



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Tuomas Kekki

# Uudiskerrostaloprojektin kriittinen polku

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

13.11.2019

Tekijä Otsikko	Tuomas Kekki Uudiskerrostaloprojektin kriittinen polku
Sivumäärä Aika	47 sivua + 1 liite 13.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tuotantotalous
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Projektipäällikkö Jouni Ahola Yliopettaja Antero Putkiranta
<p>Tämä insinöörityö tehtiin T2H Rakennus Oy:lle. Työn taustalla oli kohdeyrityksen halu opettaa nuoret työnjohtajat rakentamaan yrityksen tapojen mukaisesti.</p> <p>Työn päämääränä oli perehtyä rakennusprojektin kriittisiin työvaiheisiin ja löytää parhaat käytännöt niiden toteuttamiseen. Työn tarkoituksena oli myös löytää kehitysideoita työmaatoimintojen parantamiseksi. Työn tavoitteena oli luoda ohje tai työkalu, johon on kerätty tutkimuksessa havaitut parhaat käytännöt ja kehitysideat kriittisistä työvaiheista.</p> <p>Työ rajattiin koskemaan vain rakennusprojektin rakentamisvaiheen toteutusta ja työmaalla tapahtuvaa toimintaa. Määriteltyjen tavoitteiden pohjalta teoreettiseen viitekehykseen valikoitui projektin hallintaan ja Lean-filosofiaan liittyvää kirjallisuutta.</p> <p>Työ toteutettiin havainnoimalla ja haastattelemalla. Se pohjautuu vahvasti haastateltavien ja haastattelijan kokemuksiin rakennusprojektien vaiheista ja niiden läpiviennistä. Tutkimus oli yksittäinen tapaustutkimus, jonka aineistokeruussa käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin työkalu, johon on kerätty rakennusprojektin kriittisten työvaiheiden parhaat käytännöt ja kehitysideat sekä mahdolliset kompastuskivet. Lisäksi työkaluun on kerätty kehitysideoita projektin hallinnan ja toteutuksen parantamiseksi.</p>	
Avainsanat	rakentaminen, projektin johto, projektin hallinta, ohjausprosessi, toteutusprosessi, lean, last planner

Author Title	Tuomas Kekki Critical Path of New Residential Building Project
Number of Pages Date	47 pages + 1 appendix 13 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial management
Professional Major	
Instructors	Jouni Ahola, Project Manager Antero Putkiranta, Principal Lecturer
<p>This thesis was carried out for T2H Rakennus. The background to the thesis was the company's wish to share their specific approach to building to the young supervisors within the company. The goal of the thesis was to create a guide or a tool that contains best practices and development ideas for the critical stages of a construction project.</p> <p>The study was carried out through observation and interviews. It is strongly based on the interviewees' and the interviewer's experience of the construction project stages and their implementation. The research was a single case study using qualitative methods for data collection.</p> <p>The scope of the thesis was limited to the actual building process and operational procedures on the construction site. To find solutions through best practice, the theoretical framework was based mainly on project management and Lean philosophy publications.</p> <p>The outcome of the thesis is a guide, which contains best practices and development ideas for the critical stages of the building project and identifies the possible stumbling blocks. In addition, the guide created also provides development ideas to improve project management and project implementation in general.</p>	
Keywords	construction, project leadership, project management, supervision process, implementation process, lean, last planner

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	T2H Rakennus Oy	1
1.2	Työn rakenne ja rajaus	2
1.3	Tutkimus	3
2	Projektinhallinta	3
2.1	Projektin organisointi ja käynnistys	5
2.1.1	Projektiorganisaatio	5
2.1.2	Projektin käynnistäminen	7
2.2	Projektin suunnittelu ja ohjaus	9
2.2.1	Projektisuunnitelma	9
2.2.2	Projektin vaiheistus ja ositus	10
2.2.3	Osituksen menetelmät	12
2.2.4	Projektin aikaohjaus	14
2.2.5	Projektin resurssiohjaus	18
2.2.6	Projektin kustannusohjaus	19
2.3	Riskien hallinta	22
2.3.1	Riskien tunnistaminen	23
2.3.2	Riskien luokittelu	23
2.3.3	Riskien torjunta	24
2.4	Projektin päättäminen	25
3	Lean	26
3.1	Virtaus	29
3.2	Tuotannon tasoitus	30
3.3	Työn vakiinnuttaminen	30
3.4	Laatu ja jatkuva parantaminen	31
4	Tulokset	32
5	Yhteenveto	45



## Lyhenteet

WBS	Work Breakdown Structure. Projektinositus, jonka avulla projekti pilkotaan pienemmiksi tehtäväkokonaisuuksiksi.
Mutu	Musta tuntuu.
Metu	Meistä tuntuu.
Rahi	Ravistetaan hihasta.
TPS	Toyota Production System. Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä, joka on toiminut pohjana Lean-ajattelumallin syntymiselle.

## 1 Johdanto

Talouden kasvun myötä rakennusalan nousukausi on saanut lisää aikaa ja rakentamisen on ennakoitu kasvavan vuonna 2018 kolme prosenttia. Tämä tarkoittaa, että rakentamisen kokonaistuotanto kasvaa jo neljättä perättäistä vuotta. (Rakennusteollisuus RT ry 2018.) Pitkään jatkunut nousukausi on kuitenkin johtanut siihen, että rakennusala kärsii työvoimapulasta, ja erityisesti työnjohtajista on suuri tarve (Duunitori Oy 2018). Rakennusala poikkeaa myös ikärakenteeltaan muista toimialoista, ja alan työntekijät ovatkin keskimäärin nuorempia kuin muilla toimialoilla (Kaskiaro 2018).

T2H Rakennus Oy ei poikkea muista alan toimijoista, vaan vahvan kasvun myötä nuorta ja osaavaa työvoimaa rekrytoidaan jatkuvasti. Yritys haluaa löytää rakennusalalle uusia osaajia ja opettaa heidät rakentamaan T2H:n tapojen mukaisesti. Tämän insinööriyön tavoitteena on luoda T2H Rakennukselle ohje tai työkalu, johon on kerätty sekä haastatteleamalla että havainnoimalla rakennusprojektin kriittisimmät työvaiheet ja parhaat käytännöt niiden toteuttamiseen sekä jakaa T2H:n tapaa rakentaa yrityksen sisällä. Työn päämääränä on myös etsiä keinoja parantaa työmaan jokapäiväistä toimintaa.

### 1.1 T2H Rakennus Oy

Tämä Insinööriyö on tehty T2H Rakennus Oy:lle, joka kuuluu T2H -konserniin yhdessä emoyhtiö T2H Group Oy:n ja T2H Pirkanmaa Oy:n kanssa. T2H on Vantaalla vuonna 2010 perustettu keskisuuri rakennusalan toimija, jonka liikevaihto vuonna 2018 oli noin 110 milj. € (Ahola 2018). Vahvan kasvun myötä asuntoja on rakenteilla pääkaupunkiseudulla ja Pirkanmaalla yhteensä noin 1400 kappaletta.

T2H on perustajaurakoitsija, jonka rakentamisen pääpaino on rivi- ja kerrostaloasunnoissa. Perustajaurakoitsijana T2H hankkii tontin sekä suunnittelee, rakentaa ja markkinoi kohteensa itsenäisesti (T2H yrityksenä 2018). Toiminta toteutetaan projektijohtoisena, jolloin T2H:lla on vastuu projektin johdosta, mutta itse rakentaminen on ulkoistettu aliurakoitsijoille. Myös suunnittelu ja osa asuntojen myynnistä on ulkoistettu. Näin ollen T2H:n vastuualueita ovat

- suunnittelun ohjaus
- projektin johto
- hankinta
- markkinointi ja myynti
- työmaanjohto ja valvonta
- hallinnolliset tehtävät.

T2H:n ajatus rakentamisesta poikkeaa perinteisestä rakennusalasta, koska se keskittyy nimenomaan koteihin, joihin niin asukkaat kuin heidän vieraansakin ihastuvat (T2H yrityksenä 2018). Tuote eli Ihana Koti on pitkälti vakioitu, ja sen ominaisia piirteitä ovat korkea huonekorkeus, isot ikkunat, lattialämmitys ja parkettilattia, käytännöllisyys sekä tilava olohuone-keittiöyhdistelmä.

## 1.2 Työn rakenne ja rajaus

Insinööriytyö on jaettu kahteen osaan, jossa ensimmäisessä käsitellään aiheeseen liittyvät teoreettiset lähtökohdat ja jälkimmäisessä paneudutaan tehtyyn tutkimukseen. Teoreettinen aineisto on rajattu koskemaan projektinhallinnan menetelmiä sekä Lean-filosofiaa. Projektinhallinta on luonnollinen valinta teoreettiseen viitekehykseen, koska rakentaminen toteutetaan projekteina ja T2H vastaa projektin johdosta. Lean-filosofian avulla voidaan puolestaan parantaa muun muassa laatua ja virtausta pitkälle vakioidussa asuntotuotannossa. Jälkimmäisessä osiossa käsitellään työn tulokset sekä niiden hyödynnettävyys ja luotettavuus.

Insinööriytyö on rajattu koskemaan vain rakennusprojektin rakentamisvaiheen toteutusta ja työmaalla tapahtuvaa toimintaa, koska T2H:lle on aikaisemmin tehty insinööri- ja diplomitöitä suunnittelu- ja hankintavaiheeseen sekä projektin loppuvaiheisiin liittyen. Vuonna 2015 Niko Syri on tehnyt kohdeyritykselle diplomityön toteutussuunnitteluvaiheen ohjaukseen ja johtamiseen liittyen, jossa kehitettiin toimintamalli onnistuneelle hankinnalle limitetyssä hankintaprosessissa. Vuonna 2018 Juho Kärkkäinen on tehnyt yritykselle insinööriytyön aliorakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien valintaan liittyvien riskien hallinnasta ja vuonna 2017 Salim Fennane on tehnyt insinööriytyön rakentamisen loppuvaiheen työvaiheiden vakioinnista. T2H:lle on tehty myös muita insinööritöitä yksittäisiin osaprojekteihin liittyen.



### 1.3 Tutkimus

Tutkimus toteutetaan havainnoimalla ja haastattelemalla. Tutkimus on siis empiirinen, joka pohjautuu vahvasti haastateltavien ja haastattelijan kokemuksiin rakennusprojektin vaiheista ja niiden läpiviennistä. Tutkimukseen valittiin kohdeyrityksen henkilöstöstä eri asemissa olevia henkilöitä, joilla on kokemusta useista rakennusprojekteista. Tutkimuksen tekijän työskennellessä kohdeyrityksessä täysipäiväisesti, osa aineistosta on hankittu myös epävirallisista keskusteluista ja palaverista.

Tutkimus toteutettiin yksittäisenä tapaustutkimuksena, jonka aineistokeruussa käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä. Lähestymistapa on teorialähtöinen analyysi, jossa tutkittava ilmiö määritellään jonkin entuudestaan tunnetun mukaisesti. (Tuomi & Sarajärvi 2009: 97.)

## 2 Projektinhallinta

Koska projektit kuluttavat rahaa, mutta niiden tuotot saadaan välillisesti vasta projektin päätyttyä, ovat ne organisaatiolle aina tietty riski. Mikäli rakennusprojekti ei pysy hallinnassa, tulee organisaation investoinnista kannattamaton. Vastaavasti saatujen tuottojen tulee olla suuremmat kuin projektin kustannuksien. Tuote on kuitenkin hinnoiteltu arvioimalla valmistukseen vaadittavat tuotantotekijät ja lisäämällä siihen organisaation tuottomarginaali. Tämän johdosta budjettia ja aikatauluja on valvottava tarkasti, koska niiden pettäessä organisaatio syö omaa tuottomarginaaliaan ja projektista tulee ennen pitkää tappiollinen. (Ruuska 2007: 29.)

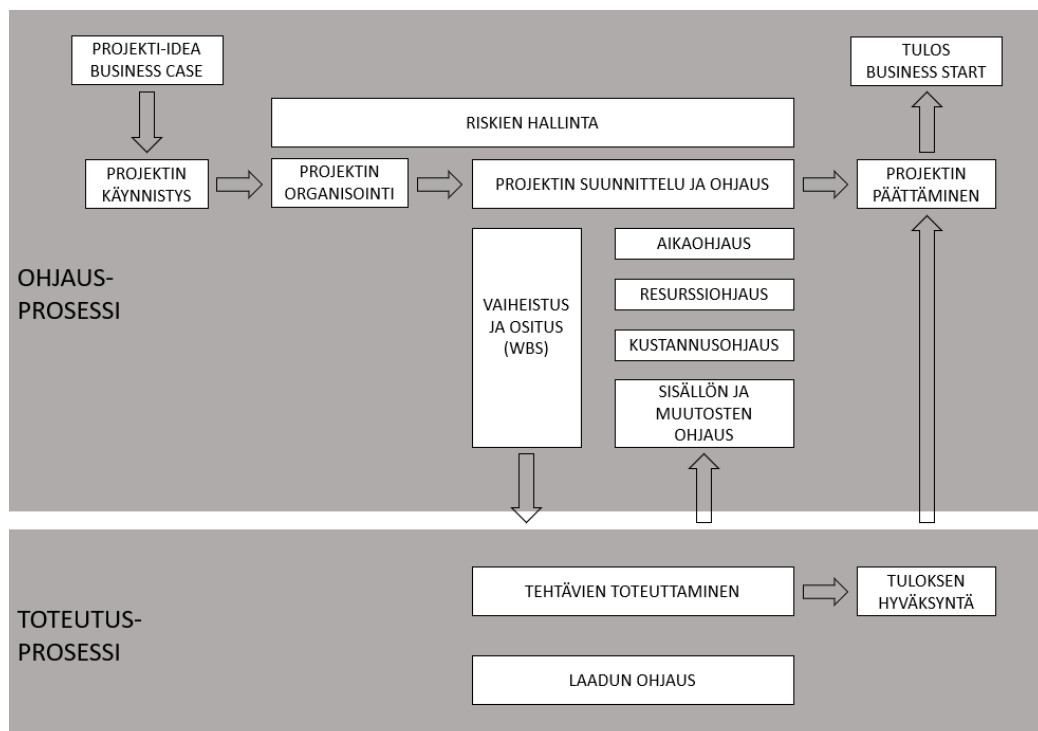
Työprosessin ominaispiirteet ja epävarmuus asettavat projektin hallinnalle erityisvaatimuksia, jotka eroavat normaalin linjaorganisaation työskentelytavoista. Siinä missä linjaorganisaation toiminta tavoittelee vakaata kehitystä ja ennustettavuutta, niin projektissa odottamattomat tilanteet ja muutokset ovat normaali tila. Tästä huolimatta alkupe-  
räinen tavoite ei merkittävästi muutu projektin edetessä. Kai Ruuskan (2007: 30-31) mukaan projektin hallinta on

- suunnittelua
- päätöksentekoa

- toimeenpanoa
- ohjausta
- koordinointia
- valvontaa
- suunnan näyttämistä
- ihmisten johtamista.

Projektin onnistumisedellytyksiä tarkasteltaessa suurin yksittäinen tekijä onkin juuri ihmisten johtaminen.

Kuten projektityö, myös projektin hallinta koostuu ohjauksesta ja toteutuksesta eli se voidaan jakaa ohjaus- ja toteutusprosessiin. Toteutusprosessilla tarkoitetaan toimintaa, jolla pyritään suoraan projektin lopputuloksen aikaansaamiseen. Jotta lopputulos vastaisi asetettuja tavoitteita, on toteutustyötä ohjattava. Ohjausprosessin avulla lopputulos pyritään saavuttamaan mahdollisimman tehokkaasti niin, että laatu täyttää sille annetut tavoitteet. (Ruuska 2007: 30-31.) Kuvassa 1 on esitetty tarkemmin ohjaus- ja toteutusprosessien sisältöä.



Kuva 1. Ohjaus- ja toteutusprosessi (Pelin 2011: 82).

Ruuskan (2007: 30-31) mukaan ohjaus- ja toteutusprosessin ymmärtäminen on tärkeää, koska se muodostaa lähtökohdan projektityypistä riippumattomien projektin hallinnan menetelmien käytölle:

- toteutusprosessi + ohjausprosessi = projektin hallinta
- projektin hallinta = oikeita asioita oikealla tavalla.

Projektin hallinta ja johtaminen voidaan jakaa myös koviin ja pehmeisiin tekniikoihin käytettävien työskentelytekniikoiden perusteella taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Management- ja leadership-tekniikat (Ruuska 2007: 32).

