



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Latvala

W20-PÄÄKOKOONPANON KEHITTÄMINEN

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Latvala
Opinnäytetyön nimi	Wärtsilä 20 pääkokoonpanon kehittäminen
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	58 + 2 liitettä
Ohjaaja	Pekka Ketola

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilän W20-toimitusyksikön pääkokoonpanoon. W20-pääkokoonpanon toimintaa on parannettava kasvavista tuotantomääristä johtuen. Opinnäytetyön aiheena on etsiä niitä ratkaisuja, joilla kokoonpanoa voidaan kehittää.

Opinnäytetyössä perehdyttiin Lean-toimintamalliin ja tuotannosuunnittelun teoriaan. Kokoonpanon alkutilanne määritettiin tutkimalla kokoonpanoprosessia, materiaalivirtoja sekä tekemällä arvovirtakuvaus kokoonpanolle. Kokoonpanon suorituskykyä laskettiin simulointimallin avulla.

Alkutilanne saatiin selvitettyä riittävällä tasolla, jotta kehityskohteet tulivat esiin. Opinnäytetyössä esitetään ratkaisuja layoutiin, työvaiheistukseen ja materiaalin tuontiin. Opinnäytetyössä saatujen tulosten perusteella ei linjakokoonpanon layout tai toimintamallit olisi enää este tavoitteena olevan tuotantomäärän saavuttamiseen.

ABSTRACT

Author	Joni Latvala
Title	Development of the W20 main assembly
Year	2015
Language	Finnish
Pages	58 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Pekka Ketola

This thesis was done for Wärtsilä W20 Delivery unit. The procedure of the W20 main assembly needed to be improved due to increasing volume of the production. The topic of the thesis was to find out solutions for the development of the assembly.

The thesis was made considering lean production and the theory of the production planning. The current situation was specified by examining the process, material flow and by doing the value stream mapping for the assembly. The capacity of the main assembly was calculated with a simulation model.

The initial situation was clarified sufficiently to sort out the targets of the development. The outcome was solutions for layout, phasing and material import. Based on the results of the thesis the target volume of the production is possible to achieve.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

LYHENTEET JA KÄSITTEET

1	JOHDANTO.....	10
1.1	Opinnäytetyön aihe	10
1.2	Tausta.....	10
1.3	Tavoitteet	11
2	YHTIÖ.....	12
2.1	Wärtsilä Oyj Abp	12
2.1.1	Power Plants.....	14
2.1.2	Ship Power	14
2.1.3	Services	15
2.2	Wärtsilä Vaasassa	15
2.3	W20-toimitusyksikkö.....	16
3	LEAN-TOIMINTAMALLI.....	17
3.1	Leanin periaatteet.....	17
3.2	Johtamisfilosofia.....	17
3.3	Prosessin virtaus.....	17
3.4	Arvovirtakuvaus.....	18
3.5	Imujärjestelmä.....	19
3.6	Hukan poisto	20
4	TUOTANNON SUUNNITTELUN TEORIAA.....	21
4.1	Layout	21
4.1.1	Tuotantolinjalayout	21
4.1.2	Funktionaalinen layout.....	21
4.1.3	Solulayout	21
4.2	Layout suunnittelu	22

4.3	Kapasiteetti	23
4.4	Läpäisyaika	24
4.5	Simulointi.....	25
5	ALKUTILANTEEN KARTOITUS	26
5.1	Kokoonpanoprosessi	26
5.2	W20 toimitusyksikön layout	26
5.3	Materiaalivirrat	27
5.4	Arvovirtakuvaus.....	28
5.5	Simulointi.....	30
5.6	Tehdyt havainnot ja päätelmät	33
6	KEHITYSTOIMET	36
6.1	Operaatioiden siirto pääkokoonpanon ulkopuolelle	36
6.2	Työvaiheistus ja vaiheajojen tasapainotus	36
6.3	Layout-muutokset	37
6.4	Vaihe 4 ja 5 työpisteiden parantaminen.....	40
6.5	Materiaalin tuonti.....	41
6.5.1	Osakokoonpanot.....	41
6.5.2	Materiaalikeräykset	41
6.5.3	Pientavara.....	42
6.6	Uuden ratkaisun testaus simulointimallissa	42
7	YHTEENVETO	44
7.1	Saavutettavat hyödyt.....	44
7.2	Projektin jatkuminen	44
7.3	Johtopäätökset.....	45

LÄHTEET

LIITTEET

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Wärtsilän tuoteportfolio /3/	s. 12
Kuvio 2. Wärtsilän tuotanto ja T&K /3/	s. 13
Kuvio 3. Liikevaihto liiketoiminnottain 2014 /4/	s. 14
Kuvio 4. W9L20DF –moottori	s. 17
Kuvio 5. Tuote-määrä –analyysi /8/	s. 22
Kuvio 6. Tilauksen läpivientiin liittyvät päätoiminnot /11/	s. 24
Kuvio 7. Moottorilohkon kääntölaite	s. 26
Kuvio 8. Moottorilohko osakokoonpano	s. 27
Kuvio 9. Kampiakseli osakokoonpano	s. 27
Kuvio 10. Kampi-, nokka-akseli ja öljyallas asennettuna	s. 28
Kuvio 11. Vaihe 2	s. 28
Kuvio 12. Vaihe 3	s. 29
Kuvio 13. Vaihe 4	s. 29
Kuvio 14. Vaihe 5	s. 30
Kuvio 15. Moottori valmiina koeajettavaksi	s. 30
Kuvio 16. W20 toimitusyksikön layout alkutilanteessa	s. 31
Kuvio 17. Materiaalivirrat kokoonpanossa alkutilanteessa	s. 32
Kuvio 18. Vaiheajat alkutilanteessa	s. 36
Kuvio 19. Aikajakauma koko prosessille alkutilanteessa	s. 37
Kuvio 20. Simulointimalli. Tilanne 1	s. 39
Kuvio 21. Simulointimalli. Tilanne 2	s. 39
Kuvio 22. Simulointimalli. Tilanne 3	s. 40
Kuvio 23. Uusi tasapainotettu työvaiheistus(9L20DF-b)	s. 44
Kuvio 24. Layoutvaihtoehto	s. 45

Kuvio 25. Vaiheiden 1-3 layout ja materiaalivirrat	s. 46
Kuvio 26. Vaiheiden 4-Gen layout ja materiaalivirrat	s. 47
Kuvio 27. Työpiste 4 ja 5 vaiheen väliin	s. 49
Kuvio 28. Keräyssettiesimerkki 3D-mallinnettuna	s. 50
Kuvio 29. Osavaunu pientavaran tuontiin	s. 51
Kuvio 30. Simulointimalli uudelle ratkaisulle, tilanne 1	s. 52
Kuvio 31. Simulointimalli uudelle ratkaisulle, tilanne 2	s. 52
Kuvio 32. Simulaatiomalli uudelle ratkaisulle, tilanne 3	s. 53

LIITELUETTELO

LIITE 1. Arvovirtakuvaus

LIITE 2. Uusi layout suunnitelma

LYHENTEET JA KÄSITTEET

W20	Wärtsilä 20 –moottorityyppi, sylinterihalkaisija 20 senttimetriä.
DF	Dual Fuel, moottorimalli, jota voidaan käyttää kaasulla ja polttoöljyllä.
GHG	Greenhouse gas, kasvihuonepäästöt.
SO _x	Rikin oksidit.
NO _x	Typen oksidit
PM	Particular matter, hiukkaspäästöt
GD	Gas Diesel, moottorimalli, jota voidaan käyttää kaasulla tai polttoöljyllä.
Layout	Tuotantojärjestelmän osien sijoittaminen.
T&K	Tutkimus ja tuotekehitys.
WIP	Work in progress, keskeneräinen tuotanto.
DCV	Delivery Centre Vaasa, vaasan toimitusyksikkö.
VSM	Value stream mapping, arvovirtakuvaus.
Lean	Ajattelumalli tuotannonohjaukseen.
Logistiikka	Materiaalien kuljetus ja varastointitoiminnot tuotannossa.
Aggregaatti	Laite joka tuottaa sähköä polttomoottorin avulla.
Osasetti/Keräyssetti	Moottorikohtainen osakokoelma, keräys.
SPH	Osakeräyksen tunnus, jonka jälkeinen numero tai kirjain kuvaa asennusvaihetta.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyö tehdään Wärtsilä Oyj Abp Vaasan toimitusyksikön W20-moottorityypin toimitusyksikön kokoonpanoon. Wärtsilä tuottaa kokonaisvaltaisia voimaratkaisuja merenkulun ja energiatuotannon tarpeisiin maailmanlaajuisesti. W20 on keskinopeakäyntinen nelitahtimoottori, jonka polttoaineena voidaan käyttää raskasöljyä, dieselöljyä, sekä DF -monipolttoainemoottorissa myös nesteytettyä maakaasua (LNG). Sylinterihalkaisija on 200 mm ja sylinterimäärät joko 4, 6, 8 tai 9 rivimuodossa.

W20-pääkokoonpano sisältää moottorin mekaanisen ja sähköisen kokoonpanon, sekä aggregaattien kokoonpanon, jossa moottori ja generaattori asennetaan yhteiselle alustalle. Kokoonpanon välittömässä läheisyydessä sijaitsee moottorien koeajo ja viimeistely.

Opinnäytetyön aiheena on kehittää W20-kokoonpanon layoutia ja samalla koko prosessin toimintaa vastaamaan kasvavaan tuotantomäärään. Layout suunnittelu on iso kokonaisuus, jossa täytyy ottaa huomioon materiaalivirrat, työvaiheistukset, varastopaikat, sekä työtehtäviin vaadittavat tilat. Muutokset layoutiin täytyy siis arvioida aina koko prosessin kannalta.

1.2 Tausta

W20-Tuotetehtas toimi nykyisessä tehdashallissa vuosina 1997 - 2011. Tuolloin käytettävissä oleva tila oli yli kolme kertaa suurempi. Nyt samassa tilassa toimii myös moduulitehtas. Noin kahden vuoden ajan W20-moottoreita kokoonpantiin Pilot-yksikössä, joka on keskittynyt uusien tuotteiden tuotannollistamiseen. Vuoden 2014 alussa W20-kokoonpano siirrettiin nykyiseen tilaan.

W20 kokoonpano on toiminut nykyisessä muodossaan vasta vuoden, mutta kasvavat tuotantomäärät tulevat vaatimaan kehitystä kokoonpanon toimintaan. Lisäksi moottorityyppien eri variaatiot aiheuttavat haastetta nykyiselle

kokoonpanolinjalle. Nykyinen layout on suunniteltu noin x moottorin vuotuiselle tuotantomäärälle, mikä on huomattavasti vähemmän kuin tuleville vuosille budjetoidut tuotantomäärät. Todellista kokoonpanon kapasiteettia ei voida vielä käytännössä todentaa, koska kulunut vuosi on ollut rikkonainen, johtuen alkuvaiheen haasteista, uusien asentajien opetteluajoista sekä resurssien vähyydestä ja vaihtelusta.

