

KIIRUNA TALOT OY TUOTANNON VAIHEISTUS

Atte Miettunen

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri

2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Atte Miettunen	Vuosi	2022
Ohjaaja	Mikko Vatanen		
Toimeksiantaja	Kiiruna Talot Oy		
Työn nimi	Kiiruna Talot Oy tuotannon vaiheistus		
Sivu- ja liitesivumäärä	33 + 110		

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda ohjeistuskansio Torniossa sijaitsevan Kiiruna Talot Oy:n uusille sekä vanhoille työntekijöille. Talotehtaalla työskentelee noin 50 työntekijää. Ohjeistuksen työtehtävien vaiheistamisessa käytettiin erilaisia Lean-menetelmiä ja -työkaluja.

Ohjeistus julkaistiin A4-kokoisena ja kasattiin kansioksi. Teksti on tuotettu selkeällä fontilla, jota on helppo lukea. Ohjeistuksessa on kerrottu eri työvaiheet ja menetelmät, joita hyödynnetään tilaelementin valmistusprosessissa. Ohjeistukseen on piirretty tuotantolinjan kartta, josta nähdään jokaisen työvaiheen työskentelypiste tuotantolinjalla. Ohjeistuksen loppuun on myös liitetty yhden talon jana-aikataulu sekä työvaiheiden aikataulutus. Kiiruna Talot Oy:n työntekijöillä on täydet oikeudet muokata ja päivittää ohjeistusta tarpeensa mukaan.

Ohjeistuksen tavoitteena oli saada työn laatu ja tehokkuus mahdollisimman korkeaksi eri työvaiheissa, vaikka työntekijät vaihtuisivat kesken valmistusprosessin. Ohjeistuksesta rajattiin pois LVIS-tekniikan työvaiheet. Opinnäytetyöprojektin lopputuotos työstettiin Kiiruna Talot Oy:n työnjohdon sekä työntekijöiden käyttöön.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa kerrottiin yleisesti siitä, mitä Lean on sekä käytiin läpi Lean-menetelmät ja -työkalut, joita on käytetty työvaiheiden vaiheistamisessa. Opinnäytetyössä kerrottiin myös moduulirakentamisen hyödyistä ja haasteista.

Degree Programme in Civil
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Atte Miettunen	Year	2022
Supervisor	Mikko Vatanen		
Commissioned by	Kiiruna Talot Oy		
Subject of thesis	Kiiruna Talot Oy production phasing		
Number of pages	33 + 110		

The aim of this thesis was to create an instruction folder for the new and existing employees of the house manufacturer Kiiruna Talot Oy located in Tornio. About 50 people work at the factory. Different Lean methods and tools were used in establishing the phasing of the work flow for the instructional guide.

The instructions were published in A4 size and assembled into a folder. The text was produced in a clear font that is easy to read. The instructions describe the different work steps and the methods used in the production process of the box units. A map of the production line was added to the instructions, from which you can see each working point of the specific work phase on the production line. At the end of the guide, a schedule of one house and a scheduling of the work phases were also attached. The employees of Kiiruna Talot Oy have a full rights to edit and update the instructions if necessary.

The aim of the instructions was to get the quality and efficiency of the work in different phases as high as possible, even if the employees change during the manufacturing process. The work phases of HVAC technology installations were excluded from the instructions. The final output of the thesis project will be used by the management and employees of Kiiruna Talot Oy.

In the theory part of the thesis, it was generally explained what Lean is, and reviewed the Lean methods and tools that have been used in the phasing of the work. The thesis also described the benefits and challenges of modular construction.

Key words

House factory, modular construction, Lean

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TALOTEHDAS	8
3	MODUULIRAKENTAMINEN	9
3.1	Kustannustehokkuus.....	10
3.2	Työturvallisuus.....	10
3.3	Laatu.....	10
3.4	Tuottavuus	11
3.5	Ympäristöhyödyt	11
3.6	Moduulirakentamisen haasteet	12
4	LEAN	13
4.1	Lean-menetelmän kolme keskeisintä vaihetta	14
4.2	Lean-periaatteet.....	15
4.2.1	Arvo.....	16
4.2.2	Arvovirta	16
4.2.3	Virtaus	17
4.2.4	Ihmisten työpanoksen kunnioittaminen	17
4.3	Kahdeksan hukan lähdettä	18
4.4	Lean-periaatteen keskeiset menetelmät ja työkalut	20
4.4.1	Virtautettu tuotanto	20
4.4.2	Just-In-Time	20
4.4.3	Visuaalinen johtaminen	21
4.4.4	5S-työkalu	21
4.4.5	Poka-Yoke.....	22
4.4.6	Gempa-kävely	23
5	TUOTANNON VAIHEISTAMINEN	24
5.1	Lähtötilanne	24
5.2	Menetelmät ja työkalut.....	25
5.3	Lopputilanne	27
6	POHDINTA	30
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	34

ALKUSANAT

Haluan kiittää Kiiruna Talot Oy:n henkilökuntaa siitä, että olen päässyt kehittämään ja toteuttamaan nykyaikaista moduulirakentamisen tuotantolinjaa. Ison kiitoksen haluan osoittaa myös toimitusjohtaja Ismo Säilylle. Erityisesti haluan kiittää vaimoani, joka on tukenut ja kannustanut minua koko opintojeni ajan.

1 JOHDANTO

Talotehtaassa valmistettu moduulirakenteinen talo mahdollistaa laadukkaan talopakettin valmistumisen. Muuttovalmis talo rakennetaan talotehtaalla kiintokalusteita myöten valmiiksi. Prosessi on tarkoin hallittu sekä työnjälki tasalaatuista. Työntekijät työskentelevät yhdessä kokeneen työnjohdon kanssa, joten laadunvalvonta on osa jokaista rakennusvaihetta. (Kiiruna Talot 2022.)

Tilaelementtitalon rakentamisella eli moduulirakentamisella on useita hyötyjä ja muutamia haasteita. Yleensä esiintyviä hyötyjä ovat muun muassa nopea rakentamisaikataulu, kustannustehokkuus, työmaaturvallisuus, työn laadunvalvonta kaikissa eri työskentelyvaiheissa sekä ympäristötehokkuus. Moduulirakentamisen aikataulu on nopeampi kuin perinteisellä paikallaan rakentamisella, koska talon rakentaminen ja työmaan valmistelu voivat tapahtua samanaikaisesti. Lisäksi riski sääolojen, varkauksien ja vandalismin aiheuttamista viivästyksistä pienenee. Moduulirakentamisen haasteita voivat olla projektin etukäteissuunnittelu, rajoitukset kuljetuksissa, negatiivinen suhtautuminen, korkeat aloituskustannukset sekä paikalliset rajoitteet. (Kamali & Hewage 2016, 1175.)

Moduulituotannon korkea valmiusaste ja nopea rakennusaikataulu yhdistettynä laadukkaaseen ja kustannustehokkaaseen tekemiseen tarkoittaa sitä, että tuotantoprosessin pitää olla hyvin suunniteltu ja vaiheistettu. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi sitä, millä menetelmillä Kiiruna Talot Oy on toteuttanut ja toteuttaa tuotannon vaiheistusta Tornion tehtaalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä Kiiruna Talot Oy:n työntekijöiden sekä työnjohdon käyttöön selkeä ohjeistus koskien moduulien eri vaiheita. Tarkoituksena on tehdä mahdollisimman tarkka ja selkeä ohjeistus koskien kaikkia yhdeksää eri vaihetta, jotta työskentely sujuu jouhevasti työntekijöiden vaihtuessakin. Ohjeistuksen loppuun on liitetty tuotantolinjan kartta, josta nähdään moduulien eri työvaiheet linjastolla. Ohjeistuksessa on myös yhden talon jana-aikataulu sekä työ-

vaiheiden aikataulutus. Ohjeistus on työstetty Microsoft Word -tekstinkäsittelyohjelmalla ja tulostettu A4-kokoiseksi kansioksi. Ohjeistuksesta on rajattu pois LVIS-tekniikan työvaiheet. Opinnäytetyön kirjallisessa osiossa perehdytään moduulirakentamiseen tehdasolosuhteissa Lean-menetelmiä hyödyntäen.

