



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TUOTANNON TEHOSTAMINEN

Pipe-Modul Oy

TEKIJÄ: Tero Valtonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Tero Valtonen	
Työn nimi Tuotannon tehostaminen	
Päiväys 14.1.2016	Sivumäärä/Liitteet 25
Ohjaaja(t) Yliopettaja Jarmo Pyysalo	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pipe-Modul Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Mikkelissä sijaitsevalle Pipe-Modul Oy:lle. Tavoitteena oli löytää keinoja elementtituotannon tuotannon tehostamiseen ja kehittää yrityksen tuotantotapoja. Työ oli hyödyllinen, koska yrityksessä oli käynnissä muitakin kehitystoimenpiteitä, kuten uusia laitehankintoja, uuden ERP-ohjelmiston käyttöönotto sekä laatu järjestelmän kehitys. Tämä projekti toteutettiin osana toiminnan kehittämisen kokonaissuunnittelua.</p> <p>Opinnäytetyö alkoi perehtymällä tuotantoon ja analysoimalla prosesseja sekä materiaalivirtoja. Kun toimintatavat tulivat tutuiksi, projektin varsinaisena tavoitteena oli kehittää tuotantoa Lean-ajatustavan pohjalta ja saamaan työtapoja tehokkaammaksi sekä poistaa tuotannosta turhaa tekemistä. Materiaalivirtoja analysoimalla löytyi kehitettävää myös tuotantotilojen layoutista.</p> <p>Työn tuloksina saatiin kehitysideoita tuotantoon, kuten materiaalivirtojen päivitys imuohjautuvalla tuotannolla ja työtapojen menetelmäkehitys. Kehitysideoiden lisäksi luotiin sovellus, jolla helpotetaan työnjohdon tarvetta seurata tuotannon tilaa ja projektien valmistumista. Yritys oli tyytyväinen saatuihin tuloksiin.</p>	
Avainsanat Lean, layout, tuotantotalous, materiaalinhallinta, ERP	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tero Valtonen			
Title of Thesis Optimisation of production			
Date	January 14th, 2016	Pages/Appendices	25
Supervisor(s) Mr. Jarmo Pyysalo, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Pipe-Modul Oy			
<p>Abstract</p> <p>This final project was commissioned by Pipe-Modul Oy. The aim of this project was to find ways for more efficient production of pipe-elements and develop production processes. There were many internal improvement projects simultaneously going on in the company, like new machine procurements, new ERP-software implementation and development of quality system, so this final project came useful for the company. This project was carried out as part of the overall production improvement project.</p> <p>The work was started by getting familiar with the production and analyzing processes and material flow. When the production came familiar, the Lean-mindset was applied in production to make it more efficient and reduce unnecessary work. Material flow analysis revealed also some improvement possibilities in layout.</p> <p>As an outcome of this project there is a fresh view for the new development ideas to make production more efficient and plans for how to implement those ideas. Besides creating new development ideas in the production, there was a need for an application for monitoring production. The application makes it easier for the production supervisor to follow how the projects are progressing. The company was satisfied with results.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Lean, layout, industrial engineering and management, ERP</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	PIPE-MODUL OY.....	6
	2.1.1 Tilat ja konekanta .....	6
	2.1.2 Tuotteet .....	6
3	LAYOUT.....	8
4	TUOTANNONOHJAUS.....	10
	4.1 JIT (JUST-IN-TIME) .....	10
	4.2 Imu- ja työntöohjaus ja MRP .....	10
	4.3 Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning).....	11
	4.4 Lean .....	12
5	MATERIAALINHALLINTA .....	14
	5.1.1 Varastot .....	15
	5.1.2 ABC-analyysi.....	16
	5.1.3 Varastonohjaus.....	17
6	EXCEL JA VBA .....	18
7	TUOTANNON KEHITYSIDEAT .....	19
	7.1 Layoutsuunnitelma.....	19
	7.2 Imuohjautuva tuotanto .....	19
	7.3 Kokoonapanon kehitysideat .....	19
	7.3.1 Tuotannonseuranta kalenteri .....	20
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	24
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	25

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Pipe-Modul Oy:n toimeksiannosta. Työn aihe on peräisin yrityksen tuotannonkehitysinsinööri Niko Haloselta, mutta hänen siirtyessään pois yrityksen palvelusta työ vietiin loppuun yhteistyössä yrityksen tuotantoesimiehen Janne Liukkosen kanssa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää keinoja tehostaa Pipe-Modul Oy:n putkistoelementtituotantoa. Yrityksessä oli käynnissä valmiiksi sisäinen tuotannonkehitysprojekti ja uuden ERP-ohjelmiston sisäänajo.

Nykyään tuotantoa pyritään kehittämään jatkuvasti. Tuotantotapojen ja tekniikan kehittyessä löytyy aina uusia mahdollisuuksia saada toimintaa tehokkaammaksi. Tässä työssä pyrittiin pureutumaan juuri tällaiseen tilanteeseen jossa tuotanto toimii hyvin, mutta tavoitteena oli kehittää toimintaa vieläkin tehokkaammaksi.

Yrityksen tuotanto oli uusien laitehankintojen myötä melkoisessa muutoksessa, ja tavoitteena oli kehittää tuotantoon tuoreita ideoita nopeuttamaan tuotteiden läpimenoaikaa, parantamaan laatua ja poistamaan turhaa työtä. Hiljattain yritykseen käyttöön otetun ERP-ohjelmiston toiminnot eivät avustaneet tuotannonseurantaa ohjelmiston monimutkaisuuden ja raskauden takia, joten siihen jäi sopiva aukko viedä tätä projektia pidemmälle. Oman lisän projektin haastavuuteen toi yrityksen ohjaajan vaihtuminen kesken opinnäytetyön teon.

