

Petri Pellikka

# MEPU 6:n kokoonpanon kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

21.4.2015

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Petri Pellikka MEPU 6:n kokoonpanon kehittäminen  22 sivua 21.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Automaatio
Ohjaaja	Raskaan kokoonpanon esimies Timo Peltonen Lehtori Heikki Paavilainen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli kirjoittaa Marioff Corporation oy:lle työvaihelista uuden MEPU 6- yksikön kokoonpanon työhjeistuksen pohjaksi. Tärkeimpinä tavoitteina oli listata kokoonpanon työvaiheet, jakaa työvaiheet tasaisesti eri kokoonpanopisteille, kerätä huomioita työvaiheiden vaatimuksista sekä määrittää materiaalivirta eri kokoonpanon vaiheille.</p> <p>Insinööriyön aikana MEPU 6:n kokoonpanovaiheet koottiin luetteloksi sekä jaettiin alustaviin työvaiheisiin. Näistä alustavista työvaiheista koottiin lista huomioita ja parannusehdotuksia, joilla pyrittiin keskittämään huomioita kokoonpanoprosessin kehittämiseksi mahdollisimman lean- tuotantojärjestelmän henkiseksi.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena saatiin aikaan pohja, josta tulevaisuudessa kyetään laatimaan MEPU 6:lle tuleva kokoonpanotyöhje sekä avustamaan materiaalivirran suunnittelussa työvaiheille. Tämän lisäksi insinööriyössä tuotiin esiin huomioita nykyisestä kokoonpanolinjasta, jolta tulee kehittää MEPU 6:n massatuotannon helpottamiseksi.</p>	
Avainsanat	Marioff, MEPU 6, standardoitu työ, imuohjaus, lean

Author(s) Title	Petri Pellikka Enhancing MEPU 6 Assembly
Number of Pages Date	22 pages 21 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Automation Engineering
Instructor(s)	Timo Peltonen, foreman, heavy assembly Heikki Paavilainen, lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to compose a list of assembly phases of MEPU 6 for Marioff Corporation Oy in Kerava. The objective was to create a list which could be used as a basis for standard work instructions for assembly workers. The priorities in this work were to list the phases of assembly, divide these phases equally into assembly cells, collect observations about the assembly process and finally, to specify the material flow for each assembly phase.</p> <p>During this study the phases of the MEPU 6 assembly were listed and divided into preliminary stages. Observations and suggestions of improvement were made on the preliminary stages so that the assembly process could be enhanced to resemble a lean production process.</p> <p>In conclusion, a list was compiled that would form the basis for the standard work instructions for assembly workers and would also aid in the design of material flow for the production stages. Furthermore, a list of notifications on the current production line was created so that these may be notified while preparing the production line for the mass production of MEPU 6.</p>	
Keywords	Marioff, MEPU 6, standard work, pull system, lean

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Marioff Corporation oy	2
3	Työn standardointi	3
3.1	Työn standardoinnin edut	3
3.2	Kokoonpanovaiheet standardoidun työn pohjana	4
4	Tuotannon yksikkörakenteiden vertailua	4
4.1	Paikkakokoonpano	4
4.2	Kokoonpanolinja	6
4.3	Tuotantorakenteen valinta	7
5	MEPU 6:n kokoonpanojärjestys	9
5.1	MEPU 6:n yleisesittely	9
5.2	Esitietoja	10
5.3	Kokoonpanon vaiheet	11
6	MEPUn kokoonpanon vaatimukset työpisteiltä	16
6.1	Ensimmäinen työvaihe	16
6.2	Toinen työvaihe	17
6.3	Kolmas työvaihe	17
7	Materiaalivirta työvaiheille	18
7.1	Imuohjaus	18
7.2	Kanban tuotantolinjalla	19
7.3	Ensimmäisen vaiheen materiaalitarve	19
7.4	Toisen vaiheen materiaalitarve	20
7.5	Kolmannen vaiheen materiaalitarve	20
8	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Marioff Corporation oy:n Keravan tehdas. Marioff Corporation oy valmistaa Keravalla korkeapainepalonsammutusjärjestelmiä. Tämä työ sijoittuu raskaan kokoonpanon pumppuyksiköiden kokoonpanolinjalle.

Marioff on kehittämässä uutta korkeapainepalonsammutusjärjestelmää markkinoille. Tämä uusi tuote (MEPU) on ollut kokoonpanossa prototyyppinä vuoden 2014 lokakuussa ja ennen tuotteen siirtymistä massatuotantoon olisi selvitettävä MEPU:n vaatimukset nykyiselle tuotantolinjalle sekä tehokkain kokoonpanojärjestys ja -vaiheet.

Tämän työn tarkoitus on listata uuden MEPU 6 -korkeapainepumppujärjestelmän työvaiheet ja niiden erikoishuomiot sekä työvaiheiden materiaalivirta. Kaikki tämä tulee toimimaan pohjana tulevalle standardityöohjeelle, joka laaditaan MEPU 6:n kokoonpanoa varten. Lisäksi työssä on tarkoitus kerätä huomioita MEPU 6:n vaatimuksista nykyiselle tuotantolinjalle sekä materiaalivirrasta eri työvaiheille.

MEPU 6 ei ole vielä tuotannossa vaan prototyyppitestausvaiheessa. Kattavan työvaiheluettelon laatiminen sekä kokoonpanovaiheiden vaatimusten kartoittaminen mahdollistavat puuttumisen kokoonpanon ongelmakohtiin jo varhaisessa vaiheessa ja helpottavat tuotantolinjan siirtymistä MEPU 6:n massatuotantoon.