1.3 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää W20-pääkokoonpanon prosessin toiminta nykytilanteessa, jotta voidaan määrittellä ne lähtökohdat, josta kehittäminen lähtee liikkeelle. Nykytilanteen selvittäminen on tärkeää, koska käytäntöön perustuvat tunnusluvut toiminnasta ovat ensimmäisen vuoden varassa. Lisäksi nykytilannetta voidaan käyttää vertailupohjana tuleville muutoksille. Prosessin toiminnan riittävän tarkka tuntemus on välttämätöntä jotta pystytään löytämään siitä kehityskohteita ja arvioimaan muutosten tarkoituksenmukaisuutta.

Tavoitteena on, että layoutin kehitys mahdollistaisi yhdessä muiden tuotannon kehitystoimien kanssa sen, että tuotantokapasiteetti olisi tulevaisuudessa x moottoria vuodessa. Vaatimuksena on myös, että kokoonpanon täytyy toimia sujuvasti pienemmälläkin kuormituksella, x moottorin vuosittaisella tuotantomäärällä.

Työn tavoitteena on etsiä niitä keinoja millä kokoonpanoprosessia voidaan kehittää käyttäen Lean -tuotantojärjestelmän menetelmiä, esimerkiksi hukka-aikojen esiintuomisessa. Näiden määrittämiseksi tehdään kokoonpanolle arvovirtakuvaus. Hukka-aikoja karsimalla voidaan prosessia tehostaa niin, että hyödyt ovat selkeästi nähtävissä.

Pyrkimyksenä on luoda toimiva, viihtyisä ja turvallinen työympäristö, jossa materiaaleille ja työkaluille on omat paikkansa. Kokoonpanon, koeajon ja viimeistelyn välisellä alueella on paljon lattialla olevaa tavaraa, joilla kaikilla ei ole selvää sijoituspaikkaa. Lattiamerkintöjä tullaan lisäämään, jotta järjestystä olisi helpompi ylläpitää.

2 YHTIÖ

2.1 Wärtsilä Oyj Abp

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaisuhyötysuhteeseen. /1/

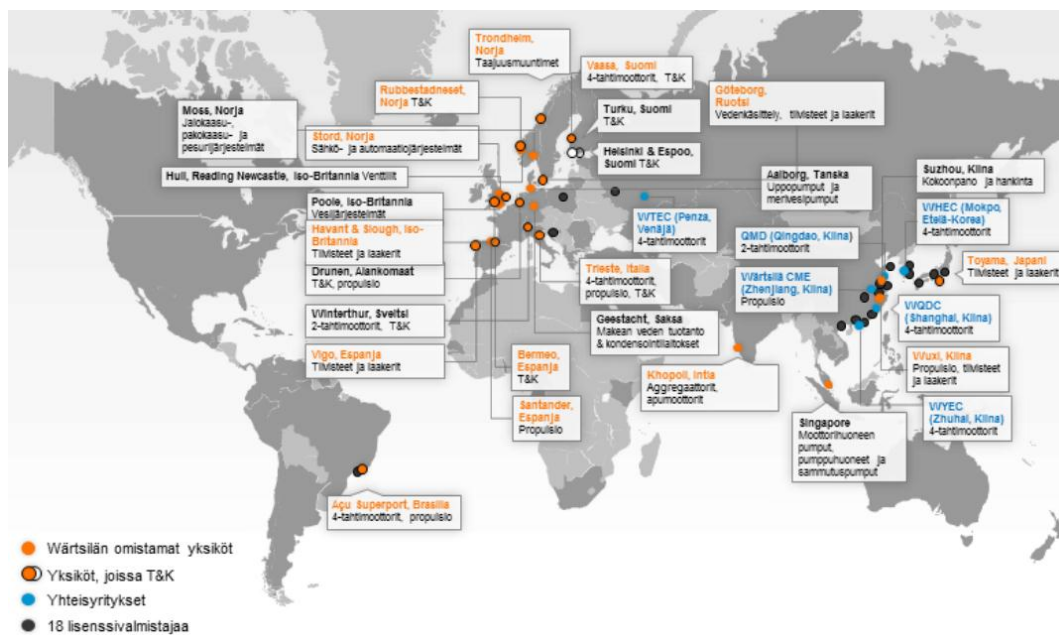
Wärtsilä on tunnettu moottoreistaan, mutta se on vain yksi osa tuotevalikoimaa. Wärtsilän tuoteportfolio kuviossa 1. /3/



Kuvio 1. Wärtsilän tuoteportfolio. /3/

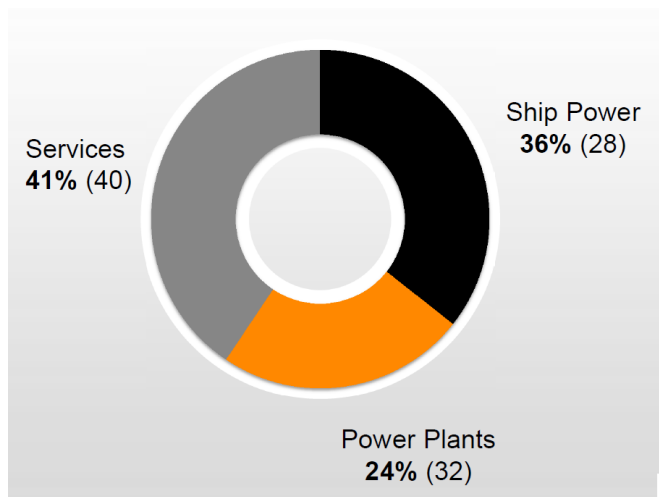
Vuonna 2014 Wärtsilän liikevaihto oli 4,8 miljardia euroa ja henkilöstömäärä joulukuun 2014 lopussa 17717. Wärtsilän henkilöstöstä 20 % työskenteli Suomessa, 34 % muualla Euroopassa ja 31 % Aasiassa. Amerikassa työskenteli 10 % henkilöstöstä ja muissa maissa 4 %. /2/. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä lähes 70 maassa eri puolilla maailmaa. Wärtsilän osakkeet on listattu NASDAQ OMX Helsingissä. /1/

Wärtsilä panostaa vahvasti tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Wärtsilä oli vuonna 2013 Suomen kolmanneksi suurin tutkija, sijoittaen 185 miljoonaa euroa T&K:een. Sen keskeiset menestystekijät ovat kokonaisyötysuhde, omistamisen kokonaiskustannukset, polttoainejoustavuus ympäristöhaittojen minimointi ja luotettavuus. Tuotanto- ja tutkimus- ja tuotekehitysyksiköt kartalla kuviossa 2 /3/.



Kuvio 2. Wärtsilän tuotanto ja T&K. /3/

Wärtsilän liiketoiminnot jakaantuvat kolmeen osa-alueeseen: Power Plants, Ship Power ja Services. Kuviossa 3 ilmenee osa-alueitten liikevaihtojen osuudet. /4/



Kuvio 3. Liikevaihto liiketoiminnottain 2014 (suluissa edellisen vuoden osuus) /4/

2.1.1 Power Plants

Power Plants on merkittävä toimittaja joustavan perusvoimantuotannon laitoksissa jotka voivat toimia sekä nestemäisillä polttoaineilla, että kaasuilla. Perusvoimantuotannon lisäksi näitä laitoksia käytetään sähköverkon vakauttamiseen, varavoimaksi, kuormahuippujen tasaamiseen sekä vaihtelevaan voimantuotantoon. Vuonna 2014 Wärtsilän voimalaitokset tuottivat 1 % koko maailman sähköntuotannosta. Joustavan sähköntuotannon tarvetta lisää epäsäännöllisen, uusiutuvan energiantuotannon lisääntyminen. Toimituslaajuudet vaihtelevat valikoiduista palveluista avaimet käteen -kokonaistoimituksiin. /3/

2.1.2 Ship Power

Ship Power tarjoaa asiakkailleen kokonaisvalikoiman merenkulun tuotteita ja vastaa heidän tarpeisiinsa tuotteen koko elinkaaren ajan. Tarjonta kattaa kaikki merenkulun markkinasegmentit: kauppalaivat, matkustaja-alukset, merivoimat ja erikoisalukset. Noin joka kolmas laiva maailman merillä operoi Wärtsilän moottori voimanlähteenään. /3/

Pääprioriteetteja ovat energiatehokkuus, ympäristövastuu ja kaasuteknologian kehittäminen. Kiristyvät ympäristösäädökset lisäävät ympäristöratkaisujen

kysyntää ja kaasun käyttöä polttoaineena merenkulkualalla. Nesteytetyn maakaasun käytöllä saavutetaan samanaikainen GHG, SO_x, NO_x, ja PM vähennys. Raskaalla poltto- ja meridieselöljyllä operoiville aluksille Wärtsilällä on tarjota erilaisia katalysaattoreita ja pakokaasupureita. /3/

2.1.3 Services

Services tarjoaa alan laajimman huolto- ja palveluvalikoiman sekä laiva-, että voimalamarkkinoilla lähellä asiakasta. Tämän takaa 11 000 huollon ammattilaista, 160 yksikössä, 70 maassa. Huoltoratkaisut kattavat kaiken varaosatuesta, kenttähuollosta, teknisestä tuesta kokonaisvaltaisiin huoltosopimuksiin. Huoltosopimukset voivat sisältää asennuksen, käyttöönoton, suorituskyvyn optimoinnin, päivityksen ympäristöratkaisuihin, koulutuksen, teknisen tiedottamisen ja online-tuen. Services-yksikön tavoitteena on tuotteen elinkaarenaikaisen hyötysuhteen parantaminen riskienhallinnan, ympäristötehokkuuden ja suorituskyvyn optimoinnin avulla. /5/

2.2 Wärtsilä Vaasassa

Toiminta alkoi Vaasassa vuonna 1936, kun Wärtsilä osti Onkilahden konepajan. Dieselmoottoareiden valmistus alkoi Vaasassa 1954 lisenssillä ja ensimmäinen Wärtsilän suunnittelema moottori valmistui 1960. /6/

Wärtsilä työllistää Suomessa noin 3 600 henkilöä, joista noin 2 900 työskentelevät Vaasassa, jossa Wärtsilällä on toimintaa neljässä paikassa: kaupungin keskustassa, Runsorissa, Vaskiluodossa ja Suvilahdessa. /6/

Vaasan keskustassa sijaitseva toimitustehdas, Delivery Centre Vaasa (DCV), vastaa Ship Powerin ja Power Plantsin myymien nelitahtimoottoreiden toimittamisesta. Tähän sisältyy pääasiassa avainkomponenttien koneistus, moottorien ja generaattorilaitteistojen kokoonpano ja koeajo. Vaasassa valmistettavat moottorityypit ovat W20, W32 ja W34, polttoaineenaan joko diesel, kaasu tai molemmat, DF- sekä GD – monipolttainemoottoreissa. Sylinterimäärät vaihtelevat 4 ja 20 välillä: W32 ja W34-moottoreissa sylinterit ovat V - tai rivimuodossa, W20 ovat pelkästään rivimoottoreita.

