



Henri Lehtonen

Rakennustyön tehostaminen projek- tinhallintatyökaluilla kiinteistöjen sa- laoja- ja infraprojekteissa.

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Insinöörityö
26.5.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Henri Lehtonen
Otsikko: Toiminnan tehostaminen urakan eri vaiheissa
Sivumäärä: 39 sivua + 0 liitettä
Aika: 26.5.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen
Ohjaajat: Lehtori Mika Räsänen
Toimitusjohtaja Jukka Rasimus

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia toiminnan tehostamismahdollisuuksia kiinteistöjen salaoja- ja infraprojekteissa. Toteutettavat urakat ovat pääosin kiinteistöjen salaoja- ja pihakunnostuksia. Tavoitteena oli tehdä tutkimus, johon kerätään tietoa ja kokemuksia työmaalta sekä perehdytään alan kirjallisuuteen. Tutkimustuloksena löydettiin tärkeimpiä tehostamisen tarpeessa olevia prosesseja sekä kehitettiin niihin uudistettuja käytäntöjä.

Tutkimusmenetelmät keskittyvät kirjallisuuslähteisiin sekä työmaolosuhteista saadun tiedon analysoimiseen. Tutkimuksessa on kaksi teoreettista näkökulmaa. Perinteinen projektinhallinta sekä Lean-toimintamallin mukainen toimintojen tehostaminen. Kirjallisuutena käytettiin yleiseen projektinhallintaan sekä Lean-toimintamalliin liittyvää kirjallisuutta. Tutkimuksen pohjaksi analysoitiin yrityksen nykyistä toimintaa ja kuvattiin tyyppillinen urakan prosessi. Tutkimus keskittyy yleisesti projektinhallinnan tasolle, jonka lisäksi pyrittiin löytämään myös muutamia ratkaisuja suoraan työmaatoiminnan tehostamiseen.

Tutkimustulokset keskittyvät teoriaan pohjautuen erilaisiin tehostamiskeinoihin. Sekä riskejä ja epätehokkuutta aiheuttavien tilanteiden minimoimiseen. Prosesseja, joissa esiintyy selvästi eniten ongelmatilanteita, analysoitiin ja tehtiin tehostavia toimenpiteitä. Lean-toimintamallin mukainen virtaustehokkuus tulisi saada osaksi yrityksen prosesseja. Keskeisiä tekijöitä sen saavuttamiseksi ovat tehtävien suorittaminen yhtäjaksoisesti ja tehokkaasti, työntekijöiden hyvät edellytykset työntekoon ja oikeat työkalut työn tekemiseen, sekä materiaalien puutokset ja niiden hakemiseen käytettävä aika tulee minimoida.

Tutkimustuloksissa korostuu hyvän projektisuunnittelun tärkeys sekä resurssien oikeanlainen käyttö. Resurssien ominaisuudet tulee hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Lean-toimintamallin mukainen virtaustehokkuus prosesseissa on lähtökohta hyvin toimiville prosesseille. Materiaalien puutoksista aiheutuvat viivästykset ovat merkittäviä yleisesti eri rakennusprojekteissa. Materiaalien hankintoihin ja varastointiin liittyvät tehostamistoimenpiteet ovat lisänneet tehokkuutta merkittävästi urakoiden toteutuksessa jo tutkimuksen aikana.

Avainsanat: projektinhallinta, tehostaminen, Lean

Abstract

Author: Henri Lehtonen
Title: Increasing the Effectiveness of Real Estate Infrastructure and Subsurface Drain Repair Projects
Number of Pages: 39 pages + 0 appendices
Date: 26 May 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Infraconstruction Engineering
Supervisors: Mika Räsänen, Senior Lecturer
Jukka Rasimus, CEO

The purpose of the project was to research possibilities to increase the effectiveness of Real Estate Infrastructure and Subsurface Drain Repair Projects. Experiences from the construction site and the literature are the basis of the project.

The basic project management and the Lean method were the two theoretical perspectives of the project. Company's current working processes and procedures were illustrated and analyzed.

The results of the project are based on different kinds of methods of increasing the effectiveness and preventing the risks and ineffectiveness. Processes that had the most problems and ineffectiveness were analyzed and developed better. The Lean's flow of work processes should be part of the company's daily processes.

The results highlight the importance of the good planning of the project and resources. The methods of increasing the effectiveness of material supplies and storage have been very effective for the company.

Keywords: project management, effectiveness, Lean

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimusongelma	1
1.2	Tavoite	2
1.3	Yritysesittely	3
2	Projektinhallinta	4
2.1	Rakennusprojektin osa-alueet	4
2.1.1	Projektin suunnittelu	5
2.1.2	Vaiheistus ja ositus	9
2.1.3	Aikataulu	11
2.1.4	Resurssit	14
2.1.5	Projektin sisällön ja muutosten ohjaus	14
2.1.6	Riskien hallinta	16
2.1.7	Hankinnat	17
2.1.8	Viestintä ja tiedottaminen	19
2.1.9	Projektin päättäminen	21
2.2	Lean-toimintamallin soveltaminen rakentamisen projektinhallintaan	21
2.2.1	Leanin periaatteet ja tavoitteet	22
3	Leanin soveltaminen yrityksen nykyisiin toimintamalleihin	26
3.1	Nykyisten prosessien analysointi	27
3.2	Havainnot työmaalta	28
4	Rakennustyön toiminnan tehostamisen toimenpiteet	31
4.1	Microsoft Project projektinhallintaohjelmisto	31
4.2	Tehtävien suunnittelu Microsoft Plannerilla	33
4.3	Virtaustehokkuus osaksi prosesseja	34
4.4	Materiaalikontti ja materiaalivirojen automatisointi	35
4.5	Työkalut työmaalla tapahtuvaan dokumentointiin	36
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	37
	Lähteet	40

Lyhenteet

Hymasi:	Hyvinkään Maansiirto Oy:stä käytettävä lyhenne.
MS Planner:	Microsoft Planner -ohjelmasta käytettävä lyhenne.
MS Project:	Microsoft Project -ohjelmasta käytettävä lyhenne.
WBS:	<i>Work Breakdown Structure</i> . Projektiosituksesta käytettävä termi, jolla projekti jaetaan itsenäisesti suunniteltaviin ja toteutettaviin tehtäväkokonaisuuksiin.

1 Johdanto

Rakennusala on viime vuosien aikana ollut digitalisoitumisen murroksessa. Vanhat toimintatavat ovat jääneet monessa yrityksessä pois käytöstä ja toimintaa on kehitetty tietoteknisten järjestelmien avulla. Ongelma rakennusalalla on yleisesti se, että useat rakennushankkeet kärsivät aikataulu-, laatu- ja kustannusongelmista sekä matalasta tuottavuudesta. Vuosikymmenien aikana tuottavuus ei ole vuositasolla juurikaan parantunut. Työmaalla odotteluun, tavaroiden siirtämiseen ja epäselvien tilanteiden ratkaisuun kuluu kansainvälisten tutkimusten mukaan noin 60–70 prosenttia ajasta. Yleisesti on huomattu, että materiaalien keräämiseen tai materiaalipuutteista johtuviin viivästyksiin kuluu työmaalla pelkästään noin 20 prosenttia työajasta. Hukka-aikaa poistamalla saadaan lisättyä työmaalla tapahtuvan työn tehokkuutta, joka hyödyttää kaikkia hankkeen osapuolia. [1.] Hukan poistamisessa ei tulisi keskittyä ainoastaan työntekijän työntekonopeuteen, vaan keskeinen asia on kasvattaa työntekijän arvoa luovan työn määrää ja saada työstä virtaustehokasta. Virtaustehokkuus on käsite, jota käytetään Lean-toimintamallin keskeisenä kulmakivenä. Lean-toimintamalli on noussut viime vuosikymmenien aikana pinnalle myös rakennusalalla, vaikka se on alun perin peräisin muualta teollisuudesta. [2, s.31.] Nykyisin projektinhallintaan, dokumentointiin ja yleiseen toiminnanohjaukseen on tarjolla paljon erilaisia vaihtoehtoja toimintaperiaatteen ja laajuuden suhteen, mutta keskeistä on tietää mitä juuri kyseinen yritys tarvitsee ja mistä on oikeasti hyötyä. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi Lean-toimintamallia ja rakentamisen projektinhallintaa. Tutkimusta sovelletaan urakan toiminnan tehostamiseen.

1.1 Tutkimusongelma

Opinnäytetyössä tutkitaan, kuinka toimintaa voidaan tehostaa urakan eri vaiheissa. Tutkimus keskittyy urakan aloitus-, toteutus- ja luovutusvaiheeseen. Tutkimuksessa kerätään havaintoja työmaaolosuhteista ja pyritään löytämään ratkaisuja eri vaiheisiin, joissa havaitaan olevan tehostamisen tarvetta. Yrityksen toteuttamia rakennusurakoita käsitellään tutkimuksessa projekteina. Ennen

tutkimuksen aloittamista havaittiin, että päivittäisessä työssä asiat tehdään joka päivä hieman eri tavalla. Töitä hoidetaan helposti sitä mukaa, kun ne tulevat mieleen tai asiat tulevat ajankohtaisiksi. Töitä ei ennakoida tarpeeksi etukäteen eikä mietitä, mitä tulee tapahtumaan ja missä. Eri osa-alueiden prosessien kuvausta käytetään apuna havainnollistamaan nykyisiä epäkohtia ja löytämään vaiheet, joiden tehokkuutta voidaan parantaa. Usein yleisin virhe on, että hieman epämuokavia tai aikaa vieviä tehtäviä siirretään eteenpäin, koska niitä ei ole pakko tehdä tänään. Sen sijaan tehdään asioita, jotka tuntuvat sillä hetkellä mielekkäimmiltä. Näin muut kokonaisuuden kannalta tärkeät asiat jäävät roikkumaan ja lopulta kasaantuvat yhteen hetkeen. Tällöin joudutaan käyttämään kohtuuttoman paljon aikaa roikkumaan jääneiden tehtävien valmiiksi saattamiseen, kun samaan aikaan pitäisi keskittyä jo seuraavaan asiaan ja kokonaisuuteen. Pahimmillaan roikkumaan jääneeseen työhön liittyvät asiat ovat osittain jo unohtuneet ja työn valmiiksi saattamiseen kuluu huomattavasti enemmän aikaa kuin, jos se olisi tehty hyvissä ajoin valmiiksi.

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia uusia toimivia käytäntöjä ja ohjeita urakan eri vaiheiden toteutukseen. Tutkimusaineistona käytetään kirjallisuuslähteitä sekä eri urakoiden aikana kerättyä ja kokemusten perusteella saatua tietoa. Lähtötietoina selvitettiin yrityksen toiminnan nykytilannetta sekä mahdollisuuksia toiminnan kehittämiseen. Tämän perusteella selvitettiin mahdollisia olemassa olevia työkaluja toiminnan tehostamiseen sekä millaiset uudet käytännöt olisivat sopivia juuri kyseisen yrityksen tarpeeseen. Tavoitteena oli saada aikaan kattava tutkimus siitä, mitkä ovat sellaisia urakan osa-alueita, jotka yrityksen toiminnassa ovat selviä kehityskohteita. Lisäksi tavoitteena oli laatia kehitysehdotuksia sekä kehittää asioita päivittäiseen työntekoon ja löytää niihin oikeat työkalut. Tutkimuksen lopputuloksia on mahdollista käyttää tulevaisuudessa kattavamman toiminnan-ohjausjärjestelmän kehittämiseen sekä käyttöönottoon.

Tutkimus rajataan urakan aloitus-, toteutus- ja luovutusvaiheeseen. Pääasiassa asioita käsitellään projektinhallinnan tasolla. Työssä esitellään myös muutamia

päivittäiseen toimintaan vietyjä asioita ja esitellään kokemuksia niiden testikäytöstä.

1.3 Yritysesittely

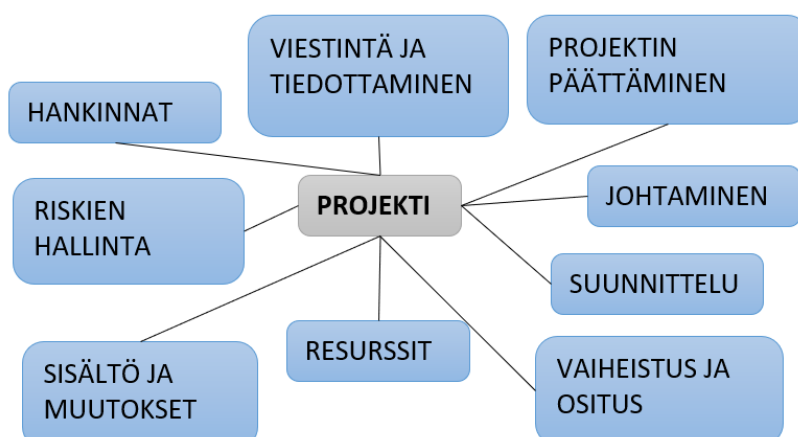
Hyvinkään Maansiirto Oy on maanrakennusalan yritys, joka on keskittynyt pääosin taloyhtiöiden salaoja- ja pihakunnostuksiin. Yritys käyttää urakoissa omaa työvoimaa ja aliurakoitsijoita käytetään ainoastaan työvaiheissa, joiden toteuttamiseen yrityksen omat resurssit eivät riitä. Koska yritys tekee työt suurelta osin omana työnään, on urakan tehokas toteutus keskeisessä asemassa. Viime vuosina yrityksen toiminta on laajentunut lisääntyneiden urakoiden johdosta, mikä on aiheuttanut tarpeen tehostaa toimintaa urakoiden kaikilla osa-alueilla. Nykyisin yritys toteuttaa noin 2–5 urakkaa samanaikaisesti ja niiden vetämisestä vastaa yksi työnjohtaja, työmaainsinööri ja työpäällikkö.