Management	Leadership
Kova (hard techniques)	Pehmeä (soft techniques)
Kvantitatiiviset kriteerit	Kvalitatiiviset kriteerit
Objektiiviset kriteerit	Subjektiiiviset kriteerit
Opittavissa	Liittyvät persoonaan

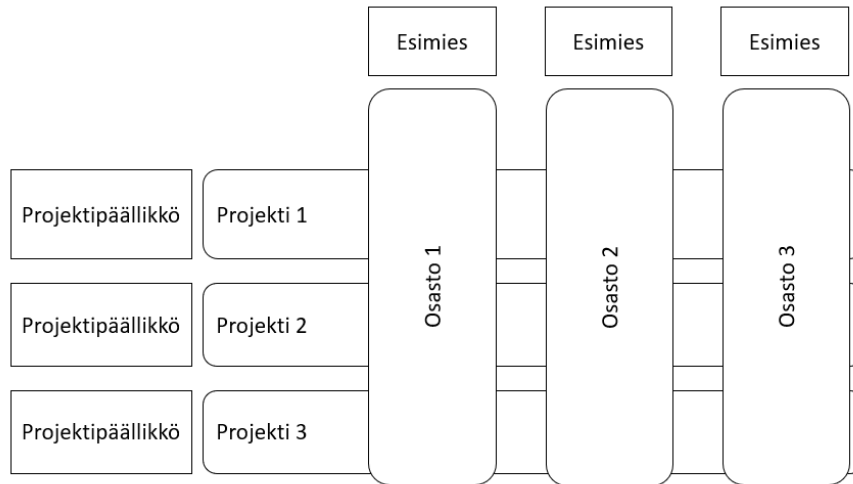
Koviin tekniikoihin (management) kuuluvat opeteltavissa olevat tekniikat, kuten kustannusarvioiden ja aikataulujen laadinta sekä laadunvarmistus. Pehmeät tekniikat (leadership) koostuvat puolestaan ihmisten persoonallisuuksiin liittyvistä tekijöistä, kuten vuorovaikutuksesta ja viestinnästä sekä ihmisten johtamisesta. (Ruuska 2007: 32.)

## 2.1 Projektin organisointi ja käynnistys

### 2.1.1 Projektioorganisaatio

Projektioorganisaatio on projektin toteuttamiseksi muodostettu ryhmä henkilöitä, jotka työskentelevät projektissa määräajan ja siirtyvät projektin päättämisen jälkeen seuraavaan projektiin tai takaisin osaksi linjaorganisaatiota. Projektioorganisaatioon varataan tarvittava määrä osaamista tarvittavan ajan, joten resurssien määrä vaihtelee projektin edetessä. Alkuvaiheessa projektin toteuttamiseen vaaditaan muutama avainhenkilö, mutta resurssien tarve kasvaa projektin edetessä suunnitteluvaiheeseen ollen huipussaan toteutusvaiheessa. (Pelín 2011: 63-65.)

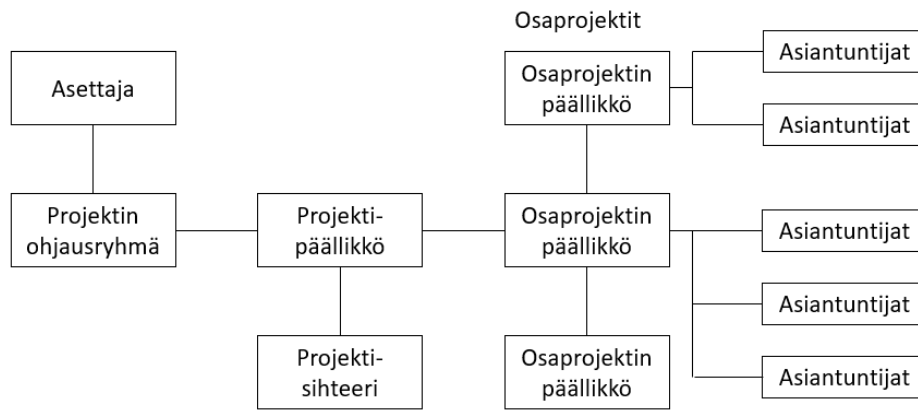
Projektien koko ja luonne määrittelevät vaaditun projektiorganisaation, joten projekti- ja linjaorganisaatioiden erilaiset yhdistelmät eli matriisiorganisaatiot ovat yleisiä. (Pelin 2011: 63-65.)



Kuva 2. Matriisiorganisaatio (Kettunen 2009: 150).

Matriisiorganisaatiossa projektipäällikkö voi olla pääasiallinen resurssi, joka suunnittelee yhteistyön ja varmistaa linjaorganisaatioon kuuluvien henkilöiden ajankäytön projektille (Pelin 2011: 63-65). Matriisiorganisaatiossa henkilöt työskentelevät linjaorganisaationsa mukaisilla osastoillaan ja raportoivat projektin etenemisestä omalle esimiehelleen sekä projektipäällikölle (Karlsson & Marttala 2001: 58).

Suuremmissa hankkeissa on kannattavampaa puhtaan projektiorganisaation muodostaminen (Pelin 2011: 63-65).



Kuva 3. Projektioorganisaatio (Pelin 2011: 66).

Puhtaassa projektioorganisaatiossa sen kaikki jäsenet työskentelevät projektille kokopäiväisesti ja ovat sijoitettuna yhteen paikkaan. Projektioorganisaation jäsenet raportoivat projektin etenemisestä suoraan projektipäällikölle (Karlsson & Marttala 2001: 57). Näin ollen projektipäällikön vastuulla on resurssien saatavuuden varmistaminen, ja mahdollisten lisäresurssien hankinta projektioorganisaation muodostamiseksi (Pelin 2011: 63-65).

Puhtaan projektioorganisaation yleinen ongelma on kaikkien projektiin kuuluvien kokoaikainen työllistäminen projektin kaikissa vaiheissa (Karlsson & Marttala 2001: 57). Jotakuta saatetaan tarvita vain osan aikaa, joten kaikkia resursseja ei ole välttämätöntä hankkia osaksi yrityksen sisäistä projektioorganisaatiota. Resurssien puuttuminen voidaan ratkaista ulkopuolisia konsulttiyrityksiä käyttämällä esimerkiksi suunnitteluvaiheessa. (Pelin 2011: 63-65.)

### 2.1.2 Projektin käynnistäminen

Englanninkielinen termi projektin käynnistämiseksi on Kick-off, joka kuvaa hyvin projektin käynnistämisen luonnetta. Projekti tulee potkaista liikkeelle, jolloin aikaa ei hukata alussa, koska lopussa tulee kuitenkin kiire. Ennen varsinaista päätöstä projektin aloittamisesta voidaan projektia esityöstää, ja pienellä työpanoksella saadaan valmisteltua organisaation miehitystä, projektin aikataulutusta, riskien analysointia, alihankintasopimuksia ja niin edelleen. (Pelin 2011: 74-75.)

Projektin käynnistäminen luo pohjan projektiryhmän työskentelylle. Projektin käynnistämistoimenpiteitä ovat tavoitteiden ja tehtävien määrittely, yhteistyöilmapiirin luominen, projektisuunnitelman laatimisen käynnistäminen ja projektinhallintamenetelmien suunnittelu. Pelinin (2011: 74-75) mukaan seuraavat seikat saattavat aiheuttaa ongelmia projektin alkuvaiheessa:

- Projektiryhmän henkilöillä ei ole kokemusta projektityöskentelystä.
- He eivät tunne toisiaan entuudestaan.
- He eivät tunne projektisuunnittelun menetelmiä.
- Motivaatiot ja tavoitteet ovat poikkeavat.
- Projektipäällikön aika kuluu henkilöiden opastamiseen ja aloitus venyy.

Hyväksi työkaluksi projektin käynnistämässä on osoittautunut niin sanottu käynnistysseminaari, johon osallistuvat sekä projekti- ja johtoryhmä että projektin kiinteät sidosryhmät ja tukihenkilöt. Käynnistysseminaarin vetäjä on projektipäällikkö ja seminaarin tehtävänä on

- perehdyttää projektin sisältöön ja tavoitteisiin
- määrittää tehtävät ja saada osapuolet sitoutumaan annettuihin tehtäviin
- tutustuttaa projektiryhmän jäsenet toisiinsa
- selvittää säännöt ja työskentelytavat
- antaa tarvittavat tiedot projektin suunnitteluun ja ohjaukseen
- käynnistää projektiryhmän työ.

Käynnistysseminaarin tarkoitus on vauhdittaa projektin aloitusta ja luoda yhteishenki projektiryhmään. Projektin onnistumisen kannalta tärkeitä seikkoja ovat ihmisten välinen yhteispeli, tiedon kulku sekä projektiryhmän motivaatio ja sitoutuminen. Käynnistysseminaarissa voidaan tarkentaa tavoitteita ja aloittaa aikataulujen ja tehtäväluetteloiden laatiminen. (Pelin 2011: 74-75.)

## 2.2 Projektin suunnittelu ja ohjaus

Suunnitelmallisuus ja ohjaus ovat projektitoiminnan kannalta keskeinen asia, joiden avuksi on kehitetty johtamismenetelmiä. Näiden avulla varmistetaan projektille asetettujen tavoitteiden toteutuminen. Suunnittelu vaatii kuitenkin paljon työtä, ja siitä on helppo luistaa suoraan toteutusvaiheeseen, mutta tutkimuksissa on todettu, että suunnitelmallisuus lyhentää toteutusaikaa kymmeniä prosentteja. Pelinin (2011: 79-80) mukaan projektin suunnittelu ei seuraavissa tilanteissa ole hallinnassa:

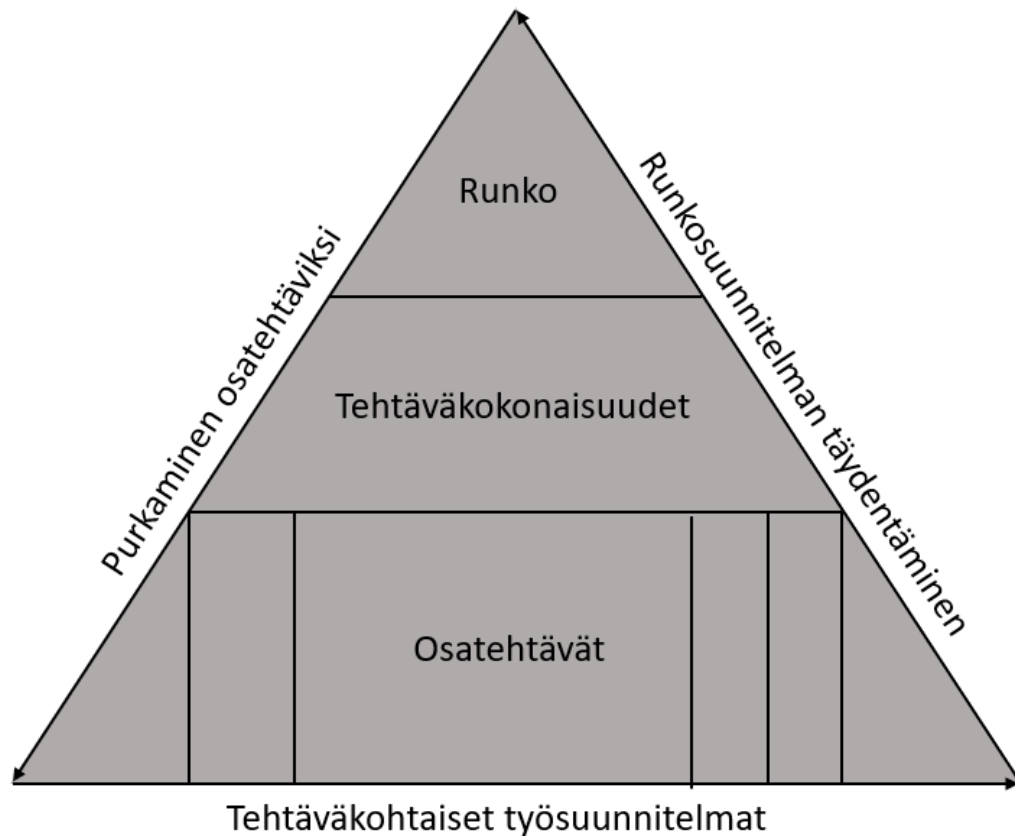
- Projektit myöhästelevät aikatauluista.
- Projekteilla on jatkuva kiire.
- Resursseja joudutaan priorisoimaan projektien kesken.
- Projektit luovutetaan asiakkaalle keskeneräisinä.
- Resursseja ei ole saatavilla oikeaan aikaan.
- Aikatauluja joudutaan muuttamaan jatkuvasti.
- Kohdataan ongelmia, joihin olisi voitu varautua.

Kiireisissäkin tilanteissa projektisuunnitelman avulla ennalta ehkäistään ongelmien syntymä, joiden vaikutus valmistumiseen voi olla kuukausia (Pelini 2011: 79).

### 2.2.1 Projektisuunnitelma

Vastuu projektin suunnittelusta on projektipäälliköllä, mutta toimivan projektisuunnitelman luominen vaatii koko projektiryhmän osallistumista. Näin aikatauluihin sitoudutaan paremmin, ja työmääräarviot ovat luotettavampia. Projektisuunnitelmassa tulee ilmetä mitä ollaan tekemässä, kuka työn suorittaa ja mihin mennessä työn on oltava valmis. (Ruuska 2007: 179.)

Käytännössä projektipäällikkö laatii suunnitelmalle rungon ja yleisosat sekä rajaa työkokonaisuudet, jonka jälkeen projektipäällikkö yhdessä projektiryhmän kanssa tarkentaa työkokonaisuuksien sisällöt tehtävä- ja henkilötasolle. Näin saadaan aikaan työkokonaisuusarvioitujen työmäärien ja riippuvuuksien. Lopuksi laaditaan kokonaisaikataulu ja täydennetään runkosuunnitelma, jossa tehtäväkohtaiset työsuunnitelmat suhteutetaan toisiinsa. Tehtäväkohtaiset työsuunnitelmat ovat keskeisin osa projektisuunnitelmaa. Suunnitteluprosessi on esitetty kuvassa neljä. (Ruuska 2007: 179-180.)



Kuva 4. Projektisuunnitelman laatimisprosessi (Ruuska 2007: 180).

Suunnittelun sekä tehtävien organisoinnin tulee olla osa jatkuvaa toimintaa, jota toteutetaan koko projektin elinkaaren ajan. Käynnistysvaiheessa luotua karkeaa tavoiteaikataulua on pidettävä viitteellisenä, ja sitä tulee tarkentaa projektin edetessä niin, että tarkat työsuunnitelmat ovat käytettävissä muutamalle seuraavalle kuukaudelle. (Ruuska 2007: 180.)

### 2.2.2 Projektin vaiheistus ja ositus

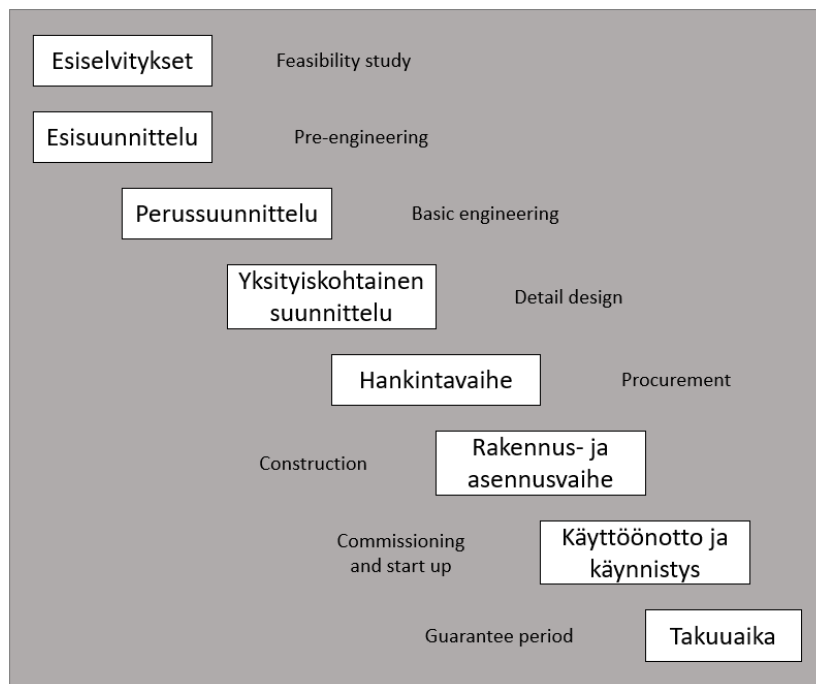
Kun puhutaan projektin vaiheistuksesta, viitataan usein toteutusprosessin sisäiseen vaiheistukseen eli projektinositukseen. Projektin vaiheistus tulee kuitenkin ymmärtää laajemmin kattamaan kaikki tehtävät aina projektin käynnistämisestä sen päättämiseen asti. Kustannusten ja saavutettujen hyötyjen näkökulmasta ajatusmaailmaa voidaan edelleen laajentaa koskemaan koko projektin tuotoksena saadun tuotteen elinkaarta. Kyseinen ajatusmaailma perustuu siihen, että lopputuotteelle on laskettu takaisinmaksuaika tai



käyttöikä, jonka jälkeen tuote korvataan uudella tai sille tehdään perusparannuksia. (Ruuska 2007: 33-34.)

