



# **UUSTUOTTEEN VALMISTUSPRO- SESSIN KEHITTÄMINEN TUOTAN- NOSSA**

Tommi Toivonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tuotekehitys

TOIVONEN TOMMI:

Uustuotteen valmistusprosessin kehittäminen tuotannossa

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Toukokuu 2015

---

Gardner Denver Oy on tuonut markkinoille uuden ruuvikompressorimallin, jolla pyritään vastamaan asiakkaiden kasvaviin paineilma tarpeisiin ja vaatimuksiin. Gardner Denver Oy:ssä valmistettava suurin ruuvikompressorimalli katsottiin suuri kustantaiseksi, jolloin yrityksen suunnittelussa alkoi uuden tuotesarjan ideointi. Uuden tuotesarjan suunnittelun avulla yritys valmistaa jatkossa kustannustehokkaamman ja kilpailukykyisemmän ruuvikompressorimallin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli esittää yritykselle ratkaisuja mahdollisimman kustannustehokkaasta valmistusprosessista, jossa jokaisella kokoonpanopisteen työntekijällä on käsitys, mitkä kokoonpanon liittyvät toimenpiteet heidän tulisi suorittaa. Lopputyössäni otetaan kantaa siihen, missä ja millä menetelmillä tuotesarjaan kuuluvat komponentin varastoitaisiin.

Opinnäytetyössäni tutustutaan esivalmistusvaiheen avulla uustuotteen valmistusprosessiin, jonka pohjalta esitän tuotteelle vaihtoehtoisia valmistusmenetelmiä sekä läpivientiin vaikuttavia tekijöitä.

Työn tuloksena tuotanto saa esivalmistusvaiheen aikana esiintyneiden havaintojen avulla tehdyn kokoonpano-ohjeistuksen tuotesarjalle. Ohjeistusta tullaan hyödyntämään tulevien kokoonpanojen valmistamisessa, koska kyseessä on uusi tuotesarja, josta kokoonpanotyöntekijöillä ei ole kokemusta.

Opinnäytetyö käsittelee TMC 400-450 valmistusprosessin työvaiheet ja sen tehokkaaseen valmistettavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Työssä ei käsitellä koekäytössä ilmenneitä tuloksia.

---

Asiasanat: valmistusprosessi, kokoonpano, työvaihe, ohjeistus, tuotesarja

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Product Development

**TOIVONEN TOMMI:**

Developing the Manufacturing Process of a New Product

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 2 pages

May 2015

---

Gardner Denver Ltd. has launched a new compressor model which responds to customers' growing needs and demands for compressed air. The biggest screw compressor model that is made at Gardner Denver Ltd. was considered expensive, so the company's planning engineers began to create new product series. With the new product series plan the company is able to manufacture a more cost-effective and more competitive screw compressor models in the future.

The objective of the thesis was to present solutions to the company involving as cost-effective a manufacturing process as possible in which every worker at the assembly line has a clear definition of tasks. Furthermore, the issue of where and how the components belonging to the product series should be stored was examined.

The manufacturing process of the new product is explored by way of the preproduction stage and based on that, alternative manufacturing methods and factors which affect the completion are presented.

As a result of this thesis the production line gets assembly instructions to the product series which are made by way of observation during preproduction. The instructions will be utilized in the making of future assemblies because the assembly workers have no previous experience of working on the new production series.

This thesis covers the manufacturing process of the TMC 400-450 product series and the affecting factors that have an impact on effective manufacturing. The thesis does not cover the results that came up in the test run.

---

Key words: manufacturing process, assembly, working phase, instructions

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	Gardner Denver Oy .....	8
2.1	Historia.....	8
2.2	Nykyhetki.....	8
2.3	Toiminta.....	9
3	Tuotteet.....	10
3.1	Enduro® -ruuviyksiköt .....	10
3.2	VS -kompressorit .....	12
3.3	Tempest® -paketit .....	12
3.4	Ruuvikompressori .....	13
3.4.1	Ilman puristumisen toimintaperiaate.....	14
3.4.2	Ilmajäähdytteinen ruuvikompressori.....	15
3.4.3	Vesijäähdytteinen ruuvikompressori.....	17
4	Massaräätälöinti.....	18
4.1	Yleistä .....	18
4.2	Massaräätälöintitapoja .....	19
4.3	Asiakastarve .....	19
4.4	Tavoitteet .....	20
5	Kokoonpano .....	21
5.1	Kokoonpanon tehtävät .....	21
5.2	Kokoonpanon kehittäminen .....	22
5.3	Läpäisyaika .....	23
6	Layout.....	24
6.1	Yleistä .....	24
6.2	Tuotantolinja layout .....	24
6.3	Funktionaalinen layout .....	24
6.4	Solulayout .....	24
7	Materiaalin varastointi.....	26
7.1	Yleistä .....	26
7.2	Materiaalien varastointi .....	26
8	Uuden tuotemallin tuotantoon vienti .....	27
8.1	Yleistä .....	27
8.2	Kokoonpano .....	27
8.3	Materiaalit lähellä .....	28
8.4	TMC 400-450 ruuvikompressori .....	29
8.5	TMC 400-450 esivalmistus.....	29

9	Uustuotteen kokoonpano .....	31
9.1	Runko ja yksikkö .....	31
9.2	Tuottoputket.....	32
9.3	Säiliökokoonpano .....	33
9.4	Imuventtiili.....	34
9.5	Jälkijäähdytinkokoonpano .....	34
9.6	Varoventtiilikokoonpano .....	35
9.7	Öljynjäähdytinkokoonpano.....	36
9.8	Öljynsuodatinkokoonpano .....	36
9.9	Vedenerotin.....	36
9.10	Lauhteenpoistokokoonpano .....	37
9.11	Ilmansuodatinkotelo.....	37
9.12	Sähkökaappi.....	38
9.13	Ohjausilmaputkisto .....	38
9.14	Korikokoonpano .....	39
10	Kokoonpanovaiheet.....	40
11	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET .....	44
	LIITTEET .....	45
	Liite 1. TMC 400-450 Lopputarkastuksen jälkeen .....	45
	Liite 2. Esivalmistuskappaleessa ilmenneet puutteet .....	46

**LYHENTEET JA TERMIT**

SRM	Svenska Rotormaskiner
TMC	Tamrotor Marine Compressors
OEM	Original Equipment Manufacturer
VS	Variable Speed
Mixing-valve	Sekoitusventtiili
SPX	Automaattinen lauhteenpoisto
Marine	Laivakompressori
Industrial	Teollisuuskompressori
Tempest®	Integroitu ruuvikompressori

## 1 JOHDANTO

Gardner Denver Oy valmistaa ruuvikompressoreita asiakkaidensa alati kasvavien tarpeiden mukaan. Kompressorit ovat yrityksen oman suunnittelun, tuotekehityksen ja tuotetestauksen tulosta. Ruuvikompressoreita valmistetaan kahta eri tyyppiä; Industrial ja Marine. Industrial- koneet ovat suunniteltu teollisuuden vaatimukset täyttäväksi kompressorimalleiksi ja Marine- eli laivakompressoreilla pyritään vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin laiva- ja öljynporausteollisuudessa. Gardner Denver Oy:n suunnittelun uusin tuotos on TMC 400-450 ruuvikompressorin. TMC 400-450 on suurin Tampereella valmistettava laivakompressorimalli, jolla yritys tarjoaa asiakkailleen entistäkin kilpailukykyisemmän ja laajemman tarjonnan.

Tämä työ käsittelee TMC 400-450 valmistusprosessia ja esittää vaihtoehtoisia ratkaisuja sen tehokkaaseen valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Uuden tuotteen tullessa tuotantoon on sen ensimmäiseen kokoonpanoon tartuttava perusteellisesti. TMC 400-450 esivalmistuskappale sijoittuikin juuri opinnäytetyöni alkumetreille, jolloin yhteistyössä yrityksen kanssa päädyimme ottamaan uustuotteen valmistusprosessin opinnäytetyöni aiheeksi.

Opinnäytetyössäni käsiteltävän TMC 400-450 tuotesarjan valmistusprosessi aloitettiin helmikuussa 2015. Työ aloitettiin esivalmistusvaiheella, jonka tarkoituksena oli poistaa kaikki suunnittelussa havaitsemattomat virheet, sekä korjata kokoonpanokuvissa havaitut puutteet. Työn tavoitteena on saada esivalmistusvaiheen aikana esiintyneiden havaintojen avulla tehtyä kokoonpano-ohjeistus. Kokoonpano-ohjeistuksen tarkoituksena on helpottaa kompressorimalliin liittyviä kokoonpanoja tulevaisuudessa.

## 2 Gardner Denver Oy

### 2.1 Historia

Tampereella sijaitsevan Gardner Denver Oy:n juuret alkavat 1960-luvulta. Silloinen Tampella Tamrock solmi vuonna 1963 lisenssisopimuksen SRM:n (Svenska Rotormaskiner) kanssa ruuvikompressorien valmistuksesta. SRM:n kanssa solmittu sopimus edellytti yritystä tilaamaan ensimmäisen Holroyd -roottorijyrsinkoneen, jotta ensimmäisen ruuvikompressorin valmistus Tampereella olisi mahdollista. Ensimmäinen epäsymmetrinen roottorin profiili valmistettiin vuonna 1969. (Gardner Denver Oy 2015)

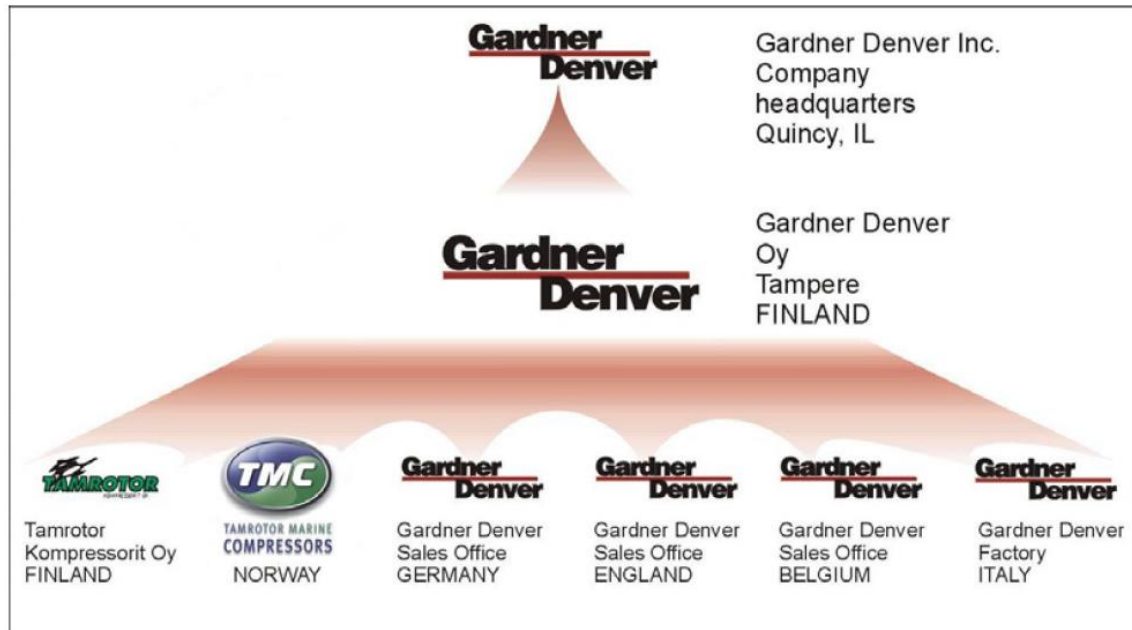
Liiketoiminta jatkui tällaisenaan vuoteen 1990, jolloin kompressoriosasto päätettiin yhtiöittää ja sen nimeksi muutettiin Tamrotor (nykyinen Gardner Denver Oy). Kompressoriosaston alku oli kuitenkin vaikeaa, kunnes vuonna 1991 käynnistetty ENDURO -ruuviyksiköiden suunnittelu alkoi. Samana vuonna aloitettiin OEM -yksiköiden (Original Equipment Manufacturer) ja kompressorikomponenttien suoramyynti asiakkaille. (Gardner Denver Oy 2015)

Sittemmin amerikkalainen suuryritys Gardner Denver Inc. osti Tamrotor:in vuonna 1997. Gardner Denver Oy – nimi otettiin käyttöön jo vuonna 1999. Tamrotor kompressorit Oy nimi jätettiin kuitenkin käyttöön Gardner Denver Oy:n suomalaisille jälleenmyyjille. Vuonna 2001 yritys oli valmistanut jo yli 100 000 ruuviyksikköä. Aikaa kului kuitenkin vuoteen 2003 asti, kunnes yritys päätti ottaa nykyisen Gardner Denver logonsa käyttöön. (Gardner Denver Oy 2015)

### 2.2 Nykyhetki

Nykypäivänä Gardner Denver Inc. (kuva 1) onkin jo yksi maailman suurimpia paineilmaa tuottavia ruuviyksiköidenvalmistajia. Gardner Denver Inc. korporaatiota johdetaan Yhdysvalloista, Quincysta, jossa myös yrityksen pääkonttori sijaitsee. Tampereen Mesukylässä sijaitseva tuotantotehdas on amerikkalaisen suuryrityksen ainoa pohjoismaisissa toimiva tuotantotehdas. Tällä hetkellä Tampereella tuotantotehtaassa työskentelee n. 190 työntekijää. (Gardner Denver Oy 2015)