2 Projektinhallinta

Projekteja on monen tyyppisiä, kuten erilaiset kehitysprojektit, toimitusprojektit, tutkimusprojektit, toteutusprojektit, rakennusprojektit ja tuotekehitysprojektit. [3, s.17.] Tässä tutkimuksessa keskitytään rakennusprojektiin, mutta kaikille projekteille yhteisiä tekijöitä ovat muun muassa seuraavat asiat: projektilla on selkeä tavoite ja sille on asetettu aloitus ja päättymispäivämäärä, tavoite pyritään saavuttamaan tekemällä työtä, toimintaa projektissa ohjataan suunnitelmallisesti ja johdetusti, projektille on olemassa suunnitelma sekä taloudelliset reunaehdot, se on ihmisten välillä tapahtuvaa yhteistoimintaa ja sen etenemistä sekä tuloksia seurataan ja kontrolloidaan. [3, s.15.]

2.1 Rakennusprojektin osa-alueet

Projekti rakentuu monesta eri osa-alueesta, jotka tukevat toisiaan. Kuvassa 1 on esitetty projektin eri osa-alueita.



Kuva 1. Projektin osa-alueet. [4, s.5–7.]

Projektijohtamisella tarkoitetaan yrityksen tai yhteisön toiminnan organisoimista siten, että suurin osa työstä tehdään projektiryhmissä ja linjahenkilöstön määrä on pieni. Yksinkertaisimmillaan projekti voi muodostua yhdestä pääurakoitsijasta, joka tekee sopimuksia useiden eri aliurakoitsijoiden kanssa. Aliurakoitsijat voivat olla esimerkiksi tiettyjä työsuoritteita tekeviä urakoitsijoita sekä

materiaalintoimittajia. Muita projektin osapuolia voivat olla muun muassa eri valvovat viranomaiset. [4, s.25.]

2.1.1 Projektin suunnittelu

Suunnitelmallisuus on keskeinen osa projektia. Projektisuunnitelman avulla voidaan seurata miten projekti saavuttaa sille asetetut tavoitteet. Sen avulla voidaan myös jakaa tehtäviä eri projektin jäsenille ja esimerkiksi tarkastella mahdollisesti syntyviä resurssiongelmia. Projektisuunnitelman sisältö ja laajuus on tärkeää määrittää etukäteen, jotta suunnitelmallisuus toteutuisi kaikissa yrityksen projekteissa yhtä huolellisesti. Projektiin on helppo lähteä vauhdikkaasti ilman suunnitelmaa, mutta suunnitelmallisuuden puute kostautuu myöhemmin projektin aikana. Oleellisia asioita projektisuunnitelman sisällön määrittämisessä ovat kuinka suunnitelma laaditaan sekä kenen toimesta tai kuinka suunnitelma hyväksytään. Projektin suunnitelmallisuuden puutteesta ja huonosta hallinnasta kertovia seikkoja ovat esimerkiksi:

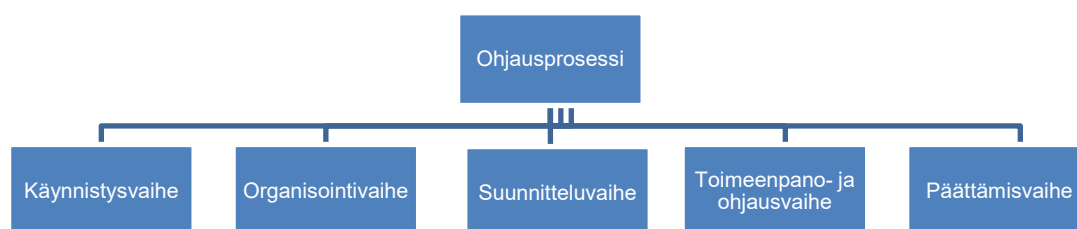
- projektit myöhästelevät sovitusta aikataulusta.
- jatkuva kiire ja kiireen tuntu, joka aiheuttaa myös ylitöitä.
- projektien resurssien priorisointi, siten että kaikille projekteille ei riitä tarpeeksi resursseja samanaikaisesti.
- projektin toimittaminen asiakkaalle keskeneräisenä.
- aikataulua joudutaan muuttamaan useasti.
- sellaisten ongelmien syntyminen, jotka olisi voitu ennakoida ja ehkäistä.

Projektisuunnitelman tärkeyttä voidaan helposti vähätellä etenkin juuri sellaisissa projekteissa, joissa suunnitelmallisuus aiheuttaa merkittäviä ongelmia. Lähes kaikki riskit ja yllätykset ovat ennakoitavissa hyvällä suunnittelulla ja asioiden läpikäymisellä etukäteen. Tärkeät työt tulee asettaa kiireellisten edelle. Tällöin voidaan vähentää niin sanottujen ”kiireellisten töiden” määrää. [4, s.85–87.]

Projekti voidaan jakaa ohjaavaan ja toteuttavaan toimintaan. Toteutusprosessiin sisältyy kaikki sellainen toiminta, joka tähtää projektin tuloksen syntymiseen.

Jotta suunnitelmallinen työn tulos voidaan saavuttaa taloudellisesti ja tehokkaasti, on projektin työtä ohjattava. Kuvassa 2 on esitetty projektin ohjausprosessin vaiheet.

Kuva 2. Ohjausprosessin vaiheet. [4, s.87.]



Käynnistysvaiheessa määritetään projektin toiminnot ja asetetaan tavoitteet. Projektin asettajan vastuulla on huolehtia määrittelyistä. On myös mahdollista, että projekti käynnistyy suoraan asiakkaan tilauksesta. Mikäli menetellään tällä tavoin, sisältyy käynnistysvaiheeseen myös projektin siirto myyntiorganisaatiolta toteutusorganisaatiolle.

Organisointivaiheessa projektin johtoryhmä ja asettaja nimeää projektipäällikön, jonka tehtävä on koota projektiorganisaatio. Projektissa voi olla mukana myös paljon ulkoisia resursseja, joita projektipäällikkö organisoii.

Suunnitteluvaiheessa laaditaan tarkka projektisuunnitelma projektipäällikön toimesta. Suunnitelma laaditaan yhdessä projektin avainhenkilöiden kanssa. Keskeinen asia on purkaa projektin tavoitteet ja toiminnalliset määrittelyt työsuunnitelmaksi ja resursoida tehtävät. Suunnitteluvaihe voidaan jakaa erillisiin osavaiheisiin, joita ovat: projektin vaiheistus ja osittaminen, aikataulun laatiminen, kustannusbudjetin laatiminen, resurssisuunnittelu ja projektihallinnan suunnittelu ja ohjeistus. [4, s.87.]

Toimeenpano- ja ohjausvaiheessa projektin tavoitteiden pohjalta annetaan toimeksiantoja resursseille. Annettujen tehtävien toteutumisesta valvotaan ja niiden edistymistä raportoidaan suunnitellulla tavalla. Jotta saavutetaan onnistunut lopputulos, on projektin ohjaustoiminta oltava jatkuvaa projektin loppuun saakka. On tärkeää tunnistaa poikkeamat suunnitelmista ja tehdä korjaavia toimenpiteitä niiden pohjalta. [4, s.87.]

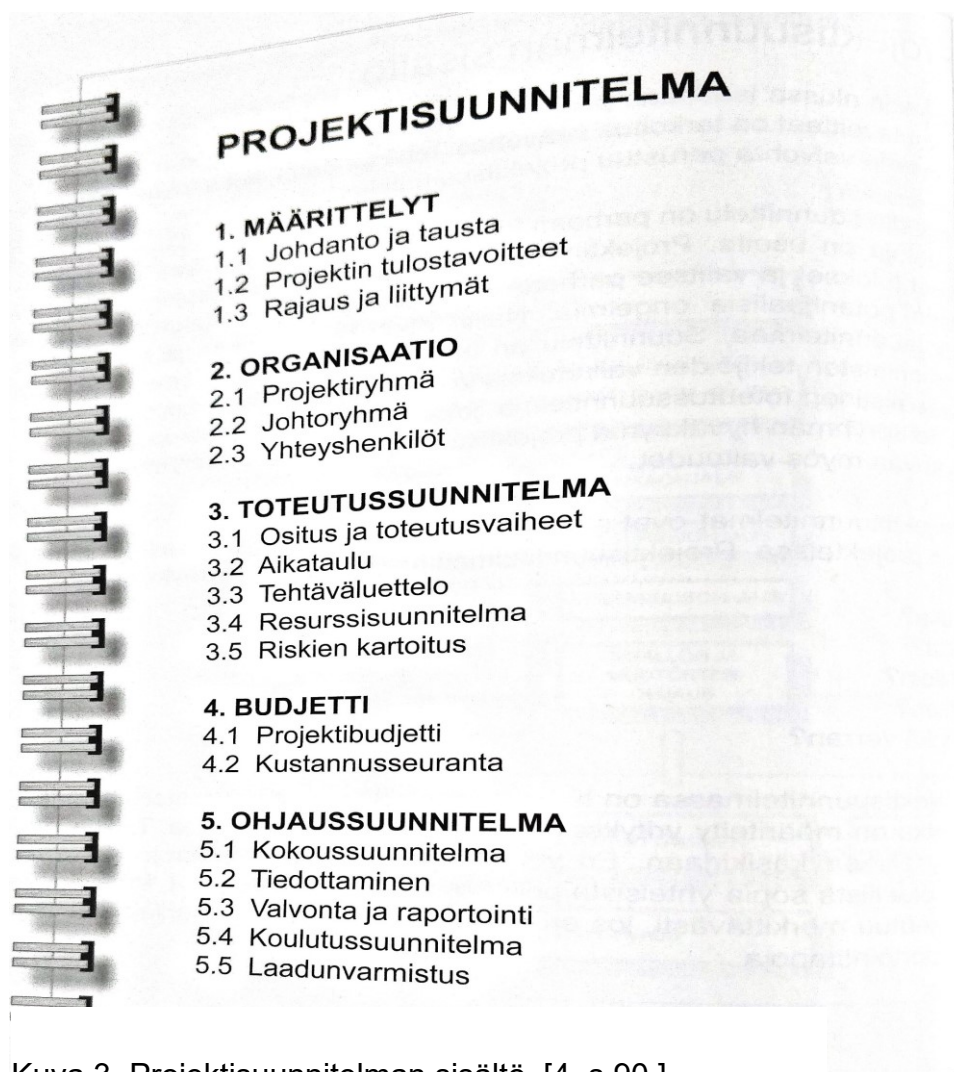
Päätämisenvaiheessa projektipäällikkö laatii loppuraportin ja esittää projektin tuloksen hyväksymistä. Usein päätämisenvaiheeseen liittyy sekä sisäinen että ulkoinen hyväksyntä. Projektin toteuttaja hyväksyy työtuloksen suunnitelman ja tavoitteen mukaisesti, jonka jälkeen myös asiakas hyväksyy työn. Tämän jälkeen projekti voidaan päättää. [4, s.87.]

Projektin alkuvaiheessa laadittavassa projektisuunnitelmassa määritetään, miten projektille asetetut tavoitteet saavutetaan. Projektin suunnittelussa käydään läpi projekti vaihe vaiheelta ja etsitään ajallisesti ja taloudellisesti paras toteutustapa. Suunnitteluvaiheessa etsitään mahdollisia ongelmakohtia ja pyritään kehittämään suunnitelmaa niiden pohjalta. Lopputuloksena projektisuunnitelman tulee olla realistinen ja toteutuskelpoinen. Keskeisiä suunnitelman sisältökysymyksiä ovat: kuka tekee tehtävän, mitä tehtävä sisältää, milloin tehtävä tehdään, miten se tehdään ja minkä verran. Yrityksen omissa projekti- ja laatukäsikirjoissa käsitellyjä asioita on turha toistaa suunnitelmassa. Jos projektissa on myös yrityksen ulkopuolisia osapuolia, on tärkeää laatia yhteiset toimintaohjeet ja käytännöt. [4, s.89.]

Projektin sisällön suunnittelu ja projektin suunnittelu on erotettava toisistaan. Itse projektisuunnitelmassa ei oteta kantaa projektin teknisiin ratkaisuihin kuin ainoastaan sen verran mitä työmäärien arviointia varten tarvitaan. Koska projektisuunnitelma on koko projektin suunnitelma, tulee sen valmistua nopeasti projektin alkuvaiheessa muutaman viikon tai kuukauden aikana. Projektin sisällön suunnittelun ero projektisuunnitteluun on esimerkiksi se että, rakennusprojektissa osa rakennustyön sisällöstä ja materiaaleista saatetaan valita vasta projektin aikana. [4, s.92.]

Kuvassa 3 on esitetty projektisuunnitelman sisältö. Projektin määrittely on ensimmäinen suunnitelman kohta. Tässä kuvataan syyt sekä taustat, joiden perusteella projektiin on ryhdytty. Näitä ovat esimerkiksi kohteen nykytilanne ja mitä tutkimuksia ja selvityksiä on olemassa. Projektille määritellään myös tavoitteet ja tehtävät. Tarvittaessa voidaan määrittää myös lyhyesti projektin sisältöä. Projektin tehtävää täsmennetään rajaamalla kohdealueesta ulkopuolelle jäävät osat. Projektia rajoittavat ulkoiset tekijät kuvataan ja mahdolliset rinnakkaiset projektit ja projekteihin liittyvät tehtävät määritetään. [4, s.92–93.]

Projektiorganisaatio kuvataan suunnitelman kohdassa 2. Mikäli on kyse pienestä projektista, voidaan organisaatio esittää henkilöluettelona. Suuremmissa projekteissa organisaatio esitetään organisaatiokaavion avulla. [4, s.93.]



Kuva 3. Projektisuunnitelman sisältö. [4, s.90.]

Kohdassa 3 esitettävässä toteutussuunnitelmassa esitetään työmääräarviot, aikataulu ja resurssit. Aikataulu on töiden toteutuksen aikataulu, joka laaditaan tehtävien töiden ja käytettävien resurssien mukaan. Toteutussuunnitelmassa esitetään myös riskikartoitus. [4, s.93.]