Kokoonpanojärjestystä ja materiaalivirtaa kehitettäessä on pyritty hyödyntämään lean-tuotantojärjestelmän työkaluja. Tarkoituksena on vähentää hukkaa ja tuotteelle lisäarvoa tuottamattoman työn määrää eri kokoonpanoprosessin vaiheissa.

## 2 Marioff Corporation oy

Marioff on Suomessa perustettu palonsammutusjärjestelmien valmistamiseen erikoistunut yritys, jonka tehdas sijaitsee Keravalla ja päämaja Vantaalla. Keravan tehtaalla valmistetaan ja kokoonpannaan kaikki pumppuyksiköt, sprinklerit sekä venttiilit. Tehtaalla sijaitsee myös oma koneistusosasto. [1.]

Marioff perustettiin suomessa vuonna 1985 luomaan laadukkaita palonsammutusjärjestelmiä niin maalle kuin merelle. Siten yhtiön nimi on tuleekin sen toiminta- alueista MARIne & OFFshore. Vuonna 1991 Marioff toi markkinoille oman HI-FOG®- järjestelmän, josta on tullut yrityksen menestyksen avain. Marioff on kasvava yritys ja HI- FOG®- tuotteilla suojataan yhä enemmän kohteita sekä maalla että merellä. [2.]

HI- FOG®:n ero perinteiseen sprinklerisammutukseen on veden pisarakoossa. HI-FOG®:ssa vesi tulee sprinkleristä suurella paineella ja pienellä pisarakoolla sumumaisessa muodossa. Tarvittava paine tuotetaan joko kaasulla tai sähkömoottorien ohjaamilla pumpuilla. HI- FOG®:n edut verrattuna perinteiseen sprinkleriin ovat:

- Pienen pisarakoon ansiosta sumu viilentää ilmaa nopeasti ja vähentää lämpövaurioita kohteelle. Ilman viileneminen myös tukahduttaa paloa.
- Vesisumu vähentää lämpösäteilyn aiheuttamia vahinkoja kohteelle.
- Vesisumu syrjäyttää paikallisesti hapen ja tukahduttaa paloa.
- HI- FOG® kuluttaa huomattavasti vähemmän vettä kuin perinteinen järjestelmä, jolloin myös kosteusvauriot suojattavalle kohteelle jäävät huomattavasti pienemmiksi. [3.]

### 3 Työn standardointi

#### 3.1 Työn standardoinnin edut

”Tämän päivän standardointi on välttämätön perusta, johon huomispäivän kehitys pohjautuu. Jos ajattelet ”standardointia” parhaana vaihtoehtona, minkä tiedät tänään, mutta jota täytyy parantaa huomenna, alat päästä jyvälle. Mutta jos pidät standardeja suljettuina, kehitys pysähtyy.” Henry Ford. [4.]

”Standardointi on jatkuvan parantamisen ja laadun perusta.” Jeffrey Liker. [5.]

Luomalla yhtenäiset, standardoidut työohjeet, kyetään kokoonpanoprosessista luomaan tehokas ja laatua tuottava sekä samalla luodaan pohja prosessin jatkuvalla kehittymiselle. Standardoimaton työtä on mahdoton parantaa, sillä jos jokainen työntekijä suorittaa kokoonpanon omien tapojensa mukaan, ovat parannusehdotukset vain yksi variaatio muiden mukana. Siksi optimaalisinta olisi kerätä eri kokoonpanovariaatioista parhaat puolet ja kaikkien prosessiin osallistuvien kesken koota näistä yksi yhteinen tapa kokoonpanolle. [5, s. 142.]

Kun kokoonpanovaiheet saadaan muotoiltua yhtenäiseksi standardoiduiksi työohjeiksi, voidaan alkaa suunnittelemaan prosessin tehostamista. Standardoidut työvaiheet ja menetelmät tuovat kokoonpanoon ennustettavuutta sekä läpinäkyvyyttä. Tällöin kokoonpanovaiheita on helpompi pilkkoa sopivan kokoisiksi ja kokoonpanoprosessista kyetään luomaan jatkuva virtaus, jossa keskeneräiset tuotteet eivät odota turhaan seuraavaa vaihetta. Kokoonpanon vaiheiden ennustettava kesto mahdollistaa myös kokoonpanossa käytettävien osien täydentämisen juuri oikeaan aikaan, eikä täten tarvita suuria osavarastoja linjalle tilaa viemään.

Standardoitujen työohjeiden käyttäminen tuo tehokkuutta poistamalla hitaammat ja tehottomammat työtavat. Kun kokoonpano suoritetaan tunnetussa järjestyksessä, saadaan työpisteet järjestettyä loogisemmin tukemaan kokoonpanoa varustelun sekä lay outin mukaan. Lisäksi kun käytetään standardoituja työohjeita, voi kuka tahansa työntekijä jatkaa toisen kesken jäänyttä työtä, sillä työvaiheet ja asennustavat ovat samoja.

Työohjeet luovat laatua poistamalla riskialttiimpia kokoonpanovariaatioita ja toimimalla tehdyn työn tarkistuslistana työntekijöille. Lisäksi kokoonpanon jälkeen ilmenevien virheiden syntypaikka prosessissa on helpompi paikallistaa tiettyyn prosessin vaiheeseen kun työt tehdään tunnetulla tavalla. [5, s. 143.]

