

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Petteri Nevalainen

## **Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto materiaalinhallinnan kannalta**

Opinnäytetyö 2016

## Tiivistelmä

Petteri Nevalainen

Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto materiaalinhallinnan kannalta, 30 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: lehtori Heikki Liljenbäck, Saimaan ammattikorkeakoulu, kehityspäällikkö Kalle Lehti, Sulzer Pumps Finland Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Sulzer Pumps Finland Oy:n HST-turbokompressoreiden uuden kokoonpanolinjan perustamisessa sekä toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotossa havaittuja haasteita erityisesti materiaalinhallinnan osalta. Turbokompressoreiden tuotanto siirrettiin Karhulan pumpputehtaalle kesällä 2014. Samalla tuotannossa käytettävien komponenttien tuotannonohjaus ja materiaalinhallinta siirrettiin uuteen toiminnanohjausjärjestelmään.

Työssä on käytetty lähteinä kirjallisuutta, verkkojulkaisuja sekä yrityksen työntekijöiden haastatteluista saatua materiaalia. Lisäksi on hyödynnetty kirjoittajan omia havaintoja tuotannosta.

Lopputuloksena on koottu asioita, jotka on syytä ottaa huomioon vastaavanlaisia tuotesiiroja ja niihin liittyviä toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönottoja tehtäessä.

Asiasanat: turbokompressori, materiaalinhallinta, toiminnanohjausjärjestelmä

## **Abstract**

Petteri Nevalainen

Commissioning of the new enterprise resource planning system from material management basis, 30 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree programme in Mechanical Engineering

Production and maintenance

Bachelor's Thesis 2015

Instructors: Mr. Heikki Liljenbäck, Saimaa University of Applied Sciences,  
Mr. Kalle Lehti, development manager, Sulzer Pumps Finland Oy

The purpose of this thesis was to examine issues that should be paid attention to when starting a new production line and bringing a new enterprise resource planning system into use. Sulzer Pumps Finland Oy turbocompressor assembly unit at Lappeenranta was discontinued in summer 2014 and the production line was moved to Karhula Pump Factory.

The materials of the thesis were collected from various sources. Employees were interviewed and the author's own perceptions about production were also used.

The result of this thesis was a collective summary of aspects that should be noticed when similar production line movements are done in the future.

Keywords: turbocompressor, production, assembly

## Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Tietojärjestelmien tukema tuotannonohjaus.....	5
2.1	Yleistä.....	5
2.2	MRP- ja ERP-järjestelmät.....	6
2.2.1	Historia.....	6
2.2.2	Periaate.....	6
3	Materiaalinhallinnan periaatteet.....	7
3.1	Perusideologia.....	7
3.2	Lean-ajattelu.....	8
3.3	Materiaalin tarkastus.....	9
3.4	Reklamaatiot.....	9
4	Materiaalinohjaus.....	10
4.1	Työntö- ja imuohjaus.....	10
4.2	Varastonohjaustavat.....	11
4.2.1	Varmuusvarasto.....	11
4.2.2	Tilauspiste.....	12
4.2.3	Kaksilaatikko-järjestelmä.....	12
4.2.4	Minimi-maksimi.....	13
5	Sulzer HST-turbokompressorit.....	14
5.1	Sulzer yrityksenä.....	14
5.1.1	Yleistä.....	14
5.1.2	Sulzer Pumps Finland Oy.....	14
5.2	Turbokompressori.....	15
5.3	Kokoonpano.....	16
6	Tuotannon haasteet muutosvaiheessa.....	18
6.1	Tuoterakenne ja osaluettelo.....	18
6.1.1	Lähtötilanne.....	19
6.1.2	Tuoterakenteen haasteet.....	19
6.1.3	Selvitystyö.....	20
6.2	Materiaalivaraston fyysinen siirto.....	21
6.2.1	Yksittäiset komponentit.....	21
6.2.2	Koko materiaalivaraston siirto.....	21
6.2.3	Vialliset komponentit varastossa.....	21
6.3	Alihankinta.....	22
7	Materiaalinohjaus käytännössä.....	22
7.1	Pientarvikkeet.....	22
7.2	Pääkomponentit.....	24
7.3	Erikoiset ja harvoin käytetyt materiaalit.....	24
8	Yhteenveto.....	25
9	Pohdinta.....	27
	Kuvat.....	28
	Lähteet.....	29

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan tuotteen kokoonpanolinjan siirrossa sekä toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotossa huomioitavia asioita materiaalinhallinnan osalta. Työ tehdään tuotannon näkökulmasta hyödyntäen projektissa mukana olleiden kokemuksia. Teoriaosuudessa käytetään apuna kirjallisuutta sekä verkkolähteitä.

Sulzer Pumps Finland Oy:n HST-turbokompressoritehdas Lappeenrannassa suljettiin kesällä 2014 ja valmistuslinja siirrettiin kokonaisuudessaan Karhulan pumpputehtaan tiloihin. Tuotesiirron yhteydessä toteutettiin laaja SAP-projekti, jossa eri kompressorimalleille luotiin päivitetyt tuoterakenteet ja kaikille kompressoreihin käytettäville komponenteille materiaalinimikkeet.

Lopputuloksena saadaan yhteenveto asioista, joihin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota jatkossa vastaavanlaisia tuotesiirtoja tehtäessä. Havainnot on tehty erityisesti tuotannon näkökulmasta tuoden esiin niitä käytännön haasteita, jotka vaikuttavat tuotteen fyysiseen kokoonpanotyöhön.

## 2 Tietojärjestelmien tukema tuotannonohjaus

### 2.1 Yleistä

Tuotannonohjaus on yrityksen tapa ohjata tuotantoa niin, että lopputuotteet vastaavat asetettuja vaatimuksia. Hyvällä tuotannonohjauksella pyritään esimerkiksi varmistamaan tuotannontekijöiden mahdollisimman korkea käyttöaste ja minimoimaan keskeneräinen tuotanto (KET). Tuotannonohjauksella pyritään myös pitäytymään annetuissa tuotteiden toimitusajoissa sekä huolehditaan siitä, että tuotannon läpimenoaika on mahdollisimman lyhyt. (1, s. 7.)

Nykyisin tuotannonohjauksen tukena käytetään suuremmissa yksiköissä lähes poikkeuksetta jonkinlaista tietoteknistä toiminnanohjaus- eli ERP-järjestelmää.

## **2.2 MRP- ja ERP-järjestelmät**

### **2.2.1 Historia**

ERP-järjestelmien (Enterprise resource planning) kehitys alkoi 1960-luvulla. Perusajatuksena oli tehostaa erilaisia tuotteita valmistavien yritysten tuotantoa ja toimintaa. ERP- ja MRP-järjestelmien käyttö alkoi yleistyä nopeasti teollisuudessa ja muun muassa valtion virastoissa. (2.)

Ensimmäiset tietokonepohjaiset ohjelmistot otettiin käyttöön 1970-luvulla (2). Samoihin aikoihin uudet toimijat alkoivat valmistaa kaupallisia standardiohjelmistoja toiminnanohjaukseen (5). Ensimmäiset MRP-järjestelmät (materials resource planning) kehitettiin tuotantoteollisuuden käyttöön helpottamaan tuotannon organisointia ja aikataulutusta. MRP aikatauluttaa materiaalihankintoja sekä tuotantovaiheita perustuen valmiiden tuotteiden haluttuun valmistusaikatauluun. (3.)

Kehitys alkoi edetä vauhdilla 1990-luvulla, jolloin useista moduuleista koostuvat ERP-järjestelmät laajenivat yritysten kaikille toiminta-alueille. Tänä päivänä nykyaikaisiin ERP-järjestelmiin voidaan integroida materiaalinhallinnan ja tuotannonohjauksen ohella myös muun muassa henkilöstöhallinto sekä kirjanpito. (2.)

Viiden saksalaisen insinöörin vuonna 1972 perustama yritys nimeltä SAP (Systemanalyse und Programmentwicklung) on nykyisin Euroopan suurin ohjelmistovalmistaja sekä maailman suurin yritysohjelmistojen valmistaja. Yrityksen tunnetuin tuote on SAP Enterprise Resource Planning (ERP). (4.)