Työn teoriaosiossa käsitellään Lean-ajatustapaa, materiaalihallintaa sekä materiaalivirran virtautusta. Lean-opeihin perustuen pyritään kehittämään kehitysideoita ja hyödyntämään Leania hukkien poistamiseen yrityksen tuotannossa. Työstä on yrityksen toiveesta poistettu osioita, joissa kerrotaan yrityksen tuotannosta yksityiskohtaisesti, joten ongelmat sekä niiden ratkaisut on esitetty vain yleisellä tasolla.

## 2 PIPE-MODUL OY

Pipe-Modul Oy on vuonna 1999 perustettu mikkeliäinen, teknologiateollisuudessa toimiva ohutlevystä talotekniikkatuotteita suunnitteleva, valmistava, tuotekehittävä ja myyvä yritys. Tuotteita käytetään eniten kerros- ja rivitalojen putkistosaneerauksissa, mutta myös uudisrakentamisessa. Yritys suunnittelee ja valmistaa tuotteita kiinteistöjen ylläpitoon sekä asuinturvallisuuden parantamiseen. Sen tavoitteena on kaikessa toiminnassa ja tuotteissa seurata kestävä kehityksen periaatteita. Pipe-Modul Oy:n asiakkaita ovat tavalla tai toisella kaikki, joita jonkin kohteen putkiremontti koskee. Suorat asiakkaat ovat putki- ja rakennusliikkeitä. Tuotteita on käytetty noin 20 vuotta ja yli 3 000 kohdetta on toteutettu yrityksen tuotteilla ja ratkaisulla. Vuonna 2014 liikevaihto oli 2,5 miljoonaa euroa ja yritys työllistää 20 henkilöä. (Pipe-Modul Oy 2015.)

### 2.1.1 Tilat ja konekanta

Yrityksellä on noin 2 000 m<sup>2</sup> tuotantotilaa. Yrityksen käytössä on NC-ohjattu levyleikkauskeskus, särmäyskone, hitsauslaitteet, jauhemaalauslinja sekä laitteet villojen leikkamista ja uritusta varten. Yritys vastaa itsenäisesti tuotekehityksestä, suunnittelusta ja tuotteiden valmistuksesta.

### 2.1.2 Tuotteet

#### **Vesijohtoelementti**

Vesijohtoelementtejä käytetään vesijohtojen nousu- ja vaakalinjojen kotelointiin porrashuoneissa ja huoneistoissa. (Kuva 1) (Pipe-Modul Oy 2015).

#### **Sähköjohtoelementti**

Sähköjohtoelementtejä käytetään sähköjohtojen nousu- ja vaakalinjojen verhoukseen porrashuoneissa ja huoneistoissa. Ne valmistetaan paloeristettynä tai ilman eristystä. (Pipe-Modul Oy 2015.)

#### **Viemärielementti**

Viemärielementtejä valmistetaan kuivatiloihin ja märkätiloihin. Niitä käytetään lähinnä nousulinjojen kotelointiin, mutta niitä voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan myös vaakalinjojen kotelointiin. (Pipe-Modul Oy 2015.)

#### **LTO-elementti**

LTO-elementti sopii lämmöntalteenottolaitteen putkien ja sähköjohtojen kotelointiin ulkona sekä kerrostalojen porrashuoneissa. (Pipe-Modul Oy 2015).

Elementtien lisäksi tuotevalikoimaan kuuluvat myös listat, haaroituskotelot, venttiili- ja vesimittarikotelot, peitokotelot, peitekulmat ja vuodonilmaisu (Pipe-Modul Oy 2015).

Elementtien tuotekohtaisesti vaihteleva rakenne:

- teräslevykuoren vahvuus 1 – 1,5 mm
- Jauhemaalauksella siisti ja kestävä pinta
- Elementeissä valmiina putkikannakkeet ja palo-, lämpö- ja äänieristeenä tyyppihyväksytyt mineraalivilla
- Sähköjohdoille palosuojaus
- Vesi- ja sähköjohtoelementissä sähkö- ja telejohdoille tarvittavat kiinnityspisteet
- Ääniakustointi viemärille siten, että elementin seinärakenne vastaa sijaintitilan äänitekniistä vaatimustasoa. (Pipe-Modul Oy 2015.)



KUVA 1. Pipe-Modul elementti porraskäytävässä (Pipe Modul Oy 2015).

### 3 LAYOUT

*Layout* on vakiintunut termi, joka käsittää tuotantojärjestelmän koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaan pohjaratkaisuun. Työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa eri tyypeihin. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri ja Miettinen 2009, 475.)

#### **Tuotantolinja**

Tuotantolinjassa koneet ja laitteet ovat valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen, ja siksi valmistus sekä kappaleenkäsittely on usein automatisoitua robotein ja toiminta on erittäin tehokasta. Työnkulku on selkeää ja työvaiheiden välillä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia.

Suuri volyymi ja korkea kuormitusaste ovat keskeisiä edellytyksiä tuotantolinjan rakentamiselle. Suurien valmistusmäärien ansioista tuotteen yksikköhinta muodostuu alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakentamisen kustannukset ovat korkeat. Näin ollen tuotantolinja maksaa itsensä takaisin nopeasti.

Tämäntyyppinen layoutratkaisu sietää huonosti häiriöitä, koska pienikin häiriö voi keskeyttää koko tuotantolinjan toiminnan. Tuotantolinjamaisessa layoutissa laaduntarkkailu onkin tärkeää. Jos suurella volyymilla valmistetut virheelliset tuotteet pääsevät läpi huomaamatta virheitä, kustannukset voivat nousta todella suuriksi. Myös tuotetyypin vaihdosta aiheutuva asetus aika voi muodostua suureksi, mistä syntyy arvoa tuottamatonta odottelua. (Haverila ym. 2009, 475 - 476.)