Projekti jaetaan usein ajallisesti peräkkäisiin vaiheisiin. Vaiheistuksen tarkoituksena on helpottaa päätöksentekoa, ja vaiheiden lopussa voidaan tarvittaessa arvioida uudelleen jatkosuunnitelmia. Joissakin tilanteissa projekti voi joutua odottamaan rahoituksen järjestymistä vaiheiden välissä. Kuvassa 5 on esitetty investointiprojektin vaiheistus. (Pelin 2011: 97.)

Vaiheiden sisällä projekti ositetaan rinnakkaisiin osaprojekteihin, jotka pilkotaan edelleen pienempiin osaprojekteihin. Osaprojektin pienin osa on niin sanottu työpaketti (work package), joka sisältää yksityiskohtaiset tehtävät. Kunkin vaiheen tuotoksena saadaan mitattava tulos, esimerkiksi selvitys tai prototyyppi. Projektiryhmän kokoonpano voi myös vaihdella radikaalisti eri vaiheiden kesken. (Pelin 2011: 97.)



Kuva 5. Investointiprojektin vaiheet (Pelin 2011: 97).

Projektinositus eli WBS (Work Breakdown Structure) toimii selkärankana projektinohjaukselle (Pelin 2011: 91). Projektinosituksessa projekti pilkotaan työkokonaisuuksiin,

jotka suunnitellaan ja toteutetaan itsenäisinä kokonaisuuksinaan. Projektinositus voidaan laajentaa pelkästä työmäärien arvioinnista myös johtamistyökaluksi koko projektille, jossa työ jaetaan osiin ja budjettia sekä aikataulua seurataan yksityiskohtaisesti. (Kettunen 2009: 67.) Projektinosituksella tavoitellaan seuraavia hyötyjä:

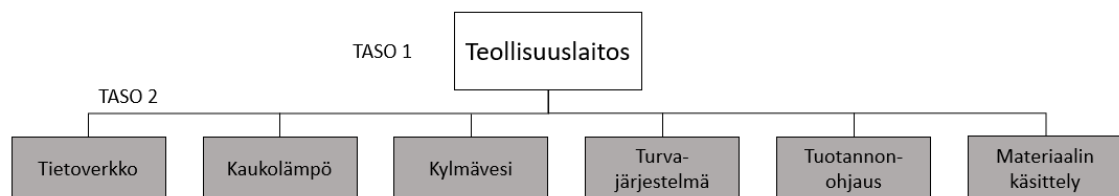
- Ositus vaiheistaa projektin, ja ositus voi olla erilainen kussakin projektin vaiheessa.
- Ositus jakaa projektin selviin osaprojekteihin ja vastuukokonaisuuksiin.
- Ositus jakaa aikataulut osa-aikatauluiksi, joista löytyvät keskinäiset riippuvuussuhteet.
- Ositus mahdollistaa kustannusohjauksen kustannuskohteittain eli työpakeittain.
- Ositus luo työlle hierarkkisen jäsentelyn.
- Ositus mahdollistaa sekä ajallisen että taloudellisen suunnittelun ja ohjauksen integroinnin. (Pelin 2011: 92-93.)

Projektinositus tarjoaa hyvän rungon aikataulujärjestelmälle, joka muodostuu pienistä osa-aikatauluista ja niiden välisistä riippuvuuksista. Osa-aikatauluista saadaan laadittua hierarkkinen aikataulujärjestelmä eli toimintaverkko. (Pelin 2011: 98.)

### 2.2.3 Osituksen menetelmät

Projektit voidaan osittaa erilaisten perusmenetelmien ja näkökulmien perusteella. Tyyppillinen ratkaisu on useiden menetelmien yhdistelmät (Pelin 2011: 93). Seuraavassa on eriteltynä esimerkkejä perusmenetelmistä ja näkökulmista:

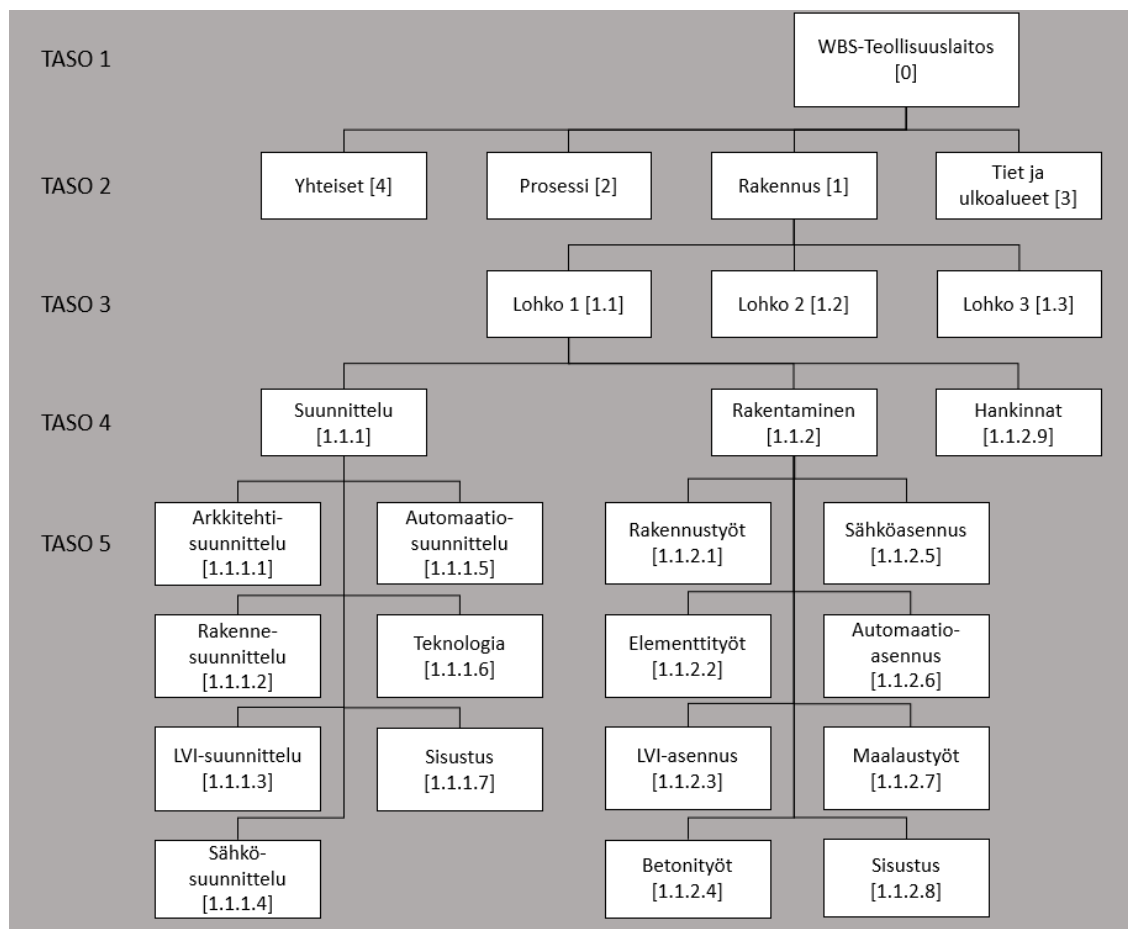
**Järjestelmiin osittamalla** projekti jaetaan osiin systeemeittain, jotka ovat toiminnallisesti itsenäisiä kokonaisuuksia. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmä, jäähdytysjärjestelmä, tiedonsiirtojärjestelmä, valvontajärjestelmä ja niin edelleen. (Pelin 2011: 93.)



Kuva 6. Järjestelmiin osittaminen (Pelin 2011: 93).

**Rakenteellisessa osituksessa** projekti jaetaan fyysisiin osiin, joka muistuttaa osaluettelon laatimista. Suuressa projektissa toiselle tasolle eritellään maantieteellisesti erillään sijaitsevat osat kuten rakennukset. Seuraavalle tasolle eritellään esimerkiksi rakennusten osat tai konekokonaisuudet, jotka pilkotaan edelleen seuraavalla WBS-tasolla. (Pelin 2011: 93.)

**Työlajin mukaisessa osituksessa** jaetaan projekti esiintyvien työlajien mukaisesti. Työlajeja ovat esimerkiksi sähkösuunnittelu, rakennus- ja asennustyöt sekä tarkastukset. (Pelin 2011: 93.)



Kuva 7. Teollisuusprojektin ositus (Pelin 2011: 96).

Kuvassa 7 on esitetty teollisuuslaitosprojektin ositus yhdistämällä kaksi perusmenetelmää viidelle WBS-tasolle. Tasoilla 1, 2 ja 3 on käytetty rakenteellista ositusta ja tasoilla 4 ja 5 työlajin mukaista ositusta.

## 2.2.4 Projektin aikaohjaus

Risto Pelin (2011: 106) on tiivistänyt aikataulujen merkityksen projekteille seuraavasti:

Aikataulu on kivijalka, johon perustuvat resurssi- ja kustannusohjaus.

Aikataulujen merkitystä projekteille voidaan kuitenkin arvioida myös rahallisesti huomioidamalla seuraavat tekijät:

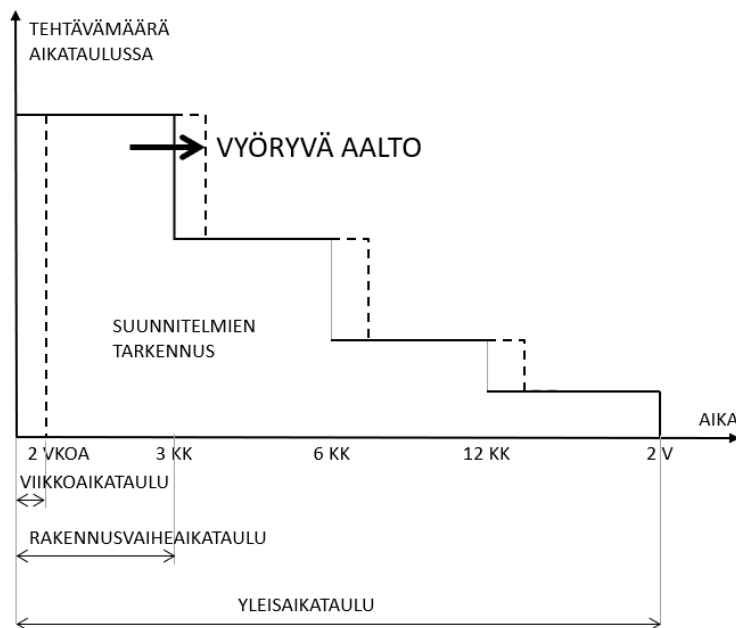
- myöhästymissakot
- sitoutuneen pääoman korot
- projektin tuotoksesta saadut tuotot
- menetetyt tuotot
- markkinaetu
- maine luotettavana toimijana.

Hyvin aikataulutettu projekti näkyikin sen kokonaiskustannuksissa. Budjetin ylitykset ovat usein seurausta siitä, että aikataulussa pysyminen edellyttää ylitöitä ja lisäresursseja. (Pelin 2011: 106-107.)

Projektinositus (WBS) luo perustan projektin aikataulujärjestelmälle, jossa tehtävät jaetaan eri tasoiksi kaavioiksi ja kuvataan niiden keskinäiset riippuvuudet. Tehtäväluetteloiden laatiminen aloitetaan kartoittamalla tehtävät ylhäältä alaspäin. Aikaisemman kokemuksen pohjalta määritellään usein projektin keskeiset välitavoitteet. Vaikka projektin valmistumisajankohta on toimitusprojekteissa lyöty lukkoon, tulee projektista laatia realistinen tehtäväerittely. Mikäli laskennassa ilmenee, ettei välitavoitteita voida saavuttaa, tulee lyhentämismahdollisuuksia selvittää analysoimalla kriittistä polkua. (Pelin 2011: 106-109.) Tavallisesti kriittisen polun muodostamien tehtäväketjujen lyhentäminen on vaikeaa ja tehtävien karsiminen lähes mahdotonta. Yleinen ratkaisu aikataulun tavoittamiseksi on lisätä projektin henkilöstöresursseja, joka johtaa usein lisäviivästyksiin, koska viestintä monimutkaistuu ja työkokonaisuus pirstoutuu. (Ruuska 2007: 203.)

Tehtävät kartoitetaan projektin loppuun saakka. Näin saadaan selvitettyä kriittinen tehtäväketju ja toimintaverkon pelivarat. Pitkäkestoisissa projekteissa ensimmäiset vaiheet tulee eritellä yksityiskohtaisesti, mutta seuraavat vaiheet voidaan kartoittaa karkeammin. Projektin edetessä aikatauluja tarkennetaan niin sanotun vyöryvän aallon periaatteella,

jota käytetään tyypillisesti esimerkiksi rakennusprojekteissa (kuva 8). (Pelin 2011: 106-109.)



Kuva 8. Vyöryvän aallon periaate (Pelin 2011: 109).

Kustakin tehtävästä tulee kirjata tehtäväluetteloon lyhyt ja selkeä tehtävänkuvaus, joka kertoo, mistä tehtävässä työssä on kysymys. Tehtävien kestoja arvioitaessa tulee tehtävänkuvausten perusteella tietää täsmällisesti, mitä työtä kyseinen tehtävä sisältää. Suurimmat virheet tehtäväluettelon laatimisessa syntyvät unohdetuista tehtävistä. Luetteloon tulee huomioida myös laitteiden ja järjestelmien toimitusajat, koska niiden vaikutus koko toimintaverkkoon voivat olla suuria. (Pelin 2011: 111.)

#### *Tehtävien työmäärien arviointi*

Tehtävien työmääräarviointiin on kehitetty lukuisia menetelmiä, joiden käyttö valitaan kyseisen projektin perusteella. Yhtä oikeata menetelmää ei ole, vaan parhaassa tapauksessa työmäärien arviointimenetelmä on räätälöity juuri kyseiseen työhön ja sen tukena käytetään vastaavista projekteista aikaisemmin kerättyjä tietoja. Tehtävien työmääräarviot toimivatkin luotettavan aikataulun kulmakivenä. (Pelin 2011: 114.)

Alla on esimerkkejä menetelmistä, joita käytetään työmäärien arvioinnissa. (Pelin 2011: 115-118.)

**Takaperoinen ajoitus**, jossa projektin valmistumispäivä on ennalta määrätty ja käytävissä oleva aika jaetaan projektin tehtävillä. Kyseisellä menetelmällä saadaan aikaan epärealistisia ja tiukkoja aikatauluja.

**Mutu, Metu ja Rahi**, joissa käytetään intuitiivisia menetelmiä: musta tuntuu, meistä tuntuu, ravistetaan hihasta ja niin edelleen. Kyseinen menetelmä on helppo ja nopea, mutta kovin riippuvainen arvioijan kokemuksesta. Käyttämällä asiantuntijoita tai ryhmäarviointeja (metu) voidaan menetelmän tarkkuutta parantaa.

**Paloittelu**, jossa arvioidaan tehtävän jokaisen osan työmäärä erikseen. Osatehtävien työmäärien summasta saadaan koko tehtävän työmäärä. Menetelmä on työläs, mutta sen avulla saadaan aikaan tarkkoja työmääräarvioita, joissa liika optimistisuus on karistettu pois.

**Työn jako vaiheisiin**, jossa työ jaetaan prosentuaalisesti työvaiheisiin kokemusaineiston pohjalta. Esimerkiksi rakennusalan betonitöiden työvaiheiden valmistusprosentteihin seuraavasti:

- 20 % raudoitus
- 65 % muotitus
- 75 % valettu ja kuivunut
- 90 % muotit purettu
- 100 % viimeistelytyöt tehty.