Wärtsilän nelitahtimoottoreiden tutkimus- ja tuotekehityskeskus sijaitsee Vaasassa. Keskusta tukevat nelitahtimoottorien kehitysyksiköt Italian Triestessä ja Espanjan Bermeossa. Keskustassa sijaitsee tuotekehitystä tukeva moottorilaboratorio ja Vaskiluodossa Waskiluoto Validation Centre, jossa testataan uusia teknologioita. /6/

Manufacturing Technology Center–yksikkö vihittiin käyttöön 2009. MTC-konseptin avulla kehitetään valmistusmenetelmiä ja tuotannollista osaamista. Tätä osaamista jaetaan maailmanlaajuisesti Wärtsilän eri yksiköille. /6/

Vaasassa sijaitsee myös Wärtsilän taloushallinnon asioista vastaava Wärtsilä Shared Service Center, joka palvelee maailmanlaajuisesti esimerkiksi osto- ja matkalaskujen, sekä maksujen käsittelyssä. /6/

Power Plants, Ship Power ja Services toiminnot projekti- ja myyntihallintatoimintoinen sijaitsevat Runsorissa. Services-toimintoon kuuluu Condition Based Maintenance-keskus, jossa pystytään valvomaan kaikkia Wärtsilän voimalaitos- ja laivamoottoreita Vaasasta käsin. Tämä mahdollistaa moottoreiden huollon tarkasti tarpeen mukaan. /6/

Wärtsilä toimitti 2008 laatuaan ensimmäisen polttokennoyksikön tuottamaan sähköä ja lämpöä Vaasan asuntomessualueelle Suvilahteen. Tämä New Energy-energialaitos perustuu tasomaiseen kiinteäoksiditeknologiaan ja käyttää polttoaineenaan läheisellä kaatopaikalla syntyvää metaania. /6/

2.3 W20-toimitusyksikkö

W20-toimitusyksikkö on osa Delivery Centre Vaasan toimitusyksikköä. W20-toimitusyksikkö sisältää W20-tuoteperheen moottoreiden ja aggregaattipakettien mekaanisen ja automaatioasennuksen, koeajon ja viimeistelyn. Toimitusyksikkö tukeutuu DCV:n tuotannonohjaukseen, logistiikkaan, operatiiviseen hankintaan ja laadunhallintaan. Kokoonpanon toimintaa tukee DCV:n moduulitehtaan ja alihankkijoiden toimittamat osakokoonpanot. Kuviossa 4 W9L20DF-moottori.

Kuvio 4. W9L20DF –moottori

3 LEAN-TOIMINTAMALLI

3.1 Leanin periaatteet

Alla listattuna leanin viisi periaatetta jotka kiteyttävät lean ajatusmallin.

1. **Määritetään arvo asiakkaan näkökulmasta.** Ymmärretään ja määritetään mikä lisää arvoa asiakkaan näkökulmasta, sekä pyritään jatkuvasti luomaan uutta arvoa.
2. **Määritetään arvoketju.** Määritetään arvoketjun kaikki vaiheet hukkien tunnistamiseksi. Hukat pyritään poistamaan, arvoa tuottava toiminta tehostamaan ja välttämättömät arvoa tuottamattomat toiminnot optimoimaan.
3. **Virtauksen luominen arvoa tuottaville toiminnoille.** Luodaan prosessiin jatkuva arvoa lisäävien työvaiheiden virtaus. Virtauksen esteet on samalla poistettava.
4. **Toiminnot suoritetaan asiakkaan tarpeiden mukaan.** Tehdään oikeita asioita, oikeaan aikaan ja oikea määrä.
5. **Pyritään täydellisyyteen.** Pyritään jatkuvaan kehitykseen, sillä koskaan tätä päämäärää, täydellisyyttä, ei tulla saavuttamaan. /12/

3.2 Johtamisfilosofia

Lean tuotantojärjestelmän perustana on koko yrityksen laajuinen, pitkäntähtäimen johtamisfilosofia. Menestykseen tärkeimmät tekijät ovat kärsivällisyys, keskittyminen pitkän tähtäimen tuloksiin lyhyiden sijaan, panostaminen ihmisiin, tuotteeseen ja laatuun. Lean -työkalut toimivat paljon tehokkaammin, kun niiden takana on johtamisjärjestelmä jolla leania ylläpidetään. /7/

3.3 Prosessin virtaus

Prosessin virtauksella tarkoitetaan materiaalien, komponenttien ja tuotteen keskeytymätöntä matkaa raaka-aineista peräkkäin sijoitettujen valmistusvaiheiden läpi valmiiksi tuotteeksi ilman välivarastoja. Tuotteen valmistus alkaa asiakkaan tilauksesta ja sitä valmistetaan vain tarvittava määrä. Yksiosainen virtaus johtaa

siihen, että ongelman ilmetessä koko prosessi pysähtyy. Tämän voisi mieltää huonoksi ominaisuudeksi mutta lean -ajattelun mukaan prosessin pysähtyessä ongelma konkretisoituu ja siihen on keksittävä ratkaisu. Kaikilla asianosaisilla on syytä miettiä miten prosessia voisi kehittää, ettei vastaava toistuisi. Perinteisesti nämä ongelmakohdat paikataan suurilla kapasiteeteilla ja välivarastoilla. Tämä yleensä johtaa siihen, että prosessin sisällä on suuria tehottomuuksia ja hukka-aikoja ilman, että kukaan huomaa mitään. /7/

Virtaus on lean -ajatuksen ytimessä niin, että raaka-aineista valmiiseen hyödykkeeseen kuluvan ajan lyhentäminen johtaa parempaan laatuun lyhyempään toimitusaikaan ja pienempiin kustannuksiin. Virtauksella on lisäksi taipumus pakottaa muiden lean-menetelmien käyttöönottoon. Monesti ajatellaan, että nopeuttaessa prosessia tehtäisiin se laadun kustannuksella. Virtauksessa lopputulos on kuitenkin päinvastainen. Viallinen tuote, tai sen osa, tulee esiin nopeammin kuin suurtuotantomallissa, jossa on isoja välivarastoja joihin on voitu viallisia osia valmistaa suuria määriä ennen kuin vika käy ilmi, jolloin vian syyn jäljittäminenkin on vaikeampaa. Tämä myös parantaa työntekijöiden vastuuntuntoa, koska virheet on korjattava heti ennen tuotteen päästämistä eteenpäin. Tätä kutsutaan sisäänrakennetuksi laaduksi. /7/

Yksiosainen virtaus on ihanne, joka näyttää selkeän suunnan johon pyrkiä, mutta se ei aina voi olla todellisuutta. Yksiosaista virtausta ei kannata käyttää väkisin sellaisissa paikoissa johon se ei sovi. Puskurivarastoja tulee käyttää harkitusti silloin kun jatkuva virtaus ei ole mahdollista ja niillä aikaansaadaan parempi kokonaisvirtaus. /7/

3.4 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus, VSM (Value Stream Mapping) on yksi Leanin keino prosessin kehittämiseen. Arvovirtakuvauksessa esitetään prosessin vaiheet, yhteydet, tapahtumien taajuudet, varastojen määrät prosessien ajat yhdelle lomakkeelle. Prosessia pyritään virtaviivaistamaan ja VSM on keino virtauksen esteen tunnistamiseen ja priorisointiin. Oikeiden ongelmien löytäminen ja niiden ratkaiseminen on oleellista tehokkuuden lisäämisessä. /10/

On tärkeää tunnistaa lähtötaso ja ymmärtää prosessin nykytila siten, että tiedetään mihin prosessilla pyritään ja miten tavoitteeseen aiotaan päästä. Arvovirtakuvaus antaa selvän kuvan missä kohdassa prosessia on hukkaa ja missä kohdassa se haittaa virtausta. Nykytilan kuvaus muodostaa alkutilan, josta parannustoimet voidaan aloittaa. Se auttaa ymmärtämään prosessin toimintaa tehtaan lattiatasolla ja nostaa hukan konkreettisesti esiin. Kun nykytila ymmärretään, voidaan lähteä kehittämään tulevaisuudentila –näkömää. /10/

3.5 Imujärjestelmä

Imujärjestelmä eli Kanban on tuotannon ohjausmenetelmä jossa kysyntä ohjaa toimintaa. Tavoitteena on ehkäistä ylituotantoa. Tyypillinen esimerkki on supermarket, jossa hyllyjä täydennetään sitä mukaa kuin tavaraa myydään. Hyllyillä on tavaraa tarkasti määritelty määrä varastossa aikaisempaan myyntimäärään perustuen. Tavaraa ei tilata suoraan hyllyyn vaan pieneen täydennysvarastoon, jonka täyttämässä myös hyödynnetään imuohjausta. Määritellyn varaston vähimmäismäärän kohdatessa järjestelmä antaa tilaussignaalin. Työntöohjauksessa täydennys olisi aikatauluun perustuvaa, mutta esimerkin tapauksessa johtaisi varaston kasvuun tai tavaran loppumiseen. /7/

Kanban tarkoittaa merkkiä, kylttiä, korttia, julistetta, mutta se mielletään yleensä jonkinlaiseksi signaaliksi. Signaalilla halutaan yleensä ilmaista tarvetta jollekin toiminnolle juuri oikeaan aikaan. Tuotannossa voidaan käyttää materiaalitoimituksiin kanban korttia. Kun työntekijä käyttää osan, ottaa hän samalla osan mukana tulleen kanban -kortin ja laittaa sen postilaatikkoon. Työvaiheen päättyessä materiaalinkäsittelijä kerää kanban-kortit ja tyhjät osasäiliöt ja vie ne tavarantoimittajalle. /7/

Imujärjestelmä on sopusoinnussa todellisen käytön kanssa ja se toimii useimmissa liiketoimintotilanteissa aikataulutettua järjestelmää paremmin. Puhtaasti yksiosaisessa virtauksessa varastoja ei ole lainkaan ja siihen tulisikin pyrkiä. Toyotan ohjeistuksen mukaan pitäisi luoda virtaus jos se on toteutettavissa, mutta jos se ei ole mahdollista, seuraavaksi paras vaihtoehto on suunnitella imujärjestelmä jossa on pieni varasto. /7/

3.6 Hukan poisto

Toyota on tunnistanut seitsemän lisäarvoa tuottamattoman hukan päätyyppiä:

- ylituotanto
- odottelu
- tarpeeton kuljettaminen
- ylikäsittely tai virheellinen käsittely
- tarpeettomat varastot
- tarpeeton liikkuminen
- viat

Toyotan Ohno piti ylituotantoa pahimpana hukkana, koska se aiheuttaa suurimman osan muusta tuhlauksesta. Se aiheuttaa aina varastoa jonnekin. Tämä puskurivarasto prosessien välillä voi johtaa heikentyneeseen motivaatioon. Seisokit omassa työvaiheessa eivät tunnu vaikuttavan kokonaisuuteen. Puskurivarastoihin voi myös kertyä suuria määriä viallisia osia ennen kuin ne seuraavassa työvaiheessa huomataan. /7/

4 TUOTANNON SUUNNITTELUN TEORIAA

4.1 Layout

Layoutilla tarkoitetaan tehtaassa sen tuotantojärjestelmän osien: koneiden, laitteiden, työpisteiden, varastojen ja käytävien sijoittamista. Ne voidaan jakaa karkeasti kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. /8/

4.1.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjassa tuotantolaitteet ja työvaiheet on sijoitettu valmistamisen edellyttämässä järjestyksessä. Tasainen virtaus helpottaa tuotannon ja materiaalivirtojen ohjaamista. Linjamuoto tukee suuria valmistusmääriä, mutta ei salli suuria eroja valmistettavalle tuotteelle, koska muutos yhden vaiheen vaiheajassa vaikuttaa aina muiden vaiheiden toimintaan. /8/

Tuotantolinja toisaalta vaatii ja toisaalta mahdollistaa materiaalien täsmällisen tuomisen tiettyyn työvaiheeseen oikeaan aikaan. Työvaiheiden tasapainottaminen on tärkeää. Kokoonpanotyössä eri työpisteiden kuormitusta voidaan tasapainottaa siirtämällä työtehtäviä vaiheelta toiselle. /8/

4.1.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa pyritään keskittämään samankaltaiset työvaiheet samaan paikkaan. Toimipisteet ryhmitellään niissä tehtävien toimintojen mukaan. Etuna on, että yhdessä toimipisteessä voidaan valmistaa erilaisen tuoterakenteen omaavia tuotteita, mutta toimipisteiden välillä tapahtuva materiaalin siirtely aiheuttaa ylimääräistä hukkaa ja vaikeuttaa tuotannonohjausta. Laadunseurantaan joutuu panostamaan enemmän funktionaalisisessa kuin linjamallisessa tuotannossa. /8/

4.1.3 Solulayout

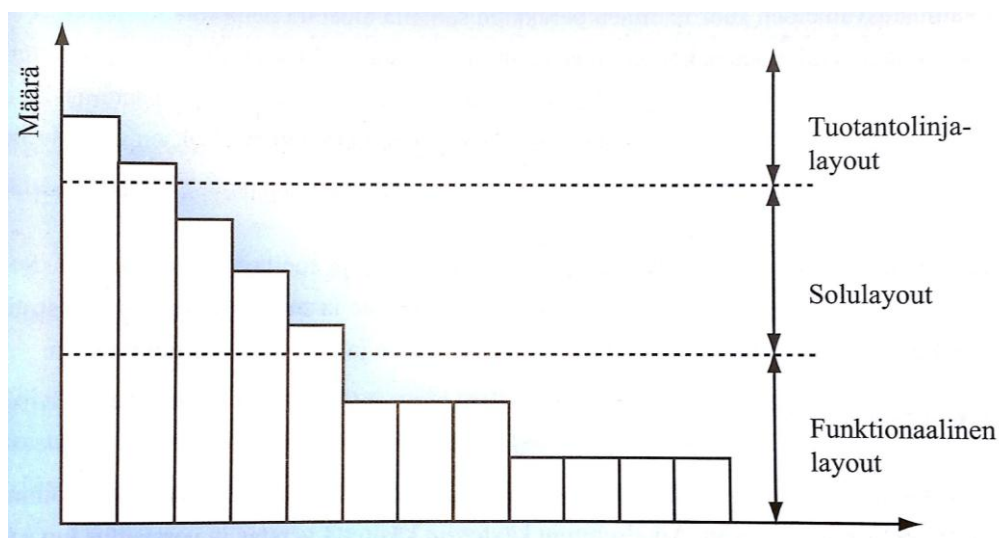
Solulayoutissa sijoitetaan tietyn tuotteen valmistamiseen tarvittavat koneet ja laitteet samalle alueelle. Ne ryhmitellään työkulun mukaisesti, mutta tuotteiden ei

ole välttämättä tarkoitus käydä jokaisella solun työpisteellä. Solu layout on eräänlainen yhdistelmä tuotantolinjasta ja funktionaalisesta mallista. Funktionaaliseen layoutiin nähden hyötynä on, että materiaalivirrat ovat selkeät eikä välivarastoja tarvita. /8/

Solutuotannossa työntekijällä on enemmän mahdollisuuksia vaikuttaa työhönsä ja tehtävien jakoon, mikä lisää työmotivaatiota ja samalla tuottavuutta. Linjatuotantoon verrattuna työntekijältä vaaditaan laajempaa osaamista, koska työvaiheita on enemmän. /8/

4.2 Layout suunnittelu

Layouttyypin valintaan vaikuttavat tuotantomäärä ja se kuinka paljon erilaisia tuotteita aiotaan valmistaa. Tuotantolinjalayout on paras vaihtoehto kun tuotantomäärät ovat suuria ja tuotteet ovat keskenään samankaltaisia. Solulayout on hieman joustavampi kuin tuotantolinja jos tuotevalikoima on suurempi eivätkä tuotantomäärät ole niin suuria jotta tuotantolinjaan olisi kannattavaa investoida. Funktionaalinen layout on toimivin, kun tuotteiden kirjo on laaja ja tuotantomäärät pieniä. Kuviossa 5 on kuvattu layouttyyppien soveltumista eri tuotantomäärille ja tuotevalikoimille. /8/



Kuvio 5. Tuote-määrä –analyysi. /8/

Suunniteltaessa layoutia on keskeistä toimivien materiaalivirtojen määrittäminen. Selkeät materiaalivirrat helpottavat myös tuotannonohjauksen toimintaa. Osastot ja työpisteet on sijoitettava niin, että materiaalin siirtotarve on mahdollisimman vähäinen ja kuljetusmatkat ovat lyhyet. Kaikki käytettävissä oleva tila tulisi olla tehokkaassa käytössä. Tulevaisuuden mahdolliset muutostarpeet tulee myös huomioida erityisesti raskaiden koneiden ja muiden vaikeasti siirrettävien kohteiden sijoittelussa niin etteivät ne haittaa layoutin jatkokehitystä. Hyvä layout on turvallisen ja viihtyisän työympäristön perusta. /8/

Tuotantolinjalayoutin suunnittelussa on tärkeää, että työtehtävät voidaan jakaa vaiheille tasaisesti korkean tuottavuuden aikaansaamiseksi. Tasapainottamalla näin tuotantolinjaa voidaan välttää aikahäviötä, jota syntyy jos vaiheaika on lyhyempi kuin tahtiaika. Tahtiaika voidaan laskea kaavan 1 mukaan. /8/

$$Tahtiaika = \frac{Aika}{Haluttu\ tuotanto} \quad (1)$$

Kun tahtiaika tiedetään voidaan työasemien eli vaiheiden lukumäärä määrittää kaavan 2 mukaan. /8/

$$Vaiheiden\ lukumäärä = \frac{Tuotteen\ kokonaisvalmistusaika}{Tahtiaika} \quad (2)$$

Vaiheiden lukumäärän ja jokaiselle vaiheelle määritettyjen työtehtävien mukaan voidaan alkaa suunnittelemaan itse työpisteitä. Tulee huomioida mitä erityispiirteitä, tarvittavia koneita ja laitteita työn suorittaminen vaatii. Tuotantolinjalayoutin suunnittelussa materiaalivirtojen järjestely vaatii tarkkaa työvaiheistusta, että halutut materiaalit saadaan ohjattua sinne missä niitä tarvitaan.

4.3 Kapasiteetti

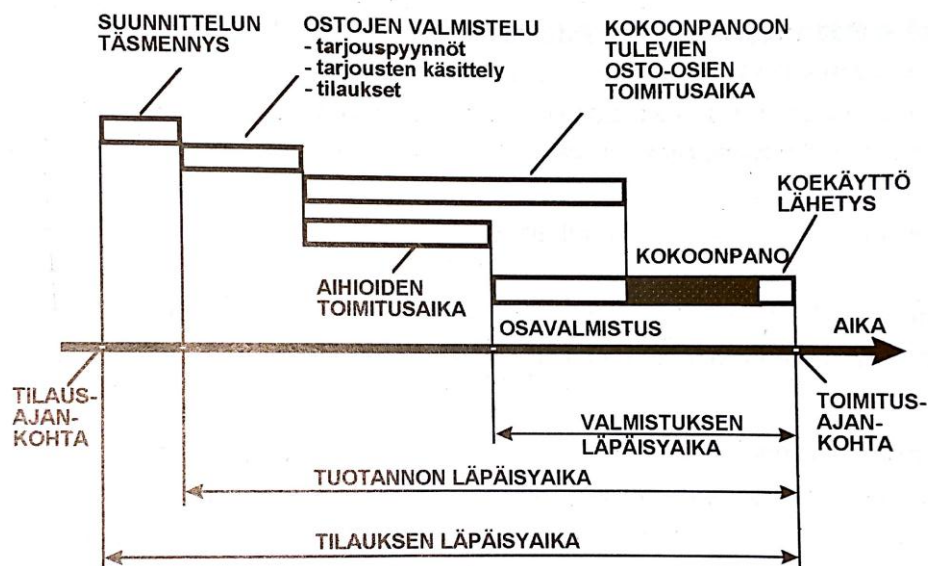
Kapasiteetti on prosessin maksimi suorituskyky aikayksikössä. Layout -suunnittelussa täytyy huomioida muutosten vaikutus kapasiteettiin. Kapasiteetin kasvattamisessa olisi hyvä pystyä määrittämään nykyinen prosessin kapasiteetti ja käyttöaste. /9/

Kuormitusryhmällä tarkoitetaan jotain kokonaisuutta, jonka kapasiteettia ja kuormitusta tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena. Karkeasuunnittelussa käytetään laajoja kuormitusryhmiä, kuten tuotantolinja tai tuoteverstaas. Kapasiteettina voidaan seurata tehdastasolla kokonaistuotantomäärää tai kokonaistuntimäärää. Näistä voidaan laskea tehtaan toimintasuhde. /8/

Kapasiteetin lisäämisessä on syytä keskittyä ensin työvaiheisiin tai toimintoihin, jotka ovat muuta toimintaa hitaampia ja hidastavat koko prosessia. Näin saadaan kokonaisuutta sujuvammaksi. /9/