Muita suuryrityksen tuotantotehtaita sijaitsee Englannissa, Saksassa sekä Italiassa. Gardner Denver Oy:n asiakkaat sijoittuvat ympäri maailmaa ja teollisuuskompressorien myynti ja markkinointi ulottuvat kansainvälisen edustajaverkoston avulla jo yli 40 maahan. Marine ja off-shore -myynti suoritetaan norjalaisen TMC:n (Tamrotor Marine Compressors) kautta. Yksikköjen ja komponenttien suoramynti suoritetaan OEM -asiakkaille maailmanlaajuisesti. Yrityksen liikevaihto vuonna 2014 oli 60.2 milj. euroa, sisältäen Tamrotor Kompessorit Oy:n osuuden. (Gardner Denver Oy 2015)



KUVA 1. Euroopan organisaation jakautuminen (Gardner Denver Oy 2015)

### 2.3 Toiminta

Gardner Denver Oy:n toimipisteen liiketoiminta perustuu teollisuuskompressoreista, ruuviyksiköistä OEM -asiakkaille sekä Marine -kompressoreista. Yrityksessä valmistettavat ruuvikompressorit tunnetaan maailmalla niiden kestävyys ja korkean laatuansa ansiosta. Yrityksen sisäisiä toimintoja ovat huolto, tuotannon kehitys, suunnittelu, laatu, myynti, markkinointi ja asiakaspalvelu. (Gardner Denver Oy 2015)

Gardner Denver Oy panostaa erityisesti suunniteluun, toimintavarmuuteen sekä laatuun, koska yrityksen asiakkaille ensiarvoisia asioita ovat toimitustäsmällisyys sekä kompressorin laatu ja toimintavarmuus. (Gardner Denver Oy 2015)

### 3 Tuotteet

Yrityksessä valmistettavat ruuvikompressorimallit ovat yrityksen oman suunnittelun, tuotekehityksen ja tuotetestauksen tulosta. Ruuvikompressorin suurimpia etuja verrattuna muihin kompressorityyppeihin ovat sen tuotto, pitkäikäisyys sekä vakioitu verkoston paine.

Ruuvikompressoreita valmistetaan kahta eri tyyppiä; Industrial ja Marine. Industrial-koneet ovat suunniteltu teollisuuden vaatimukset täyttäväksi kompressorimalliksi, joten niitä hyödynnetään paperi- ja metalliteollisuudessa. Marine- eli laivakompressoreilla pyritään vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin laiva- ja öljynporausteollisuudessa. (Gardner Denver Oy 2015)

#### 3.1 Enduro® -ruuviyksiköt

Yrityksessä on panostettu ruuviyksiköiden valmistamiseen, koska Enduro -yksiköt ovat Gardner Denver Oy:n yksi suurimmista tulonlähteistä niiden OEM -tuotemyynnin vuoksi. Yksiköiden valmistus voidaan jakaa kolmeen eri valmistusvaiheeseen: roottori- en koneistus, valuosien koneistus sekä yksikkökoonpano. Ruuvikompressoreissa käytettävät roottorit koneistetaan erittäin tarkasti ja hionnalla varmistetaan parhaan mahdollisen laadun takaaminen. (Gardner Denver Oy 2015)

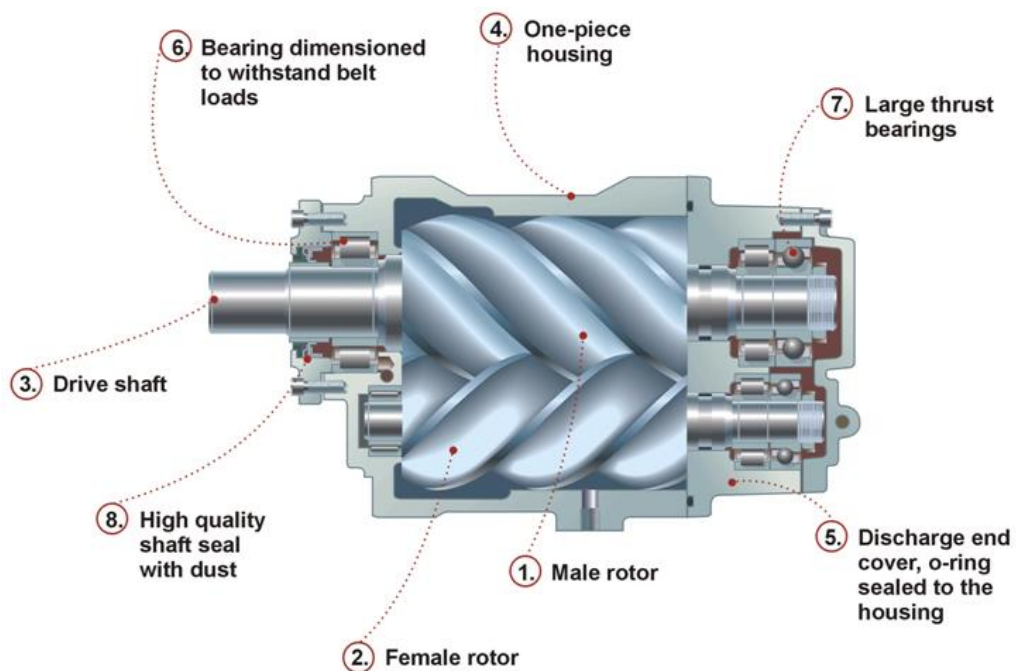
Enduro -ruuviyksikköä käytetään osana kompressoripakettia. Niiden suunnittelussa on keskitytty erityisesti kestävyYTEEN ja ne soveltuvatkin erinomaisesti ympärivuorokautiseen käyttöön.

Tehtaalla valmistettavat ruuviyksiköt jaetaan seitsemään eri ryhmään niiden kierrostilavuuden perusteella. Esimerkiksi E175 ruuviyksikön valmistukseen käytetään Enduro 175 -profiilisiä roottoreita. Yrityksessä valmistettavien yksiköiden valmistusmerkinnät ja niitä vastaavat tuotot on esitetty taulukossa 1. (Gardner Denver Oy 2015)

TAULUKKO 1. Yksikkömallit ja niiden tuotot (Tamrotor 2013)

Yksikkö	Roottorityyppi	Tuotto (m <sup>3</sup> /min)
E3	Enduro 3	0,5 - 2,3
E6	Enduro 6	0,8 - 4,5
E12	Enduro 12	1,1 - 7,3
E25	Enduro 25	2,6 - 13
E75	Enduro 75	5,6 - 30
E175	Enduro 175	11,0 - 54,0
D321	321 mm	11,0 - 74,0

Yksiköitä voidaan valmistaa kahdenlaisia, joko vaihteellisina tai suorina. Ne eroavat toisistaan siten, että suora yksikkö asennetaan suoraan sähkömoottorin akseliin kytkimien välityksellä, kun taas vaihteellisessa yksikössä välityssuhde valitaan tuoton ja sähkömoottorin tehon mukaan. Kuvassa 2 on havainnollistettu ruuviroottori (Male rotor), luistinroottori (Female rotor) sekä suoran yksikön muut osat. (Gardner Denver Oy 2015)



KUVA 2. Poikkileikkauskuva ruuviyksiköstä (Gardner Denver Oy 2015)

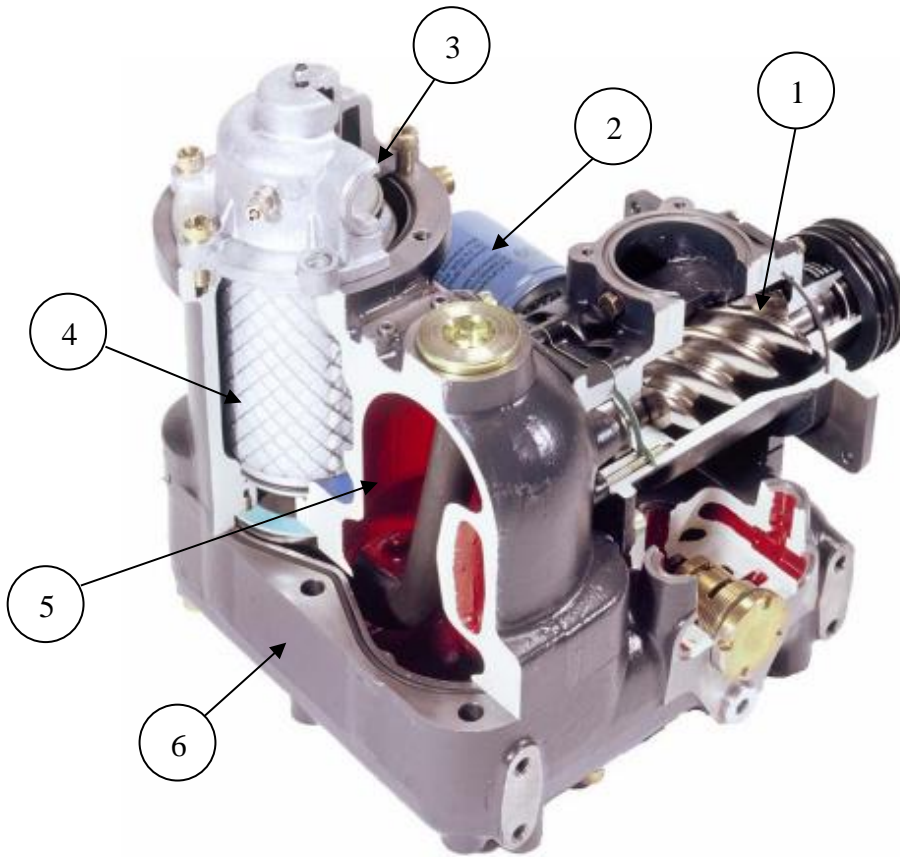
### **3.2 VS -kompressorit**

Gardner Denver Oy valmistaa VS (Variable Speed) -kompressoreita tehoalueella 11-320 kW. VS- kompressorit ovat energiatehokkaimpia kompressorimalleja ja niiden energiatehokkuus perustuu taajuusmuuttajaan, jonka tehtävänä on säädellä sähkömoottorin kierrosnopeutta ilmantarpeen mukaan. Säästöt energiankulutuksessa saavutetaan, kun ilmantarve ei ole jatkuvaa, jolloin sähkömoottorin kierrosnopeus voidaan säätää vain tarpeita vastaavaksi. (Gardner Denver Oy 2015)

### **3.3 Tempest® -paketit**

Gardner Denver Oy valmistaa myös Tempest® -paketteja, joihin yhteen lohkoon on suunniteltu täysin integroitu ruuvikompressorikonaisuus. Tempest® -paketit sisältävät samat toiminnot kuin isommatkin ruuvikompressorit, mutta pienemmässä koossa. Paketit on suunniteltu täysin letkuttomiksi, jolla pyritään pienentämään kompressorin painehäviöitä sekä öljy- ja ilmavuotoja. Tempest®:issä käytetty öljynerotusjärjestelmä hyödyntää tehokkaasti keskipakovoimaa, jolla erotetaan öljy ilmasta jo syklonivaiheessa. Paketeille suoritetaan koeponnistus painekammiossa, jossa paketista havaitaan mahdolliset vuotokohdat. Kuvassa 3 on havainnollistettu Tempest® -paketti osaleikkauksella. (Gardner Denver Oy 2015)

Yritys valmistaa neljää erilaista pakettimallia, jotka jaotellaan niiden koon mukaan: T3, T6, T12 ja T25.



KUVA 3. Osaleikkauskuva Tempest® -paketista (Gardner Denver Oy 2015)

Tempest® osat kuvassa 3:

- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| 1. Ruuviyksikkö    | 4. Öljynerotin |
| 2. Öljynsuodatin   | 5. Sykloni     |
| 3. Tuottoventtiili | 6. Öljypohja   |

### 3.4 Ruuvikompressori

Ruuvikompressorit on suunniteltu tasaiseen paineilman tuottoon vakiopyörimisnopeudella. Yrityksessä valmistettavat ruuvikompressorit (kuva 4) ovat helppokäyttöisiä ja niissä on kattava ohjaus- ja kunnonvalvontajärjestelmä. Tampereella valmistettavien ruuvikompressorien tehoalue on 4-500 kW ja paine-alue 3-14 bar. Ruuvikompressorilla voidaan saavuttaa jopa 74 m<sup>3</sup>/min tuotto. Yrityksessä valmistettavat kompressorikoot jaotellaan tehtaen sisällä kolmeen eri kokoluokkaan, jotka jakautuvat seuraavasti: pieniin (4-45 kW), keskisuuriin (45-75 kW) ja isoihin (75-500 kW). (Gardner Denver Oy 2015)

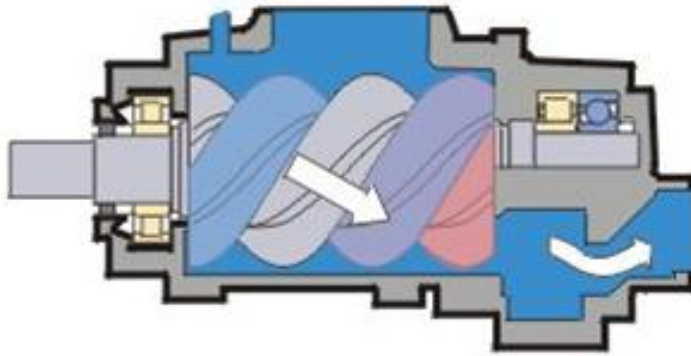


KUVA 4. Peruskuormakone TMC 240-365 (Katja Naukkarinen 2015)

### 3.4.1 Ilman puristumisen toimintaperiaate

Ruuvikompressorin kierto lähtee sähkömoottorin liikkeestä, jonka tehtävänä on saada ruuviyksikön roottorit liikkeelle (kuva 5). Ilman puristuminen alkaa, kun ruuviroottori (Male rotor) ja luistinroottori (Female rotor) alkavat pyöriä. Roottoreiden välissä on noin 0,05 - 0.1 mm vällys. Roottorien kiertyessä alipaine avaa imuventtiilin, jonka kautta imuilma pääsee roottoreihin. Roottorien profiilien ansiosta ilma-öljy-seos kulkeutuu hampaiden ja rungon välissä kohti painelaippaa. Paineen kasvaessa riittävän suureksi ilma pääsee jatkamaan matkaa kohti säiliötä. Paineen kasvu saavutetaan ilma-öljy-seoksen tilavuutta pienentämällä.