**Taulukot ja tilastot**, joihin on kerätty työmäärälaskennan kannalta oleellisia tietoja, esimerkiksi rakennusalan RT-kortit. Kyseisten taulukoiden tai käsikirjojen avulla voidaan työmäärät mitoittaa piirustusten ja materiaalimäärien perusteella.

**Laskentakaavat**, jotka perustuvat aikaisempiin mittauksiin. Laskentakaavoista saadut työmääräarviot ovat keskimääräisiä, joten menetelmää käytettäessä on aina arvioita myös työn vaikeusaste. Esimerkkejä laskentakaavoista:

- prosessiautomaatiosuunnittelu                      100 h/säätöpiiri

- instrumenttiasennus 140 h/säätöpiiri
- ohjelmointi 10 käskyä/päivä
- dokumentointi 2 h/A4-sivu

Työmäärä on riippuvainen tekijän osaamisesta ja kokemuksesta, joten työmääräarviot ja kesto on aina tarkistettava työnsuorittajalta, kun sellainen on valittu. Seuraavia kokemuksen liittyviä viitteellisiä kertoimia voidaan käyttää apuna suunnittelussa: (Ruuska 2007: 196.)

- harjoittelija 3,5-4,0
- vähän kokemusta 2,0-3,0
- ammattilainen 1,0-1,5
- asiantuntija 0,5-0,8

Muita työmääräarvioon vaikuttavia tekijöitä ovat tekijän työskentelytapa ja muiden töiden aiheuttama kuormitus.

#### *Tehtävien väliset riippuvuudet*

Tehtävien väliset riippuvuudet jaetaan kolmeen tyyppiin: (Ruuska 2007: 201)

- **Ehdoton riippuvuus**, jossa tehtävät voidaan suorittaa vain tietyssä järjestyksessä. Esimerkiksi rakennuksen perustukset on valettava ennen rungon asennusta.
- **Ehdollinen riippuvuus**, joka tarjoaa valinnan mahdollisuuden. Kaksi saman kaltaista työvaihetta voidaan suorittaa yhtä aikaisesti kahdella työryhmällä. Mikäli työn suorittaa sama työryhmä, syntyy ehdoton riippuvuus.
- **Ei riippuvuutta**, joka sisältää irrallisia tehtäviä. Tehtävät voidaan suorittaa missä tahansa järjestyksessä.

Edellä olevaa jakoa voidaan edelleen tarkentaa seuraavasti: (Ruuska 2007: 201)

- **Looginen riippuvuus**, jossa tehtävät on mahdollista suorittaa vain yhdessä järjestyksessä.
- **Limitysriippuvuus**, jossa tehtävän suoritus on riippuvainen toisen tehtävän vaiheesta.
- **Resurssiriippuvuus**, jossa tehtävän suorittajana ovat samat henkilöt.
- **Kalenteririippuvuus**, jossa tehtävän alkaminen tai päättyminen on sidottu aikatauluun.

Monimutkaisissa kohteissa, joissa on useita samanaikaisia työsuorituksia, on erityisesti keskityttävä oikean työjärjestyksen suunnitteluun. Hyvänä apuna voidaan käyttää teknisiä piirustuksia, jotka puretaan osiin (räjäytyskuviksi) helpottamaan työvaiheiden hahmottamista. (Pelin 2011: 123.)

Riippuvuudet voidaan ottaa uudelleen tarkasteltaviksi, jos aikataulua on tarvetta lyhentää. Tällöin parhaan työjärjestyksen sijasta voidaan mahdollisuuksien mukaan käyttää muitakin keinoja, jotka aiheuttavat kuitenkin usein lisäkustannuksia. (Pelin 2011: 123.)

### 2.2.5 Projektin resurssiohjaus

Projektin resurssisuunnittelu on suuri osa aikataulujen laadintaa. Jos resurssisuunnittelua ei ole tehty riittävän tarkasti eikä tarvittavia resursseja ole saatavilla, aikataulut pettävät. Tämä on varsin yleinen syy aikataulujen venymiseen, mikä johtaa ylitöihin, kiireeseen ja myöhästelyyn. Lopulta epäonnistuminen resurssisuunnittelussa vaikuttaa koko projektin kustannuksiin. Resurssisuunnittelussa on myös huomioitava todellinen tehokas kapasiteetti, jota lyhentää monet tekijät, kuten vuosilomat ja arkipyhät, tauot sekä rutiinit ja ajanryöstäjät. Pelin on tiivistänyt projektin resurssiohjauksen seuraavasti: (Pelin 2011: 143-144)

Hyväkään aikataulu ei auta, ellei tarvittavia voimavaroja ole käytettävissä tarvittavana ajankohtana.

Resurssiohjauksen tavoitteita ovatkin: (Pelin 2011: 145)

- Resurssien saatavuuden varmistaminen oikeaan aikaan aikatauluarvioiden mukaisesti eli aikataulun toteutuminen.
- Optimointi, jossa avainresurssien kuormitus on tasaista ja jatkuvaa.
- Resurssikustannusten vähentäminen.
- Moniprojektihallinta, jossa henkilöstökapasiteetti on sovitettu vastaamaan työnalla olevia projekteja. Tarvittaessa projektien priorisointi käytettävissä olevien resurssien mukaisesti.

Kun kyseessä on yksittäinen projekti, resurssisuunnitteluun kuuluu resurssilaskenta ja -tasaus. Resurssilaskennassa kuormitus muodostuu alkuperäisen aikataulun mukaisesti, jossa tehtävät suoritetaan niin sanotun loogisen riippuvuuden mukaisesti peräkkäin. Re-



surssilaskennalla saadaan harvoin aikaan kuormituksen kannalta optimaalinen lopputulos. Optimaalisen kuormituksen aikaansaamiseksi käytetään resurssitasasta, joka sisältää enemmän mahdollisuuksia: (Pelin 2011: 147-150)

- Tehtävien ajoitusta siirretään toimintaverkon pelivarojen sisällä niin, että saadaan aikaan jatkuva ja tasainen kuormitus.
- Selvitetään, voidaanko tehtävien välisiä riippuvuuksia muuttaa niin, että kuormitus tasoittuu.
- Selvitetään, onko kriittiselle polulle mahdollista ja kannattavaa siirtää lisäresursseja, jotka lyhentävät projektin kestoja.
- Mahdollisuuksien mukaan kuormitukseen voidaan vaikuttaa myös tehtävän kestoja muuttamalla.

Resurssitasaus aloitetaan kuormitushuipuista. On kuitenkin huomioitava, että yhden tehtävän ajoituksen siirtäminen vaikuttaa riippuvuuksien mukaisesti seuraavien tehtävien ajoitukseen. Toisin sanoen vastaava siirto tulee tehdä riippuvuusketjun kaikille seuraaville tehtäville, mikä mahdollisesti aiheuttaa kuormitusten epätasaisuutta muille resursseille. Projekteissa, joissa työnkulku on limittynyt eri resursseille, on työryhmien vahvuudet laskettava niin, että kellekään osapuolille ei synny odotusta. Tällä tarkoitetaan töiden tahdistusta. (Pelin 2011: 147-150.)

#### 2.2.6 Projektin kustannusohjaus

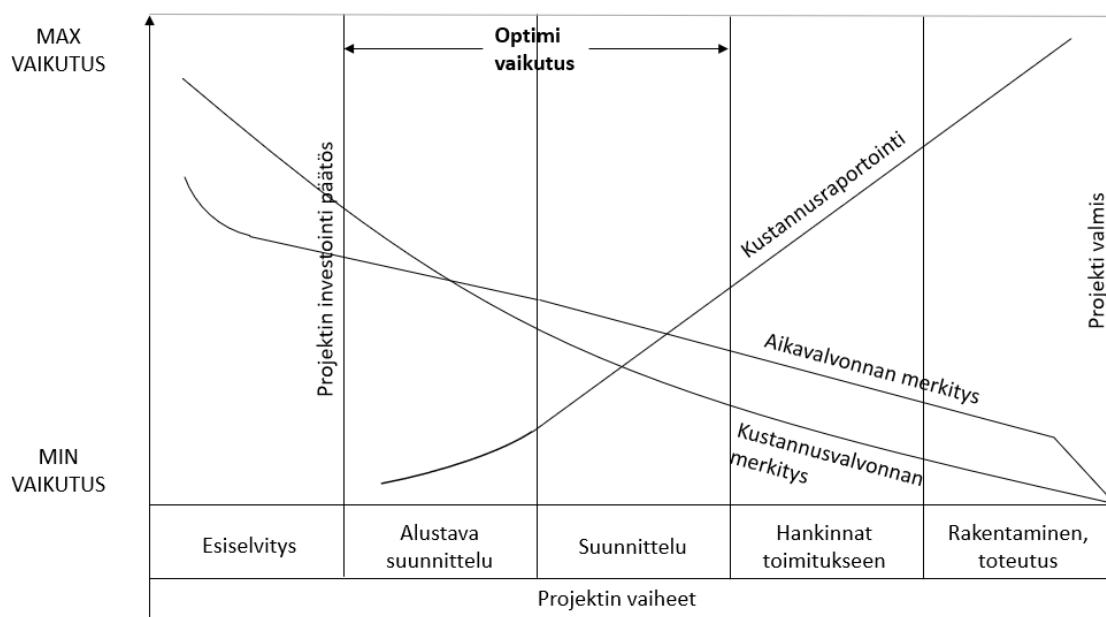
Kuten jo aikaisemmin luvussa kaksi todettiin, projekti on itsenäinen taloudellinen hanke, jolla on myös omat taloudelliset tavoitteensa. Projektiin sitoutuu pääomaa koko sen elinkaaren ajan, mutta tuotot saadaan vasta projektin valmistuttua. Tämä luo painetta aikataulun lyhentämiselle, koska aikataululla ja kustannuksilla on todettu olevan selvä yhteys. Projektin lyhin mahdollinen toteutus kuitenkin nostaa kustannuksia, kun taas suhteellisen pitkällä aikataululla saavutetaan minimikustannukset. Täten kustannusten nousua ja kestoajan lyhentymistä vertaamalla voidaan löytää optimiratkaisu. Kustannusohjauksen tavoitteena onkin löytää projektille taloudellisesti edullinen toteutus. (Pelin 2011: 161-162.)

Pelinin (2011: 162) mukaan projektin kustannusohjaukseen sisältyy:

- kustannusten arviointi
- projektin budjetointi

- aikataulun ja kustannusten optimointi
- kassavirtalaskenta
- kustannusraportointi
- ohjauspäätökset
- jälkilaskenta.

Toimiva kustannusohjaus keskittyy projektin alkuvaiheisiin, koska 60 – 80 prosenttia kustannuksista lyödään kiinni jo projektin suunnitteluvaiheessa (Pelin 2011: 163). Suunnitteluvaiheen jälkeen projektin kustannusrakenne on pääpiirteittäin selvillä, ja kustannuksiin vaikuttaminen on paljon rajallisempaa. Kustannuskomponentin ottaminen mukaan suunnitteluun ei ole toteavaa kirjanpitoa, vaan projektin kustannuksiin on tarkoitus vaikuttaa aktiivisesti. Projektin ensisijainen tavoite ei silti ole kustannusten minimointi, vaan kustannusten suhteuttaminen hyötyihin. Lopputuloksena halutun sisällön ja laadun taso määrittelevät kustannuksille tietyn alarajan. (Ruuska 2007: 209.) Kuvassa yhdeksän on esitetty kustannusohjauksen vaikutusmahdollisuudet investointiprojektissa.



Kuva 9. Kustannusohjauksen vaikutusmahdollisuudet investointiprojektissa (Pelin 2011: 162).

Kuten suunnitteluakin, projektin kustannusten arviointia tarkennetaan vaiheittain aloittamalla alustavasta kustannusarviosta. Alustava kustannusarvio on pienen asiantuntijaryhmän melko nopeasti laatima arvio, jonka tarkkuus voi vaihdella -20 % - +40 % välillä. Se palvelee alustavia rahoitustarvearvioita ja esiselvityksen kannattavuuslaskelmia. Peruskustannusarvio laaditaan puolestaan esisuunnittelun tuottamien määrittelyjen pohjalta, jolloin tehtävä- ja laiteluettelot sekä alustavat tarjouskyselyt ovat jo käytössä. Investointipäätös tehdään peruskustannusarvion pohjalta, jonka tarkkuus on +/- 10 %. Lähes täydellisten suunnitelmien valmistuttua voidaan tehdä tärkeimmät urakkasopimukset ja hankinnat, jotka sisällytetään lopulliseen kustannusarvioon. Lopullisen kustannusarvion tarkkuus on +/- 3 - 8 %. (Pelin 2011: 167.)

Kustannusarvio on kuitenkin ennuste, joka on juuri niin hyvä kuin siihen tarvittavat lähtötiedot. Sen suunnittelu- ja seurantatietojen luotettava sekä ajantasainen keruu ovat tehokkaan kustannusohjauksen yleinen ongelma. Ennakoiva ohjaus ja korjaavat toimenpiteet puolestaan edellyttävät, että informaatio kustannuksiin mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä saadaan riittävän ajoissa. Mikäli ohjaustiedot saadaan viiveellä, vaikeutuu aktiivinen kustannuksiin vaikuttaminen työprosessin aikana. (Ruuska 2007: 210-211.)

Projektin ositusta (WBS) käytetään apuna myös projektin kustannusarvioinnissa ja budjetoinnissa, jossa jokaiselle työpaketille laaditaan oma budjettinsa. Työpakettien avulla kustannukset voidaan kohdistaa oikeille kustannuslajeille, joka helpottaa kustannusten seuranta. Kustannukset jaetaan kahteen ryhmään seuraavasti: (Pelin 2011: 169.)

- Kustannukset, jotka on mahdollista kohdistaa suoraan tietylle työpaketille, kuten työ- ja materiaalikustannukset.
- Yleiskustannukset, kuten hallinnolliset kustannukset ja vuokrat, joita ei pystytä kohdistamaan tietylle työpaketille.

Projektin osituksen ja tilikartan suunnittelussa on huomioitava seuraavat asiat: (Pelin 2011: 169)

- Kustannukset tulee voida eritellä eri osaprojektien ja vastualueiden kesken.
- Jokainen urakka muodostaa oman työpakettinsa.
- Tilikartta tulee laatia yhteistyönä insinöörien ja talousmiesten kesken, jolloin seurantamenettely on yhtenäinen aika- ja kustannusohjauksessa.

- Tilikartasta tulee luoda joustava mahdollistaen projektin toteutuksessa ilmenneet sisällön muutokset.
- Tilikartan tulee tarvittavilta osin palvella myös liikekirjanpitoa, jossa huomioidaan investointien poistosäännöt sekä rahoitus- ja avustusasiasiat.

Projektista suoritetaan tietyin väliajoin kustannusraportointi, johon lasketaan toteutuneet ja sopimuksiin sidotut kustannukset sekä arvioidaan jäljellä olevat kustannukset. Jäljellä olevat kustannukset tulee arvioida realistisesti, jolloin projektin kustannuskehitystä voidaan ohjata. (Pelin s.175.) Kustannusten raportointiin käytettävän järjestelmän tulisi palvella sekä yksittäisten projektien kustannusseurantaa että projektitoiminnan kokonaisohjausta. Rinnakkaisten järjestelmien käytöstä syntyvä moninkertainen raportointi on lopputuloksen luotettavuuden kannalta huono ratkaisu. Yhtenäinen järjestelmä edellyttää, että kaikki projektit soveltavat yhtenäisiä budjetoinnin ja kustannusraportoinnin perusteita. (Ruuska 2007: 210-211.)

### 2.3 Riskien hallinta

Jokaisessa projektissa on riskejä, jotka toteutuessaan johtavat epäonnistuneeseen lopputulokseen. Riskien hallinnassa tärkeintä on niiden tunnistaminen ja varautuminen. Ennen projektin alkua olisikin syytä laatia erillinen riskianalyysi, joka liitetään osaksi projektisuunnitelmaa. Lisäksi riskejä tulisi seurata osana ohjausryhmän ja projektiryhmän toimintaa. (Kettunen 2009: 75.)

Mikään yksittäinen tekijä ei aiheuta riskin toteutumista, vaan tavallisesti riski toteutuu tapahtumaketjun seurauksena, johon vaikuttavat useat tekijät. Kumuloituessaan mitättömältäkin tuntuva potentiaalinen ongelma saattaa johtaa aikataulujen viivästymiseen ja merkittäviin lisäkustannuksiin. (Kettunen 2009: 248.)