2 TALOTEHDAS

Suomalaiset talotehtaat valmistavat talopaketit turvallisesti sisätiloissa. Talotehtaiden talopaketit sopivat etenkin niille ihmisille, jotka haluavat rakennusprojektin sujuvan mahdollisimman vaivattomasti ja nopeasti. Talotehtaalla rakennetut talot ovat turvallisia ja pitkäikäisiä. Talon ominaisuuksista riippuen valmistalo voi olla hieman kalliimpi vaihtoehto kuin itse rakennettu talo. (Tampereen rakennustori 2022.)

Valmis talopaketti rakennetaan talotehtaassa kiintokalusteita myöten valmiiksi. Moduuleihin on myös asennettu ilmastointikanavat ennen talon lähtemistä tehtaalta. Työntekijät työskentelevät yhdessä työnjohdon kanssa, joten laadunvalvonta on osa päivittäistä työskentelyä. Talotehtaalla moduulirakentaminen minimoi työmaalla tehtävän työn, mikä helpottaa budjetin ja aikataulun tarkkaa suunnittelua. (Tampereen rakennustori 2022.)

Kiiruna Talot Oy:n talotehdas sijaitsee Lapin maakunnassa Torniossa. Talotehtaan konseptina on tuottaa talopaketti, joka on valmistettu sataprosenttisesti talotehtaalla. Talotehtaalla valmistetun talopaketin luontaisena etuna on kuivaketjun helppo hallinta, mikä on yksi terveen kodin lähtökohdista. Rakennusaika on asiakkaalle vaivatonta, sillä moduulit valmistuvat talotehtaalla. Talo on muuttovalmis neljän viikon kuluttua talopaketin toimituksesta tontille. (Kiiruna Talot 2022.)

Kiiruna Talot Oy:n muuttovalmis talo valmistetaan laadukkaista moduuleista, jossa sisustustyöt on tehty ja kiinteät kalusteet asennettu talotehtaalla asiakkaan omien toiveiden mukaan. Tontille tuotaessa talon valmistusaste on erittäin korkea ja työmaalla tehtävä viimeistely kestää vain muutamia päiviä. Talotehtaan konseptiin kuuluu minimoida rakennustyömaalla tehtävän työn määrä, sillä rakennusprojekti halutaan keskittää sinne, missä se on helpointa, nopeinta, turvallisinta ja sään suhteen hallituinta. Työvaiheet valokuvataan ja lähetetään asiakkaalle nähtäväksi. (Kiiruna Talot 2022.)

3 MODUULIRAKENTAMINEN

Asuinrakennuksen tilaelementit eli niin sanotut moduulit valmistetaan teollisesti. Tehdasolosuhteissa moduuleihin rakennetaan väliseinät, sisäpinnat ja kiintokalusteet. Tehdasolosuhteissa moduuleihin tehdään ilmanvaihto-, putki-, viemärointi- ja sähkötyöt. Moduulien julkisivupinnat voidaan tehdä tehtaalla, mutta julkisivuverhous voidaan tehdä myös paikan päällä. Moduulit kuljetetaan rakennustyömaalle säältä suojattuna. Rakennustyömaalla tehdään tarvittavat sähkö-, vesijohto-, viemäri- ja tietoliikennekytkennät. (Huang 2006, Kotilaisen 2013, 16 mukaan.)

Moduulirakentamisessa on etuja paikalla rakentamiseen verrattuna. Talotehtaalla ollaan suojassa sateen, kylmyyden ja lumen aiheuttamilta ongelmilta. Talotehtaalla syntyy myös vähemmän melua, muuta saastetta ja rakennusjätettä kuin paikallaan rakentamisessa. Talotehtaassa tapahtuvan rakentamisen avulla työn tarkkuus ja tehokkuus voivat kohentua, sillä rakentaminen tapahtuu tasaisissa työskentelyolosuhteissa. Työtehtäviä voidaan automatisoida ja tarkastusprosessia yksinkertaistaa. Moduulirakentamisen etuna on myös sen nopeus, sillä moduulirakentaminen on keskimäärin 30–50 prosenttia lyhyempi prosessi kuin rakentaminen paikan päällä. (Huang 2006, Kotilaisen 2013, 16 mukaan.)

Moduulirakentamisessa käytetään samankaltaisia suunnitelmia, määräyksiä ja materiaaleja kuin paikan päällä rakentamisessa. Talo näyttää ulkoisesti täysin samalta kuin paikan päällä rakennettu talo. Moduulit on tehty kestämään kuljetusta ja perustuksille nostamista, joten moduuleista rakennetun talon on todettu olevan kestävämpi rakenteiltaan kuin perinteisen paikan päällä rakennetun talon. Kiinnitettynä toisiinsa moduulit muodostavat yhtenäisen seinä-, lattia- ja kattorakenteen. (Nordic DC 2022.)

3.1 Kustannustehokkuus

Rakentamalla useita moduuleja samanaikaisesti pystytään säästämään kustannuksissa, sillä materiaalit voidaan tilata isoissa erissä. Moduulirakentaminen vähentää työmaalla tarvittavien työntekijöiden määrää, mikä auttaa välttämään rakennustyömaan ruuhkautumista. Kustannuksia voidaan vähentää myös talomallien yhdenmukaistamisella, energiatehokkuudella sekä asentamisen tehokkuudella. Osa alan kirjallisuudesta kuitenkin painottaa, että paikallaan rakentamisen kustannukset eivät ole aina selviä, koska muuttujia voi olla paljon. Jos moduulirakentamisen kustannusten hallinta ei ole tehokasta, moduulirakennuksista voi tulla kalliimpia kuin perinteisistä paikallaan rakennetuista taloista. (Kamali & Hewage 2016, 1172–1173.)

3.2 Työturvallisuus

Työmaarakentamisen muuttuvan luonteen takia moduulirakentaminen on turvallisempaa, koska suurin osa työstä tehdään tehdasolosuhteissa. Työpaikatapahtumia, ruuhkia, epävakaiden sääolojen vaikutuksia, korkealla työskentelyä, vaarallisia työtehtäviä ja lähekkäin suoritettavia rakennustöitä voidaan vähentää merkittävästi siirtämällä suurin osa rakentamisesta tehtaisiin. Tehtaassa työt ovat toistettavia ja helpommin suoritettavia. (Kamali & Hewage 2016, 1172–1173.)

3.3 Laatu

Moduulirakentamisella voidaan saavuttaa tuotteelle parempi laatu, koska moduulit rakennetaan hyvin hallittavissa olevissa tehdasoloissa, työvaiheet ovat toistettavia ja koneet automatisoituja. Linjoilla suoritettavat tehtävät ovat yksipuolisia, joten työntekijöistä tulee osaavia suhteellisen nopeasti. Yksinkertaiset työvaiheet vähentävät vaurioita ja virheiden mahdollisuutta tuotteeseen. Moduuleilla tulee myös olla tarpeeksi lujutta ja kantavuutta kuorma-autoilla tapahtuvaa kuljettamista varten, joten ne valmistetaan korkealaatuisista materiaaleista, jotka ovat kestäviä mutta kevyitä siirrettäväksi. Lisäksi materiaalien vähäinen altistuminen

sateelle ja lumelle voi johtaa parempaan laatuun viimeistelyssä. (Kamali & Hewage 2016, 1172–1173.)