Imuilma sekoittuu tullessaan öljyyn, jota ruiskutetaan roottoreihin. Ilmaan sekoittuvan öljyn tarkoituksena kompressorissa on jäähdyttää ja voidella roottorit, laakerit ja roottoripesä sekä tiivistää roottorien välinen vällys. Kuvassa 5 on havainnollistettu ilman kulku ja puristuminen ruuviyksikössä.

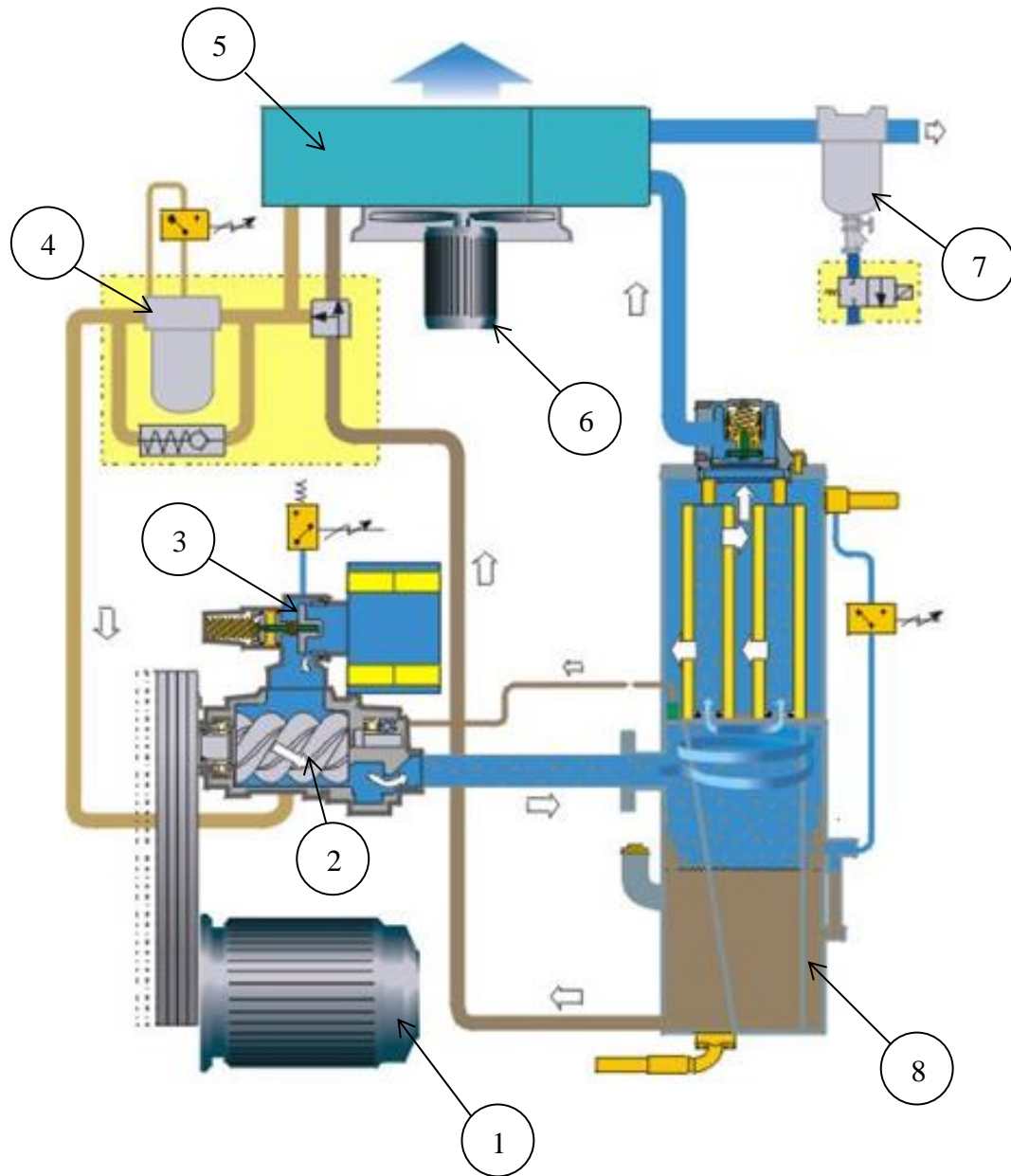


KUVA 5. Ilmanpuristuminen ja roottorin liike (Gardner Denver Oy 2015)

### 3.4.2 Ilmajäähdytteinen ruuvikompressor

Kuvassa 6 on esitetty ilman kulku ja kompressorin pääosat. Ilmajäähdytteisen ruuvikompressorin kierto lähtee käyntiin edellä mainitulla ilman puristumisella, jonka jälkeen ilma-öljy-seos kulkeutuu tuottoputken kautta säiliöön. Paineenalaisen seoksen kuljettua säiliöön alkaa öljyn karkeaerotus syklonin avulla. Paineen kasvaessa säiliössä ilma nousee ylöspäin ja puristuu erottimien läpi tuottoventtiilin läppää vasten. (Gardner Denver Oy 2015)

Saavutettuaan tuottoventtiiliä vasten riittävän paineen ilma kulkeutuu jäähdyttimeen. Ilmajäähdytteisessä ruuvikompressorissa käytetään yhdistelmäjäähdytintä, johon sekä ilma että öljy johdetaan. Yhdistelmäjäähdyttimessä paineilmalla on oma puolensa ja kompressorissa kiertävällä öljyllä omansa. Ilman ja öljyn jäähdytys tapahtuu erillisellä sähkömoottorilla, joka puhaltaa ilmaa jäähdyttimen lävitse. Yhdistelmäjäähdyttimen jälkeen paineilma siirtyy vedenerottimeen. Vedenerottimessa paineilmasta poistetaan prosessin aikana sekoittunut kondenssivesi, jonka jälkeen ilma on käyttökelpoista. (Gardner Denver Oy 2015)



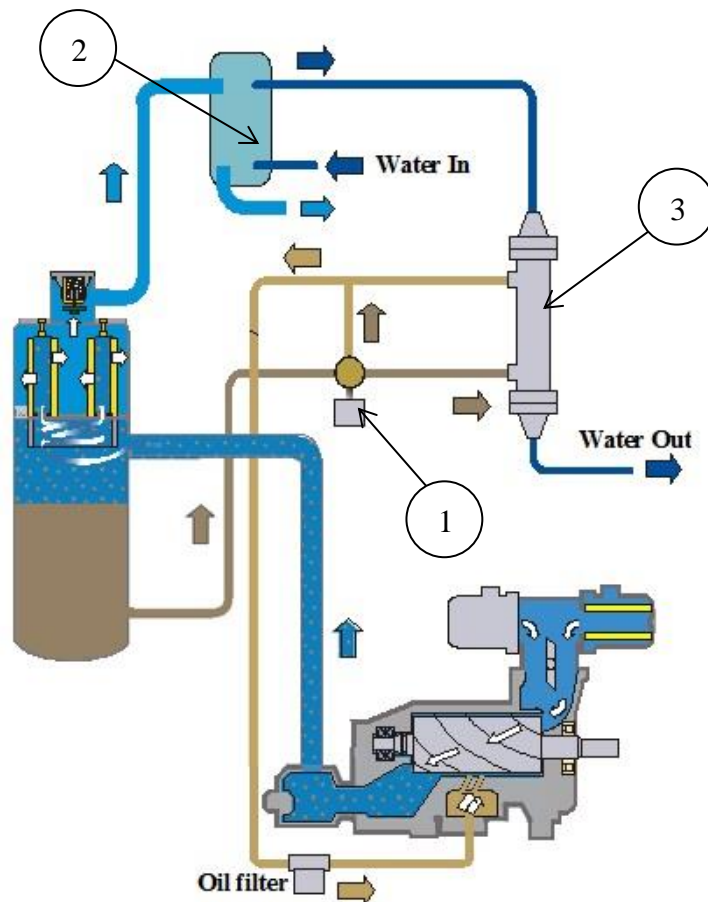
KUVA 6. Ilmajäähdytteinen kompressori (Gardner Denver Oy 2015)

Ilmajäähdytteisen ruuvikompressorin osat kuvassa 6:

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. Sähkömoottori | 5. Jäähdytin        |
| 2. Ruuviyksikkö  | 6. Puhallinmoottori |
| 3. Imuventtiili  | 7. Vedenerotin      |
| 4. Öljynsuodatin | 8. Säiliö           |

### 3.4.3 Vesijähdytteinen ruuvikompressorori

Vesijähdytteinen ruuvikompressorori toimii muuten vastaavasti, mutta jäähdyttävänä aineena toimii verkostosta saatava vesi. Kuvassa 7 on vesijähdytteisen kompressorin osat, jotka eroavat ilmajähdytteisestä mallista. Vesijähdytteisessä kompressorissa on myös kaksi jäähdytintä, joiden tarkoitus on vastaava kuin aikaisemmassa kompressorimallissa. Alla esitetyssä kuvassa paineilman jäähdytys tapahtuu jälkijähdyttimessä (2) ja öljyn jäähdytys öljynjäähdyttimessä (3). Öljyn kiertoa säätelee mixing-valve (1), joka säätelee öljyn jäähdytystarpeen. Vesijähdytteisessä kompressorissa jäähdytysaineena toimiva vesi kiertää jäähdyttimissä vastakkaiseen suuntaan kuin ilma ja öljy. Tällöin saadaan aikaan maksimaalinen jäähdytysteho. (Gardner Denver Oy 2015)



KUVA 7. Vesijähdytteinen kompressorori (Gardner Denver Oy 2015)

## 4 Massaräätälöinti

### 4.1 Yleistä

Massaräätälöinnissä on yhdistetty edullinen ja nopea massa-/sarjatuotanto, jossa samaa tuotetta tehdään suurissa erissä sekä räätälöitynä ja joustavana tilaustuotantona. Räätälöinnissä asiakkaan yksilölliset tarpeet pystytään toteuttamaan. Tuoterakenne pohjautuu sarjavalmistesteiden komponenttien ja moduulien käyttöön. Räätälöinti ja variointi pyritään tekemään vasta loppukokoonpanossa tai rajoittamaan yksittäisten komponenttien tai moduulien alueelle. (Soronen 1999, 7.)

Sarjatuotannossa tehdään samaa tuotetta mahdollisimman tehokkaasti myyntiennusteiden mukaan varastoon, jolloin ne voidaan toimittaa mahdollisimman nopeasti asiakkaalle. Massaräätälöinnissä tuote tarvitsee tyypillisesti pidemmän toimitusajan, koska se valmistetaan yksittäisen tilauksen mukaan, ja prosessin tehottomuudesta johtuen sen kustannukset tulevat olemaan korkeammat. (Soronen 1999, 7.)

Tuotannon rajapintaan sijoitetaan pienet puskurivarastot, ns. imupuskurit, joista asiakaskohtaisen valmistuksen eri työvaiheet saavat tarvitsemansa komponentit, puolivalmisteet ja osat välittömästi käyttöönsä. Imupuskurivaiheen jälkeen voidaan toimia tilausohjautuvasti yksittäistuotannon tapaan. Massaräätälöinnissä räätälöintivaihe pyritään sijoittamaan vasta viimeisen imupuskurivaraston jälkeen, joten mitä myöhäisempään vaiheeseen prosessia puskurivarastot saadaan vietyä, sitä nopeammaksi tilaustoimitusprosessi saadaan. (Soronen 1999, 8.)

Massaräätälöinnin toimintatapaa pidetään myös tehokkaana, kun tuotteen perusrakenne suunnitellaan moduloiduksi siten, että asiakkaan haluama yksilöllinen tuote tai sen variaatio voidaan koota esivalmistelluista komponenteista. Myös osia ja komponentteja on loppukokoonpanossa oltava oikean laatuista ja mallisina saatavilla. (Soronen 1999, 9.)