Riskeihin varautuminen on kuitenkin helppoa. Aikaisemmin vastaavissa projekteissa toteutuneet ongelmat luultavasti ilmenevät nykyisessäkin projektissa. Toisin sanoen perehtymällä aikaisempiin projekteihin voidaan jo suureen osaan ongelmista varautua. Hyvällä varautumisella ei voida poistaa kaikkia potentiaalisia ongelmia, mutta ilmenneiden ongelmien määrää voidaan vähentää huomattavasti. Onkin arvioitu, että riskeihin varautumalla saadaan erittäin hyvä kate suhteessa käytettyyn työaikaan. (Pelin 2011: 217.)

### 2.3.1 Riskien tunnistaminen

Aika on rajallista, joten riskeihin varautuminen tulee kohdistaa projektin oikeisiin alueisiin. Ensin tulee tunnistaa projektin kriittiset alueet, joita tyypillisesti ovat

- kriittinen polku
- uudet teknologiat
- avoimeksi jääneet vastuukysymykset
- avainresurssien kuormitus
- organisaatorajat.

Kun varautuminen on kohdistettu, aloitetaan riskien arviointi käymällä läpi projektisuunnitelma. Mietitään tulevia työvaiheita, mikä voisi mennä pieleen? Listataan potentiaaliset ongelmat. Apuna voi käyttää tarkastusluetteloita, jotka pohjautuvat kokemuksiin ja aikaisemmin ilmenneisiin ongelmiin. Tarkastusluetteloihin voi liittää toimenpide-ehdotuksia riskien torjumiseksi. (Pelin 2011: 219.)

Riskien arviointi on hyvä suorittaa ryhmätyönä ja siihen on varattava riittävästi aikaa. Ryhmä tulee puolestaan muodostaa henkilöistä, joilla on aikaisempaa kokemusta vastaavista projekteista. Ilmenneet riskit on visualisoitava, ja usein yksi idea saattaa nostaa esiin vielä tärkeämmän asian. On myös suositeltavaa kysyä muiden kokemuksia vastaavista projekteista. (Pelin 2011: 220.)

Potentiaalisia ongelmia tulisi ennakoida jatkuvasti koko projektin ajan. Suurienkin riskien vaikutusta voidaan hallita, mikäli varautuminen on tehty huolella.

### 2.3.2 Riskien luokittelu

Riskianalyysillä pyritään löytämään ne tekijät, jotka vaikuttavat projektin lopputulokseen. Analyysin lopputuloksena saadaan lista tunnetuista riskitekijöistä. Riskilistalle ei kuitenkaan ole tarkoitus viedä kaikkia mahdollisia uhkakuvia ja arjen sattumuksia vaan asiat, jotka ovat relevantteja projektin kannalta ja joihin on mahdollista varautua. Edellytyksenä riskilistan laatimiselle on myös se, että riskejä voidaan verrata sekä asettaa järjestykseen niiden vaikutuksien perusteella. Jotta kaikki riskit eivät olisi samassa asemassa, tulee riskit kvantifioida. (Ruuska 2007: 250.)

Kvantifioinnissa riskien esiintymistodennäköisyydelle annetaan numeerinen arvo T, joka kerrotaan merkityksellä M. Merkityksen arvona käytetään usein rahayksikköä. Näiden kahden tuloa  $T \times M$  käytetään suuntaa antavana tunnuslukuna, jonka perusteella tarvittavat toimenpiteet määritellään. Vähäiset riskit voidaan jättää pois jatkokäsittelystä. (Pelin 2011: 223.) Merkitystä voidaan verrata myös suhteessa laatuun, työmääriin tai aika-  
tauluihin (Ruuska 2007: 250).

Viimeisenä toteutetaan taloudellinen analyysi, jossa arvioidaan tarvittavat toimenpiteet ja niiden kustannukset. Merkityksen rahallista arvoa verrataan torjuntatoimenpiteiden kustannuksiin, ja jos hinta on suuri, voidaan joutua hyväksymään myös vaikutukseltaan suuria riskejä. (Pelin 2011: 223.)

Mikäli riskien aiheuttama rahallinen vahinko on mahdotonta määritellä, voidaan käyttää subjektiivista asteikkoa tai vaihtoehtoisesti yhteismitallistaa ja skaalata riskien merkitys esimerkiksi nollan ja ykkösen välillä. Tärkeintä kuitenkin on, että riskien suuruusluokka pystytään arvioimaan ja riskit voidaan suhteuttaa toisiinsa. (Ruuska 2007: 252.)

### 2.3.3 Riskien torjunta

Riskien torjunta tulee toteuttaa suunnitelmallisesti käymällä läpi työvaiheet, kartoittamalla ongelmakohdat ja varmistamalla toiminta etukäteen. Riskien torjunnassa voidaan käyttää useita vaihtoehtoisia toimintatapoja:

- Riski poistetaan valituilla toimenpiteillä tai sen esiintymistodennäköisyyttä pienennetään arvioimalla mahdolliset syyt ja poistamalla niistä mahdollisimman monta.
- Riski siirretään toiselle osapuolelle, esimerkiksi vakuutusyhtiölle, tilaajalle tai alihankkijalle, sopimusteknisesti tai muilla keinoilla.
- Projektisuunnitelmaa muutetaan riskialttiista kohdasta.
- Riski hyväksytään ilman ennakko-toimenpiteitä.
- Riskin toteutumisen varalle suunnitellaan ennakkoon toimenpiteet.

Projekteissa esiintyvät riskit voivat olla esimerkiksi suunnitteluun, uuden teknologian käyttöönottoon, hankintoihin tai kohdemaan olosuhteisiin liittyviä. (Pelin 2011: 224.)

## 2.4 Projektin päättäminen

Projekti on ajallisesti rajattu työkokonaisuus, jolla on aloituksen tavoin myös selkeä päättymisajankohta. Projekti voidaan päättää, kun kaikki projektisuunnitelman sisältämät tehtävät on saatu suoritettua ja lopputulos luovutettu hyväksytysti tilaajalle. (Ruuska 2007: 265.) Projektin virallinen päättäminen on ohjausryhmän vastuulla, joka kutsutaan koolle projektin lopuksi. Projektin tuotokset ja esitys projektin päättämisestä esitellään ohjausryhmälle, joka hyväksyy tulokset sekä päättää projektin tai vaatii projektia vielä täydennettäväksi. Ennen siirtymistä uusiin tehtäviin on projektipäällikön vastuulla laatia projektin loppuraportti. Loppuraporttiin on kirjattu projektin oma näkemys toteutumisesta. (Kettunen 2009: 181.)

### *Tulosten luovuttaminen ja dokumentointi*

Jo ennen projektin aloitusta on sovittava tuloksen luovuttamisesta ja hyväksymismenettelystä. Mikäli tuloksena saadaan rakennelma, kuten talo tai silta, tehdään sille vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksesta laaditaan luovutusprotokollakirja, johon kirjataan mahdolliset puutteet ja niiden korjausajankohta. Jos puutteet ovat pieniä korjauksia voidaan vastaanottotarkastus hyväksyä, jos rakentaja sitoutuu korjaamaan puutteet. (Kettunen 2009: 182.)

Jokaisesta urakasta suoritetaan taloudellinen loppuselvitys vastaanottotarkastuksen jälkeen. Taloudellisessa loppuselvityksessä esitetään vastaanottotarkastuksessa ilmenneet puutteet ja käsitellään mahdolliset sakkoasiat. (Pelin 2011: 349.)

Luovutuksen yhteydessä tulisi sopia koekäyttöajasta, jonka aikana lopputuloksen kaikkia osia käytetään suunnitelluissa tarkoituksissa. Lopullinen hyväksyntä tehdään häiriöttömän koekäyttöajan jälkeen. Purettaessa projektiorganisaatiota, tulee tilaajan ja projektin sopia koekäytön aikana ilmenneiden ongelmien korjaamisesta. Projektiryhmästä nimitetään henkilö, joka varautuu käyttämään aikaansa vanhan projektin tehtäviin koekäytön aikana. Hyväksytyn koekäyttöajan jälkeen siirtyy vastuu lopputuloksesta ja ylläpidosta kokonaisuudessaan linjaorganisaatiolle. Linjaorganisaatiosta nimitetään henkilö, joka vastaa lopputuloksen ylläpidosta ja mahdollisten virheiden korjaamisesta takuuajana. (Ruuska 2007: 267.)

Dokumentointi projektin tuloksista laaditaan sekä asiakkaalle, että omalle organisaatiolle. Asiakkaalle laadittavan dokumentaation sisällöstä on usein sovittu jo projektisuunnitelmassa, ja se voi sisältää seuraavat asiakirjat:

- Lopputuloksen käyttöohje
- rakenne- tai tutkimusraportti
- asennusohje
- IT-järjestelmän koodi- ja rakennedokumentit
- lehdistötiedote
- markkinointimateriaali.

Omalle organisaatiolle laadittava sisäinen dokumentaatio jää projektiryhmän tai -organisaation käyttöön, ja siihen kirjattuja havaintoja sekä oppeja voidaan hyödyntää seuraavissa projekteissa. Sisäinen dokumentaatio voi puolestaan sisältää seuraavat asiakirjat:

- asiakkaalle laaditun dokumentaation
- seurantaraportin toteutuneista työmääristä
- raportin löydetyistä havainnoista ja opeista, eli mitä projektista opittiin.

Sisäiset dokumentit tulee tallentaa paikkaan, josta ne ovat helposti saatavilla, esimerkiksi organisaation intranet tai dokumenttienhallintajärjestelmä. (Kettunen 2009: 182-184.)

Dokumentointi projektin lopussa kannattaa tehdä huolella, koska täsmällisellä dokumentaatiolla voidaan vähentää asiakkaan turhia vikailmoituksia ja yhteydenottoja. Vähäisellä työllä voidaan siis välttää jatkuvat yhteydenotot projektin jo päättyttyä. (Kettunen 2009: 182-184.)

### 3 Lean

Lean-ajattelu on saanut alkunsa Toyotan tuotantojärjestelmästä (Toyota Production System, TPS), joka levisi ensin autoteollisuuteen, ja on nykyisin johtava tuotantoperiaate useimmilla toimialoilla. Lean-periaatteita noudattavia yrityksiä pidetään usein edelläkävijöinä, jotka ovat toimialansa nopeimmin kasvavia ja kannattavimpia. (Kouri 2010: 6.)

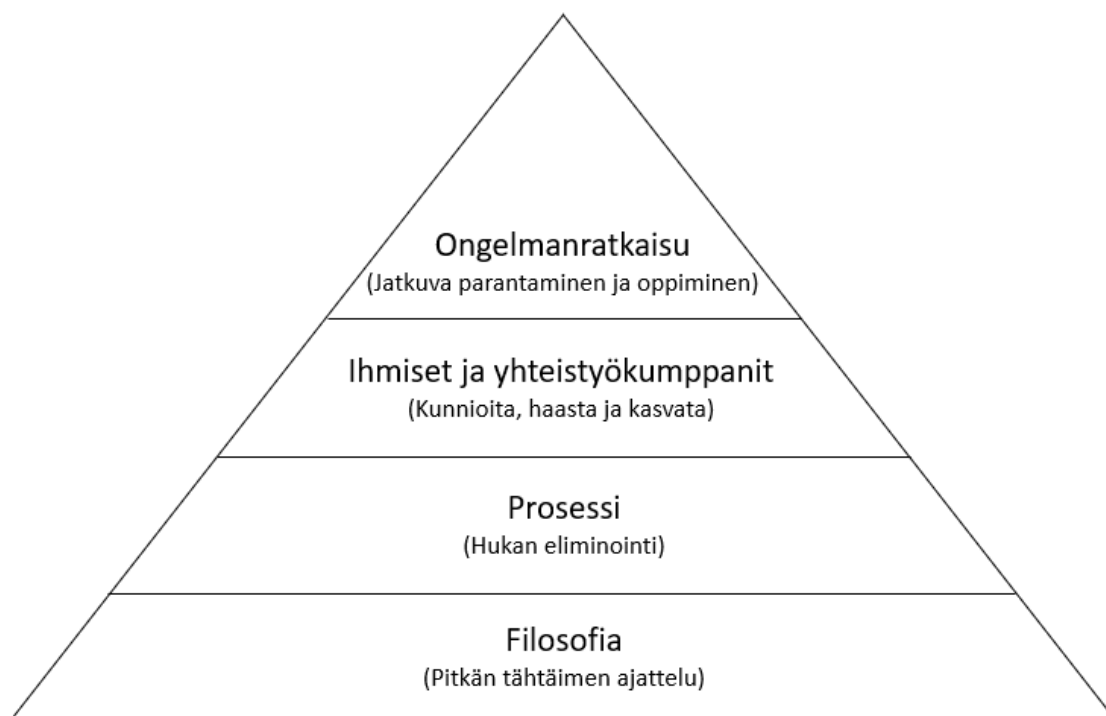


Lean-toimintamalli perustuu tuotannon organisointiin ja jatkuvaan parantamiseen, joka on vahvasti sidoksissa yrityskulttuuriin sekä henkilöstön osallistamiseen. Mallissa toimintaa kehitetään siellä, missä lisäarvoa todellisuudessa tuotetaan asiakkaalle. Toimintaan liittyy keskeisesti myös laatuajattelu, joka tähtää tuotteen ja toiminnan laadun parantamiseen. (Kouri 2010: 6.)

Lisäarvon tuottaminen ja asiakaslähtöisyys kiteytyvät siihen tosiasiaan, että yritys ymmärtää ne toiminnot, jotka tuottavat arvoa asiakkaalle. Yrityksen voimavarat kohdistetaan juuri näihin toimintoihin. Yrityksen kilpailukyky paranee, kun arvoa saadaan kasvatettua suhteessa kustannuksiin. Lean-tuotanto voidaankin määritellä viisivaiheiseksi prosessiksi seuraavasti: (Kouri 2010: 6-7)

- arvon määrittäminen
- arvoketju
- virtaus
- imuohjaus
- erinomaisuuden tavoittelu.

Viimeiset kaksi vuosikymmentä, Lean on hallinnut teollista tuotantoa, mutta yritykset Lean-periaatteiden toteuttamiseksi ovat olleet pintapuolisia. Toyotan tuotantojärjestelmän perusta on 14 periaatetta, jotka voidaan jakaa neljään luokkaan kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 10. Toyotan tavan neljä periaateluokkaa (Liker 2010: 6).

Kuten kuvasta nähdään, perustana on pitkän tähtäimen ajattelu eli filosofia, jonka päälle on rakennettu Lean-ajattelun mukainen prosessi sen sisältämine työkaluineen. Seuraavassa on esitetty yhteenveto Likerin 14 peruseriaatteesta. (Liker 2010: 6-13.)

#### **Filosofia** eli pitkän tähtäimen ajattelu

- Periaate 1: Päätökset tehdään pitkän tähtäimen filosofian perusteella, ja lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella.

#### **Prosessi** eli tuotetaan oikeat tulokset

- Periaate 2: Luodaan prosessiin jatkuva virtaus, jolloin ongelmat saadaan esille.
- Periaate 3: Käytä imuohjausta, jotta ylituotantoa ei syntyisi.
- Periaate 4: Tasapainota tuotanto (Heijunka).
- Periaate 5: Luo kulttuuri, jossa ongelmat pysähdytään korjaamaan, että laatu saadaan kuntoon heti ensimmäisellä kerralla.
- Periaate 6: Standardoidut tehtävät toimivat ihmisten sitouttamisen ja jatkuvan parantamisen perustana.

- Periaate 7: Ota käyttöön visuaalinen ohjaus, jolloin ongelmat eivät jää piiloon.
- Periaate 8: Käytä ainoastaan teknologiaa, joka on luotettavaa ja perusteellisesti testattua sekä palvelee ihmisiä että prosesseja.

### **Ihmiset ja yhteistyökumppanit** eli tuotetaan lisäarvoa kehittämällä sidosryhmiä

- Periaate 9: Kasvata yrityksen sisältä johtajia, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa, opettavat sitä muille ja ymmärtävät työn perusteellisesti.
- Periaate 10: Kehitä sekä ihmisiä että ryhmiä, jotka noudattavat filosofiaa ja ovat poikkeuksellisen eteviä.
- Periaate 11: Osoita kunnioitusta tarjoamalla yhteistyökumppaneille ja alihankkijoille haasteita sekä auttamalla heitä kehittymään.