### **2.2.2 Periaate**

ERP-järjestelmä (Enterprise resource planning system) eli toiminnanohjausjärjestelmä on tietotekninen ohjelmisto, joka on nykyään yleisesti käytössä monessa suuryrityksessä. Toiminnanohjausjärjestelmä koostuu moduuleista, joilla ohjataan yrityksen keskeisiä toimintoja kuten tuotannonohjaus, materiaalinhallinta ja laskutus. Järjestelmä siis yhdistää yrityksen keskeiset toiminnot yhdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi, jonka avulla voidaan kerätä ja välittää tietoa eri osastojen tai yksiköiden välillä maailmanlaajuisesti. (5.)

Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto yrityksessä on usein pitkä ja vaativa projekti. Koska toiminnanohjausjärjestelmiä on erilaisia ja niitä voidaan räätälöidä erilaisiin tarpeisiin sopivaksi, on käyttöönoton yhteydessä tärkeää selvittää, mikälainen järjestelmä palvelee organisaatiota parhaiten. (5.)

Järjestelmän käyttöönoton voi suorittaa vaiheittain moduuli kerrallaan ja näin voidaan helpottaa työntekijöitä omaksumaan järjestelmän käyttö. Henkilöstön kouluttaminen uuden järjestelmän käyttöön on tärkeää täyden hyödyn saamiseksi. Sitoutunut ja osaava työntekijä haluaa sekä kykenee hyödyntämään järjestelmän erilaisia ominaisuuksia tehokkaammin. (5.)

### **3 Materiaalinhallinnan periaatteet**

#### **3.1 Perusideologia**

Materiaalinhallinnan perusajatus on huolehtia siitä, että tarvittavia materiaaleja on käytössä riittävästi mutta ei yhtään enempää kuin tarvitaan. Materiaalien varastointimäärät on määriteltävä sellaiselle tasolle, ettei materiaali pääse loppumaan kesken. Materiaalia ei myöskään pidä varastoida liikaa, etteivät suuret varastot sido tarpeettomasti pääomaa. Varastomäärät on laskettava niin, että ne sallivat pienet kuormituksen vaihtelut ja häiriöt tuotannossa. (6, s. 115 -117.)

Hankinnan tehtävä on materiaalinohjauksen onnistumisessa keskeinen. Ostajat pitävät huolen siitä, että materiaalit hankitaan kilpailukykyiseen hintaan sopivissa tilauserissä. Liian suuret materiaalivarastot aiheuttavat usein varastointiongelmia kasvaneen tilantarpeen takia. Materiaalien hidas kierto voi aiheuttaa myös kapaleiden vaurioitumista esimerkiksi korroosion tai muiden pitkäaikaisesta varastoinnista johtuvien ongelmien vuoksi. (6, s. 117.)

Hankinnan tulee myös huolehtia hankittavien materiaalien laadusta. Jos varastot pidetään minimitasolla, tuotanto on erittäin haavoittuvainen laatuvarjoille. Systemaattinen laatuvarjo toimitetussa materiaalierässä voi tällöin pysäyttää tuotannon kokonaan. (6, s. 117.)

### 3.2 Lean-ajattelu

Sulzer noudattaa tuotannossaan Lean-ajattelua. Lean-ajattelumalli on lähtöisin Japanista, jossa se kehitettiin alun perin Toyotan autotehtaille tuottavuuden parannusmenetelmäksi. Lean on johtamisfilosofia, joka perustuu hukan eri muotojen minimoimiseen ja tätä kautta tuotantovaiheiden tehokkuuden optimoimiseen. Käytettävissä olevat tuotantotekijät pyritään siis hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. (7.)

Tuotannossa tehtävästä työstä suuri osa on niin sanottua arvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa. Tällaiseksi luokitellaan

1. Tarpeeton liike
2. Tarpeettomat kuljetukset
3. Odotusajat
4. Ylituotanto
5. Yliprosessointi
6. Viallinen tuote ja sen aiheuttamat ongelmat
7. Turhat varastot (8.)

Hukat voivat ilmetä tuotannossa esimerkiksi

- osien ja työkalujen etsiminen ja nouto
- keskeneräisen tuotannon siirtely
- odotusaika jos materiaalit eivät saavu ajallaan tai edellinen työvaihe ei kykene tuottamaan sovitussa aikataulussa
- suuri keskeneräisen tuotannon määrä
- tarpeeton työn tarkkuus ja toleranssit
- viallisten komponenttien havaitseminen, tarkastus ja vaihto
- tarpeettomien varastojen aiheuttamat varastointiongelmat kuten kohtuuton varastotilan tarve (8.)

Lean-ajattelun mukaisesti tuotantoprosessi on suunniteltava sellaiseksi, että arvoa tuottamaton työn määrä saadaan vähennettyä minimiin jotta käytettävissä



oleva aika saadaan hyödynnettyä arvoa tuottavaan työhön eli varsinaiseen kokoonpanotyöhön. (7; 8.)

Lean-ajatteluun liittyy vahvasti myös prosessin jatkuva kehittäminen. Prosessi ei ole koskaan täydellinen, sillä aina on löydettävissä parannuskohteita joilla voidaan vähentää hukkaa ja näin tehdä tuotannosta sujuvampaa. Työntekijöiden sitouttaminen ajattelumalliin on tärkeää, koska suorittavaa työtä tekevät asentajat löytävät parhaiten kehityskohteet omasta työsuorituksestaan. (8.)

### **3.3 Materiaalin tarkastus**

Hankittavien materiaalien laatua tulee valvoa aktiivisesti. Yrityksen omasta politiikasta ja ostettavasta materiaalista riippuen kappaleille voidaan tehdä vastaanottotarkastuksia, joko satunnaisesti tehtävinä pistokokeina tai systemaattisesti (esimerkiksi yksi kappale jokaisesta toimituserästä tarkastetaan). Toinen vaihtoehto on tarkastusten tekeminen vasta siinä vaiheessa kun materiaalivirheitä havaitaan, esimerkiksi kokoonpanon tai asennuksen yhteydessä. Tarkastuksen suoritustapa riippuu täysin tarkastettavasta kappaleesta. Monimutkaisten koneistettujen kappaleiden tarkastusmittauksissa voidaan tarvita erikoistyökaluja, esimerkiksi 3D-mittauslaitteita.

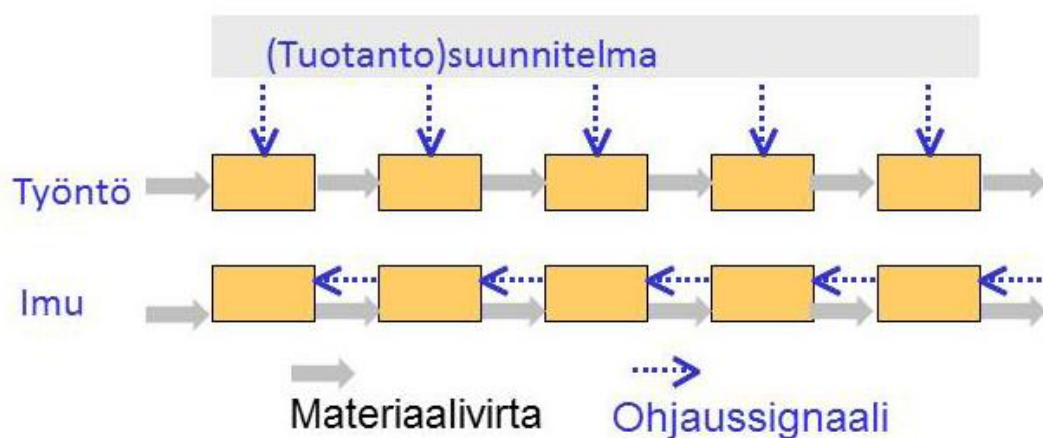
### **3.4 Reklamaatiot**

Hankinnan tehtävä on reklamoida havaituista materiaalivirheistä toimittajalle. Reklamaatiota tehdessä on mahdollisuuksien mukaan hyvä liittää valokuva sekä mittavirheiden tapauksissa mahdollinen mittaustulos. Reklamoitava materiaali on myös pyrittävä yksilöimään mahdollisimman tarkasti, esimerkiksi sarjanumeron tai tilausnumeron perusteella. Näin toimittajan on helpompi jäljittää virheen aiheuttava tekijä ja korjata omaa prosessiaan niin, ettei vastaavanlaisia virheitä syntyisi enää jatkossa. (9.)