Projektin budjetti esitetään kohdassa 4. Kustannuksista eritellään myös maksu-aikataulu ja miten kustannusseuranta suoritetaan. Viimeisenä suunnitelmassa esitetään ohjaussuunnitelma. Kohdassa käydään läpi kokouskäytännöt, tiedottaminen, valvonta ja raportointi, koulutukset sekä laadunvarmistus. [4, s.94.]

2.1.2 Vaiheistus ja ositus

Projektiosituksella projekti jaetaan itsenäisesti suunniteltaviin ja toteutettaviin tehtäväkokonaisuuksiin. Sen lyhenteenä käytetään WBS (Work Breakdown Structure). Osituksen tavoitteena on vaiheistaa projektia, jakaa se selviin kokonaisuuksiin vastuualueittain ja osaprojekteittain sekä aikatauluttaa projektin aikataulut erillisiksi osa-aikatauluiksi. Erillisten osa-aikataulujen välille voidaan luoda riippuvuussuhteita. Projektiositusta käytetään projektiohjauksen apuvälineenä. Ositus määrittää seurattavat kustannuskohteet ja luo näin perusteet kustannusohjaukselle. Sen avulla voidaan myös integroida ajallinen ja taloudellinen suunnittelu ja ohjaus. Projektiositus jäsentelee työn hierarkkisesti ja antaa sille tasokohtaisen WBS-koodauksen. [4, s.98.]

Projektin osituksessa käytetään vaiheittaista, järjestelmällistä, rakenteellista ja työlajin mukaista ositusta sekä niiden yhdistelmiä. Vaiheittaisessa osituksessa projekti jaetaan peräkkäisiin vaiheisiin. Tällöin projektiin rajataan ajallisesti itsenäiset osat. Yleensä näitä vaiheita voivat olla esimerkiksi esitutkimus, suunnittelu, toteutus ja käyttöönotto. Järjestelmällisessä osittamisessa projekti jaetaan toiminnallisesti itsenäisiin kokonaisuuksiin eli systeemeihin, jotka liittyvät yleisesti projektin eri rakenteisiin. Näitä voivat olla esimerkiksi tiedonsiirto-, lämmitys-, jäähdytys-, valvonta- ja ohjausjärjestelmä. [4, s.99.]

Rakenteellinen ositus toimii aina projektin osittamisen perusteena. Se pilkkoo projektin sen fyysisiin osiin. Projekti voidaan pilkkoa eri rakenteellisiin tasoihin, kuten esimerkiksi rakennukset, rakennusten osat ja niiden konekokonaisuudet aina niin usealle ja tarkalle tasolle kuin on tarvetta. [4, s.99.]

Työlajikohtaisessa osittamisessa eritellään projektissa esiintyvät työlajit aina työlajikohtaisesti. Eri työlajeja voivat olla projektihallinto, suunnittelu ja rakennustyöt. Jokainen työlaji voidaan jakaa vielä useaan alakohtaan esimerkiksi eri suunnittelutasojen mukaan. [4, s.99.]

Projektin vaiheistuksessa projekti jaetaan ajallisesti peräkkäisiin vaiheisiin. Vaiheet voivat olla peräkkäin tai niitä voidaan jaksottaa osittain päällekkäin. Vaiheiden sisällä projekti voidaan vielä jakaa rinnakkaisiin osaprojekteihin, jotka jaetaan edelleen pienempiin osaprojekteihin vaiheiden koon mukaan. Tarkin vaihe on varsinainen työpaketti, jonka osina ovat yksityiskohtaiset tehtävä. [4, s.193.]

Aikataulua laadittaessa projekti ositellaan useaan eri WBS-tasoon. Ylimmällä tasolla on pääaikataulu koko projektille. Sen tunnuksena on tällöin 0.0000. Pääaikataulun tehtävän alatehtävällä eli WBS 2 -tasolla avataan pääaikataulutehtävän sisällä oleva aikataulu ja näin jälleen seuraavalla tasolla avataan WBS 2 -tason tehtävän sisäinen aikataulu. Tasoja käytetään niin monta kuin on tarvetta. Lopulta saavutetaan täysin ositeltu projektin aikataulu. Tämän etuna on se, että suuren toimintaverkkokaavion sijaan voidaan tutkia juuri haluttua aikataulua halutulla tasolla. Samoin aikataulu voidaan myös viedä juuri sille tarkkuustasolle, joka on tarkoituksenmukaista. Eri WBS-tasoilla on hyvin havainnollista rakentaa tehtävien väliset hierarkiat ilman, että näkyvillä on samaan aikaan aivan tarkimmalle tasolle viedyt aikataulut. Sama voidaan tehdä myös toisinpäin, eli nähdään heti vaikutukset koko projektin aikatauluun, jos yksityiskohtaiseen aikatauluun tehdään muutoksia. Projektin eri tasoilla tarvittavia kustannusyhteenvetoja saadaan myös projektiosituksen avulla. [4, s.104–107.]

2.1.3 Aikataulu

Aikatauluun perustuvat projektin kustannus- ja resurssiohjaus. Aikataulun laadinnassa tulisi keskittyä siihen, että tehtävät ovat riittävän tarkkaan eritelty eikä aikataulussa olisi kuukausien tai jopa vuosien mittaisia janoja, riippuvuudet suunnitellaan todenmukaisiksi, huomioidaan mahdolliset tehtäviin tarvittavat pelivarat pienien ongelmien varalle ja resurssit merkitään aikatauluun, jolloin ne voidaan varata ajoissa tehtävälle. Tärkeää on myös, että aikataulu tehdään yhteistyössä muiden osapuolien kanssa ja että aikataulua päivitetään projektin edetessä. Aikataulun ulkoasuun ja luettavuuteen on syytä panostaa, jotta se on mahdollisimman informatiivinen ja helppolukuinen myös muille kuin sen laatijoille. Koko aikataulun perusta on projektiositus. [4, s.111–113.]

Aikataulun laadinnan vaiheita ovat tehtäväluettelon laatiminen, työmäärien ja kestojen arviointi, tehtävien suoritusjärjestyksen ja riippuvuuksien selvittäminen, resurssien kohdistaminen tehtäville, aikataulun piirtäminen visuaaliseksi, aikataulun ja resurssien analysointi sekä aikataulun hyväksyntä ja sitoutuminen. [4, s.114.]

Tehtäväluettelo laaditaan, jotta koko projektin tehtäville saadaan määritettyä kriittinen polku. Se kertoo mitkä tehtävät ovat sellaisia, joiden mukaan varsinainen projektin kesto määräytyy. Nämä tehtävät voivat olla esimerkiksi sellaisia, että ne ovat riippuvaisia toisistaan ja ne tulee tehdä juuri tietyssä järjestyksessä. Tarvittaessa näitä tehtäviä lyhentämällä voidaan saada lyhennettyä koko projektin kestoa. Tästä syystä onkin tärkeää, että tehtävät määritetään aivan projektin loppuun saakka. Pitkäkestoisissa usean vuoden projekteissa ei tarvitse käyttää samaa tarkkuutta koko aikataulussa, vaan tehtäviä tarkennetaan projektin edetessä. [4, s.114.]

Tyypillisiä rakennusprojekteissa käytettäviä aikataulutarkkuuksia ovat: yleisaikataulu, 90 päivän aikataulu ja viikkoaikataulu, joka tehdään aina kahden viikon jaksoissa. Yleisaikataulu on hyvin karkea aikataulu, joka sisältää koko projektin. Siinä esitetään kaikkien osapuolten päätehtävät, sopimussuhteet ja keskinäiset

liittymät. 90 päivän aikataulu laaditaan päivätarkkuudella ja sitä tarkennetaan aina kerran kuukaudessa ja skaalataan eteenpäin. Viikkoaikataulu on hyvin yksityiskohtainen aikataulu, joka tarkistetaan aina työmaan viikkopalaverissa. Siinä esitetään myös mahdolliset yhteensovittamisasiat ja työmaajärjestelyt. [4, s.115.]

Kuvassa 4 on esitetty tehtäväluettelon malli. Luetteloon on kirjattu tehtävät mahdollisimman tarkasti ja ne on nimetty mahdollisimman yksiselitteisillä nimillä.

ID	Tehtävät	Työmäärä	Kesto	Riippuu
		2 h	6 d	
1	HANKINTASOPIMUS	4 h	2 d	
2	PROJEKTISUUNNITELMA	2 h	2 d	1
3	HANKINTA-AIKAINEN VAKUUS	0 h	32 d	3
4	HANKINNAT	0 h	32 d	3
5	HANKINTA 1	0 h	4 d	
6	TARJOUSPYYNTÖ	0 h	4 d	6FS+2 d
7	TARJOUKSET	0 h	2 d	7
8	TILAUS	0 h	20 d	8
9	TOIMITUS	0 h	20 d	8
10	TYÖMAAKOKOUKSET	6 h	15 d	
11	TYÖMAAKOKOUS 1	2 h	0,25 d	
12	TYÖMAAKOKOUS 2	2 h	0,25 d	
13	TYÖMAAKOKOUS 3	2 h	0 d	
14	URAKOITSIJAPALAVERT	6 h	12,25 d	
15	URAKOITSIJAKOKOUS 1	2 h	0,25 d	
16	URAKOITSIJAKOKOUS 2	2 h	0,25 d	
17	URAKOITSIJAKOKOUS 3	2 h	0,25 d	
18	ASENNUS	0 h	44 d	
19	ASENNUSTARJOUSPYYNNÖT	0 h	5 d	
20	ASENNUSTARJOUKSET	0 h	10 d	19
21	SOPIMUS	0 h	1 d	20
22	TOIMITUS	0 h	20 d	21
23	ASENNUS	0 h	8 d	22
24	KOEKÄYTTÖ	0 h	3 d	23
25	LOPPUTARKASTUS	0 h	1 d	24
26	LUOVUTUSASIAKIRJAT	16 h	1 d	24
27	TAKUUAIKAINEN VAKUUS	0 h	1 d	25
28	KÄYTÖNOPASTUS	0 h	120 d	24
29	VUOSITAKUUTARKASTUS	0 h	5 d	23
30	VAKUUKSIEN VAPAUTUS	0 h	1 d	27
		0 h	1 d	29

Kuva 4. Tehtäväluettelo. [4, s.116.]

On tärkeää, että kaikki tehtävät kirjataan, eikä pienetkään tehtävät unohdu luettelosta. Myös esimerkiksi viranomaisten lupa-asiat ja hyväksymiset, laitetoimitukset, kuljetukset, pakolliset seisona-ajat ja päätöksiin liittyvät asiat tulee huomioida luettelossa. [4, s.117.]

Aikataulun tehtävien kestot saadaan tehtävien työmääriä arvioimalla. Projektityypin mukaan on olemassa useita erilaisia menetelmiä työmäärien arviointiin. Yrityksellä on usein kerättynä arvioiden pohjatiedoksi paljon kokemusperäistä tietoa menneistä projekteista. Tiedon kerääminen on pitkäaikainen prosessi, eikä työmäärän arviointimenetelmiä voida kehittää ainoastaan yhden projektin perusteella. Arvion tarkkuus paranee, mitä useammasta projektista tietoa kerätään. [4, s.120.]

Tehtävien riippuvuudet määritetään sen jälkeen, kun tehtäväluettelo on valmis. Vaikka tehtävät olisi kirjattu toteutusjärjestyksessä tehtäväluetteloon, ei se välttämättä ole helposti toteutettavissa. Vasta riippuvuuksien määrittämisen jälkeen voidaan tarkastella miten työjärjestys olisiärkevintä toteuttaa. Riippuvuus voi perustua tehtävien järjestyksen loogisuuteen. Eli tehtävät on tehtävä tietyssä järjestyksessä, jotta työ etenee loogisesti. Tehtäviä voidaan myös limittää, jolloin seuraava tehtävä voi alkaa, kun jokin tietty määrä edellistä tehtävää on valmistunut. Riippuvuus voi olla myös päinvastoin, eli seuraava tehtävä voidaan aloittaa vasta, kun edellisen tehtävän valmistumisesta on kulunut tietty aika. Resurssien käyttö vaikuttaa myös riippuvuuksiin. Jos tehtävät voisi suorittaa yhtä aikaa, mutta niihin tarvitaan samaa resurssia, on tällöin resurssi riippuvuuden aiheuttava tekijä. Tehtäville voidaan määrittää myös kalenteririippuvuus, jolloin tehtävä voi olla riippuvainen esimerkiksi jostain tietystä vuodenajasta. Jos tehtävällä ei ole lainkaan riippuvuutta, on se silloin irrallinen muista tehtävistä ja se voidaan toteuttaa muiden töiden lomassa sopivana ajankohtana. Kun riippuvuudet luodaan tehtävien välille, on se samalla työjärjestyksen suunnittelua. [4, s.127.]

2.1.4 Resurssit

Projektin resurssien valintaan ja määrään vaikuttaa se onko projektissa monia eri osapuolia, onko projektille määrätty tietty toteutusaika vai onko toteutusaika mahdollista itse määrittää. Myös projektin olosuhteet voivat vaikuttaa millaisella resurssimäärällä sitä voidaan toteuttaa. Riskinä on, että resurssilaskentaa ei ole tehty riittävän tarkasti, jolloin riittävää resurssimäärää ei välttämättä ole käytettävissä. Tämä saattaa johtaa ylitöihin ja projektin myöhästymiseen. Resurssisuunnittelulla on suora yhteys myös projektin kustannuksiin. Mikäli projekti on ylireursoitu eikä kaikkia resursseja voida käyttää tehokkaasti, aiheuttaa se tyhjääkäyntiä ja lisääntyviä kustannuksia. Tavoitteena on saada optimoitua keskeisten resurssien käyttö siten, että kuormitus olisi mahdollisimman jatkuvaa ja tasaista.

