

Kimmo Keskiniva
Juha-Matti Junnonen
Arto Saari

Teolliset esivalmisteet tahtituotantomallilla toteutettavalla korjausrakennustyömaalla

NOHEVA-tutkimuksen raportti

Copyright © 2020 tekijät

ISBN 978-952-03-1652-5 (pdf)

ISSN 2669-8838 (pdf)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1652-5>

Tampere 2020

TIIVISTELMÄ

Kimmo Keskiniva, Juha-Matti Junnonen, Arto Saari:

Teolliset esivalmisteet tahtituotantomallilla toteutettavalla korjausrakennustyömaalla - NOHEVA-tutkimuksen raportti

Tampereen yliopisto. Rakennustekniikka. Tutkimusraportti 2. 59 sivua

Asiasanat: teollinen korjausrakentaminen, asuinkerrostalo, tahtituotanto, putkiremontti, hormielementti

Tässä julkaisussa tutkittiin teollisesti valmistettujen esivalmisteiden käyttöä korjausrakentamisessa. Julkaisu sisältää katsauksen teollisen korjausrakentamisen toteuttamiseen suunnittelun, toteutusmuotojen ja tuotannonhallinnan näkökulmista. Julkaisu on osa Tampereen yliopiston ja Työtehoseuran NOHEVA-työmaa -tutkimushanketta.

1960- ja 1970 -luvulla rakennettiin massatuotantona suuri määrä asuinrakennuksia, jotka ovat nyt korjaus-
iässä. Korjausrakentaminen on ollut perinteisesti käsityövoittoista paikalla rakentamista. Paikalla rakentamisen
rinnalle on tullut elementtirakentaminen, jossa rakennusosia uusitaan esivalmistetuilla modulaarisilla kom-
ponenteilla. Esivalmistetut komponentit valmistetaan tehokkaasti hallituissa tehdasolosuhteissa, mikä sujuvoit-
taa rakennustyömaiden tuotantoa ja lyhentää rakennushankkeiden tuotantovaiheen kestoa.

Teollisen rakentamisen hyödyntäminen riippuu pitkälti korjaushankkeen luonteesta ja hankkeelle asetetta-
vista tavoitteista. Teollisten ratkaisujen sopivuutta korjausrakentamiseen täytyy tutkia aina kohdekohtaisesti.
Vaikka teolliset tuotteet valmistetaan tehdasolosuhteissa, niiden asentaminen ja sovittaminen tapahtuu van-
hassa rakennuksessa. Rakennuksen olemassa olevat rakenteet sanelevat, millaisia esivalmisteita voidaan
käyttää.

Esivalmisteet vaativat paikalla rakentamista tarkemmat suunnitelmat yksityiskohdista, kuten liitoksista, de-
taljeista sekä varusteluista. Tämä aiheuttaa useimmiten pidemmän suunnitteluvaiheen, työmaa-ajan lyhenty-
essä. Tuoteosien suunnittelu edellyttää suunnitelma-aikataulun tekemistä sekä suunnittelun laajuuden arvi-
oinnin ennen suunnitteluun ryhtymistä. Suunnittelutyössä tärkeää on informaation kulun varmistaminen, jotta
esivalmisteet saadaan suunniteltua korjauskohteeseen soveltuvaksi.

Toteutusmuodon valinnassa kannattaa huomioida esivalmisteiden käyttämisen mahdollisuus. Periaat-
teessa kaikki toteutusmuodot soveltuvat teolliseen korjausrakentamiseen. Perinteiset pääurakkamuodot eivät
kuitenkaan sovellu parhaalla mahdollisella tavalla teolliseen korjausrakentamiseen, koska perinteiset pääurak-
kamuodot kilpailutetaan lähes valmiiden suunnitelmien avulla. Tällöin urakoitsijan asiantuntemusta ei saada
hyödynnettyä teollisen ratkaisun suunnittelussa ja suunnitelmien rakennettavuuden varmistamisessa. Paras
lähtökohta esivalmistamiselle on teknisen suunnittelun sisällyttäminen toteuttajan suoritusvelvollisuuksiin.

Tuotannon hallinnan on tuettava teollisia korjausrakentamismenetelmiä, ja tuotanto on suunniteltava tuke-
maan nopeaa toteutusta. Tutkimuksen valmistumisen hetkellä toteutuksen nopeuttamista ja asumishaittojen
vähentämistä tavoitellaan useissa rakennusalan hankkeissa tahtituotantomallin avulla. Tahtituotannossa eri
tehtävien suorittaminen ja työryhmien eteneminen pyritään tasaamaan noudattamaan yhtenäistä tuotantono-
peutta. Esivalmistamisen uskotaan soveltuvan hyvin tahtituotantoon, koska esivalmistaminen standardoi ja
sujuvoittaa tuotantoa, sekä vähentää tehtävien toteutukseen liittyvää epävarmuutta.

Julkaisussa verrattiin esivalmistamista ja paikalla rakentamista kahden havainnoidun asuinkerrostalon kor-
jaustyömaan näkökulmasta. Analysoitavaksi rakennusosaksi valittiin märkätilan nousuhormin rakentaminen
elementtinä ja paikalla rakentamalla. Julkaisussa esitetään kahden eri kohteen nousuhormin rakentamisen
kulku kuvina selityksineen. Työmenetelmiä verrataan taulukkomuodossa kyseisen luvun lopussa.

ALKUSANAT

Työtehoseuran ja Tampereen yliopiston Rakentamistalouden tutkimusryhmän yhdessä toteuttamassa NOHEVA-tutkimuksessa selvitettiin nopeiden korjaustuotteiden ja esivalmisteiden käyttöä tahtituotantomallia soveltavissa korjauskohteissa.

Tutkimusryhmä osallistui pilottikohteena olleen kahden korjaushankkeen tuotannosuunnitteluun ja tuotannon seurantaan ja havainnointiin. Tutkimuskohteina oli Asunto Oy Kalasääksentie 10 Espoossa ja HOAS:n Kitarakuja 1-3 Helsingissä.

Tässä julkaisussa tarkastellaan esivalmisteisten tuotteiden käyttöä virtautetuissa korjaushankkeissa. Julkaisun ovat kirjoittaneet työryhmänä väitöskirjatutkija Kimmo Keskiniva, TkL, KTM Juha-Matti Junnonen ja professori Arto Saari Tampereen yliopistosta.

Ensimmäisessä tutkimuskohteessa työmaahavainnointiin on osallistunut Työtehoseurasta työntutkija Marco Sivonen, toisessa kohteessa työntutkija Sami Sarkkinen ja molemmissa kohteissa työntutkija Tea Elstob. Elstob myös selvitti esivalmisteisten hormielementtien käyttökokemuksia haastatteleamalla kolmea työnjohtajaa.

Noheva-tutkimus on tehty seuraavien yritysten rahoituksella (suluisia ohjausryhmän jäsenet ja varajäsenet):

- Consti Oyj (Juha Salminen 31.8.2019 saakka ja Antti Pulkkinen)
- Kiilto Oy (Jari Kuronen ja Vesa Sampakoski)
- Uponor Oyj (Mika Laurila ja Veli-Pekka Jormakka)

1.7.2020

Tekijät

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	7
2. Esivalmisteiden käytön perusteet	8
2.1. Moduulirakentaminen.....	8
2.2. Modulaarinen korjausrakentaminen	10
3. Esivalmisteiden käytön vaikutukset suunnitteluun.....	16
3.1. Suunnittelun lähtökohdat.....	16
3.2. Tuoteosien suunnittelu.....	19
4. Esivalmisteiden käytön vaikutukset toteutusmuotoon.....	24
4.1. Toteutusmuodot ja sen valinta.....	24
4.1.1. Pääurakkamuodot	24
4.1.2. Suunnittelun ja toteutuksen sisältävä urakkamuoto	25
4.1.3. Osaurakkamuodot	25
4.2. Teolliseen korjausrakentamiseen soveltuvat toteutusmuodot.....	26
4.3. Teollisen korjausrakentamisen vaikutus hankkeen osapuolten tehtäviin.....	30
5. Esivalmisteiden käytön vaikutukset tuotannonhallintaan	32
5.1. Toistuva tahtituotanto korjausrakentamisessa	32
5.2. Logistiikka	37
5.3. Elementtiusun ja paikalla rakennettavan nousun vertailu	39
5.3.1. Vessan elementtiusun asennusvaiheet asuinkerrostalon korjauskohteessa	40
5.3.2. Paikalla rakennetun nousuhormin työvaiheet asuinkerrostalon korjauskohteessa	48
5.4. Pääurakoitsijan kokemuksia esivalmisteiden käytöstä korjauskohteissa	54
6. Yhteenveto	56
Lähdeluettelo	58

1. Johdanto

Rakennettu ympäristö on muodostunut vuosikymmenten kuluessa erilaisista rakenteista ja rakennuksista. Uudisrakentamisessa riittää tämän päivän rakennustekniikan hallitseminen, kun taas korjausrakentamisen kohteena voi olla hyvin laaja kirjo erilaista rakennustekniikkaa. Erityisesti 1960-luvulla rakennustekniikkaa ja -menetelmiä kehitettiin massatuotantoon sopiviksi. Perinteisestä työvoimavaltaisesta paikalla rakentamisesta oli päästävä nopeampaan ja taloudellisempaan rakennustapaan. Kerrostalotuotannossa painopiste oli määrällisten tavoitteiden täyttämässä. Asuntotuotannon avainsanoja rakennustekniikassa olivat:

- tehokkuus
- teollinen sarjatuotanto
- esivalmisteiset rakennusosat
- moduulimitoitus
- standardointi

Nyt 1960- ja 1970-luvulla rakennetut asuinkerrostalot ovat teknisesti vanhentumassa, ja suuri määrä kerrostaloja on korjauksen tarpeessa. Korjausrakentaminen voi kohdistua hyvin monenlaisiin rakenteisiin ja korjaushankkeet ovat ominaisuuksiltaan yksilöllisiä. Jokaisella korjattavalla rakennuksella on omat piirteensä kohteen arkkitehtonisten ratkaisujen, iän, historian ja sijaintinsa takia, jotka on otettava huomioon korjaustapoja valittaessa.

Tuotantotavoiltaan korjausrakentaminen on perinteisesti ollut hyvin käsityövoittoinen ala. Osin tästä johtuen korjausrakentaminen on hidasta ja sen tuottavuus on heikkoa. Eri työvaiheiden väliin tulee mm. ammattikuntajaosta johtuvia odotusaikoja ja yllättäviä katkoksia. Työnjohdon aika kuluu yllätysten ratkaisemisessa ja eri ammattialojen töiden yhteensovittamisessa, eikä työnjohdolle jää aikaa tuotannon suunnitteluun ja tuottavuuden kehittämiseen. Myös korjausrakentamisessa käytettävät tuotteet ja ratkaisut ovat perinteisesti samoja kuin uudisrakentamisesta. Kuitenkin korjausrakentamiseen soveltuvia tuotteita ja ratkaisuita on erityisesti viime aikoina kehitetty intensiivisesti. Usein tuotteet muodostuvat komponenteista tai räätälöidään tapauskohtaisesti kohteeseen ja hankkeeseen soveltuviksi.

Korjausrakentaminen tapahtuu usein käytössä olevassa rakennuksessa. Käyttäjien huomioonottaminen aiheuttaa haasteita viestinnällisesti, ajallisesti sekä taloudellisesti. Tämä korostuu ennen kaikkea asuinrakennusten korjauksissa. Korjausrakentamisesta käyttäjille kohdistuvia haittoja ovat muun muassa pitkäaikainen tilojen käyttötarkoituksen mukaisen käytön huomattava heikentyminen, käyttökatkokset LVISA – järjestelmissä sekä melu- ja likahaitat. Asuinrakennuksissa haittana on lisäksi se, että työskentely saattaa tapahtua ihmisten asuinnoissa. Näitä haittoja voidaan minimoida lyhentämällä työmaa-aikoja sekä parantamalla käyttäjille kohdistuvaa viestintää siitä mitä tehdään, missä tehdään ja milloin tehdään.

2. Esivalmisteiden käytön perusteet

2.1. Moduulirakentaminen

Esivalmisteita ja elementtitekniikkaa on periaatteessa osattu soveltaa jo muinaisissa kulttuureissa. Tästä todisteina ovat nykypäiviin säilyneet lähinnä esivalmistetuista ”luonnonkivielementeistä”, kuten pylväistä, palkeista ja rakennuskappaleista kootut rakennukset. On olemassa todisteita siitä, että jo edellä mainittujen rakennusten esikuvana ovat olleet niiden puiset edeltäjät, joten esivalmisteita ja teollista rakentamista on osattu hyödyntää jo kauan sitten.¹ Teollinen rakentaminen on syntynyt yleisen teollisuuden kehitystä seuraten, samalla hyödyntäen teknologiaa eri vaiheissaan. Esivalmisteiden käytön edellytyksenä on rakennustarvikkeiden ja – osien mahdollisimman pitkälle vietyä standardisointia, jonka avulla saavutetaan teollisen sarjatyön edut.²

Rakentamisen modulaarisuutta voidaan pitää tietynlaisena edellytyksenä esivalmisteiden käytölle. Monimutkaisen järjestelmän osia voidaan vähentää ryhmittelemällä niitä suuremmiksi osakokonaisuuksiksi, joka vastaavasti lisää tuotannon ohjattavuutta. Modulaarisissa tuotteissa ei ole tarvetta uusiksi koko tuotetta, jos vain joku sen komponenteista uudistuu merkittävästi. Se luo edellytykset eri toimittajien tuoteosien yhdistämiseksi toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi. Tuotteiden nopea vanheneminen ja kehityksen vauhti onkin yksi modulaarisuuteen ajava päätekijä.³ Teollisen rakentamisen tavoitteena on rakentamisen tuottavuuden parantaminen ja kehityksen nopeutuminen valmistajakohtaisten rakenteiden vaihdettavuudella saavutettavan kilpailun avulla. Modulaarisuutta ja teollisia ratkaisuita voidaan soveltaa korjausrakentamiseen avoimen rakennusjärjestelmän avulla, jossa oleellista keskeistä on liittymien ja toleranssien määrittely sekä yritys- tai järjestelmäkohtainen tuotestandardisointi.⁴

Teollisessa rakentamisessa yksi merkittävimmistä huonoista puolista on, että esivalmisteet ja komponentit ovat perinteisiä ratkaisuita vaikeampia suunnitella. Suunnittelijalla tulee olla erittäin vahva tietämys rakenteiden toiminnasta ja tuoteosien keskinäisistä suhteista sekä vaaditusta tuotantoprosessista, joka vaaditaan toimivan tuotteen aikaansaamiseksi. Suunnittelijoiden on määritettävä etukäteen ne säännöt, joilla modulaarisia komponentteja voidaan tehdä. Myös, vaikka itsenäisten modulaaristen komponenttien suunnittelu ja toteutus etenee hyvin, voidaan niiden huono yhteensopivuus huomata vasta eri komponenttien yhdistämisvaiheessa.⁵

¹ Laitinen, E. 1995, s.11

² Luoma, K. 1997, s.10

³ Shilling, M., 2000, ss. 312-334

⁴ Tekes, 1992

⁵ Langlois, R. 2002

Esivalmistuksella tarkoitetaan rakennuspaikan ulkopuolella tapahtuvaa tuoteosan valmistusta tai siihen kuuluvien komponenttien alikokoonpanoa. Esivalmistus voi koskea projektikohtaisia tai projektista toiseen hyödynnettäviä tuoteosia ja se voidaan toteuttaa projektikohtaisissa tiloissa tai pysyvissä tuotantolaitoksissa.