4.4 Lämpäisy aika

Lämpäisy aika on tärkeä käsite mitattaessa tuotannon tehokkuutta. Lämpäisy aikaa voidaan mitata erilaisista kokonaisuuksista. Voidaan tarkastella esimerkiksi koko tilauksen, valmistuksen, osavalmistuksen tai kokoonpanon lämpäisy aikaa. Monesti itse työvaiheet ovat pieni osa lämpäisy ajasta ja erilaiset odotusajat muodostavat suurimman osan lämpäisy ajasta. Lämpäisy ajan voi jakaa karkeasti materiaalihankintojen vaatimaan aikaan ja oman valmistuksen lämpäisy aikaan. Kuviossa 6 on esimerkki koko tilauksen päätoiminnoista ja niihin liittyvien lämpäisy aikojen muodostumisesta. /11/



Kuvio 6. Tilauksen läpivientiin liittyvät päätoiminnot ja niiden lämpäisyajat. /11/

Lyhyt läpäisy aika on edellytys lyhyille toimitusajoille. Se antaa myös pelivaraa tuotannon suunnittelulle kuormituksen tasaamiseen ja näin voidaan välttää tilanne jossa työmäärä tehtaalla vaihtelee suoraan myynnin tahdissa. Lyhyt läpäisy aika valmistuksessa merkitsee sitä, että työt on jaettu enemmän peräkkäin kuin rinnakkain eli samanaikaisesti käynnissä on vähemmän eri projekteja. Tällä saavutetaan helpompi valmistuksenohjaus ja keskeneräiseen tuotantoon (WIP) sitoutuva pääoma on pienempi. WIP on lyhenne sanoista Work in Progress. /11/

Läpäisyajan lyhentäminen ei suoraan vähennä työkustannuksia sillä läpäisyajasta suuri osa on odotusaikaa joka ei sido resursseja. Sen sijaan hyödyt näkyvät vaihto-omaisuuden kustannusten vähenemisenä. Vaihto-omaisuuden kustannukset ovat sidoksissa läpäisy aikaan varastotarpeiden ja WIPin vuoksi. /11/

4.5 Simulointi

Simulointi on tutkimusmenetelmä monimutkaisen systeemin mallintamiseksi matemaattisesti. Mallin avulla voidaan analysoida systeemin toimintaa ja kokeilla miten parametrien muutokset vaikuttavat sen suorituskykyyn. Tehdasympäristössä on yleensä niin paljon satunnaismuuttujia, että siitä ei voi laatia analyttistä yhtälöä. Simulointi on monesti ainoa käyttökelpoinen menetelmä tässä tilanteessa. /8/

Käytännössä simulointi toteutetaan ohjelmistoilla, jotka on suunniteltu tuotantolaitoksen mallintamiseen. Ohjelmistossa voidaan seurata mallin tapahtumia ja tunnuslukujen kehittymistä simulaatioajan aikana. Simulointitutkimuksen tuloksia arvioitaessa on oltava kriittisiä. Tulokset ovat riippuvaisia siitä miten hyvin malli vastaa todellisuutta. /8/

5 ALKUTILANTEEN KARTOITUS

5.1 Kokoonpanoprosessi

5.2 W20 toimitusyksikön layout

Tämänhetkinen layouttyyppi on tuotantolinja, jossa moottorin kokoonpano on jaettu x vaiheeseen. Osasta moottoreita tehdään aggregaattipaketteja, jossa moottori ja generaattori asennetaan yhteiselle alustalle. Tämä tapahtuu vaiheen x jälkeen generaattoriasennuspaikalla, jossa on mahdollista asentaa kahta moottoria samanaikaisesti. Moottori koeajetaan heti pääkokoonpanon jälkeen. Koeajon jälkeen se nostetaan viimeistelyyn jossa suoritetaan lopputarkastukset, maalaus ja suojaaminen kuljetusta varten. Kuviossa 16 on alkutilanteen mukainen layoutpiirros, johon merkitty päätoiminnot ja kohteet. Monilla materiaaleilla ja tarvikkeilla ei ole määrättyä paikkaa vaan ne ovat sijoitettuna tilanteen mukaan.

Kuvio 16. W20 toimitusyksikön layout alkutilanteessa

Kuviossa 16 näkyy katkoviivoin käytettävissä oleva alue uuden layoutin suunnitteluun. Koeajoa eikä maalauspaikkoja haluta lähteä muuttamaan, koska se vaatisi isoja investointeja ja aikaa, mikä aiheuttaisi katkoksia tuotantoon. Kuviossa näkyvä kuorma-auto lavetteineen määrittää sitä aluetta, joka on jätettävä vaapaaksi lastauspaikaksi. Alueen oikeaa reunaa ja ylänurkkaa sivuaa trukkikäytävä, joka palvelee myös moduulitehdasta, joten se täytyy jättää entiselleen.

5.3 Materiaalivirrat

Kuviossa 17 kuvataan materiaalien liikettä pääkokoonpanoprosessissa.

Kuvio 17. Materiaalivirrat kokoonpanossa alkutilanteessa

Kaarevat nuolet tarkoittavat siltanosturilla tapahtuvia nostoja ja suorat nuolet lattiaa pitkin trukilla, pumppukärryllä tai käsin suoritettavia siirtoja. Vaiheilla 2-6 moottorin siirto vaiheelta toiselle tapahtuu lattiaa pitkin ilmatyynyllä, joka on käsin liikuteltävissä kahden henkilön voimin.

Moottorilohko, kampiakseli ja öljyallas tuodaan trukilla ulkoa lattia-alueelle, paikkaa niille ei ole tarkemmin määritelty. Tästä ne nostetaan hallinosturilla kokoonpanon käyttöön, kun tarve vaatii. Vaiheella yksi suoritetaan kampiakselin osakokoonpano ja kampiakselin asennus lohkoon. Ensimmäiseltä vaiheelta valmistunut osakokoonpano nostetaan lattialle, jossa siihen asennetaan nokka-akseli.

Kun linja siirtyy eteenpäin ja vaiheelle 2 vapautuu paikka, nostetaan ilmatyyny tähän välivarastointipaikalta tai vaiheelta 6, mikäli siellä on ilmatyyny vapaana. Ilmatyynyn päälle nostetaan öljyallas ja lohko-osakokoonpano.

Vaiheella 1 olevassa kuormalavahyllyssä on kyseisen vaiheen materiaalit materiaalikohtaisilla hyllypaikoilla. Materiaalit ovat lähinnä kampiakselin osakokoonpanossa tarvittavia osia sekä lohkoon asennettavia laakereita. Materiaalit ovat käsin kerättävissä ulosvedettävien lavatasojen avulla.

Vaiheiden 2-4 viereiset kuormalavahyllyt sisältävät pääasiassa materiaalikohtaisia hyllypaikkoja, joita logistiikka täydentää tarpeen mukaan. Lisäksi määrittelemättömille hyllypaikoille tuodaan settilavoja. Nämä setit ovat logistiikan keräämiä moottorikohtaisia osakeräyksiä, jotka riippuvat moottorin ominaisuuksista. Setit on pyritty jakamaan vaihekohtaisiin kokonaisuuksiin, mutta käytännössä nämä eivät ole aivan ajan tasalla. Monesti joudutaan nostamaan

settilavoja hyllystä lattialle asennuspisteen läheisyyteen, että osat olisivat helpommin käytettävissä. Tämä tarkoittaa sitä, että kuormalavoja lojuu lattialla ja niitä joudutaan myös kuljettamaan moottorin mukana vaiheelta toiselle, koska setin materiaalit eivät välttämättä tule käytetyksi yhdellä vaiheella.

Pientavarat eli esimerkiksi ruuvit, mutterit, o-renkaat ja putkiliittimet ovat kokoonpanolinjan vieressä kevythylyssä. Käytössä on kaksilaatikkojärjestelmä ja täytöstä vastaa ulkopuolinen alihankkija. Kaikkia materiaaleja on vain kertaalleen hyllyssä, koska tila ei riitä siihen, että materiaalit saataisiin hyllyihin niin, että kunkin vaiheen vieressä olisi tarvittavat materiaalit. Tämä aiheuttaa ylimääräistä kävelyä varsinkin linjan loppupäässä työskenneltäessä jolloin pientavarat ovat etäämmällä.

W20-moottorien kokoonpano on laajasti modularisoitu eli moduulitehtaalla sekä myös alihankkijoilla kokoonpannaan osakokoonpanoja, jotka pääkokoonpanossa yhdistetään. Näin saadaan työmäärää jaettua laajemmalle ja pääprosessin läpäisyaikaa pienemmäksi. Osakokoonpanoille eli moduleille on viereisessä hallissa buffer-varasto, josta niitä tuodaan linjalle tarpeen vaatiessa.

Automaatioasentajien käyttämät materiaalit tuodaan osakeräysten mukana. Automaatiovalmistelu –työpisteessä on omat pientavarahyllynsä, joista löytyy siellä tarvittavat pientavarat sekä kaapelirullat omassa telineessään. Automaatiomodulit tuodaan esitestaukseen valmistelupisteeseen ennen niiden asentamista moottoriin.

Aggregaattipaketteihin tarvittavat yhteinen alusta ja generaattori tuodaan halliin lavetilla josta ne nostetaan generaattoriasennuspaikalle siltanosturilla. Nämä ovat isoja komponentteja, jotka pyritään tilaamaan juuri oikeaan aikaan, koska varastointi on hankalaa.

5.4 Arvovirtakuvaus

Kokoonpanoprosessille haluttiin tehdä arvovirtakuvaus, jotta voitaisiin selvittää ja tuoda esiin ne kohdat joissa asiakkaalle arvoa tuottamatonta hukka-aikaa esiintyy. Arvovirtakuvauksen tekeminen vaatii tarkkaa prosessin työvaiheiden tuntemista.

Aiempi kokemus työskentelystä kokoonpanossa asennustehtävissä antaa näkemystä eri työvaiheiden vaatimista erityispiirteistä. Jokaisessa työtehtävässä tarvittavat materiaalit, niiden varastointi sekä työkalut tulee selvittää riittävällä tarkkuudella, että voidaan arvovirtakuvaus tehdä. Arvovirtakuvaus on esitetty liitteinä 1-5.

Arvovirtakuvauksessa tarkastellaan yleisintä monipolttoainemoottorityyppiä, W6L20DF -päämoottoria. Kuvauksessa keskitytään mekaanisen asennuksen työvaiheisiin eikä auomaatioasennusta huomioida tässä vaiheessa, koska edellisen työntutkimuksen ajat eivät ole enää vertailukelpoisia.