Resurssien oikea-aikainen saatavuus on myös tärkeä tekijä. Eri resurssit voidaan jakaa raha, henkilö, kone- ja laite, sekä materiaaliressursseihin. Resurssi-luokkien sisällä resurssit jaotellaan vielä eri resurssilajeihin. Resurssien kuormituksen tasaamiseksi voidaan käyttää eri menetelmiä. Tehtävien ajoituksen muuttamisella saadaan tasattua tehtävien kuormitusta. Myös riippuvuuksien avulla voidaan tasata kuormituksia. Joissain tapauksissa, jos mahdollista, voidaan siirtää lisäresursseja kriittiselle polulle ja näin lyhentämällä projektin kesto saada resurssit käyttöön tasaisemmin. Myös pelkästään tehtävien keston muuttaminen voi tasata resursseja. [4, s.149–153.]

Henkilöresursseja määrittäessä on tärkeää huomioida resurssien vastuiden ja valtuuksien välinen yhteys. Jos resurssilla on suuri vastuu projektissa, tulee myös valtuudet olla riittävät hoitamaan vastuullisia tehtäviä ja tekemään merkittäviä päätöksiä. Tällä on myös suuri merkitys motivaatioon ja projektin ohjauksen onnistumiseen.

2.1.5 Projektin sisällön ja muutosten ohjaus

Projektin sisällön hallinnalla pyritään siihen, että projektin tavoitteiden saavuttamiseksi tehdään riittävä määrä työtä, mutta ei yhtään enempää. Tämä voidaan

jakaa kolmeen osa-alueeseen, joita ovat määritellyn työn aikaansaaminen, ylimääräisen työnteon välttäminen ja että tehty työ edistää päämäärän ja tavoitteiden saavuttamista. Rakennusprojekteissa sisältö tulisi olla määritelty hyvin tarkkaan ennen projektin alkamista. Yleensä materiaalien hinnat on sovittu ennen urakan alkua, mutta eri urakoitsijoiden välisten työrajojen määrittely tulee tehdä huolellisesti. Jos urakan sisällön määrittely ennen urakan alkua on puutteellinen, aiheuttaa se usein ongelmia projektin aikana. Mitä selkeämmin projektin sisältö on määritelty, sitä paremmin tehtäviin pystytään valmistautumaan etukäteen. [4, s.205–207.]

Huolimatta siitä, että rakennusprojekti on huolellisesti suunniteltu ja sisältö tarkkaan määritelty, tulee usein projektin aikana esille pakollisia muutoksia tai muutostoiveita. Rakennusprojektissa tyypillisiä muutoksia aiheuttavia syitä voivat olla esimerkiksi tilaajan vaatimukset tai muuttuneet tarpeet, uudet innovaatiot sekä ulkoiset tekijät, kuten viranomaiset ja lait. Muutokset tulee aivan pienimpiä muutoksia lukuun ottamatta käsitellä kirjallisesti. Muutosten käsittelyn vaiheita ovat muutosehdotuksen laatiminen, muutoksen vaikutuksen arviointi, asiantuntijalausekunnat, muutoksen käsittely eli hyväksytäänkö vai hylätäänkö muutos, muutoksen suoritus, dokumentointi ja mahdollinen tiedottaminen tehdystä muutoksesta. Mikäli muutos on yksiselitteinen ja sen vaikutukset ovat selkeät, voidaan muutos käsitellä ilman muita toimenpiteitä. [4, s.213–215.]

Muutoksilla voi olla myös suoria vaikutuksia projektin aikatauluun ja niiden aikatauluvaikutus tulee esittää muutosehdotuksessa. Muutosehdotuksesta käytetään rakennusprojektissa nimeä muutostyötarjous. Muutostyötarjouksessa esitetään aikatauluvaikutuksen lisäksi vähintään muutoksen sisältö sekä kustannusvaikutus. Jos muutos ei suoranaisesti liity projektin sisältöön vaan on projektin ulkopuolinen työ, on se nimeltään lisätyö ja sen käsittely tapahtuu samalla tavalla kuin muutostyön. Lisä- ja muutostöistä pidetään kirjaa koko projektin ajan, jotta kaikki lisä- ja muutostyöt voidaan esittää projektin lopuksi taloudellisessa loppuselvityksessä. Myös muutoksista aiheutuneet aikatauluvaikutukset päivitetään projektiaikatauluun, jolloin projektin aikataulun seuranta pysyy totuudenmukaisena. [4, s.215–217.]

2.1.6 Riskien hallinta

Mahdollisten riskien kartoittaminen on tärkeä osa projektin suunnittelua. Sillä varmistetaan, että projektisuunnitelma voidaan toteuttaa ja minimoidaan yllätysten ja poikkeamien syntymistä. Usein katsomalla menneisyyteen saadaan hyvä katsoaus potentiaalisiin riskeihin, joita projektissa voisi tulla vastaan. Hyvästä riskienkartoittamisesta huolimatta projektin aikana tulee vastaan ongelmia, mutta riskienhallinnalla ne saadaan rajattua minimiin. [4, s.225.]

Riskit voidaan jaotella seuraavasti:

- Tekniset riskit
- Aikataulun riskit
- Taloudelliset riskit
- Organisaatio, henkilöt, toimittajat
- Asiakkaaseen liittyvät riskit
- Ympäristö, ja luonnon olosuhteet
- Sopimukseen liittyvät asiat
- Tuotevastuut
- Kansainvälisissä projekteissa kohdemaan liittyvät riskit (lainsäädäntö, politiikka). [4, s.226.]

Keskeistä on kohdistaa riskienhallinta olennaisiin osiin projektissa. Aikataulun kriittinen polku vaikuttaa suoraan projektin kulkuun. Kriittisen polun riskit tulisikin tunnistaa hyvin. Myös lähes kriittisten polkujen riskit ovat tärkeitä. Jos lähes kriittisellä polulla syntyy ongelma, voi se viivästyttää koko projektia. Muita kriittisiä osa-alueita ovat uudet teknologiat, vastuukysymykset, keskeisten resurssien kuormitus ja organisaatioiden väliset rajat. Kun riskejä kartoitetaan tietystä osa-alueesta, pohditaan mahdollisia kohdattavia ongelmia ja mietitään eri tilanteita siitä näkökulmasta, että mitä voisi tapahtua ja mitä siitä seuraa. Jokaiselle riskille mietitään toimenpide riskin minimoimiseksi. Aiemmin kohdattuja ongelmia on hyvä käyttää mallina riskienkartoituksessa. [4, s.227–228.]

Riskit kirjataan riskienhallintaluetteloon, jossa arvioidaan riskin todennäköisyys sekä sen merkitys projektille. Myös kustannusvaikutusta voidaan arvioida, jolloin merkittävimpiä riskejä voidaan priorisoida enemmän kuin vähäpätöisempiä riskejä. Riskien merkitystä arvioitaessa punnitaan vaihtoehtoja esimerkiksi siten, että mitkä ovat vaikutukset kustannuksien kannalta, jos riskiin varaudutaan ja ehkäistään sen syntyminen, tai entä jos riskille jätetään mahdollisuus syntyä ja vahinko tapahtuu. Riskin minimoimiseen saattaa kulua ylimääräistä työtä, mutta toisaalta, jos ongelma pääsee syntymään, kuluu myös ratkomiseen aikaa. Joskus riskin minimoiminen saattaa tulla kalliimmaksi kuin sen toteutuminen ja ongelman korjaaminen. [4, s.230–232.]

Riskien torjumiseen voidaan käyttää erilaisia hallintakeinoja sen mukaan, millaisia riskit ovat. Riskejä voidaan torjua poistamalla ne tai pienentämällä niiden aiheuttamaa riskiä valituilla toimenpiteillä. Riskejä voidaan siirtää, jos ne ovat esimerkiksi sopimusteknisiä riskejä. Myös projektisuunnitelmaa muuttamalla voidaan onnistua vähentämään riskejä. Riskeille voidaan mahdollisesti tehdä myös varautumissuunnitelma ja tehdä ehkäiseviä toimenpiteitä projektin edetessä. [4, s.234.]

2.1.7 Hankinnat

Hankintojen ohjaukseen sisältyvät alihankkijoiden, materiaalien ja laitehankintojen ohjaus. Verkostoituminen eri toimijoiden välille on tärkeä asia mahdollisimman kattavan hankintaverkon rakentamisessa. Suunniteltaessa hankintoja on tärkeää pohtia, mitkä työt ovat kannattavaa toteuttaa yrityksen omana työnä ja millaiset hankinnat toteutetaan alihankkijoiden kautta.

Esimerkiksi monimutkaisten laitteiden valmistaminen ja toimittaminen sekä yrityksen perustoiminnan ulkopuoliset työt, kuten sähköasennukset voivat olla hankintoja, jotka kannattaa toteuttaa alihankintana. Harvemmin käytettäviä tuotteita ei ole järkevää pitää omassa varastossa seisomassa ja odottamassa tarvetta, kun tuotteen voi tilata alihankintana juuri silloin kun sitä tarvitaan.

Kun käytetään vakiintuneita hankintaverkostoja, tulee toimintatavat ja rutiinit tulla kaikkien osapuolille ja toiminta tehostuu kaikilla osa-alueilla. Hankintojen suunnittelussa tärkeää on tehdä suunnittelu huolellisesti ja riittävällä tarkkuudella. Huolellisella suunnittelulla minimoidaan viivästyksset hankinnoissa ja esimerkiksi tarvittavat materiaalit ovat saatavilla oikealla hetkellä. Tärkeää hankintojen kannalta on myös, että hankinta ollaan valmiita vastaanottamaan suunnitellulla hetkellä. Jos aikataulut ei ole pitävä, voidaan joutua tilanteeseen, jossa vastaanottajan työt ovat jäljessä ja hankintaa joudutaan viivästyttämään tämän takia. Alihankkijan valinnassa tulisi tarkastella onko alihankkijalla riittävä osaaminen ja resurssit hankinnan toteuttamiseen, onko aikataulu realistinen ja voidaanko sen pitävyyteen luottaa, onko yrityksen luottokelpoisuus ja kannattavuus kunnossa, millaiset ovat varastointimahdollisuudet ja onko mahdollisuuksia tuotekehitykseen. [4, s.257.]

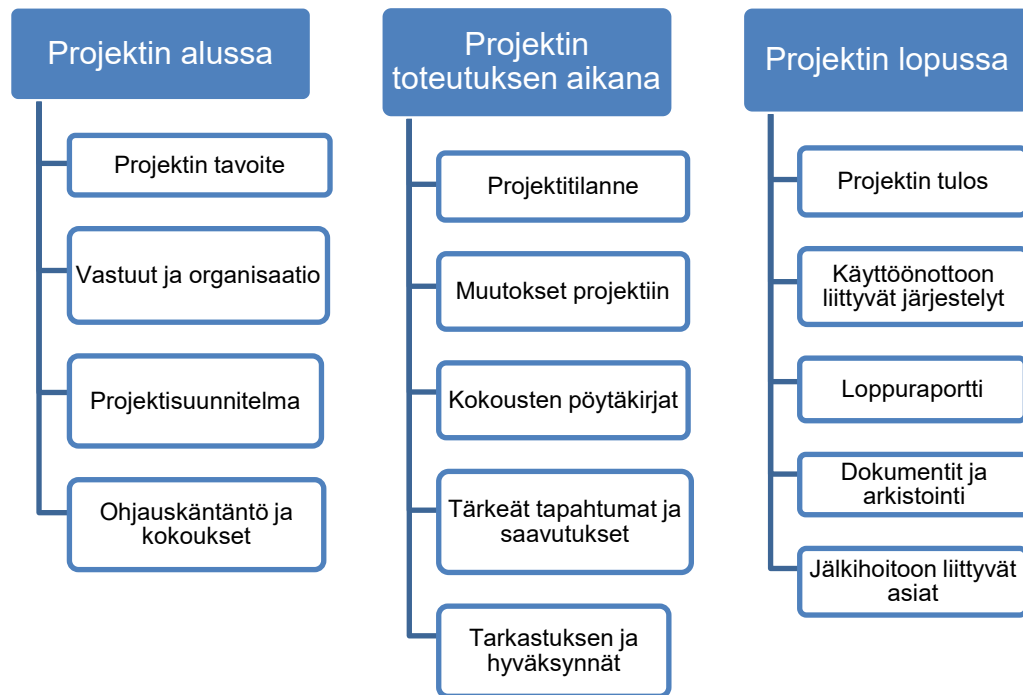
Hankinta voidaan jakaa eri osa-alueisiin. Näitä ovat hankinnan määrittely, tarjouskyselyt, tarjousaika, tarjousten vertailu, hankintaneuvottelut ja toimittajan valinta, valmistus ja kuljetus. Riippuen hankinnan koosta ja laadusta hankinta voidaan toteuttaa myös suoraviivaisemmin. Käytettäessä tuttuja yhteistyökumppaneita yleisimpiin hankintoihin, joiden hinnoittelu on jo etukäteen selvää, voidaan hankintoja tilata suoraan tietyltä alihankkijalta ilman tarjouskyselyä ja neuvottelua. Kutenkin, jos kyse on suuremmasta hankinnasta, on hankinnan kilpailutus järkevää. Alihankkijoista ylläpidetään rekisteriä, josta valitaan tarpeen mukaan alihankkijat, joiden kanssa hankintoja lähdetään kilpailuttamaan ja viemään eteenpäin. [4, s. 255.]

Urakan pääaikataulun pohjalta hankinnoille laaditaan tekniset määrittelyt. Näiden pohjalta tehdään hankintaluettelo, josta muodostetaan tarkka hankinta-aikataulu. Hankinta-aikataulun mukaan laaditaan tarkka aikataulu, johon on kirjattu toimitusajat vähintään viikon tarkkuudella. Hankintoja ja aikataulun pitävyyttä tulee valvoa koko hankkeen ajan. Toimivan logistiikan suunnittelu on myös tärkeä osa hankintojen suunnittelua. Suuremmissa hankkeissa logistiikan toimivuus korostuu erityisesti. [4, s.261–263.]