#### **Funktionaalinen layout**

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpaikat on ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi työstökeskukset ja sorvit voivat olla samassa paikassa ja hitsauspisteet toisessa tehtaan osiossa.

Funktionaalisisessa layoutissa tuotantomäärät ja tuotevariaatiot voivat vaihdella suuresti. Koneet ja laitteet ovat tavallisesti monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita eikä asetuksia ole räätälöity yhtä tuotetta varten, vaan tuotteet valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina.

Tuotannonohjaus perustuu eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn ja siksi töiden virtaus työvaiheesta toiseen on hankalaa. Työjonot kasvattavat KETin määrää ja pidentävät tuotannon läpäisyäikää. Funktionaalisen layoutin toteutus on helpompi ja kapasiteetin kasvattaminen on juostavaa samoin kuin erilaisten tuotteiden valmistaminen. Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisen layoutin tuottavuus jää heikommaksi ja sitä kuormitetaan vähemmän. (Haverila ym. 2009, 476 - 477.)



**Solulayout**

Solulayout muodostaa itsenäisen, eri koneista ja työpaikoista kootun ryhmän, joka on räätälöity tiettyjen osien valmistamiseen ja työvaiheiden suorittamiseen. Solulayoutia voidaan pitää eräänlaisena funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuotona, koska materiaalivirta on selkeä eikä siinä eole välivarastoja ja solujen toiminta on joustavampi kuin tuotantolinjassa.

Läpäisy aika on huomattavasti lyhyempi verrattuna funktionaaliseen layoutiin ja solu pystyy valmistamaan joustavasti niitä tuotteita, joiden valmistukseen se on suunniteltu. Lisäksi asetusajat siirryttäessä tuotteesta toiseen ovat lyhyet. Eri tuotteiden tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella paljonkin ja tuotteita on mahdollista valmistaa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina.

Solun tuotannonohjaus on helppoa, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen, vaikka jalostavia työvaiheita solussa saattaakin olla enemmän. Solulayoutin laadunvalvonta on helppoa. Koska eri työvaiheet suoritetaan tiiminä samalla alueella, virheet havaitaan helposti ja voidaan korjata.

Soluissa eri koneiden ja laitteiden kuormitusasteet voivat vaihdella huomattavasti, mutta keskimäärin ne ovat alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Solussa työskentelevä ryhmä vastaa itse tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta itsenäisesti, mikä lisää työntekijöiden motivaatiota. Työntekijät voivat itse vaikuttaa keskinäiseen työnjakoon. (Haverila ym. 2009, 477 - 478.)

## 4 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjaus tarkoittaa menettelyä, jolla yritys pyrkii ohjaamaan tuotantossa liikkuvia materiaaleja, tuotteita ja tietoja sekä kommunikoi tuotantoon liittyvien toimintojen kanssa, kuten myynnin ja hankinnan. Tuotannonohjaukseen on perinteisesti kuulunut tuotannon ajoitus, varastojen valvonta ja tuotannon kuormituksen tehokas hyödyntäminen.

Asiakkaan näkökulmasta tuotannonohjauksen tavoitteena on täyttää tilattujen tuotteiden vaatimukset laadusta, määrästä ja toimitusajasta. Nykyään tuotannonohjaus sisällytetään toiminnanohjauksen alle, ja sillä hallitaan koko toimitusketjun kustannuksia, laatua, materiaalivirtoja ja informaatiovirtoja. Toiminnanohjauksen tehtävänä on toteuttaa yrityksen valitsemaa tuotantostrategiaa. (Ritvanen, Inkiläinen, von Bell, Santala 2011, 46 - 47.)

### 4.1 JIT (JUST-IN-TIME)

JIT-tuotantomallin perustana on selväpiirteinen tuotanto, jossa materiaalivirrat ja tuotannonohjaus on järjestetty mahdollisimman tehokkaaksi. JIT-periaatteella toimivien tuotantolaitosten layout on kompakti ja materiaalivirrat ovat selkeät. Tuotantojärjestelmä sallii tuotetyyppien nopeat vaihtelut kokonaisvolyymien ollessa kuitenkin tasainen. (Haverila ym. 2009, 428-429.)

JIT- Tuotantomallin lähtökohtana ovat lyhyet asetusajat. Asetusaikojen minimoiminen mahdollistaa pienet eräkoot, mikä automaattisesti lyhentää tuotannon läpimenoaikoja. Tuotteen työnkulun mukaisesti rakennettu layout yhdistettynä pieniin eräkokoihin auttaa tuotantoa reagoimaan tilauksiin nopeammin. Tällä tapaa välivarastojen ja keskeneräisen tuotannon määrä pienenee. JIT-tuotanto edellyttää toiminnalta korkeaa laatutasoa. Laatutason heitellessä kustannukset nousevat suuriksi, jos esimerkiksi tuotanto pysähtyy virheiden takia ja tuotteita ei pystytä toimittamaan sovitussa aikataulussa. Nopean ja selkeä toimintamallin avulla virheet on helppo havaita ja puuttua niihin. (Haverila ym. 2009, 428-429.)

### 4.2 Imu- ja työntöohjaus ja MRP

**Työntöohjauksessa** tuotteet valmistetaan ennalta suunnitellun aikataulun mukaisesti ja sen perusteella ajoitetaan ja tilataan materiaalitoimitukset sekä varastotäydennykset. Työntöohjaus edellyttää menekin ennustusta ja ennakointia tuotannossa. Työntöperiaate soveltuu silloin, kun materiaaleja tai kapasiteettia on rajallisesti. (Ritvanen ym. 2011, 57 - 58.)

**Imuohjaus** tarkoittaa sitä, että materiaalivirta aktivoituu tilauksen perusteella. Tällöin tehdään vain se, mitä seuraava toimipiste tarvitsee. Imuperiaatetta käytetään silloin, kun materiaaleja ja kapasiteettia on riittävästi. (Ritvanen ym. 2011, 57 - 58.)