Komponenttien määrä lisää kombinaatiomahdollisuuksien määrää eksponentiaalisesti – mitä enemmän on komponentteja, sitä enemmän on erilaisia mahdollisia lopputuotteita. Kuitenkin, jo pelkästään modulaarisen toimimisen varmistamiseksi markkinoilla on oltava runsaasti erilaisia esimerkiksi teknologisia ja/tai toiminnallisia vaihtoehtoja. Kun saatavilla on useita erilaisia vaihtoehtoja, modulaariset ratkaisut tulevat houkuttelevammiksi niin asiakkaille kuin tuottajillekin. Tällöin voidaan valmistaa runsaasti erilaisia, helposti muokattavia ja eri tarpeet huomioon ottavia tuotteita tai palveluita. Saatavilla olevien vaihtoehtoisten tuotteiden määrän voidaan olettaa olevan suoraan verrannollinen saatavilla olevien komponenttien määrään.⁶

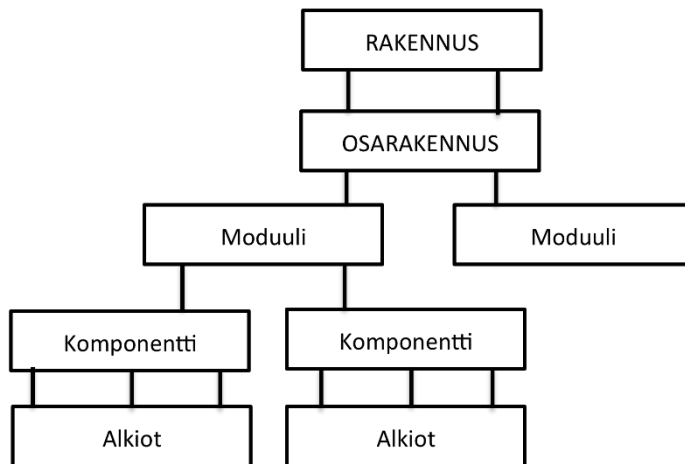
Modulaarinen tuote voidaan määritellä siten, että tuote on koottu useasta modulaarisesta komponentista, joille jokaiselle on olemassa eri vaihtoehtoja.⁷ Modulaarisuus mahdollistaa kokonaisuuden osittamisen paremmin hallittaviin komponentteihin, jotka voidaan suunnitella ja tuottaa toisistaan riippumattomasti ja kytkeä lopputuotteeksi vakioliitosten avulla.⁸ Näistä osista saatava lopputulos on käyttäjän haluamaan toimintoon soveltuva kokonaisuus (kuva 1). Jotta nämä eri valmistajien valmistavat kokonaisuudet eri osat sopivat toistensa kanssa yhteen, on tuotannossa käytettävä standardeita. Jonkinasteinen standardointi onkin esivalmisteiden käytölle aina välttämätöntä. Liitosten standardointi kuuluu myös oleellisena osana tuotteen standardointiin. Liitosten osalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat eri järjestelmien välisten liitosten standardointi. Koska kuhunkin liitokseen ei ole olemassa vain yhtä oikeaa ratkaisua, ovat vaihtoehdot tyypitettävä. Järjestelmien välisissä liitoksissa standardoidaan liitosten sijainti ja liitosten toimintaperiaatteet. Oleellista on järjestelmän osien vaihdettavuus.⁹ Standardointi vähentää virheitä ja väärinkäsityksiä sekä parantaa käytännön töiden tulostasoa. Standardoinnin vuoksi on mahdollista yhdistää eri valmistajien tuotteita, sillä niiden liitännät ovat standardin mukaisia.

⁶ Shilling, M., 2002

⁷ Simchi-Levi, D & al., 2003

⁸ Peltokorpi et al., 2018

⁹ Tekes, 1992



Kuva 1. Rakennuksen jäsentäminen teollisessa rakentamisessa (Lähde: Tekes. 1992, s. 35).

Modulaarisuus on etu myös tuottajille. Modulaariset tuotteet ovat myös vakioituja tietyiltä rajapinnoiltaan, kuten esimerkiksi liittymäpintojensa osilta. Tällöin tuottajat voivat, vakioituja rajapintoja noudattamalla, varmistua, että heidän tuotteensa sopii yhteen lopullisen tuotteen muiden osa-alueiden valmistajien kanssa. Etuna tuottajille on myös se, että valmistamalla modulaarisia komponentteja, tuottajat voivat keskittyä puhtaasti ydinosaamiseensa, eikä heidän tarvitse valmistaa tuotteen muita komponentteja, joiden valmistamiseen heillä ei välttämättä ole hyvää osaamista.¹⁰ Haittana tällä saattaa olla yrityksen vaikeus erottua muista valmistajista, jos kyseistä komponenttia valmistaa moni muukin yritys. Tämä aiheuttaa yrityksille tarpeen erottua muista valmistajista tuotedifferentioinnin kautta. Mitä enemmän yritykset panostavat tuotedifferentiointiin, sitä todennäköisempää on, että nämä kyseiset yritykset tuottavat uusia innovaatioita. Tämä johtuu siitä, että tuotekehitys on usein tehokkaampaa silloin, kun pystytään kehittämään vain ydinosaamisen alaista tuotetta.¹¹

2.2. Modulaarinen korjausrakentaminen

Teollisesti valmistettavat rakennusosat ovat mahdollisimman pitkälle tehdasolosuhteissa esivalmistettuja rakennusosia. Teollisesti valmistettavien rakennusosien valmistuksen etuina ovat hallitut valmistusolosuhteet sekä tuotannon laadun tasaisuus. Moduulirakentaminen eroaa normaalirakentamisesta siten, että moduulirakentamisessa työmaalle kuljetetaan mahdollisimman valmiita moduleita, jolloin rakentaminen varsinaisella työmaalla vähenee. Suurimmat haasteet

¹⁰ Shilling, M., 2002

¹¹ Shilling, M., 2002

moduulirakentamisessa ja esivalmistusasteen nostamisesta syntyvätkin suunnitteluprosessin muutoksesta sekä logistiikasta ¹².

Esivalmistusasteen nostamisen tavoitteena on rakennustyön tuottavuuden ja laadun parantaminen. Korjausrakentamisessa työkustannusten osuus on merkittävä ja kokonaistyöpanosta pienentämällä saavutetaan helposti säästöjä. Suoranaisten taloudellisten vaikutusten lisäksi esivalmistusten avulla on mahdollista saada myös epäsuoria hyötyjä kuten ergonomisia hyötyjä ¹³. Siirtämällä tuotantoa tehdashallien hallitumpiin olosuhteisiin voidaan rakentamisprosessin tehostamisen avulla saavuttaa muun muassa seuraavia etuja (taulukko 1):

- lyhentää rakennusaikaa
 - rakennusajan lyhentyessä vähennetään korjaamisesta aiheutuvia asumishaittoja sekä saavutetaan säästöjä muun muassa pienentyneinä työmaan yleiskustannuksina ja rakennusajan pääomakustannuksina.
- helpottaa talvirakentamista ja pienentää kausivaihtelua
 - osa töistä on siirretty säältä suojaan elementtitehtaisiin, jolloin haitallisten sääolosuhteiden vaikutusta työmailla tehtäviin töihin voidaan vähentää.
- parantaa rakentamisen laatua
 - tehdasmaisissa olosuhteissa valmistetuilla rakennusosilla varmistetaan rakenteiden mittatarkkuus sekä tasainen laatu.
- helpottaa työvoiman saatavuutta.
 - siirtämällä työtä alueille, jossa on riittävästi työvoimaa ja raaka-aineita, helpotetaan suhdannehuippuina kasvukeskuksissa esiintyvää työvoimapulaa.

¹² Lindstedt & Junnonen, 2011

¹³ Peltokorpi et al. 2019

Taulukko 1. Resurssien aiheuttamat rajoitteet rakentamiselle (Lähde: Ampuja, S. 2000. s.26)

Resurssi	Rajoite	Moduulien tarjoama ratkaisu
Rakennuspaikka	Ahtaus	Valmistuspaikka muualle
	Kaukainen, huonojen yhteyksien päässä	Rakenna moduulit muualla
Työvoima	Ammattitaitoisen työvoiman puute	Siirrä työ työntekijöiden luo
	Huono tehokkuus	Siirrä työ tuottavampaan ympäristöön (tehtaaseen)
Ympäristö	Huonot työskentelyolosuhteet	Siirrä työ suotuisampaan ilmastoon
	Sosiaaliset tai poliittiset ongelmat rakennuspaikalla tai infrastruktuurin puute	Siirrä työ yritysystävällisemmälle alueelle
Raha	Projektin kustannuksia pitää alentaa kilpailuilla markkinoilla	Siirrä työ tuottavampaan ympäristöön (tehtaaseen)
	Työmaalla käytetty aika pitää minimoida	Siirrä työ tehtaaseen
Aika	Tilajalla tarve saada kiinteistö käyttöön nopeasti	Suunnittelun standardointi, tehdasvalmistus

Suurin vaikuttava tekijä tasalaatuiseen tuotantoon ja lopputuotteeseen on valmistus sisätiloissa. Sisätiloissa tapahtuvat vaativat työvaiheet, asennukset ja laitteiden testaus tehdään vakio-olosuhteissa säältä suojassa. Olosuhteiden hallinnan ansiosta myös materiaalit pysyvät paremmin suojattuina, jolloin materiaalihukka vähenee. Sisätiloissa työskentely luo usein myös perustan paremmalle työskentelyasennolle. Otolliset olosuhteet luovat edellytykset kustannuksiltaan edullisempaan ja laadukkaampaan lopputuotteeseen.¹⁴ Tasalaatuiseen tuotantoon ja lopputuotteeseen vaikuttaa myös sarjavalmistus. Sen etuna on, että työntekijät voidaan kouluttaa varta vasten tuotteen tekemiseen, jolloin laatuvaihtelut pienenevät. Sarjavalmistuksen etuja ovat myös työvaiheiden parempi yhteensovittaminen, nopeampi tuotanto ja materiaalisäästöt.

Moduulirakentamisessa edellä mainitut hyödyt, kuten rakennusajan lyhentyminen ja materiaalihankinnoissa syntyvät säästöt, vähentävät kustannuksia. Kustannuksia vähentävät myös työvoimakustannukset, sillä työmaalla rakentaminen vähentyy. Pienempi työvoima vähentää sosiaalityötarvetta, joka jälleen vähentää myös kustannuksia.¹⁵ Moduulirakentamisen kustannuksia nostaa kuitenkin logistiikka, sillä kuljetukseen tarvitaan erikoiskalustoa. Koska moduulirakentamisen hyödyt

¹⁴ Ampuja S. 2000, s.22

¹⁵ Hieta, J. 1985, s.2

ovat osin epäsuoria eivätkä ne tule itsestään, ne tulee ulosmitata yhdessä suunnitellun rakennusprosessin kautta ¹⁶.

Jos modulaarisuutta käytetään kokoonpanolähtöisesti eli pyritään lisäämään sen avulla esivalmistusta, voi suunnittelutyön tarve jopa lisääntyä perinteiseen rakentamiseen verrattuna. Tämä johtuu siitä, että esivalmisteiden rajapinnat pitää suunnitella tarkemmin, jotta asennustyö sujuu jouhevasti. Perinteisessä rakentamisessa suunnitelmat voivat olla epätarkempia, jos luotetaan siihen, että työmaalla osataan improvisoida ja ratkaista yksityiskohtiin liittyviä ongelmia.

Moduulitekniikan käyttö rakennusprojektissa muuttaa hankkeen riskejä. Logistiikan siirtyminen varastoinnista esivalmisteiden käsittelyyn, siirtoon ja kuljetukseen aiheuttaa uudenlaisia riskejä, jotka syntyvät suurempien koneiden käytöstä. Riskien vähentymisen syy on tuotannon siirtyminen tehtaalle, jonka työskentelyolosuhteet ovat huomattavasti työmaaolosuhteita turvallisemmat. Riskialttiimmalle työmaalle jää näin vain asennusvaihe. Suurten moduulien asennukseen, kuten kaikkien muidenkin rakentamisessa käytettyjen suurten elementtien asennukseen, liittyy aina omat turvallisuusriskinsä. Näihin riskeihin tulee varautua tarkoilla asennussuunnitelmilla sekä käytettävän kaluston hyvällä kunnolla.

Moduulien käytön myötä suunnitteluun liittyvät riskit kasvavat. Suunnittelijoiden työ on vaativampaa, sillä suunnitelmien on oltava aikaisemmin valmiita ja mahdolliset muutokset aiheuttavat suurempia ongelmia kuin perinteisessä rakennustavassa. Myös tehtäväsisältö laajenee kun kokonaisuuksia suunniteltaessa on otettava huomioon moduulijaon ja kuljetettavuuden asettamat reunaehdot. Suunnittelu vaikuttaa myös entistä enemmän hankintaan, sillä esivalmisteiden saanti työmaalle kestää kauemmin kuin pelkkien materiaalien saaminen. Tämän takia hankintaorganisaatio tarvitsee valmiita suunnitelmia aikaisemmin, jotta esivalmisteet voidaan tilata ajoissa ja saada työmaalle oikeaan aikaan. Myös logistiikka on suuremmassa roolissa hankinnoissa, jolloin hankinnan riskit kasvavat koordinoinnin tarpeen ja työn määrän lisääntyessä.

Siirtyminen teolliseen rakentamiseen ei ole ongelmaton. Seuraavat tekijät hidastavat kehitystä ja tuovat haasteita teolliselle rakentamiselle:¹⁷

- tekniset tekijät
- taloudelliset tekijät
- hankkeen organisaatio
- asenteet

¹⁶ Peltokorpi et al 2019

¹⁷ Luoma, K. 1997,. s.14

Tekniset kehitystä hidastavat tekijät ovat kuljetuksen, asennuksen ja mittatarkkuuden tuomat haasteet. Taloudellisia tekijöitä ovat lyhyiden sarjojen ja pienten volyymien heikentämä kannattavuus sekä kuljetus- ja varastointikustannuksen lisääntyminen. Hankkeen organisaation tuomat haasteet liittyvät suunnittelualojen ja hankintojen organisoinnin vaikeutumiseen. Asenteella tarkoitetaan sitä, että rakentamisessa vanhoista ja hyväksi havaituista menetelmistä halutaan pitää kiinni. Koska teolliset menetelmät ovat suhteellisen uusia, kokemuksia niiden käytössä ei myöskään kovin paljoa ole. Tämä heijastuu epäluuloon ratkaisuiden kustannuksista sekä ratkaisuiden riskeistä. Päätöksentekijän käyttäytymistä ohjaa pitkälti pyrkimys riskien välttämiseen, jolloin päätöksentekijä suosii kehitettyjä ratkaisuja ja vanhoja toimittajia. Päätöksentekijä pyrkii havaitsemaan riskit ja täten varmistamaan valinnan onnistumisen sekä minimoimaan mahdollisen väärän päätöksen negatiiviset seuraukset. Lisäksi rakentamisessa on havaittavissa lojaalisuutta tiettyä ratkaisua kohtaan ja lojaalisuutta toimittajaan kohtaan. Lojaalisuuden merkittävimpiä ylläpitäviä tekijöitä on pelko toimintaan investoitujen panosten menettämisestä, jolloin vanhojen toimintatapojen säilyttäminen on helppoa. Taloudellisen menetyksen ohella pelätään mm. muutoksesta aiheutuvia teknisiä hankaluuksia eikä olla vakuuttuneita saavutettavasta teknisestä tai taloudellisesta hyödystä. Pitäytymällä koettuun ratkaisuun eliminoidaan epäonnistumisen riski.

Päätöksentekijän käyttäytymistä ohjaa organisaatiotekijöiden lisäksi yksilöiden henkilökohtaiset ominaisuudet ja mieltymykset. Henkilökohtaista käyttäytymistä ohjaa mm. päätöksentekijän mielikuva tuotteen, toimittajan ja valmistajan negatiivisista ja positiivisista ominaisuuksista. Valintatilanteessa ratkaisevat tuotteeseen ja toimittajaan yhdistettävät negatiiviset ominaisuudet, negatiot¹⁸. Negaatiot ovat usein tuotteeseen liittyviä tiedostamattomia ominaisuuksia, jotka realisoituvat vasta valintatilanteessa. Negaatioiden pohjalta tapahtuneen karsinnan jälkeen päätöksentekijä asettaa hyväksytyt vaihtoehdot edullisuusjärjestykseen valintakriteereiden avulla. Valintakriteereillä mitataan tuotteen ja toimittajan positiivisia ominaisuuksia, eli kuinka hyvin tuote ja toimittaja tyydyttävät päätöksentekijän tarpeen ja vaatimukset. Valintakriteerien pohjalta tehdyn edullisuusvertailun perusteella jokaisesta tuotteesta ja toimittajasta muodostuu hyötyjen ja haittojen kokonaisuus. Näin muodostuneiden tuotteeseen ja toimittajaan kohdistuneiden mielikuvien pohjalta vaihtoehtoja karsitaan, kunnes jäljellä on vain yksi. Päätöksentekijä tekee valintansa eliminoimalla vaihtoehtoja, ei tarkastelemalla niiden positiivisia ominaisuuksia.

Vaikka esivalmisteiden hyödyntäminen vähentää varastointia ja yksinkertaistaa materiaalivirtoja, se toisaalta tekee asennuksesta enemmän logistiikasta riippuvaista. Tämä tarkoittaa, että toimitukset tulee suunnitella huolellisesti. Kuormauksiin ja asennusjärjestyksiin tulee kiinnittää enemmän huomiota. Esivalmisteiden hyödyntäminen aikaistaa suunnitelmatarpeita ja hankintoja, mikä lisää

¹⁸ Rinne S., 1989, s. 61

työvoiman tarvetta suunnitteluvaiheessa. Toisaalta, mikäli eri toimittajien moduulit ovat rajapinnoiltaan ja suorituskyvyltään vastaavia, hankkeen lopussa asennettavien tuoteosien hankintaa voidaan modulaarisessa rakentamisessa usein viivästyttää.

Korjausrakentamisessa on oleellista, että työmaalla tapahtuva rakentamisaika on mahdollisimman lyhyt ja täten kiinteistön käyttäjälle kohdistuvaa haittaa voidaan minimoida. Yhtenä keinona onkin, että korjaustoimenpiteiden ratkaisut ovat mahdollisimman pitkälle esivalmistettuja. Teollisessa korjausrakentamisessa keskeistä onkin¹⁹:

- eri osapuolten osittelun yhtenäistäminen
- tuotevaatimussystematiikan noudattaminen
- tuotestandardisointi
- rakennusosien yhteensopivuuden varmistaminen.