2.1.8 Viestintä ja tiedottaminen

Tiedottaminen ja viestintä on tärkeä osa-alue hankkeen toteuttamisessa. Koska tieto ei kulje itsestään, tulee viestintätavat määritellä selvästi ja yksiselitteisesti. Tiedottamisella huolehditaan, että jokainen osapuoli on tietoinen projektin etenemisestä ja vaiheesta. Rakennusprojektissa tiedottaminen ulottuu kaikkiin, joihin kyseinen projekti vaikuttaa. Näitä osapuolia voivat olla mm. rakennuttaja ja tilaaja, eri urakoitsijat, valvovat viranomaiset sekä siviilit, jotka liikkuvat alueella, jossa töitä suoritetaan. Projektin alussa määritellään kuka tiedottamisesta vastaa kullakin osa-alueella. [4, s.294–296.]

Viestinnän toteutuminen selkeästi on hyvin keskeinen asia projektissa. Viestinnässä tulisi minimoida mahdolliset väärinymmärryksien mahdollisuudet. Mahdollisia virheiden aiheuttajia ovat esimerkiksi: viestin sanoma on epäselvä ja se voidaan tulkita usealla eri tavalla, vastaanottaja ei sisäistä viestin sanomaa kunnolla tai ei kuuntele sitä, viestiä muutetaan matkan varrella tai se katoaa, viestin keskeinen sisältö ei käy riittävän selkeästi esille viestistä. Viestin kulun kannalta olisi hyvä, että viestin vastaanottaja antaa viestille myös palautteen, jolloin lähettäjä voi varmistua, että viesti on mennyt perille. Projektin eri osa-alueilla tapahtuu viestintää eri asioista. Kuvassa 5 kuvataan projektin keskeisiä asioita viestinnän näkökulmasta. [4, s.296–297.]



Kuva 5. Projektin viestittävät asiat. [4, s.297.]

Eri viestinnän keinoja ovat suullinen viestintä esimerkiksi puhelut ja palaverit sekä kirjallinen viestintä sähköpostilla. Joitakin asioita voidaan hyvin viestiä suullisesti, mutta yleisesti kirjallinen viestintä on tarkemmin harkittua ja selkeämpää. Jos asia ei ole vastapuolelle heti selkeä on tärkeää esittää vastakysymyksiä, jotta asia tulee varmasti ymmärretyksi. Välillä myös asioiden kyseenalaistaminen haastaa viestin antajaa ajattelemaan ja tarkentamaan sanomaansa. Esiteltäessä asiaa palaverissa tai sähköpostilla on hyvä pyrkiä havainnollistamaan asiaa kuvien ja kuvaajien avulla. Projektin alussa määritetään viestintäkanavat ja menetelmät, jolloin kaikki osapuolet osaavat seurata viestintää ja tiedottamista sovittujen kanavien kautta. On hyvä huomioida, että viestintä kohdistetaan oikeille henkilöille. Jos viestintälistalla on henkilöitä, joita kyseinen viesti ei koske, tukkeutuu viestintäkanavat helposti kuulumattomista viesteistä ja yleinen viestien huomioiminen jää vähemmälle. [4, s.296–297.]

Hyvällä viestinnällä ja tiedottamisella saavutetaan hyvä työympäristö, jossa kaikki osapuolet ovat ajan tasalla projektin etenemisestä. Samalla saadaan

dokumentoitua projektin kulkua myöhempää käyttöä varten. Kun kaikki osapuolet ovat ajan tasalla, eikä projektista aiheudu ikäviä yllätyksiä kuten haittaa sivullisille henkilöille esimerkiksi rakennusprojektissa kaupungin keskellä, saadaan projekti vietyä läpi huomattavasti helpommin ja vähemmällä asioiden selvittämisellä.

2.1.9 Projektin päättäminen

Projektin päättäminen on kaikkien muiden osa-alueiden ohella tärkeä osa projektia. Päättämisvaihe koostuu hallinnollisista tehtävistä, työntekijöiden siirtämisestä seuraavaan projektiin, lopputuloksen luovuttamisesta tilaajalle, luovutusasiakirjojen laatimisesta ja dokumentoinnista sekä projektin raportoinnista ja tulosten analysoinnista. Projektin päätyttyä tilaaja vastaanottaa projektin lopputuloksen ja ottaa sen käyttöönsä. Vastaanoton yhteydessä tilaajalle annetaan koulutus uusiin järjestelmiin ja laitteisiin. Vastaanottotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, joka allekirjoitetaan sopimusosapuolien kesken. Tarvittaessa mahdollisista jälkitarkastuksista laaditaan myös oma pöytäkirja. 2 vuoden takuuajan päätyttyä pidetään takuutarkastus, josta laaditaan myös oma pöytäkirja allekirjoituksin. [4, s.358–359.]

Projektin päättämisvaiheessa ongelmia voi aiheutua esimerkiksi päättämisen ja seuraavan projektin aloituksen välisestä yhteensovittamisesta. Tärkeää on antaa myös palautetta projektiin osallistuneille henkilöille ja mahdollisesti palkita heidät hyvästä työstä. Kun työntekijät saavat suoran ja konkreettisen palkkion tekemästään työstä, motivoi se heitä suoriutumaan myös seuraavasta projektista entistä paremmin. [4, s.355–356.]

2.2 Lean-toimintamallin soveltaminen rakentamisen projektinhallintaan

Lean on toimintamalli eri prosessien tehokkuuden parantamiseen tehdyn työn arvoa lisäämällä. Sen alkuperä on toisen maailmansodan aikaisessa Japanissa, jossa Toyotan autotehtaan johto antoi heidän päätuotantoinsoörilleen tehtävän nostaa yrityksen tuottavuutta. Lähes täydellinen pääoman puuttuminen ja koneiden vanhanaikaisuus oli Toyotan ongelmana ja niinpä päätuotantoinsoörin tuli

keksiä keino, jolla pystyttäisiin saavuttamaan parempi tuottavuus vähemmillä resursseilla. Ajatusmaailma ja ideologia kehittyi, kun Toyotan päätuotantoinisinööri vieraili eri yhdysvaltalaisissa autotehtaissa ja supermarketissa. Todellisuudessa Lean on yhdistelmä erilaisia ideoita, joista osa on Toyotalaisten kehittämiä ja osa muiden. Koko Lean pohjautuu Toyota Production Systemiin, joka on alkujaan lähtenyt Fordin vuonna 1900 kehittämästä tuotantoideasta. Lean on laatujohtamisen toimintamalli, joka on ainakin tähän päivään mennessä osoittautunut lyömättömäksi. [5.]

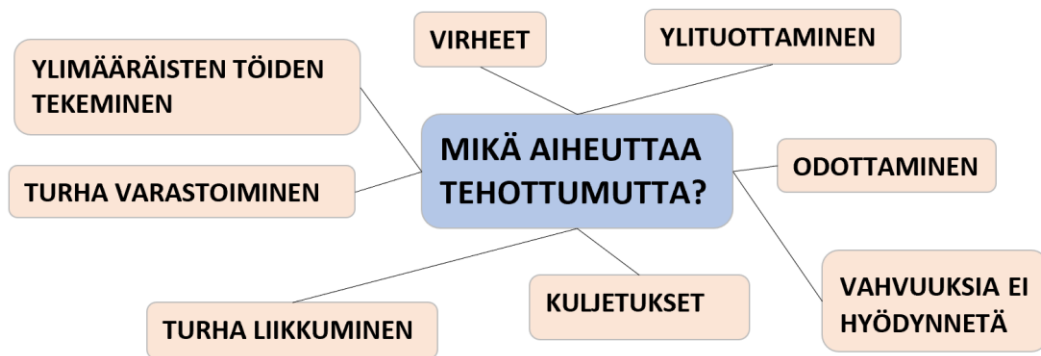
Leanin soveltaminen rakentamiseen eroaa osittain siitä, kuinka sitä käytetään teollisuuden aloilla. Rakentamisen muuttuvat olosuhteet ja keskenään erilaiset projektit vaativat ketterää ajattelua, tehokasta kommunikaatiota ja laajaa yhteistyötä työn arvon maksimoimiseksi ja hukka-ajan minimoimiseksi. Esimerkiksi teollisuuden tuotantolinjat pysyvät hyvin vakiona pitkiä aikoja, eikä niihin tule usein muutoksia, jolloin kun se on kerran saatu optimoitua, voidaan samaa kaavaa toteuttaa samalla tuotantolinjalla pitkään. Rakennusprojekteissa asioita joudutaan usein miettimään uudelleen projektien vaihtuessa. [6.]

2.2.1 Leanin periaatteet ja tavoitteet

Tavoitteiden saavuttamiseksi on tärkeää sitouttaa kaikki projektin osapuolet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa projektiin. Ajatuksena on, että eri osapuolet pääsevät vaikuttamaan projektin alusta asti, jolloin asioita voidaan käydä läpi ja kehittää yhdessä parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi. Tämä ajatusmalli eroaa perinteisestä projektinhallinnan mallista, jossa osapuolet yleensä reagoivat suunnitelmiin vasta kun ne ovat valmistuneet, eivätkä osallistu suunnitelmien tekemiseen yhdessä. [7.]

Eryteisesti kolme osa-aluetta korostuvat Lean-toimintamallin soveltamisessa rakennusprojektissa. Näitä osa-alueita ovat: muutos, eli työpanoksesta saadaan ulos jokin lopputuote; virtaus, eli sujuva työn tekeminen ilman häiriöitä tehtävästä toiseen; arvo, työ tuottaa asiakkaalle arvoa, josta asiakas on valmis maksamaan. [6.]

Asiakkaalle tuotettavan arvon kasvattamiseksi Lean keskittyy resurssitehokkuuden sijaan asiakaskeskeisyyteen ja prosessien virtaustehokkuuden kasvattamiseen. Ainoastaan resurssien tehoa kasvattamalla ei saada prosessia virtaamaan vaan siihen vaaditaan eri osa-alueiden yhteensovittamista, jolloin prosessi saadaan virtaustehokkaaksi. Tätä kutsutaan tehokkuusparadoksiksi. Tehokkuusparadoksi syntyy siitä, jos huomiota kiinnitetään vain resurssin tehokkaampaan hyödyntämiseen, aiheuttaa se todellisuudessa vain lisää työtä. [2, s.47.] Kuvassa 6 on esitetty tehottomuutta aiheuttavia asioita. Keskeistä on keskittyä siihen, että minimoidaan kaikki ylimääräistä aikaa aiheuttavat tekijät. Kuvan 6 pohjalta voidaan tarkastella asioita, jotka lisäävät työmäärää keskityttäessä ainoastaan resurssitehokkuuteen.



Kuva 6. Mikä aiheuttaa tehottomuutta. [7.]

Virheet ovat mitä tahansa asioita, joita ei ole tehty oikein ensimmäisellä kerralla. Kun asiat joudutaan tekemään toiseen kertaan, kuluu niihin paljon ylimääräistä aikaa ja materiaaleja. Ylituottamisen ongelma on se, että jos osatehtävä tehdään suunniteltua nopeammin, ei seuraava tehtävä ole vielä välttämättä valmiina alkamaan. Tällöin ylituottamiseen käytetty aika ei ole tuottanut mitään ja joudutaan odottamaan milloin seuraava tehtävä päästään aloittamaan. [7.]

Odottamista voi aiheutua esimerkiksi siitä, että tehtävään vaadittavat materiaalit eivät ole vielä valmiina tai tehtävää edeltäneet tehtävät eivät ole valmistuneet ajallaan. Oikeiden vahvuuksien hyödyntäminen on keskeinen asia tehokkuuden parantamisessa ja työn arvon parantamisessa. Jos työntekijä laitetaan tekemään hänelle vieraita töitä, menevät työntekijän tietotaito ja kyvyt hukkaan. [7.]

Kuljetukset tulisi suunnitella siten, että materiaalit ja työntekijät ovat oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Jos materiaaleja tuodaan työmaalle liian aikaisin, joudutaan niitä mahdollisesti siirtämään ennen kuin ne menevät käyttöön, jolloin työmäärä niiden hankinnan osalta tuplaantuu. Turhan liikkumisen minimointi on yksi tärkeimmistä työmaalla tapahtuvista asioista, jolla saadaan lisättyä arvoa tuottavan työn tekemiseen käytettävää aikaa. Turhaa liikkumista aiheuttaa esimerkiksi materiaalien ja työkalujen huono järjestys, jolloin työkaluja joudutaan etsimään ja keräämään useaan otteeseen. Kaikki työ, joka tapahtuu varsinaisen tehtävän ulkopuolella, tulee minimoida. [7.]

Ylimääräisten töiden tekeminen aiheuttaa ylimääräistä työtä, joka ei alun perin kuulu varsinaiseen arvoa tuottavaan työhön. Tällaista työtä saattaa syntyä esimerkiksi silloin, kun yritetään tehostaa työn tekemistä keksimällä joitain ylimääräisiä tehtäviä, jotka vievät enemmän aikaa kuin niiden hyödyt ovat. Tai vaihtoehtoisesti väärän työn tekeminen, josta ei ole sovittu eikä siitä saada korvausta. [7.]