Työntöohjauksessa hyödynnetään materiaaliarvesuunnittelua eli MRP:tä (Material Resource Planning), joka on nykyään sisällytetty koko arvoketjun hallitsevaan ERP-järjestelmään. Materiaaliarvesuunnittelu edellyttää, että kysyntä tiedetään melko tarkkaan. Sen lisäksi selvillä on oltava toimitus- ja läpimenoajat sekä varastosaldot ja vaadittua kapasiteettia laskettaessa on tiedettävä, kuinka paljon tuotantoa kuormitetaan. (Ritvanen ym. 2011, 57 - 58.)

Imuohjauksessa tuotteet valmistetaan vain kysynnän mukaisesti. Varastoja täydennetään välittömän tarpeen perusteella ja varastosta oton määrittää aina seuraava materiaaleja käyttävä vaihe. (Ritvanen ym. 2011, 57 - 58.)

MRP:n ja JITin ero kiteytettynä, MRP:ssä valmistetaan tuotantosuunnitelman perusteella, kun taas JITissä valmistetaan asiakastilauksesta. MRP-suunnittelu ja JIT voidaan yhdistää teollisuudessa suunnitteleamalla esimerkiksi raaka-ainehankinnat MRP:n avulla ja toteuttamalla JITtiä tuotantovaiheiden ohjauksessa. (Ritvanen ym. 2011, 57 - 58.)

#### 4.3 Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)

ERP kerää yhteen tietoa yrityksen eri toiminnoista ja välittämällä tietoa yrityksen eri osastojen välillä se tukee toiminnan- ja tuotannonohjausta. ERP-järjestelmä koostuu moduuleista. Yleisimpiä teollisuudessa käytettyjä moduleita ovat hankinta, myynti, taloushallinto, tuotannosuunnittelu ja – ohjaus, jakelu sekä kustannuslaskenta. ERP siis tiivistää yrityksen keskeiset toiminnot, prosessit, kirjanpidon ja toimintatavat saman sovelluksen alle. (Ritvanen ym. 2011, 56.)

## 4.4 Lean

Lean-production käsite on syntynyt International Motor Vehicle Program - tutkimusohjelman tuloksena. Tutkimus analysoi globaalin autoteollisuuden toimintamalleja sekä tehokkuutta. Tutkimuksessa havaittiin japanilaisten toimintaperiaatteiden mukaisesti organisoidun tuotannon olevan tehokkaampi ja laadukkaampi ja se palveli paremmin asiakkaitaan. Lean-tuotantoa voidaan pitää alkuperäistä JIT-tuotantoa laajempuna. (Haverila ym. 2009, 362.)

Lean on laatujohtamisen periaatteiden soveltamista tuottamiseen. Sen sijaan, että keskitytään yksittäisiin asioihin, keskitytään kokonaisuuden optimoimiseen. Tavoitteena on tuottaa asiakkaalle parasta mahdollista arvoa tuottajan tarpeet huomioiden. Käytännössä tämä tarkoittaa virtaustehokkuuden ja resurssitehokkuuden maksimointia. (Six Sigma 2015.)

”Me katsomme ainoastaan aikajanaa siitä hetkestä, kun asiakas antaa meille tilauksen, siihen pisteeseen, kun keräämme rahat.” – Taiichi Ohno

Asiakkaan tilauksen ja rahojen saamisen väliltä poistetaan siis kaikki turha. Näiden hukkien eliminointiin liittyy paljon erilaisia työkaluja. Kyse ei kuitenkaan ole pelkästään työkaluista ja niiden soveltamisesta, vaan kokonaisvaltaisesta ajattelutavasta, joka pyritään saamaan juurrutettua koko arvoketjuun. (Liker 2006.)

Lean on siis asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli. Se perustuu virtauksen maksimointiin ja hukkan poistamiseen. Se on siis toiminta- ja ajattelutapa, jossa virtausta ja jalostusarvon osuutta maksimoidaan poistamalla hukkaa ajallisesti ja laadullisesti. (Six Sigma 2015.)

Tuotannon hukat voidaan jakaa seitsemään eri hukkan lajiin (Kouri 2009, 10-11.):

### 1. Ylituotanto

Valmistetaan tuotteita enemmän kuin on tarve. Tuotteet vievät varastotilaa ja niihin on sitoutunut arvokasta pääomaa.

### 2. Odottelu ja viivästykset

Puutteet materiaaleissa ja kapasiteetissä aiheuttavat odottelua ja viivästyksiä. Sinä aikana ei synny lisäarvoa.

### 3. Tarpeeton kuljettaminen

Keskeneräisen tuotannon siirtely varastojen ja työpisteiden välillä aiheuttaa turhaa kuljettelua. Tämän takia tuotannon tulee olla hyvin virtautettu prosessin mukaisesti.

### 4. Laatuvirheet

Hukataan materiaaleja ja kapasiteettia tekemällä roskeen meneviä tuotteita. Jos viallinen tuote pääsee asiakkaalle asti, seuraa siitä asiakastytymättömyyttä.

**5. Tarpeettomat varastot**

Varastot vievät tilaa, nielevät rahaa ja voivat piilottaa tuotantoprosessien ongelmia.

**6. Ylikäsittely**

Tehdään asioita, jotka eivät tuota tuotteelle tai palvelulle arvoa asiakkaan näkökulmasta.

**7. Tarpeeton liike**

Pidetään kaikki tarvittava lähellä työpistettä ja työpiste siistinä sekä kehitetään menetelmiä, joilla turhat ja aikaavievät liikkeet poistetaan.