## 4 Materiaalinhjaus

### 4.1 Työntö- ja imuohjaus

Materiaalinhjaus voidaan karkeasti jakaa työntö- ja imuohjaukseen (kuva 1). Ohjaustapojen ero on nimensä mukaisesti siinä, ohjaako ennalta aikataulutettu tuotantosuosunnitelma tilauksia eteenpäin tuotannossa vai imeekö seuraava tuotantovaihe materiaaleja eteenpäin tuotannossa aina kun tarve tulee. (10.)



Kuva 1. Työntö- ja imuohjaus (10.)

Imuohjauksen tarkoituksena on pitää varastot ja keskeneräinen tuotanto minimitasolla. Tuotanto perustuu asiakastarpeeseen eikä tuotteita valmisteta varastoon. Toimivan imuohjauksen toteuttamiseksi materiaalitoimitusten täytyy olla nopeita ja luotettavia sekä tuotteiden tarpeen on oltava suhteellisen tasaista. (10.)

Työntöohjauksessa tuotanto pyörii usein tuotantosuosunnitelman mukaisesti. Keskeneneräistä tuotantoa tai varastomääriä ei ole rajoitettu. Tällöin myös valmiiden tuotteiden määrä varastossa kasvaa. (10.)

## 4.2 Varastonohjaustavat

### 4.2.1 Varmuusvarasto

Varmuusvaraston tarkoitus on turvata tuotannon jatkuvuus erilaisista hankinta-prosessin häiriöistä ja äkillisistä kulutuksen vaihteluista huolimatta. Epätasaisesta kulutuksesta johtuvan varmuusvarastoinnin tarpeen laskennassa voidaan käyttää keskihajontaa. (11, s. 83.)

Esimerkki: Varmuusvaraston laskenta keskihajonnan avulla (11, s. 83; 13.)

Tiivisteen toimitusaika on 7 päivää. Päivittäinen kulutus vaihtelee seuraavasti:

Päiväkulutus (kpl)	päivien lkm	Kulutus yht.
0	21	0
1	37	37
2	52	104
3	18	54
4	4	16
	132	211

Kulutuksen keskiarvo:  $X_a = \frac{211}{132} = 1,6$

Keskihajonta:  $s = \sqrt{1,6} = 1,26$

$A_s = KSL^{0,5}$ , missä

$A_s$  = Varmuusvaraston suuruus

K = Varmuuskerroin

S = keskihajonta

L = toimitusaika

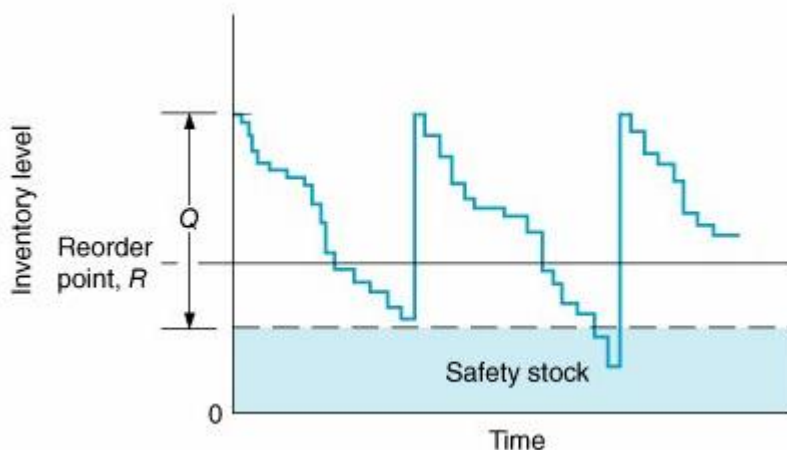
Varmuusvaraston suuruus, jossa varmuuskerroin 95% (eli on olemassa 5% todennäköisyys että materiaali loppuu myös varmuusvarastosta):

$$A_s = 0,95 * 1,26 * 7^{0,5} = 3,167 \approx 4kpl$$

## 4.2.2 Tilauspiste

Tilauspistejärjestelmässä materiaalille asetetaan tilauspiste sopivaksi katsotulle varastosaldon tasolle. Kun materiaalin saldo tippuu tämän tason alapuolelle, tilaus uudesta erästä lähtee toimittajalle. Tilauspiste lasketaan sellaiselle tasolle, että uusi toimituserä ehtii saapua ennen kuin materiaali on päässyt loppumaan. (11, s. 84.)

Jos tilauspiste on määritetty oikein ja toimituserä saapuu ajallaan, materiaalia ei ole tarvinnut käyttää varmuusvarastosta (kuva 2). Jos varmuusvarastoa on jouduttu käyttämään, on joko toimituserän saapuminen viivästynyt tai materiaalin kulutus on ollut hetkellisesti arvioitua suurempaa. (11, s. 84.)



Kuva 2. Tilauspiste ja varmuusvarasto. (12.)

Kuvassa 2 on havainnollistettu tilauspisteen ja varmuusvaraston tarkoitus. Jälkimmäisen tilauspisteen ja toimituserän välillä tapahtunut todellinen materiaalin kulutus on ollut suurempi kuin ensimmäisen, joten materiaalia on jouduttu käyttämään varmuusvarastosta.

## 4.2.3 Kaksilaatikko-järjestelmä

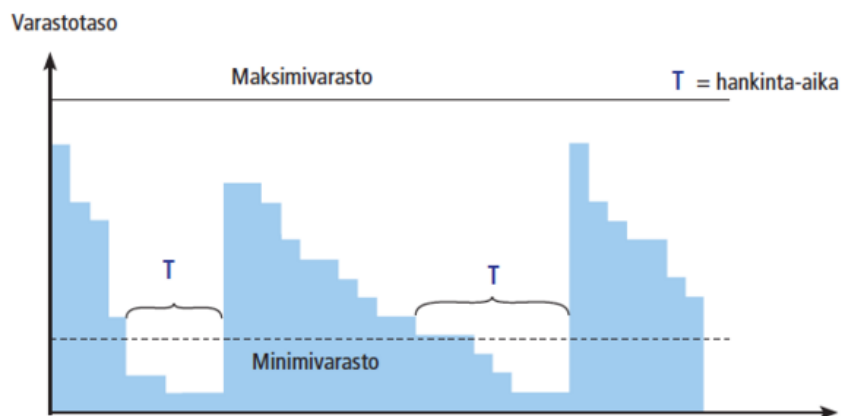
Kaksilaatikkojärjestelmä on Lean-ajattelun mukainen ohjaustapa. Menetelmä soveltuu erityisesti pientarvikkeille joita kulutetaan tasaisesti. Materiaali on sijoitettu kahteen erilliseen tilaan, esimerkiksi omiin laatikkoihin tai lokeroihin. Molempiin

tiloihin sijoitettu materiaalimäärä on yhtä suuri ja vastaa suuruudeltaan yhtä tilauserää. (11, s. 85.)

Materiaalia käytetään ensisijaisesti ensimmäisestä erästä ja kun se on käytetty loppuun, otetaan jälkimmäinen erä käyttöön. Samanaikaisesti tehdään toimittajalle tilaus uudesta toimituserästä. Tilaus voidaan tehdä esimerkiksi erillisellä materiaalilokeroon sijoitetulla kortilla. Eräkoot ja toimitusajat on laskettava niin, että uusi erä ehditään toimittaa ennen kuin jälkimmäinenkin erä on käytetty loppuun. (11, s. 85.)

#### 4.2.4 Minimi-maksimi

Minimi-maksimi-menetelmässä varastosaldolle on määritelty alin ja ylin taso, joiden perusteella tilaukset tehdään (kuva 3). Niin kauan kuin varastosaldo on määriteltyjen tasojen välillä, hankinta ei tee toimenpiteitä. (11, s. 85.)