3.4 Tuottavuus

Moduulirakentaminen ja tuotteiden esivalmistus vaativat vähemmän taitoa kuin työmaalla rakentaminen, koska tehtävät ovat yksinkertaisempia. Tuottavuus on näin korkeampi moduulirakentamisessa, koska työtehtävät ovat paremmin organisoituja ja mahdollisesti myös paremmin valvottuja. Lisäksi työvaiheiden välillä on lyhyempi aikaväli ja käytettävissä oleva työvoima helpommin saatavilla. Tehdasympäristössä useat rinnakkaiset toiminnot voivat jatkaa keskeytyksettä, mikä johtaa korkeampaan tuottavuuteen. (Kamali & Hewage 2016, 1172–1173.)

3.5 Ympäristöhyödyt

Moduulirakentamisella on useita ympäristöhyötyjä. Yksi tärkeimmistä on se, että moduulirakentamisessa syntyy vähemmän jätettä tarkempien ostojen, suunnittelun, materiaalien käsittelyn ja asianmukaisten kierrätysmahdollisuuksien vuoksi. Tehdasolosuhteissa jätteen käsittely, uudelleenkäyttö, kierrättäminen ja hävittäminen on helpompaa. Lisäksi moduulirakennusten elinkaaren lopussa moduulit voidaan purkaa, siirtää tai kunnostaa käytettäväksi muissa projekteissa hävittämisen sijaan. Täytyy kuitenkin huomioida, että vaikka ylijäämää syntyy vähemmän, moduulien rakenteiden lujuuden varmistamiseksi voidaan joutua käyttämään enemmän materiaaleja. Koska työmaalla käytetty aika on vähäisempi kuin perinteisellä paikallaan rakentamisella, moduulirakentaminen aiheuttaa työmaan ympäristöön vähemmän häiriöitä, esimerkiksi melua, rakennuspölyä sekä ruuhkaa. Lisäksi kasvihuonekaasujen vähentyminen työmaalla on yksi moduulirakentamisen ympäristöhyödyistä. Lyhentynyt rakennusaika vähentää energiankulutusta, työntekijöiden matkoja ja tavarantoimittajien sekä alihankkijoiden matkoja rakennustyömaille. (Kamali & Hewage 2016, 1172–1173.)

3.6 Moduulirakentamisen haasteet

Yksi merkittävä moduulirakentamisen kohtaama haaste on tarve huolelliseen etukäteissuunnitteluun ja insinööriyöhön. Moduulisuunnitelmat voivat erota perinteisistä rakennussuunnitelmista. Monimutkaisten moduulisuunnitelmien lisäksi suunnittelua tarvitaan, kun moduuliin liitetään erilaisia rakennusosia. Suunnittelua tarvitaan moduulien kuljettamista varten sekä siirtämisessä työmaalle. Suunnittelua vaatii myös liittäminen perustuksiin ja moduulien yhdistäminen toisiinsa. Suunnitelmien täytyy olla valmiina ennen kuin moduuleita aletaan rakentamaan ja kokoamaan. Muutoksia on vaikea tehdä enää rakennusvaiheessa. (Kamali & Hewage 2016, 1175.)

Logistiikalla on tärkeä merkitys rakennusprojektien toteuttamisessa. Kuljetusmenetelmät ja käytettävä ajoreitti voivat rajoittaa moduulien kokoa, painoa sekä moduulin korkeutta ja leveyttä. Rakennusprojekti voi myös viivästyä, jos ylisuurten moduulien kuljettamiseen täytyy hakea lupia. (Kamali & Hewage 2016, 1174.)

Negatiivinen suhtautuminen moduulirakentamiseen huomataan alan kirjallisuudessa. Lisäksi asiakkaiden tietoisuuden puute moduulirakentamisen eri teknillisistä vaihtoehtoista ja niiden eduista voi vaikuttaa markkinoiden kysyntään ja moduulitekniikan kehittymiseen. Tämä on huomattava tekijä, joka estää menetelmien kehittymisen kaikkialla maailmassa. (Kamali & Hewage 2016, 1175.)

Rajoitteena ovat myös korkeat aloituskustannukset. Talotehtaan perustamiseen tarvitaan huomattava määrä alkupääomaa. Myös sellaisen työvoiman saatavuus, jolla on tarvittava kokemus moduulirakentamisesta, voi olla paikallisesti haastavaa. (Kamali & Hewage 2016, 1175.)

4 LEAN

Lean-ajattelu perustuu hyvin pitkälle Toyotan kehittämään Toyota Production System- eli TPS-johtamisfilosofiaan. Tämä TPS kehitettiin vastaamaan tiettyihin haasteisiin, joita Toyota kohtasi kasvaessaan yrityksenä. TPS:ää sovellettaessa tutkitaan ensin valmistusprosessia asiakkaan tarpeen näkökulmasta. Prosessia voidaan havainnoida asiakkaan silmin ja erottaa lisäarvoa tuottavat vaiheet lisäarvoa tuottamattomista vaiheista. Tätä voidaan soveltaa missä tahansa prosessissa. (Liker 2010, 27–29.)

Lean pohjautuu johtamisfilosofiaan, jonka avulla pyritään poistamaan tuotannosta hukkaa eli tuottamatonta toimintaa. Päämääränä on pienentää tuotannon kustannuksia, lyhentää läpimenoaikaa sekä saada kohotettua asiakastytyvyyttä. Lean-ajattelu on tullut tietoisuuteemme Japanin autoteollisuudesta. Myöhemmin Lean-ajattelun sekä menetelmien avulla on kehitetty yritysten toimintaa myös rakentamisessa. Rakentamisen ylimääräistä hukkaa voivat olla ylituotanto, odottelu ja viivästykset, ylimääräiset materiaalit ja niiden varastointi, laaturiheet ja työntekijöiden osaamisen hyödyntämättä jättäminen. (Tapola 2020.)

Leanin avulla pyritään kehittämään yrityksen toimintakulttuuria, ja sen vuoksi työntekijät ovat keskeisessä roolissa kaikissa tehtävissä. Jotta Leaniin liittyvän hukan vähentäminen onnistuisi täydessä laajuudessa, on koko organisaatio valjastettava työn kehittämisessä. Rakentaminen teollisessa ympäristössä on helppompaa, sillä prosessissa ei ole tarpeettomia muuttujia. Henkilöstö on pysyvämpää sekä rakennuspaikka on tehdas, joka on säältä suojassa. (Tapola 2020.)

Eri tarkoituksia varten on kehitetty erilaisia Lean-työkaluja ja -tekniikoita. Samoilla tekniikoilla saattaa kuitenkin olla useita eri nimityksiä ja joskus ne menevät päällekkäin toistensa kanssa. (Pavnaskar, Gershenson & Jambekar 2003, 3076–3077.)

Lean-menetelmän käytöllä on suuri strateginen merkitys, mutta menetelmää harvoin toteutetaan onnistuneesti. Tämä johtuu siitä, että menetelmä nähdään sarjana eri taktiikoita sen sijaan, että organisaatio omaksuisi sen pitkäaikaisena yritysfilosofiana. Yritysten kohtaamia merkittäviä ongelmia Lean-menetelmän soveltamisessa ovat suunnan, suunnittelun sekä tarkoituksenmukaisen prosessijärjestyksen puuttuminen. Käytettävissä olevien työkalujen ja menetelmien tunteminen ei yleensä ole ongelma. On selvää, että onnistunutta toteutusta varten tarvitaan eri tekijöiden yhdistämistä. Useita teknisiä työkaluja täytyy soveltaa samanaikaisesti, mutta niiden lisäksi organisaatiokulttuuri tarvitsee muutoksia, jotka on toteutettava koko organisaation arvoketjussa. (Bhasin & Burcher 2006, 56–72.)

4.1 Lean-menetelmän kolme keskeisintä vaihetta

Lean-menetelmiä on otettu käyttöön kaikenlaisissa tuotannoissa. Yksi kriittisistä tekijöistä Lean-menetelmän onnistuneessa toteuttamisessa on toimitusketjun keventäminen samaan aikaan. Lean-menetelmän toteuttamisessa huomioon otavat asiat voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: käyttöönottoa edeltäviin, käyttöönoton aikaisiin ja käyttöönoton jälkeisiin. (Bhamu & Sangwan 2014, 915–916.)