¹⁹ Tekes, 1992

3. Esivalmisteiden käytön vaikutukset suunnitteluun

3.1. Suunnittelun lähtökohdat

Modulaarisen rakentamisen ja esivalmisteiden hyödyntäminen riippuu pitkälti korjaushankkeen luonteesta ja hankkeelle asetettavista tavoitteista. Korjausmenetelmän valinnassa perimmäinen kysymys on se, mihin korjauksella pyritään ja mikä on tavoiteltava elinkaari korjatulle järjestelmälle. Nykyisen järjestelmän oletettu kunto, ikä sekä tehdyt korjaustoimenpiteet ovat valinnan lähtökoh- tia. Tilaajan taloudellinen tilanne, rakennuksen muoto, rakenteelliset ratkaisut, alueen korjaustapa- ohjeet, suojelumääräykset ja rakennuksen muut korjaustarpeet saattavat aiheuttaa reunaehtoja va- linnalle. Korjausmenetelmän valintaan vaikuttaa suunnittelun, uusien tuoteratkaisujen ja korjaus- prosessin näkökulmat. Perinteiset toteutusmuodot pitävät nämä näkökulmat toisistaan erillään. Ti- laajien ja käyttäjien kannalta korjausrakentamista pitää pystyä nopeuttamaan merkittävästi, ja kor- jausmenetelmät on saatava vähemmän häiriöitä tuottaviksi. Suunnittelun on oltava sekä asiakas- että tuotantolähtöistä: asiakaslähtöisyys mahdollistaa todellisiin palvelutarpeisiin vastaamisen, ja tuotantolähtöisyydellä laatua voidaan hallita ja tulos syntyy kustannustehokkaasti. Tilaajien kan- nalta toivottavia ominaisuuksia korjausmenetelmälle ja –prosessille ovat häiriöttömyys ja nopea ai- kataulu. Siksi avainasemassa ovat muun muassa

- vähäpölyisten, hiljaisten purkumenetelmien ja suojausrakenteiden kehittäminen
- asennusprosessien nopean toteuttaminen
- väistöasumisratkaisut

Elementtirakenteiset asuinkerrostalot eivät sisällä rakenneratkaisuiltaan kovinkaan paljon sellaisia yllätyksiä, joita ei jo suunnitteluvaiheessa kyetä ottaa huomioon. Rakennuksista löytyy yleensä suh- teellisen hyvin alkuperäisiä piirustuksia eivätkä toteutustavat ole niin yksilöllisiä kuin ennen sotia tai heti sotien jälkeen rakennetuissa kerrostaloissa. Vanhojen suunnitelmien luotettavuuden suhteen on hyvä ottaa huomioon, että erityisesti talotekniset piirustukset on saatettu kopioida hyvinkin oh- jeellisista rakennuspiirustuksista. Lisäksi rakennustyön aikaisia muutoksia ei välttämättä ole mer- kitty suunnitelmiin. Myöskään kohteen käytön aikana tehtyjä muutoksia ei aina ole merkitty kiin- teistön asiakirjoihin eikä viranomaisten arkistoihin suunnitelmiin. Vanhojen suunnitelmien hyö- dynnettävyyttä heikentää myös se, että teollisia ratkaisuita hyödyntävä modulaarinen rakentami- nen edellyttää suunnitelmilta hyvää mittatarkkuutta. Tämä käytännössä edellyttää, että olemassa olevat rakenteet mitataan uudelleen esimerkiksi laserkeilauksella sekä usein myös inventointimallin luomista. Paras hyöty inventointimallista saadaan yleensä tekemällä kohteesta 3D -inventointimalli, jonka pohjalta voidaan laatia luotettavat suunnitelmat ja varmistua suunnitelmien sopimisesta ole- massa oleviin rakenteisiin. Inventointimallin pääsisältöön kuuluu tilat, rakennusosan tyyppi, kanta- vat rakenteet, seinät, ikkunat ja ovet mutta inventointimallin yksityiskohdat sovitaan

hankekohtaisesti. Mallinnusvaatimuksien mukaan vanhojen rakennusten rakenteet ovat aina jossain määrin vinoja, kaltevia, kaarevia tai muuten geometrialtaan epämääräisiä, joten pyrkiminen inventointimallissa absoluuttiseen tarkkuuteen ei ole tarkoituksenmukaista. Rakennusosien pienet mittapoikkeamat tulee siksi jättää huomiotta inventointimallia tehtäessä ja malli tulee tehdä tarkoituksenmukaisella tarkkuudella.

Hankesuunnitteluvaiheessa on tarkoitus selvittää ja arvioida hankkeen toteuttamistarpeet, toteuttamismahdollisuudet ja vaihtoehtoiset toteuttamistavat. Hankesuunnittelu tulee tehdä aina hankkeen laajuudesta, rakennuksen iästä ja rakennustyylistä riippumatta. Hankesuunnittelu voidaan jakaa osatehtäviin, jotka ovat yleensä lähtötietojen kokoamisen, korjaustarpeen selvittäminen, kunto-utkimusten tekeminen, mahdollisten koekorjausten tekeminen sekä korjausvaihtoehtojen muodostaminen. Hankesuunnittelulla ehkäistään myös toteutussuunnitteluvaiheessa ilmenevät hankkeen ”yllättävät” muutostarpeet, jotka johtuvat mm. suunnittelun sisällön, toteutustavan ja hankkeen erityistarpeiden puutteellisesta määrittelystä. Näin vältytään myös turhilta lisäsuunnittelukustannuksilta ja suunnitteluaiкатаulun venymisiltä.

Korjausrakentamiseen liittyy aina epävarmuus- ja riskitekijöitä, jotka on pyrittävä ottamaan huomioon laadittaessa soveltuvia korjausvaihtoehtoja. Kustakin korjausvaihtoehdosta on määritettävä kustannukset sekä korjausten vaikutus vuokriin ja vastikkeisiin sekä selvitettävä korjauksen vaikutus tilojen rakentamisaikaiseen käyttöön. Kohteessa voidaan tarvittaessa tehdä koekorjauksia ja -purkuja. Niillä varmistetaan, että korjaus on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista toteuttaa. Koekorjauksilla voidaan myös havainnollistaa osakkaille korjauksella saavutettava laatutaso. Ennen purkutöiden aloitusta rakennuttajan on kuitenkin selvitettävä, ettei purettavissa rakenteissa ole asbestia tai muita terveydelle vaarallisia aineita. Jo hankesuunnittelun yhteydessä pyritään löytämään kohteeseen oikea korjausmenetelmä ja tarvittaessa korjausmenetelmää kehitetään yhdessä erikoissuunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien kanssa. Hankesuunnitteluun kuuluu myös rakennuslupaedellytysten selvittäminen rakennusvalvontaviranomaisilta. Esimerkiksi julkisivujen korjausvaihtoehtojen määrää on voitu rajoittaa kaavamääräyksillä.

Korjaushankkeen hankesuunnittelun tavoitteista tärkeintä on, että suunnittelija kykenee esittämään toteutuskelpoisia vaihtoehtoja ja auttaa rakennuttajaa tekemään tietoisia päätöksiä. Tämä tärkeää siksi, että erilaisilla korjausmenetelmillä vaikutetaan korjauskustannusten lisäksi kiinteistön toimivuuteen, käyttökustannuksiin ja koko kiinteistön elinkaareen pidemmällä aikavälillä. Hankesuunnittelun yhteydessä etsitään sopivia ratkaisuvaihtoehtoja hankkeen toteutukselle sekä kunkin vaihtoehtoon liittyvät riskit ja epävarmuustekijät (taulukko 2). Lähtökohtana korjausmenetelmien valinnalle on nykyisten verkostojen ja rakenteiden kunto. Hankesuunnittelutyössä on siten tärkeää panostaa vaihtoehtojen esitystapaan ja yleensäkin hankesuunnitteluraporttien sisältöön juuri tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Hyvä perehtyminen kohteeseen, havainnolliset esimerkit ja selkeä sisältömäärittely eri vaihtoehdoille ovat perusedellytyksiä. Objekttiivinen näkemys

ratkaisuvaihtoehtojen hyvistä ja huonoista puolista sekä realistiset kustannusarviot luovat hyvän pohjan hankesuunnittelun lopputulokselle ja auttavat rakennuttajaa päätöksenteossa.

Taulukko 2. Esimerkki vaihtoehtoisten korjausmenetelmien kuvauksesta (muokattu lähteestä RT 92-10913)

KORJAUSTAPA	SOVELTUU KUN	EDUT JA HAITAT
Vanhat putkistot ja kaapelit jätetään paikoilleen. Uudet asennukset tehdään uusiin koteloihin ja/tai asennetaan pinta-asennuksena	<ul style="list-style-type: none"> • uudet putkistot ja kaapelit voidaan asentaa pinta-asennuksena porrashuoneisiin ja huone-tiloihin ja/tai alakattoihin • tilojen ja järjestelmien käyttöä ei voi keskeyttää 	<ul style="list-style-type: none"> + häiritsee vähän tilojen käyttöä + soveltuu hyvin vuotojen tarkkailuun, hoitoon ja huoltoon tarkastusluukuista – ei sovellu kohteisiin, joissa sisätilat halutaan säilyttää ennallaan – uudet kotelot vievät tilaa – suuret kustannukset – korjaustyö kestää kauan
Vanhat putkistot ja kaapelit jätetään paikoilleen. Asennetaan kuiluelementit, joissa on putket ja kaapelit valmiina yhdistettäväksi	<ul style="list-style-type: none"> • rakenteet ovat mitoittaan ennalta tarkasti tiedossa • märkätilojen ym. tilojen pintarakenteisiin ei haluta tehdä muutoksia • huonetiloissa voidaan tehdä pinta-asennuksia • viemärit voidaan asentaa alemman kerroksen alakattoihin 	<ul style="list-style-type: none"> + hormien ja putkien asennus on nopeaa + kohtuulliset kustannukset – uudet kuilut vievät tilaa. Niille on varattava erikseen tila esimerkiksi märkätiloista tai muualta sopivista huonetiloista – ei sovellu kohteisiin, joissa sisätilat halutaan säilyttää ennallaan – huonekohtaiset asennukset häiritsevät tilojen käyttöä – korjaustyö kestää kauan

Teollisten ratkaisuiden sopivuutta korjausrakentamiseen täytyy tutkia aina kohdekohtaisesti. Vaikka teollisten tuotteiden hyödyntäminen siirtää rakennustyöt pois rakennuspaikalta, asentaminen tapahtuu vanhassa rakennuksessa, jonka vanhat rakenteet rajoittavat esimerkiksi esivalmisteen kooka. Myös vanhat rakenteet asettavat korjaushankkeissa rajoituksia tuoteosien käytölle, kun valmisosat joudutaan sovittamaan vanhoihin rakenteisiin. Julkisivuelementtien kohdalla vanhan julkisivun ominaisuudet vaikuttavat uusien elementtien käyttömahdollisuuteen. Esimerkiksi sandwich-

rakenteen ulkokuori saattaa asettaa uuden julkisivun kiinnitykselle rajoituksia, eikä vanhaa ulkokuorta voida välttämättä rakennusteknisesti poistaa. Putkiremontissa taas esimerkiksi WC-hormielementtien asennuksessa ongelmaksi voi muodostua uuden sijoituspaikan löytäminen.²⁰

Tuloksena hankesuunnittelusta saadaan hankesuunnitelma, joka sisältää korjausmenetelmän ja lopputuotteelle asetetut laajuus- ja laatutavoitteet, jotka määrittävät hankkeen kustannustason sekä aikataulun. Hankesuunnittelun myötä suunnittelutyön laajuus ja koko hankkeen pääsisältö on jo selkeästi määritelty ennen toteutussuunnittelua. Hankesuunnitelma välittää rakennussuunnittelun lähtötiedot ja toimii hankkeen edetessä suunnittelun ja toteutuksen valvonnan apuvälineenä. Hankesuunnitelman avulla tilaajan on mahdollista kilpailuttaa hankkeen suunnittelijat ja suunnittelun sisältävissä urakkamuodoissa urakoitsijat.

3.2. Tuoteosien suunnittelu

Esivalmisteiden käyttö eroaa paikallarakentamisesta erityisesti suunnittelun osalta. Tuoteosat vaativat paikallarakentamista tarkemmat suunnitelmat yksityiskohdista, kuten liitoksista, detaljeista sekä varusteluista. Tämä aiheuttaa monesti vaatimuksen pidemmälle suunnittelun kokonaiskeskittelylle. Vastapainona suunnittelu-aikataulun pitenemiselle, työmaa-aika useimmiten lyhenee merkittävästi.

Hankkeen toteutusmuoto vaikuttaa lähtötietojen saatavuuteen sekä myös suunnittelun mahdolliseen alkamisajankohtaan. Teollisten ratkaisuiden asennuksen kuuluessa pääurakkaan, tulee pääurakoitsijan toimittaa tuotesuunnittelussa tarvittavat lähtötiedot tuoteosatoimittajille riittävän varhaisessa vaiheessa. Tällaisia kiireellisiä tietoja ovat esimerkiksi tuoteosien toimitusaikataulu, suunnitelma-aikataulu, työmaasuunnitelma, rakennusten/lohkojen toteutusjärjestys ja maksimipainot. Oleellisia tietoja työmaasuunnittelusta ovat nosturitiedot, kaideratkaisut sekä mahdolliset työnäykäiset kulkuaukot. Tuotantovaiheen tuoteosien suunnittelun etenemiselle ei toteutusmuodolla ole juurikaan merkitystä.²¹

Suunnittelun sisältävissä urakkamuodoissa kuten tuoteosakaupoissa tuotteen valmistaja vastaa tuotesuunnittelun lisäksi myös asennuksesta. Tällöin asennuksen ja koko hankkeen aikataulujen yhteensovittamisen merkitys korostuu. Tuoteosakaupoissa tuoteosasuunnittelua tulee voida tehdä muun suunnittelun kanssa samanaikaisesti, jolloin tiedonsiirto muiden suunnittelijoiden välillä tulee olla jollain tavalla suunniteltua.

²⁰ Lindstedt, T. & Junnonen J-M. 2009.

²¹ www.elementtisuunnittelu.fi

Tuoteosien hankinta aloitetaan tuoteosatoimituksen tarjouspyynnöllä, jonka laatimisesta vastaa tilaajaosapuoli. Tuoteosakaupassa sopimukset tehdään alihankintana tehtyjä kauppoja aiemmin, mutta lopullinen tuotesuunnittelu aloitetaan tässäkin vasta aloituskatselmuksen jälkeen. Tuoteosarakentamisen prosessin vaiheet ovat²²:

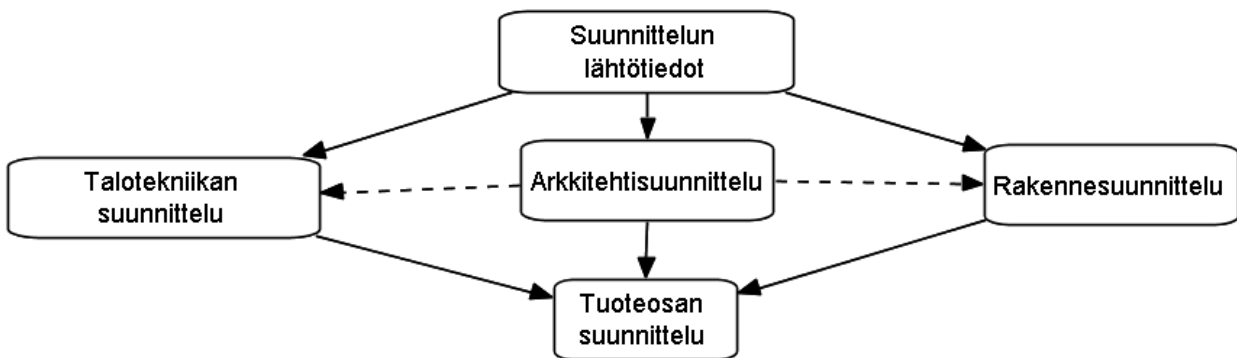
- rakennusprosessin vaiheet
 - tuoteosien tarjouspyyntö
 - toimitussopimus
 - tuoteosasuunnittelun aloituskatselmus.
- tuoteosasuunnitteluun liittyvät aikataulut
 - viranomaishyväksynnän aikataulu
 - työmaan asennusaikataulu
 - tuoteosan valmistuksen aikataulu

Suunnitteluprosessia voidaan tiivistää porrastamalla tietojen lähettämistä. Modulaarisessa tuoteosasuunnittelussa voidaan käyttää erilaisia tietomalleja tai luetteloita, joista tuoteosavalmistajat saa tietoonsa ainakin tuoteosien tyypit, määrät ja dimensiot. Tällaisten perustietojen pohjalta tuoteosan valmistaja voi alkaa suunnittelemaan toteutustaan jo ennen varsinaisia, lopullisia suunnitelmia. Tietomallien avulla tuoteosien suunnittelu ja valmistusprosessin kestoa on mahdollista lyhentää. Kuitenkin tietomallien ja luetteloiden käytöstä sekä porrastetusta tiedon lähettämisestä sovi-
taan aina hankekohtaisesti.²³

Tuoteosien suunnittelu edellyttää suunnitelma-aikataulun tekemistä sekä suunnittelun laajuuden arvioinnin ennen suunnittelutyöhön ryhtymistä. Ennen suunnittelutyöhön ryhtymistä, tulee olla tiedossa tarvittavien tuoteosien määrät tuoteryhmittäin sekä suunnittelun vaatima aika. Lisäksi tuoteosien suunnittelun ohjaamiseksi, tulee suunnittelusta määrittää päätöksenteon ajankohdat. Tietoa tulee siirtyä oikea-aikaisesti ainakin arkkitehtisuunnittelusta tuoteosan suunnitteluun, rakenne-
suunnittelusta tuoteosan suunnitteluun sekä taloteknisestä suunnittelusta tuoteosan suunnitteluun (kuva 2). Lisäksi tietoa tulee liikkua tuoteosasta riippuen myös eri suunnittelijoiden välillä.