Massaräätälöinti voidaan nähdä prosessina, jonka avulla yritys sopeuttaa toimintansa asiakkaidensa tarpeita parhaiten vastaavaksi.

## 4.2 Massaräätälöintitapoja

Massaräätälöinti voidaan ryhmitellä sen mukaan, missä vaiheessa tuotteeseen tehtävät asiakaskohtaiset ominaisuudet toteutetaan. Rääätälöintiä voidaan toteuttaa seuraavilla tavoilla:

**Tuotantoprosessissa** tapahtuva asiakasominaisuuksien toteutus on kaikkein yleisintä. Tällöin tuotannossa on selkeä käsitys tuotteen lopputuloksesta. Esimerkiksi: polkupyörä, joka suunnitellaan ja tehdään pyöräilijän mittojen mukaan. (Soronen 1999, 11.)

**Jälleenmyyjällä** tapahtuvassa asiakasräätälöinnissä jälleenmyyjällä on oikeudet muuttaa tuote asiakkaan haluamaksi, jolloin siihen voidaan toteuttaa määrätyt räätälöintiominaisuudet jälleenmyyntihetkellä. (Soronen 1999, 11.)

**Asiakas itse räätälöi** tuotteesta tiettyjen vaihtoehtojen mukaan mieleisensä. Tämän räätälöintitavan hyvänä puolena on, että asiakas voi luoda hankkimastaan tuotteesta haluamansa kaltaisen tiettyjen ominaisuuksien osalta. (Soronen 1999, 11.)

**Asennus- ja huoltotoimenpiteiden yhteydessä** tehtävässä räätälöinnissä voidaan määrättyjä ominaisuuksia muuttaa halutunlaisiksi. Esimerkiksi tuotto, teho ja ohjelmisto voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeen mukaan huollon luovutuksen yhteydessä. (Soronen 1999, 11.)

## 4.3 Asiakastarve

Massaräätälöinnissä kaiken perusta on asiakastarve. Ideana ovat ne ominaisuudet, joiden räätälöiminen on asiakkaalle tärkeää sekä yritykselle kustannustehokasta. Asiakkaalle ovat usein tärkeitä ne ominaisuudet, jotka ovat konkreettisesti helposti havaittavissa, kuten tuotteen ominaisuudet, tuotetiedot, ulkomuoto, koko ja väri. Harvemmin asiakasta kiinnostaa esimerkiksi onko samanlaisia komponentteja tai moduuleita käytetty vastaavissa rinnakkaismalleissa. (Soronen 1999, 14.)

Asiakkaalle räätälöidyn tuotteen nopea ja täsmällinen valmistusprosessi synnyttää usein tuotteelle lisäarvoa, jolloin asiakas ei enää hankinnassaan painota pelkkää tuotteelle määräytyvää kustannusta.

#### **4.4 Tavoitteet**

Massaräätälöinnin tavoitteena on saada aikaan asiakaskohtaisiin toimituksiin kykenevä, nopea ja kustannustehokas tilaus-toimitusprosessi. Jos kyseessä on isompi kokonaisuus, kannattavuus pyritään maksimoimaan vaikuttamalla toisaalta tulleiden tuotteiden laatuun ja kustannuksiin. Tuotteen sidotun pääoman määrään halutaan vaikuttaa minimoimalla vaihto-ominaisuus ja käyttöomaisuus hyödyntämällä tehokkaasti verkostoa ja imuohjausta. Tuotteen määriin ja hintoihin vaikuttavat sen nopeus ja räätälöitävyys, joten tehokas ja joustava tilaus-toimitusprosessi on yritykselle hyvä kilpailukeino. (Soronen 1999, 13.)

Tuotteen nopea valmistus onnistuu siten, että tuote esivalmistellaan useille eri asiakkaille soveltuvana samanlaisena kokonaisuutena, jonka toistuvuutta voidaan hyväksikäyttää. Tällöin yritykselle mahdollistetaan pienet puskurivarastot osille ja komponenteille. Pienillä varastoilla ja nopealla tuotantoprosessilla saadaan helposti optimoitua sidottu pääoma. (Soronen 1999, 13.)

## 5 Kokoonpano

### 5.1 Kokoonpanon tehtävät

Kokoonpano on omassa tehtaassa eri vaiheista valmistettujen ja muualta hankittujen osien sekä komponenttien liittämistä toisiinsa toimivaksi tuotteeksi tai tuotteen osaksi. Kokoonpano suoritetaan edelleen pääasiallisesti käsityönä, vaikka automatisoitujen koneiden tuominen tuotantoon yleistyy jatkuvasti. Kokoonpanotuotannon työntekijät ovat usein erittäin ammattitaitoisia ja itsenäiseen työskentelyyn tottuneita työntekijöitä. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 111)

Kokoonpano vaatii usein suuren osan tuotantotiloihin varatusta alueesta, joita kuitenkin käytetään tänäkin päivänä vain yhdessä vuorossa. Kokoonpanotyö sisältää pääasiassa kappaleiden käsittelemistä, varastointia, siirtelyä, sovittamista, liittämistä ja tarkastamista. Yleisimmin vain liittäminen luokitellaan nostamaan tuotteen jalostusarvoa. Muut kokoonpanotyöhön liittyvät vaiheet pyritään yrityksissä pitämään mahdollisimman pieninä, koska ne aiheuttavat tuotannolle vain aikaviiveitä ja kustannuksia. Suurin osa kokoonpanoajasta liittyy osien siirtelyyn, hakuun ja paikoilleen asettamiseen. Ilman näitä toimintoja ei kokoonpano kuitenkaan ole mahdollista. (Lapinleimu ym. 1997, 111)

Kokoonpanolinjan tulee olla kehitetty siten, että suurin osa kokoonpanosta liittyy sen tärkeimpään tehtävään eli liittämiseen. Työmenetelmien tulee olla sellaisia, että työntekijät voivat toimia ryhmänä ja vastata kokoonpanosta alusta loppuun. Kokoonpanosta ja laadusta työntekijät pystyvät parhaiten vastaamaan, kun ryhmä kulkee tuotteen mukana ja suorittaa kaikki kokoonpanovaiheet. Tuotteen valmistuttua ryhmä tarkistaa koneen lopputarkastajana. Tarkastuksen jälkeen ryhmä palaa linjan alkuun ja aloittaa uuden tuoteyksikön kokoonpanon. (Lapinleimu ym. 1997, 112)

Kokoonpanossa erittäin tärkeään rooliin nousee oikea-aikainen informaation kulku. Tärkeimmät dokumentit kokoonpanon suorittamiseen ovat osaluettelo, kokoonpanokuvat ja 3D-kuvat, jos tuote ei ole entuudestaan tuttu. Kuvista tuotannon työntekijät saavat selkeän käsityksen kokoonpanon lopputuloksesta.

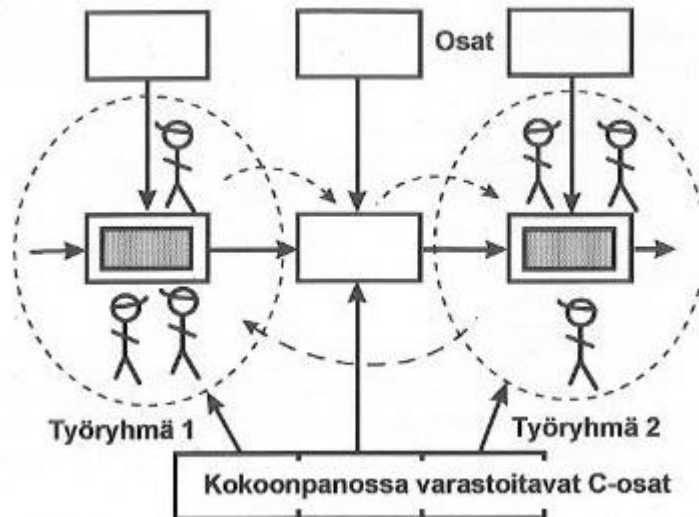
## 5.2 Kokoonpanon kehittäminen

Varsinainen kokoonpanon kehittäminen voidaan jakaa kahteen pää-alueeseen: turhan työn poistamiseen ja tarpeellisen työn kehittämiseen. Turhalla työllä tässä tapauksessa tarkoitetaan työtä, joka ei jalosta tuotetta. Tarpeellinen työ voidaan lukea onnistuneeksi, kun kokoonpanolinja on suunniteltu järkevillä järjestelyillä ja hyvillä ratkaisuilla helpottamaan tuotannon työntekoa. (Lapinleimu ym. 1997, 123)

Kehitettäessä ja tehostaessa kokoonpanoa on parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi otettava huomioon kaikki kokoonpanoon vaikuttavat tekijät. Käytännössä tällä tarkoitetaan tarkastelun aloittamista osa osalta. Ottamalla kokoonpanon vaiheet huomioon suunnittelussa voidaan kokoonpanokustannuksissa säästää huomattavasti. Suunniteltaessa kokoonpanon vaiheita tavoitteena on löytää nopein ja edullisin tapa valmistaa tuote. Kokoonpanon kehittämisessä perusohjeita ovat: komponenttien lyhyet etäisyydet, komponentit helposti saatavilla, työmenetelmissä on suorat liikeradat ja mahdollista suorittaa työskentely molemmilla käsillä samanaikaisesti.

Työmenetelmien kehittäminen on harvoin mahdollista aloittaa nolatilanteesta. Yleensä yrityksellä on tiedossa jo tuote, tuotantojärjestelmät ja tila missä tuotetta valmistetaan. Usein tyydytään niihin ratkaisuihin mihin tuotanto asettuu aloilleen. Tämä ajattelutapa kuitenkin estää kehittämisen ja silloin on vaara juuttua tuttuihin ratkaisuihin. (Lapinleimu ym. 1997, 122)

Organisoimalla työmenetelmät hyvin, järjestämällä työpisteille tarvittavat työkalut ja ylläpitämällä jatkuvaa tuotannonkehittämistä voidaan useiden työvaiheiden läpimenoaika laskea. Linjatyyppisessä kokoonpanojärjestelmässä (kuva 8) työryhmä siirtyy tuotteen mukana kokoonpanovaiheesta toiselle ja hoitaa koko tuotteen kokoonpanon.



KUVA 8. Linjatyyppinen kokoonpanojärjestelmä (Lapinleimu ym. 1997, 114)

### 5.3 Lämpäisy aika

Lämpäisy aika on tuotantojärjestelmän tehokkuuden tärkeimpiä käsitteitä ja mittareita. Lämpäisyajalla tarkoitetaan jonkin kokonaisuuden valmistusaikaa sen lähtötilanteesta valmistumiseen. Lämpäisy aika voidaan määrittää myös erilaisille kokonaisuuksille, kuten osa- ja moduulikokoonpanoille tai loppukokoonpanolle. (Lapinleimu ym. 1997, 53)

Lyhyt lämpäisy aika on merkki hyvin toimivasta, joustavasta ja tehokkaaksi todetusta tuotantojärjestelmästä. Lyhyt lämpäisy aika antaa yritykselle mahdollisuuden lyhyisiin toimiin, mikä vastaavasti vaikuttaa myös asiakkaiden tyytyväisyyteen.

Asiakasohjautuva tuotanto eli valmistus asiakastilauksen perusteella edellyttää valmistuksen lämpäisyajan täsmällisyyttä. Tämän toteuttaminen taas vaatii yritykseltä, että komponentteja sekä osia on aina saatavilla. (Lapinleimu ym. 1997, 55)

Valmistuksen lämpäisy aika keskiraskaassa tuotannossa riippuu ensisijaisesti tilattavien tuotteiden määrästä ja kokoonpanovaiheiden pituuksista. Loppukokoonpanon lämpäisy aikaa pienennettäessä jaetaan isompi kokonaisuus pienempiin osa- ja moduulikokoonpanoihin, jolloin lämpäisy aika jakautuu myös eri kokoonpanoihin tasaisesti. Suuretkaan tilaukset eivät tuota tuotannossa haasteita, kun kokonaisuus jaetaan pienempiin osiin.