Työn standardoinnin täytyy olla alati elävä projekti ja työohjeita tulee kyetä päivittämään sen mukaan kun parannuksia prosessiin saadaan ideoiduksi. Jatkuvan parantamisen periaatteen (kaizen) toteuttamiseksi tulisi jokaisella prosessiin kuuluvalla olla mahdollisuus kehittää yhteisiä standardeja. Antamalla mahdollisuus vaikuttaa omaan työhönsä, kyetään parantamaan työmotivaatiota, sitoutumista yhteisiin tavoitteisiin sekä prosessin tehokkuutta. [5, s. 148.]

### 3.2 Kokoonpanovaiheet standardoidun työn pohjana

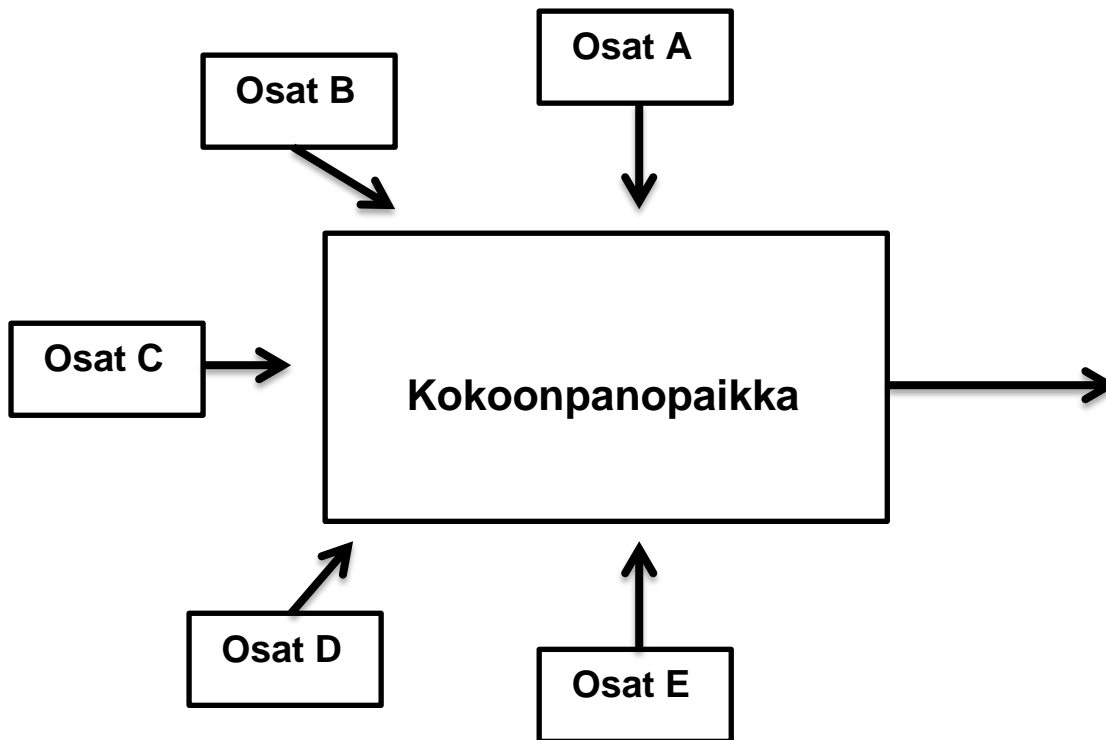
Kokoamalla MEPU 6:n työvaiheet ja järjestelemällä ne alustavasti erillisiksi työvaiheiksi luodaan pohja tulevalle standardoidulle työohjeelle. Tämän työvaihejaottelun on tarkoitus toimia pohjana, josta myöhemmin kootaan tarkemmat kokoonpano- ohjeet sekä työvaiheiden jako. Eri kokoonpanovaiheiden perään on koottu huomioita ja parannusehdotuksia, jotta työohjeiden jatkuva parantaminen alkaisi heti työn standardointiprosessin alkuvaiheessa.

## 4 Tuotannon yksikkörakenteiden vertailua

### 4.1 Paikkakokoonpano

Paikkakokoonpanossa ideana toimii koota tuote alusta loppuun yhdessä kokoonpanopisteessä (Kuva 1.). Etenkin suurikokoisten tuotteiden kokoonpanossa tämä helpottaa työtä, sillä turha siirtely työvaiheiden välillä on kokonaan eliminoitu. Paikkakokoonpanossa kapasiteettia on helppo kasvattaa lisäämällä vierekkäisten kokoonpanopisteiden määrää. Tämä parantaa myös joustavuutta, sillä viereisissä pisteissä kyetään samanaikaisesti kokoamaan tuotteen eri malleja. Lisäksi tuotanto ei pysähdy tietyn osan puutteeseen, sillä kokoonpanoa voi aina jatkaa kokoonpanemalla tuotetta muusta kohdasta. [6, s. 129.]