Ennen käyttöönottoa huomio täytyy kiinnittää tiedon levittämiseen organisaatiossa. Lean-menetelmän tavoitteet tulisi selkeyttää kaikille yrityksen toimijoille, etenkin etulinjan työntekijöille ja heidän valvojilleen. Väärinkäsitykset vaikeuttavat tarkan toimintadatan saamista työntekijöiltä sekä johtavat tuotannon läpimenoaikojen pidentymiseen. Asiakslähtöisyys on keskeistä Lean-menetelmälle. Arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta vaatii tiheää ja toistuvaa yhteydenpitoa asiakkaiden kanssa. Ennen käyttöönottoa on olennaista tunnistaa tietyn organisaation Lean-ajurit ja -esteet. Ylimmän johdon täytyy olla sitoutunut poistamaan näitä esteitä ja edesauttamaan ajureita. Ennakkoon täytyy myös kehittää suunnitelma käyttöönoton sekä sen jälkeisen ajan tehtävistä ja varmistaa kunnon koulutus näihin. Yrityksen sisäiset ja ulkoiset koulutusohjelmat ovat tärkeitä eri tekniikoiden oppimisessa. Käyttöönottoa edeltävä vaihe luo alustan Lean-menetelmälle ja poistaa samalla epäilyjä liittyen käyttöönottoon ja sen hyötyihin. (Bhamu & Sangwan 2014, 915–916.)

Käyttöönottovaiheessa tulee keskittyä kaikkien tehottomien toimintojen tunnistamiseen ja karsimiseen eri vaiheissa toimitusketjua. Tämä tehdään käyttämällä tarkoituksenmukaisia Lean-tekniikoita ja -työkaluja. Lean-menetelmän tulisi johdattaa toimitusketjun kaikkien toimintojen kollektiiviseen parantumiseen. Tehokkaat asiakas- ja toimittajasuhteet ovat tärkeitä käyttöönoton menestymiselle. Tavaran-toimittajien oikea-aikaiset toimitukset mahdollistavat yrityksille alhaiset varastot ja lyhentävät vasteaikaa asiakkaille. Käyttöönotto sisältää toteuttamisen lisäksi Lean-menetelmän arvioinnin. Toteuttamisessa ja arvioinnissa huomioidaan käytettyjen työkalujen/tekniikkojen tehokkuus, koneiden ja prosessien vakaus, laadun parantuminen ja varastoinventaarion hallinta. Ulkoistaminen, yhteistyö ja teknologia ovat avaintekijöitä tuotantoprosessin optimoinnissa. (Bhamu & Sangwan 2014, 916.)

Käyttöönoton jälkeinen vaihe päättää Lean-toteutusprosessin. Tämä vaihe sisältää tulosten tarkkailun ja koko prosessin analysoinnin. Joskus käyttöönoton jälkeen huomataan, että parannukset ovat paikallisia tai yritykset eivät ole pystyneet jatkuvaan parantamiseen. Yhtenä syynä tähän voidaan pitää käyttöönoton jälkeisen suunnittelun puutetta. Lean-menetelmän käyttöönoton jälkeen organisaation on oltava kärsivällinen positiivisten tulosten havaitsemiseksi. Organisaation tulee arvioida prosessia uudelleen, jotta voidaan luoda mahdollisuuksia jatkuvaan parantamiseen. Käyttöönoton jälkeen keskitytään myös työn arviointiin, jotta työntekijöiden antama panos voidaan tunnustaa. Lisäksi yritetään löytää saavutettu asiakastytyväisyyden taso. (Bhamu & Sangwan 2014, 916.)

4.2 Lean-periaatteet

Leanin pääperiaatteisiin kuuluvat arvon tunnistaminen, arvovirtauksen kartoittaminen, virtauksen ja imuohjauksen luominen, sekä täydellisyyteen pyrkiminen. Tuotteen tai palvelun arvo tulee tunnistaa asiakkaan näkökulmasta. Tämä on Leanin ensimmäinen ja tärkein tehtävä, koska muut Leanin periaatteet perustuvat tähän asiakasnäkökulmaan. Arvovirtauksessa kartoitetaan asiakkaan määrittelemät arvot. Tämän jälkeen prosessista pyritään poistamaan kaikki lisäarvoa tuottamaton toiminta, jonka jälkeen jäljelle jää ainoastaan toimintoja, joista asiakas

on valmis maksamaan. Tuotanto pyritään saamaan toimimaan imuohjauksella Lean-periaatetta sekä Just-in-Time-tekniikkaa käyttämällä. Tavoitteena on saada tuotanto toimimaan kysynnän mukaan ja tämän jälkeen etsiä täydellisyyttä. Lean-periaatteita käyttämällä yritetään rakentaa yhteinen kulttuuri koko organisaation kesken, jotta voidaan saavuttaa pitkän aikavälin tavoite vakaasta tuotantoympäristöstä. (Jackson 2014, Kuortin 2021, 11 mukaan.)

4.2.1 Arvo

Arvon luontia analysoidaan arvovirta-analyysillä. Sillä pystytään osoittamaan, mikä arvoketjussa luo arvoa ja mikä on puolestaan hukkaa, joka pitäisi pystyä eliminoimaan. (RIL 2021, 21.) Organisaatiossa on yleensä kolme erilaista arvoa tuottavaa toimintoa: toiminnot, jotka tuovat lisäarvoa asiakkaalle; toiminnot, jotka eivät suoranaisesti lisää arvoa asiakkaalle, mutta ovat välttämättömiä organisaation kannalta sekä toiminnot, jotka eivät tuota lisäarvoa ja jotka on poistettava. Arvoa tuottava toiminto on sitä, josta asiakas on valmis maksamaan. Välttämättömiä, mutta ei-lisäarvoisia toimintoja ovat esimerkiksi raportointi ja kuljetus valmistuksen aikana. Toiminto, joka ei tuota arvoa on poistettava, sillä se tuhlaa vain resursseja eikä siitä ole hyötyä. (Womack & Jones 2003, Kuortin 2021, 16–18 mukaan.)

4.2.2 Arvovirta

Arvovirtauksella prosessista pyritään tekemään mahdollisimman tasainen ja luotettava. Tuotannon tasaaminen (heijunka) tapahtuu mitoittamalla jokainen työvaihe samanpituisiksi. Mitä lyhempiä ja tarkemmin määriteltyjä työvaiheet ovat, sitä nopeammin linjasto liikkuu. Edellytyksenä on poistaa kaikki ylimääräinen toiminto, joka häiritsee tätä etenemistä. Tähän pyritään tuotannon sisäänrakennetulla laadulla (jidoka). Ongelman esiintyessä voidaan tuotanto pysäyttää kokonaan, ja ongelmaa aletaan ratkomaan välittömästi. Tavoitteena on tehdä tuotantovaiheista niin selkeät, että niitä ei voida tehdä väärin (poka-yoke). Toimitusten

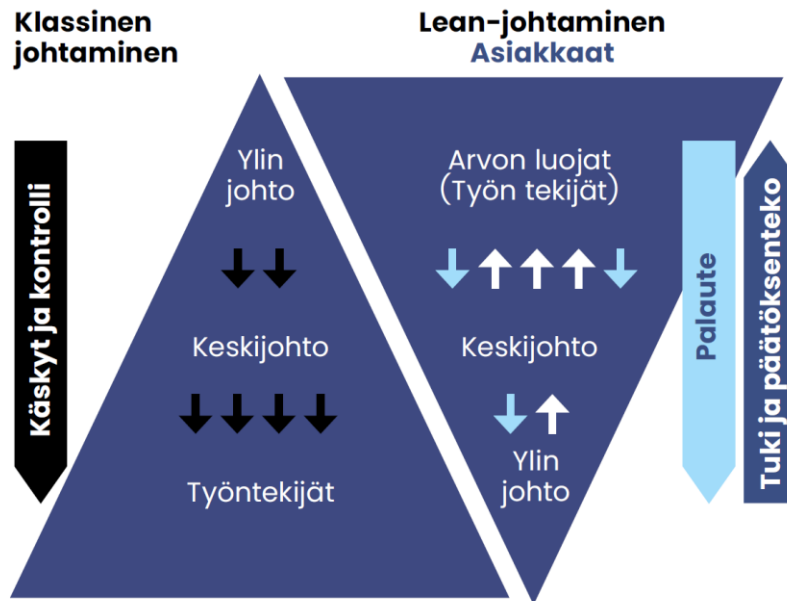
täsmällisyys mahdollistaa tuotteen toimituksen juuri tarpeeseen (Just-In-Time). (RIL 2021, 21.)