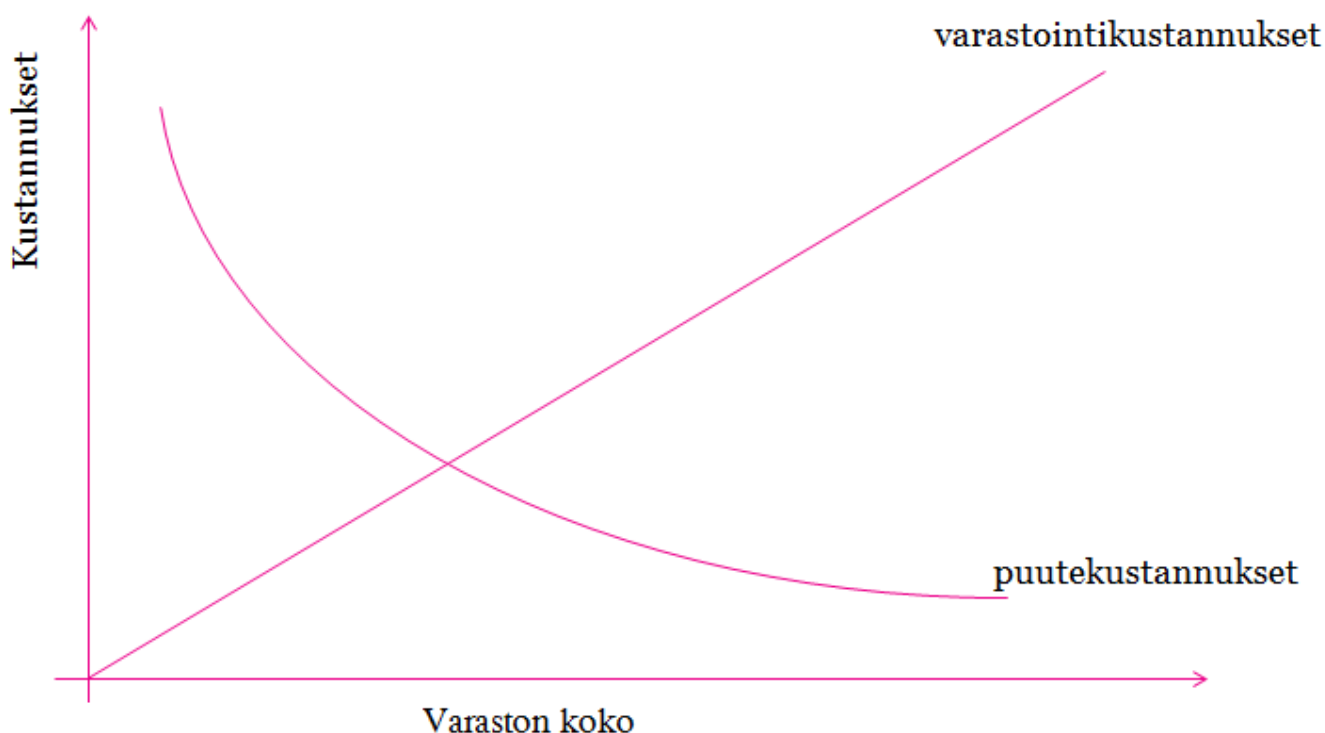
## 5 MATERIAALINHALLINTA

Materiaalinhallinnalla tarkoitetaan yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden, lopputuotteiden hankinnan, varastoinnin ja jakelun hallintaa. Materiaalinhallinnan puitteissa ohjataan yrityksen kaikkia materiaalivirtoja toimittajilta aina asiakkaalle saakka. Nykyään varastojen kokoja on pyritty pienentämään merkittävästi samanaikaisesti, kun tilaus-toimitusprosessin aikajänteitä on lyhennetty huomattavasti. Näiden tavoitteiden toteuttaminen edellyttää materiaalitoimintojen tehokasta organisointia ja hallintaa. (Haverila ym. 2009, 443.)

Materiaalihallinnalle asetetaan seuraavia tavoitteita:

1. Halutun palvelutason ylläpitäminen
2. Materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi

Edellä mainittujen tavoitteiden välillä vallitsee ristiriita kuten kuvassa 2 on hahmoteltu. Kun halutaan ylläpitää asiakkaan vaatima palvelutaso ja pidetään tuotteita varastossa isot määrät niin, että tuotteita on aina toimitettavissa, seuraa siitä suuret varastointikustannukset. Pienet varastot puolestaan aiheuttavat epävarmuutta tuotteiden toimitukseen, ja siitä seuraa puolestaan suuret puutekustannukset. Oleellista ei ole puute- ja varastointikustannusten optimitointi, vaan halutun palvelutason ylläpitäminen minimikustannuksiin. (Haverila ym. 2009, 444.)



KUVA 2. Varaston koosta aiheutuneet kustannukset

### 5.1.1 Varastot

Tuote- ja materiaalivarastot ovat välttämättömiä lähes kaikille yrityksille. Varastoja tarvitaan toimituskyvyn turvaamisessa sekä tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkemisessä. Varastot ovat merkittävä kustannustekijä yritykselle. Varastointi sitoo paljon pääomaa ja materiaalien käsittelyt aiheuttavat kustannuksia, joten siksi ne tulee optimoida mahdollisimman tarkkaan. (Haverila ym. 2009, 445 - 446.)

Tuotannon varastojen luokittelu:

#### **Puskurivarastot**

Yrityksen tuotantoprosessin läpäisy aika on useasti pidempi kuin asiakkaan vaatima toimitusaika. Tällaisissa tapauksissa tarvitaan puskurivarastoja toimituskyvyn ylläpitämiseksi. Puskurivarastot auttavat myös pitämään halutun palvelutason jos tuotteiden menekki vaihtelee suuresti. Puskurivarastoja voi löytyä myös tuotannon sisältä esimerkiksi puolivalmiste tai materiaalivarastoissa. Tuotannon läpäisyajan lyhentämisellä voidaan vähentää puskurivarastojen tarvetta. (Haverila ym. 2009, 446.)