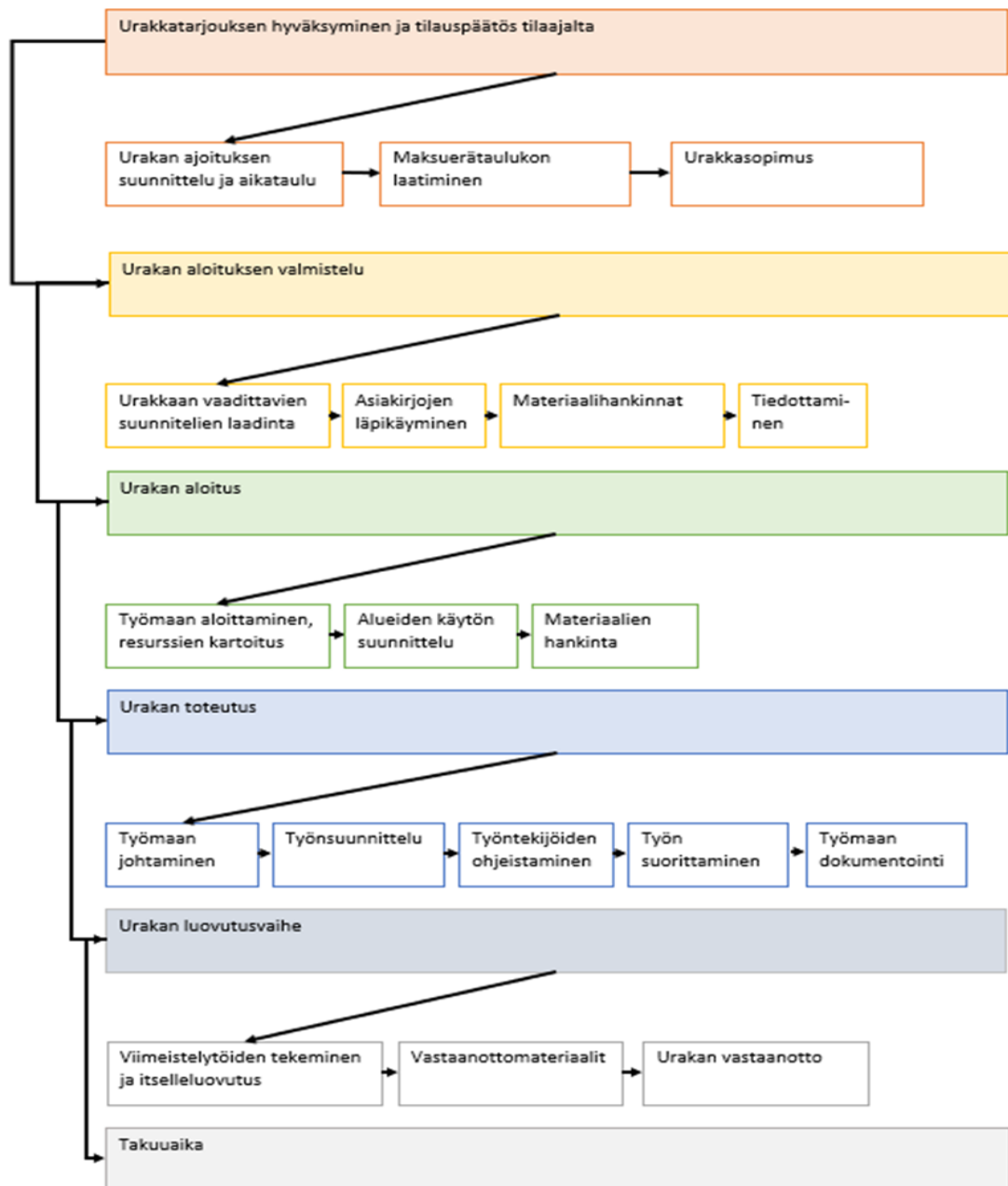
Ylimääräisten materiaalien varastoiminen aiheuttaa myös ylimääräistä työtä. Ylimääräisen materiaalin varastoiminen aiheuttaa lisäkustannuksia kuljetusten ja käsittelyn osalta, sekä siihen kuluu myös ylimääräistä aikaa. Pahimmillaan materiaalit vielä pilaantuvat ollessaan pitkiä aikoja varastossa, jolloin tämän työn arvo on käytännössä negatiivinen aiheuttaen ainoastaan kuluja. [7.]

Arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta toimii lähtökohtana Lean-rakentamiselle. Projektissa ei ainoastaan tule ajatella mitä rakennetaan, vaan myös miksi. Tällöin jo suunnitteluvaiheessa ymmärretään paremmin, miksi projektia toteutetaan ja mikä on keskeistä asiakkaan näkökulmasta. Näin voidaan myös minimoida tehtäviä, jotka eivät ole asiakkaalle arvokkaita ja joista ei saada korvausta. Kun arvo on määritetty asiakkaan näkökulmasta, määritetään projektin prosesseille arvovirta. Kun prosessi on kuvattuna hyvin tarkkaan, poistetaan siitä kaikki askeleet ja resurssit, jotka eivät tuota arvoa. [7.]

Tavoitteena on kehittää hyvin virtaavia työprosesseja, jotka ovat jatkuvia ja joissa aiheutuu mahdollisimman vähän häiriöitä. Luotettavuus ja ennakoitavuus ovat tärkeitä seikkoja loogisen järjestyksen lisäksi. Prosessit tulee rakentaa mahdollisimman loogiseen järjestykseen, jotta toteutus tapahtuu luonnollisessa järjestyksessä. Esimerkiksi seiniä ei voi alkaa rakentamaan ennen kuin perustukset on tehty. Huolellinen suunnittelu, yhteistyö ja kommunikaatio eri osapuolien välillä on tärkeää. Suunnittelun vetäjänä on mahdollisuus vaikuttaa suunnittelun ja aikataulun laatuun sekä tarkkuuteen. Lean ei ole mikään tietty tila, joka voidaan saavuttaa, vaan se on toimintamalli jatkuvaan kehitykseen ja tehokkuuden parantamiseen. Se on yksilöllinen malli, jonka jokainen yritys kehittää juuri itselleen ja omille prosesseilleen toimivaksi malliksi. Tavoitteena on saada vietyä projektit maaliin ajallaan, budjetissa ja tuottaa asiakkaalle juuri heidän tarvitsemansa lopputulos. [7.]

3 Leanin soveltaminen yrityksen nykyisiin toimintamalleihin

Kuvassa 7 on kuvattu yrityksen nykyinen rakennusurakan prosessi. Jotta Leanin mukaista toimintamallia voidaan soveltaa yrityksen toimintaan ja projekteihin täytyy yrityksen nykyiset prosessit pyrkiä kuvaamaan riittävän tarkasti. Prosessien vaiheiden seasta voidaan löytää mahdollisia tehostamista vaativia työvaiheita tai jopa kokonaan poistettavia tehtäviä, jotka eivät tuota minkäänlaista arvoa työn tilaajalle eli asiakkaalle.



Kuva 7. Nykyiset toimintaprosessit kuvattuna.

3.1 Nykyisten prosessien analysointi

Urakan aloitus

Urakan tilauksen jälkeen laaditaan urakkasopimuksen liitteiksi yleisaikataulu ja maksuerätaulukko. Yleisaikataulu tehdään hyvin karkeasti ainoastaan pääsuoritteiden osalta. Ennen varsinaisten töiden aloitusta tehdään vielä työmaalle vaadittavat suunnitelmat, joita ovat mm. laatusuunnitelma, turvallisuussuunnitelma ja aluesuunnitelma. Laatusuunnitelma sisältää tarkempia suunnitelmia eri työvaiheista ja niiden laatuvaatimuksia. Urakan suunnitelma-asiakirjat käydään läpi ja työjärjestystä suunnitellaan aloitusta varten. Lisäksi tilataan mahdollisia materiaaleja ja laitteita valmiiksi, joilla on pitkä toimitusaika sekä tiedotetaan osapuolia, joita kyseinen työ koskee ja joihin työllä on vaikutusta. Resurssit kartoitetaan siten, että päätetään ketkä työntekijät vapautuvat seuraavaksi ja voivat aloittaa urakan toteutuksen.

Urakan toteutus

Varsinaiseen työn suorittamiseen kuuluu tärkeimpänä osana työmaan johtaminen. Vastaava työnjohtaja käynnistää työmaan ja organisoii kaluston kuljetukset työmaalle. Työmaan toteutusta suunnitellaan useaan kertaan välillä hyvin muuttuvien olosuhteiden vuoksi. Kaivettaessa maaperästä saattaa löytyä suunnitelmista poikkeavia asioita, jotka muuttavat työn luonnetta. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi kallio tai suunnitelmista poikkeavat rakenteet. Työntekijöille jaetaan ohjeita päivän töistä työmaan etenemisen mukaan. Eteen tulee usein tilanteita, jolloin jokin oleellinen materiaali tai työkalu puuttuu. Tällöin työnjohtaja joutuu lähteä hakemaan puuttuvia tarvikkeita. Työmaata dokumentoidaan päivittäin valokuvamalla sekä merkitsemällä asioita suunnitelmiin. Dokumentointia suorittavat valvoja, työnjohto sekä työntekijät.

Urakan luovutus

Luovutusvaiheen aluksi laaditaan itselleluovutus pöytäkirja, johon kirjataan kaikki työmaalla kyseisellä hetkellä olevat keskeneräiset asiat ja puutteet. Laaditaan

urakan vastaanottomateriaalit, johon liitetään työmaalla tehty dokumentointi ja asiakirjoissa vaaditut luovutusasiakirjat. Myös itselleluovutus pöytäkirja liitetään vastaanottomateriaaleihin. Tilaajalta pyydetään vastaanottotilaisuus 2 viikkoa ennen vastaanottoa. Vastaanottotilaisuudessa työtulos hyväksytään ja kirjataan mahdolliset jälkikorjausasiat. Tämän jälkeen urakka siirtyy takuuajalle.

3.2 Havaintoja työmaalta

Kuvassa 8 on taulukko, johon on kuvattu työmaalla esiintyneitä ongelmatilanteita, joilla on ollut vaikutusta työmaan töiden etenemiseen ja tehokkuuteen. Aiheita on kerätty noin 2 viikon jaksolta ja niiden perusteella voidaan havaita, että ongelmien aiheet ovat hyvin erilaisia. Tarkoituksena on keskittyä näiden ongelmien minimoimiseen sekä pohtia voisiko ongelmien syntyä ehkäistä jo aikaisempien prosessien aikana.

Havaintojen kaltaisista ongelmista aiheutuu erisuuruista häiriötä työn tekemiseen riippuen ongelman koosta. Aiheista voisi poimia moottorisahaesimerkin, joka kuvastaa yleistä ongelmaa melko hyvin. Rikkoutuneeksi todettu moottorisaha jäi työmaalle seisomaan, eikä kukaan tehnyt mitään sen korjaamiseksi tai tuonut uutta sahaan sen tilalle. Ongelma on tällöin joko tiedon kulkemisessa, sahan on rikkoutumisesta tai ettei tiedon vastaanottaja tehnyt asialle mitään joko unohduksen tai kiireen vuoksi. Kun ongelmat aiheuttavat jatkuvaa kiirettä syntyy niin sanottu ”tulipalojen sammutus” efekti. Tuntuu, että koko ajan on kiire hoitamaan ongelmaa toisensa perään ja samalla pitäisi vielä ehtiä huolehtimaan normaaleista päivän töistä. Työnjohtaja on täysin työllistetty ajamaan työmaiden välillä toimittamassa puuttuvia materiaaleja tai korjaamassa koneita. Tämänkaltaisen työ voidaan nähdä resurssitehokkaana, jos sitä tarkastellaan ainoastaan siitä näkökulmasta, että resurssi, eli tässä tapauksessa työnjohtaja on koko ajan työllistetty. Totuus kuitenkin on, että resurssin oikeaa työtä eli varsinaista työnjohtoa tapahtuu tästä ajasta vain murto-osa. Jos asiaa tarkastellaan virtaustehokkuuden näkökulmasta, ei virtaustehokkuus toteudu tällöin millään osa-alueella. Yksi työvaihe sitoo tällöin useita eri resursseja ja muiden resurssien toiminta on kiinni tässä tapauksessa siitä, kuinka nopeasti ongelma ehditään korjaamaan ja työt

jatkumaan. Jos ongelmaa ei heti saada korjattua tehdään työ jollain muulla keinolla, joka saattaa viedä selvästi enemmän aikaa.

prosessi	aihe	seuraus
Työn suorittaminen, Työnjohto	Moottorisaha rikki, teräketju ei pyöri	Pitäisi sahata vanhat lankkuarinan lankut poikki. Työnjohtaja ei ehdi hakemaan uutta tilalle ja kaikki ehjät sahat ovat Hyvinkään varastolla. Aiheuttaa seisomista ja ihmettelyä työmaalla.
Työnjohto	Tulityölupa ja työmaan työnjohto	Työmaainsinööri lähettin väärin työntekijöiden tiedot valvojalle, koska hänellä ei ollut tietoa kettä tarkalleen tulitöitä tekevät. Valvojalla ei ollut tarkkaa käsitystä kuka työnjohtajista vastaa työmaasta.
Työnjohto, vastaanottomateriaalit	Punakynäpiirustuksen tekeminen	Punakynä piirustus sovittu tehtäväksi valvojan läsnäollessa yhtenä päivänä urakan lopussa. Punakynäpiirustuksen tekemiseen kului puoli työpäivää, joka aiheutti työnjohtajalle loppupäiväksi todella kovan kiireen, kun asioita jäi hoitamatta.
Työn suorittaminen, Työnjohto	Moottorisaha rikki, teräketju ei pyöri	Aikaisemmalle moottorisaha-asialle ei ole tehty mitään ja sahaa olisi tarvittu jo uudelleen työmaalla.
Työn suorittaminen, Työnjohto, Materiaalihankinnat	Salaojaputket loppuivat työmaalta	Asiaan ei oltu varauduttu eikä putkien riittämistä oltu seurattu, joten kun salaojaputke piti alkaa asentamaan huomattiin, ettei salaojaputkea ollut enää yhtään työmaalla
Työnjohto, työnsuorittaminen	Työmaalla on roskia ja jätettä ympäriinsä	Töiden ajan löytyneet ja syntyneet jätteen on jäänyt pitkin työmaata, eikä niitä ole kerätty kasaan. Jätteitä siirrellään edes takaisin työmaata monta kertaa ennen kuin ne siirretään lopulliseen paikkaan josta ne haetaan kuorma-autolla pois.
Työnjohto	Kaapelikartta puuttuu työmaalta	Pitäisi aloittaa kaivutyöt kadulla mutta työmaalle ei ole
Työnjohto, työnsuorittaminen	Kaivo ja asfaltin alle asfaltoinnissa	Kaivo oli unohtunut murskeen alle asfaltin pohjien teko vaiheessa, joten kaivon kansi jäi asfaltoinnin alle. Aiheuttaa paljon ylimääräistä säätöä kun kohta kaivetaan auki ja paikataan uudelleen paikkausmassalla.
Työnjohto, työnsuorittaminen	Ostolaskujen viitteet	Rautakaupasta tehtyjen ostojen viitteitä ei ole ilmoitettu oikein, jolloin laskuja joudutaan käymään läpi ja yhdellä laskulla on useille eri työmaille kuuluvia tavaroita

Kuva 8. Havainnot työmaalta.