4.2.3 Virtaus

Lean-tuotantoteorian mukaan hukkaa saadaan minimoitua sitä paremmin, mitä sujuvampi tuotannon virtaus on. Virtauksella tarkoitetaan imuohjattua prosessia, jolla saadaan minimoitua kaikki turhan tekeminen ja maksimoitua asiakkaan saama arvo. Tasaisesti etenevä virtaus tuo myös esiin tuotannon mahdolliset ongelmat, joiden ratkaisu nähdään mahdollisuutena prosessin parantamiseen. Virtauksen tarkoituksena on saada tuotannossa aikaan tasaisesti etenevä tuotantovirta liukuhihnan mukaisesti. Lean-tuotannossa halutaan luoda tasaisesti sekä varmasti etenevä prosessi siten, että tiedetään täsmälleen, missä milläkin hetkellä ollaan menossa. (RIL 2021, 137.)

4.2.4 Ihmisten työpanoksen kunnioittaminen

Ihmisten työpanosta kunnioitetaan ja koko työyhteisön taitoja pyritään kehittämään organisaation alimmalta työntekijätasolta lähtien. Lean-organisaatiota kuvataan nurinpäin käännetyllä kolmiolla (kuvio 1), jossa kolmion kärki eli johto sijaitsee alimpana palvellakseen muuta organisaatiota. Lean-johtamiseen kuuluu koko organisaation kuuleminen ja yksimielisyyden hakeminen. Lean-organisaatiossa tiimit ovat itseohjautuvia ja niille annetaan selkeät sekä haastavat tavoitteet sekä kaikki tarvittava tuki. Muuten tiimeille sallitaan pitkälle viety autonomia työskentelyssä. Johdon tulee säännöllisesti jalkautua tehtaalla gemba-kävelyille, jossa keskustellaan tasapuolisesti työntekijöiden kanssa ja opitaan ymmärtämään prosesseja syvällisemmin. Myös alihankkijoita sekä muita toimijoita tulee kunnioittaa, sillä heidän kanssaan kehitetään toimintaa ja muodostetaan pitkiäkin kumppanuuksia. (RIL 2021, 21.)



Kuvio 1. Lean-johtaminen (LCI 2022)

4.3 Kahdeksan hukan lähdeä

Toyota on tunnistanut seitsemän lisäarvoa tuottamattoman hukan päätyyppiä liiketoiminta- tai valmistusprosessissa. Jeffrey Liker (2010,28–29) on täydentänyt tätä vielä yhdellä hukkatyyppillä, joka on sisälletty tähän luetteloon mukaan. (Liker 2010, 28–29.)

- Yli tuotannossa valmistetaan tilaamattomia osia, mikä aiheuttaa ylimääräisiä henkilöstö-, varasto- sekä kuljetuskustannuksia liiallisen varaston vuoksi.
- Odottelussa työntekijä joutuu odottamaan automatisoitua konetta tai seuraavaa työvaihetta tai työntekijällä ei ole mitään tekemistä välineistön rikkoutumisen, käsittelyviiveiden ja varaston tyhjenemisen vuoksi.

- Tarpeettomassa kuljettelussa joudutaan kuljettamaan keskeneräistä työtä pitkiä matkoja tai siirtämään valmiita hyödykkeitä.
- Yli- tai virheellisessä käsittelyssä työ on tehotonta huonon työkalun tai tuotesuunnittelun vuoksi ja tästä voi aiheutua ylimääräistä liikkumista sekä virheitä tuotteessa. Hukkaa syntyy myös, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on välttämätöntä.
- Tarpeettomissa varastoissa on liikaa raakamateriaaleja säilytyksessä, keskeneräisiä tuotteita sekä valmiita hyödykkeitä, joista voi seurata tuotteen pidempi läpimenoaika, vanhentumista, kuljetus- ja varastokustannuksia sekä muuta viivettä. Suuret varastot voivat lisäksi aiheuttaa tuotannon epätasapainon, myöhästyneitä toimituksia alihankkijoilta, vikoja, välineistön alhaalla oloajan sekä pitkiä asennuksia.
- Tarpeettomassa liikkumisessa kaikki turha liike, mitä työntekijä joutuu suorittamaan työn teon aikana, määritellään hukaksi. Esimerkiksi osien ja työkalujen etsiminen, kurkottelu sekä pinoaminen ovat tarpeetonta hukkaa.
- Viallisten osien tuottamisessa ja korjaamisessa syntyy ainoastaan hukattua aikaa sekä tarpeetonta työtä.
- Työntekijän luovuuden käyttämättä jättämisessä työntekijää ei kuunnella tai työntekijää ei sitouteta työhön.

Useista tutkimuksista on pystytty osoittamaan, että rakennustyömaiden hukan määrä voi nousta jopa 70 prosenttiin. Tämä luku on kuitenkin hieman kiistanalainen, sillä yksittäisten työvaiheiden vuoksi voi olla vaikea määrittää kokonaishukkaprosenttia. (RIL 2021, 109.)

4.4 Lean-periaatteen keskeiset menetelmät ja työkalut

Lean-työkalut ovat eräänlaisia ongelmanratkaisuvälineitä, joiden avulla päästään lähemmäksi tavoitetta. Näiden työkalujen tavoitteena on saavuttaa tehokkaat prosessit ja tuottaa laadukkaita tuotteita asiakkaille. Organisaation kannattaakin valita työkalut omien tarpeidensa mukaisesti. (RIL 2021, 77, 131.)

4.4.1 Virtautettu tuotanto

Virtauksen tarkoituksena on saada tuotannossa aikaan tasaisesti etenevä tuotantovirta liukuhinnan mukaisesti. Lean-tuotannossa halutaan luoda tasaisesti sekä varmasti etenevä prosessi siten, että tiedetään täsmälleen, missä milläkin hetkellä ollaan menossa. (RIL 2021, 137–138.)

Lean-ajattelussa oleellista on koko prosessin virtaus vaiheesta toiseen, jotta se tuottaa asiakkaalle maksimaalista arvoa. Tyhjä tila, jossa ei tehdä arvoa tuottavaa työtä, on arvoa tuhoavaa hukkaa. Esimerkkinä voidaan mainita liukuhinna, joka ei liiku, mutta sen ympärillä tehdään kaikenlaista. Virtauksen tuotannossa työn tulisi edetä imuohjatusti niin, että vapaa alue laukaisee välittömästi seuraavan työvaiheen aloituksen. (RIL 2021, 137–138.)