Kuva 3. Minimi-maksimivarasto (12.)

Kun varastosaldo alittaa minimitason, materiaalia tilataan määrä joka täydentää saapuessaan varastosaldon maksimitasolle. Tilausta tehtäessä täytyy ennakoida myös hankinta-aikana tapahtuva materiaalin kulutus, jotta tilauserän koko riittää täydentämään varaston haluttuun maksimitasoon. (11, s. 85.)

## **5 Sulzer HST-turbokompressorit**

### **5.1 Sulzer yrityksenä**

#### **5.1.1 Yleistä**

Sulzer on vuonna 1834 perustettu sveitsiläinen kansainvälinen teollisuusyritys, jonka yksi päätoimialoista on pumppujen valmistus. Tuoteperheeseen kuuluu myös muun muassa sekoittimia, kompressoreita ja ilmastinlaitteita erilaisiin teollisuuden tarpeisiin. Tehtaita, myyntikonttoreita ja huoltoyksiköitä on yli 150 paikakunnalla ympäri maailman. (14; 16.)

#### **5.1.2 Sulzer Pumps Finland Oy**

Sulzer Pumps Finland Oy: n liikevaihto vuonna 2014 oli 139 miljoonaa euroa. Henkilöstömäärä on noin 600, joista valtaosa työskentelee Karhulassa. Pumpujen valmistus Karhulanniemen teollisuuspuistossa on alkanut jo vuonna 1891. Sulzer osti Karhulan tehtaat Ahlströmiltä vuonna 2000. (15.)

Karhulan valimo tuottaa valurauta- sekä teräsvaluja pääasiassa yhtiön omiin tarpeisiin. Valimo on eräs maailman suurimmista ruostumattomasta teräksestä valmistettujen pumpun- ja sekoittimien osien tuottajista. (14.)

Pumpputehtaalla valmistetaan pumppuja erilaisiin teollisuuden käyttötarkoituksiin. Vuodesta 2014 tehdas on myös valmistanut turbokompressoreita pääasiassa teollisuuden sekä kunnallisen jätevedenpuhdistuksen käyttökohteisiin. Kaikille tuotteille suoritetaan perusteellinen testaus ennen niiden toimittamista asiakkaalle. (16.)

Karhulanniemen teollisuuspuistossa toimii nykyisin valimo, pumpputehdas, huoltokeskus sekä Suomen yhtiön pääkonttori. Huoltokeskuksia on Suomessa Karhulan lisäksi myös Oulussa, Mäntässä ja Helsingissä. Turbokompressoreiden tuotekehitys sijaitsee Espoossa. Tämän lisäksi Raumalla toimii tytäryhtiö, joka valmistaa mekaanisia tiivisteitä. (16.)

## 5.2 Turbokompressori

Kompressori on mekaaninen laite, jolla lisätään kaasun painetta pienentämällä sen tilavuutta. Turbokompressorissa ilmaa johdetaan juoksupyörään joko suoraan huoneilmasta tai erillisen putkiston kautta. Pyörivä juoksupyörä kasvattaa ilman nopeutta ja kun virtausnopeutta hidastetaan, muodostuu painetta. (17.) Kuvassa 4 on HST40-turbokompressori.



Kuva 4. HST40-turbokompressori (18.)

HST-turbokompressori on ilmajähdytteinen keskipakokompressori. Laakerointi on toteutettu aktiivimagneettilaakereilla, joiden toimintaa ohjataan erillisellä laakeriohjaimella. Magneettilaakerointi ei vaadi voitelua eikä siinä ole kulumia osia, tästä johtuen laitteet ovat pitkäikäisiä ja kunnossapidon tarve on vähäinen. Edellä mainitusta syystä laitteella on korkea hyötysuhde ja kompressorin käyntiääni on hiljainen. (18; 19.)

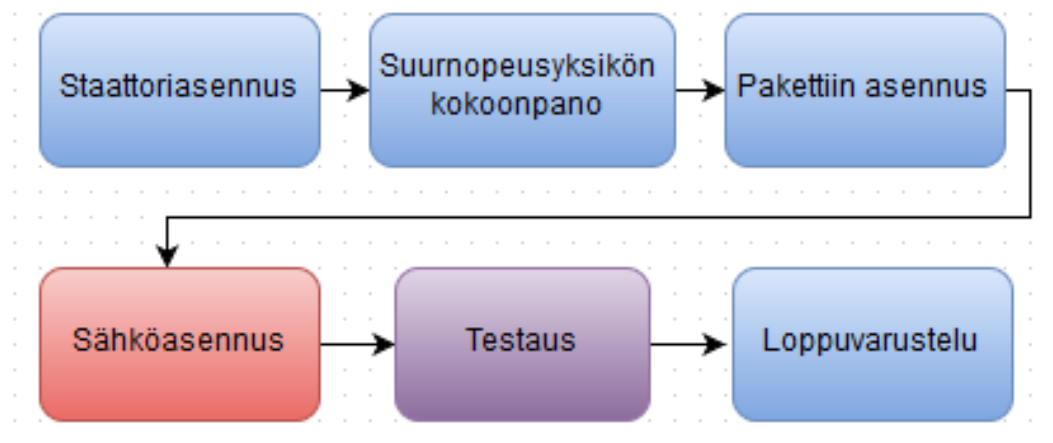
HST-turbokompressoreita on markkinoilla useita malleja. Karkea jako voidaan kuitenkin tehdä oikosulkumoottorilla ja kestopagneettimoottorilla varustettuihin

kompressoreihin. Kompressorimalleista on monia erilaisia variaatioita eri paineiden sekä käyttöjännitteiden yhdistelmille ja ne valmistetaan tilauskohtaisesti asiakkaan käyttöolosuhteisiin sopivaksi. Kompressoreita voidaan käyttää yksittäin tai osana suurempaa kompressoriryhmää. Laitteiden mukana toimitetaan usein myös erilaisia imu- ja poistopuolen lisävarusteita, kuten suodattimia, venttiileitä sekä äänenvaimentimia. (18; 19.)

Turbokompressoreita käytetään yleisesti muun muassa jäteveden ilmastukseen sekä apuna erilaisissa teollisuuden leijutus- sekä palamisprosesseissa. Asiakaskunta koostuu pääasiassa kunnallisista vedenpuhdistuslaitoksista sekä teollisuusyrityksistä eri puolilla maailmaa. Markkinoilla on myös kilpailijoita jotka tarjoavat samankaltaisia kompressoreita vastaaviin käyttösovelluksiin. (18; 19.)

### 5.3 Kokoonpano

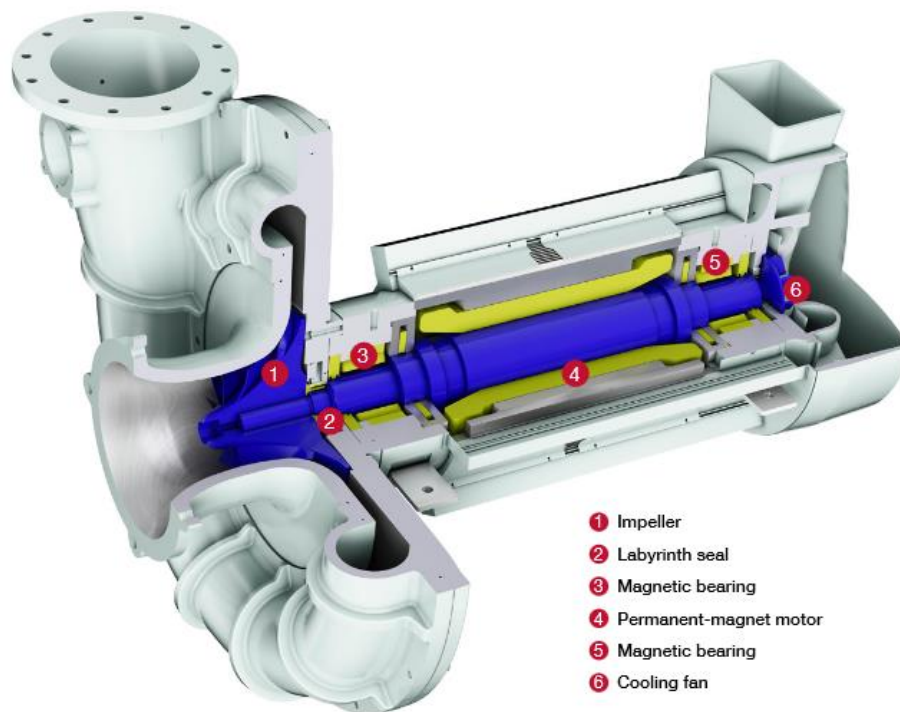
Turbokompressorin valmistus voidaan jakaa karkeasti kuuteen työvaiheeseen. Kuvassa 5 on esitetty yksinkertainen prosessikaavio työvaiheista ja niiden järjestyksestä. Kokoonpanolinja koostuu staattoriasennuksesta, suurnopeusyksikön kokoonpanosta, pakettiin asennuksesta, sähköasennuksesta, testauksesta sekä loppuvarustelusta. Kokoonpano tapahtuu vaihekokoonpanona kolmivuorossa. Kompressoreiden pakkaustoiminta on ulkoistettu alihankkijalle.