Työtehtävät tuli määrittää ja järjestää asennusjärjestykseen. Työtehtäviä ei ollut kiinteästi jaettu eri vaiheille, koska monet niistä voidaan suorittaa eri vaiheilla. Arvovirtakuvauksessa työtehtävät jaettiin kokoonpanolinjan vaiheille käytännön osoittamalla tavalla. Työtehtävät jaettiin vielä pienempiin osiin. Pääsääntöisesti jako tehtiin materiaalin keräykseen, työkalujen ja tarvikkeiden keräykseen sekä varsinaiseen asennustyöhön. Lisäksi tulivat mahdolliset työtehtäväkohtaiset erityispiirteet. Arvovirtakuvauksessa työtehtäviä havainnollistetaan kolmella symbolilla: nuoli kuvaa siirtoa, kolmio jalostamatonta työtä ja suorakulmio jalostavaa työtä.

Varsinaista työntutkimusta ei tehty uudestaan vaan käytettiin vuodelta 2003 saatuja työaikoja jalostavan työn keston määrittämiseen. Niiltä osin kuin aikoja ei ollut tai voitu käyttää, tuotteen muuttumisen tai kokoonpanomenetelmien muutoksista johtuen, käytettiin arvioita työn kestosta.

Materiaalin keräämiseen ja piirustusten hakemiseen kuluva aika määritettiin mittaamalla jokaisen työpisteen ja kaikkien mahdollisten kohteiden välillä kävelemiseen kuluva aika. Lisäksi määritettiin erityyppisiltä varastopaikoilta keräämiseen kuluvat ajat jotka summattiin kävelyajan kanssa. Työkalujen ja tarvikkeiden keräämiseen kuluvat ajat määritettiin niiden työpisteelle sijoituksen mukaan. Seuraavaksi piti selvittää työtehtäväkohtaisesti tarvittavat materiaalit, työkalut ja tarvikkeet niin voitiin laskea niiden keräämiseen kuluva aika. Tämä aika on jalostamatonta työtä eli hukkaa.

Varsinaiseen tekemisaikaan eli jalostavaan ja jalostomattomaan työn aikaan lisättiin häiriöaika (15% tekemisajasta) johon sisältyy esimerkiksi materiaalin ylimääräinen etsintä, epäsojivien osien muokkaus ja ruuhka työpisteellä. Saatuun aikaan lisättiin vielä apuaika (20% tekemisaika+häiriöaika) joka koostuu tauoista, elpymisajasta sekä työpisteen ylläpitämiseen kuluva ajasta. Nämä arvot on saatu aikaisemmista työntutkimustuloksista. Kuviossa 18 on kuvattu miten kyseiset ajat jakautuvat eri linjan vaiheille.

Kuvio 18. Vaiheajat ja niiden jakautuminen alkutilanteessa(W6L20DF)

Yllämainitut ajat ovat resursseja sitovaa työaika. Kun tarkastellaan tuotteen läpäisyä, lisätään tähän vielä odotusaika, jolloin kukaan ei työskentele moottorilla. Tämä aiheutuu resurssivajeesta sekä linjan vaiheajojen epätasapainosta. Odotusaika vaihtelee paljon tilanteesta ja käytettävissä olevien resurssien määrästä. Työmäärältään suuressa moottorissa, jolla painotetaan resursseja odotusaika on huomattavasti lyhyempi kuin sellaisella moottorilla jolla työmäärä on pienempi mutta tahtiaika sama kuin linjassa seuraavalla vaiheella olevan moottorin. Kuviossa 19 on esitetty koko prosessin vaiheajat odotusaikoinen yksinkertaistetussa tilanteessa jossa tuotantolinjassa olisi joka vaiheella samantyyppinen moottori.

Kuvio 19. Aikajakauma koko prosessille alkutilanteessa(W6L20DF).

5.5 Simulointi

Kokoonpanolinjan toiminnan havainnollistamiseksi tehtiin Excel- taulukkolaskentaohjelmaan simulointimalli, jolla voidaan kokeilla erilaisia kuormitustapauksia ja nähdään niiden vaikutus linjan suorituskykyyn. Siinä tarkastellaan mekaanisen asennuksen kannalta yhden päivän hetkellistä tilannetta

ja se kertoo linjan senhetkisen suorituskyvyn. Mallissa voidaan asettaa päivittäinen työaika, käytettävissä olevat resurssit ja niiden jakautuminen eri vaiheille. Vaiheella tehtävät työtunnit näkyvät kuormituksena, joka on eritelty aamu-, iltta-, ja yövuoroon. Kullekin vaiheelle voidaan valita haluttu moottorityyppi, jonka perusteella vaiheen työmäärä määräytyy.

Kokoonpanon kapasiteetiksi ajatellaan mallissa työtuntimääräisesti sellaista tilannetta, että joka vaiheella työskentelee maksimimäärä asentajia eli x asentajaa per vaihe. Päivittäinen työaika on xh /työvuoro. Optimaalisessa tilanteessa työmäärä ja resurssien määrä ovat samat. Työmäärältään suurin vaihe on optimitilanteessa täysin työllistetty ja se määrittää linjan maksimi tuotantovauhdin. Tämä edellyttää, että muilla vaiheilla on resursseja sen verran, että ne pysyvät tuotantovauhdissa mukana. Tätä kuvataan mallissa kuormitustarpeena. Se on myös samalla maksimi työtuntimäärä, joka kokoonpanolinjalle on järkevä sijoittaa, koska suuremmalla työtuntimäärällä alkaa odotusaikoja muodostua myös asentajille, kun töitä ei riitä kaikille. Resurssivaje on se työtuntimäärä, joka puuttuu jotta voitaisiin saavuttaa sen hetkinen kokoonpanon maksimisuorituskyky.

Mallista nähdään vaihekohtaisesti montako moottoria kukin vaihe pystyy valmistamaan päivän aikana senhetkisillä resursseilla ja työmäärällä. Tämä arvo tulisi olla eri vaiheilla samansuuruinen jotta linjan virtaus olisi tasaista. Taulukosta nähdään myös tahtiaika, joka määräytyy pisimmän vaiheajan mukaan sekä moottorien valmistustahdin aikayksikköä kohden. Lisäksi se laskee kokoonpanolinjan keskimääräisen läpäisyajan, joka on joko vaiheajojen summa tai tahtiaika kerrottuna vaiheiden määrällä, tilanteessa jossa ei ole joka vaiheella moottoria.

Simulaatiomallilla nähdään myös miten odotusaika muodostuu. Odotusaika on se aika, kun kukaan ei työskentele moottorilla. Odotusaika vaihtelee tilanteen ja resurssienjaon mukaan. Jos häiriötilanteita ei oteta lukuun, odotusaikaa syntyy kahdella tavalla:

1. Jollain seuraavista vaiheista pidempi vaiheaika, mikä estää vaiheelta toiselle siirtymisen, ns. pullonkaula –ilmiö.

2. Resurssivaje aiheuttaa sen, että asentajia ei riitä työskentelemään kaikilla vaiheilla koko aikaa.

Alla olevassa kuviossa 20 nähdään simulointimalli jossa on tarkasteltu satunaista tilannetta kun kokoonpanolinjan joka vaiheella on moottori. Käytettävissä olevat resurssit ovat x kpl mekaanista asentajaa, mikä on keskiarvo vuoden 2014 resursseista, jossa huomioitu sairauslomat, ylityöt ja työtunnit vuonna 2014. Tässä tilanteessa resurssit on jaettu erittäin tarkasti vaiheille, että saavutettaisiin mahdollisimman tasaiset vaiheajat. Vaihekohtainen suorituskyky vaihtelee x ja y moottoria päivässä välillä. Näin tarkkaan resurssien jakoon on käytännössä vaikea päästä.

Kuvio 20. Simulointimalli. Tilanne 1.

Seuraava tilanne kuviossa 21 on muuten samanlainen kuin edellinen, ainoastaan resurssienjako on muuttunut lähemmäs tavanomaista käytännön tilannetta. Vaiheen 5 moottorilla on kiire koeajoon, joten sille ja sitä seuraaville vaiheille lisätään kuormitusta eli painotetaan enemmän resursseja. Pieni muutos resurssien jaossa heikentää linjan suorituskykyä tahtiajan noustessa x tuntia, odotusaika ja samalla linjan läpäisy aika kasvaa x tuntia. Viikossa moottoreita valmistuisi x kappaletta edellisen tilanteen x kappaleen sijaan.

Kuvio 21. Simulointimalli. Tilanne 2.

Kolmannessa tilanteessa kuviossa 22 otetaan linjalle vähemmän moottoreita, jolloin käytettävissä olevat resurssit voi jakaa pienemmälle vaihemäärälle. Linjalla on moottoreita x kpl ja resurssit vastaavat kuormitustarvetta. Moottoreita valmistuu

nyt x kappaleen viikkotahtia, mikä on lähellä tilanteen 1 optimia, mutta linjan läpäisy aika on pudonnut merkittävästi, x tuntiin.

Kuvio 22. Simulointimalli. Tilanne 3

5.6 Tehdyt havainnot ja päätelmät

Arvovirtakuvauksessa esiin tullut jalostamaton työ aiheutuu pääasiassa materiaalien ja työkalujen hakemisesta sekä moottorin ja sen osien siirroista nostamalla tai ilmatyönnällä. Työkalujen keräyksessä ei suurempia epäkohtia ollut, ja niitä voidaan parantaa pienillä kehitystoimilla työpisteisiin. Materiaalin eli osien ja osakokoonpanojen linjalle tuonti ei ole kaikilta osin toimivaa.

Osakokoonpanoille ei ole omia paikkoja vaan ne tuodaan lattialle, sinne mihin sattuu sopimaan. Lisäksi niiden välivarastointipaikka on viereisessä hallissa, mikä ei ole selkein ratkaisu tuotannon seurannan ja ohjauksen kannalta. Sylinterikansiosakokoonpanojen paikalleen nosto on esimerkki huonosta toimivuudesta koska se vaatii kaksi asentajaa, toinen kiinnittämässä nostovälinettä kansiin lattiatasolla ja toinen ylhäällä työtasolla asettamassa osa paikoilleen.

Osakeräykset eli setit tuodaan kuormalavoilla hyllyyn linjan viereen. Kuormalavahyllyssä on parhaat paikat eli ne josta käsin pystyy osia keräämään käytetty materiaali kohtaisille lavoille ja laatikostoille. Tämä tarkoittaa, että seteille jäävät lavapaikat ovat sellaisia, että tarvitaan trukkia nostamaan lava alas, että osat ovat kerättävissä. Monesti lavat myös jäävät lattialle ja aiheuttavat näin tilanahtautta ja kompastumisen vaaran. Setitykset eivät ole täysin tarkoituksenmukaisia sillä samalla lavalla on monesti materiaalia useammalle vaiheelle jolloin lavat eivät tyhjene yhdellä vaiheella vaan niitä joudutaan kuljettamaan moottorin mukana vaiheelta toiselle. Osakeräykset on nimetty settitunnus, mutta yksi settitunnus saattaa sisältää useamman lavan ja osat ovat näillä lavoilla sattumanvaraisessa järjestyksessä, mikä tarkoittaa, että pahimmillaan asentaja joutuu etsimään kaikilta näiltä lavoilta löytääkseen haluamansa osan.