**Kuva 1.** Yksiasemaisen kokoonpanoyksikön käsitteellinen lay- out. [6.]

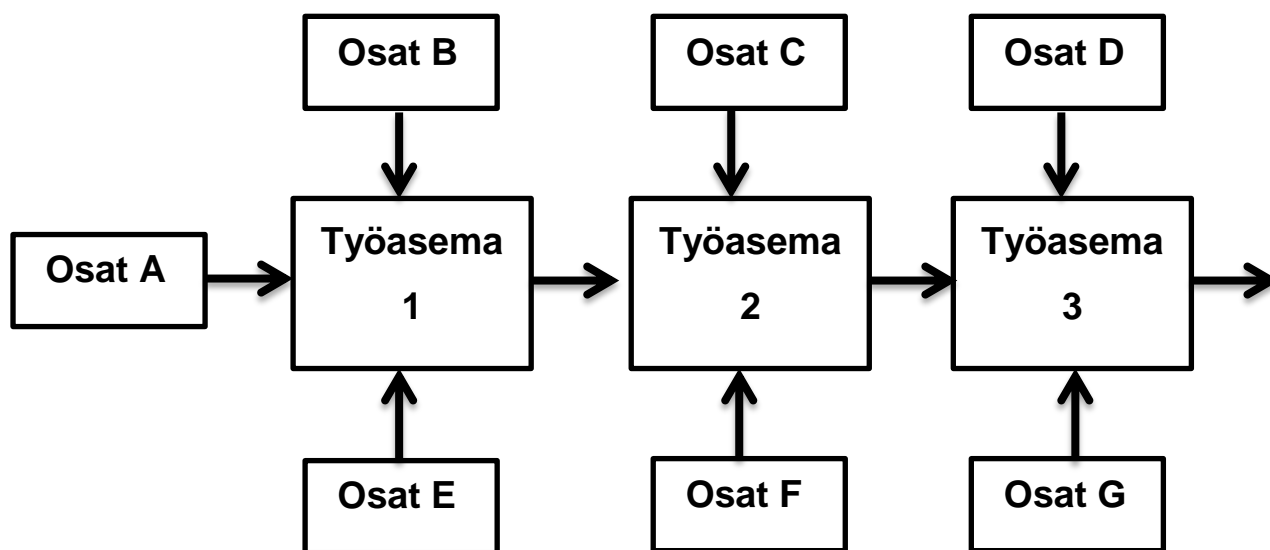
Paikkakokoonpanon edut ja haitat:

- + Kokoonpanomalli on edullinen ja yksinkertainen.
- + Työpisteet ovat hyvin muokattavissa.
- + Kokoonpanomalli on joustava tuotevariaation suhteen.
- + Kokoonpanomallilla on hyvä viansietokyky.
- Kaikki osat on puskurivarastoitava kokoonpanopisteen lähelle.
- Tuotannonsuunnittelu ja työn johtaminen on hankalaa.
- Työmenetelmien kehittäminen on hankalaa.
- Työ on huonommin tuottavaa kuin linjamuodossa.

#### 4.2 Kokoonpanolinja

Kokoonpanolinjalla tuotteen kokoonpano on jaettu tarkkoihin, paikkasidonnaisiin vaiheisiin (Kuva 2.). Ideaalitalanteissa kaikki kokoonpanovaiheet olisi tahdistettu tahtiajan (takt- time) mukaan, jolloin keskeneräiset tuotteet eivät jää välivarastoihin linjalle. Linjamuotoista tuotantoa on myös helpompi kehittää, esimerkiksi lean-tuotantojärjestelmä on suunniteltu linjatuotantoa silmällä pitäen. Tarkasti tunnettuja työvaiheita on myös helpompi johtaa ja tuotannonsuunnittelusta tulee myös helpompaa. [6, s. 129 – 130.]

Tuotantolinjalla ongelma kokoonpanossa saattaa pahimassa tapauksessa pysäyttää koko linjan toiminnan. Työmenetelmien kehittämisen kannalta virheiden esiintuleminen ei kuitenkaan ole huono asia, sillä esiinnousseet ongelmat voidaan diagnosoida ja parhaassa tapauksessa eliminoida kokonaan. [5, s. 33.]



**Kuva 2.** Tuotantolinjan käsitteellinen lay- out. [6.]

Linjatutannon hyvät ja huonot puolet:

- + Helpompi suunnitella ja johtaa.
- + Tehokkaampi suurivolyymisille tuotteille.
- + Erittäin kehitettävissä oleva tuotantomuoto (lean).
- + Materiaalivirtojen parempi hallittavuus.
- + Tehokkaampi tuottavuus.
- Huono viansietokyky.
- Tuotevariaation kapeus.

#### 4.3 Tuotantorakenteen valinta

MEPUn kannalta toimivampi malli on tuotantolinja. MEPU:n kokoonpano tapahtuu määrättyssä järjestyksessä, eikä sitä voi kokoonpanna eri järjestyksessä. Tästä syystä kokoonpano on loogista jakaa toisiaan seuraaviin kokonaisuuksiin, jolloin yksittäisten kokoonpanovaiheiden tehokkuus kasvaa. Lisäksi tuotevariaatio ei ole liian laaja linjamuotoisen kokoonpanon käyttämiseksi.

MEPUn tuotantovolyymi tulee olemaan sen verran suuri, ettei tuotantoa kannata yrittää suorittaa useassa yksittäisessä kokoonpanoyksikössä. Lisäksi yksittäisen työpisteen varustelukokonaisuus tulisi olemaan suuri ja kokoonpanoon vaadittavien osien määrä veisi liikaa tilaa kokoonpanopisteen ympäriltä.

Marioff on hyvin sitoutunut lean- periaatteiden käyttöön tuotantonsa tehostamisessa ja etenkin välivarastojen koon pienentäminen on prioriteetti. Tässä mielessä linjamuotoinen tuotanto sopii paremmin Marioffin tavoitteisiin, sillä tuotantolinjan materiaalivirtoja on helpompi hallita sekä kehittää. Tuotantolinjaa on muutenkin helpompi kehittää kohti ideaalista lean-solua kuin paikkakokoonpano.