#### **Välivarastot**

Tuotannon eri työvaiheilla on eri läpäisy aika, josta syntyy välivarastoja kun keskeneräinen tuotanto siirretään prosessista toiseen odottamaan työn aloitusta. Siirtoerät kasvattavat varastotasojä ja sitovat pääomaa sekä kasvattavat riskiä laatuvirheiden syntymiseen, joten niistä tulee pyrkiä eroon. (Haverila ym. 2009, 446 - 447.)

#### **Valmistuksen taloudellisesta eräkoosta johtuvat varastot**

Tietyntylaiseen prosessiin räätälöity laite tai työvaihe vaatii useasti pitkän asetusajan ja siitä johtuen sillä pyritään valmistamaan suuria eräjä ja vältellään pitkistä asetusajoista johtuvia tuotannonmenetyksiä. Kun eräkoot kasvavat, ne muodostavat suuren välivaraston mikä voi heikentää koko tuotannon läpäisy aijää ja kasvattaa keskeneräisen tuotannon määrää. Kehittämällä prosessia ja minimoimalla asetusajäään käytetty aika saadaan tuotannon eräkoot pienemmiksi kustannustehokkuuden kärsimättä. (Haverila ym. 2009, 447.)

#### **Tuotantoprosessin ja toimintojen virheiden varalta pidettävät varastot**

Toiminnan ja valmistuksen laatuvirheet peitetään helposti ylimääräisillä varastoilla. Virheen sattuessa voidaan turvautua varastoihin, jolloin vältytään laajemmilta tuotantohäiriöiltä tai toimituskykyongelmilta. Toiminnan laatuongelmien hoitaminen ylimääräisillä varastoilla jarruttaa toiminnan kehittämistä. Ongelmat ja niiden syyt jäävät peittoon, jolloin niihin ei osata tarttua. Nämä varastot pitää poistaa ja poistamisen tuloksena esiin tulleet ongelmat pitää korjata. (Haverila ym. 2009, 447.)

### 5.1.2 ABC-analyysi

Varastonohjaus pitää pystyä toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaisesti ja tehokkaasti, sillä varastoissa on yleensä tuhansia nimikkeitä, jolloin niiden tehokas hallinta vaikuttaa kustannustehokkuuteen. Koska ohjausresursseja on yleensä rajallisesti, kannattaa nimikkeet luokitella tärkeimpiin luokkiin. Luokitteluun perustuvan järjestelmän lähtökohtana voi olla ABC-analyysi, jolla varastoitavat tuotteet luokitellaan esimerkiksi myynnin määrän, tuotteen menekin tai myyntikatteen perusteella. ABC-analyysin avulla varaston kokonaisarvoa voidaan alentaa ja samalla parantaa tuotteiden saatavuutta. Luokittelun perusteella päätetään kunkin tuoteryhmän varastoinnista. A-tuotteita ohjataan menekin mukaan ja B-tuotteita vähemmän ajantasaisesti ja suurempia tilauseriä käyttäen tai tarkkailemalla visuaalisesti varastotasoja.

(Ritvala ym. 2011, 90 - 91)



### 5.1.3 Varastonohjaus

Varastonohjausmenetelmillä hallitaan yrityksen varastoihin sitomaa pääomaa. Varastonohjauksen pääasiasallisia tehtäviä on kierto- ja varmuusvarastojen hallinta. (Ritvala ym. 2011, 88 - 89.)

Määräperusteinen hallintajärjestelmä voidaan toteuttaa esimerkiksi kaksilaatikkojärjestelmällä tai hyödyntämällä tilauspistettä. Kaksilaatikkojärjestelmä käyttää kahta laatikkoa tuotteiden varastoinnissa siten, että toisen tyhjentyessä tilataan uusi erä kulutetun tilalle. Toimitusaikana kulutetaan tuotteita toisesta laatikosta ja laatikoiden eräkoot on laskettu toimitusajan mukaan. (Ritvala ym. 2011, 88 - 89.)

Tilauspistejärjestelmässä määritellään ajankohta milloin tilaus lähtee toimittajalle. Tilauspiste määritellään menekkiennusteen perusteella eli täydennystilaus tehdään, kun varastossa on jäljellä täydennystilauksen toimitusajan vaatima määrä.

Varastonohjauksessa voidaan hyödyntää myös taloudellisimman eräkoon määrittävää laskukaavaa: (Ritvala ym. 2011, 88 - 89.)

$$EOQ = \frac{\sqrt{2RC}}{\sqrt{H}}$$

jossa R = kysyntä (kpl)