²² www.elementtisuunnittelu.fi

²³ www.elementtisuunnittelu.fi



Kuva 2. Tiedon kulku eri osapuolten välillä.

Hankkeen aikana syntyy runsaasti tietoa eri toimintojen tuloksina. Tällaisia tietoa synnyttäviä toimintoja ovat niin suunnittelu kuin erilaiset kokoukset ja katselmuksetkin. Tämä näistä syntynyt tieto tulee saada asianosaisten tietoon oikea-aikaisesti ja siinä kunnossa, kuin niitä sillä hetkellä tarvitaan. Tiedot kuitenkin täydentyvät ja muuttuvat hankkeen edetessä, joka on myös otettava huomioon tiedonsiirron suunnittelussa.²⁴ Tiedonsiirron tarkoituksena varmistaa tiedon siirtyminen tarvitseville osapuolille oikea-aikaisesti sekä oikeassa muodossa. Kuitenkin siten, että jokaiselle suunnittelutehtävälle on varattu riittävästi aikaa. Koska hankkeiden tiedontarpeet vaihtelevat, tulee tiedonsiirrosta sopia aina hankekohtaisesti. Erityisesti tiedon käytettävyydestä ja yhteensopivuudesta tulee sopia tarkasti, erityisesti, jos tietoa siirretään sähköisessä muodossa. Sopimuksissa tulee ottaa huomioon ainakin seuraavat asiat²⁵:

- tiedon omistusoikeus
- tiedon käyttöoikeus
- vastuu tiedon oikeellisuudesta (tiedon tuottajalla)
- tiedon talletuspaikka
- tiedonsiirron muoto
- piirustukset, esimerkiksi mittakaava, lukumäärä
- selostukset
- luettelot
- taulukot
- aikataulut
- muutokset

²⁴ RT 10-10557

²⁵ RT 10-10557

- tiedonsiirron järjestely
- siirtoväline
- tietojen jakelu
- vastuuhenkilöt.

Kuten muussakin rakentamisessa, on teollisessa rakentamisessa varattava jokaiselle suunnitteluvaiheelle riittävästi aikaa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi jokainen suunnitteluvaihe on tunnistettava yksilöllisesti sekä aikataulun suunnittelussa on otettava huomioon näiden jokaisen vaiheen yksilölliset tarpeet. Aikataulussa pysymiseksi sekä eri suunnitteluvaiheiden tarpeiden täyttymiseksi, ovat laadunvarmistustoimenpiteet käytännössä välttämättömiä. Tällaisena toimenpiteenä voidaan pitää esimerkiksi tarkistuslistojen käyttöä. Näissä listoissa esitetään aikataulun suunnittelussa huomioon otettavat asiat.

Tarkistuslistojen tuloste voi olla esimerkiksi piirustus, luettelo tai selostus. Eri tehtävät saattavat tuottaa toisten tehtävien lähtötietoja, jolloin on tärkeää, että vuorovaikutteisuus tiedon tuottajan ja tiedon tarvitsijan välillä toimii hyvin. Lisäksi toteutustapa vaikuttaa aikatauluihin, joten ne laaditaan hankekohtaisesti. Vastuut aikatauluista määritellään osapuolten välisissä sopimuksissa. Yksi tapa valvoa tarvittavien tietojen toimittamista, on käyttää tarkistuslistoja. Tarkistuslistoissa esitetään vähintään seuraavat tiedot²⁶:

- tiedon tuottaja ja tarvitsija
- tietotarve ja tarkkuustaso
- esitysmuoto ja tuloste
- tiedon tarvitsemisen ajankohta.

Kuitenkin, vaikka käytettäisiin tarkastuslistoja, on suunnitelmien muuttuminen ja päivittäminen erittäin todennäköistä, jonka takia siihen tulee varautua. Näiden mahdollisten muutosten käsittely ja toteutus sekä muutoksiin oikeutetut tulee määrittää osapuolten välisissä sopimuksissa. Nämä muutostarpeet voidaan määrittää ja dokumentoida esimerkiksi suunnitelmakatselmuksissa. Muutostöistä tulee tehdä²⁷:

- Muutosehdotus, josta ilmenee:
 - muutoksen tekijä
 - muutostunnus

²⁶ RT 10-10557

²⁷ RT 10-10557

- sijainti, esimerkiksi lohko, kerros
 - yksilötunnus, esimerkiksi id-numero, elementtitunnus
 - muutostyyppi, esimerkiksi mittamuutos, aikataulu
 - muutoksen sisältö, esimerkiksi määrä, laatu
 - muutoslaji, esimerkiksi tilaus, korjaus, viranomaisvaatimus
 - tiedon jakelu, kuka / kenelle.
- Selvitys muutoksen vaikutuksesta, josta ilmenee:
 - vaihe, esimerkiksi suunnittelu, muottityö
 - toimenpide, esimerkiksi muutostyö, lisätyö
 - sisältö, esimerkiksi määrä, laatu
 - kustannusvaikutus
 - aikatauluvaikutus
 - tiedon jakelu, kuka / kenelle.
- Muutospäätös, josta ilmenee:
 - tehdään muutosselvityksen perusteella
 - dokumentoidaan oleelliset asiat muutosehdotuksesta sekä -selvityksestä
 - dokumentoidaan kustannus- ja aikatauluvaikutukset.

4. Esivalmisteiden käytön vaikutukset toteutusmuotoon

4.1. Toteutusmuodot ja sen valinta

Rakennushankkeessa joudutaan tekemään periaatteessa aina samat tehtävät. Eri toteutusmuotojen erona on vain se, miten tehtävät ja vastuut on jaettu eri osapuolten kesken.²⁸ Tämä aiheuttaa eroavaisuuksia eri osapuolten tekemien työmäärien ja prosessien osalta.

Toteutusmuotoa valittaessa tilaajan on ensimmäisenä päätettävä mitkä rakennushankkeen tehtävät hän suorittaa itse ja mitkä hankkii ulkopuolisina palveluina. Esimerkiksi hoitaako tilaaja rakentamistehtävät itse vai käyttääkö hän ulkopuolista asiantuntijaa. Seuraavaksi päätetään minkä suuruisina kokonaisuuksina ulkopuoliset palvelut hankitaan. Esimerkiksi hankitaanko suunnittelu ja rakentaminen yhtenä kokonaisuutena vai erikseen. Kun edellä mainitut periaateratkaisut palvelujen hankkimisesta on tehty, siirrytään tarkastelemaan tarkemmin kohteena olevan hankkeen ominaisuuksia, tilaajan hankkeelle asettamia vaatimuksia, omia resursseja sekä vallitsevaa suhdanneympäristöä.²⁹

4.1.1. Pääurakkamuodot

Pääurakkamuodoissa suunnittelu ja toteutus hankitaan erikseen. Tilaaja hankkii projektille suunnittelijan ja laatii tämän kanssa hankkeen suunnitelmat. Kun suunnitelmat ovat valmiit, tekee tilaaja niiden toteuttamisesta tarjouspyynnön urakoitsijoille. Valitun urakoitsijan tehtäväksi jää suorittaa työ tilaajan teettämien suunnitelmien mukaan.

Koska urakoitsijaa valittaessa tarkat suunnitelmat ovat jo valmiit, ovat laatuodotukset yksikäsitteisiä ja niiden toteutumista on helppo valvoa. Jo tarjousvaiheessa käytössä olevat valmiit suunnitelmat tuovat myös muita etuja. Tarjouksen tekeminen rakennustyöstä ei edellytä rakennussuunnittelua, joten kynnys osallistua tarjouskilpailuun on pieni, mikä edistää kilpailua ja madaltaa hintoja. Lisäksi, kun tarjoukset perustuvat samoihin suunnitelmiin, tarjousten vertailu on helppoa ja alhaisin hinta saadaan helposti selville.³⁰

²⁸ Kruus, M. et al. 2006

²⁹ Pekkanen, J. 1998

³⁰ Lahdenperä, P. & Koppinen., T, 2003

Kuitenkin, koska suunnitelmat ovat tarjouspyyntöä tehdessä jo tehty, ei urakoitsijalle jää tällöin erityisemmin mahdollisuuksia ehdottaa omia ratkaisuitaan. Erityisesti teolliseen korjausrakentamiseen tällä on suuria vaikutuksia, koska usein ratkaisut ovat uusia, eivätkä ne välttämättä ole suunnittelijoiden tiedossa. Myös rajaaminen vain yhteen toimintatapaan haittaa uusien tapojen käyttöä. Kuitenkin, jos ratkaisut ovat suunnittelijoiden tai rakennuttajan tiedossa, on teollisia ratkaisuita mahdollista käyttää myös perinteisissä pääurakkamuodoissa.

4.1.2. Suunnittelun ja toteutuksen sisältävä urakkamuoto

Suunnittelun ja toteutuksen sisältäviä urakkamuotoja käytettäessä urakoitsijan ja suunnittelijoiden muodostamalle tarjousryhmälle tarjoutuu jo tarjous suunnitelmavaiheessa mahdollisuus hyödyntää teollisia ratkaisuita ja sitä kautta löytää edullisempia ja laadultaan parempia suunnitteluratkaisuja sekä hyödyntää urakoitsijan hallitsemia tuotantotekniikoita. Tilaajan on siis mahdollista hyödyntää urakoitsijan asiantuntemusta silloin, kun suunnitelmiin voidaan vielä merkittävästi vaikuttaa. Toisaalta tilaajan vaikutusmahdollisuus suunnitelmiin heikkenee huomattavasti tarjouksen hyväksymiseen ja sopimuksen allekirjoittamiseen.

Muotojen etuna on, että tarjouspyynnöt voidaan lähettää jo hankesuunnitteluvaiheen jälkeen. Tilaajan tehtävä on määrittää projektille tavoitteet sekä rakennuskohteelle asetettavat toiminnalliset vaatimukset. Näiden perusteella urakoitsijat voivat antaa tarjouksensa hankkeen toteuttamisesta. Tilaaja voi myös antaa vain osan suunnittelusta urakoitsijan tehtäväksi ja pitää esimerkiksi luonnossuunnittelun ohjauksen omissa käsissään. Valmiit luonnossuunnitelmat saattavat kuitenkin rajoittaa teknisten ratkaisuvaihtoehtojen määrää ja siten urakoitsijan ratkaisuvaihtoehtoja. Tilaajan tekemät luonnossuunnitelmat kuitenkin takaavat tilaajalle yleisratkaisun käyttökelpoisuuden ja vähentävät urakkalaskentaan sisältyvää suunnittelutyötä.

4.1.3. Osaurakkamuodot

Osaurakkamuodoissa rakennustyö pilkotaan useisiin pieniin urakoihin. Hankkeelle valitaan projektinjohtototeuttaja, joka johtaa hanketta läheisessä yhteistoiminnassa tilaajan kanssa. Osaurakat kilpailutetaan erikseen suunnittelun etenemisen myötä, mikä mahdollistaa suunnittelun, hankintojen ja rakentamisen limittämisen. Tilaajan ohjausmahdollisuudet sekä suunnitteluratkaisuihin, että kustannuksiin säilyvät vielä toteutusvaiheessakin. Tästä syystä hankkeessa on mahdollista sopeutua käyttäjien mahdollisesti myöhään täsmentyviin vaatimuksiin.

4.2. Teolliseen korjausrakentamiseen soveltuvat toteutusmuodot

Rakennuttajan on tarkasteltava erilaisia toteutusmuotoja hankesuunnittelusta alkaen. Perinteisissä pääurakkamuodoissa kilpaillaan vain yhdestä ratkaisusta, jonka hinta saadaan selville vasta urakkarajouskilpailun päätyttyä eikä aina silloinkaan, koska korjaustarve voi työmaavaiheessa osoittautua oletettua suuremmaksi tai oletetusta poikkeavaksi. Teolliseen korjausrakentamiseen soveltuvat periaatteessa kaikki toteutusmuodot. Erityisesti mikäli korjaustoimenpiteet ovat tavanomaisia ja selväpiirteisiä, voidaan toteutusmuodoista valita parhaiten rakennuttajan tavoitteet täyttävä toteutusmuoto. Kuitenkin perinteiset pääurakkamuodot eivät sovellu parhaalla mahdollisella tavalla teolliseen korjausrakentamiseen, sillä suunnitelmien tulee olla lähes valmiit, kun urakoitsijoita aletaan kilpailuttaa, jolloin urakoitsijan voi olla vaikea tai jopa mahdotonta ehdottaa vaihtoehtoisia toteutusratkaisuja – eli esimerkiksi teollisia ratkaisuita. Tällöin teollisten ratkaisuiden valinta jää rakennuttajan vastuulle. Koska useimmista teollisista ratkaisuista ei ole laajaa kokemusta, suunnitelmia on vaikea tehdä täysin valmiiksi kilpailua varten. Myöskään urakoitsijan asiantuntemusta suunnitelmien rakennettavuudesta ei tällöin päästä hyödyntämään. Tästä syystä on oleellista kytkeä urakoitsijan tai tuoteosatoimittajan osaaminen ja kokemus hankkeeseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällöin voidaan varmistua ratkaisun toteutuskelpoisuus ja jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon ratkaisun vaatimat erityispiirteet. Samalla voidaan hyödyntää urakoitsijan tai tuoteosatoimittajan hankintakanavia ja -osaamista. Keskeistä teolliseen korjausrakentamiseen soveltuvissa toteutusmuodoissa on, että ne mahdollistavat eri osapuolten kitkattoman yhteistyön ja oikea-aikaiset vaikutusmahdollisuudet. Toteutusmuodon tulee olla joustava, mutta selkeärajainen, koska rakennusaikaisten yllätysten löytyminen ja sen myötä muutosten esiintyminen on todennäköistä.³¹

Parhaiten teollisia korjausrakentamismenetelmien käyttöön soveltuvat muodot, joissa toteuttajan suoritusvelvollisuuteen kuuluu myös tekninen suunnittelu. Tällöin rakennuttaja vastaa hankkeen hanke- ja yleissuunnittelusta, mutta ei teknisistä ratkaisuista ja rakennustyön suorituksesta. Oleellista on, että yleissuunnitteluvaiheessa toteutusratkaisuja ei rajata koskemaan vain perinteisiä menetelmiä vaan mahdollistetaan myös teollisten ratkaisuiden hyödyntäminen. Tärkeää on, että urakoitsijan osaaminen ja tieto suunnitteluratkaisuiden rakennettavuudesta saadaan käyttöön heti hankkeen alkuvaiheessa, ennen toteutussuunnitteluvaihetta. Tällöin suunnittelu ja rakentaminen limittyvät, jolloin niin koko kohteen kuin tuoteosien suunnitelmia voidaan täydentää vielä rakentamisen jo alettua.

³¹ Rakli, 1986, s. 7

Perinteisesti rakennushankkeessa on seuraavat vaiheet: tarveselvitys, hankesuunnitteluvaihe, rakennussuunnitteluvaihe, rakentamisvaihe ja käyttöönottovaihe (taulukko 3). Tässä järjestyksessä etenevä, perinteinen vaihejako soveltuu kohteisiin, joissa ratkaisut ovat yksinkertaisia ja suunnittelu tehdään täysin valmiiksi ennen urakoitsijan valintaa. Jotta teollisia korjausrakentamiskorjauksia voidaan hyödyntää, on rakennushankkeen vaihejako muutettava siten, että rakennussuunnitteluvaihe jaetaan yleissuunnitteluun sekä toteutussuunnitteluun. Yleissuunnitelmassa esitetään kohteen visuaaliset ja toiminnalliset suunnitteluratkaisut. Rakennuksen arkkitehtuuriin, laatutasoon ja toimivuuteen liittyvät ominaisuudet määritetään siis yleissuunnitelmassa. Tekninen ratkaisu määrittää rakennuksen järjestelmiin ja toimivuuteen liittyvät ominaisuudet. Yleissuunnittelun tavoitteena on saada aikaan suunnitelmat, joiden perusteella voidaan laatia rakennusosa-arvio ja päättää hankkeen käynnistämisestä, hylkäämisestä tai lykkäämisestä sekä hakea rakennuslupaa. Yleissuunnitelman merkitys korostuu, koska sen perusteella aloitetaan hankinnat ja rakennustyö sekä laaditaan limitettynä rakentamisen kanssa toteutussuunnitelmat.