4.4.2 Just-In-Time

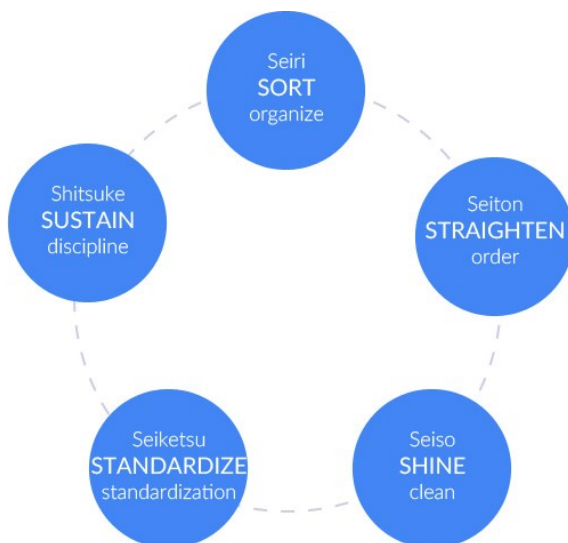
Just-In-Time (JIT) on tuotanto- ja toimitusstrategia, jossa tuotannossa tarvittava materiaali saapuu juuri silloin, kun sitä tarvitaan, ei aikaisemmin eikä myöhemmin. JIT:n tarkoitus on poistaa ylituotantoa sekä varastoimista. (Kanbantool 2022a.)

4.4.3 Visuaalinen johtaminen

Toyotan mukaan visuaalinen ohjausjärjestelmä on yhtenäinen joukko työkaluja, joiden avulla pystytään luomaan läpinäkyvä ja hukaton ympäristö. Tällaista työympäristöä johdetaan visuaalisesti ja sitä nimitetään visuaaliseksi työpaikaksi. Sillä tarkoitetaan työpaikkaa, joka pystyy toimimaan ja kehittymään itseohjautuvasti visuaalisten työkalujen avulla. Näitä työkaluja ovat muun muassa erilaiset värikoodit, jotka ovat helposti ymmärrettäviä. Läpinäkyvyydellä tarkoitetaan sitä, että tieto siirtyy saumattomasti tuotannossa ihmiselle ja takaisin. (RIL 2021, 125–126.)

4.4.4 5S-työkalu

5S on Lean-työkalu, jonka tarkoituksena on luoda turvallinen, siisti ja hyvin organisoitu työympäristö. Se on monesti ensimmäinen Lean-työkalu, koska se luo hyvän perustan eri Lean-periaatteiden, kuten virtauksen toteuttamista varten. 5S käsittää useita toimintoja (kuvio 2), joiden avulla poistetaan hukkaa esimerkiksi ennaltaehkäisemällä turvallisuuspuutteita ja niistä johtuvia onnettomuuksia sekä tavaroiden turhaa etsimistä. Samalla tehostetaan tilan käyttöä sekä parannetaan laatua. (RIL 2021, 128–129.) Seuraavassa luettelossa on kerrottu tarkemmin 5S-toiminnoista.



Kuvio 2. 5S-periaate (Kanbantool 2022b)

- Seiri, lajittele: Käy läpi kaikki työpaikan tavarat ja siirrä tarpeettomat pois. Yleinen sääntö on, että jos tavaraa ei ole käytetty 30 päivään, eikä sitä käytetä seuraavan 30 päivän aikana, se siirretään selkeästi pois 5S-varastopaikkaan. Merkitse pois siirrettävät tavarat ja nimeä henkilö tai tiimi määrittämään tavaratila. Tavara voidaan varastoida toiseen paikkaan, lähettää toimittajalle tai heittää pois.
- Seiton, järjestä: Kehitä selkeä paikka kaikille tavaroille ja siirrä ne omille paikoilleen. Yleinen sääntö on, että ulkopuolinenkin henkilö löytää tarvitsemansa tavarat 30 sekunnissa.
- Seiso, puhdista: Suunnittele tilat ja järjestys niin, että järjestystä on helppo ylläpitää. Siivoa työpiste päivittäin.
- Seiketsu, standardoi: Standardisoi työpaikan parhaat käytännöt yhdessä muiden työntekijöiden kanssa, jotta voitte helposti ylläpitää lajittele-, järjestä- ja puhdista-toimintoja. Tee tarkistuslista, jotta yhdenmukainen toiminta varmistuu.
- Shitsuke, ylläpidä: Pidä huoli siitä, että sovittuja käytäntöjä noudatetaan.

4.4.5 Poka-Yoke

Poka-Yoke on työkalu, jolla poistetaan virheet ennakoivasti. Poka-Yokea käytetään kaikissa työvaiheissa ja sen avulla pystytään vähentämään aikaa virheiden löytämiseksi ja poistamiseksi. Poka-Yoke työkalun käyttö lisää prosessin tehokkuutta ja varmistaa, että vialliset tuotteet eivät tavoita asiakasta. (Kanbantool 2022c.)

4.4.6 Gempa-kävely

Gempa-kävelyn tarkoituksena on ylemmän johdon jalkautuminen tehtaaseen havainnoimaan prosessin etenemistä ja seuraamaan, mitä työpaikalla todella tapahtuu. Johdon tulee kiinnittää huomioita siihen työntekijöiden määrään, joka on ylikuormittunut sekä päinvastaisesti siihen, joka seisoo tyhjäkäynnillä. Gempa-kävelyn tarkoituksena ei ole mennä tuomitsemaan tai tarkastamaan työntekijöiden työtehtäviä, vaan ainoastaan havainnoida ja kirjata parannusehdotukset ylös. Parannusehdotukset jaetaan kaikille nähtäväksi, jotta työyhteisö saadaan motivoitua kehittämään toimintaa. (Kanbaltool 2022d.)

5 TUOTANNON VAIHEISTAMINEN

Kiiruna Talot Oy rakentaa talot moduuleista. Talot koostuvat 2–4 moduulista. Moduulit tehdään tehtaassa täysin valmiiksi kiintokalusteita myöten. Tuotantolinjassa on siis kaikki rakentamisen työvaiheet, perustusten ja vesikaton tekoa lukuun ottamatta. Jotta moduulien rakentaminen voi onnistua tehokkaasti, täytyy tuotantolinja vaiheistaa eri työvaiheisiin.

5.1 Lähtötilanne

Kiiruna Talot Oy laajensi tuotantolinjaansa syksyllä 2021. Laajennuksen valmistuttua alkoivat tuotannon vaiheistamistyöt. Ennen vaiheistamista moduulin eri rakentamisvaiheille ei ollut määritettyä paikkaa. Tuotantotilat kävivät ahtaiksi ja turhia materiaalin siirtoja oli paljon. Työntekijät tiesivät vain moduulien lähtöpäivämäärän ja pyrkivät tekemään työnsä valmiiksi ennen talon lähtemistä.

Vaiheistus aloitettiin jakamalla tuotanto numeraalisesti 10 eri vaiheeseen, joka myöhemmin muutettiin yhdeksään vaiheeseen (kuvio 3). Vaiheille 1–8 on laskettu aikaa kaksi vuorokautta, kun taas vaiheelle yhdeksän on varattu aikaa vuorokauden verran. Yhden talon moduuleille saatiin näin läpimenoajaksi 17 vuorokautta.



Kuvio 3. Tuotantolinjan vaiheet

Ennen vaiheistamista työkalujen sijoittelu oli monella työpisteellä sekaista. Yleensä työkalut löytyivät erilaisilta tasoilta, joissa oli paljon ylimääräisiä materiaaleja, joita ei tarvittu kyseisen työvaiheen aikana. Tasolla oli sekaisin työkaluja sekä kiinnitystarvikkeita (kuvio 4). Epäsuotuisimmassa tapauksessa ei ollut tiettyä paikkaa, missä työkoneita pystyi säilyttämään. Työkaluja säilytettiin siellä, minne ne oli helpoin laskea kädestä.



Kuvio 4. Työkalujen sijoittelu ennen 5S-työkalun käyttöönottoa

5.2 Menetelmät ja työkalut

Vaiheistuksen ajatuksena oli saada tuotantolinja toimimaan Lean-menetelmän, virtautetun tuotannon tavoin. Vaiheiden täytyy olla ajallisesti yhtä pitkiä, jotta prosessi pyörii liukuhihnan tavoin eteenpäin. Tuotannon työt sekä työntekijöiden määrä eri vaiheille pitää tasapainottaa, jotta työt etenevät suunnitelmallisesti.

