Esivalmistekylpyhuoneen ja perinteisesti tuotetun kylpyhuoneen kustannushyötyanalyysi näytetään xy-asteikolla siten, että x-akselilla näkyy näiden kokonaiskustannukset ja y-akselilla hyötyjen yhteenlasketut pisteet. (Ks. ***)*

*Kustannushyötyanalyysi-esimerkki (rahassa mitattavien tekijöiden arviointi)

Perinteisesti rakennetun kylpyhuoneen kokonaiskustannukset = 8500 €	
Rahassa mitattavat tekijät	Esivalmisteen kustannusvaikutus
<u>Suorat kustannukset</u> (materiaalit, työ, kuljetus ja asennus)	+375 €
<u>Epäsuorat kustannukset</u>	
Laatuvirheet	-320 €
Materiaalihukka	-40 €
Aikataulu (projektimarginaali)	-1364€
Aikataulu (työmaakulut)	-150 €
Aikataulu (pääomakustannus)	-210 €
Esivalmisteen kustannukset yhteensä	6791 €
Hyöty-kustannussuhde = 8500/6791 = 1.25 >1	

**Hyötyihin perustuva valintamenettely (ei-rahassa mitattavien tekijöiden analyysi)

Tekijät	Kylpyhuone-esivalmiste		Perinteisesti rakennettu kylpyhuone	
	Ominaisuus	Tärkeys	Ominaisuus	Tärkeys
Suunnittelun joustavuus	Ei ole joustavuutta suunnittelussa.		Suunnitelmaa on helppo muuttaa.	100
Lisätyöriskit	Esivalmisteella on vähemmän rajapintoja kuin perinteisessä.	45	Asennetaan osissa, raja-pinnoissa epävarmuuksia.	
Työn koordinointi	Työn koordinointi on helppoa.	35	Vaatii jonkin verran lisätyötä.	
Asiakasarvo	Esivalmisteessa on mukana älykkäitä ominaisuuksia, jotka lisäävät käyttömukavuutta.	60	Perinteinen kylpyhuone, ei lisäominaisuuksia.	
YHTEENSÄ		140		100

***Kustannushyötyanalyysi