## **6 Layout**

### **6.1 Yleistä**

Layout on vakiintunut termi, jolla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinja layoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solu layoutiin. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 475)

### **6.2 Tuotantolinja layout**

Tuotantolinjassa koneet, laitteet, osa- ja loppukokoonpanopaikat ovat valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Valmistus ja kappaleenkäsittely on automatisoitua ja tehokasta, sekä työnkulku on selkeää eri työvaiheiden välillä. (Haverila ym. 2009, 475)

### **6.3 Funktionaalinen layout**

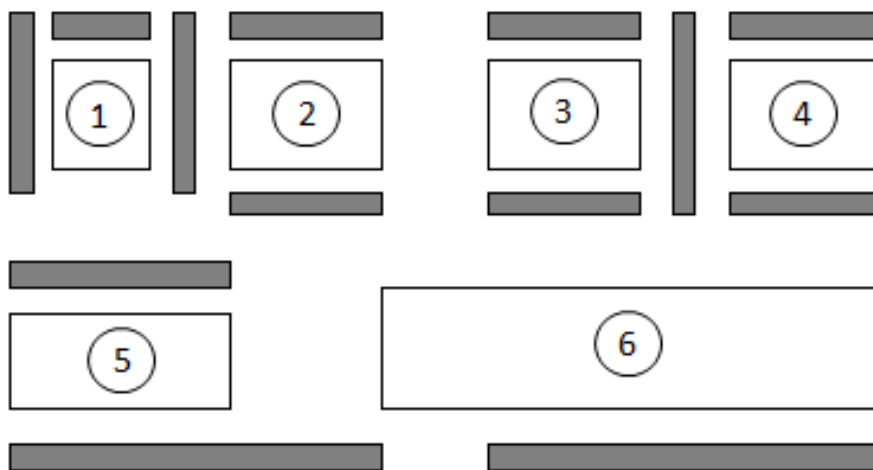
Funktionaalisisessa layoutissa pyritään ryhmittelemään koneet ja työpisteet työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Funktionaalisisessa layoutissa suunnitellaan tuotanto siten, että hitsauspaikat ovat hitsaamossa ja kokoonpanopisteet kokoonpanolinjalla. Välimatkat työpisteiden välillä voivat olla pitkiä, joka saattaa aiheuttaa hidastusta tuotteen läpivientiaikaan. (Haverila ym. 2009, 476)

### **6.4 Solulayout**

Solu muodostaa itsenäisen, eri koneista ja työpaikoista kootun työpisteen, joka on erikoistunut pienempien osien valmistamiseen tai suurempien työvaiheiden suorittamiseen. Solulayout on välimuoto edellä mainituista layout -tyypeistä, koska solujen läpäisyajat ovat huomattavasti lyhyemmät verrattaessa muihin layoutteihin. Solussa pystytään jous-

tavasti valmistamaan niitä tuotteita tai kokoonpanovaiheita, joiden valmistukseen se on suunniteltu. Solussa tuotteita valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina, jolloin tuotannonohjauksenkin pitäisi olla helppoa. Valmistusvaiheiden suorittaminen peräkkäin samalla alueella helpottaa laadunvalvontaa, jolloin virheiden havainnointi ja korjaus myös helpottuu. Solumalli on herkkä kuormituksen vaihtelulle ja tuotevalikoiman suurille muutoksille, koska solu toimii parhaiten samankaltaisen tuotemallien valmistuksessa. (Haverila ym. 2009, 478)

Kuvassa 9 on Gardner Denver Oy:n isonlinjan solujärjestely pääpiirteittäin, jossa on numeroin havainnollistettu kokoonpano järjestely sekä harmain palkein esitetty osien ja työkalujen sijainnit. Työntekijät voivat itse vaikuttaa keskinäiseen työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen.



KUVA 9. Kokoonpanojärjestelmä (Tommi Toivonen 2015)

Kuvassa esiintyvien kokoonpanopisteiden nimet:

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1. Moduulikokoonpano      | 2. Loppukokoonpanopiste 1          |
| 3. Loppukokoonpanopiste 2 | 4. Loppukokoonpanopiste 3          |
| 5. Osakokoonpano          | 6. Erikoiskoneiden loppukokoonpano |

## **7 Materiaalin varastointi**

### **7.1 Yleistä**

Tuote- ja materiaalivarastot ovat välttämättömiä lähes kaikille yrityksille. Varastoja tarvitaan yleisimmin toimituskyvyn turvaamiseen sekä toimitusprosessin eri vaiheisiin. Varastoihin sitoutuu merkittävästi pääomaa sekä varastoinnista ja materiaalien käsittelystä aiheutuvia kustannuksia.

Puskurivarastoja tarvitaan yrityksen toimituskyvyn turvaamiseen. Monesti kokoonpanoon tarvittavien komponenttien hankinta-aika on pidempi kuin asiakkaan toimitusaikavaatimukset. Tällöin yrityksen on käytettävä puskurivarastoja toimituskyvyn ja palvelutason ylläpitämiseen. Puskurivarastoja käytetään myös satunnaisten menekinvaihtelujen tasoittamiseen. (Haverila ym. 2009, 446)

Valmistusvaiheessa ilmenevät laatuvirheet helposti peitetään ylimääräisillä varastoilla. Virheen sattuessa voidaan turvautua varastoihin, jolloin välttyään laajemmilta tuotantohäiriöiltä tai toimituskykyyn liittyviltä ongelmilta. (Haverila ym. 2009, 447)

### **7.2 Materiaalien varastointi**

Uuden tuotteen tuotantoon tullessa on mietittävä minne sen komponentit yrityksessä sijoitetaan. Kaikkia tuotteeseen tarvittavia komponentteja ei aina kannata varastoida ennakkoon, jos tuotannon läheisyydessä olevat varastointipaikat ovat täynnä.

Pitkän toimitusajan omaavat materiaalit, esimerkiksi sähkökaapit, sähkömoottorit ja jäähdyttimet voidaan hankkia varastoon, koska pitkät toimitusajat rajoittavat yrityksen toimituskykyä. Pitkän toimitusajan omaavat komponentit varastoitaisiin yrityksen pihalla sijaitsevaan telttahalliin. Nopeasti saatavien komponenttien ja osien hankinta kuitenkin suoritettaisiin vasta asiakkaan tilauksen pohjalta. Osakokoonpanossa suoritettavat pienemmät kokoonpanot voidaan suorittaa jo ennen tilauksen syntyä ja sijoittaa ne muiden tuoteperheessä käytettävien osien hyllyyn. Tällä menetelmällä voidaan pienentää uuden tuotteen tuomia varastointihaasteita.

## 8 Uuden tuotemallin tuotantoon vienti

### 8.1 Yleistä

Uuden tuotteen tullessa tuotantoon on sen kokoonpano aluksi aikaa vievää. Ennen tulevia kokoonpanoja olisi hyvä selvittää, mitkä kokoonpanovaiheet tullaan valmistamaan missäkin kokoonpanopisteessä. Sekä määrittää kuinka kauan kunkin osa- ja moduulikokoonpanon valmistamiseen kuluu aikaa. Selkeän työnkulun määrittäminen tekee kokoonpanosta helpompaa ja nopeampaa. Muun tuotannon kannalta valmistuspaikka on mietittävä siten, ettei se häiritse muita linjalla olevia valmistusprosesseja.

TMC tuoteperhe saa lisäystä uudella TMC 400-450 tuotesarjalla, jonka suunnittelu on saatu päätökseen ja ensimmäisen esivalmistuskappaleen kokoonpano on suoritettu. Kokoonpanolinjalla valmistetaan nykyisin neljää tuotesarjaa, jotka määräytyvät niissä käytettyjen moottorikokojen mukaan. Kokoonpanolinjalla valmistettavat tuotesarjat näkyvät taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kokoonpanolinjalla valmistettavat mallit (Gardner Denver Oy 2015)

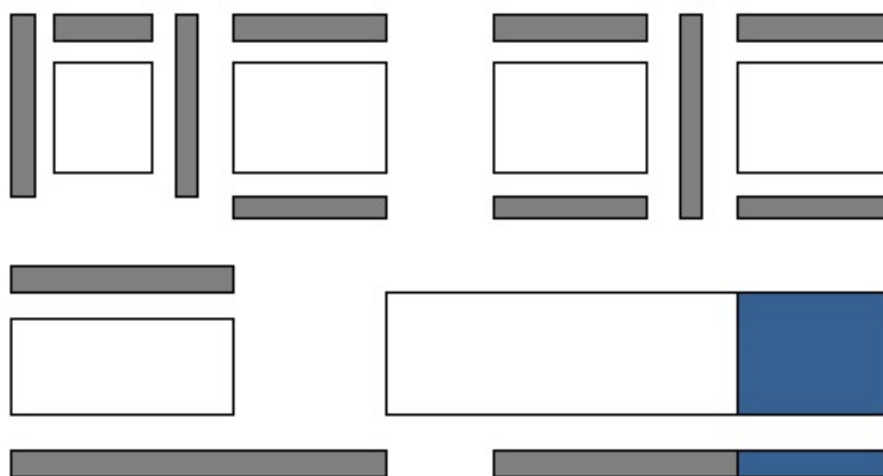
Tuotesarja	Moottori (kW)	Yksikkö
TMC 86-124	90-110	GD7G
TMC 105-235	90-200	E75, E75G
TMC 240-365	200-315	E175, E175G
TMC 400-450	355-400	D321G

### 8.2 Kokoonpano

Uutta kompressorimallia ei kannata valmistaa yrityksen nykyisessä solujärjestelyssä, koska sen läpäisy aika on huomattavasti pidempi kuin muiden tuoteperheessä olevien kompressorimallien. Myöskään nykyiseen solujärjestelyyn ei kannata lisätä uuden mallin tuomia komponentteja, koska tuotetta valmistetaan alkuun vain muutamia vuodessa.

Tällä hetkellä sijoittaisin uustuotteen kokoonpanon kuvassa 10 sinisellä merkattuun kohtaan. Tuotteen kysynnän kasvaessa siihen vaadittavat osat sijoitettaisiin kokoonpanopisteen taakse merkattuun hyllyyn. Nykyisin hyllyssä säilytetään muissa kompressorimalleissa käytettäviä letkuja ja muita komponentteja. Uuden tuotteen kysynnän kasvaessa kannattaa sille suunnitella oma kokoonpanopiste. Oman kokoonpanopisteen ansiosta loppukokoonpano tehostuu, jolloin valmistusaika lyhentyy. Kokoonpanopisteen ansiosta myös komponenttien etsimiseen käytetty aika vähentyisi.

Uusi kompressorimalli sisältää paljon suuria komponentteja ja vaatii lähes jatkuvaa siltanosturin käyttöä. Jatkuvan nosturin tarpeen vuoksi kokoonpano on hyvä sijoittaa linjan päähän, jotta toiselle siltanosturille jäisi vapaa liikuttavuus.



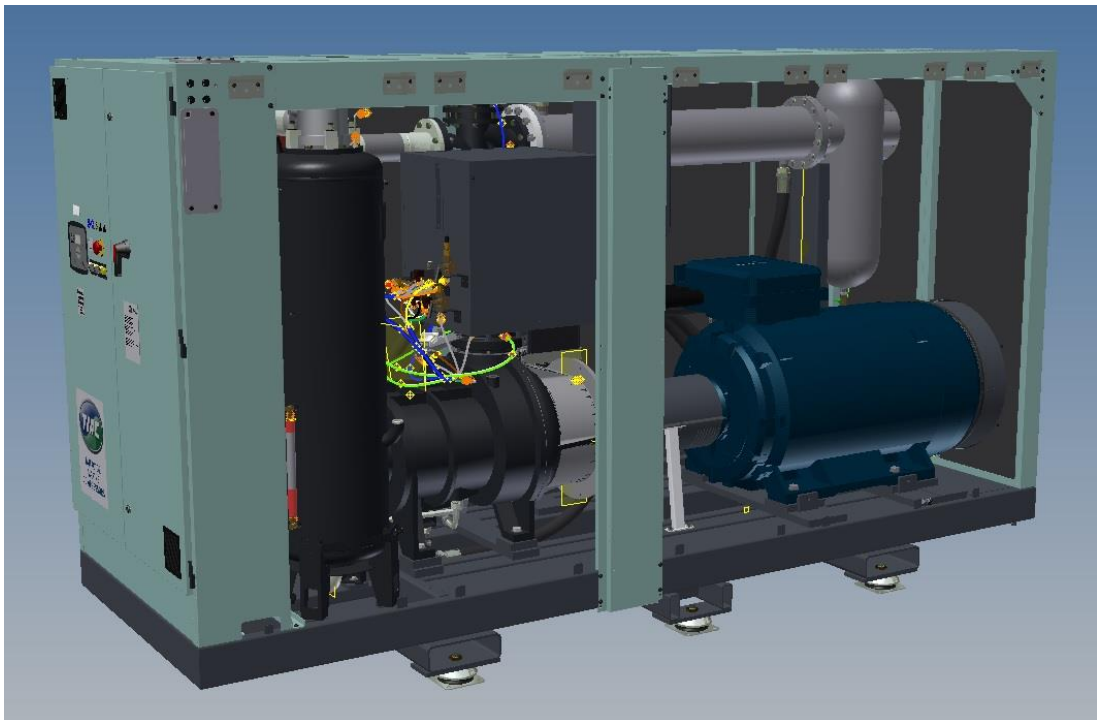
KUVA 10. Uustuotteen kokoonpanopiste (Tommi Toivonen 2015)

### 8.3 Materiaalit lähellä

Tuotantolinjalle on tällä hetkellä hankalaa mahduttaa enempää komponentteja, joten uusien osien varastointi sijoittuu vääjäämättä kokoonpanopistettä kauemmaksi. Ennen varsinaista kokoonpanon aloittamista tuotteen komponentit kannattaa kerätä kokoonpanopaikan läheisyyteen, josta ne ovat loppukokoonpanon alkaessa nopeasti asennettavissa. Näin toimittaessa tuotteen valmistuksesta saadaan tehokkaampaa. Osien jatkuva hakeminen loppukokoonpanon aikana hidastaa valmistusprosessia. Oman arvioni mukaan noin 25 % tuotteen läpäisyajasta kuluu vain osien ja komponenttien etsimiseen.