Vaiheistuksessa käytetään myös Just-In-Time-menetelmää, jonka tarkoituksena on tehdä vaiheet suunnitellussa aikataulussa ja työpisteellä hukan vähentämiseksi. Varastotilan ei näin ollen tarvitse olla ylisuuri, koska tiedetään tarkalleen, milloin tarvittava materiaali pitää olla tehtaalla saatavilla.

5S-työkalua käytetään tuotannon vaiheistuksessa materiaalien ja työkalujen uudelleen sijoittamiseen. Rakentamiseen tarvittavat materiaalit on sijoitettu työpisteiden läheisyyteen, jotta työkalut ovat helposti saatavilla. Työkalujen sijoittelu on uudistettu niille vaiheille, joissa useat työntekijät käyttävät samoja työkaluja sekä työstävät samaa vaihetta.

Tuotantolinjan vaiheiden eri paikkojen määrittämisen jälkeen tehtaan johto jalkautui tarkastamaan vaiheistuksen toimivuutta. Gemba-kävelyssä pyritään löytämään tuotantoprosessia hidastavia tekijöitä. Tämä tarkoittaa sitä, että tarkastellaan, onko jossakin vaiheessa liian vähän työntekijöitä, kun taas toisessa vaiheessa saattaa olla tyhjäkäyntiä.

Tuotannon vaiheistamisen lopuksi jokaiselle vaiheelle työstettiin ohjeistus (liite 1). Ohjeistus on visuaalinen työkalu, joka kertoo eri vaiheiden työtehtävät, joita kyseisessä vaiheessa tulee tehdä. Ohjeistuksesta löytyy Excel-taulukolla valmistettu vaiheistuksen aikataulutus (taulukko 1), josta voidaan nähdä, milloin talon pitää siirtyä vaiheesta toiseen, jotta talo on valmis suunniteltuna lähtöpäivänä. Excel-taulukosta löytyy myös talon moduulien lukumäärä sekä talon seinärakenne. Ohjeistukseen on myös liitetty jana-aikataulu, josta näkee yhden talon moduulien vaiheiden aikataulun.

Taulukko 1. Vaiheistuksen aikataulut

Aloitus 1 vaihe			Siirtyy	Siirtyy	Siirtyy	Siirtyy	Siirtyy	Siirtyy	Siirtyy	Siirtyy	Lähtee Työmaalle
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
PVM			Pvm	Pvm	Pvm	Pvm	Pvm	Pvm	Pvm	Pvm	Pvm
05/10/2022	Villa 2	Asiakas	07/10/2022	11/10/2022	13/10/2022	17/10/2022	19/10/2022	21/10/2022	25/10/2022	27/10/2022	28/10/2022
06/10/2022	Villa 2	Asiakas	10/10/2022	12/10/2022	14/10/2022	18/10/2022	20/10/2022	24/10/2022	26/10/2022	28/10/2022	31/10/2022
11/10/2022	Villa 2	Asiakas	13/10/2022	17/10/2022	19/10/2022	21/10/2022	25/10/2022	27/10/2022	31/10/2022	02/11/2022	03/11/2022
13/10/2022	Villa 3	Asiakas	17/10/2022	19/10/2022	21/10/2022	25/10/2022	27/10/2022	31/10/2022	02/11/2022	04/11/2022	07/11/2022
18/10/2022	Vilal 2	Asiakas	20/10/2022	24/10/2022	26/10/2022	28/10/2022	01/11/2022	03/11/2022	07/11/2022	09/11/2022	10/11/2022
20/10/2022	Villa 3	Asiakas	24/10/2022	26/10/2022	28/10/2022	01/11/2022	03/11/2022	07/11/2022	09/11/2022	11/11/2022	14/11/2022
27/10/2022	Villa 3	Asiakas	31/10/2022	02/11/2022	04/11/2022	08/11/2022	10/11/2022	14/11/2022	16/11/2022	18/11/2022	21/11/2022
31/10/2022	Hirsi 3	Asiakas	02/11/2022	04/11/2022	08/11/2022	10/11/2022	14/11/2022	16/11/2022	18/11/2022	22/11/2022	23/11/2022
03/11/2022	Villa 2	Asiakas	07/11/2022	09/11/2022	11/11/2022	15/11/2022	17/11/2022	21/11/2022	23/11/2022	25/11/2022	28/11/2022
07/11/2022	Villa 3	Asiakas	09/11/2022	11/11/2022	15/11/2022	17/11/2022	21/11/2022	23/11/2022	25/11/2022	29/11/2022	30/11/2022
09/11/2022	Villa 3	Asiakas	11/11/2022	15/11/2022	17/11/2022	21/11/2022	23/11/2022	25/11/2022	29/11/2022	01/12/2022	02/12/2022
14/11/2022	Villa 3	Asiakas	16/11/2022	18/11/2022	22/11/2022	24/11/2022	28/11/2022	30/11/2022	02/12/2022	06/12/2022	07/12/2022
18/11/2022	Villa 2	Asiakas	22/11/2022	24/11/2022	28/11/2022	30/11/2022	02/12/2022	06/12/2022	08/12/2022	12/12/2022	13/12/2022
22/11/2022	Villa 2	Asiakas	24/11/2022	28/11/2022	30/11/2022	02/12/2022	06/12/2022	08/12/2022	12/12/2022	14/12/2022	15/12/2022
24/11/2022	Villa 2	Asiakas	28/11/2022	30/11/2022	02/12/2022	06/12/2022	08/12/2022	12/12/2022	14/12/2022	16/12/2022	18/12/2022
29/11/2022	Villa 2	Asiakas	01/12/2022	05/12/2022	07/12/2022	09/12/2022	13/12/2022	15/12/2022	19/12/2022	20/12/2022	22/12/2022

5.3 Lopputilanne

Vaiheistusprosessin jälkeen rakentamisen materiaalit ovat toimivilla työskentelypisteillä ja ylimääräiset tavarat on siirretty muualle. Rakennusmateriaalit ovat järjestyksessä ja omien työvaiheidensa läheisyydessä. Materiaalien työstöpisteet on järjestetty jätehuollon kannalta esteettömiin paikkoihin. Ylimääräinen materiaalien siirtely sekä hukassa olevien talokohtaisten materiaalien etsintä on vähentynyt selvästi.

Vaiheiden eri työtehtävät ovat vaiheistusprosessin jälkeen selkeitä sekä helpommin johdettavissa. Periaatteena vaiheistuksessa on, että tietty työtehtävä saadaan tehtyä yhdessä vaiheessa, pois lukien kuivumista vaativat työt. Taulukossa 2 on esitetty vaiheiden eri työtehtävät.

Taulukko 2. Vaiheiden työtehtävät

Vaihe	Työtehtävät
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ulkoseinä-, väliseinä-, alapohja- ja välipohjaelementti linjastot
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ulkoseinäelementtien asennus alapohjaan
3	<ul style="list-style-type: none"> • Väliseinäelementtien asennus alapohjaan • Lattialämmityksen asennus • Lattiavalu
4	<ul style="list-style-type: none"> • Välipohjan asennus • Märkätilan lattiavalu • LVIS-tekniikantyöt • Väliseinien levytys • Seinien tasoitustyöt
5	<ul style="list-style-type: none"> • Koteloinnit ja alaslaskut • Seinien tasoitus- ja maalaustyöt • Vesieristystyöt
6	<ul style="list-style-type: none"> • Seinien maalaustyöt • Laatoitustyöt • Ikkuna ja ovet • Pintamateriaalin asennus (katto ja lattia)
7	<ul style="list-style-type: none"> • Saunan puutyöt • Laatoitus • Pintamateriaalin asennus (katto ja lattia) • Ikkuna ja ovet • Listoitus
8	<ul style="list-style-type: none"> • Kaluste asennukset • Listoitus • LVIS-työt • Ikkuna ja ovet
9	<ul style="list-style-type: none"> • LVIS-työt • Tarkastus • Pakkaus

Työkalusijoittelu on tehty vaiheille, joissa samoja työkaluja käyttää useampi työntekijä. Seinille on tehty valmiita tauluja, joissa jokaiselle työkalulle on omat piirretyt paikkansa. Työkalut ovat näin helposti löydettävissä ja pysyvät siististi järjestyksessä (kuvio 5).