Yleissuunnitteluratkaisu tulee pyrkiä suunnittelemaan siten, että lopullinen korjaustavan valinta on mahdollista mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa hanketta. Tällöin tarjouspyynnöt tehdään suunnitelmavaatimuksin, jolloin tarjouksia pyydetään toiminnallisilla ja esteettisillä vaatimuksilla. Jos suunnitelmat ovat tarjouspyyntöä tehdessä jo tehty, ei urakoitsijalle jää erityisemmin mahdollisuuksia ehdottaa omia ratkaisuitaan. Erityisesti teolliseen korjausrakentamiseen tällä on suuria vaikutuksia, koska ratkaisut ovat uusia, eivätkä ne välttämättä ole suunnittelijoiden tiedossa. Tavoitteena on saada urakoitsijaa ottamaan vastuu toteutussuunnittelusta ja tuotteen täydellisestä toimituksesta paikalleen asennettuna teknisine ratkaisuineen. Samalla tilaajan voi hyödyntää urakoitsijoiden teknistä osaamista ja hankintaosaamista. Hankintamenettelyn on mahdollistettava myös ns. perinteisten korjausrakentamismenettelyiden käyttö. Tämä mahdollistaa kilpailun teknisen ratkaisun sekä myös urakoitsijan osalta.

Toteutussuunnitteluvaiheessa yleissuunnitteluratkaisut täsmennetään toteutussuunnitelmiksi. Toteutussuunnitteluvaiheessa kuvataan tekniset ratkaisut, ja kuvataan millä tuotantotekniikalla sekä rakennejärjestelmä- tai taloteknisillä ratkaisuilla yleissuunnitelman mukainen rakenneratkaisu toteutetaan. Urakoitsijat tarjoavat rakenne- ja talotekniset ratkaisut ja vastaavat siltä osin suunnittelusta ja rakennustyön toteutuksesta.

Taulukko 3. Esivalmisteiden käytön vaikutukset hankevaiheisiin

Hankeprosessin vaiheet	Tehtävät
1. Tarveselvitys	
2. Hankesuunnittelu	
3. Ehdotus- ja yleissuunnittelu	Esivalmisteiden vaatiman suunnitelma-aikataulun laatiminen
	Esivalmisteiden sovittaminen osaksi yleissuunnitelmaan
	Esivalmistetoimittajan valinta
	Toimittajien vakioratkaisuiden hyödyntäminen toteussuunnittelussa
4. Toteutussuunnittelu ja rakentamisen valmistelu	Esivalmisteiden asennusten aikataulun sovittaminen muuhun rakentamisen aikatauluun
	Materiaalitoimitusten ja logistiikan suunnittelu ja sopiminen
5. Rakentaminen ja käyttöönotto	Rakentamisen tuotannonohjaus tahtiaikataulun mukaisesti
	Muutosten hallinta ja niiden kommunikointi
	Tarkastukset ja testaukset tehtaalla
6. Takuu aika	

Vaihejako on tehty siksi, että yksittäinen suunnitteluryhmä ei pysty suoraan toimittamaan toteutukselle valmista aineistoa varsinkaan silloin, kun käytetään vaihtoehtoisia korjaustapoja ja tuoteosa-toimittajien tarpeet suunnitelmille vaihtelevat. Lisäksi korjattavat kohteen ominaisuudet vaikuttavat suunnitelmien sisältöön. Suunnittelu voidaan tällöin tehdä sellaisina kokonaisuuksina, joiden keskinäiset riippuvuudet pakottavat ratkaisuihin yhtä aikaa. Vaiheistamisen mahdollistaa töiden aloituksen, vaikka kaikki suunnitelmat eivät ole valmiit.

Urakoitsijan vastatessa teknisestä toteutussuunnittelusta perinteisistä pää- ja osaurakkamuodoista poiketen urakoitsija osallistuu teknisten ratkaisujen suunnitteluun. Muutos suunnittelukäytännössä sallii tuotantonäkökulmien huomioinnin jo teknisessä suunnittelussa³². Toteutusasiantuntemuksen tuominen suunnitteluprosessiin mahdollistaa paremman kustannus- ja rakennettavuustietoisuuden suunnitteluvaiheessa ja vähentää myös rakennusvaiheen suunnitelmamuutosten määrää. Yhdistäminen mahdollistaa myös rakennushankkeen nopeamman toteutuksen, sillä rakennuttajan ei normaalista urakkatarjouspyyntömenettelystä poiketen tarvitse laatia tarjouspyyntöön valmiita suunnitelmia saadakseen urakoitsijan mukaan hankkeeseen. Rakennuttaja myös välttyy teknisen suunnittelun ja tuotannon välisiltä ristiriidoilta urakoitsijan vastatessa suunnittelusta.

³² Pernu P. & Lohikoski R., 1999

Teknisen suunnittelun ja rakentamisen yhdistäminen urakoitsijan ja teknisten suunnittelijoiden muodostavan tarjousryhmän kilpailtavaksi pakottaa urakoitsijan ja suunnittelijat yhteistyöhön jo suunnitteluvaiheessa. Rakenne- ja taloteknisten ratkaisujen suunnittelun yhdistäminen edesauttaa toimivan ja yhteensopivan teknisen kokonaistoteutuksen aikaansaamista.

Keskeistä on, että rakennuttaja määrittää selkeät vaatimukset tuotteen toiminnallisuudesta, mutta myös selkeitä vapausasteita, jotta toteuttajalla on mahdollisuus omien ratkaisuiden käyttöön. Tarjousvaiheen jälkeen toteuttajaa rajoittavat vain rakennuttajan asettamat toiminnalliset vaatimukset, jolloin toteuttaja saa itse päättää teknisestä toteutuksesta. Tarjouspyynnöt voidaan tehdä suunnitelmavaatimuksin, alustavin suunnitelmin tai toteutussuunnitelmin³³. Suunnitelmavaatimuksin tapahtuvassa hankinnassa tarjouksia pyydetään toiminnallisilla ja esteettisillä vaatimuksilla. Esteettiset tavoitteet voidaan kuvata myös ohjeellisin havainnepiirustuksin. Tällöin tavoite on saada toimittaja ottamaan vastuu tuotteen toteutussuunnittelusta ja tuotteen täydellisestä toimituksesta paikalleen asennettuna teknisine ratkaisuineen ja sitoutumaan aikaisin kokonaishintaan sekä toimitusaikatauluun. Muotoa puoltaa myös tilaajan halu hyödyntää toimittajien innovaatioita. Toimittaja vastaa suunnitteluratkaisujen toimivuudesta. Hankinnan lopullinen sisältö, erityisesti liittymät ja täydentävän suunnittelun suoritus, tarkennetaan hankintaneuvotteluissa. Usein tarjousten täsmennyksiä tarvitaan paljon, jotta voidaan varmistua, että tarjottu tuote täyttää tilaajan vaatimukset.

Alustavin suunnitelmien tapahtuvassa hankinnassa pyydetään tarjouksia alustavilla suunnitelmilla. Suunnitelmia voidaan täydentää laskenta-aikana ja kehittää sopimusneuvotteluissa toimittajien esitysten pohjalta. Yhteistyö toteutussuunnittelussa on tärkeää. Tilaajan suunnittelijat osallistuvat tekniin neuvotteluihin, tarkastavat toimittajien tarjoamien tuotteiden soveltuvuuden ja sovittavat ne liittyviin rakenteisiin. Tarjouspyynnöt saadaan liikkeelle nopeasti. Toimittajan saadaan sidottua hankkeeseen aikaisin ja varattua heidän kapasiteettinsa. Suunnitelmat on pyrittävä täsmentämään neuvotteluvaiheessa niin, että sopimukseen voidaan liittää toteutussuunnitelmat.

Toteutussuunnitelmin tapahtuvassa hankinnassa tarjouspyyntö sisältää kaikki suunnitelmat. Merkittäviä puutteita ei suunnitteluaineistossa saa olla. Toimittajilta edellytetään tarvittaessa asennussuunnitelmia. Tämä edellyttää, että markkinoilta on saatavilla riittävästi tuotantokapasiteettia ja kilpailua, jolloin suunnitteluratkaisuiden on sovellettava usean valmistajien tuotantoon.

³³ Kruus M. et. al., 2006

4.3. Teollisen korjausrakentamisen vaikutus hankkeen osapuolten tehtäviin

Vaiheistetun suunnittelun ja teknisen suunnittelun sisällyttäminen toteuttajan tehtäviin lisää hankkeen eri osapuolten keskinäistä yhteistyötä ja parantaa siten tiedonsiirtoa osapuolten välillä. Toteuttajan suunnittelijoiden ja rakennuttajan suunnittelijoiden yhteistyöllä varmistetaan yleissuunnitelman ja teknisten suunnitelmien yhteensopivuuden. Samalla rakenne- ja taloteknisten suunnittelun yhdistäminen auttaa toimivan ja yhteensopivan rakennuksen teknisen kokonaistoteutuksen aikaansaamista.

Rakennuttajan mahdollisuudet vaikuttaa lopputulokseen ovat hyvät, koska rakennuttaja määrittelee teettämänsä yleissuunnitelman avulla hankkeen vaatimukset. Yleissuunnitelmalla rakennuttaja voi ohjata hankkeen kustannuksia ja kokonaiskustannukset saadaan pitkälti selville jo ennen urakkakilpailun käynnistämistä. Kokonaishintaan perustuvassa urakassa kustannukset varmistuvat jo urakasopimuksen sopimisen yhteydessä ja kustannusten valvonta on helppoa, koska suoritusten ja kustannusten vastaavuutta ei tarvitse varmistaa. Yleissuunnitelman ja teknisen toteutus suunnittelun kilpailuttamisella pelkän rakennustyön sijaan, on rakennuttajan mahdollista säästää myös suunnittelukustannuksissa sekä saada vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja myös hankkeen tekniselle toteutukselle ³⁴.

Rakennuttajalle urakkakilpailun järjestäminen edellyttää huolellista tarjouspyynnön valmistelua, ja teknisten ratkaisujen tarkkaa laatutason ja muiden urakan vaatimusten määrittelyä. Määrittelyn on kuitenkin jätettävä tilaa vaihtoehtoisille tarjousratkaisuille, jotta toteuttajat voivat kilpailla myös eri ratkaisuiden avulla. Toisaalta tarjouspyynnön huolellinen valmistelu edellyttää rakennuttajaa perehtymään hankkeen vaatimuksiin. Myös mikäli rakennuksessa tehdään erityyppisiä korjaustoimia, on eri urakoitsijoiden välinen vastuujako tehtävä huolella.

Teknisten suunnittelijoiden rooli korostuu, sillä suunnittelijoiden työstä tulee osa kilpailua ja kilpailukeinot lisääntyvät. Samalla voidaan viimeisimmän tuotekehityksen tulokset sisällyttää tarjoussuunnitelmiin. Koska teknisten suunnittelijoiden työ on osa kilpailu, tuo se suunnittelijoille mahdollisesti myös lisää työtehtäviä.

Eri suunnittelijoiden työ voi yksinkertaistua teollisesti toteutettavissa korjauksissa, koska suunnittelukohtaiset ratkaisut kootaan usein yhdestä tuoteperheestä – esimerkiksi putkien korjaamistyötä varten hormielementtikotelo ja putket voidaan hankkia samalta toimittajalta valmiina yhteensopivana pakettina, joka räätälöidään kohteeseen sopivaksi ³⁵. Suunnittelija voi tällöin keskittyä optimaalisen sijoituksen löytämiseen tuotevalintojen miettimisen sijaan. Yhden tuoteperheen

³⁴ Pernu P., & Lohikoski R., 1999

³⁵ Lindstedt & Junnonen, 2011

tuotteiden käyttäminen nopeuttaa palauteketjua, jolloin tuotekehitys nopeutuu. Teollisissa korjauksissa suunnittelijoiden ja teollisuuden välinen yhteistyö lisääntyy teollisten ratkaisujen myötä, koska suunnittelijan on otettava huomioon tuotteen valmistukseen liittyvät tekijät ja suunnittelu.³⁶

Vaiheistamisen ja teknisten ratkaisuiden perusteella tapahtuvan kilpailun avulla vastuu korjaushankkeen tehtävistä jaetaan osapuolien kesken niin, että kukin osapuoli vastaa parhaiten hallitsemastaan tehtävästä. Vastuujako korjaushankkeen tehtävistä selkiytyy. Rakennuttaja hallitsee osapuolista parhaiten käyttäjien ja ympäristön vaatimukset. Urakoitsija, joka vastaa teknisten ratkaisuiden suunnittelusta, on paras tuotantotekninen osaaminen, ja urakoitsijan tuotantotekninen osaaminen yhdistetään teknisten suunnittelijoiden ja tuoteosavalmistajien asiantuntemus.

Kokonaisuutena korjaushankkeen läpivieminen helpottuu rakennuttajan näkökulmasta, jos palveluntarjoajat eli urakoitsijat, rakennusmateriaali- ja rakennusosavalmistajat sekä laitetoimittajat ovat verkostoituneet. Verkoston tavoitteena tulee olla jatkuva oppiminen ja kehittyminen sekä sitoutuminen yhteistoimintaan. Jos suunnittelu ja korjaustyö hankitaan yhdeltä ryhmältä, edistää tämä rakennusalan kehittymistä: markkinoille syntyy tällä tavoin palveluverkostoja. Verkostoituminen mahdollistaa suunnittelu-, rakentamis- ja palveluprosessien kehittämisen.³⁷

³⁶ RIL 239, 2008, s. 41

³⁷ Paiho S. et al., 2009, s. 87-88

5. Esivalmisteiden käytön vaikutukset tuotannonhallintaan

5.1. Toistuva tahtituotanto korjausrakentamisessa

Tuotannon hallinnan on tuettava teollisia korjausrakentamismenetelmiä, ja tuotanto on suunniteltava tukemaan nopeaa toteutusta ja vähäisiä asumishaittoja. Tällä hetkellä tuotannon toteutuksen nopeuttamista ja asumishaittojen vähentämistä tavoitellaan useissa rakennusalan hankkeissa tuotannon eri tehtävien yhdenmukaisen tahdistamisen avulla. Periaatteena on ns. tahtituotantomalli, jossa tavoitteena on lyhyt tilakohtainen läpäisy aika, tasainen, jatkuva ja ennakoitavissa oleva tuotanto sekä korkea tuottavuus.

Rakennustuotannon suunnittelussa tuotannon tahdistamisella pyritään säännöllistämään eri työryhmien eteneminen ja työtehtävien suorittaminen kohteen työkohteesta toiseen. Tavoitteena on saada rakennustyömaan eri tehtävät alkamaan ja valmistumaan tasakestoisen tahdin mukaisesti. Työryhmät siirtyvät tahtituotannossa työkohteesta toiseen tasakestoisten ajankohtien välein. Kahden tällaisen ajankohdan välistä ajanjaksoa kutsutaan tahtiajaksi. Kun tavoitteena on eri saada eri työntekijät työskentelemään yhteisesti sovittua nopeutta, tahtiaika toimii perustana tälle nopeudelle.

Tahtituotanto on nimensä mukaisesti tuotantotapa, jonka ydinajatuksena on tuotannon eri työtehtävien sovittaminen yhtenäistä tuotantonopeutta noudattamaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että osaa työtehtävistä suoritetaan niiden luontaista suoritustehokkuutta hitaammin. Tästä kompromissista seuraa tuotannon ennakoitavuuden, luotettavuuden ja tuotannon kokonaisuuden sujuvuuden lisääntyminen.

Tahtituotanto on tullut erityisen tutuksi autotehdasmaailmasta. Autotehtaissa autot tuotetaan liukuhihnatuotantona. Lean-filosofian mukaan sujuvin tapa tuottaa tuotteita on siirtää keskeneräisiä tuotteita tasaisin väliajoin työpisteeltä toiselle, jolloin keskeneräiset tuotteet myös seuraavat toisiinsa tasaisin väliajoin. Tällöin keskeneräiset tuotteet noudattavat niin sanottua yksittäisvirtausta (One-piece flow). Yksittäisvirtauksessa keskeneräisiä tuotteita työstetään jatkuvasti, eikä keskeneräisiä tuotteita välivarastoidu minkään työpisteen yhteyteen. Tällöin yksittäisen tuotteen läpimenoaika on mahdollisimman lyhyt. Esimerkiksi asuntojen korjauksessa yksittäisvirtaus tarkoittaa, että asuntoja työstetään jatkuvasti ja asunnot valmistuvat tehokkaasti ilman jatkuvaa tyhjänä oloa. Yksittäisvirtauksessa virheelliset suoritteet eivät pääse kertautumaan, koska virheellinen tuote siirtyy välittömästi laadunvarmistuksen kautta seuraavalle työpisteelle, jossa väärin tehtyä tuotetta ei usein voida jalostaa pidemmälle. Välivarastoinnissa virheellisiä tuotteita voidaan tuottaa moninkertainen määrä.