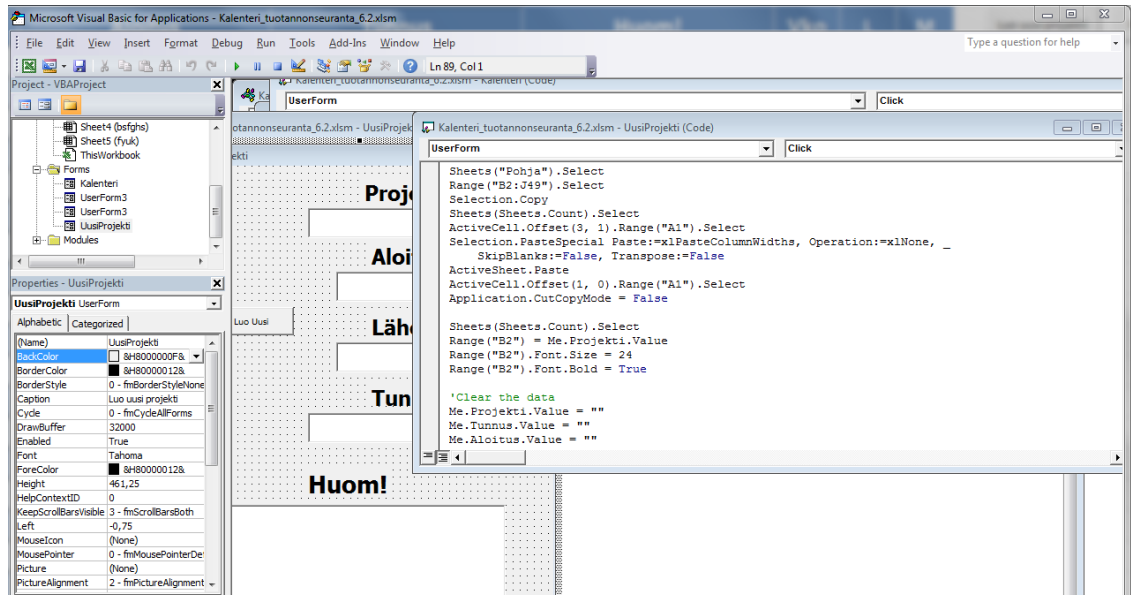
C = tilauskanta

H = yhden tuotteen varastointikustannus.

Toimukseen hyvin mallin käyttö edellyttää että kysyntä on tasaista eikä erän saatavuudessa ole ongelmia. Taloudellisimman eräkoon määrittämisestä on hyötyä silloin, kun esimerkiksi täydennyskustannukset ovat korkeita tai halutaan pitää varaston sitoma pääoma mahdollisimman alhaisena. Eräkoon määrittämiseen vaadittavia tekijöitä ovat keskimääräinen arvio tuotteen kysynnästä sekä varastonpidon ja täydennyksen kustannukset. (Ritvala ym. 2011, 89.)

## 6 EXCEL JA VBA

Kuvassa 3 näkyvän Visual Basic for Applications (VBA) -ominaisuuden avulla voi luoda uusia funktioita Excel-taulukon soluihin, tehdä erillisiin ikkunoihin avautuvia tiedonsyöttölomakkeita sekä liittää ulkoisia ohjelmia Exceliin. (Microsoft Excel –kotisivu 2015.)



KUVA 3. Excel Visual Basic for Applications

## 7 TUOTANNON KEHITYSIDEAT

Yrityksessä oli käynnissä monia sen omia sisäisiä kehitysprojekteja, kuten laatujärjestelmän päivitys ja CE-merkinnän hankinta. Yrityksen suunnittelemat kehitysideat olivat samoilla linjoilla omieni kanssa, mutta kehitysideani toivat tuoretta näkemystä nykyisiin ja suunnitteilla oleviin toimintatapoihin. Kehitetyt ideat jäivät vain teoriasolulle eikä niitä päästy toteuttamaan käytännössä tässä aikataulussa. Huomattiin kuitenkin tarve sovellukselle, jolla pystytään seuraamaan tilausten etenemistä tuotannossa reaaliajassa ja sovelluksesta saatiin konkreettinen prototyyppi. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi millaisia kehitysajatuksia tuotannon tarkkailu toi ja perusteluja kuinka niiden avulla karsitaan tuotannossa syntyvää hukkaa Lean-ajatusmallin mukaan.

### 7.1 Layoutsuunnitelma

Tuotannon layout suunniteltiin uudelleen materiaalivirtausta ajatellen ja keskeneräiselle tuotannolle kohdennettiin omat tilansa. Näillä toimenpiteillä materiaalivirtaus saadaan selkeämmäksi sekä karsitaan hukkaa, jota syntyy etsittäessä materiaaleja työvaiheita varten. Tästä osiosta on poistettu salassapidettävää tietoa.

### 7.2 Imuohjautuva tuotanto

Imuohjautuvalla tuotannolla pyritään vähentämään ylituotantoa ja helpottamaan projektien seuranta. ABC-analyysin avulla määriteltiin imuohjautuvasti ohjattavat nimikkeet ja niille suunniteltiin toimiva ohjausmenetelmä. Tästä osiosta on poistettu salassapidettävää tietoa.

### 7.3 Kokoonapanon kehitysideat

Kokoonpano muodostaa tuotannon pullonkaulan ja sen läpimenoaikaa oli saatava lyhyemmäksi. Kokoonpanoon kehitettiin menetelmiä, jotka nopeuttavat työskentelyä sekä karsivat hukkaa, jota syntyy työkappaleiden käsittelystä. Kokoonpanon layoutiin tehtiin myös virtausta parantavia muutoksia. Tästä osiosta on poistettu salassapidettävää tietoa.

### 7.3.1 Tuotannonseuranta kalenteri

Käyttöön otettu ERP-ohjelmisto on todella laaja ja raskas ja siksi vaikea ottaa käyttöön tuotannonseurantaan hienokuormituksen kannalta.

Yrityksessä on käytössä kalenterisovellus, josta työnjohtaja näkee viikkottain käynnissä olevat projektit. Sovelluksessa on kuittaus eri työvaiheiden sarakkeessa, mutta koska tuotannon työpisteillä ei ole käytössä päätteitä, on kuittaus hankala tehdä reaaliajassa. Näin ollen työnjohtaja joutuu kiertelemään tuotannossa selvittämässä kunkin projektin tilaa.

Jotta tähän työhön saataisiin konkreettista sisältöä ja helpotettua tuotannonseurantaa, luotiin sovellus Excel-pohjalle Visual Basic -ominaisuutta hyödyntäen. Opinnäytetyön tekijällä ei juuri ollut aikasempaa kokemusta koodaamisesta, joten liikkeelle lähdettiin opiskelemalla Visual Basic koodikieli.