Vaiheistuksen aikataulutuksen perusteella työntekijät ovat tietoisia oman työvaiheensa aikataulusta sekä siitä, milloin työvaiheen tulee olla valmiina. Työnjohdolla on näin ollen helpompi myöntää vapaata sekä lomaa työntekijöille, kun tiedetään aikataulutetusti, missä työvaiheessa mikäkin moduuli on menossa.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheen valinta pohjautui siihen, että halusin tehdä käytännönläheisen opinnäytetyön työpaikalleni. Idean työtä varten sain Kiiruna Talot Oy:ltä, jossa työskentelen tällä hetkellä työnjohtajana. Olen aloittanut työskentelyn Kiiruna Talot Oy:llä syyskuussa 2021. Aloitin työskentelyn tuotannon puolella tilaelementtien valmistuksessa. Marraskuussa 2021 talotehtaalla valmistui laajenusosa, jolloin siirryin talotehtaalla työnjohdollisiin työtehtäviin. Talotehtaalla työskentelyn kautta olen päässyt perehtymään tilaelementtitalon valmistukseen Lean-menetelmiin pohjautuen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä eri Lean-menetelmiin sekä Lean-työkaluihin, joita voidaan hyödyntää talotehtaan moduulirakentamisessa tuotannon eri vaiheissa. Tuotoksen tavoite oli laatia mahdollisimman selkeä ohje, jossa käydään tarkasti läpi eri rakentamistekniset työtehtävät eri vaiheilla. Ohjeesta on rajattu pois LVIS- tekniikan työtehtävät.

Opinnäytetyön työstäminen aloitettiin perehtymällä talotehtaan tuotantolinjan tiloihin sekä tiedustelemalla työntekijöiden mielipiteitä tuotannossa esiintyvistä ongelmista. Työssä pohdittiin moduulituotannon kannalta tärkeimpiä ratkaisuja, joiden avulla työn vaiheistaminen saadaan toimimaan mutkattomasti.

Lopputuotoksena syntyi yksityiskohtainen ohje, josta yrityksen uudet ja vanhat työntekijät sekä työnjohto saavat apuvälineen Kiiruna Talot Oy:n tavasta valmistaa moduuleja. Ohjeen avulla uusi työntekijä saa käsityksen siitä, mitä eri vaiheita tuotantolinja sisältää sekä pystyy hyödyntämään ohjetta moduulirakentamisen työkaluna.

Opinnäytetyön kirjoittamiseen on tuonut oman haasteensa tuotoksen tekemisen, työn, perheen ja muiden tutkintoon kuuluvien opintojen yhteensovittaminen. Opinnäytetyön raporttiin tarvittavia luotettavia ja ajantasaisia lähteitä oli myös haastavaa löytää monipuolisesti. Olen kuitenkin tyytyväinen ohjeistukseen, jonka

olen saanut työstettyä tämän syksyn aikana Kiiruna Talot Oy:n työntekijöiden käyttöön. Ohjeistuksesta tuli kattava sekä selkeä tuotos.

Ohjeistuskansion ajatus lähti liikkeellä siitä, koska huomasin tuotannon eri vaiheissa olevan paljon hiljaista tietoa työmenetelmistä ja työtavoista. Moduulituotannossa osa työtehtävistä on asian saman toistoa, mitä ei ole missään kirjallisesti ylhäällä. Vaiheistuksesta rajattiin pois LVIS-tekniikan työt, koska minulla ei ole työkokemusta ja opintojaksoja kyseisistä työtehtävistä. Ohjeistuskansion sisältö aloitettiin ensin listaamalla kaikkien yhdeksän vaiheen eri työtehtävät. Tämän jälkeen käytiin vuoropuhelua työntekijöiden kanssa eri työtehtävien tärkeimmistä kohdista, millaisia eri mittoja ja työmenetelmiä ohjeistuksen tulee sisältää. Samalla keskusteltiin vaiheiden sisällä olevien työtehtävien järjestyksestä, jotta saadaan työtehtävät toimimaan virtautetun tuotannon tavoin.

Jatkotutkimuksia ajatellen olisi mielenkiintoista tutkia, miten ohjeistus ja Lean-menetelmät ovat auttaneet Kiiruna Talot Oy:n uusia sekä vanhoja työntekijöitä moduulien valmistuksessa.

LÄHTEET

Bhamu, J. & Sangwan, K.S. 2014. Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management* 34 (7), 915-916.

Bhasin, S. & Burcher, P. 2006. Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management* 17(1), 56-72.

Kanbantool 2022a. What is Just-In-Time Manufacturing?. Viitattu 23.11.2022 <https://kanbantool.com/kanban-guide/just-in-time>.

- 2022b. What is 5S in Lean?. Viitattu 7.12.2022 <https://kanbantool.com/kanban-guide/what-is-5s>.

- 2022c. What is Poka-Yoke?. Viitattu 24.11.2022 <https://kanbantool.com/kanban-guide/poka-yoke>.

- 2022d. What is a Gemba Walk?. Viitattu 23.11.2022 <https://kanbantool.com/kanban-guide/gemba-walk>.

Kamali, M & Hewage, K. 2016. Life cycle performance of modular buildings: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62, 1171-1175.

Kiiruna Talot 2022. Talopaketti valmistuu tehtaan suojassa. Viitattu 12.11.2022 <https://kiirunatalot.fi/rakentaminen/edullinen-tehdasvalmisteinen-talopaketti/>.

Kotilainen, S. 2013. Moduulirakentaminen. Ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. Tampereen teknillinen yliopisto. Pro gradu -tutkielma.

Kuortti, H. 2021. 5S menetelmän käyttöönotto tuotannossa. LUT yliopisto. Diplomityö.

LCI 2022. Lean-johtaminen ei vaadi onnistuakseen monimutkaisia menetelmiä tai työkaluja. Viitattu 7.12.2022 <https://lci.fi/lean-johtaminen-ei-vaadi-onnistuakseen-monimutkaisia-menetelmia-tai-tyokaluja/#>.

Liker, J.K 2010. Toyotan tapaan. Jyväskylä: WS Bookwell.

Nordic DC 2022. Mitä on teollinen moduulirakentaminen?. Viitattu 18.11.2022 <https://nordicdc.fi/moduulirakentaminen/>.

Panvnaskar, S.J., Gerhenson, J.K. & Jambekar, A.B. 2023. Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research* 41 (13), 3075–3076.

RIL ry 276–2021. 2021. Lean rakentamisessa. 1. painos. Suomi: Hansaprint Oy. E-kirja. Viitattu 21.11.2022 <https://www.elibslibrary.com/fi/book/9789517586733>.

Tampereen rakennustori 2022. Suomalaiset talotehtaat rakentamisessa. Viitattu 14.11.2022 <https://tampereenrakennustori.fi/b/suomalaiset-talotehtaat-rakentamisessa/>.

Tapola, S. 2020. Tehokkaimpaan hukkajahtiin tarvitaan koko organisaatio. Rakennuslehti 13.11.2020. Viitattu 15.11.2022 <https://www.rakennuslehti.fi/2020/11/tehokkaimpaan-hukkajahtiin-tarvitaan-koko-organisaatio/>.

LIITTEET

Liite 1. Ohjeistuskansio (ei julkistettava)



2022

OHJEISTUSKANSIO



Atte Miettunen
Kiiruna Talot
28.11.2022