Tahtituotannossa teollisesti valmistettavia tuotteita voidaan hyödyntää, mikäli tahtituotantoon valitut tahtialueet sisältävät teollisesti valmistettuja ratkaisuja tukevia osakohteita. Teollisesti valmistettava tuote voi olla esimerkiksi kylpyhuone-elementti, parveke-elementti, talotekniikan hormielementti tai julkisivuelementti. Teollisessa tuotannossa tuote valmistetaan perinteisestä tavasta poiketen tehtaiden tuotantolinjoilla niin valmiiksi kuin mahdollista, jolloin työmaan tehtäväksi jää vain asentaminen ja viimeistely. Toistuvan tahtituotannon kohdealueeksi voidaan määritellä teollisesti valmistettavia tuotteita sisältävä rakennuksen osa, kuten kylpyhuone nousuhormineen. Erityisesti talotekniikkaa sisältävät esivalmisteet voivat sujuvoittaa tahtituotantoa, koska työnjohto kokee usein taloteknisten töiden hallinnan olevan erityisen haasteellista muun muassa erilaisten taloteknisten asennuksien kompleksisuuden ja talotekniikka-asentajien kiireellisyyden vuoksi.

Esivalmisteista voi olla merkittävä etu myös tahdistamattomien tuotannonosien sujuvoittamisessa. Tahtituotannossa tahdistetaan yleensä vain tietty tuotannonosa, kuten asuinkerrostalon asuntojen sisätyöt. Luonnollisesti asuntojen sisätöiden edellytyksenä voi olla esimerkiksi erilaiset vesikatolla, porrashuoneessa tai kellarissa tapahtuvat tahdistamattomat työt. Esimerkiksi porrashuoneen talotekniikkalousut ja vaakavedot ja kellarin talotekniikkavedot ovat edellytyksiä asuntojen kylpyhuoneiden ja keittiön talotekniikatöille (ensimmäisen asuinkerroksen lattian viemäriputket ja lattiakäivöt asennetaan kellarin kautta). Tällaisten tahtituotannon ulkopuolisten töiden sujuvoittaminen ja nopeuttaminen esivalmistetuilla tuotteilla voi lisätä tahtituotannon suunnittelun joustavuutta ja pienentää tahtituotannon häiriöiden riskiä.

Tuotannon hallinta perustuu tuotannon aloitusedellytysten varmistamiseen ja tuotannon ohjaukseen. Tuotannon aloitusedellytysten varmistaminen tapahtuu mallityön, työntekijöiden koulutuksen ja asukasinformaation avulla. Tahdistetun korjaustyön tuotannon ohjauksessa korostuu tasainen jatkuva tuotanto, jossa työkohteet tehdään kerralla valmiiksi, eikä päästetä töitä leviämään useisiin työkohteisiin yhtä aikaa. Tuotannon ohjauksen keinoina on työkohteiden limitetty korjaaminen, työkohteiden kerralla valmiiksi tekeminen, tuotannon jatkuva valvonta ja häiriöihin nopea reagoiminen. Tarvittaessa yksittäisiä tahtialueita tai sen osia voidaan jättää tahtituotannon ulkopuolelle, esimerkiksi vesivahingon tapauksessa.

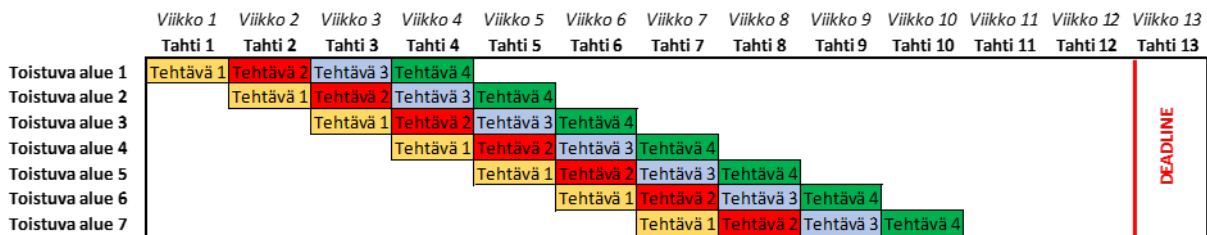
Työkohteiden limittämisellä saadaan työryhmien työt tasaisesti jatkuviksi koko kohteen ajan. Työkohteet korjataan kerralla valmiiksi, eikä päästetä töitä leviämään useisiin työkohteisiin yhtä aikaa. Töiden etenemistä ohjataan niin, että sallitaan esimerkiksi vain tietyn asunnon korjaaminen kerrallaan ja valvotaan sitä. Tuotannossa esiintyvien kriisien kohdalla yksittäisiä tahtialueen osia voidaan suorittaa tahtituotannon ulkopuolella, tai tahtituotanto voidaan pysäyttää kriisin ratkaisemisen ajaksi. Pienten ongelmien kohdalla tuotantoa ei hidasteta, vaan työntekijät keskenään ratkaisevat ongelmat välittömästi niiden ilmaannuttua.

Korjaustyön alla olevien työkohteiden lukumäärä kannattaa pitää vakiona, koska sillä helpotetaan tasaisen resurssikuormituksen saavuttamisesta. Tahtituotannon materiaalitoimitukset suunnitellaan ja ohjataan niin, että materiaali tulee ajallaan oikea määrä, ja että se toimitetaan ilman työmaalla tapahtuvaa välivarastointia suoraan käyttöpaikalle. Työkohteiden lyhyt läpäisy aika ja materiaalien minimivarasto pakottavat tasatuotantoon, jossa kaikkien työvaiheiden tuotantonopeus on sama ja kokonaistuotantonopeuden mukainen. Korjausrakentamisessa tehtävät tahdistetaan saman kestoiseksi, ja tehtävän tuotantonopeus määräytyy seuraavan tehtävän tuotantonopeuden mukaan.

Tahtituotannossa tuotannonsuunnittelu tulisi tehdä hyvin tarkasti ja yksityiskohtaisesti. Yksityiskohtainen tuotannonsuunnittelu on mahdollista, koska osakohteet toistuvat samanlaisena tai samankaltaisena, jolloin jokaista toistuvaa osakohdetta ei tarvitse suunnitella erikseen. Koko kohteen aikataulun toteutuskelpoisuus tarkistetaan yhden työkohteen yksityiskohtaisella suunnittelulla. Työkohteen työt suunnitellaan tuotantopaikkojen esimerkiksi kylpyhuone, keittiö ja asuinhuone, ja niiden sisältämien työvaiheiden tarkkuudella. Yksityiskohtaisen tuotannonsuunnittelulla hahmotetaan:

- Tehtävät ja niiden sisältämät osasuoritteet
- Tehtävät ja niiden osien mitoittaminen (aika tuntien tarkkuudella, resurssit)
- Tehtävien ja niiden osien tarkoituksenmukainen suoritusjärjestys
- Tehtävien ja niiden osien tarvitsemat edellytykset
- Mahdolliset informaatiopuutteet suoritukseen liittyen (kuten työnjohdon osaaminen, ymmärrys, puutteet työpiirustuksissa)

Tahtituotannon suunnitelmat voidaan tarvittaessa karkeuttaa vähemmän yksityiskohtaiseksi tahtiaikatauluksi. Olennaista on kuitenkin, että luotu tahtiaikataulu perustuu selkeään käsitykseen tuotannon realistisesta toteuttamisesta. Tahtiaikataulussa esitetään tasakestoista tahtia noudattavat paketoituneet tehtävät ja niiden suoritusjärjestys, tahtialueiden suoritusjärjestys ja paketoitujen tehtävien läpäisy aika (tahdin pituus). Tyypillisesti tahtiaikataulu on alla olevan kuvan 3 mukainen. Vaakasuuntaisena muuttujana käytetään aina aikaa. Aikamuuttuja jaetaan tasakestoisiin osiin tahtiajan pituuden mukaan (viikkoihin, päiviin tai työtunteihin). Lisäksi vaakariviltä tulisi selvittää käytössä oleva tahtijako. Pystyriivillä käytetään tyypillisesti esimerkkien perusteella toistuvia tahtialueita. Tällöin ”tuotantojunan vaunuihin” jäävät paketoituneet tehtävät. Tällainen aikataulunäkymä ohjaa tarkastelemaan ensisijaisesti tahtialueiden läpimenoa, jolloin pääfokus keskittyy alueiden virtaukseen.



Kuva 3. Esimerkki tahtiaikataulusta

Tahtituotannon työsuunnittelun, ohjauksen ja valvonnan vaiheet ovat karkeasti:

1. Toistuvien alueiden tunnistaminen
2. Tahdistettavien alueiden valinta

Tahtisuunnittelu:

3. Tehtävien ja niiden sisältämien suoritteiden listaaminen ja niitä tekevien työläjien määrittely
4. Suoritteiden kestojen mitoittaminen

Tahtisuunnittelu jatkuu: iterointikierrös:

5. Tahtilohkojaon määrittäminen: tahdistetun alueen jakaminen pienimmiksi mahdollisiksi, tai tarkoituksenmukaisen kokoisiksi toistuviksi alueiksi
6. Suoritusten lajitteleminen tasakestoisiin paketteihin suoritusjärjestys huomioiden
7. Tahdin keston valinta: tehtävien kestojen ja tahtilohkojen koon perusteella
8. Tahtiaikataulun luominen ja tilaajan tarpeiden täytyminen (yleisaikataulun mukainen toteutus)
9. Tahdistettujen ja tahdistamattomien töiden yhteensovittaminen
10. Aliurakoiden hankinta ja aliurakkasopimuksien tekeminen

Tuotannon käynnistymisen jälkeen (tahtikontrolli):

11. Tuotannon valvonta ja toteumien kirjaus
12. Tuotannon ohjaus
13. Tuotantosuunnitelmien ja aikataulun päivittäminen ja kehittäminen

Kohde jaetaan toistuviin tahtialueisiin. Tahtialueen koon valintaan vaikuttavat korjaustoimenpiteet, kerrostasojen lukumäärä ja suuruus sekä käytettävissä oleva kokonaisaika. Tavoitteena on, että jokainen tahtialue sisältää yhtä suuren työmäärän, jolloin tahtialueesta toiseen eteneminen tasaisesti on mahdollisimman yksinkertaista. Tahtialueiden etenemisjärjestys voi olla pystylinjakohtainen tai kerroskohtainen. Pystylinjojen valmistuminen sanelee, milloin pystylinjojen hormit voidaan ummistaa. Hormien ummistaminen on edellytys uusien pintatöiden, kuten vedeneristyksen, laatoituksen

tai maalauksen tekemiselle. Vanha vesi- ja viemärijohtoverkko pidetään toiminnassa niin kauan, että uudet pystylinjat saadaan rakennettua vanhojen viereen toimintakuntoon.

Työkohteen tulee olla riittävän pieni, jotta läpäisy aika pysyy pienenä ja tuotannon edellyttämä työntekijöiden välinen yhteydenpito toimii. Valitsemalla porrastettua työkohteeksi kasvatetaan työkohteeksi suureksi, mikä tarkoittaa, että työt eivät ole tasaisesti käynnissä. Työkohteessa työt aloitetaan samaan aikaan, työt etenevät siinä samassa vaiheessa ja se luovutetaan käyttäjälle yhtenä kokonaisuutena.

Tahtituotantomallin onnistunut käynnistäminen voi vaatia vähemmän kiireisen aloitusvaiheen. Ensimmäiseksi tahtialueeksi voidaan valita muita pienempi tahtialue ja töiden suorittamiseen ensimmäisessä tahtialueessa voidaan varata lisää aikaa. Tällöin saadaan pelivaraa aloitukseen, jotta loput toistuvat työkohteet toteutuvat aikataulun mukaisesti. Koko kohteen aikataulun alkuun varataan myös aikaa muutama viikko työntekijöiden koulutukselle ja mallityön tekemiselle. Mallityön työvaiheet suunnitellaan samalla tavalla kuin toistuvan työkohteen työvaiheet. Mallityön teon yhteydessä korjataan työsuunnitelman virheet ja puutteet ennen varsinaisen korjaustyön alkua. Mallityöllä varmistetaan myös toistuvan korjauksen materiaalitoiminnot siten, että kaikki korjaustyössä tarvittavat materiaalit ja työkalut on testattu.

Koko kohteen aikataulua laadittaessa toistuvat työkohteet suunnitellaan erikseen kohteen muista töistä. Kohteen muut työt kuten esim. julkisivujen tai yhteistilojen korjaukset suunnitellaan tehtäviksi omilla resursseilla ja ajoitetaan niille parhaiten sopiviin ajankohtiin kokonaiskorjausajan puitteissa. Kohteen muiden töiden resurssit toimivat toistuvien työkohteiden vararesursseina. Mikäli muiden kohteiden töitä voidaan suorittaa isomman aikaikkunan sisällä, voidaan näitä töitä pitää tarvittaessa varatyökohteina tahdistetun tuotannon resursseille. Tahdistetun ja tahdistamattomien tuotannonosien pitämisessä erillään tulee kuitenkin muistaa hallita osien rajapintoja, eli edellytyksiä.

Toistuvan työkohteen työvaiheluettelo laaditaan työsisällöltään erilaisista tuotantopaikoista. Työvaiheet merkitään työvaiheluetteloon työjärjestyksessä. Toistuvien työkohteiden erot voidaan määrien ja materiaalisältöjen vaihtelujen mukaan jakaa neljään eri tapaukseen:

- määriltään ja sisällöltään samankaltaiset
- määriltään vaihtelevat mutta sisällöltään samankaltaiset
- määriltään ja sisällöltään vaihtelevat, mutta tiedetyistä materiaaleista
- täysin määriltään ja sisällöltään vaihtelevat

Koska toistuvien työkohteiden määrät ja materiaalisällöt vaihtelevat esimerkiksi eri pystylinjoissa, muodostetaan keskimääräinen toistuva työkohteiden jakamalla koko kohteen määrät pystylinjojen lukumäärällä. Koska aina on työn alla, lukuun ottamatta aloitusta ja lopetusta, vähintään kaksi

työkohdetta, tasautuu erilaisten työkohteiden määrien erot toistuvat jakson aikana. Vaikka työkohteiden määrät vaihtelevat, pidetään niiden kestot yhtä pitkinä.

Tahtituotannon toistuvat työpaketit muodostetaan yhdistämällä työvaiheet korkeintaan tahtiajan kestoiksi kokonaisuuksiksi. Jos tahtiajan kesto ei ole vielä määritetty, paketoidaan työvaiheet kohteen ominaisuuksien mukaan päivän – viikon tasakestoisiin paketteihin. Tällöin työryhmien työ on jatkuvaa. Tahdin kesto voidaan säätää muuttamalla työryhmien kokoa ja tehtävien työsisältöjä. Käyttämällä monitaitoisia työryhmiä voidaan tehtävän työsisältöä kasvattaa ja siten vähentää eri työvaiheiden välisiä odotusaikoja. Työryhmän työt eivät ole jatkuvia, jos tehtävän keston on minimiresurssimäärällä mitoitettunakin lyhyempi kuin kohteen tahdistava kesto. Jos edellä kuvatun työryhmän työt tehdään omilla resursseilla, täytyy se yhdistää toiseen tehtävään tai teettää sillä muita kohteessa olevia töitä, jotta tuottavuus ei huonone. Tarvittaessa resurssia voidaan pitää pienen osan ajasta vararesurssina häiriöherkille ja kireille muille tehtäville.

Toistuvan työkohteen yksityiskohtainen aikataulu on samanlainen kaikille korjauskohteen samanlaisille työkohteille. Aikataululla varmistetaan, että työkohde on mahdollista toteuttaa suunnitellussa ajassa. Lisäksi tarkistetaan tehtäväluettelossa mitoitettujen resurssien määrän riittävyys ja töiden jatkuvuus koko kohteen ajan.

Työryhmän töitä ei suunnitella jatkuviksi yhdessä työkohteessa. Työryhmän työt suunnitellaan jatkuviksi toistuvan jakson aikana, jolloin on työn alla useampi eri vaiheessa oleva työkohde. Toistuvan jakson resurssikuormitus lasketaan yhdistämällä laaditun keskimääräisen työkohteen aikataulun eri vaiheiden resurssikuormitukset. Työkohteen aikataulu korjataan niin, että resurssien kuormitus on tasainen ja vastaa mitoitusta. Resurssien kuormitus on siis sama koko kohteen ajan lukuun ottamatta aloitusta ja lopetusta.

Tahtituotannossa kohteen materiaalit voidaan toimittaa työkohteisiin JIT-periaatteella. Materiaalivarastot työmaalla pidetään pienenä, jolloin toimitushäiriöt havaitaan heti ja niidentoistuminen voidaan estää. Toistuvassa tilakorjauksessa materiaalitoimitukset ovat työkohteiden suuruisia. Materiaalitoimitukset suunnitellaan määräluettelon ja paikka-aikakaavion avulla. Esivalmistuksen avulla osa työmaalla tehtävistä töistä siirretään tehtaaseen tehtäväksi, jolloin yhden työkohteen korjausaikaa voidaan lyhentää.

5.2. Logistiikka

Teollisessa korjausrakentamisessa logistiikalla on suuri rooli. Erityispiirteitä verrattuna perinteiseen rakentamiseen ovat siirrot tehtaalla, tuoteosien kuljetus rakennuspaikalle ja siirrot rakennuspaikalla. Maantiekuljetuksessa tulee ottaa huomioon painorajoitukset, kokorajoitukset, teiden laatu, kuljetusväline, liikennerajoitukset ja varastointimahdollisuudet rakennuspaikalla. Lisäksi

kuljetuksen ajaksi tuote on suojattava hyvin mahdolliselta sateelta ja epäpuhtauksilta sekä tuotteen suunnittelussa ja kokoamisessa on otettava huomioon, että se kestää kuljetuksen ja siirtojen aiheuttamat rasitukset.