Havaintojen ja prosessien kuvauksen perusteella suurimmat tehostamisen tarpeet ovat yrityksen sisäisessä viestinnässä ja tehtävien jakamisessa. Tehtäviä ei jaeta kunnolla eri osapuolien kesken, vaan tieto jää monesti vain yhdelle tai kahdelle työntekijälle, jotka esimerkiksi käyttävät konetta, mutta eivät osallistu koneen korjaukseen sen rikkoutuessa. Projektin ja resurssien suunnittelun parantamisella voitaisiin tehostaa resurssien käyttöä sekä poistaa työnjohtajalta ylimääräisiä juoksevia asioita, jolloin työnjohtajalle jää enemmän aikaa varsinaiseen työn johtamiseen, ennakointiin ja töiden valvontaan. Kun tehtäviä jaetaan tasaisesti oikeille henkilöille, vähentyy tietokatkokset merkittävästi. Esimerkiksi kuvassa 8 nähtävä tulityöluvan kirjoittaminen väärälle työntekijälle olisi mennyt

todennäköisesti kerralla oikein, jos tehtävä sisältö olisi kirjattu ylös ja osoitettu siitä vastaavalle työntekijälle, tässä tapauksessa työmaainsinöörille. Huolellisella projektin suunnittelulla ja seurannalla vältetään myös tilanteelta, jossa ei ole selvillä kuka työmaasta vastaa.

Myös hankintojen ohjauksessa ja työmaan materiaalien seurannassa on selvä kehitystarve. Tilanteet, jolloin materiaali on yllättäen loppu työmaalla aiheuttavat välitöntä viivettä työn tekemiseen sekä välillisesti viivettä useisiin resursseihin. Yleensä kun ilmenee äkillinen tilanne, joka vaatii reagoimista ja suunnitellusta poikkeavaa toimintaa, sitoo se myös tehtävän ulkopuolisen resurssin tai vastavasti liikaa tehtävään suunniteltuja resursseja.

Työmaan jatkuva ja organisoitu dokumentointi tehtävien ohessa pienentää dokumenttien kasaamisesta ja tekemisestä aiheutuvaa työtä työmaan luovutusvaiheessa. Yhdenmukaisella dokumentointimallilla voitaisiin vähentää yhden työntekijän työmäärän kertymistä luovutusvaiheen tehtäviin ja tasoittaa näin käytössä olevia resursseja koko urakan ajaksi. Koska yrityksellä on yhtä aikaa käynnissä useita projekteja eli urakoita, joita vetää yksi työnjohtaja ja työmaainsinööri, tulisi resurssien kuormitus olla mahdollisimman tasaista, jolloin resursseja olisi käytävissä jokaiselle projektille.

4 Rakennustyön toiminnan tehostamisen toimenpiteet

Ensimmäisenä toimenpiteenä keskitytään projektin suunnitteluun. Suunnittelu- vaiheessa projekti tulee suunnitella ja aikatauluttaa tarkasti ja jokainen tehtävä tulisi määrittää erikseen suunnitelmaan. Tehtävien väliset riippuvuudet suunnitelmaan ja määritetään käytössä olevien resurssien mukaan. Kun tehtävät määritetään omiksi kokonaisuuksiksi WBS-luokittelulla, on niiden hahmottaminen ja ketjutus helpompaa. [4, s.98.] Aiemmin työmaan suunnittelu ja aikataulutus on pohjautunut urakkalaskennasta saatuihin tehtävien laskettuihin kestoihin ja aikataulu on laadittu Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Huonona puolena tässä on ollut se, että aikataulua ei ole helppoa muokata visuaalisesti, eikä sitä pystytä esittämään kuin yhdellä esitystyylillä. Esimerkiksi alitehtäviä ei saada piilotettua eikä tehtäviä pystytä uudelleen järjestämään sen jälkeen, kun ne on kirjattu aikatauluun. Projektin kriittistä polkua ei ole myöskään aiemmin määritetty ja resursointi ja sen tarkastelu kokonaiskuvassa on ollut hankalaa.

4.1 Microsoft Project projektinhallintaohjelmisto

Projektin suunnitteluun ja aikatauluun otettiin käyttöön Microsoft Project -projektinhallintaohjelmisto. Sen avulla voidaan laatia projektisuunnitelma hyvin tarkasti ja yrityksen resurssit voidaan määrittää tehtäville hyvin tarkasti. Kun suunnitelma on laadittu todenmukaisesti ja resurssit on määritetty tarkkaan kullekin tehtävälle, voidaan projektin kriittinen polku määrittää suunnitelman perusteella. [8.] Yhtä tärkeää kuin kriittisen polun määrittäminen, on myös määrittää projektin arvovirta. Se voi olla hyvin samanlainen kuin kriittinen polku, mutta arvovirtaa määrittäessä huomio kiinnittyy resurssitehokkuuden sijaan siihen, miten asiakkaalle tuotetaan arvoa mahdollisimman tehokkaasti, eli kaikki mikä ei tuota arvoa pyritään poistamaan prosessista. [7.] Kriittisen polun ja arvovirran määrittävät projektin kriittiset resurssit ja prosessit, joiden ympärille projektin muut tehtävät rakennetaan. Jos kriittiseen polkuun tulee häiriöitä, aiheuttaa se tällöin häiriöitä koko projektin kulkuun. Kriittisen polun ja arvovirran häiriöiden minimoimiseksi riskien hallintasuunnitelma on tärkeä. [4, s.225.]

Kun historiasta tunnistetaan yleisimpiä riskejä, jotka ovat aiheuttaneet ongelmia projektin kulkuun, voidaan ne pyrkiä sen jälkeen poistamaan tai minimoimaan. [4, s.227–228.] Esimerkiksi, jos projektia toteutetaan pienellä resurssimäärällä, kuten yhdellä työryhmällä kaivinkone ja perämies, projektin aikataulu vaarantuu, jos toinen näistä työntekijöistä jää sairauslomalle. Käytännössä tämä tarkoittaa, että sairauslomalle jääneen työntekijän tilalle on löydettävä korvaava työntekijä tai myös toisen työntekijän työt seisovat. Jos yrityksellä ei ole siirtää vapaita resursseja, joudutaan hankalaan tilanteeseen. Tällaisessa tilanteessa rikienhallinta-suunnitelmassa huomioiduilla toimenpiteillä, voidaan paikata tilannetta ja välttyä suuremmilta ongelmilta.

MS Projectia voidaan hyödyntää erittäin tehokkaasti Lean-toimintamallin mukaiseen tehostamiseen. Tehtävien yliresursointi ja liian nopeasti tehtävien tekeminen valmiiksi voidaan poistaa suunnittelemalla resurssit oikein. MS Project -ohjelma tunnistaa tehtäville asetetut resurssit ja laskee tehtävän arvioidun keston annetun työmäärän ja resurssin tehokkuuden perusteella. Ohjelma ilmoittaa, mikäli resursseja on suunniteltu päällekkäin kahdelle eri tehtävälle. [8.] Kokonaiskuvan hahmottaminen suunnittelussa korostuu ja resurssien oikea-aikainen sijoittelu on tärkeä asia, jotta tehtävien välille ei synny odottelua ja jokaiselle tehtävälle määritellyt aloitusedellytykset ovat valmiit. [4, s.149–153.] Kun kokonaiskuva on hahmotettu ja vapaana olevia resursseja tarkastellaan, voidaan myös resurssien vahvuudet huomioida suunnittelussa. Kun resurssien vahvuudet tunnistetaan ja ne laitetaan tekemään tehtäviä vahvuuksien mukaan, motivoi se myös työntekijöitä toimimaan tehokkaammin ja tuntemaan työn omakseen. [7.]

Yhtä tärkeää kuin resurssien oikea-aikainen sijoittelu on materiaalien oikea-aikaiset hankinnat. Jos materiaaleja tilataan työmaalle liikaa liian aikaisin, joudutaan niitä varastoimaan pitkiä aikoja ja mahdollisesti myös siirtämään paikasta toiseen. [7.] Materiaalien varastointialueet määritellään myös työmaan aluesuunnitelmaan. Jos alueiden käyttöä ei suunnitella voidaan joutua tilanteeseen, että työmaalle varastoidut materiaali ovat tiellä paikassa, jossa pitäisi alkaa työskentelemään. Pitkät varastointiajat voivat myös aiheuttaa sen, että materiaalit menevät pilalle. Tällöin kustannukset materiaalin säilyttämisestä nousevat suhteessa

siihen, että materiaali olisi saatu lähes suoraan käyttöön, kun se saapuu työmaalle. [7.]

4.2 Tehtävien suunnittelu Microsoft Plannerilla

Microsoft Planner -ohjelmisto mahdollistaa työryhmien sisäisen kommunikoinnin projektissa. Planner-ohjelmiston avulla voidaan luoda työryhmiä ja kutsua niihin projektissa työskenteleviä henkilöitä. Planneriin luodaan tehtäväkortteja, joiden sisään voi lisätä vielä osatehtäviä, joista päätehtävä rakentuu. MS Project -ohjelma voidaan myös yhdistää Planner-ohjelmaan, ja Project-ohjelmasta voidaan jakaa tehtäviä Plannerin kautta eri työntekijöille. Näin voidaan jakaa esimerkiksi suoraan projektisuunnitelmasta tietyjä tehtäviä työryhmän jäsenille, jolloin suuri määrä ylimääräisiä tehtävänjako työvaiheita jää pois. [9.]

Hyvinkään Maansiirto Oy otti Planner-ohjelmiston testikäyttöön aluksi työmaainsinöörin ja työpäällikön välille, jotka hoitavat projektien kirjallisia ja taloudellisia tehtäviä. Myöhemmin on tarkoitus ottaa mukaan myös työnjohtaja, kun Planner-käyttöperiaatteet saadaan testattua ja määriteltyä yrityksen käyttöön sopiviksi. Testikäytössä Plannerilla suunniteltiin urakoiden aloitukseen liittyvät aloitustehtävät, jolloin kaikki aloituksen edellytykset saadaan aikataulutettua ja täytettyä ennen kuin urakan on tarkoitus alkaa. Suunniteltujen tehtävien etenemistä voi seurata kuka vain työryhmän jäsen ja jäsenet voivat käydä keskustelua eri tehtävistä tehtävien sisällä, jolloin viestintä kohdistuu ja tallentuu juuri oikeaan paikkaan. Planner-ohjelma voidaan yhdistää myös Microsoft Teams -ohjelmaan, jolloin työryhmän jäsenet näkevät kaikki suunnitellut ja heihin kohdistetut tehtävä myös Microsoft Teamsin puolella. Microsoft Teams -ohjelma on ollut jo aiemmin yrityksen käytössä virtuaalisissa työmaakokouksissa ja urakkaneuvotteluissa, mutta sisäisessä viestinnässä sitä ei ollut aiemmin juurikaan käytetty. Plannerin myötä työryhmien välinen viestintä voi tulevaisuudessa siirtyä enemmän myös Teamsin puolelle. [10.]

4.3 Virtaustehokkuus osaksi prosesseja

Prosessien suunnittelussa tavoitteena on saada ne virtaamaan tehokkaasti. Mahdollisimman lyhyet prosessien läpimenoajat ja tehtävien valmiiksi saattaminen yhdellä kerralla tukevat virtaustehokkuutta. Jos tehtävän suorittaminen viivästyy ja sitoo monia eri resursseja aiheuttaa se tilanteita, jossa usea eri taho on aloittamassa tehtävään liittyviä toimenpiteitä aina uudelleen ja uudelleen, kerta toisensa jälkeen. Kun tehtävät hoidetaan kerralla valmiiksi, eikä niitä siirretä eteenpäin, vapautuu aikaa muihin tehtäviin ja työn lopputuloksen vastaanottaja eli asiakas saa, vastinetta eli arvoa tehdyille työlle huomattavasti nopeammin.

Päivittäinen toiminta tulee suunnitella ja aikatauluttaa, siten että tehtävien valmiiksi saattamiseen on varattu riittävästi aikaa ja että tärkeiden tehtävien tekemistä priorisoidaan. Joka päivä tulee lisää juoksevia asioita ja niiden aiheuttamaa kiirettä. Kun tavoitellaan virtaustehokkuutta, tulee tehtävät hoitaa tehtävä kerrallaan järjestelmällisesti valmiiksi asti. Tähän perustuu myös aiemmin esitelty tehokkuusparadoksi. Jos keskitytään ainoastaan siihen, että resurssi on jatkuvasti työllistetty jää huomioimatta tällöin, että saadaanko tehtäviä vietyä oikeasti valmiiksi asti ja tuotettua arvoa tehdyillä tehtävillä. Jos tehtävät jäävät aina kesken, ei silloin tehtävälle ole saatu käytännössä vielä mitään arvoa ja siihen joudutaan palaamaan uudelleen. [2, s.47–64.]

Virtaustehokkuuden saavuttaminen työmaalla on keskeinen asia urakan toiminnan tehostamisessa. Suurin osa urakkaan käytetystä ajasta kuluu työmaan toteuttamiseen. Siihen kuluu myös suurin osa työmaan resursseista. Jos työmaalla käytetystä ajasta kuluu noin 20 % materiaalien hakemiseen tai niiden puuttumiseen, on siinä valtavasti parantamisen varaa. [1.] Materiaalien ja työkalujen organisoimiseksi rakennettiin testikäyttöön yritykselle uudenlainen materiaalikontti, jossa yleisimmät käsityökalut ja materiaalit ovat varastoituna järjestelmällisesti. Työnjohtajalla kuluu myös päivittäin paljon aikaa pientavaroiden hakemiseen rautakaupoista, jolloin materiaalikontilla voidaan vapauttaa työnjohtajalle lisää aikaa varsinaiseen työn johtamiseen.