Pientavara on linjan varrella kevyttavarahyllyssä. Osia ei ole sijoitettu vaihekohtaisesti, mikä aiheuttaa ylimääräistä kävelyä kun osia haetaan, varsinkin linjan loppupäässä, koska esimerkiksi ruuvit sijaitsevat linjan alkupäässä. Vaiheiden 4 ja 5 työskentelytasoilta on aikaa vievää lähteä keräämään pientavaraa. Tämä kaikki lisää osien keräämiseen kuluvaan aikaa sekä aiheuttaa häiriötilanteita jos haluttua osaa ei löydy.

Kokoonpanolinjan alkupää eli vaihe 1 toimii enemmän osakokoonpanona kuin osana linjaa. Tämä aiheuttaa sen, että vaiheen 1 ja 2 välille syntyy välivarastoa. Välivarastointipaikalla myös asennetaan nokka-akseli. Nokka-akselin asennus on työmäärältään paljon pienempi kuin muut vaiheajat, mikä tarkoittaa sitä, että turhaa odotusaikaa syntyy ja linjan läpäisy aika pitenee. Välivarastointi ja nokka-akselinasennuspaikka aiheuttavat ylimääräisiä siltanosturilla tehtäviä nostoja. Vaiheen 1 työtehtävät sisältävät paljon mittauksia, osien puhdistusta ja toistuvia suoritteita, minkä takia sitä pidetään hieman epämieluisana työvaiheena.

Moottoreille syntyy aina odotusaikaa kun resursseja ei ole riittävästi suhteessa linjalla olevien moottoreiden vaatimiin työmääriin tai jos vaiheajoissa on eroja. Normaalitilanteessa linjalla on joka vaiheella moottori, mikä tarkoittaa sitä, että rajallisista resursseista johtuen aiheutuu odotusaikaa paljon ja läpäisyajat samalla pitenevät. Läpäisyajoja voisi lyhentää jo pelkästään sillä, että moottoreiden kokoonpanoaloitukset linjaan tehtäisiin vasta kun linjan muilla moottoreilla ei riitä töitä kaikille asentajille. Näin saataisiin moottoreiden odotusajat pienemmäksi kun joka moottorille riittää asentajia tarpeen mukaan.

Vuonna 2014 linjan keskimääräinen kuormitusaste oli melko pieni. Käytettävissä oli vain noin x mekaanista asentajaa keskimäärin. Resursseja lisäämällä olisi mahdollista kuormitusta nostaa tiettyyn pisteeseen saakka. Alhainen kuormitusaste tekee linjasta joustavan, koska vaiheajakerot on mahdollista tasoittaa resurssien jaolla. Laskennallisesti olisi mahdollista tehokkaasti käyttää x mekaanista asentajaa, kahdessa vuorossa, tämänhetkisillä vaiheajoilla. Tästä ylöspäin riski siihen kasvaa, että kaikille ei riitä töitä. Mitä lähemmäksi vaiheajat saadaan toisiaan sitä enemmän pystytään resursseja käyttämään.

Kaikenkaikkiaan alkutilanteen kartoituksen aikana on selvinnyt, että kokoonpanolinjalla on vielä paljon käyttämätöntä reserviä parempaan suorituskykyyn. Se onnistuu havaittuja epäkohtia korjaamalla, mutta tavoitteen mukaiseen tuotantovauhtiin pääseminen vaatii toki myös lisää resursseja.

6 KEHITYSTOIMET

6.1 Operaatioiden siirto pääkokoonpanon ulkopuolelle

Yksi keino pääprosessin nopeuttamiseksi on vähentää sen työmäärää. Kokoonpanossa tämä onnistuu esimerkiksi muodostamalla uusia tai laajentamalla olemassa olevia osakokoonpanoja. W20 kokoonpanossa käytössä oleva tila on hyvin rajallinen, joten työmäärän vähentämisen lisäksi vapautuvalle lattiapinta-alalle olisi myös käyttöä.

Aluksi mietittiin jos vaihe 1:n olisi voinut siirtää kokonaisuudessaan muuhun tilaan omaksi moottorilohkon ja kampiakselin osakokoonpanoksi. Yrityksen sisältä ei sopivaa tilaa tähän käyttöön löytynyt eikä haluttu siirtää alihankkijalle näin suurta kokonaisuutta, koska riskit niin laadun kuin toimitusketjun hallinnan suhteen nähtiin liian suurena. Sen sijaan tultiin siihen tulokseen, että moottorilohkon laakerien asennus ja mittaus siirrettäisiin alihankkijalle joka vastaa jo nyt lohkojen koneistuksesta ja sylinteriputkien asentamisesta.

Kampiakselin osalta päädyttiin sellaiseen ratkaisuun, että jatkossa osan kokoonpano ja mittaukset tehdään ABB:n alueella sijaitsevassa Wärtsilän toimipisteessä, jossa kampiakselit myös pestään ennen asennusta.

Näiden muutoksien ansiosta saadaan linjan alkupäähän lisää tilaa kun kampiakselin asennuspaikkaa ei enää tarvita ja vaiheen 1 kuormalavahylly voidaan poistaa tai korvata pienemmällä. Tämä on edellytyksenä suunnitelluille layout-muutoksille. Etua saavutetaan myös siinä kun mahdolliset laatupoikkeamat havaitaan aiemmin, ennen kokoonpanolinjaa, jossa näiden komponenttien virheet ovat yleensä estäneet kokoonpanon aloituksen tai keskeyttäneet sen. Myös työviihtyvyys paranee kun paljon toistoa ja tarkkaavaisuutta vaativia epämieluisia työvaiheita jää pois.

6.2 Työvaiheistus ja vaiheajojen tasapainotus

Työtehtävien jako vaiheille tehtiin Manufacturing Engineering –osaston tekemän vaiheajojen tasapainotuksen perusteella. Siinä kokoonpanoprosessi on jaettu x operaatioon mukaillen W9L20DF-b moottorin kokoonpanoa. Työajat on määritetty

Basic-Most työnmääritysmenetelmällä ja niissä on huomioitu uudet osakokoonpanot ja pääkokoonpanosta poistuvat operaatiot, jotka osaltaan lyhentävät vaiheaikoja. Kuviossa 23 on esitetty työvaiheistus ja tasapainotetut tekemisajat vaiheille kyseisen moottorityypin osalta. Vaiheaika lyhenee loppua kohden siitä syystä, että mahdollisten häiriötilanteiden varalta, voidaan menetetty aika ottaa kiinni loppua kohden.

Kuvio 23. Uusi tasapainotettu työvaiheistus(9L20DF-b)

6.3 Layout-muutokset

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tarkoitus oli lähteä piirtämään uutta layoutia puhtaalta pöydältä. Karkeita hahmotelmia tehtiinkin, mutta tavoitteena oleva vuosittainen tuotantomäärä rajaa tuotantolinjalayoutin ainoaksi layout vaihtoehdoksi. Käytettävissä oleva tila on sen verran pieni, että kompromisseja joudutaan väkisinkin tekemään. Vaiheiden lukumäärä tulisi olla niin suuri kuin tilaan on sovitettavissa suorituskyvyn ja helpon materiaalin tuonnin kannalta. Näiden seikkojen ja alkutilanteen kartoituksessa tehtyjen havaintojen turvin päädyttiin säilyttämään layoutin runko samankaltaisena varsinkin vaiheiden 2-4 osalta ja keskittymään materiaalivirtojen selkeyttämiseen ja havaittujen epäkohtien poistamiseen.

Kuviossa 24 on ensin tehty layouthahmotelma, jossa kaikille osakokoonpanoille on merkitty omat väliavarastointipaikkansa linjan välittömässä läheisyydessä, ensimmäinen vaihe on uudelleen järjestelty ja siirto vaiheelle 2 tapahtuu ilmatyynyillä noston sijaan. Ensimmäisellä vaiheella asennettaisiin aikaisemmasta poiketen nokka-akseli, öljyallas ja pakoputkisto. Pientavarahyllyt on siirretty linjan reunustalta kahteen pisteeseen vaiheiden 2 ja 4 läheisyyteen. Vaiheelle 3 on tullut uusi L-mallinen rullarata jota pitkin on tarkoitus tuoda öljy-, ahtoilmajähdytin- ja turbomoduulit. Rullaradalle mahtuu yhden moottorin tarpeet. L-muoto tarvitaan jotta rullaradalta olisi mahdollista tyhjätä trukilla moduulien kuljetustelineet. Kuormalavahyllyt oikealla laidalla olisivat pääasiassa osakokoonpanojen, jotka

voidaan tuoda kuormalavalla, ja keräyssettilavojen käytössä. Keräyssetit on merkitty SPH -tunnuksin, joista numero kuvaa linjan vaihetta. Sylinterikansille on oma hylly josta ne saadaan nostettua suoraan moottoriin työskentelytasolta käsin.

Kuvio 24. Layout vaihtoehto 1

Layout vaihtoehto 1:n ongelmana nähtiin rullaradan viemä suuri tila, sekä ratkaisun joustamattomuus esimerkiksi tilanteessa jossa moottorien asennusjärjestys muuttuu, mikä aiheuttaisi sen, että rullarataa pitäisi järjestää uudelleen. Lisäksi pientavaran sijoitus oli edelleen liian kaukana vaiheista.

Kehitystä jatkettiin ja työvaiheistuksen samalla tarkentuessa tasapainotuksen yhteydessä työvaiheet siirtyivät joiltain osin vaiheelta toiselle. Kun tiedettiin kullakin vaiheella tehtävät operaatiot voitiin alkaa sijoittamaan tarvittavia materiaaleja tarkemmin vaihekohtaisesti. Kuviossa 25 on esitetty linjan vaiheiden 1-3 layout ja materiaalien kulku linjalla.

Kuvio 25. Vaiheiden 1-3 layout ja materiaalivirrat

Vaihe 1 on tässä suunnitelmassa täysin integroitu muuhun kokoonpanolinjaan kun se nykytilassa on enemmän erillinen osakokoonpano. Välivarasto vaiheen 1 ja 2 välillä on poistettu ja nostoja tarvitaan enää 3 kappaletta. Moottorilohko ja kampakseli nostetaan suoraan buffer-paikalta kääntölaitteeseen. Logistiikka voi tuoda ilmatyynyn sille varatulle paikalle ja asettaa myös öljyaltaan valmiiksi ilmatyynylle. Tämä onnistuu myös trukilla aikaisemman siltanosturin sijaan. Kun lohkon ja kampiakselin asennus on kääntölaitteessa suoritettu voidaan ilmatyyny öljyaltaineen vetää asennuspaikalle ja moottorilohkokokoonpano nostaa suoraan tämän päälle. Näin vaihe 1 on nykytilaa huomattavasti suoraviivaisempi.