Teollisen rakentamisen periaatteena on tuotteen saapuminen työmaalle silloin, kun sitä tarvitaan, eli asennuksen alkaessa. Tämän takia tarvittava varastointi tapahtuu joko tehtaalla tai logistiikkakeskuksessa, jolloin työmaalla tapahtuva varastointi vähenee sekä varastointiaika lyhenee verrattuna normaaliin rakentamiseen. Varastoinnin siirtyminen pois työmaalta vähentää työmaavarastoinnissa aiheutuvia vahinkoja.

Työmaan sisäisen logistiikan toimivuus on varmistettava logistiikkasuunnitelman avulla. Logistiikkaa suunniteltaessa työmaata on ajateltava kokonaisuutena sekä varmistettava, että varasto- tai nostoalueet eivät aiheuta esteitä asukkaiden liikkumiselle eivätkä sulje pelastusteitä. Kun hankintoihin liittyvää logistiikkaa suunnitellaan ajoissa, voidaan etsiä useita toimintavaihtoehtoja toimitusten eri vaiheisiin. Samalla voidaan hahmottaa mitä toimituskanavaa eri tuotteille käytetään vai hyödynnetäänkö logistiikkakeskusta. Logistiikkakeskuksen toiminta perustuu siihen, että useat toimittajat kuljettavat tuotteensa keskukseseen, jossa tuotteet yhdistellään työmaan tarpeiden mukaan. Tällöin työmaalle kuljetetaan juuri oikean määrän tuotteita oikeaan aikaan. Logistiikkasuunnitelmassa esitetään yhteenveto valituista toimintatavoista ja tarvittavista resursseista toimitusketjun eri vaiheissa.

Keskeinen ratkaistava kysymys on toimituserä kokojen valinta. Eräkokoja mietittäessä tulee ottaa huomioon kaksi asiaa. Ensimmäinen on varastointitilat ja toinen on työvaiheen kesto. Korjausrakennushankkeissa varastotilat ovat yleensä minimaaliset. Pihoilla on vähän tilaa ja rakennuksen sisätiloja on vaikea hyödyntää varastointiin. Logistiikan näkökulmasta keskeinen muuttuja on työvaiheen kesto. Mikäli työvaihe on hyvinkin nopea, voidaan koko kohteen materiaalit ja esivalmisteet toimitamisen sillä hetkellä, kun asennustyö aloitetaan. Vastaavasti mikäli työvaiheen kesto vie enemmän aikaa, on materiaalien toimituserän koko mietittävä erikseen esimerkiksi siten, että materiaaleja tilataan yhden viikon tarpeiksi kerrallaan. Liian pienet eräkoot aiheuttavat materiaalitoimituksiin tiheän syklin, ja siten tarpeettoman riskin materiaalien toimitukseen liittyvistä epäjatkuvuuksista. Toisaalta liian suuret eräkoot aiheuttavat varastointitarpeen, ja ne saattavat häiritä työtä³⁸.

Toimitukset tulee suunnitella tarkentuvasti. Aluksi lähtötiedot ovat epätarkkoja, ja toimitukset suunnitellaan karkeasti ja ajoitetaan toimituseriin työmaa-aikataulun mukaisesti. Toimituksen sisältöä ja ajankohtaa tarkennetaan toimitusajankohdan lähestyessä. Oleellinen asia on toimitussuunnitelmien muutostarpeen vähentäminen. Liian tarkka ja liian aikainen suunnittelu synnyttää jatkuvia muutoksia suunnitelmatietoihin³⁹. Liian myöhäinen toimitusten suunnittelu taas aiheuttaa

³⁸ Imetieg & Lutovac, 2015

³⁹ Rushton et al, 2006

yllätyksiä ja toimittajalle kiireestä johtuvia ongelmia, jotka ilmenevät laatuvirheinä ja virheellisinä toimituksina. Toimituserät ja ajankohdat tarkistetaan työn edistymisen mukaan. Toimituksen lähes-
tyessä toimituserän sisältö ja ajankohta ilmoitetaan tuotesatoimittajille toimitusmääräysten
avulla. Samalla varataan toimitusten ajankohdaksi tarvittavat siirtoresurssit.

Tehokkaan logistiikan varmistamiseksi työmaan yksi työkaluista on toimituksen varmistus. Toimi-
tuksen varmistus sisältää toimituksen tarkan suunnittelun ja tarkkojen toimitusohjeiden välittämi-
sen toimittajalle sekä niin tuotesatoimittajalle kuin asennuskalustotoimittajalle. Lähtötiedot on
sovittu sopimuksessa tai tilauksessa, mutta varmistus takaa toimituksen oikea-aikaisuuden.⁴⁰ Han-
kintojen ja logistiikan toimivuutta on seurattava jatkuvasti ja ongelmista on reklamoitava. Jos ongel-
mista tai virheistä ei reklamoida, on niitä mahdoton korjata seuraavaa toimitusta varten. Reklamaa-
tio on tärkeää palautetta, jonka avulla kehitetään toimintaa paremmaksi.

5.3. Elementtinessun ja paikalla rakennettavan nousun vertailu

Elementtirakentaminen tarjoaa vaihtoehdon paikalla rakentamiselle. Elementtirakentamisen avulla
entistä suurempi osa rakennustuotannon töistä voidaan suorittaa tehdasolosuhteissa. Elementit
valmistetaan hallituissa tehdasolosuhteissa pois työmaan kiireestä.

Työmaalla elementtien asentaminen paikalleen sisältää kuitenkin omat työvaiheensa. Työvaiheiden
sisältö riippuu osittain käytettävästä elementtiratkaisusta ja siitä, kuinka laaja osa tuotannosta val-
mistetaan elementteinä. Lattian ja seinien tulee täyttää elementin vaatimat tasaisuustoleranssit.
Epätasaiset pinnat voivat vaatia tasoittamista. Elementin kiinnittämistä varten asennetaan ensin
seiniin ja lattiaan erilliset kiinnikkeet. Kiinnikkeiden paikat mitataan ja merkataan tarkasti. Nou-
suhormielementit sovitetaan paikalleen nousuhormi kerrallaan. Elementtien asentaminen paikal-
leen voi sisältää pientä työtä, kuten putkien eristeen leikkaamista ja korkeusaseman säätämistä.
Läpivientien palokatkotus tapahtuu työmaalla. Elementin talotekniikka kytketään elementin ulko-
puolisiin talotekniikkareitteihin. Elementin pintaan asennetaan levytys ja valittu pintamateriaali työ-
maalla.

Seuraavassa alaluvussa on esitetty erään linjasaneerattavan asuinkerrostalon nousuelementin asen-
tamiseen liittyvät työvaiheet kuvina.

⁴⁰ Wegelius-Lehtonen et al., 1996, s.84

5.3.1. Vessan elementtinessun asennusvaiheet asuinkerrostalon korjauskohteessa

Nousuelementin asentaminen aloitettiin mittaamalla ja asentamalla jokaisen kerroksen lattiaan kuvan 4 mukainen asennuslevy. Asennuslevy asettuu porattuihin läpivientien reikiin. Reiät on porattu elementtien mukana tulleen porausmallisapluunan avulla.



Kuva 4. Erillisvessan nousuhormielementin rakentaminen on aloitettu elementin pohjan metallisen levyn kiinnittämisellä paikalleen. Levy asettuu paikalleen lattiaan porattuihin läpivientireikiin. Varsinainen nousuelementti kiinnitetään näihin metallisiin levyihin.

Metallisen asennuslevyn asettumista läpivientireikiin on havainnollistettu kuvassa 5. Kuva on otettu asunnon erillisvessan alakatosta.



Kuva 5. Edellistä kuvaa vastaava pohjalevy kuvattuna alemmasta kerroksesta käsin.

Alakattoon asennetaan oma metallilevyensä. Paikalla rakennettaessa vastaava asennus olisi hormin valumuotti, joka voidaan materiaalista riippuen jättää paikalleen. Metallilevyjen kiinnityksen jälkeen levyjen väliseen tilaan tehdään pieni valu.



Kuva 6. Edellisen kuvan alakattoon on kiinnitetty erillinen alakattoon jäävä metallilevy.

Erillisvessaa ei vedeneristetty. Jos tila olisi vedeneristetty, vedeneristys olisi tehty elementin taakse. Tällöin elementin avaaminen onnistuu vedeneristettä rikkomatta. Vessan talotekniikkanousut sisälsivät sähkö, jotka asennettiin erilliseen vasemmassa kuvassa näkyvään kaapelihyllyyn.

Tuuletusviemäri vesikatolle ei sijainnut suoraan vessan hormin yläpuolella, minkä vuoksi tuuletusviemäri on tehty oikeassa kuvassa näkyvä vaakasiirtymä. Tuuletusviemäri kytketään elementtiin elementin asentamisen jälkeen.



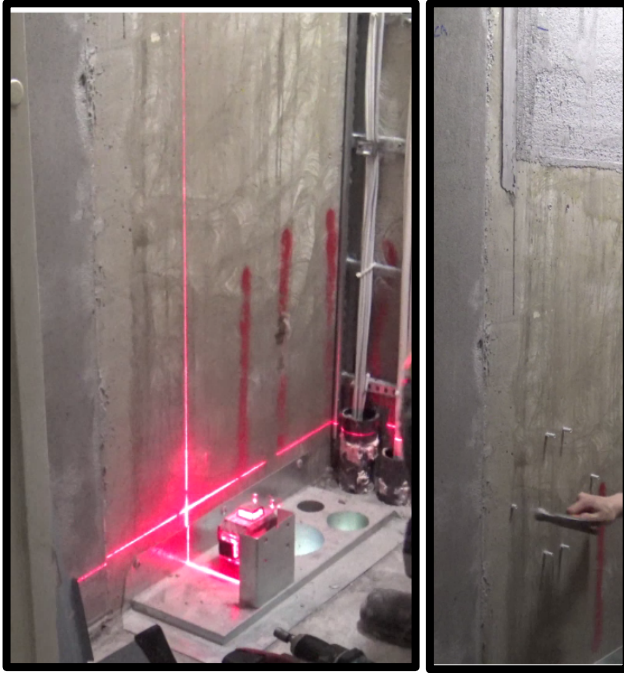
Kuva 7. Vessan hormissa kulkee sähkönousu, joka on asennettu vasemman kuvan seinässä näkyvään kaapelihyllyyn. Oikeassa kuvassa näkyy vesikatolle menevän tuuletusviemäriin putki.

Nousuelementit saapuivat työmaalle muoviin käärittynä. Pakkaus sisälsi elementtien lisäksi kiinnitysosat.



Kuva 9. Nousuelementit saapuivat työmaalle.

Elementti kiinnitetään seinään metallisen seinäkiinnikkeen avulla. Seinäkiinnikkeen asennusta varten kiinnikkeen paikka mitataan tarkasti, minkä jälkeen seinään porataan reiät ja asennetaan seinätulpat. Jos tilaan tehdään vedeneristys, se tehdään ennen kiinnikkeen asentamista.



Kuva 10. Elementin seinään ruuvauskohtien mittausta ja seinätulppien asentamista porauskohtiin.

Seuraavaksi elementin metallinen seinäkiinnike asennetaan paikalleen. Seinäkiinnike kiinnitetään seinään asennettuihin seinätulppiin.



Kuva 11. Elementin taustalevy asennettu paikoilleen.

Elementin sovittaminen paikalleen voi vaatia pientä työmaalla tapahtuvaa muokkaamista. Alla olevassa kuvassa elementin viemäriputken eristettä leikataan, jotta elementti asettuisi paikalleen.



Kuva 12. Elementin viemäriputken eristeen muokkaamista/leikkaamista asennusta varten.

Seuraavaksi elementti nostetaan paikalleen. Elementin paikalleen asentaminen ja kiinnitys vaatii väkijä hieman sovittamista, ilmeisesti seinien vinouden vuoksi. Selkein etu paikalla asennettuun nousuun verrattuna on nousuputkien asentamisen ja eristämisen puuttuminen työvaiheena. Elementtiin voi kuulua valmiiksi asennettuna nousuviemäri, vesi, sähkö ja ilmanvaihto.



Kuva 13. Elementti nostettuna paikalleen.

Elementin sisältämät putket kiinnitetään toisiinsa. Elementti kiinnitetään katto- ja seinälevyyn. Elementin korkeusasema säädetään vastaamaan ohjeita. WC-yksikön korkeus säädetään tämän jälkeen. Kun elementtien väliset liitokset ovat valmiit, ne palokatkotaan paloteipillä ja palosilikonilla. Putket ja WC-yksikkö lukitaan paikalleen muttereita kiristämällä.



Kuva 14. Elementin korkeusaseman säätämistä ja kiinnittämistä paikalleen.

Alla olevassa kuvassa on esitetty paikalleen asennettu ja kiinnitetty nousuelementti. Paikalleen asennetun elementin putkille tehdään tiiviyskoe.



Kuva 15. Elementti kiinnitettynä paikalleen.

Elementin pintavaihtoehdot olivat pintapellitys tai laatoitus. Kyseisessä kohteessa valittiin pinnaksi laatoitus. Laatoituksen taustalle asennettiin peitelevyt. Etupaneeli asennettiin siten, että etupaneelin irrottaminen on mahdollista.



Kuva 16. Elementin levyttäminen/pellitys ja kulmalistan asentaminen.

Alla oleva kuva on valmiista vessasta.



Kuva 17. Valmis vessa.

5.3.2. Paikalla rakennetun nousuhormin työvaiheet asuinkerrostalon korjauskoh- teessa

Edellisessä aluvuussa esitettiin asuinrakennuksen erillisvessan nousuhormin rakentaminen elementtinä. Seuraavaksi esitetään kuvina toisen linjasaneerauskohteen nousuhormin rakentaminen paikalla rakennettuna.

Nousuhormin tekemistä edeltäviä töitä ovat läpivientien timanttikoraukset ja tarvittaessa pintojen tasoitus. Nousuhormin tekeminen aloitetaan putkien kannakkeiden paikan mittaamisesta ja kannakkeiden asentamisesta. Yhdessä hormissa voi olla useita nousuputkia, joilla hoidetaan ilmanvaihto, viemärointi, sähköt ja vesi. Nousuelementissä putkia ei kannakoida erikseen, vaan itse elementti kiinnitetään seinään. Nousuelementissä nämä putket on sovitettu elementin sisälle tehtaalla.



Kuva 18. Paikalla rakennettaessa nousuputket kannakoidaan seinään esimerkiksi 1. kuvan mukaisilla kannakkeilla. 2. ja 3. kuvassa on menossa viemärinousun ja ilmanvaihtonousujen asentaminen.

Nousuputkien asentamisen jälkeen asennetaan viemäreiden vaakavedot ja lattiakaivot. Vaakavetojen jälkeen lattiakaivot valetaan paikalleen ja hormi valetaan umpeen. Elementtirakentamisessa

vaaka-asennukset voidaan tehdä elementteinä tai paikalla asentaen. Sekä paikalla rakentaessa, että elementteinä rakentaessa hormiin tehdään valu.



Kuva 19. Kuva on otettu alimmasta kerroksesta, jossa kellarin timanttireikiä ei ole vielä porattu. Tämän vuoksi viemärinousua ei ole vielä asennettu koko pituudelta.

Alakaton tilanpuute ja talotekniikan tilantarve voi muodostua haasteeksi. Jos alakaton vaakavedot tehdään elementteinä, on elementin vaatima tila tiedossa hyvissä ajoin. Paikalla rakentaessa ahtaan alakaton talotekniikan reitit tulee suunnitella tarkasti riittävien varmuuksien kera. Asennuksissa tulee pitää huoli, että muut talotekniikkareitit saadaan varmasti sovitettua alakattotilaan.



Kuva 20. Kylpyhuoneen alakattoon tuli runsaasti vaakavetoja. Kuvassa näkyy alakaton tilanpuute. Käytävän puolelta tulevat vesiputket eivät mahtuneet ilmanvaihdon ja viemärin kanssa kuvan alakattoon ilman ilmanvaihtokanavan ratkaisun muuttamista. Vaakaelementtinä asentaessa tila olisi mahdollisesti voitu käyttää tehokkaammin.

Hormivalun jälkeen nousuputket palokatkotetaan. Palokatkona käytetään ainetta tai materiaalia, joka muodostaa putkien ympärille palotilanteessa tiivistyvän kauluksen. Paikalla rakentaessa nousuputkien ympärille asennetaan usein kauluksena toimiva palomansetti. Elementtiousun tapauksessa valmistajan ohjeissa kehoitetaan käyttämään paloteippiä ja palosilikonia.



Kuva 21. Palokatkoina voidaan käyttää vasemmassa kuvassa näkyvää mansettia tai oikeassa kuvassa näkyvää vaahtoa.