4.4 Materiaalikontti ja materiaalivirojen automatisointi

Työkalujen ja pientarvikkeiden hallintaa varten rakennettiin 3 materiaalikonttia, jotka varusteltiin keskenään samoilla perustarvikkeilla. Materiaalikontille nimettiin vastaava henkilö, jonka tehtävänä on käydä kontti läpi viikoittain ja raportoida mahdolliset puutteet. Yleisimmille pientarvikkeille ja -työkaluille, järjestettiin materiaalitoimittajan kanssa käytäntö, jossa toimittaja käy viikoittain tarkastamassa kontin varusteet heidän osaltaan ja täydentää ne puuttuvilta osin. Näin työnjohdolta poistuu huomattava määrä perustarvikkeiden seuraamista ja hakemista työmaalle. Konttiin suunniteltiin myös pieni hätävaravarasto työmaan tyypillisille rakennusmateriaaleille, kuten perusmuurilevyille ja sokkelin bitumikermieristeelle. Siinä tilanteessa, että työmaalle tilatut materiaalit pääsevät loppumaan kesken tai jos toimituksessa on viivästyksiä, saadaan työt jatkumaan ilman katkoksia.

Materiaalivirtojen automatisoimiseksi sovittiin yhteistyöstä Wurth Oy:n kanssa. Wurth Oy on hyvin monipuolinen palveluntuottaja, joka toimittaa rakennustarvikkeita ja työkaluja. [11.] Yhteistyöllä automatisoitiin materiaalikontin sisällöstä huolehtiminen. Palvelua pystytään räätälöimään täysin tarpeiden mukaan. Referenssikohteessa automatisointi hoidettiin siten, että Wurthin edustaja kävi kerran viikossa tarkastamassa kontin tilanteen ja vielä samalla viikolla hän kävi täydentämässä puutteet konttiin. Jos tarvikkeiden menekki oli suurta, sovittiin että he toimittavat suuremman kertaerän tavaraa konttiin, josta käytetään niin paljon, kuin on tarve. Ylimääräiset tuotteet he hakivat takaisin ja hyvittivät niiden hinnan. Perustarvikkeista poikkeavien tarvikkeiden tilausta varten tehtiin Excel -pohjainen tilauskaavake, jolla tilataan muita tarvikkeita työmaalle. Tavoitteena oli se, että saadaan vakioitu tilauspohja, joka tulee tutuksi molemmille osapuolille. Tällöin minimoidaan mahdolliset virheet, jotka johtuvat vääristä tulkinnoista tai muista epäselvyyksistä.

Suurempien rakennustarvikkeiden toimittajana toimii Ahlsell Oy. Heidän kanssaan Hymasi on tehnyt jo pitkään yhteistyötä saman edustajan kanssa. Suurempien rakennustarvikkeiden kuten putkien, kaivojen, eristeiden ja suodatinkankaiden tilauskäytäntö oli jo ennestään hyvin toimiva. Tilauksia varten tehtiin

kuitenkin myös vastaava tilauskaavake, jolla suuret tilauserät tilataan suoraan Ahlsellin edustajalta. Pienempiä ja nopeampia tarpeita varten työmaan työnjohtajille luotiin tunnukset Ahlsellin Webshop-palveluun, jonka kautta materiaaleja voidaan tilata suoraan heidän verkkosivujen kautta ilman, että materiaaleja tarvitsee tilata erikseen heidän edustajaltaan. [12.]

4.5 Työkalut työmaalla tapahtuvaan dokumentointiin

Erilaisia digitaalisten sovellusten soveltuvuutta urakan dokumentointiin ja tiedonkulkuaan vertailtiin. Tavoitteena oli löytää sovellus kaikkien yrityksen työntekijöiden käyttöön, jolla voisi jakaa työmaan suunnitelmia ja dokumentoida suoritettuja työvaiheita, virheitä ja muita huomioita. Toimivimmiksi osoittautuivat Congrid sekä Teklan PlanGrid -ohjelmistot. Congrid on ominaisuuksiltaan monipuolisempi kuin PlanGrid, mutta PlanGridista löytyy selkeästi juuri ne ominaisuudet, jotka tuovat merkittävää lisäarvoa työmaalle dokumentoinnin ja viestinnän kautta. Merkittävimmät ominaisuudet, joita haettiin, olivat mahdollisuus tehdä merkintöjä suoraan suunnitelmiin, esimerkiksi lisätä valokuvia työmaan asemapiirustukseen. Tällöin valokuva on suoraan yhdistetty sijaintiin työmaalla, eikä valokuvaa katsoessa tarvitse olla käynyt työmaalla pystyäkseen paikallistamaan otetun valokuvan sijainnin. [13.] [14.]

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka toimintaa voidaan tehostaa urakan eri vaiheissa. Tutkimuksessa keskityttiin aloitus-, toteutus- ja lopetusvaiheeseen. Tutkimusmateriaalina käytettiin eri kirjallisuuslähteitä projektinhallintaan ja Lean toimintamalliin liittyen. Lisäksi perehdyttiin olemassa oleviin projektinhallintaohjelmistoihin ja otettiin ohjelmistoja käyttöön. Kirjallisuuslähteiden lisäksi tietoa kerättiin työmaahavainnolla sekä kokemusperäisellä tiedolla. Yrityksen tyypillinen urakan prosessi kuvattiin ja sen pohjalta etsittiin tehostamiskohteita.

Lähtötilanteessa yrityksen prosessit olivat vuosien mittaan muuttuneet tietynlaisiksi rutiineiksi eikä kehitystä juurikaan tapahtunut. Kehitykselle nähtiin kuitenkin merkittävästi tarvetta lisääntyneiden urakoiden sekä kasvaneen työntekijämäärän johdosta. Myös rakennusalan digitalisoitumisessa nähtiin paljon potentiaalia ja tavoitteena oli löytää myös mahdollisia digitaalisia ratkaisuja prosessien tehostamiseen.

Urakoiden toiminnan tehostamiseen tehtiin tutkimuksen pohjalta valmiita tehokkuutta parantavia ratkaisuja sekä selvitettiin mahdollisista digitaalisia sovelluksia työmaan dokumentointiin. Projektin suunnitteluun ja hallintaan otettiin käyttöön MS Project -projektinhallintaohjelmisto. Viestintään ja tehtävien hallintaan projektiryhmien kesken valikoitui MS Planner -ohjelmisto. Materiaalien ja materiaalivirtojen automatisointia varten rakennettiin materiaalikontti vähentämään materiaalipuuutteista johtuvia häiriöitä. Kun luotiin valmiita ratkaisuja, pystyttiin myös seuraamaan niiden vaikutuksia käytännön tekemiseen. Merkittävin uudistus, jonka vaikutukset olivat nähtävissä välittömästi, oli järjestelmällisen materiaalikontin rakentaminen. Sen avulla minimoidaan tilanteet, joissa huomataan jonkin työkalun tai tarvikkeen puuttuvat ja työt seisahtuvat sen takia. Samalla järjestelmällinen materiaalikontti antaa työntekijöille mahdollisuuden järjestelmälliseen työntekoon, kun he tietävät tarkkaan mitä työkaluja ja materiaaleja työmaalla kuuluu olla ja minkä verran.

Urakoiden toimintaa tehostamalla voidaan lisätä merkittävästi yrityksen kilpailukykyä. Tehokkaasti toteutetut prosessit lisäävät myös työntekijöiden motivaatiota, kun heillä on käytettävissään oikeat työkalut ja lähtötiedot työn tekemiseen. Materiaalien puuttuminen kriittisellä hetkellä aiheuttaa aina ylimääräistä työtä sekä turhautumista työtä suorittavien työntekijöiden keskuudessa. Lean-toimintamalli vie projektinhallinnan uudelle tasolle, ja sen avulla voidaan rakentaa erittäin hyvin toimivia prosesseja eri urakan vaiheisiin. Lean-toimintamallin sisäistäminen ja ymmärtäminen vaatii paljon kirjallisuuteen tutustumista, mutta siihen käytetty aika maksaa itsensä nopeasti takaisin.

Lean -toimintamalli eroaa perinteisistä tehostamisperiaatteista siten, että se pyrkii keskittymään asiakkaalle tuotettavan arvon maksimoimiseen poistamalla prosesseissa syntyvät viiveet ja hukat. Perinteiset tehostamisperiaatteet keskittyvä enemmän resurssitehokkuuteen, jossa tärkeää on, että yksittäiset resurssit ovat mahdollisimman tehokkaita. Tällöin huomio keskittyy liikaa ainoastaan resurssitehokkuuteen eikä koko prosessin etenemiseen. Projektin kokonaistehokkuuden kannalta on kuitenkin tärkeämpää, että kokonaiset prosessit etenevät tehokkaasti. Jos keskitytään ainoastaan resurssien tehokkuuteen, saattaa se aiheuttaa tilanteita, joissa tehtävät valmistuvat eri aikaan, eikä seuraavaa tehtävää voida aloittaa ennen kuin molemmat tehtävät ovat valmiita. Myös joitain tärkeitä oheistehtäviä voi jäädä hoitamatta, kun resurssit keskittyvät ainoastaan niiden päätehtävään.

Projektin kokonaiskuvan hahmottaminen on tärkeää projektin suunnitteluvaiheesta projektin päättämiseen. Resurssien suunnittelu ja kohdistaminen oikeille tehtäville on keskeinen asia projektin tehokkaassa toteutuksessa. Resurssien väliset ristiriidat tunnistetaan aikaisessa vaiheessa, kun suunnittelu tehdään riittävän tarkasti. Ristiriidat tunnistamalla minimoidaan työn aikana resursseista aiheutuvia riskejä.

Projektin suunnitteluvaiheessa on tärkeää määritellä ja tunnistaa projektin kriittinen polku. Arvovirta on Lean-toimintamallin mukainen käsite, joka tarkoittaa lähes samaa kuin kriittinen polku. Kummankin käsitteen tarkoitus on määrittää

projektin tehtävistä muodostuva polku, joka on kriittinen projektin arvon maksimoimiseksi sekä aikataulussa pysymiseksi. Jos tälle polulle syntyy häiriöitä, on sillä suora vaikutus projektin etenemiseen ja lopputuloksen saavuttamiseen.

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin. Yrityksen lähtökohtiin verrattuna tutkimuksen pohjalta tuli paljon uusia asioita projektinhallintaan. Opinnäytetyön lopputuloksena olisi voinut olla vielä enemmän suoraan käytäntöön sopivia työhöjeita tai toimintamalleja. Kuitenkin tutkimuksen pohjalta on tulevaisuudessa helppo toteuttaa lisää käytännön toimintamalleja urakointiin ja prosessien tehostamiseen. Myös projektinhallintaan ja suunnitteluun liittyviä tutkimustuloksia ja ratkaisuja voidaan käyttää jatkossa toiminnan kehittämiseen entistä sujuvammaksi. Lean -toimintamalli perustuu siihen, että toimintaa voidaan jalostaa jatkuvasti entistä paremmaksi. Nyt käyttöön otettujen toimintamallien ja ohjelmien pohjalta yrityksen toiminnanohjausta voidaan lähteä rakentamaan ja laajentamaan myös muille osa-alueille.

Lähteet

- 1 Olli Seppänen. Rakennustyömaan ongelmien poistaminen digitalisaatiolla. Verkkoaineisto. Rakennustekniikka RIL Oy. <<https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/rakennustyomaan-ongelmien-poistaminen-digitalisaatiolla.html>>. Luettu 1.5.2021.
- 2 Niklas Modig & Pär Åhlström. 2016. Tätä on Lean. 6. painos. Tukholma Rheologica Publishing.
- 3 Sami Kettunen. 2009. Onnistu projektissa. 2. Uudistettu painos. Juva WS Bookwell Oy.
- 4 Risto Pelin. 2009. Projektihallinnan käsikirja. 6. Uudistettu painos. Jyväskylä Gummerus Kirjapaino Oy.
- 5 Leanin Historiaa. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/>>. Luettu 1.5.2021.
- 6 Matt Banna. 2017. A Quick Guide to Lean Construction. Verkkoaineisto. KaiNexus. <<https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/lean-construction/a-quick-guide-to-lean-construction>>. Päivitetty 16.2.2027. Luettu 1.5.2021.
- 7 Matt Banna. 2020. 6 Principles of Lean Construction. Verkkoaineisto. KaiNexus. <<https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/lean-construction/6-principles-of-lean-construction>>. Päivitetty 11.6.2020. Luettu 1.5.2021.
- 8 Microsoft Project ohjelmisto. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://www.microsoft.com/fi-fi/microsoft-365/project/project-management-software>>. Luettu 2.5.2021.
- 9 Microsoft Planner ohjelmisto. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://www.microsoft.com/fi-fi/microsoft-365/business/task-management-software>>. Luettu 2.5.2021.
- 10 Microsoft Teams ohjelmisto. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://www.microsoft.com/fi-fi/microsoft-teams/group-chat-software>>. Luettu 2.5.2021.
- 11 Wurth Oy verkkosivut. Verkkoaineisto. Wurth Oy. <https://www.wurth.fi/fi/wurth_fi/yritys/wurthoy.php>. Luettu 2.5.2021.
- 12 Ahlsell verkkokauppa. Verkkoaineisto. Ahlsell Oy. <<https://www.ahlsell.fi/>>. Luettu 2.5.2021.

- 13 Congrid ohjelmisto. Verkkoaineisto. Congrid Oy. <<https://www.congrid.fi/>>. Luettu 1.5.2021
- 14 Plangrid ohjelmisto. Verkkoaineisto. Plangrid. <<https://www.plangrid.com/fi/>>. Luettu 1.5.2021