Kuva 5. Tuotannon prosessikaavio



Jokaisesta yksittäisestä tilauksesta tulostetaan työkortti, jonka perusteella kokoonpanotyö sekä testaustyö suoritetaan. Työkortissa on kompressorin täydellinen osaluettelo eri työvaiheisiin jaoteltuna. Luettelon perusteella keräillään kokoonpanoon tarvittavat komponentit. Jokaisen työvaiheen välissä on kuitattava viivakoodi, jolla kuitataan edellinen työvaihe suoritetuksi ja tehdään varasto-otto seuraavan työvaiheen materiaaleille. Näillä kuitauksilla SAP vähentää osien varastosaldosta osaluetteloa vastaavan määrän materiaaleja. Kuittauksien perusteella voidaan myös seurata reaaliajassa missä prosessin työvaiheessa yksittäinen tilaus on. Työkortissa on myös tarvittava asiakasinformaatio testauksen suorittamiseen.



Kuva 6. HST40 suurnopeusyksikön mallikuva (18.)

Turbokompressorin mekaaninen kokoonpano on hienomekaanista asennustyötä, jossa käytetään apuna tietotekniikkaa. Asentaja käyttää työssään tietoteknisiä mittauslaitteita sekä täyttää sähköistä kokoonpanopöytäkirjaa. Pöytäkirjaan kirjataan määrättyjen komponenttien sarjanumerot sekä erinäiset kokoonpanon aikana saadut mittaukselliset tulokset. Tämä pöytäkirja on hyödyksi esimerkiksi ongelmatilanteiden selvitystyössä sekä mahdollisissa tulevilla huoltotilanteilla.

Suurnopeusyksikön kokoonpano suoritetaan erikoisvalmisteisessa kokoonpanopukissa, jossa sitä voidaan pyörittää 360 astetta kokoonpanon helpottamiseksi. Koneistettujen kappaleiden toleranssit ovat tarkkoja, joten niiden oikeanlainen käsittely asennustyössä on tärkeää materiaalivaurioiden välttämiseksi.

Sähköasennuksessa kompressorin kaappiin asennetaan sähkökomponentit sekä tarvittavat johdotukset. Sähköasennus on jännitteetöntä kokoonpanotyötä. Kompressorille tehdään eristevastusmittaus sekä jännitekoestus vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi.

Testauksessa tarkastetaan kompressorin oikeanlainen toiminta. Testaukseen kuuluu valmisteleva osuus, jossa ladataan ohjelmistot sekä asetetaan asiakasparametrit. Kompressorin akseli tasapainotetaan ja suorituskykymittauksella testataan että laite saavuttaa halutut tuottoarvot. Asiakkaalla on mahdollisuus tilata myös niin sanottu asiakastestaus, jolloin asiakkaan edustaja tai ulkopuolinen tarkastaja saapuu valvomaan testausprosessia.

## **6 Tuotannon haasteet muutosvaiheessa**

### **6.1 Tuoterakenne ja osaluettelo**

Ennen kokoonpanon aloittamista Karhulan pumpputehtaalla siirrettiin kompressoreiden tuoterakenteet sekä osaluettelot SAP-tuotannonohjausjärjestelmään. SAP on ollut käytössä Karhulan pumpputehtaalla vuodesta 2004. (8.)

SAP-tuoterakenteen oikeanlaisen toiminnan edellytyksenä on, että

- jokaisen tuotteen kaikki yksittäiset komponentit on kirjattu tuoterakenteeseen.
- kaikille komponenteille on määritelty oikeanlainen varastonohjaustapa.

Myös pientarvikkeiden kuten ruuvien ja muttereiden kulutus lasketaan ja merkitään osaluetteloon, jotta jokaisen osan varastosaldo pysyy SAP:ssa ajan tasalla. Näin myös tuotteiden valmistuskustannukset saadaan materiaalien osalta kartoitettua tarkasti. (9.)

### **6.1.1 Lähtötilanne**

Lappeenrannan tehtaalla toiminnanohjaus hoidettiin Epicor iScala -liiketoimintajärjestelmällä, joka on SAP:iin verrattuna suppeampi. Lappeenrannan tehtaan tuotantoa ei ohjattu lainkaan iScalalla, tilaukset valmistettiin tuotannon erillisten aikataululistojen perusteella. Hankinta aikataulutti materiaaliostot näiden samojen listojen perusteella. Toiminnanohjausjärjestelmä toimi pääasiassa myynnin, hankinnan ja kirjanpidon työkaluna.

Erilaisesta toimintamallista johtuen Lappeenrannan aikana kompressoreille luodut tuoterakenteet eivät sisältäneet kaikkia osia. Valtaosa pientarvikkeista kuten ruuvit, mutterit ja aluslevyt toimitettiin sopimusalihankkijan toimesta suoraan asennuspaikan hyllyyn eikä näiden yksittäisten materiaalien kulutusta seurattu tarkemmin tilauskohtaisesti. (9.)

Lappeenrannan tehtaalla tuotevastuu oli tuotannolla. Kompressorimallien rakennetta päivitettiin kokoonpanotyön yhteydessä ja vaihdettiin esimerkiksi toisenlaisia ruuveja tai erilaisia aluslevyjä niiden osien tilalle jotka kokoonpanokuvaan ja osaluetteloihin oli alun perin merkattu. Kun kokoonpano siirrettiin Karhulaan, toimintamalli muuttui ja tuotevastuu siirtyi tuotekehitykseen Espooseen. Kaikki tieto tuoterakenteeseen tehdyistä muutoksista ei kuitenkaan siirtynyt tuotevastuun mukana uuteen tuoterakenteeseen, koska informaatio oli ollut viime kädessä henkilöstön muistin ja erillisten listojen varassa. (8.)

### **6.1.2 Tuoterakenteen haasteet**

Koska kaikki tieto rakennemuutoksista ei ollut siirtynyt uuteen tuoterakenteeseen, alkuvaiheessa tuotannon osaluetteloista puuttui pientarvikkeita ja niiden kulutusmäärät eivät olleet todenmukaisia. Rakenteesta kokonaan puuttuvat komponentit on helppo havaita tuotannossa, koska komponenttihankinnat tehdään SAP:in tuoterakenteen ja tämän kautta syntyneiden ostoehdotuksien perusteella ja jos komponentti on puuttunut rakenteesta, ei sille ole syntynyt ostoehdotusta eikä komponenttia ole tilattu. Tästä syystä sitä ei myöskään löydy varastosta. (8.)