Tavoitteena olisi muodostaa MEPUlle linjamuotoinen tuotantosolu, jossa yksi työntekijä vastaa yhden vaiheen tuotannosta ja keskeneräinen tuote siirtyy linjalla eteenpäin tahtiajan mukaan.

## 5 MEPU 6:n kokoonpanojärjestys

### 5.1 MEPU 6:n yleisesittely

MEPU 6 koostuu kahdesta samanlaisesta torni + alusta- moduulista. Moduulit ovat identtisiä niihin asennettavien moottorien, pumppujen sekä paine- ja imputkien osalta. Näiden lisäksi MEPU 6:een asennetaan molempien moduulien päälle korkeapainemoduuli sekä toisen tornin kylkeen alikokoonpanoina koottavat instrumentointimoduuli sekä suodatinmoduuli. Lisäksi pystysuuntaiset imuputket liitetään yhteen alhaalta yhdellä putkella. (Kuva 3.)

**Kuva 3.** MEPU 6 yleiskuva. (Vain työn tilaajan nähtäväksi)

## 5.2 Esitietoja

Ensimmäinen MEPU-prototyyppi kokoonpantiin lokakuussa 2014. Prototyyppi oli mallia MEPU 6. Tästä kokoonpanoprosessista kerättiin muistiinpanoja koskien mahdollisia parannusehdotuksia yksikön rakenteeseen, kokoonpanojärjestykseen sekä tarvittaviin uusiin työkaluihin.

Kyseinen kokoonpantu yksikkö ei vielä rakenteeltaan vastannut lopullista mallia, vaan useat osat olivat toistaiseksi vanhojen piirrosten pohjalta valmistettuja. Osat eivät kuitenkaan tulevaisuudessa muutu muodoiltaan niin paljon, että tämä vaikuttaisi kokoonpanojärjestykseen.

Yksikön kokoonpanon jälkeen tehtaalla pidettiin palaveri 27.10.2014. Palaverissa kokoonpanon aikaisten muistiinpanojen pohjalta laadittiin lista parannusehdotuksista sekä alustava kokoonpanojärjestys. [7.] Tässä kappaleessa esitetty kokoonpanojärjestys on jatkokehitelmä tämän palaverin pohjalta laadituista huomioista.

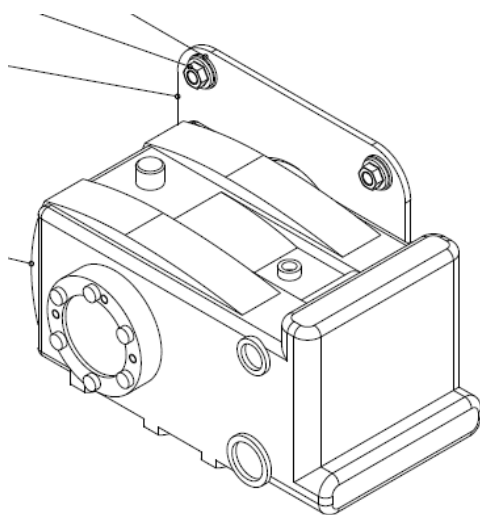
Tässä kokoonpanojärjestyksessä on kolme kokoonpanovaihetta, jotka on tarkoitus suorittaa omilla kokoonpanopisteillään. Pyrkimyksenä olisi luoda koko prosessista jatkuva virtaus, jossa yhtä pitkät kokoonpanovaiheet estävät tilanteet, joissa puolivalmiit tuotteet seisovat odottamassa seuraavaa vaihetta.

### 5.3 Kokoonpanon vaiheet

#### 1. Ensimmäinen vaihe:

1.1. Tornit asennetaan jalustoihin ja suunnataan siten, että ne voidaan myöhemmin kiinnittää yhteen. Jalustoja ei vielä tässä vaiheessa liitetä yhteen.

1.2. Pumppujen laipat asennetaan pumppuihin ja pumppupaketit (Kuva 4.) asennetaan torneihin.



**Kuva 4.** Valmiiksi koottu pumppupaketti

1.3. Moottorit asennetaan torneihin ja liitetään pumppuihin.

1.4. Tornin tuuletusaukkoja suojaavat ritilät asennetaan tornin sivuille sekä päälle.

Ensimmäisen vaiheen arvioitu kesto yhdeltä työntekijältä: ~6 h [8.]

Huomioita kokoonpanon ensimmäisestä vaiheesta:

- Kun torni asennetaan jalustaan se on suunnattava tarkkaan, jotta toisessa kokoonpanovaiheessa tornit saadaan liitettyä yhteen.
- Alustoja ei voi kiinnittää yhteen ennen moottoreiden asennusta. Muuten moottoreita ei pääse kiinnittämään, sillä moottoreiden väliin jäävässä tilassa ei mahdu kiristämään pultteja.
- Ensimmäisessä vaiheessa tarvitaan paljon nosturia.

## 2. Toinen vaihe:

2.1. Moduulit liitetään yhteen.

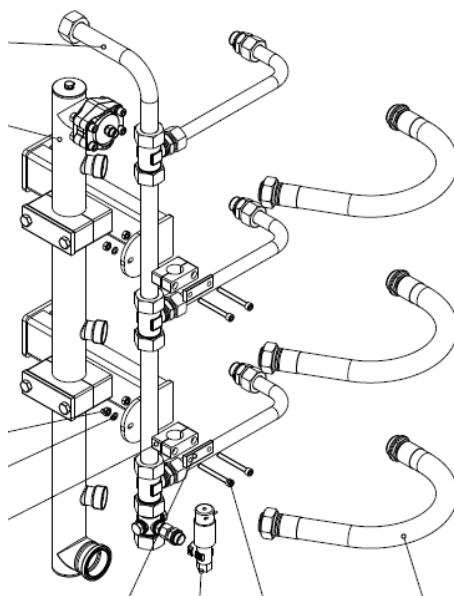
2.2. Kannakkeet asennetaan torneihin.