### **Ongelmanratkaisu** eli oppiminen ja jatkuva parantaminen

- Periaate 12: Mene itse paikalle ymmärtääksesi tilanteen perusteellisesti (genchi genbutsu).
- Periaate 13: Tee päätökset yksimielisyyden pohjalta, mutta nopeasti ja perusteellisesti kaikkia vaihtoehtoja harkiten.
- Periaate 14: Luo oppiva organisaatio jatkuvan parantamisen (kaizen) ja väsymättömän arvioinnin (hansei) kautta.

Kuten Jeffrey K. Liker (2010: 6-13) kirjassaan *The Toyota Way* (Toyotan tapaan) toteaa, Lean ei ole vain joukko työkaluja tuotannon parantamiseksi, vaan kokonainen järjestelmä, jonka tulee ulottua koko organisaatioon.

## 3.1 Virtaus

Virtaus on Lean-tuotannon perusta, jossa tuotteita valmistetaan välittömän tarpeen perusteella. Tällöin varastot ja keskeneräisen tuotannon määrä pysyvät mahdollisimman pieninä, ja tuotteet virtaavat tuotannossa pysähtymättä.

Virtauksen tehokkuutta mitataan läpäisyajalla, jolla tarkoitetaan kalenteriaikaa valmistuksen aloittamisesta siihen, että tuote on valmis. Keskeneräinen tuotanto vaikuttaa suorasti läpäisy aikaan eli mitä suurempi keskeneräinen tuotanto on, sitä pidempi on myös läpäisy aika. Läpäisyajan lyhentäminen virtauksen avulla ei tarkoita työtahdin kasvattamista, vaan se perustuu odotusaikojen poistamiseen tuotannosta.

Tuotantoprosessin ongelmat, kuten laatu- ja konehäiriöt, saadaan nopeasti esille virtauksen tehostamisella. Virtaus pakottaakin yrityksen kehittämään toiminnan suunnitelmallisuutta ja tuotannon luotettavuutta sekä poistamaan laatuhäiriöitä. (Kouri 2010: 20-21.)

### 3.2 Tuotannon tasoitus

Kuten virtauksen tehostamisella, myös tuotannon tasoittamisella pyritään välttämään keskeneräisen tuotannon määrää ja turhaa varastointia. Tuotanto suoritetaan pienissä ja säännöllisesti toistuvissa erissä. Näin saavutetaan seuraavia etuja:

- Työvoiman ja koneiden kuormitus on tasaisempaa.
- Materiaalien kulutus on tasaisempaa.
- Varastoinnin tarve on pienempi.
- Tuotanto joustaa asiakastarpeiden mukaisesti.
- Toimittajien ja alihankkijoiden ohjaus on helpompaa.

Tuotannon tasoittaminen johtaakin pienerätuotantoon, jossa eri variaatioita tai tuotteita valmistetaan tasaisin väliajoin muuttamatta kuitenkaan päivittäistä työtahtia. Työntekijöiden näkökulmasta toimivalla pienerätuotannolla lisätään työn vaihtelevuutta, tasoitetaan työtahtia, vakautetaan tuotantoa ja vähennetään sähläämistä sekä suunnitelmien muutoksia. (Kouri 2010: 18-19.)

### 3.3 Työn vakiinnuttaminen

Työn standardoinnilla työtavat ja -menetelmät saadaan yhtenäisiksi, jolloin voidaan selvittää, kuinka toteutustapa vaikuttaa tuottavuuteen, laatuun ja työturvallisuuteen. Näin taataan myös tasalaatuinen tuote. Työn vakiinnuttamisen perustana ei kuitenkaan ole oma-aloitteisuuden vähentäminen, vaan työntekijöitä on tarkoitus haastaa kehittämään parempia menetelmiä osana jatkuvaa parantamista.

Standardoitujen työtapojen ja -menetelmien pohjalta voidaan luoda työohjeita, joissa kuvataan työn keskeiset tuottavuuteen, laatuun ja työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät, kuten avainkohtien toteutus, eri vaiheet ja ongelmakohtat. Ohjeiden tulee olla lyhyitä sekä

helppolukuisia, ja työskentelytapoja selventämään voidaan käyttää kuvia ja kaavioita. (Kouri 2010: 16-17.)

### 3.4 Laatu ja jatkuva parantaminen

Ongelmat ovat tilaisuus kehittää laatua, tehokkuutta tai työturvallisuutta, joten yrityksen tulee nähdä ne mahdollisuutena parantaa omaa toimintaansa. Jotta toiminta voisi kehittyä, tulee yrityksellä olla valmiudet virtauksen ja välivarastojen poistamisen johdosta ilmenneiden ongelmien ratkaisemiseksi. (Kouri 2010: 14-15.) Ongelmanratkaisuprosessin ensimmäinen vaihe on todellisen tilanteen ymmärtäminen, joka edellyttää paikan päälle menemistä. Todellisen tilanteen ja kaikkien sen osatekijöiden perusteellinen tuntemus luovat pohjan ongelmanratkaisulle, mutta taito arvioida ja analysoida nykyistä tilannetta kriittisesti on seurausta useiden vuosien oppimisesta. (Liker 2010: 224.)

Likerin (2010: 238-253) mukaan todellisen tilanteen ymmärtämisen jälkeen ongelman juurisyyt selvitetään esittämällä viisi kertaa miksi? -kysymys. Tämä johtaa ongelmanratkaisun prosessissa taaksepäin aina ongelman alkulähteelle. Kuvassa 11 on havainnollistettu viisi kertaa miksi? -kysymyksen analyysi kuvitteellisen ongelman pohjalta. Huomaa, että vastatoimenpiteiden taso muuttuu huomattavasti, mitä syvemmälle prosessissa kaivaudutaan.

	<b>Ongelman taso</b>	<b>Vastatoimenpiteiden taso</b>
Miksi?	Tehtaan lattialla on öljylammikko	Siivoa öljy
Miksi?	Koska koneesta valuu öljyä	Korjaa kone
Miksi?	Koska tiiviste on heikentynyt	Vaihda tiiviste
Miksi?	Koska ostimme huonoista raaka-aineista valmistettuja tiivisteitä	Muuta tiivisteiden teknisiä ominaisuuksia
Miksi?	Koska saimme hyvän hinnan noille tiivisteille	Muuta hankintakäytäntöjä
Miksi?	Koska ostovälittäjiä arvioidaan lyhyen aikavälin kustannussäästöjen pohjalta	Muuta ostovälittäjien arviointikäytäntöä

Kuva 11. Viiden miksi? -kysymyksen analyysi (Liker 2010: 253).

Saatujen tulosten perusteella käydään läpi kaikki vaihtoehtoiset ratkaisut ongelman ratkaisemiseksi. Ongelmanratkaisuksi esitetään perustellusti paras ratkaisu yksimielisyyden pohjalta. (Liker 2010: 238-253.)

## 4 Tulokset

Insinööriyön tulokset on jaettu kahteen osaan. Ensin käsitellään kaikille työvaiheille ominaisia projektin hallinnan menetelmiä, jonka jälkeen kriittisten työvaiheiden onnistumisen edellytyksiä ja mahdollisia kompastuskiviä.

### *Projektin käynnistys*

Projektia käynnistettäessä työnjohtoresurssien tulee olla valmiina tai vähintäänkin tiedossa, jotta projekti saadaan potkaistua liikkeelle jouhevasti ja vastualueet ovat heti selvillä. Tutkimuksessa havaittiin, että vahvan kasvun ja työvoimapulan vallitessa, projekteja potkaistaan liikkeelle pienen projektiryhmän voimin ja työnjohtajia rekrytoidaan lisää projektin edetessä. Tämä johtaa siihen, että vastualueet saattavat muuttua projektin edetessä ja työmaantoimintoihin, tavoitteisiin sekä yrityksen tapoihin ei keretä perehtyä kunnolla. Myös pienessä piirissä laadittuun projektisuunnitelmaan sekä sen sisältämään aikatauluun ja työmääräarvioihin on vaikeampi sitoutua, kun niihin ei ole päässyt vaikuttamaan.

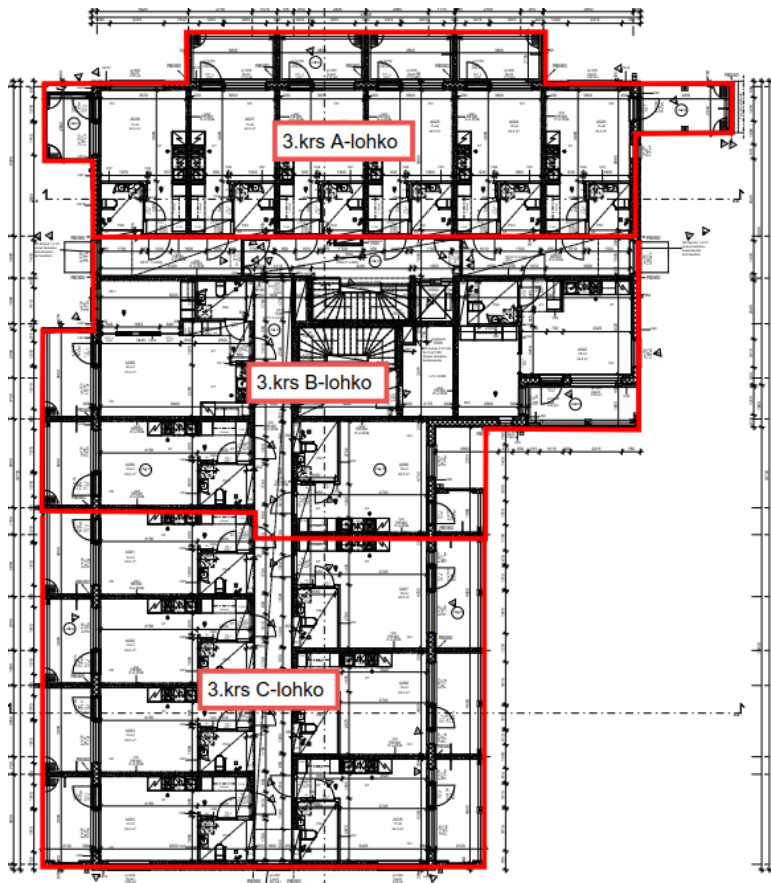
### *Projektin aikaohjaus*

Tutkimuksen perusteella suurimmat puutteet yrityksen projektin hallinnassa ilmenevät aikaohjauksessa, jossa yleisesti laadittuna on vain yleisaikataulu. Viikkopalaverissa käydään läpi koko projektiryhmän kesken valmistuneet ja tulevat työvaiheet sekä niiden vastuuhenkilöt. Keskeisimmistä rakennusvaiheista saatetaan luoda rakennusvaiheaikataulu, jossa käydään viikkotasolla läpi työvaiheet aliurakoitsijatasolla. Viikkoaikataulujen laadinta on puolestaan työnjohtajien vastuulla omien aliurakoitsijoiden osalta. Rakennustyömaalla, jossa useat työsuoritukset limittyvät toisiinsa ja oikea työjärjestys on tärkeä, kyseinen menettelytapa luo useita viikkoaikatauluja, jotka eivät kohtaa keskenään. Päädytään tilanteisiin, joissa jonkin urakoitsijan työsuorituksen aloitus viivästyy, koska aikai-

sempi työvaihe on kesken tai pahimmassa tapauksessa kokonaan unohdettu. Toimivassa aikaohjauksessa yleisaikataulu sisältää kaikkien työvaiheiden aika-arviot sekä projektin kriittiset pisteet. Projektin edetessä yleisaikataulun pohjalta laaditaan rakennusvaihe aikataulut ja edelleen viikkoaikataulut vyöryvän aallon periaatteiden mukaisesti. Rakennusvaihe- ja viikkoaikatauluja ylläpidetään ja niiden toteutumista seurataan läpi rakennusprojektin ajan koko projektiryhmän kesken esimerkiksi viikkopalaverissa. Hyvä työkalu aikataulujen laadintaan on rakennusalallakin yleisesti käytetty Last Planner -menetelmä, joka on visuaalinen, yksinkertainen ja selkeä. Last Planner haastaa koko projektiryhmän yhdessä miettimään oikeaa työjärjestystä, resursseja ja toimintatapoja. Sen avulla viikkoaikatauluista muodostuu yksi yhtenäinen tahtiaikataulu, josta ilmenevät jokaisen urakoitsijan tulevat työsuoritukset ja niille varattu aika. Last Plannerin suurin haaste on kuitenkin saada aliurakoitsijat mukaan sitoutumaan ja noudattamaan luotuja aikatauluja.

### *Toteutusprosessi*

Toteutuksen ohjauksen ja valvonnan helpottamiseksi aliurakoitsijoiden työsuoritukset on jaettava järkevästi kokosiin alueisiin, johon vaikuttaa olennaisesti rakennuksen koko. Pie-nissä kohteissa sopivana alueena toimii yksi kerros, mutta suuremmissa kohteissa kerros on hyvä jakaa useampaan lohkoon kuvan 12 mukaisesti. Aliurakoitsijaa ei saa päästää etenemään seuraavaan lohkoon ennen kuin aikaisemman lohkon työvaihe korjauksineen on täysin valmis ja tätä ohjataan oikein laaditulla maksuerätaulukolla. Näin tataan valmis mesta seuraavan aliurakoitsijan työvaihetta varten. Seuraavan työvaiheen suorittajan kanssa tulee tehdä mestan vastaanottotarkastus, jossa todetaan mahdolliset havaitsematta jääneet puutteet. Mestan vastaanottokatselmus suoritetaan hyvissä ajoin ennen seuraavaa työvaihetta, jotta puutteet keretään korjaamaan.



Kuva 12. Kolmannen kerroksen lohkojako.

Aliurakoitsijoiden työsuorituksia on valvottava päivittäin. Mahdollisiin virheisiin tai puutteisiin on puututtava välittömästi, etteivät ne pääse kertaantumaan. Tutkimuksen mukaan suurimmat asennusvirheet ennaltaehkäistään jokaisesta työvaiheesta tehtävällä malliasennuksella kaikilla T2H Rakennus Oy:n työmailla. Malliasennus suoritetaan aina uudelleen, mikäli työryhmä vaihtuu, ja malliasennuksesta tehdään virallinen katselmuspöytäkirja. Työsuorituksen viivästyessä aikataulu tulee kuroa kiinni ensisijaisesti työryhmän kokoa kasvattamalla tai vaihtoehtoisesti työaika pidentämällä, joka ei ole kuitenkaan pitkäaikainen ratkaisu. Yhtenä ongelmana työsuorituksen valvonnassa havaittiin, että yleisten tilojen valmistumiseen ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Yleisten tilojen valmistuminen on saatava kulkemaan rinnan asuntojen kanssa; muutoin työsuoritus on keskenäinen ja maksukelvoton.



Talvella rakennettaessa tulee varautua ja suunnitella ennalta toimintatavat vaihteleville sääolosuhteille. Betonitöille tehdään talvibetonointisuunnitelma, josta käy ilmi lämmityksen ja suojauksen tarpeet. Tehtyä suunnitelmaa on myös noudatettava. Myös lumentuloon on varauduttava erityisesti rungonasennuksen yhteydessä. Runko voidaan suojata nostolenkeillä varustetuilla kestopeitteillä, jotka voidaan nostaa pois suoraan nosturilla. Maanrakennustöiden aikana tulee avata vain maa-alue, joka saadaan päivän aikana tehtyä valmiiksi. Talvilisätyöt on myös huomioitava aikataulua laadittaessa ja niille on varattava riittävä lisäaika.

### *Laadun ohjaus*

Usein on todettu, että siisteys parantaa rakentamisen laatua huomattavasti. T2H Rakennus Oy:n aliurakoitsijoilla on sopimuksen mukainen velvoite siivota omat jätteensä työpisteeltä jätelavoille päivittäin. Työssä havaittiin, että siivouksesta kuitenkin luistetaan ja kerrokseen kertyy jätesarjoja ja -kasoja. Kun yksi aliurakoitsija jättää roskansa kerrokseen, kasaantuu sinne muidenkin jätteitä. Näin ollen kenellekään aliurakoitsijalle ei saa myöntää erityisoikeuksia. Ainut toimivaksi todettu ratkaisu siivouksen toteutumiseksi on valvoa omien aliurakoitsijoiden siivousvelvoite päivittäin työnjohtajan toimesta. Jos siivousvelvoite laiminlyödään, on jätteet siivottava välittömästi kolmannen osapuolen toimesta ja reklamoitava aliurakoitsijalle. Vain tällä tavoin varmistetaan työpisteiden siisteys.