Tuotannonseurannan ja kalenterin yhdistelmä koostuu

- kalenterista, jossa näkyy työn alla olevat projektit
- projektien tilan seurannasta
- laatujärjestelmän vaatimien mittaustulosten dokumentoinnista
- varastossa olevien elementtien tarkkailusta

Tulevaisuudessa on tarkoitus lisätä sovellukseen viivakoodiominaisuus elementtien tunnistusta varten.

Kalenterinäkömstä (kuva 12) näkee kaikki työn alla olevat projektit, aloituspäivämäärän, projektin tunnuksen (viivakoodilukua varten), viikkonumeron jolloin tilaus tulee olla työmaalla, sekä muita projektiin liittyviä huomioita.

L- ja M-sarakkeet ilmoittavat levytöiden ja maalauksen olevan valmiita. Levytöiden ja maalauksen kuittaus tapahtuu projektisivulta ja se päivittyy kalenterinäkömään.

”Mene”-hyperlinkistä pääsee suoraan projektisivulle tarkempaa tarkastelua varten.

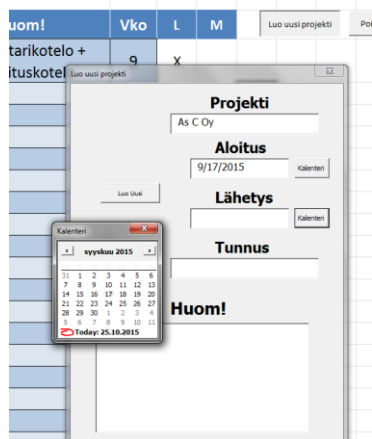
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
		Projekti	Aloituspäivä	Tunnus	Huom!	Vko	L	M						
3	<a href="#">Mene</a>	As Savonia Oy	25.10.2015	111	Vesimittarikotelo + haarituskotelo	9	X							
4	<a href="#">Mene</a>	As A oy	1.9.2015	222		38	X	X						
5	<a href="#">Mene</a>	As B Oy	1.10.2015	333		44								
6	<a href="#">Mene</a>					0								
7	<a href="#">Mene</a>					0								
8	<a href="#">Mene</a>					0								
9	<a href="#">Mene</a>					0								
10	<a href="#">Mene</a>					0								
11	<a href="#">Mene</a>					0								
12	<a href="#">Mene</a>					0								
13	<a href="#">Mene</a>					0								
14	<a href="#">Mene</a>					0								
15	<a href="#">Mene</a>					0								
16	<a href="#">Mene</a>					0								
17	<a href="#">Mene</a>					0								
18	<a href="#">Mene</a>					0								
19	<a href="#">Mene</a>					0								
20	<a href="#">Mene</a>					0								
21	<a href="#">Mene</a>					0								
22	<a href="#">Mene</a>					0								

KUVA 4. Kalenterinäkömä

### Projektin luominen:

- "Luo uusi projekti"-painikkeesta avautuu uusi ikkuna, johon annetaan projektin nimi, aloitus- ja lähetyspäivämäärä, projektitunnus ja huomiot.
- "Kalenteri"-painikkeesta avautuu kalenteri, josta valitaan aloitus- ja lähetyspäivämäärät.
- "Luo uusi"-painikkeesta kalenterinäkymään ilmestyy projektin tiedot ja excel luo uuden projektisivun välilehdeksi.

Yrityksen suunnitteluosasto hoitaa projektin luomisen. Suunnittelu lisää myös luodulle projektisivulle nimikkeet.



KUVA 5. Projektin luominen



## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä kehitettiin Pipe-Modul Oy:n tuotantoon soveltuvia keinoja, joilla karsitaan tuotannossa syntyviä hukkia. Projektin tuloksena syntyi hyviä kehitysideoita, kuten imuohjautuva tuotanto ja nopeampia sekä hukkaa vähentäviä työtapoja. Lisäksi saatiin luotua prototyyppi sovelluksesta, jolla tuotannonseuranta on helpompaa ja jonka avulla laatuasiakirjat voidaan dokumentoida selkeästi.

Opinnäytetyön alussa suunnitelmat olivat selvät ja ajankäyttö hallinnassa, mutta alkuperäisen ohjaajan jättäytyessä pois projektista ja suunnitelmien muuttuessa enemmän tuotannonseurannan kehitykseen, vaati työn tekeminen suunniteltua enemmän aikaa.

Vaikka tuloksia kehitysideoiden toimimisesta käytännössä ei saatukaan, olen tyytyväinen siihen kuinka hyvin ne teoriassa soveltuvat yrityksen tuotantoon. Itselleni työn teko ja aineistoihin perehtyminen antoi arvokasta tietoa materiaalihallinnasta, Lean-ajattelutavasta sekä Excelin soveltuvuudesta erilaisiin tarpeisiin. Yhteistyö yrityksen kanssa antoi näkemyksen siitä, millä tavalla yritysorganisaatio toimii ja millä tavalla eri tehtävissä olevat toimihenkilöt tekevät yhteistyötä. Yritys on tyytyväinen työstä saatuihin tuloksiin ja aikoo testata kehitysideoita käytännössä.



## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HAVERILA, Matti, UUSI-RAUVA, Erkki, KOURI, Ilkka ja MIETTINEN, Asko 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

KOURI, Ilkka 2009. Lean-taskukirja. Helsinki: Kopio Niini Oy

LIKER, Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

MICROSOFT EXCEL. www-sivut. [Viitattu 2015-09-15]. Saatavissa: <https://products.office.com/fi-fi/excel>

PIPE-MODUL OY. Yrityksen kotisivu, www-sivut. [Viitattu 2015-02-05]. Saatavissa: <http://www.pipemodul.com/index.php/fi/>

RITVANEN, Virpi, INKILÄINEN, Aimo, VON BELL, Anders, SANTALA, Jouko 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy

SIX SIGMA. LEAN, www-sivut, [Viitattu 2015-02-11]. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/>