2.3. Imuputkisto (Kuva 5.) asennetaan yksikön etuosaan.

2.4. Imuputkisto liitetään letkuilla pumppuihin.

2.5. Paineputkisto (Kuva 5.) kasataan alikokoonpanona

2.6. paineputkisto asennetaan imuputkiston päälle.



**Kuva 5.** Kuvassa alla imuputkisto ja paineputkisto sen päällä.



2.7. Korkeapainemoduuli (Kuva 6.) kokoonpannaan valmiiksi pöydällä.

**Kuva 6.** Korkeapainemoduuli. (Vain työn tilaajan nähtäväksi.)

- Lohkot kiinnitetään yhteen.
- Lohkoihin kiinnitetään tulpat ja liittimet.
- Palloventtiiliasennelmat kiinnitetään kokoonpanoon.
- Varoventtiilit kiinnitetään lohkoihin.
- Lohkojen väliin tulevat putket valmistetaan ja asennetaan kiinni.

2.8. Korkeapainemoduuli nostetaan ja asennetaan yksikön päälle.

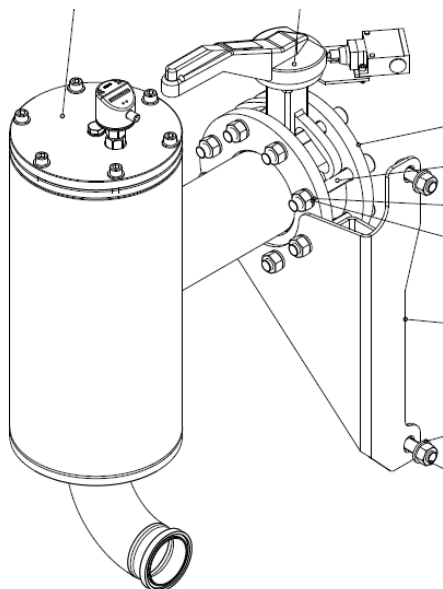
Toisen vaiheen arvioitu kesto yhdeltä työntekijältä: ~15 h [8.]

Huomioita kokoonpanon toisesta vaiheesta:

- Toinen vaihe on kaikkein pitkäkestoisin vaihe, ~15 h verrattuna 1. vaihe ~6 h ja 3. vaihe ~5 h.
- Toisen vaiheen kestoa voisi lyhentää jakamalla työvaiheita edelliseen ja seuraavaan vaiheeseen. Esimerkiksi tornien yhteen liittämisen voisi suorittaa jo ensimmäisessä vaiheessa.
- Myös yksi vaihtoehto toisen vaiheen tasoittamiseksi on jakaa se kahteen uuteen vaiheeseen. Tässä tapauksessa koko prosessi olisi nelivaiheinen. Ensimmäinen ja viimeinen vaihe pysyisivät samoina, mutta tässä järjestelyssä toinen vaihe koostuisi tornien yhteen liittämisestä sekä putkituksesta. Kolmas vaihe koostuisi korkeapainemoduulin alikokoonpanosta ja asentamisesta.

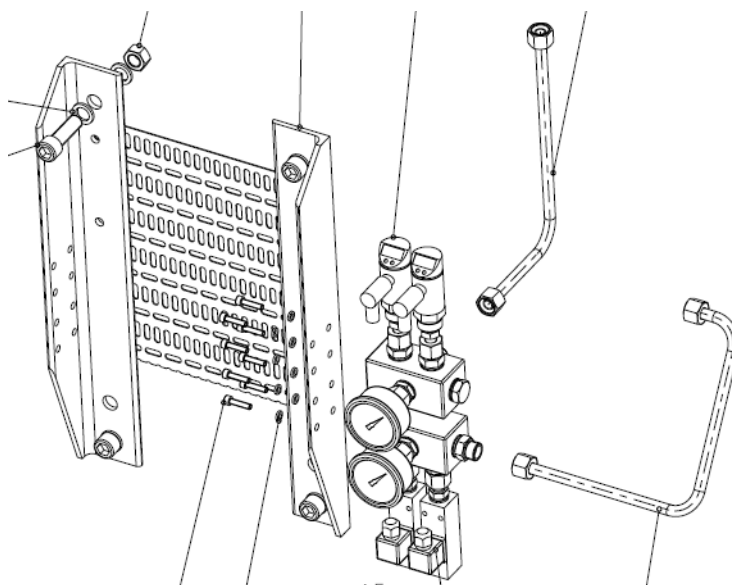
### 3. Kolmas vaihe

3.1. Suodatinmoduuli (Kuva 7.) kokoonpannaan ja kiinnitetään yksikköön.



**Kuva 7.** Suodatinmoduuli.

### 3.2. Instrumentointimoduuli (Kuva 8.) kokoonpannaan alikokoonpanona.



**Kuva 8.** Instrumentointimoduuli.

- Liittimet kiinnitetään lohkoihin.
- Mittarit kokoonpannaan ja asennetaan.
- Lohkot asennetaan kiinni tukirautaan.
- Tukirauta asennetaan torniin.
- Moduulin ja imuputken välinen sekä moduulin ja korkeapainemoduulin väliset putket valmistetaan ja asennetaan paikalleen.