Laadun hallinnan ja mahdollisten tulevien ongelmien välttämiseksi kaikki piiloon jäävät rakenteet, kuten pohjaviemärit, putkikuilut, asuntojen viemärit sekä lattialämmitysputket, yläpohjan rakenteet ja niin edelleen valokuvataan ennen seuraavaa työvaihetta. Näin esimerkiksi poramittauksin suoritettavat kosteusmittaukset voidaan ottaa vaurioittamatta rakenteen sisällä olevia putkia. Valokuvilla voidaan osoittaa myöhemmässä vaiheessa myös määräysten mukainen asennustapa ja rakennekerroksien oikeellisuus purkamatta rakenteita.

Sisävalmistusvaiheessa erityisesti lattiamateriaalien kuivuminen vaatii jatkuvaa olosuhteiden seuranta. Sementtipohjaisten materiaalien kuivuminen hidastuu merkittävästi, jos lämpötila laskee alle +20 °C tai ilmankosteus on suurempi kuin 50 %. Kuivumisolosuhteita tulee seurata jatkuvasti jokaiseen kerrokseen asennettavilla lämpö- ja kosteusmittareilla, jotta kuivumisolosuhteet saadaan optimaaliseksi. Tavoiteltava lämpötila on yli

+25 °C ilmastokosteuden jäädessä alle 40 %:n. Mikäli haluttuihin olosuhteisiin ei päästä, työnaikaista lämmitystä on tehostettava ja ilmastokosteuden haihtumista parannettava esimerkiksi kondenssikuivaimilla. Ennen lattioiden päällystämistä parketilla tai vedeneristeellä rakenteiden kosteudet mitataan porareikämittauksin. Vain kuivuneet rakenteet voidaan päällystää ja mittaustulokset arkistoidaan.

Aliurakoitsijoiden käyttämät materiaalit tulee aina hyväksyttäväksi T2H Rakennuksella. Työnjohtajan vastuulle jää tarkistaa, että käytetyt materiaalit ovat vaatimusten mukaiset ja niiden asennuksessa noudatetaan materiaalivalmistajan ohjeita. Eri materiaalivalmistajien tuotteilla saattaa olla toisistaan poikkeavia asennusohjeita, joita on myös noudatettava. Mahdollisuuksien mukaan asennuksista otetaan näytteet, joilla todetaan asennuksen oikeellisuus. Esimerkiksi vedeneristyksen paksuus on tarkistettava jokaisesta asunnosta otettavalla koepalalla.

Rakennusvalvonnan vaatimat katselmukset suoritetaan ajallaan ennen rakenteiden peittämistä. Toimintakokeet, mittaukset ja säädöt tulee valvoa ja suorittaa ohjeiden ja määräysten mukaisesti. Aliurakoitsijan suorittamien omien toimintakokeiden jälkeen suoritetaan talotekniikkalatteiden toimintakokeet vielä LVI-valvoja toimesta. Mittauksien ja säätöjen osalta saadut tulokset tulee varmentaa pistokoemaisilla tarkastuksilla. Sähkömittaukset varmennetaan määräysten mukaisesti kolmannen osapuolen toimesta ennen kohteiden luovutusta.

#### *Materiaalit ja varastointi*

Työn aikana havaittiin, että materiaalien varastoinnista työmaalla aiheutuu lisäkustannuksia muun muassa siirroista ja vahingoittumisesta. Materiaalien toimitukset työmaalle tulee tilata erissä ja välttää välivarastointia työmaalla. Aliurakoitsijoille on osoitettava varastointipaikka omille materiaaleilleen eikä kaikkia materiaaleja saa toimittaa työmaalle yhdellä kertaa. Materiaalit toimitetaan työmaalle vain seuraavaa työvaihetta varten, muutoin varastointitilaa ei ole riittävästi kaikille aliurakoitsijoille.

T2H Rakennus Oy:n työmailla suurin osa väliseinistä valmistetaan kipsilevyistä. Rungon asennuksen yhteydessä kipsilevytavat nostetaan valmiiksi kerroksiin ja suojataan kosteudelta. Lavat ovat usein tiellä ja niitä joudutaan siirtelemään muiden töiden tieltä ennen sisävalmistusvaiheen alkamista. Kipsilevyt ovat myös alttiita rungonasennuksen aikana

sisään pääsevälle kosteudelle. Kun kylpyhuoneiden väliseinät rakennetaan AKO-elementeistä tai harkoista, niin kerroksiin varastoitavien kipsilevyjen määrä vähenee huomattavasti. AKO-elementit tai harkot voidaan tehdä valmiiksi rakenteeksi jo rungonasennuksen ollessa käynnissä, jolloin niiden hankinnasta ja asennuksesta syntyvät lisäkustannukset säästetään ainakin osittain sisävalmistusaikataulun lyhentymisellä.

### *Maanrakennus ja paalutus*

Maanrakennus- ja paalutustyöt aloitetaan hankkimalla tarvittavat luvat, kuten melu- ja tieluvat. Ennen täyttötöiden alkamista tulee työnjohdolla olla ymmärrys maanrakennukseen käytettävien maalajien käyttötarkoituksista ja laadullisista mittareista. Töiden edessä pohjista otetaan tarkemittaukset, ne valokuvataan jokaisen työvaiheiden välissä ja suoritetaan viranomaisten vaatimat katselmukset.

Maanrakennuksen aikana tehtävät rakennekerrokset ja niiden tiivistys on suoritettava suunnitelmien ja työselityksen mukaisesti. Korkomaailmassa on huomioita tarvittavat an-turoiden alapuoliset eristykset, etteivät pohjat ole kovia. Paalutusta varten on varattava riittävä työskentelytila paalutuskoneelle. Lyöntipaalujen varastointiin ja käsittelyyn sekä lyöntilujuuteen on kiinnitettävä huomiota. Näin ennaltaehkäistään paalujen katkeaminen. Tarvittavista nosturi- ja Alimak-pedeistä on pohjatöiden yhteydessä tehtävä riittävän kantavat. Maanrakennustöiden yhteydessä tulee huomioida kaikki tarvittavat talotekniset varaukset ja liittymät sekä salaojien ja pohjaviemäreiden asennus. Salaojien ja pohjaviemäreiden kaadot on aina tarkistettava ennen peittämistä. Muita aliurakoitsijoita ei saa päästää töihin ennen kuin pohjatyöt ovat täysin valmiit. Rakennuksen vierustäytöt, hule-vesikaivot ja pintarakenteet on tehtävä loppuun ennen maanrakennusurakoitsijan päättämistä pois työmaalta.

Mahdollisina kompastuskivinä maanrakennus- ja paalutustöiden osalta havaittiin, että maanrakennusurakan laajuutta ei ymmärretä työmäärää ja aikataulua suunniteltaessa sekä käytetyt maalajit ovat väärinä tai epäpuhtaita. Lisäksi katkaistut paalunpäät ja käytökelvoton maa-aines kasaantuvat usein työmaalle.

### *Perustukset*

Töiden yhteensovitus maanrakentajan, perustusurakoitsijan ja LVIS-urakoitsijan kanssa on tärkeää ja kaikille on varattava riittävä työaika. Korkomaailma ja korkomerkkien sijainti on tarkistettava mestan luovutuksen ja vastaanoton yhteydessä. Vain mittamiehen antamia korkomerkkejä tulee käyttää oman urakan osalta. Viileällä säällä tulee varautua betonivalujen suojaukseen ja mahdolliseen lämmitykseen. Perustusurakoitsijalle on osoitettava varastointipaikka omille materiaaleilleen ja materiaalien toimitus vain seuraavaa työvaihetta varten.

Muottien rakennuksessa on valvottava, että muotit ovat riittävän hyvin tuetut ja kestävät betonivalun aiheuttaman paineen. Raudoittaessa teräkset on surrattava yhdeksi kokonaisuudeksi, jotta teräkset eivät pääse heilumaan valuvaiheessa. Suojaetäisyyksien täytyminen on myös valvottava. Ylä- ja alareunan pääterästen jatkokset tulee tehdä eri kohtiin raudoitusta ja jatkospituudet on tehtävä suunnitelmien mukaisesti. Raudoituksen jälkeen on huolehdittava tarvittavien varausreikien ja maadoituskaapelien asennus. Ennen valua tulee selvittää yläpuoliset rakenteet ja varmistaa kaikkien pulttien, tappien ja saumarautojen määrä ja oikea sijainti.

Valuvaiheessa betonia on tärytettävä riittävästi niin, että se ympäröi kaikki teräkset, ja ylimääräinen ilma pääsee poistumaan. Työsaumojen tekoa on vältettävä, ja niiden sijainti on varmistettava rakennesuunnittelijalta. Muottien purun jälkeen on huolehdittava rakenteesta riippuen kapillaarikatkon, radon- ja vedeneristyksen oikea-aikainen asennus.

Mahdollisina kompastuskivinä perustusten teossa havaittiin, että terästen vaaditut suojaetäisyydet eivät täyty, muotit eivät kestä täryttämistä tai betonia ei tärytetä riittävästi eikä sokkelin pinnan jälki täyty haluttua vaatimustasoa.

### *Runkovaihe*

Betonelementtien asennusaikataulua laadittaessa on huomioitava mahdolliset toimitus- ja asennusviiveet sekä mahdollisten suunnitteluvirheiden korjaukset. Ennen elementtien toimitusta suoritetaan elementtikatselmuskierros elementtitehtaalla, josta laaditaan katselmuspöytäkirja. Elementtien saapuessa työmaalle suoritetaan vastaanottotarkistus ja mahdollisista puutteista tai vaurioista reklamoidaan välittömästi. Elementeistä on myös tarkistettava, että ikkunakaiteet on asennettu määräysten mukaisesti.

Elementtien asennusdetaljeihin sekä korkoihin on tutustuttava ennen asennusta. Näin voidaan ennakoita mahdolliset työmaalla tehtävät korjaustoimenpiteet ennen elementtien asennusta. Seinäelementtejä asennettaessa on varmistuttava, että asennuksen yhteydessä saumavillaa ja elementtien alle tulevaa betonia käytetään riittävästi. Näin ehkäistään lämpövuodot ja saumojen paikkaukset myöhemmässä vaiheessa. Seinäelementtien suoruudet tulee tarkistaa ennen ontelolaattojen asennusta, jolloin niiden suoristaminen on mahdollista. Materiaalien haalaus, kuten ikkunat ja väliseinämateriaalit, tulee nostaa kerroksittain ennen onteloiden asennusta. Parvekelaattojen suojaus toteutetaan heti parvekekaiteiden ja -puiden asennuksen yhteydessä. Elementtitoimittajalle kuuluvat elementtikorjaukset on saatava käyntiin mahdollisimman nopeasti puutteiden havaitsemisesta.

Urakkasopimuksen mukaiset valujen ja roiskeiden siistimiset on saatava kulkemaan rungonasennuksen perässä niin, että välissä on yksi valmis kerros. Kaikki paikkaukset, roiskeiden siistimiset, poraukset ja sähköurat tulee olla pääosin valmiina, kun vesikatto saadaan valmiiksi. Yläpohjan ja IV-konehuoneen asennuksessa on huomioitava IV-koneiden nostot ja kuoritukien asennus.

Mahdollisina kompastuskivinä betonielementtien asennuksessa havaittiin, että elementtisaumat, kuten valut ja saumavillat, on tehty puutteellisesti. Tämän lisäksi valujen ja roiskeiden siistiminen on tehty huonosti tai ne ovat aloittamatta ja kaidetolppien tai -puiden asennus on puutteellinen.

### *Vesikatto*

Vesikaton valmistuminen on projektin yksi kriittinen piste, joka mahdollistaa sisävalmistusvaiheen aloittamisen. Näin ollen vesikatto on saatava vedenpitäväksi mahdollisimman pikaisesti.

Vesikaton suunnitelmat on hyvä käydä läpi yhdessä suunnittelijoiden, työnjohdon ja alirakoitsijan kesken, koska vesikattorakenteiden suunnittelu ei ole arkkitehtien tai rakennesuunnittelijoiden ominaisinta alaa. Samalla tarkastetaan myös kattoristikoiden sijainti ja muoto suhteessa yläpohjan LVI-asennuksiin. Näin kattoristikoiden muotoa voidaan mahdollisesti muuttaa tai tehdä korjaussuunnitelmat katkaistaville ristikoille ennakkoon.

Kattoristikot on tilattava riittävän aikaisin ja toimitusajankohtaan on varattava nostokaluksi valmiiksi. Ristikoiden päät tulee tilata valmiiksi maalattuina ja muut säälle alttiit puumateriaalit, kuten räystääpuut, vähintäänkin pohjamaalattuina. Vesikaton puutöissä on varmistettava, että aliurakoitsijan käyttämät puumateriaalit ovat oikeaa lujuusluokkaa. Tarvittavat viranomais- ja muut katselmuksot puutöiden osalta on sovittava riittävän aikaisin. Kesällä puhallusvillan asennusta ei tule kiirehtiä, vaan kaikki työvaiheet tulee suorittaa rauhassa valmiiksi.

Vesikatolle tulevien luukkujen ja muiden saumojen sekä liittymäkohtien detaljien toteutuskelpoisuus on käytävä läpi ennen asennuksen aloittamista, koska ne ovat suurimpia riskikohtia vesivuodoille. Vedeneristys- ja peltitöissä on huolehdittava riittävät ylösnostot, jotta sadevesi ei pääse uimaan sisään esimerkiksi tuulen vaikutuksesta.

Mahdollisina kompastuskivinä vesikaton rakentamisessa havaittiin, että vesikaton loput työt jäävät roikkumaan, kun vesikatto on saatu pääosin valmiiksi ja vedeneristysten tai peltien nostot eivät ole riittävät. Lisäksi huomattiin, että vesikaton puutöitä ei ole tehty suunnitelmien ja detaljien mukaisesti tai käytetyt puumateriaalit eivät ole vaadittua lujuusluokkaa.

#### *Kosteuden hallinta*

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on laadittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelma, joka pohjautuu annettuun kosteudenhallinta selvitykseen. Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää tiedot riskeistä, kuivumisajoista, olosuhteista, valvonnasta ja niin edelleen.

Kuivumisolosuhteiden seuraamiseksi on jokaiseen kerrokseen asennettava lämpö- ja kosteusmittarit, joiden perusteella ryhdytään toimiin, jos olosuhteet eivät täytä haluttua vaatimustasoa. Halvin lämmitysmuoto jo rakentamisvaiheen aikana on kaukolämpö, joten kaukolämpöpaketti on tilattava työmaalle riittävän aikaisin. Kuivumisen nopeuttamiseksi alimpien kerroksien työnaikainen lämmitys saadaan päälle ja rakenteet kuivumaan jo runkovaiheen aikana väliaikaisella osastoinnilla. Samanaikaisesti veden valuminen alempiin kerroksiin tulee estää ja lammikoitunut vesi poistaa kerroksista.

Kylpyhuoneiden maakosteavalut tulee tehdä täysin puhtaalle ja kuivalle pinnalle, ja kuivumisen mahdollistamiseksi kylpyhuoneet on pidettävä tyhjänä sekä pinta imuroitava

säännöllisesti. Maakosteavalujen kuivumisesta, kuten muidenkin materiaalien kuivumisesta, haihtuu kosteutta ympäröivään huoneilmaan, jonka vuoksi ilman vaihtumisesta rakennuksessa on huolehdittava. Jos ilmankosteutta ei saada laskettua tarpeeksi ilmaa vaihtamalla, tulee käyttää kondenssikuivaimia. Lopullinen lämmitys on otettava käyttöön mahdollisimman nopeasti, mutta lattialämmitystä käytettäessä on huomioitava käytettävän veden maksimilämpötila.

Runkovaiheen aikana kerrokseen nostetut materiaalit on varastoitava niin, etteivät ne maa- kaa kosteilla lattiapinnoilla ja ne on suojattu yläpuoliselta vedeltä. Kosteus- ja rakennus- teknisesti allaskaapin vuotokaukalo on parempi toteuttaa asentamalla yhtenäinen 120 cm:n vuotokaukalo allaskaapin ja astianpesukoneen alle.

Mahdollisina kompastuskivinä kosteuden hallinnassa havaittiin, että työnaikainen läm- mitys on alitehoinen tai rakennuksen ilmankosteus on liian korkea ja kylpyhuone toimii varastotilana, jolloin maakostea ei pääse kuivumaan suunnitellusti. Lisäksi kerrokseen lammikoitunutta vettä ei poisteta, vaan pääsee valumaan alempiin kerrokseen.