Paikalla asennettavat putket eristetään asennuksen jälkeen. Vaakaeristysten tekeminen ahtaassa alakattotilassa voi olla haastavaa. Elementeissä putkien eristys on tehty etukäteen tehdasolosuhteissa.



Kuva 22. Paikalla rakentaessa nousuputket eristetään paikalla.

Horminousun ummistaminen aloitetaan rungon rakentamisella. Elementtirakentamisessa nousuelementti toimii ummistamisen runkona.



Kuva 23. Eristysten jälkeen asennetaan hormin runko. Elementtinousu toimii hormin runkona.

Rungon tekemisen jälkeen hormi ummistetaan levyttämällä ja tasoittamalla levytys. Myös elementtirakentamisessa elementtinousu levytetään erikseen. Elementtirakentamisessa pintamateriaali voi toimia myös levytyksenä, esimerkiksi peltipintaisessa nousuelementissä.



Kuva 24. Hormin rungon jälkeen hormi levytetään umpeen.

Paikalla rakentaessa märkätila vedeneristetään hormin levyttämisen jälkeen. Elementtiousun asennusohjeissa neuvotaan tekemään vedeneristys ennen elementin asentamista, koska elementti on vesitiivis. Tällöin elementtiousun osia voidaan huoltaa avaamalla elementin etukansi rikkomatta vedeneristettä.



Kuva 25. Kylpyhuoneen lattia ja seinät vedeneristetään paikalla rakennetun hormin seinät mukaan lukien.

Seuraavaksi on vertailtu elementtinousun ja paikalla rakennettavan nousun työsuoritteita. Selkeät edut on kirjattu vihreällä ja haitat punaisella tekstillä. Elementtinousun selkeimmät edut ovat nousuputkien asentamisen ja eristämisen tapahtuminen tehdasolosuhteissa. Valmistajan asennusohjeiden mukaan elementin osia voidaan vaihtaa vedeneristettä rikkomatta, mikä on myös selkeä etu. Elementin asentaminen ahtaaseen tilaan saattaa olla yksittäisten osien paikalla sovittamista helpompi hallita.

Taulukko 4. Elementtinousun ja paikalla asennetun nousun vertailu.

	Elementtinousu	Paikalla asennettu nousu
Timanttiporaus	Porausmalli (sapluuna) kasetin mukana	Mittaamalla käsin
Vaatii tasaisen seinän ja lattian?	Kyllä	Kyllä (ainakin hormin levytys ja runko)
Hormin valumuotti	(Lattiaan ja kattoon elementin metallinen kiinnityslevy)	Kyllä
Hormin valu	Pieni valu metallilevyjen väliin	Kyllä
Kiinnitys	Ruuveilla taustalevyyn	Putket kannakkeilla, runko ruuveilla
Nousuputkien asennus	Etukäteen	Paikalla
Vaakaputkien asennus (poislukien WC-istuin)	Paikalla	Paikalla
Eristys	Etukäteen	Paikalla
Palokatkot	Pieni hormivalu, paloteippi ja palosilikoni	Hormivalu + mansetit
Vedeneristys	Paikalla (elementin ulkopuolelta)	Paikalla
Painekoe	Paikalla	Paikalla
Kotelointi	Paikalla levytys valmiiseen runkoon	Paikalla levytys paikalla rakennettuun runkoon
Laatoitus	Paikalla	Paikalla
Korjattavuus	Vedeneristettä rikkomatta. Laatoitus irtoaa etupaneelin mukana.	Laatoitus ja vedeneriste rikkomalla

5.4. Pääurakoitsijan kokemuksia esivalmisteiden käytöstä korjauskohteissa

Esivalmisteiden käyttöön liittyen haastateltiin korjausrakentamista tekevien pääurakoitsijoiden edustajia. Esivalmisteita käyttöä koskevan päätöksen tavoitteena on saada taloudellista tai ajallista hyötyä. Ulkopuolinen suunnittelija on hakenut yleensä huoltovarmuutta ja säästöä talotekniikassa. Valinnan esivalmisteiden käytöstä on tehnyt joko oma suunnittelutiimi (kokonaisvastuu-urakoissa) tai ulkopuolinen suunnittelija. Haastateltavien mukaan eri valmistajien tuotteiden hinnoissa on suuria eroja ja tuotteiden hinnalla on merkitystä tuotteen valinnassa. Haastateltavilla ei ole kuitenkaan esivalmisteiden käytöstä vielä niin suurta kokemusta, että he osaisivat yleistää eri valmistajien tuotteiden positiivisia ja negatiivisia ominaisuuksia.

Esivalmisteita ei pääurakoitsijan mukaan mielellään käytetä vanhojen kohteiden korjausrakentamisessa, koska vanhat kohteet sisältävät yleensä enemmän ennakoimattomia tilanteita. Korjauskohteissa, joissa esivalmisteita on käytetty, ei ole tähän mennessä pystytty osoittamaan selkeää hyötyä esivalmisteiden käytöstä. Sen sijaan uudemmissa kohteissa, 1980- tai 1990-luvuilla rakennutetut rakennukset, esivalmisteiden avulla on mahdollista saada aikasäästöä. Lisäksi uudisrakentamisessa esivalmisteista voi olla selkeämmin hyötyä tällä hetkellä. Haastateltavat kokevat aikataulujen ennakoitavuuden tärkeäksi ja toivovat, että esivalmisteista saada tähän apua. Toistaiseksi esivalmisteiden käytöstä ei kuitenkaan ole koettu saatavan selkeää apua aikataulujen ennakoitavuuden lisäämisessä.

Suurimmat ongelmat esivalmisteiden käytössä liittyvät epäselviin asennusohjeisiin ja esivalmisteiden asennettavuuteen. Lisäksi eri kuntien rakennusvalvontojen näkökulmasta esivalmisteet eivät ole niin ”standardin mukaisia”, että niitä voitaisiin yhdenmukaisesti käyttää paikkakunnasta riippumatta. Keskeinen syy siihen, että esivalmisteiden käytöstä ei ole saatu aikasäästöä, on se, ettei niiden asennettavuus erityisesti vanhoissa kohteissa suju helposti. Asennuksen voi tilata joko esivalmisteen valmistajalta tai tehdä se pääurakoitsijan omilla työntekijöille opastuksen jälkeen. Lisäksi haastateltavien mukaan valtaosa valmistajan asentamista linjoista ei mene kerralla oikein. Tämän vuoksi pääurakoitsija käyttää mieluummin omia työntekijöitä, koska tällöin työryhmän tiedetään tekevän laadukasta työtä eikä asentajat eivät vaihdu kesken työn. Virheellisten elementtilinjojen korjaaminen on kokemusten perusteella ”tavallista korjaamista”, eli selkeää etua ei ole havaittu.

Haastateltavien mukaan tärkeintä olisi, että esivalmisteet ja niihin liittyvät ohjeet ovat standardin mukaisia, koska niiden pitäisi täyttää kaikkien kuntien rakennusmääräykset. Esimerkiksi eräs valmistaja ohjeisti, ettei elementin takaosaa tarvitse vedeneristää mutta paikallinen rakennusvalvonta kuitenkin vaati vedeneristykseen. Sama epä johdonmukaisuus toistuu esimerkiksi tiivisteiden ja muiden osien kohdalla. Tulkintatapoja on monia ja näin ei saisi olla. Asennuksen helppouteen tulee kiinnittää huomiota, esimerkiksi liitokset ovat hankalasti tehtävissä. Esivalmistajien asentajat pitäisi olla käytettävissä silloin, kun on asennuksen aika. Samat asentajat haluttaisiin mielellään pitää koko

kohteen läpi, koska esivalmistajien asentajatkin joutuvat alussa tutustumaan työmaakäytäntöihin ja muihin työntekijöihin

6. Yhteenveto

Suomen rakennuskannasta merkittävä osa on rakennettu 1960- ja -70-luvuilla, ja nämä ovat teknisesti vanhenemassa ja niiden korjaustarve on huomattavasti lisääntymässä, erityisesti talotekniikan ja julkisivujen osalta. Korjausrakentaminen on tuotantotalvaltaan perinteisesti ollut hyvin käsityövoittoinen ala, jolloin rakentaminen on hidasta ja sen tuottavuus on heikkoa.

Eräs korjausrakentamisen merkittävistä haasteista onkin kehittää korjausrakentamistapoja, jotka nopeuttavat korjaustöitä ja vähentävät korjauksesta aiheutuvia asumishaittoja. Yksi lähestymistapa onkin hyödyntää teollisia korjausrakentamistapoja ja esivalmisteita, jolloin korjausprosessista on mahdollista saada nopeampi sekä vähemmän häiriöitä aiheuttava.

Esivalmistettujen rakennusosien etuina ovat hallitut valmistusolosuhteet sekä tuotannon laadun tasaisuus. Suurin vaikuttava tekijä tasalaatuiseen tuotantoon ja lopputuotteeseen on valmistus sisätiloissa. Sisätiloissa tapahtuvat vaativat työvaiheet ja laitteiden testaukset tehdään vakio-olosuhteissa säältä suojassa. Olosuhteiden hallinnan ansiosta myös materiaalit pysyvät paremmin suojattuina, jolloin materiaalihukka vähenee. Otolliset olosuhteet luovat edellytykset kustannuksiltaan edullisempaan ja laadukkaampaan lopputuotteeseen. Tasalaatuiseen tuotantoon ja lopputuotteeseen vaikuttaa myös sarjavalmistus. Sen etuna on, että työntekijät voidaan kouluttaa varta vasten tuotteen tekemiseen, jolloin laatuvaihtelut pienenevät. Sarjavalmistuksen etuja ovat myös työvaiheiden parempi yhteensovittaminen, nopeampi tuotanto ja materiaalisäästöt. Esivalmisteiden käyttö vähentää myös työmaan työturvallisuusriskejä. Riskialttiimmalle työmaalle jää näin vain asennusvaihe.

Esivalmisteiden käytön myötä suunnittelun lähtötietojen merkitys korostuu. Suunnitelmien on oltava aikaisemmin valmiita, ja mahdolliset muutokset aiheuttavat suurempia ongelmia työmaalla kuin perinteisessä rakennustavassa. Suunnittelu vaikuttaa myös entistä enemmän hankintaan, sillä esivalmisteiden saanti työmaalle kestää kauemmin kuin pelkkien materiaalien saaminen. Tämän takia hankintaorganisaatio tarvitsee valmiita suunnitelmia aikaisemmin, jotta esivalmisteet voidaan tilata ajoissa ja saada työmaalle oikeaan aikaan. Myös logistiikka on suuremmassa roolissa hankinnoissa, jolloin hankinnan riskit kasvavat koordinoinnin tarpeen ja työn määrän lisääntyessä.

Siirtyminen esivalmisteita hyödyntävään korjausrakentamiseen ei ole ongelmatonta. Teollista korjausrakentamista hidastavat muun muassa tekniset ja taloudelliset tekijät, rakennushankkeen organisointi sekä asenteet. Tekniset kehitystä hidastavat tekijät ovat asennuksen ja mittatarkkuuden tuomat haasteet. Taloudellisia tekijöitä ovat lyhyiden sarjojen ja pienten volyyymien heikentämä kannattavuus sekä kuljetus- ja varastointikustannuksen lisääntyminen. Hankkeen organisaation tuomat haasteet liittyvät suunnittelualojen ja hankintojen organisoinnin vaikeutumiseen. Asenteella tarkoitetaan sitä, että rakentamisessa vanhoista ja hyväiksi havaituista menetelmistä halutaan pitää kiinni.

Esivalmisteita voidaan hyödyntää myös tahtituotannossa. Toistuvan tahtituotannon kohdealueeksi voidaan määritellä teollisesti valmistettavia tuotteita sisältävä rakennuksen osa, kuten kylpyhuone nousuhormeineen. Erityisesti talotekniikkaa sisältävät esivalmisteet voivat sujuvoittaa tahtituotantoa, koska työnjohto kokee usein taloteknisten töiden hallinnan olevan erityisen haasteellista muun muassa erilaisten taloteknisten asennuksien kompleksisuuden ja talotekniikka-asentajien kiireellisyden vuoksi. Tahtituotannossa korjaustyön alla olevien työkohteiden lukumäärä kannattaa pitää vakiona, koska sillä helpotetaan tasaisen resurssikuormituksen saavuttamisesta.

Tahtituotannon materiaalitoimitukset suunnitellaan ja ohjataan niin, että materiaalia ei jouduta varastoimaan työmaalla vaan se toimitetaan suoraan käyttöpaikalle. Työkohteiden lyhyt läpäisy aika ja materiaalien minimivarasto pakottavat tasatuotantoon, jossa kaikkien työvaiheiden tuotantopeus on sama ja kokonaistuotantopeuden mukainen. Mutta ilman "täsmätuotantoa" ei voi olla myöskään "täsmätoimituksia".

Lähdeluettelo

- Ampuja, S., 2000, Projektinjohtourakkana toteutettavan moduulirakentamisen erityispiirteet ja riskienhallinta Venäjällä. Diplomityö, TKK. Espoo.
- Hieta, J., 1985, Moduulitekniikka rakentamisessa. VTT. Espoo.
- Imetieg, A., A., Lutovac, M. (2015) Project Scheduling Method with Time Using MRP System - A case study: Construction project in Libya. The European Journal of Applied Economics. Vol 12(1), s. 58-66.
- Kruus, M., Kiiras, J. , Raveala J., Saari A. & Salmikivi T., 2006, SUKE: malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Rakennustieto Oy
- Lahdenperä, P. & Koppinen., T, Kannustavat maksuperusteet rakennushankkeessa. 1, Kansainvälinen kartoitus, 2003. VTT
- Laitinen, E., 1995, Teollinen puurakentaminen. Rakennustieto. Helsinki.
- Langlois, Richard N., 2002, Modularity in technology and organization, Journal of Economic Behavior & Organization, Volume 49, Issue 1, September 2002, pp. 19-37
- Lindstedt T., & Junnonen J-M, 2009, Energiatohokkaat ja teolliset korjausrakentamiskäytännöt Suomessa ja kansainvälisesti. Sitran selvityksiä 11
- Lindstedt T. & Junnonen J-M: Teolliset ratkaisut korjausrakentamisessa. RIL 258-2011. 2011.
- Luoma, K., 1997, Teollinen moduulirakentamisjärjestelmä. Diplomityö, TTKK.
- Paiho, Satu & Heimonen, Ismo & Kouhia, Ilpo & Nykänen, Esa & Nykänen, Veijo & Riihimäki, Markku & Vainio Terttu. 2009. Putkiremonttien uudet hankintaja palvelumallit. VTT tiedotteita 2483.
- Pekkanen, J. Rakentamis-, suunnittelu- ja rakennuttamispalvelujen hankinta. 1998. TKK Rakennetekniikan laitos. Rakentamistalous 163.
- Peltokorpi A., Lavikka R., Kokko L. & Seppänen O., 2018. Talotekniikan esivalmistus: esteet, mahdollistajat ja prosessi. Visio 2030 Teollinen rakentaminen -osahankkeen loppuraportti 9/2017-8/2018. Aalto-yliopisto
- Peltokorpi A., Lavikka R. & Chauhan K. 2019. Esivalmistuksen vaikutusten arviointi. Building 2030 Esivalmistuksen pilotointi -osahankkeen loppuraportti 9/2018-8/2019. Aalto-yliopisto
- Pernu P. & Lohikoski R., 1999, Teknisten ratkaisujen urakkakilpailu – Koekohteena Biokeskus 3. TKK Rakentamistalouden laboratorio, TKK-RTA-R178
- Rushton, A., Croucher, P. & Baker, P., 2006. The handbook of logistics and distribution management. Kogan Page Limited.

RAKLI. 1986. Korjausrakentamisen urakointi. Suomen rakennuttajaliiton asettaman työryhmän loppuraportti.

Uponor, 2017. Reno Port asennusohje Viitattu 12.1.2020. Saatavissa: https://www.uponor.fi/-/media/country-specific/finland/download-centre/r2i-elements/reno-port-asennusohje-12_2017.pdf

RIL 239, 2008, Talotekniikan reititysohje, modulaarinen installaatiotekniikka. Helsinki.

Rinne S., 1989, Negaatiovalintamalli ja sen vaikutus investointihyödykkeen tuotekehitystyöhön. Tampereen teknillinen korkeakoulu, julkaisuja 59

RT 10-10557 Valmisosarakentamisen tiedonhallinta, betonielementtirakentaminen, 1994

Shilling, M., 2000, Toward a General Modular Systems Theory and Its Application to Interfirm Product Modularity, *The Academy of Management Review*, Vol. 25, No. 2 (Apr., 2000), pp. 312-334

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E., 2003, *Managing the supply chain: the definitive guide for the business professional*

Tekes, 1992, Asiakaslähtöinen teollinen rakentaminen

Toikkanen, S & Kiiras J., 1994, Toistuvan korjaustyön suunnittelu ja ohjaus. Rakennusteollisuuden keskusliitto, Kehitys ja tuottavuus nro. 20

Wegelius-Lehtonen, T. Pahkala, S. Nyman, H. Vuolio, H. Tanskanen, K., 1996, *Opas rakentamisen logistiikkaan*. Rakennusteollisuus, TAI tutkimuslaitos, Tekes. Helsinki.