#### 8.4 TMC 400-450 ruuvikompressori

Uusi TMC 400-450 ruuvikompressori kehitettiin korvaamaan vanha LG 400-450, jonka kustannukset olivat noin 25 % suuremmat ja läpäisy aika lähes kaksinkertainen. Tuotot kompressorimalleissa ovat samaa luokkaa, koska molemmat hyödyntävät D321G -ruuviyksikköä. Uustuotetta suunniteltaessa on pyritty hyödyntämään tuoteperheen pienemmissä malleissa käytettyjä komponentteja, jolla minimoidaan uusien osien hankinnat. Kuvassa 11 on TMC 400-450 tuotesarja.



KUVA 11. TMC 400-450 tuotesarja (Katja Naukkarinen 2015)

#### 8.5 TMC 400-450 esivalmistus

TMC 400-450 tuotesarjan esivalmistus aloitettiin helmikuussa 2015 Gardner Denver Oy:ssä. Esivalmistusvaiheessa etsitään ratkaisuja uudentuotesarjan valmistusprosessin nopeuttamiseksi. Esivalmistuksen aikana pyritään selvittämään tuotteessa esiintyvät virheet, muutosehdotukset sekä korjata rakenteessa tai kuvissa havaitut puutteet.

Esivalmistusvaiheessa tärkeään rooliin nousee kokoonpanoryhmän ja suunnittelun välinen kommunikointi. Suunnittelusta saadaan työryhmälle käsitys eri kokoonpanojen toteuttamisesta kokoonpano- ja 3D-kuvien avulla. Vastaavasti kokoonpanotyöntekijät

voivat antaa omia näkemyksiään kokoonpanon suorittamisesta, jos kokevat kokoonpanovaiheet haastaviksi tai mahdottomiksi. Mielestäni uustuotteen suunnittelijan tulisi olla mahdollisimman paljon tuotannossa esivalmistuskappaletta kokoonpantaessa, jolloin tuotannossa havaitut ehdotukset ja puutteet saataisi välittömästi korjattua.

Esivalmistusvaiheen yhteydessä kokoonpanossa ilmenneistä asennustilanteista ja suoritustavoista kerättiin materiaalia, josta tullaan tekemään kokoonpano-ohjeistus. Kokoonpano-ohje tehdään tulevien kokoonpanojen helpottamiseksi. Esivalmistusvaiheessa havaituista työmenetelmistä, nostotavoista ja kokoonpanon jakautumisesta linjalla tullaan tekemään esitykset.

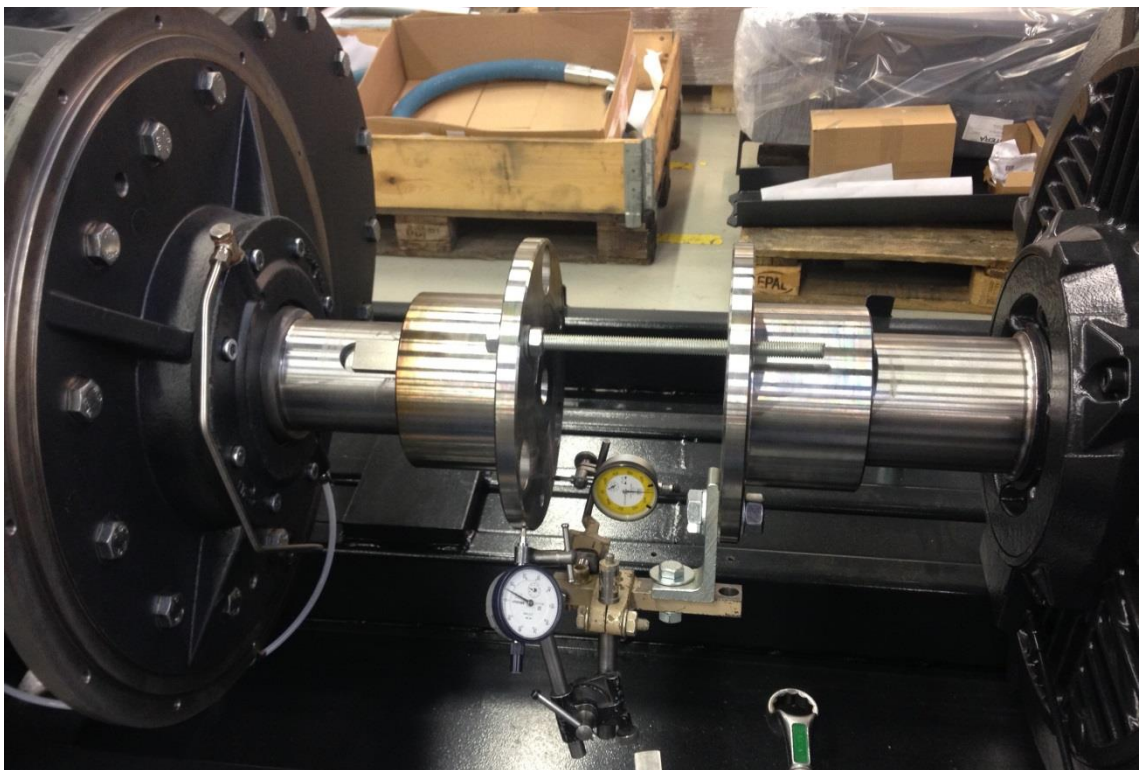
## 9 Uustuotteen kokoonpano

### 9.1 Runko ja yksikkö

Uustuotteeseen on suunniteltu täysin uusi runkomalli, koska kompressorimalli on pituudeltaan pidempi kuin tuoteperheen aikaisemmat mallit. Kompressorissa käytettävän rungon varastointi suoritetaan pihalla suojatusti, sillä kokoonpanolinjalla se veisi vain ylimääräistä tilaa.

Runkoon liittyvät valmistelut suoritetaan loppukokoonpanossa. Esivalmistus kappaleessa rungon saumat tiivistettiin, mutta jatkossa toimenpide suoritetaan jo alihankkijalla.

Kokoonpanotyöntekijä Mika Leinosen (2015) mukaan levylamellikytkin on vastaavanlainen kuin LG:ssä käytetty, joten kytkimen asennus toteutetaan vastaavasti kuin aikaisemmassa mallissa. Kuvassa 12 asennetaan levylamellikytkintä.



KUVA 12. Levylamellikytkimen asennus (Tommi Toivonen 2015)

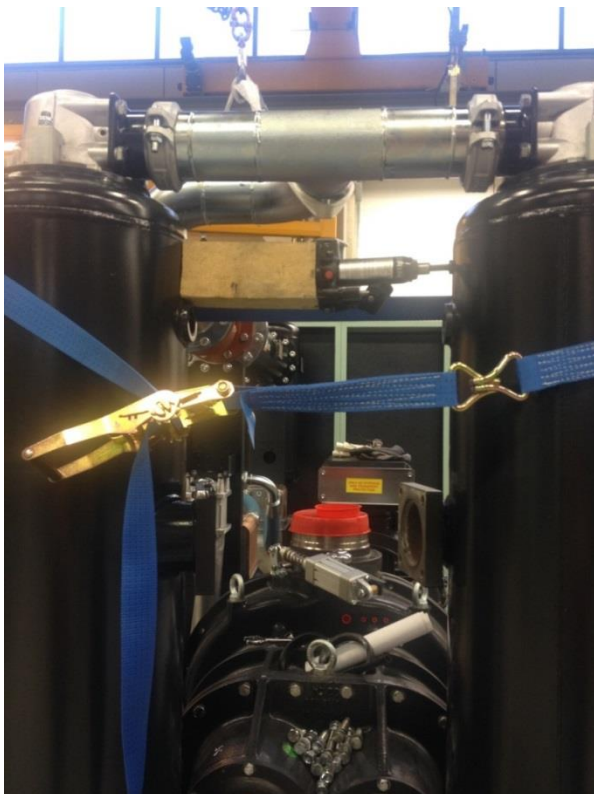
## 9.2 Tuottoputket

Tuottoventtiilien välisen tuottoputken asennuksessa ilmeni, että tuottoventtiilien välinen ero oli suurempi kuin suunnitellun tuottoputken pituus. Vaikuttavia tekijöitä olivat säiliössä sijaitsevien laippojen etäisyydet säiliöstä ja säiliötä yhdistävän tuottoputken toleranssit. Jotta tuottoventtiilien välinen putki saatiin asennettua, oli säiliöt yhdistävä tuottoputki lyhennettävä laippojen väliseen etäisyyteen sopivaksi. Kuvassa 13 on havainnollistettu toimenpiteet säiliöt yhdistävän tuottoputken mitan määrittämiseen.

Vaihtoehtoisia ratkaisuja lisätoimenpiteiden poistamiseen:

- Säiliössä sijaitsevalle laipalle on määriteltävä tarkemmat toleranssimääräykset.
- Suunnitella jonkinlainen jigi, jossa on kiinnityskohdat yksiköltä säiliölle tulevalle tuottoputkelle sekä kannatin alustat säiliölle.

Nykyisellä toimenpiteellä toinen tuottoputkista on tilattava ylipitkinä ja lyhennettävä loppukokoonpanossa oikeaan mittaan. Kyseinen toimenpide pidentää tuottoputkien asennusaikaa huomattavasti.



KUVA 13. Tuottoputkien asennukseen liittyvät toimenpiteet (Tommi Toivonen 2015)

### 9.3 Säiliökokoonpano

Säiliöihin liittyvät kokoonpanot suoritetaan säiliökokoonpanossa vastaavasti kuin muissa tuotesarjan kompressoreissa. Säiliökokoonpanoon on toimitettava kokoonpanon mahdollistamiseksi vaadittavat dokumentit ja kuvat, joista selviää tuottoventtiilin oikean asento sekä säiliön sisäosat. Tuottoventtiilin tulppaukset ja säiliöön tarvittavat liitin liimaukset suoritetaan vasta loppukokoonpanossa. Kuvassa 14 esitetään tällä hetkellä säiliökokoonpanossa suoritettava varustelu.

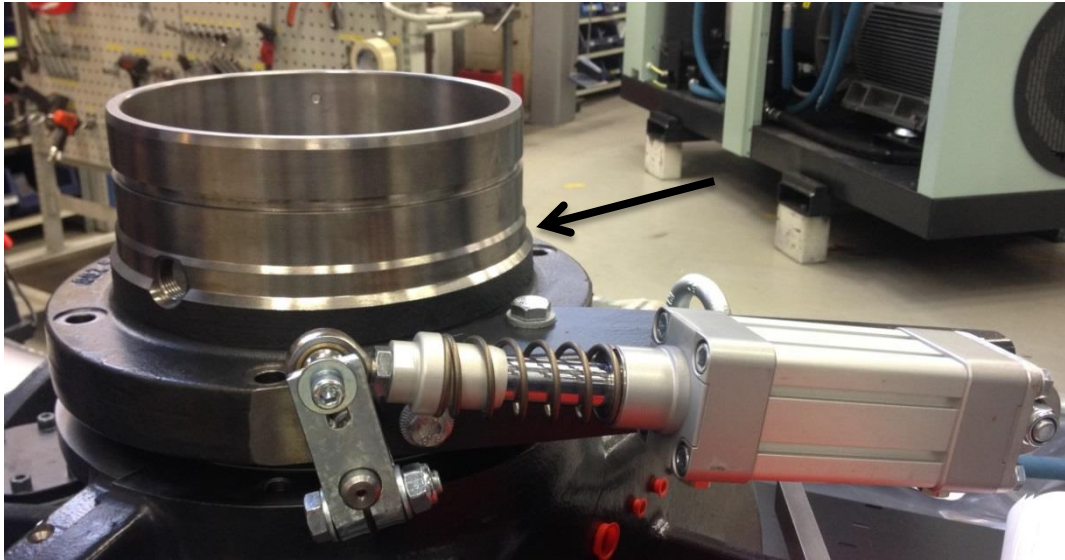
Vaihtoehtoisena ratkaisuna säiliökokoonpanossa voisi säiliöt varustella jo siten, että tuottoputket ja pienemmät komponentit tulisivat valmiiksi asennettuina. Tuottoventtiilin väliseen tuottoputkeen jätettäisiin pieni liikkumisvara, mutta muut säiliökokoonpanon sisältävät tuottoputket kiristettäisiin. Kahden säiliön paketti varastoitaisiin kuormalavalle makuulle, josta loppukokoonpano noutaisi sen kokoonpanon alkaessa.



KUVA 14. Säiliökokoonpano (Tommi Toivonen 2015)

## 9.4 Imuventtiili

Ennen imuventtiilin asennusta tuote kiinnitetään ruuvipenkkiin ja porataan kuvassa 15 esitettyyn kohtaan 1/8” kierrereikä. Toimenpide tehdään ruuvipenkissä, jotta vältetään lastujen päätyminen roottorien sekaan.



KUVA 15. Imuventtiili (Tommi Toivonen 2015)

## 9.5 Jälkijäähdytinkokoonpano

Jälkijäähdytinkokoonpano (kuva 16) valmistellaan nostopöydällä moduulikokoonpanossa, koska osien kääntäminen ja liikuttaminen on haastavaa linjan muissa kokoonpanopisteissä. Esivalmistusmallissa paketti nostettiin kuormaliinojen avulla, mutta kuormaliinoilla nostettaessa paketin tasapainottaminen oli haasteellista. Kokoonpanotyöntekijä Mika Leinosen (2015) mukaan kokoonpanon nosto kuormaliinojen avulla ei ole suotavaa, koska vedenerotin painaa huomattavasti enemmän verrattuna tuottoventtiilin puoleen. Kuormaliinoilla nostettaessa kokoonpano voi lähteä liinoista liikkumaan ja tippua.