### *Talotekniikka*

Ennen talotekniikka-asennusten aloitusta tulee suorittaa LVIS-urakoitsijoiden kesken tör- mäys- ja risteyspalaveri erityisesti asuntojen tiloista. Näin taataan kaikille osapuolille riit- tävä asennustila. Talotekniikkaan liittyvien asennuksien valvonnan avuksi kohteisiin han- kitaan myös ulkopuolinen LVI-valvoja.

Ensimmäinen tehtävä jo ennen asennuksien aloitusta on varmistaa lämmönvaihtimen ja tarvittavan työmaa-aikaisen lämmityksen tehot. Jos lämmönvaihtimen teho ei ole riittävä, voidaan vaihdin vaihtaa isompaan. Lämpöpaketti ja sähkökeskukset on tilattava työ- maalle mahdollisimman aikaisin, ja niiden kytkentä sekä tarvittavat mittareiden asennuk- set tulee suorittaa heti. Näin kaukolämpöenergia saadaan käyttöön mahdollisimman no- peasti ja työmaakeskuksista voidaan luopua normaalia nopeammin.

Ennen lämpörunkojen asennusta tulee lattialämmitysjakotukit olla asennettuna, jotta lämpörungot voidaan kytkeä suoraan jakotukeille valmiiksi rakenteeksi. Lämpörungot ja patterilinjat tulee saada valmiiksi mahdollisimman nopeasti ja ne on otettava osaksi työ- maan lämmitystä.

Vesi- ja lämpöputkien liitokset, erityisesti puristusliitokset, ovat mahdollisia vuotokohtia, joiden asennukseen on kiinnitettävä huomiota. Hyvin kannakoiduissa putkilinjoissa huonosti tehty puristusliitos saattaa kestää painekokeet, mutta alkaa vuotamaan myöhemmin. Pienien, alle 18 mm putkien mutkat voidaan tehdä taivuttamalla, mutta suurempien putkien mutkat suositellaan tehtäväksi käyttäen mutkaosia. Putkia taivuttaessa putken pinnan on pysyttävä ehjänä eikä siihen saa muodostua epämuodostumia, jotka vaikuttavat virtaukseen.

Vesi- ja lämpölinjojen painekokeet on hyvä suorittaa ensin ilmalla, jolloin mahdolliset vuotokohdat voidaan korjata ennen painekokeita vedellä. Painekokeet tulee suorittaa ohjeiden mukaisesti. Piiloon jäävät talotekniikka asennukset, kuten viemärit, lattialämmityspotket ja kuilujen sisältö valokuvataan ennen peittämistä.

Mahdollisina kompastuskivinä talotekniikan asennuksissa havaittiin, että viemäreiden ja putkien kannakointi sekä materiaalien säilytys on puutteellista tai putket vaurioituvat niitä taivutettaessa. Lisäksi todettiin, että laitteiden säätöihin ja mittauksiin ei jää riittävästi aikaa tai ne on tehty virheellisesti.

### *Sisävalmistusvaihe*

Sisävalmistusvaiheessa tärkeintä on oikean työjärjestyksen suunnittelu. Näin aikaisemmin tehdyt työsuoritukset eivät pääse vaurioitumaan tai häiritsemään tulevia työsuorituksia. Toinen tärkeä asia on, että aikaisemman työsuorituksen kaikki mahdolliset puutteet on oltava korjattuna ennen seuraavaa työsuoritusta. Myös siivous jätelavoille asti on huolehdittava ennen seuraavaa suoritusta.

Jos suunnitelmien mukaisista koroista poiketaan, esimerkiksi kylpyhuoneen paneelikaistoissa, tulee tästä sopia riittävän aikaisin koko työmaahenkilöstön ja aliurakoitsijoiden kesken. Ennen maalaus- ja tasoitustöiden aloitusta tulee kaikkien kipsilevytöiden, kuten seinien, alas laskettujen kattojen ja koteloiden, oltava täysin valmiita. Kipsilevy- ja alakattoasennuksissa on huolehdittava tarvittavat huolto- ja tarkastusluukut. Maalaustöissä yleisten tilojen liittymäkohdat maalataan valmiiseen pintaan kerroksen yhteydessä, jonka jälkeen voidaan asentaa esimerkiksi alakattorungot ja patterit. Maalaus- ja tasoitustöiden yhteydessä kaikki tarvittavat LVIS-asennukset on suojattava riittävän hyvin, koska taasoite syövyttää kupariputkia.



Ennen parketin asennusta asuntojen kaikki muut työt on tehtävä valmiiksi, jotta parketti ei pääse vaurioitumaan. Parketin asennuksen jälkeen asennetaan vain väliovet ja listat.

Mahdollisina kompastuskivinä sisävalmistusvaiheessa havaittiin, että pohjat eivät ole tarpeeksi hyvät seuraavaa työsuoritusta varten, kipsilevykorjauksia tai alakattoja tehdään maalaus- ja tasoitustöiden jälkeen sekä työvaiheita joudutaan tekemään vielä parketti-asennuksen jälkeen. Lisäksi töiden edistymisessä keskityttiin vain asuntojen valmistumiseen yleisten tilojen kustannuksella.

### *Malliasunnot*

Malliasunnoilla on tärkeä rooli kohdeyrityksen myynnin tehostamisessa, joten ne on saatava valmiiksi mahdollisimman nopeasti. Samalla malliasunnot toimivat kuitenkin mallityönä, joiden avulla voidaan muuttaa epäkohtia muiden asuntojen osalta. Yleensä malliasuntoja tehdään kaksi tai kolme kappaletta talon ylimpiin kerroksiin työmaata kohden.

Tutkimuksessa havaittiin, että malliasunnot toteutetaan yleensä oman aikataulun mukaisesti, yhden työnjohtajan valvonnan alaisuudessa. Malliasuntojen aikataulu täytyy kuitenkin olla osana koko työmaan aikataulua, koska siellä suoritettavat työvaiheet ovat pois muualla tehdystä työstä. Malliasuntojen työsuoritukset tulee kiireellisestä aikataulusta huolimatta suorittaa samojen aliurakoitsijoiden toimesta kuin muutkin asunnot, ja niiden valvonta kuuluu aliurakoitsijaa valvovalle työnjohtajalla. Malliasunnoille nimetään kuitenkin oma työnjohtajansa, joka huolehtii, että työpisteellä on aina joku töissä. Näin ollen malliasunnoista saadaan maksimaalinen hyöty muihin asuntoihin niin työnjohtajalle kuin aliurakoitsijoillekin.

Malliasuntojen valmistumisen nopeuttamiseksi käytetään nopeasti kuivuvia ja päällystettäviä massoja, joiden käyttö kustannussyistä ei ole järkevää muissa asunnoissa. Malliasuntoihin asennetaan myös väliaikainen lattialämmitys ja yläpohjan lämmöneristeet. Malliasunnot katselmoidaan yhdessä työmaahenkilöstön, kohdeyrityksen johdon ja myynnin kesken. Katselmuksella on sovittava hyvissä ajoin ennen valmistumista.

Mahdollisina kompastuskivinä malliasuntojen teossa havaittiin, että malliasunnot tehdään liian kiireellä ja malliasuntojen tekoon käytetään eri aliurakoitsijoita kuin muissa

asunnoissa. Lisäksi todettiin, että malliasuntojen työt valvotaan vain siihen nimetyn työnjohtajan voimin, jolloin hyöty muille työmaamestareille omien töiden osalta on olematon.

### *Sisäiset tarkastukset ja viimeistely sekä luovutus*

Kohdeyhteyksen järjestämissä sisäisissä tarkastuksissa muiden työmaiden henkilöstö tulee tarkastamaan valmiita asuntoja. Ensisijainen tarkoitus on havaita sellaiset virheet, jotka ovat kyseisen työmaan henkilöstöltä jääneet havaitsematta. Sisäisten tarkastusten avulla työnjohtajilla on kuitenkin mahdollisuus kehittyä myös omassa työssään, koska tarkastusten yhteydessä nähdään vaihtoehtoisia rakennusteknisiä ratkaisuja ja kiinnitetään huomiota nimenomaan virheisiin.

Sisäiset tarkastukset suoritetaan viimeistään kaksi kuukautta ennen kohteen luovutusta ja ennen niiden suorittamista kaikki työmaalla havaitut virheet on oltava korjattu. Tarkastuksista saadut virhelistat käydään läpi yksityiskohtaisesti aliurakoitsijoiden kanssa ja korjatut virheet tarkistetaan sekä hyväksytään päivittäin. Näin varmistutaan, että kaikki virheet tulee korjattua oikealla tavalla.

Asuntojen luovutus on tärkein osa asiakaskokemusta. Tutkimuksessa havaittiin, että seuraavat asiat tulee olla kunnossa asuntojen luovutuksessa:

- Yleiset tilat ja rakennuksen ympäristö ovat virheettömät ja siistit.
- Talokansiot ja luovutusmateriaalit on tehty huolellisesti ja riittävän aikaisin.
- Viranomaistarkastukset sekä isännöitsijän ja huoltoyhtiön perehdytykset on suoritettu hyvissä ajoin ennen luovutuspäivää.
- Korjaukset ja jälkitarkastukset on varmasti suoritettu.

Ennen luovutuspäivää tulee vielä varmistaa, että asunnoissa on lämmin, ne ovat puhtaita ja täysin valmiit, vedet toimivat sekä hajulukoissa on vettä. Myös asukkaiden kysymyksiin ja mahdollisiin käytönopastuksiin on varauduttava.

Mahdollisina kompastuskivinä viimeistelyssä ja luovutuksessa havaittiin seuraavia asioita:

- Asunnot eivät ole täysin valmiita ennen sisäisiä tarkastuksia tai asukastarkastuksia.
- Tarkastuksissa havaitut virhelistat annetaan aliurakoitsijoille, mutta niiden korjauksia ei valvota.
- Luovutukseen ei ole valmistauduttu tarpeeksi hyvin.
- Perekdytyksiä on sovittu luovutuksen yhteyteen.
- Yleiset tilat tai talon ympäristö ovat epäsiistit.

Viimeistelyn hyvän tason ja sisäisten tarkastusten ansiosta asukastarkastuksissa päästään keskiarvoon alle kolme virhettä asuntoa kohden.

## 5 Yhteenveto

Insinöörityön päämääränä on perehtyä rakennusprojektin kriittisiin työvaiheisiin ja löytää parhaat käytännöt niiden toteuttamiseen sekä jakaa T2H:n tapaa rakentaa yrityksen sisällä. Työn tarkoituksena on myös löytää kehitysideoita työmaatoimintoihin. Työn tavoitteena on luoda ohje tai työkalu, johon on kerätty tutkimuksessa havaitut parhaat käytännöt ja kehitysideat. Määriteltyjen tavoitteiden pohjalta teoreettiseen viitekehykseen valikoitiin projektin hallintaan ja Lean-filosofiaan liittyvää aineistoa.

Työn tekijän työskennellessä kohdeyrityksessä kokopäiväisesti työ aloitettiin määrittelemällä rakennusprojektin kriittisimmät työvaiheet oman tietotaidon ja epävirallisten keskusteluiden pohjalta. Työvaiheiden määrittelyn jälkeen suoritettiin kysymyksien asettelu ja haastateltavien henkilöiden valinta yhdessä työtä ohjanneen projektipäällikön kanssa. Haastateltavaksi valikoitui kuusi yrityksen eri asemassa työskentelevää henkilöä. Haastattelut suoritettiin vapaamuotoisesti keskustellen aseteltujen kysymysten runkoa noudattaen.

Työn tuloksena saatiin työkalu, johon on kerätty kriittisten työvaiheiden parhaat käytännöt yrityksen sisältä ja kehitysideoita näihin työvaiheisiin. Lisäksi saatiin kehitysideoita projektin hallintaan ja toteutukseen liittyviin ongelmiin, kuten aikaohjaukseen ja materiaalien varastointiin.

Tutkimuksen yleistettävyys on heikko, koska se on toteutettu yksittäisenä tapaustutkimuksena ja haastateltaviksi on valikoitunut vain kohdeyrityksen henkilöstöä. Tutkimuksen yleistettävyyden heikkoutta tukee myös se, että asetettujen tavoitteiden pohjalta työn tarkoituksena oli jakaa T2H Rakennuksen tapaa rakentaa omalle henkilöstölleen. Tehty tutkimus nojaa myös vahvasti haastateltavien henkilöiden kokemuksiin rakennusprojektin vaiheista ja niiden läpiviennistä.

Saatujen tulosten luotettavuus on kuitenkin hyvä ainakin kohdeyrityksen osalta. Tätä tukevat huomiot siitä, että epävirallisissa keskusteluissa esiin on noussut vastaavia huomioita rakennusprojektin toteutuksesta ja palaute saaduista tuloksista on ollut hyvä. Lisäksi löydettyihin kehitysideoihin on voitu tarttua ainakin työn tekijän työskentelemällä työmaalla kohdeyrityksessä.

Insinöörityön perusteella joihinkin yksittäisiin kriittisiin työvaiheisiin voitaisiin perehtyä syvemmin jatkotutkimuksissa, joiden pohjalta luotaisiin yksityiskohtaiset tarkastuslistat jokaiselle työvaiheelle. Yksityiskohtaisten tarkastuslistojen laatiminen jokaisesta kriittisestä työvaiheesta tämän insinöörityön puitteissa olisi ollut mahdotonta, koska työvaiheisiin kuuluu useita työsuorituksia ja aliurakoitsijoita. Toinen jatkotutkimuksen aihe työn perusteella on Last Planner -menetelmän käyttöönotto yhdellä T2H Rakennuksen työmaalla ja käyttöönotosta saatujen tulosten vertaaminen aikaisempiin projekteihin.

## Lähteet

Ahola, Jouni. Projektipäällikkö, T2H Rakennus Oy, Vantaa. Ohjauskokous 5.11.2018.

Karlsson, Åke; Marttala, Anders. 2001. Projektikirja: onnistuneen projektin toteuttaminen. Helsinki: Kauppakaari.

Kaskiaro, Kim. 2018. Työelämä. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoelama>>. Luettu 8.11.2018.

Kettunen, Sami. 2009. Onnistu projektissa. Helsinki: WSOYpro.

Kouri, Ilkka; Teknologiateollisuus (yhdistys). 2010. Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Liker, Jeffrey K.; Niemi, Marko. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.

Pelin, Risto. 2011. Projektihallinnan käsikirja. Helsinki: Projektijohtaminen Oy Risto Pelin.

Rakennusteollisuus RT ry. 2018. Ennakoitua parempi vuosi rakentamisessa. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2018/ennakoitua-parempi-vuosi-rakentamisessa>>. Luettu 8.11.2018.

Rakentamisen kasvu näkyy työvoimapulana. 2018. Verkkoaineisto. Duunitori Oy. <<https://duunitori.fi/tyoelama/rakennusalan-tyovoimapula>>. Luettu 8.11.2018.

Ruuska, Kai. 2007. Pidä projekti hallinnassa: suunnittelu, menetelmät, vuorovaikutus. Helsinki: Talentum.

Tuomi, Jouni; Sarajärvi, Anneli. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisältöanalyysi. Helsinki: Tammi.

T2H yrityksenä. 2018. Verkkoaineisto. T2H Group Oy. <<https://www.t2h.fi/yritys>>. Luettu 8.11.2018.

## Kriittiset työvaiheet ja haastattelukysymykset

Rakennusprojektin kriittiset työvaiheet:

- Maanrakennus ja paalutus
- Perustukset
- Runkovaihe
- Vesikatto
- Kosteuden hallinta
- Talotekniikka
- Sisävalmistus
  - Yleiset tilat
  - Märkätilat
  - Kuivatilat
- Malliasunnot
- Viimeistely ja sisäiset tarkastukset
- Luovutus

Kysymykset jokaisesta työvaiheesta:

- Vinkit kriittisten työvaiheiden toteutukseen?
- Yleisiä virheitä kriittisten työvaiheiden toteutuksessa?

Kysymykset projektin toteutuksesta:

- Kuinka Talviolosuhteet tulee huomioida toteutuksessa?
- Kuinka laadunhallinta toteutetaan työmaallanne?
- Kuinka töiden edistymistä seurataan ja valvotaan työmaallanne? Kuinka mahdolliset viivästykset kurotaan umpeen?
- Kuinka tavaratoimitukset ja varastointi on suoritettu työmaallanne? Kuinka oikeat tavarat saadaan oikeaan paikkaan oikeaan aikaan?
- Millaisena näet sisäisten tarkastusten ja malliasuntojen roolin viimeistelyssä ja laadunhallinnassa? Löytyykö kehitysideoita?
- Millä tavoin projektin läpiviennin toteutusta voitaisiin parantaa työmaallanne?