Pitkän aikavälin ongelmia aiheuttavat ne materiaalit, joiden kulutus tuoterakenteessa ei vastaa todellisuutta. Esimerkiksi joitakin komponentteja kuluu vakiomäärä kaikkiin kompressorimalleihin, mutta tuoterakenteissa näiden komponenttien kulutus puuttui kokonaan joidenkin mallien kohdalta. Jos komponentti on varasto-ohjautuva, huomataan rakennevirhe usein siinä vaiheessa kun materiaali on varastosta vähissä tai kokonaan loppu mutta komponentteja on edelleen SAP:in varastosaldossa enemmän kuin todellisuudessa. Jos saldo on edelleen korkeammalla tasolla kuin järjestelmään määritelty tilauspiste, uutta ostoehdotusta ei ole syntynyt eikä tilausta ole tästä syystä tehty ajoissa ja materiaali pääsee loppumaan varastosta. Kaksilaatikkojärjestelmässä tällainen rakenneongelma ei tule esiin yhtä helposti, koska tilaus tehdään aina kun visuaalisesti havaitaan että puolet varastossa olevasta materiaalista on käytetty.

### **6.1.3 Selvitystyö**

Kun tuotannossa havaitaan jonkin pientarvikkeen puuttuvan työkortissa olevasta osaluettelosta, asentaja ilmoittaa asiasta työnjohdolle. Työnjohtaja selvittää löytyykö puuttuva osa kompressorimallin SAP-tuoterakenteesta. Jos osa ei ole rakenteessa, selvitetään erilaisten kokoonpanokuvien ja mahdollisesti vanhojen työohjeiden avulla osan tarkemman tiedot (ruuvien tapauksessa kierteen pituus, halkaisija, kanta, materiaali ja standardi). Tuotekehitys antaa tarvittaessa tukea oikean osan selvittämiseksi.

Kun puuttuvan osan tiedot ovat selvillä, sille etsitään oikea materiaalinimike SAP:ista tai tarvittaessa luodaan uusi nimike. Osan todellista kulutusta vastaava kappalemäärä lisätään kompressorin tuoterakenteeseen ja osaluetteloon. Työnjohtaja ilmoittaa ostajalle sopivan hyllypaikan joka kirjataan järjestelmään. Ostaja määrittelee materiaalille sopivan toimituserän sekä varasto-ohjaustavan, etsii sopivan tavarantoimittajan ja tekee tilauksen.

## **6.2 Materiaalivaraston fyysinen siirto**

### **6.2.1 Yksittäiset komponentit**

Kesän 2014 aikana HST-turbokompressoreita kokoonpantiin samanaikaisesti sekä uudessa että vanhassa toimipisteessä. Aiemmasta tuoterakenteesta johtuen kaikkia materiaaleja ei ollut tilattu suoraan Karhulaan. Tuotannon jatkuvuuden turvaamiseksi molemmissa tehtaissa komponentteja siirrettiin toimipisteestä toiseen. Fyysinen siirto toteutettiin alihankkijan toimesta. Siirrosta johtuen saldovirheitä esiintyi molemmissa toimipisteissä ajoittain.

### **6.2.2 Koko materiaalivaraston siirto**

Syyskuussa 2014 vanha tuotantolinja suljettiin ja materiaalivarasto siirrettiin kokonaisuudessaan Karhulaan. Materiaalinhallinnan haasteiden takia todellisista varastosaldoista ei ollut riittävän luotettavaa kirjanpitoa kaikkien materiaalien osalta, joten siirrettävien materiaalien määrät inventoitiin pakkaamisen yhteydessä ja ne ilmoitettiin hankinnalle jonka toimesta materiaalit siirrettiin SAP:ssa Karhulan pumpputehtaan varastosaldoihin.

Materiaalien ja tarvikkeiden pakkaaminen suoritettiin oman henkilöstön toimesta. Uusilla työntekijöillä ei välttämättä alkuvaiheessa ollut riittävää tietoa ja kokemusta tuotannossa käytettävistä materiaaleista ja osa materiaaleista saattoi olla puutteellisesti merkattu. Koska materiaalien tunnistuksessa on ollut haasteita, inventoinnin yhteydessä on voinut syntyä saldovirheitä.

### **6.2.3 Vialliset komponentit varastossa**

Kun jossain komponentissa havaitaan valmistusvirhe tai muu vaurio, joka estää sen käytön tuotannossa, tulee se poistaa välittömästi varastosaldosta ja hankinnan on avattava toimittajalle reklamaatio. Viallinen komponentti on siirrettävä erilleen käyttökelpoisista komponenteista ja merkattava selvästi, jotta se ei vahingossakaan päädy tuotannon käyttöön. Näin todellisten käyttökelpoisten komponenttien saldo pysyy ajan tasalla ja oikea määrä komponentteja on käytettävissä tarpeen vaatiessa.

Lappeenrannassa tehtaan tiloihin oli jäänyt joitakin komponentteja sellaisiin kompressorimalleihin, jotka eivät enää ole nykyisessä tuotanto-ohjelmassa. Varastossa oli joitakin vanhojen valmistuskuvien mukaisia komponentteja, jotka päällisin tarkasteltuna näyttivät käyttökelpoisilta mutta pienistä eroista johtuen ne eivät soveltuneet enää nykyisiin tuotannossa oleviin kompressorimalleihin. Koska siirrettävät komponenttimäärät olivat suuria eikä varsinaista tarkastusta yksittäisille komponenteille siirron yhteydessä tehty, kaikki varastossa olleet komponentit siirtyivät fyysisesti uuteen varastoon sekä SAP:n varastosaldoon. Käyttökelvottomat komponentit havaitaan usein vasta asennusvaiheessa ja pahimmassa tapauksessa kokoonpanossa joudutaan käyttämään useita turhia työtunteja vaihdettaessa viallisen osan tilalle ehjä vastaavanlainen.

### **6.3 Alihankinta**

Kaikki turbokompressoriin käytettävät komponentit ostetaan alihankinnasta, tehtaalla suoritetaan ainoastaan kokoonpanotyö. Hankintaketjut ovat osin melko monimutkaisia, sama komponentti voi käydä usean eri alihankkijan kautta ennen komponentin saapumista tehtaalle. Jos yksi tavarantoimittaja jostain syystä estyy toimittamasta materiaaleja, ei tuotanto saa tämän takia pysähtyä. Kehittyvä tuotanto ja rakennemuutokset pakottavat hankinnan etsimään uusia vaihtoehtoisia tavarantoimittajia, jotta komponenttien toimitukset saadaan turvattua. Turbokompressoreissa käytetään useita erikoisvalmisteisia komponentteja, joiden valmistamiseen tarvitaan luotettavia alihankkijoita, joilla on kyky valmistaa ja toimittaa laatuvaatimukset täyttäviä tuotteita. Esimerkiksi kompressorin kokoonpanossa käytettävien koneistettujen kappaleiden valmistustoleranssit ovat hyvin tarkkoja ja koska valmistus vaatii modernia laitekantaa, ei monilla konepajoilla ole riittävää kykyä ja taitoa näiden valmistukseen. (9.)

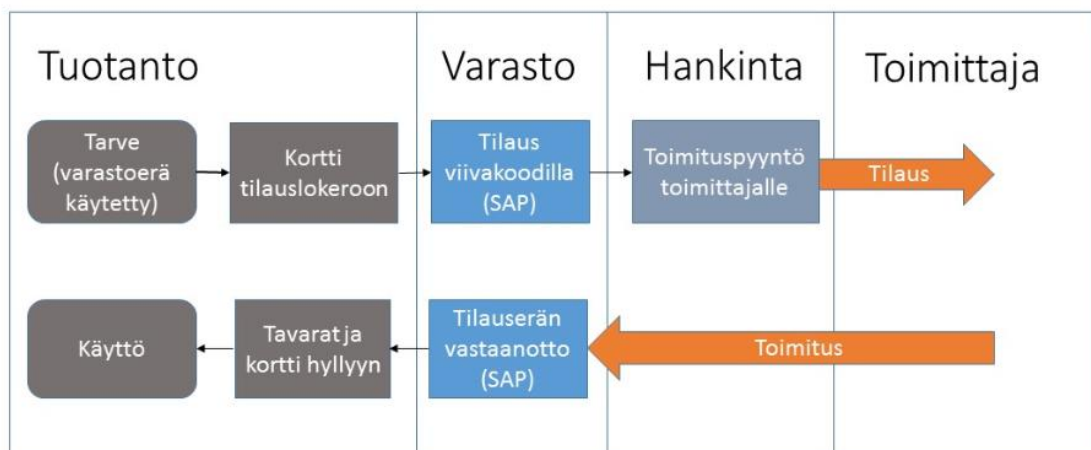
## **7 Materiaalinoitus käytännössä**

### **7.1 Pientarvikkeet**

Pumpputehtaalla on yleisesti pientarvikkeiden tilauksessa käytössä kaksilaatikkokojärjestelmä, jossa kukin materiaali on hyllytettynä kahteen yhtä suureen laatikkoon joissa molemmissa on tilauserää vastaava kortti. Tilauskortista selviää

materiaalin varastoalue, hyllypaikka, eräkoko, toimittaja sekä tilauserän toimitusaika. Kortissa on viivakoodi, joka luetaan tilausta tehtäessä ja vastaanotettaessa.