Mielestäni hyviä ratkaisuja jälkijäähdytinkokoonpanon turvalliseen nostamiseen:

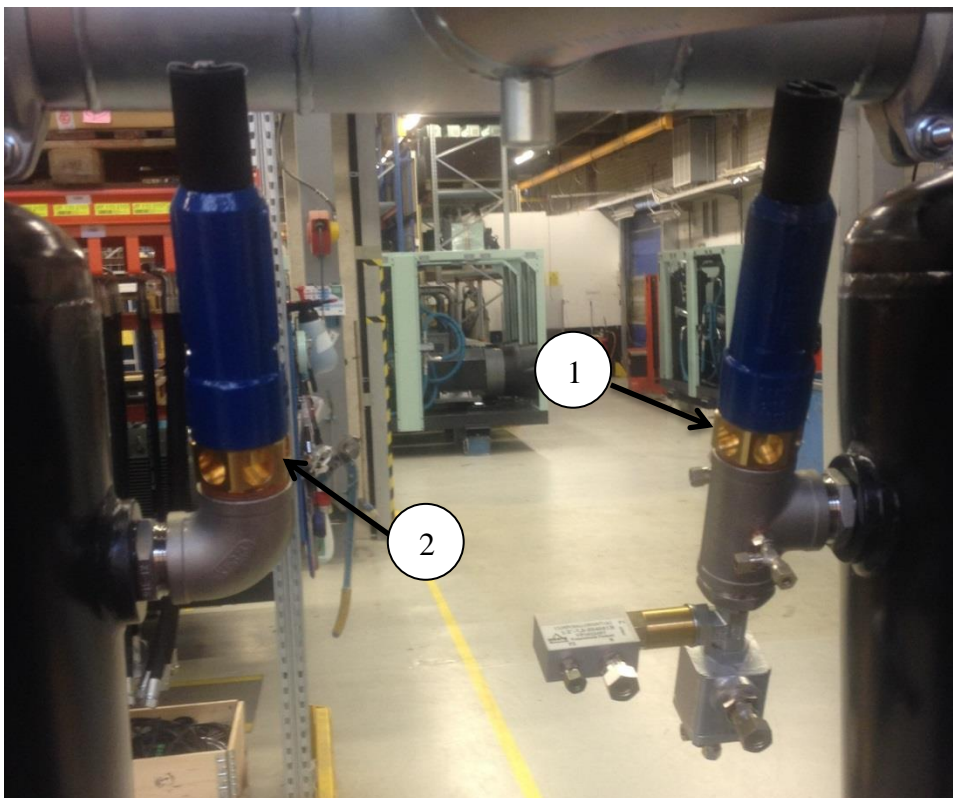
- Asentaa noston ajaksi jäähdyttimen laippojen kiinnityskohtiin pussisakkelit.
- Valmistaa jälkijäähdyttimen laippoihin irtonaiset nostokorvakkeet.
- Pyytää alihankkijalta jälkijäähdyttimen laippoihin kiinteät nostokorvakkeet.



KUVA 16. Jälkijäähdytinkokoonpano (Tommi Toivonen 2015)

## 9.6 Varoventtiilikokoonpano

Varoventtiilikokoonpanoja tarvitaan uustuotteessa kaksi kappaletta (kuva 17). Varoventtiilikokoonpano (1) suoritetaan osakokoonpanossa, jonka jälkeen tuote varastoidaan omalla koodilla muiden varoventtiilikokoonpanojen läheisyyteen. Varoventtiilikokoonpanoon (2) liittyvät asennukset suorittaa loppukokoonpano.



KUVA 17. Varoventtiilikokoonpano (Tommi Toivonen 2015)

## 9.7 Öljyjäähdytinkokoonpano

Öljyjäähdytinkokoonpanot suoritetaan osakokoonpanon nostopöydällä, jonka jälkeen ne siirretään kuormalavalle ja varastoidaan osakokoonpanon läheisyyteen.

## 9.8 Öljynsuodatinkokoonpano

Öljynsuodatinkokoonpano valmistellaan osakokoonpanossa, jonka jälkeen se varastoidaan omalla koodilla muiden öljynsuodattimien läheisyyteen.

## 9.9 Vedenerotin

Vedenerottimen paikoilleen nostaminen tapahtuu itsessään jo jälkijäähdytinkokoonpanon yhteydessä loppukokoonpanon suorittamana. Vedenerottimeen tuleva kierrereikä ja liitin (kuva 18) toteutetaan loppukokoonpanossa.



KUVA 18. Vedenerottimeen tulevan nipan paikka (Tommi Toivonen 2015)

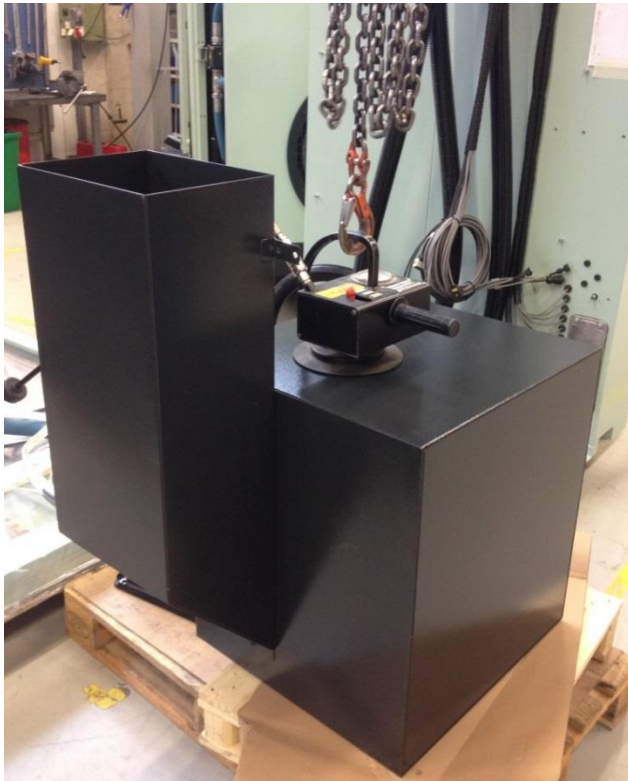
## 9.10 Lauhteenpoistokokoonpano

Lauhteenpoistokokoonpano tehdään valmiiksi osakokoonpanossa ja varastoidaan muiden tuoteperheen kokoonpanojen läheisyyteen. Loppukokoonpano suorittaa kaikki lauhteenpoistoon liittyvät asennukset.

## 9.11 Ilmansuodatinkotelo

Esivalmistusmallissa ilmansuodatinkotelo nostettiin paikoilleen siltanosturin ja alipainetarraimen avulla. Yrityksessä on nostettu ML -sarjan kattopeltejä ja ilmansuodatinkoteloita alipainetarraimen avulla, mutta pienellä kappaleen liikkeellä alipaineen teho voi pettää ja kokoonpano tippua. Tarraimella suoritettavista nostotapahtumista on luovuttu turvallisuussyistä.

Turvallisemman nostotapahtuman aikaansaamiseksi, voisi kokeilla asentaa kaksi kappaletta vetoniittejä kotelon ristikkäisiin kulmiin ja suorittaa nostotapahtuma siltanosturin sekä nostolenkkien avulla. Kuvassa 19 on esivalmistusvaiheessa käytetty nostotapahtuma.



KUVA 19. Ilmansuodatinkotelon nostotapahtuma (Tommi Toivonen 2015)

## 9.12 Sähkökaappi

Kuvassa 20 on esitetty kaksi eri sähkökaapin nostotapahtumaa. Vasemmanpuoleisen kuvan mukainen nostotapahtumaa ei ole suositeltavaa. Sähkökaapin nosto tulee suorittaa jatkossa kuvan oikeanpuoleisen nostotapahtuman mukaisesti.

Vasemmanpuoleisessa nostotapahtumassa nostosta aiheutuva jännitys keskittyy sähkökaapin sivuissa oleviin niitteihin vetäen niitä kyljestä pois päin. Uudessa nostotavassa kiinnityslevyjä nostettaisiin pystysuunnassa ja niitteihin kohdistuva jännitys on huomattavasti pienempi.

Uutta nostotapaa kannattaa hyödyntää myös TMC 240-365 sähkökaapin nostossa.



KUVA 20. Nostotapahtumien vertailu (Tommi Toivonen 2015)

## 9.13 Ohjausilmaputkisto

Uustuotteeseen on suunniteltu valmisputkisarja, jonka jokainen putki on värikoodattu. Esivalmistusvaiheessa värikoodatut putket mitoitettiin oikean mittaisiksi. Värikoodatun

putkisarjan ja selkeiden säätökuvien ansiosta kokoonpanovaihe voidaan suorittaa huomattavasti nopeammin kuin ohjausilmaputkia täytyisi asentaa yksitellen.

### 9.14 Korikokoonpano

Korikokoonpano sisältää takaseinän, imukanavan, runkopalkit, yläpalkit, kattoelementit sekä runkopalkkien välisen yläelementin. Korikokoonpanoon liittyvät asennukset suoritetaan loppukokoonpanossa. Kattoelementit saadaan nostettua turvallisesti käyttämällä elementtien nostoon tarkoitettuja levyjä (kuva 21).



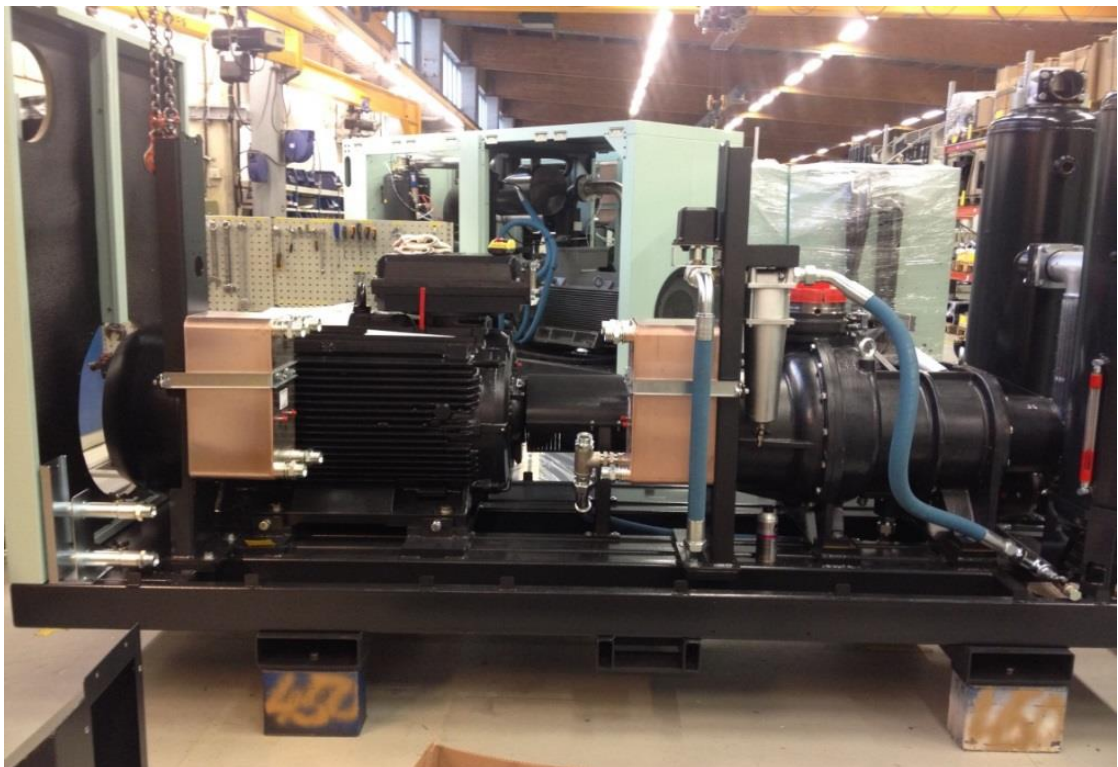
KUVA 21. Kattoelementin nostotapahtuma (Tommi Toivonen 2015)

## 10 Kokoonpanovaiheet

Vaiheistamalla loppukokoonpanoa tullaan välttymään päällekkäisiltä asennustilanteilta. Kun työparilla on selkeä käsitys työnkulusta, voivat he keskenään sopia kokoonpanovaiheiden työnjaosta.

Loppukokoonpano lähtee liikkeelle rungon esivalmisteluista sekä moottorin ja yksikön paikoilleen asentamisesta. Levylamellikytkimen asennukseen liittyvät toimenpiteet ovat aikaa vieviä, mutta kytkimeen liittyvät toimenpiteet suorittaa vain toinen loppukokoonpanon työntekijöistä. Toinen työntekijä voi käyttää tämän ajan valmistelemalla jo seuraavia kokoonpanovaiheita sekä keräämällä vaadittavat alikokoonpanot ja komponentit loppukokoonpanon läheisyyteen.