### 3.3. Instrumentointimoduuli asennetaan yksikön kylkeen.

### 3.4. Yksikköön kiinnitetään komponenttikilvet sekä täytetään tehdaspöytäkirja ja työaikaseuranta.

Kolmannen vaiheen arvioitu kesto yhdeltä työntekijältä: ~5 h [8.]

Huomioita kokoonpanon kolmannesta vaiheesta:

- Kolmas vaihe on kaikkein nopein vaihe.

## 6 MEPUn kokoonpanon vaatimukset työpisteiltä

### 6.1 Ensimmäinen työvaihe

Ensimmäisessä työvaiheessa tapahtuu paljon erilaisia nostoja, joita varten ensimmäisessä työpisteessä tulisi olla käytössä nosturi. Ensimmäisessä työvaiheessa nostetaan:

- tornit jalustojen päälle
- alikokoonpanossa valmistettu pumppu/laippa- kokoonpano kiinni torneihin
- moottorit kiinni torneihin.

Nosturin lisäksi tarvitaan myös apuvälineitä, joilla moottori ja pumppu/laippa- kokoonpano saadaan pysymään oikeassa asennossa sillä aikaa kun ne asennetaan kiinni torneihin.

Pumppu/laippa- kokoonpanojen torniin asentamista varten voisi harkita oman nosturin hankkimista. Nosturin pitäisi pystyä pitämään pumpun vaakatasossa siten, että ne saadaan asennettua kiinni siinä asennossa. Esimerkiksi pyörillä liikkuvalla nostopöydälle voisi rakennuttaa jigin, jossa pumpun asentaminen oikeassa asennossa oikealle korkeudelle voisi onnistua.

Ensimmäisessä vaiheessa työpöydälle tulisi valmistaa jigi, joka mahdollistaa laipan asentamisen pumppuun helposti ja nopeasti.

## 6.2 Toinen työvaihe

Toisen työvaiheen alussa tarvitaan moduuleiden yhteen liittämisen avustamiseksi työvälineitä. Moduulit on saatava tarkasti paikalleen yhteen liittämistä varten ja tämän sovituksen helpottamiseksi voitaisiin lattialle asentaa rautapalkit, joiden päällä kappaleet voidaan liu'uttaa kiinni toisiinsa. Tämä mahdollistaa moduuleiden liikkumisen samalla korkeudella.

Moduuleiden kiinnittämistä varten voisi myös teetättää ohjuritapit, jotka helpottaisivat moduuleiden yhteen sovittamista. Ohjuritappien käyttö edellyttää kuitenkin, että moduuleiden koneistusjälki on tarpeeksi tarkkaa.

Toisessa työvaiheessa korkeapainemoduulin kokoonpano on tilaa ja aikaa vievä työvaihe ja sille tulisi varata tarpeeksi tilaa sekä teetättää oma jigi sen kokoonpanoa varten.

Korkeapainemoduulin nostamista varten tulisi myös kehittää oma menetelmä tai työkalu. Esimerkiksi korkeapainemoduulin alle voisi jo kokoonpanovaiheessa asentaa tukiraudan, jonka päälle se kokoonpannaan. Tukiraudan tulisi mahdollistaa tasapainoinen nosto ja asennelman vähäinen vääntyminen noston aikana. Lisäksi tukiraudan tulisi olla helposti poistettavissa, kun asennelma on paikallaan.

## 6.3 Kolmas työvaihe

Kolmas työvaihe ei vaadi erikoishuomioita työpisteen varustelun suhteen. Instrumentointimoduulin pystyy kokoonpanemaan tavallisella työpöydällä. Lisäksi kolmannen työvaiheen toinen asennus, suodatin, kokoonpannaan suoraan paikalleen moduulin kylkeen.

## 7 Materiaalivirta työvaiheille

### 7.1 Imuohjaus

Imuohjauksen ideana on välttää turhan välivaraston syntymistä eri tuotantovaiheiden väliin. Turhan varastoinnin välttämiseksi olisi optimaalisinta tuoda osat kokoonpanoon juuri silloin, kun niitä tarvitaan. Tämän just in time -ajattelun tulisi ideaalitulanteessa läpäistä jokaisen kokoonpanossa tarvittavan osan kaikki tuotantovaiheet. Tällöin siis eri osat tuotetaan ja ne liikkuvat prosessissa vasta kun seuraava vaihe niitä pyytää. [5, s. 105.]

Perinteinen työntöohjaus perustuu ennalta päätettyyn valmistusaikatauluun, jossa pyritään maksimoimaan tietyn osan tuotanto määräajaksi ennen valmistettavan tuotteen vaihtamista. Jos tuotannossa käytetään perinteistä työntöohjausta, täyttyvät työpisteet sekä varasto osista, joiden käyttö sijoittuu tulevaisuuteen, sillä osatuotanto ei seuraa todellista prosessin osatarvetta. Lisäksi työntävässä järjestelmässä osavalmistus reagoi huonosti muuttuviin tilausmääriin. Esimerkiksi jos varastossa olevat osat ovat loppumassa kun niitä yllättäen tarvitaankin enemmän, mutta aikataulun mukaan kyseisiä osia valmistetaankin vasta myöhemmin. Tällöin tuotanto saattaa pysähtyä aikataulun joustamattomuuteen. [5, s. 106.]