Kun asentaja huomaa ensimmäisen laatikon tyhjentyvän, hän laittaa laatikossa olevan kortin seinällä olevaan tilauslokeroon ja siirtää takimmaisena täyden laatikon hyllyssä etummaisiksi. Varastotyöntekijä tyhjentää tilauslokerot päivittäin ja tilaa toiminnanohjausjärjestelmän kautta kortteja vastaavat materiaali-erät viivakoodin avulla. Kun tavarantoimitukset saapuvat, varastotyöntekijä tuo materiaalit sekä niitä vastaavan kortin takaisin tyhjentyneeseen lokeroon. Kuvassa 7 on esitetty kaksilaatikkajärjestelmän prosessikaavio.



Kuva 7. Kaksilaatikkajärjestelmän prosessikaavio

Pientarvikkeiden toimitusajat ovat yleisesti melko lyhyitä ja eräkoko määrittyy usein pakkauskoon mukaan, koska pientarvikkeisiin sitoutunut pääoma on suhteellisen pieni. Eräkoko ja toimitusaika suhteutetaan kuitenkin kulutukseen niin, että uusi erä ehditään toimittaa ennen kuin jälkimmäinenkin erä on käytetty loppuun. (9.)

## 7.2 Pääkomponentit

Valtaosa komponenteista on varasto-ohjauksessa. Joillekin on määritelty varmuusvarasto tehtaalle, kun taas joidenkin komponenttien toimittajilla on oma puskurivarasto josta toimitukset voidaan tehdä riittävän nopeasti eikä tehtaalla tarvitse pitää erillistä varmuusvarastoa. (9.)

Osa materiaaleista ostetaan ensin suoraan alihankintaketjuun. Ostolla alihankintaketjuun tarkoitetaan tilannetta, jossa kappale lähetetään alihankkijalta toiselle jatkojalostukseen, esimerkiksi valu tilataan koneistavalle alihankkijalle jonka jälkeen tehdään tilaus koneistetusta kappaleesta tehtaalle. Samasta kappaleesta joudutaan siis tekemään kaksi erillistä ostotilausta. (9.)

SAP ajoittaa kunkin materiaalien ostoehdotukset tuotannon tilaustarpeiden perusteella. Hankinnan ajoituksessa on huomioitu toimitusaika ja sen lisäksi on varattu aikaa esimerkiksi tavaran vastaanottoon ja ostotilauksen käsittelyyn. Järjestelmä luo ostajalle ostoehdotuksen jonka ostaja kääntää tilaukseksi. Esimerkiksi jos materiaalin tarve tuotannossa on ajoitettu tietylle päivälle, materiaalin toimitusaika on seitsemän päivää ja käsittelyaikaa on varattu kolme päivää, ostoehdotus syntyy 10 päivää ennen materiaalin ajoitettua tarvetta. (9.)

Normaalitilanteessa materiaalia on aina varastossa varmuusvaraston verran. Hankinta määrittää varmuusvarastojen tason. Varmuusvarastojen laskentaan on olemassa erilaisia kaavoja ja jokainen ostaja käyttää näitä oman harkinnan mukaan. Varmuusvarastojen laskentaan ja käyttäytymiseen kuitenkin vaikuttaa niin monta muuttujaa, että pelkästään kaavojen perusteella laskenta ei palvele käytäntöä, vaan usein verrataan kaavan perusteella saatua tulosta historiatietoihin ja arvioituun myyntibudjettiin ja arvioidaan näiden perusteella sopiva varmuusvaraston taso. Varmuusvarastojen tasoja tarkkaillaan ja säädetään jatkuvasti, koska niillä on suora vaikutus varastoon sitoutuneen pääoman määrään ja se pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. (9.)

## 7.3 Erikoiset ja harvoin käytetyt materiaalit

Eräät harvemmin käytettävät pääkomponentit hankitaan myyntitilausohjautuvasti. Kullekin tilattavalle komponentille on jo hankintavaiheessa tiedossa tarkka



käyttökohde eli tietty myyntitilaus. Myyntitilausohjautuvilla materiaaleilla ei ole varmuusvarastoja, näiden hankintojen ajoitus perustuu suoraan SAP:in myyntitilausten ajoituksiin. Tilausohjautuville materiaaleille syötetään tilausta tehdessä myyntitilauksen numero ja tämä numero merkataan vastaanotettaessa materiaaliin, jotta tuotanto tietää käyttökohteen eikä materiaalia käytetä muihin tilauksiin. (9.)

Tyypillisesti tilausohjautuvat materiaalit sietävät huonosti pitkäaikaista varastointia tai ovat suhteellisen arvokkaita. Tilausohjautuvien materiaalien reklamaatiotapaukset voivat aiheuttaa viivästyksiä lopputuotteen toimitusaikaan. (9.)

## **8 Yhteenveto**

Uuden toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto on monivaiheinen prosessi, jossa etukäteen suoritettava huolellinen suunnittelu ja kartoitus ovat tärkeässä asemassa. Pienemmissä tuotantolaitoksissa materiaalinhallinta on usein verrattavissa kotona tehtäviin rakennus- ja korjaustöihin. Kun esimerkiksi tarvitaan jokin uusi työkalu tai lisää ruuveja, tarvittavat materiaalit haetaan kaupasta eikä pieniä hankintoja eritellä tarkemmin kirjanpitoon. Pienessä mittakaavassa tämä voi toimia hyvin, mutta tuotantomäärien kasvaessa on ensiarvoisen tärkeää, että lopputuotteella on täydellinen tuoterakenne ja jokaiselle osalle on määritelty oikeanlainen varasto-ohjaustapa, jolla varmistetaan materiaalien olevan saatavilla silloin, kun niitä tarvitaan. Nykypäivänä tämä on usein toteutettu jonkinlaisella toiminnanohjausjärjestelmällä.

Jos tuoterakenne ja osaluettelot eivät ole täydellisiä tuotantoa aloitettaessa, kokoonpanotyö häiriintyy erilaisten materiaali- ja osien puutteiden ja näihin liittyvän selvitystyön vuoksi. Asentajalla on oltava käytössään yksiselitteinen luettelo kokoonpanossa tarvittavista materiaaleista, jotta missään tilanteessa ei olisi epäselvää, mitä komponenttia kuhunkin kohteeseen kuuluu käyttää. Jokaiselle komponentille tulee myös olla merkitty selkeä varastopaikka, jotta asentajalta ei kulu aikaa osien etsintään.

Uuden toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto kannattaa suorittaa vaiheittain jos vain mahdollista. Henkilöstön kouluttaminen uuden toimintajärjestelmän käyttöön on ensiarvoisen tärkeää, jotta kynnyks uuden toimintamallin käyttöönottoon madaltuu ja järjestelmästä saadaan maksimaalinen hyöty heti alusta alkaen. Työntekijöiden perehdyttäminen ja kouluttaminen myös tuotetuntemuksen sekä varsinaisen kokoonpanotyön osalta nopeuttaa tuotannon käynnistämistä täyteen kuormaan. Kun henkilöstö on perusteellisesti koulutettu ennen tuotannon aloittamista, ei työn suorituksen ohessa kulu ylimääräistä aikaa tuotetuntemuksen karvoittamiseen ja oikeiden työmenetelmien opetteluun. Näin myös poistetaan turhat olettamukset ja ehkäistään väärin sekä ei-turvallisten työmenetelmien käyttö.