Vaiheessa kaksi asennetaan öljynjäähdyttimien tolpat sekä osakokoonpanosta saadut säiliökokoonpanot ja öljynjäähdyttimet. Mixing-valve ja öljynsuodatin asennetaan paikoilleen. Takaseinä, imukanava ja imuventtiili asennetaan pakettikokoonpanon jälkeen. Vaiheen kaksi jälkeen tuotteen tulisi vastata kuvaa 22.

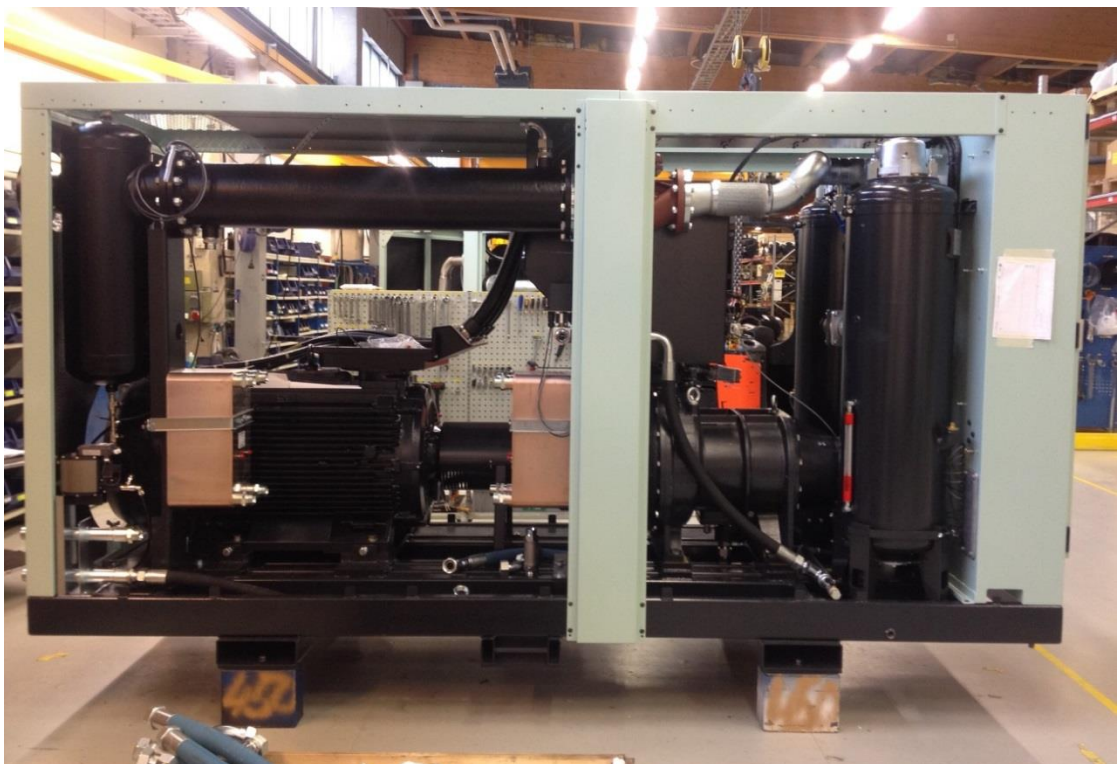


KUVA 22. Loppukokoonpanon vaihe kaksi (Tommi Toivonen 2015)

Vaiheessa kolme asennetaan jälkijähdytinkoonpano, ilmansuodatinkotelo ja sähkökaappiin liittyvät asennukset. Ennen sähkökaapin nostoa tulee suorittaa seuraavat toimenpiteet, koska sähkökaapin mukana tulevat sähkökaapelit nostetaan samanaikaisesti:

- Ilmansuodatinkotelon asennus
- Korin runkopalkkien asennukset
- Korin tukielementin asennus
- Kaapelikourun kiinnitys tukielementtiin

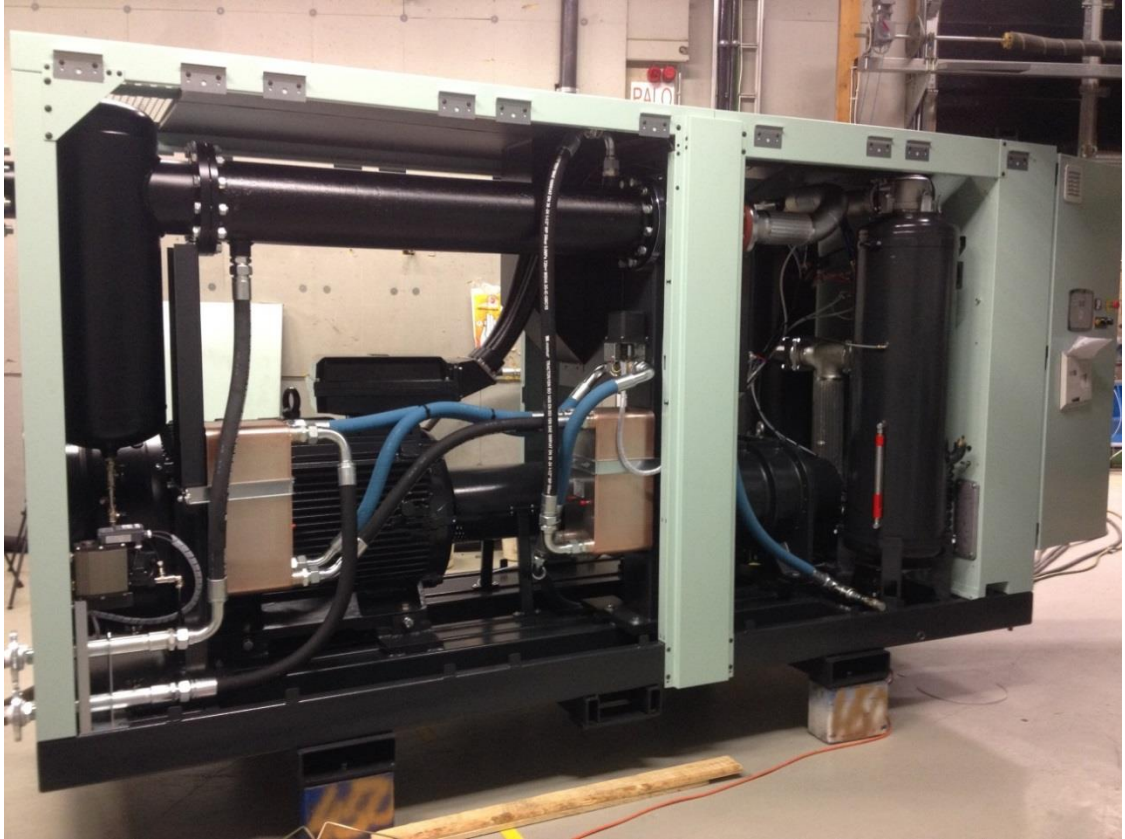
Moottorin sähköjen kytkeminen sekä lämpötila-antureille tulevien kaapelien vienti suoritetaan myös tässä vaiheessa. Kuvassa 23 näkyy vaadittavat asennukset ennen vaiheeseen neljä siirtymistä.



KUVA 23. Loppukokoonpanon vaihe 3 (Tommi Toivonen 2015)

Vaiheessa neljä asennetaan ohjausilmaputkisarja sekä öljy- ja vesiletkut. Tämä vaihe sisältää myös kompressorin viimeistelyosion, joka kattaa oven ripustuslistat, tarroituksen, laippojen liimaukset ja loppukokoonpanon kuittauksen. Kokoonpanolinjalla suoritettavat toimenpiteet kokonaisuudessaan on esitetty kuvassa 24. Kuvasta puuttuvat kompressoriin kuuluvat sivuovet, mutta ovien paikoilleen asentaminen suoritetaan vasta koekäytön jälkeen. Liitteessä 1 on asiakkaalle toimitettava lopputulos.

TMC 400-450 kompressorikokoonpanon tullessa tuotannolle tutuksi arvioin loppukokoonpanoajaksi noin 74 - 78 tuntia. Kokoonpanoaika ei sisällä koekäyttöä, lopputarkastusta, sivuovien asennusta tai pakkausta. Sivuoivien asennuksen suunnittelin toteutettavaksi pakkauksen yhteyteen, koska ovien varastointipaikka on pakkauspisteen läheisyydessä.



KUVA 24. Loppukokoonpanon tulos (Tommi Toivonen 2015)

## 11 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli esittää Gardner Denver Oy:lle ratkaisuja mahdollisimman kustannustehokkaasta valmistusprosessista, jossa jokaisella kokoonpanopisteen työntekijällä on käsitys millä työmenetelmillä sekä mitkä kokoonpanon liittyvät toimenpiteet heidän tulisi suorittaa. Työn tuloksena yritys saa esivalmistusvaiheen aikana esiintyneiden havaintojen avulla tehdyn kokoonpano-ohjeistuksen. Ohjeistuksella tuetaan eri kokoonpanopisteissä suoritettavia kokoonpanomenetelmiä.

Opinnäytetyössä esitetyillä ehdotuksilla ja ratkaisulla uuden tuotesarjan valmistusprosessia saadaan nopeutettua ja selkeytettyä tulevia kokoonpanoja ajatellen. Työssä esitin oman näkemykseni TMC 400-450 valmistusprosessiin kuluva ajasta. Tuotteen kysynnän kasvaessa vastaavanlaiseksi kuin tuoteperheen muiden kompressoreiden, olisi tuotteelle varmasti paikallaan suunnitella oma kokoonpanopiste. Oman kokoonpanopisteen ja vakiintuneiden työmenetelmien ansiosta valmistusprosessi tulee varmasti tehostumaan.

Opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen sekä haasteellinen. Sain runsaasti tietoa ja näkemystä uuden tuotesarjan valmistusprosessista. Työlle asetetut tavoitteet toteutuivat ja kokonaisuudessaan työ sujui hyvin. Sain työstä hyvää käytännön kokemusta ja käsityksen millaisia haasteita uuden tuotteen tuotantoon vienti asettaa.

## LÄHTEET

Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P. & Ruohonen, M. 2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Helsinki: Teknova Oy.

Gardner Denver Oy. Suulliset keskustelut, Sisäiset esitykset ja tiedotteet 2015.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. 6. painos. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.

Kuntonen, J. 2009. Öljynerotussäiliön suunnittelu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Kuntonen, M. 2008. Uustuotteen valmistusprosessin tehostaminen. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. 1. painos. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

Leinonen, M. Kokoonpanotyöntekijä. Gardner Denver Oy. Keskustelut 2/2015 – 3/2015.

Soronen, O. 1999. Massaräätälöinti asiakasmyötäisessä tuotannossa. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Tamrotor esite, Enduro air ends 2008.

Tamrotor. Products. Enduro-series. 2013. Luettu 19.04.2015. <http://www.tamrotor.fi/>

**LIITTEET**

Liite 1. TMC 400-450 Lopputarkastuksen jälkeen



## Liite 2. Esivalmistuskappaleessa ilmenneet puutteet

TMC400-450 rakennemuutokset (Esivalmistusvaiheessa todetut)		Suunnittelussa huomioitu
1.	Runko	OK
	Altaiden reuna halutaan korkeammaksi	OK
	Pikkukaukaloiden saumat tiivistettävä	OK
	Selvitä tarviiko HSG lisäreikiä trukkipalkkeihin (kuten TMC240-365)	OK
2.	Sähkökaappi	OK
	Lisää takaseinään 2kpl M6-sisäkierreniittejä	OK
	Suurena ohjaimen reikää	OK
	Säiliön panta käännettävä säiliökp:ssa toisin päin tai siirrettävä sähkökaapissa tukilistaa	OK
	Nostotapahtumassa käytetään tuotannosta löytyvää 500kg-nostinta	OK
3.	Yksikön kiila puuttuu kytkinkp:sta	OK
4.	Ilmanohjaimen tehty revisiomuutos -A (siirretty hitsisauma sisäpuolelle)	OK
5.	Katto- ja päätylevyihin (3kpl/pelti) samanlaiset nippusidekolot kuin keskitolpissa	OK
6.	3-tiehanat, painelähetit ja niiden tuet säätökp:oon (malli ks. TMC85)	OK
7.	Vedenerottimeen tulevan lämpötila-anturin reijän suojaus muovitulpalla	OK
8.	Poista yks-säiliö-tuottoputkesta lämpöanturin muhvi (lämpöanturi laitetaan yksikköön)	OK
9.	JJ:n mukana tulee M20x80-pultit ja mutterit (laita ranskalaisella viivalla rakenteeseen)	OK
10.	Jäähdyttimen tolppaan SWEP-reikiin läpipultti (muuta reiät halk. 11mm) (kuva muuttuu)	OK
11.	SWEPin t-haara kiinnitetään jäähdyttimeen nipalla 80798509 (kartiokierre) (kuva muuttuu)	OK
12.	Muuta säiliön jalkaran kiinnitysruuvit M12 --> M10	OK
13.	Lisää tiivistenauhaa 1,4m s=2mm imukanavan ja -kotelon väliin (kuva muuttuu)	OK
14.	Jos mahdollista, lisää 1/8"-reikä imuventtiilin kylkeen (S5)	OK
15.	Imuventtiilin nippaan supistusnipa 1/2"-1/4"	OK