Imuohjauksen tuominen tuotantoprosessiin ei välttämättä tarkoita sitä, että välivarastoista luovuttaisiin kokonaan. Välivarastot turvaavat prosessin jatkumisen, mikäli materiaalin virtaus keskeytyy jostain syystä. Kokoonpanon osien tapauksessa tämä tarkoittaisi, että seuraavan vaiheen osatarve otettaisiin osatuotannon edellisen vaiheen välivarastosta. Tällöin imuohjaus komentaisi edellisiä vaiheita hankkimaan lisää osia sitä mukaan, kuin välivarastoa kulutetaan. Avainasemassa tässä järjestelmässä olisi luoda jokin visuaalinen heräte (kanban), joka kertoisi edelliselle vaiheelle milloin toimia. [5, s. 108.]

## 7.2 Kanban tuotantolinjalla

Jotta materiaalivirta kyettäisiin sitomaan kokoonpanon vaiheisiin, tulisi tuotantolinjalle luoda järjestelmä, jossa kokoonpantavan tuotteen siirtyminen seuraavaan kokoonpanovaiheeseen laukaisisi visuaalisen herätteen keräilylle. Tällöin keräily tuo materiaalin linjalle vasta, kun sitä tarvitaan. Vastaavasti keräily tilaisi varastoon osia vasta, kun välivarasto tyhjenisi määritettyyn rajaan. Pienosille kanban-järjestelmän käyttöönotto voisi toimia kaksilaatikkojärjestelmällä. Kaksilaatikkojärjestelmässä toisen laatikon tyhjeneminen toimisi keräilylle visuaalisena merkinä täydennyksen tarpeesta. Mahdollisuuksien mukaan tätä järjestelmää voisi laajentaa myös varaston puolelle.

## 7.3 Ensimmäisen vaiheen materiaалitarve

Ensimmäisessä työvaiheessa tarvitaan seuraavia osakokonaisuuksia:

- tornit sekä jalustat
- moottorit, pumpput sekä pumppujen kiinnityslaipat
- tuuletusaukkojen suojaritilät.

Edellä mainitut osat tulevat linjalle välivarastosta, jonne ne toimittaa yrityksen ulkopuolinen alihankkija. Näiden osakokonaisuuksien kiinnittämiseen tarvittavien pulttien, muttereiden ja aluslaattojen oletetaan kuuluvan työpisteen vakiotarvikkeisiin. Nämä osat täydentää työpisteiden viereen ulkoinen palveluntarjoaja.

#### 7.4 Toisen vaiheen materiaалitarve

Toisessa työvaiheessa tarvitaan seuraavia osakokonaisuuksia:

- kannakkeet
- imu- ja paineputkiston osat
- korkeapainemoduulin osat.

Mikäli korkeapainemoduulin putket kytetään esivalmistamaan, voidaan nekin tuoda tässä vaiheessa työpisteelle. Paineputket sekä niiden osat valmistetaan itse tehtaalla. Muut osat tulevat varaston kautta alihankkijoilta.

#### 7.5 Kolmannen vaiheen materiaалitarve

Kolmannessa työvaiheessa tarvitaan seuraavia osakokonaisuuksia:

- matala- ja korkeapainekylläasennelman osat
- suodattimen osat.

Edellä mainitut osat tulevat linjalle varaston kautta alihankkijoiden valmistamana.



## 8 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli luetteloida kokoonpanon työvaiheet, jakaa työvaiheet tasaisesti eri kokoonpanopisteille, kerätä huomioita työvaiheiden vaatimuksista sekä määrittää materiaalivirta eri kokoonpanon vaiheille.

Työn tuloksena saatiin luotua MEPU 6:lle työvaihelista sekä alustava jako kokoonpanovaiheisiin. Kokoonpanopisteille laadittiin lista ongelmista, joihin tulee kehittää ratkaisu ennen massatuotannon aloittamista. Lisäksi koottiin lista materiaalivaatimuksista kokoonpanon eri vaiheissa.

MEPUn kehittäminen jatkuu työn valmistuessa ja seuraavan prototyypin tullessa kokoonpanoon tullaan tätä työtä käyttämään pohjana, jonka perusteella kokoonpano suoritetaan. Kun kehitys etenee, tullaan tämän työn työvaihelistasta muodostamaan standardityöohje MEPU 6:n kokoonpanoa varten.

## Lähteet

- 1 Marioff factory. Verkkodokumentti. Marioff Corporation oy. <<http://www.marioff.com/about-marioff/marioff-factory>>. Viitattu 10.3.2015.
- 2 History. Verkkodokumentti. Marioff Corporation oy. <<http://www.marioff.com/about-marioff/history>>. Viitattu 10.3.2015.
- 3 Fire Suppression with HI-FOG®: How Does It Work?. Verkkodokumentti. Marioff Corporation oy. <<http://www.marioff.com/water-mist/fire-suppression-with-hi-fogr-how-does-it-work>>. Viitattu 10.3.2015.
- 4 Ford, Henry. 1926. Today and tomorrow. Garden city, NY: Doubleday, Page & Company.
- 5 Liker, Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Readme.fi
- 6 Lapinleimu, Ilkka. 2000. Ideaalitehdas, tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. Tampereen teknillinen korkeakoulu, tuotantotekniikan laitos. Tampere.
- 7 Modular EPU6 manufacturing review. 27.10.2014. Palaverimuistiinpanot.
- 8 Raskaan kokoonpanolinjan työntekijöiden haastattelut. 20.2.2015. Marioff, Keravan tehdas.