Kun on kyse monimutkaisen tuotteen kokoonpanosta, jossa toleranssit ovat tarkkoja ja komponentit herkkiä sekä arvokkaita, kokoonpanotyöstä on oltava selkeät työohjeet eri työvaiheille. Kuvalliset työohjeet helpottavat työn omaksumista ja toimivat muistin tukena myös myöhemmässä vaiheessa, kun työn suoritus on muodostunut rutiininomaiseksi. Tarkkuusvaatimusten tärkeys ja herkkien komponenttien oikeanlainen käsittely tulee kouluttaa työntekijöille perehdytyksen yhteydessä.

Hankinnalla on suuri vastuu materiaalinhallinnan onnistumisessa. Tilaukset on tehtävä aikataulussa ja toimitusaikoja on valvottava, jotta materiaalit saadaan tuotannon käyttöön ajoissa. Avatut reklamaatiot tulee käsitellä asianmukaisesti ja viipymättä, jotta varmistetaan käytettävien komponenttien ja tätä kautta lopputuotteen vastaavan kaikilta osin asetettuja laatuvaatimuksia.

Uutta tuotantolinjaa perustettaessa joudutaan usein palkkaamaan uutta työvoimaa. Jos halutaan hyödyntää tuotannon tekijät tehokkaasti sekä kasvattaa tuotantomääriä nopeasti, joudutaan yleensä luomaan erilaisia työvuorojärjestelyjä. Muuttuvat työvuorojärjestelyt sekä uusien työntekijöiden suuri määrä aiheuttavat haasteita perehdytyksen ja tiedonkulun osalta. Sulzerilla informaation kulkua on pyritty parantamaan muun muassa sähköpostijakeluilla, säännöllisesti ylläpidettävillä ilmoitustauluilla, työnjohdon järjestämällä palavereilla sekä erillisillä laatu-poikkeamatauluilla, joihin asentajat itse tekevät poikkeamailmoituksia esimerkiksi komponenttien puutteellisesta laadusta tai muista työntekoa hankaloittavista seikoista.

Onnistumisen edellytykset toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotossa ja uuden tuotannon aloittamisessa on esitetty alla olevassa listassa:

- Tuoterakenteen ja osaluetteloiden täydellinen läpikäynti ennen tuotannon aloittamista.
- Komponenttien ja työkalujen hankinta tuoterakenteen ja etukäteen listattujen tarpeiden perusteella.
- Henkilöstön riittävä koulutus ja perehdytys toiminnanohjausjärjestelmän käyttöön sekä kokoonpanotyöhön.
- Työn suorituksesta luotava selkeät työohjeet tuotannon työntekijöille.
- Informaation kulkuun on pohdittava omaa organisaatiota palvelevia ratkaisuja.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys materiaalinhallintaan liittyvistä haasteista uuden toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönoton yhteydessä. Selvityksen on tarkoitus toimia apuna vastaavanlaisessa muutostilanteessa, jotta voidaan ennaltaehkäistä tässä projektissa havaittujen haasteiden syntyminen.

Työn teoriaosuus tehtiin hyödyntäen verkkolähteitä sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Materiaalia työhön kerättiin päivittäisen työteon ohessa aina, kun aiheeseen liittyviä haasteita tuli ilmi. Lisäksi haastateltiin henkilöstöä eri näkemysten kartoittamiseksi ja kokonaiskuvan saamiseksi. Prosessi oli työläs, mutta etenkin tiedonhankintaa helpotti työn aiheen liittyminen läheisesti omiin jokapäiväisiin työtehtäviin. Yhteenvedoon saatiin listattua asioita, joihin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja tämä palvelee alkuperäistä tarkoitusta.

## **Kuvat**

Kuva 1. Työntö- ja imuohjaus, s. 10

Kuva 2. Tilauspiste ja varmuusvarasto, s. 12

Kuva 3. Minimi-maksimivarasto, s. 13

Kuva 4. HST40-turbokompressori, s. 15

Kuva 5. Tuotannon prosessikaavio, s. 16

Kuva 6. HST40 suurnopeusyksikön mallikuva, s. 17

Kuva 7. Kaksilaatikkojärjestelmän prosessikaavio, s. 23

## Lähteet

1. Ratekoulutus. Kilpailukykyinen tuotannonohjaus menestyksen perustana. Koulutusmateriaali
2. Toiminnanohjausjärjestelmät. Toiminnanohjausjärjestelmän historia. <http://www.resgroup.com/accounting-software-history-enterprise-resource-planning-glance>. Luettu 10.8.2015.
3. Toiminnanohjausjärjestelmät. ERP-järjestelmän historia ja kehitys. [http://www.sysoptima.com/erp/history\\_of\\_erp.php](http://www.sysoptima.com/erp/history_of_erp.php). Luettu 10.8.2015.
4. Toiminnanohjausjärjestelmät. SAP. <http://www.softwaretop100.org/sap>. Luettu 10.8.2015.
5. Toiminnanohjausjärjestelmät. Periaate. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/toiminnanohjausjarjestelma>. Luettu 10.8.2015.
6. Kauppinen, P. 1985. Tuotannonohjaus metalliteollisuudessa. Helsinki: Valtion painatuskeskus
7. Lean. Lean-ajattelu. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>. Luettu 11.8.2015.
8. Lehti, K. 2015. Kehitysinsinööri. Sulzer Pumps Finland Oy. Kotka. Haastattelu
9. Hyle, J. 2015. Ostaja. Sulzer Pumps Finland Oy. Kotka. Haastattelu
10. Materiaaliohjaus. Työntö- ja imuohjaus. [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT\\_%28Just-in-time%29\\_ja\\_imuohjaus](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_%28Just-in-time%29_ja_imuohjaus). Luettu 3.9.2015.
11. Sakki, J. 2014. Tilaus – toimitusketjun hallinta: Digitalisoitumisen haasteet. Vantaa: Jouni Sakki Oy
12. Materiaaliohjaus. Varastonohjaustavat. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Varastonohjaus>. Luettu 10.8.2015.
13. Varmuusvarasto. Varmuusvaraston laskenta. <http://jesseuitto.fi/laskureita/varmuusvarasto/>. Luettu 4.11.2015.
14. Sulzer HST-turbokompressorit. Sulzer yrityksenä. <http://www.sulzer.com/en/About-us/Our-Businesses/Pumps-Equipment/Global-Manufacturing-Network/Finland>. Luettu 11.8.2015.
15. Sulzer HST-turbokompressorit. Sulzer yrityksenä. [http://www.kotka.fi/asukkaalle/ajankohtaista\\_kotkassa/101/0/kotkan\\_yrittajapalkinto\\_sulzer\\_pumps\\_finland\\_oy\\_ile](http://www.kotka.fi/asukkaalle/ajankohtaista_kotkassa/101/0/kotkan_yrittajapalkinto_sulzer_pumps_finland_oy_ile). Luettu 11.8.2015.
16. Sulzer HST-turbokompressorit. Sulzer yrityksenä. <http://www.karhulanteollisuuspuisto.fi/yritykset>. Luettu 11.8.2015.

17. Sulzer HST-turbokompressorit. Turbokompressorit. <http://www.sarlin.com/loader.aspx?id=e7f10f41-d6ae-4d77-b78e-53074024bdd0>. Luettu 30.10.2015.
18. Sulzer HST-turbokompressorit. Turbokompressorit. [https://www.sulzer.com/fi/-/media/Documents/ProductsAndServices/Pumps\\_and\\_Systems/Compressors\\_and\\_Aeration/Brochures/TurbocompressorTypeABS\\_HST40\\_E10314.pdf](https://www.sulzer.com/fi/-/media/Documents/ProductsAndServices/Pumps_and_Systems/Compressors_and_Aeration/Brochures/TurbocompressorTypeABS_HST40_E10314.pdf). Luettu 30.10.2015.
19. Sulzer HST-turbokompressorit. Turbokompressorit. <https://www.sulzer.com/fi/Products-and-Services/Compressors-and-Aerators/Turbocompressor-Type-ABS-HST>. Luettu 3.9.2015.