Vaiheelle 2 moottori saadaan siirrettyä ilmatyynyllä nykyisen noston sijaan. Muutoksia vaiheelle on tehty lähinnä materiaalin tuontiin liittyen. Pakoputkistolle

on oma bufferpaikkansa, joka on niin väljä, että se sallii tulevaisuuden suunnitelmien mukaisen mahdollisen laajemman osakokoonpanon tuonnin. Vaiheen kuormalavahylly on siirretty ylöspäin, että pumppukotelo- ja starttiosakokoonpanon kuljetustelineelle saadaan paikka lähelle asennuspistettä.

Vaiheen 3 rullaradasta luovuttiin ja se korvattiin osakokoonpanoille merkityillä lattiapaikoilla. Ne täytyy kuitenkin saada tuotua nostinradan alle, että nostaminen kuljetustelineestä moottoriin on mahdollista. Siirto on mahdollista pumppukärryllä mutta asentamalla pyörät kuljetustelineisiin saadaan helpotettua niin osakokoonpanojen kuin tyhjien kuljetuskärryjenkin siirtelyä.

Kuvio 26. Vaiheiden 4-Gen layout ja materiaalivirrat

Kuviossa 26 on kokoonpanolinjan layout suunnitelma vaiheesta 4 eteenpäin. Vaiheelle 4 suunniteltiin uusi hyllypaikka sylinterikansilaatikoille, mikä helpottaa sylinterikansien asennusta. Hyllypaikalla oleva vetotaso mahdollistaa laatikon ulosvedon hyllystä nostinradan alle, että nostimen käyttö on mahdollista. Vaiheen 4 ja 5 työskentelytasojen väliin tullaan tekemään uusi työpiste yhdistämällä työskentelytasot sillalla.

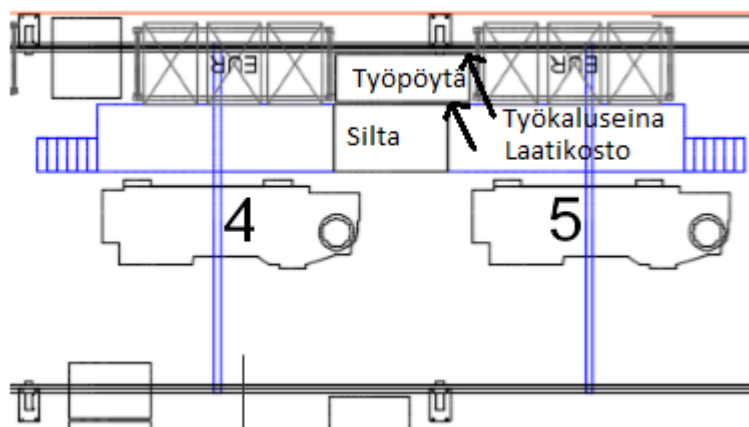
Vaihe 6 on nykytilassa pienemmällä käytöllä kuin muut vaiheet. Sen käyttömahdollisuuksia lisätään uudella työskentelytasolla, jota voidaan käyttää mm. kaasuputken asennukseen DF-moottorissa. Tämä myös osaltaan mahdollistaa linjan paremman tasapainotuksen. Automaatiovalmistelupistettä siirretään hieman ylöspäin, mikä tuo lisää tilaa vaiheelle 6. Nämä muutokset mahdollistavat sen, että työmäärältään pienempi diesel moottori voidaan kokoonpanna valmiiksi jo vaiheella 5 ja ohittaa vaiheen 6 moottori. Tämä tuo hieman joustoa linjan loppupäähän, jossa monesti voi tulla erityistilanteissa kiirettä.

Automaatiovalmistelupisteen yhteyteen tulee uusi kuormalavahylly, johon sijoitetaan SPH-osakeräykset automaatiolle, generaattoriasennukseen ja vaiheelle 6. Valmistelluille ja testatuille automaatiomoduleille on oma bufferpaikkansa kuten myös valmiille päämoottorille, joka odottaa pääsyä koeajettavaksi. Kaasuputki

osakokoonpano tulee kärryssä, jolle on myös oma merkitty paikkansa layoutissa. Tästä se voidaan käsivoimin siirtää vaiheelle 6 asennukseen.

6.4 Vaihe 4 ja 5 työpisteiden parantaminen

Vaiheella 4 ja 5 on työskentelytasot joiden korkeutta voidaan säätää sähköhydraulisesti eri asennustilanteisiin sopivaksi. Nämä tasot yhdistetään sillalla, joka sallii edelleen tasojen yksilöllisen korkeuden säädön. Sillan yhteyteen muodostetaan työpiste, jonka sijoitus näkyy kuviossa 27. Työpöydän taka-alalle tehdään reikälevystä työkaluseinä ja alapuolelle laatikostoa pientavaralle ja tarvikkeille. Työpöydälle sijoitetaan uusi putkiliittimien esiasennukseen tarvittava prässi. Tällä hetkellä kokoonpanolinjalla on ainoastaan yksi kyseinen työkalu vaiheen 2 vieressä, mikä aiheuttaa turhaa kävelyä. Kuormalavahyllystä varataan tilaa vaiheilla tarvittavalle pientavaralle 2 lavapaikkaa, loput ovat osakeräyksille.



Kuvio 27. Työpiste 4 ja 5 vaiheen väliin

Tavoitteena on, että kaikki tarvittava materiaali ja työkalut löytyvät ylätasanteelta, eikä työskentelytasolta tarvitse poistua hakemaan mitään. Työskentelypisteiden yhdistäminen antaa myös hieman joustoa, kun operaatioita voidaan tehdä kummalla vaiheella tahansa, tilanteen mukaan.

6.5 Materiaalin tuonti

6.5.1 Osakokoonpanot

Uudessa layoutissa on kaikille osakokoonpanoille omat paikkansa joko lattialla merkittynä lattiamerkinnoin tai kuormalavahyllyssä sellaisella paikalla, että ne ovat käytettävissä ilman trukkia. Tyhjä paikka on aina merkki siitä, että seuraavan moottorin osakokoonpano olisi syytä tuoda paikalle. Tämä helpottaa materiaalin tilaamista ja käsittelyä.

Osakokoonpanojen paikat on sijoitettu joko niin, että ne ovat nostinradan alla tai ne ovat pyörillä ja saadaan näin työnnettyä nostimen alle. Sellaisiin kuljetustelineisiin tullaan asentamaan pyörät missä niitä ei vielä ole.

6.5.2 Materiaalikeräykset

Materiaalikeräykset eivät olleet ajan tasalla, vaan niissä oli suuria epäkohtia. Materiaalit käytiin läpi yhden moottorityypin mukaan ja jaettiin uuden työvaiheistuksen mukaan keräyssetteihin. Näin voitiin hahmottaa varastointipaikkojen tarve. Aikaisemmasta poiketen setittäminen tehdään nyt niin, että jokainen lava on yksilöity ja jokaiselle lavalle on oma paikkansa kuormalavahyllyissä. Nämä paikat ovat sellaisia, että niistä voidaan osat kerätä ilman, että lavaa tarvitsee nostaa pois hyllystä. Tämä vähentää etsimiseen kuluva aikaa selvästi. Jotta voitiin määritellä lavalle sopivia kokonaisuuksia hahmoteltiin ne 3D-mallien avulla. Kuviossa 28 on esimerkki keräyssetistä mallinnettuna.

Kuvio 28. Keräyssettiesimerkki 3D-mallinnettuna

Automaatioasennukseen tulevat osat tulevat nykyään muiden keräyssettien mukana. Automaatioasentajat näkevät tämän huonona ratkaisuna ja aiheuttavan jatkuvaa etsimisaikaa. Automaatioasennukseen tulee jatkossa oma osakeräys, joka tuodaan uuteen kuormalavahyllyyn, joka sijoitetaan automaatiovalmistelupisteen läheisyyteen.

6.5.3 Pientavara

Pientavara eli esimerkiksi ruuvit, mutterit, o-renkaat ja putkiliittimet halutaan sijoittaa vaihekohtaisesti lähelle asennuspistettä, että kävelymatkat jäävät mahdollisimman lyhyiksi. Kiinteiden hyllyjen sijoittamiselle ei ole joka vaiheella riittävästi tilaa, joten täytyi keksiä jotain muuta. Päädyttiin ratkaisuun, että pientavara tuodaan jatkossa vaihekohtaisilla osavaunuilla. Kuviossa 29 on mallikuva käytettävästä vaunusta, jota voidaan tarvittaessa muokata. Yhteen karruun mahtuu keskimäärin 100 eri materiaalia muovilaatikoiden koosta riippuen.



Kuvio 29. Osavaunu pientavaran tuontiin

Keskusvarasto, josta vaunuja täydennetään sijaitsee viereisen hallin Kardex Shuttle varastointijärjestelmässä. Kutakin vaunua tulee olemaan kaksi kappaletta, jotta toista voidaan täyttää toisen ollessa käytössä jolloin vaihto käy nopeasti. Pientavarahyllyjä on täyttänyt ulkopuolinen täyttöpalvelu, joka jatkossa hoitaa materiaalit Kardex Shuttle varastointijärjestelmään. Vaunujen täytöstä vastaa logistiikka.

6.6 Uuden ratkaisun testaus simulointimallissa

Aikaisempaa simulointimallia muokattiin uuden kokoonpanoprosessin mukaiseksi ja työmäärät muutettiin tasapainotuksen mukaisesti vaiheen ja moottorityypin mukaan. Resurssimäärä pidetään samana kuin alkutilanteen kartoituksessa.

Testataan ratkaisua vastaavissa tilanteissa kuin edellä. Edelleen tarkastellaan ainoastaan mekaanista kokoonpanotyötä.

Kuviossa 30 nähdään tilanne, jossa joka vaiheella on moottori ja resurssit on jaettu optimaalisesti vaiheille. Alkutilanteesta läpäisy aika on lyhentynyt x tuntia ja viikottainen moottorien tuotantomäärä noussut x kappaletta.

Kuvio 30. Simulointimalli uudelle ratkaisulle, tilanne 1

Seuraavassa tilanteessa 2, kuviossa 31, on tilanne jossa joudutaan painottamaan resursseja linjan kolmelle viimeiselle vaiheelle kiireen vuoksi. Alkutilanteen vastaavaan kuormitustilanteeseen nähden läpäisy aika on x tuntia lyhyempi ja suorituskky x moottoria parempi.

Kuvio 31. Simulointimalli uudelle ratkaisulle, tilanne 2

Kolmannessa tilanteessa kuviossa 32 otetaan linjalle vähemmän moottoreita, jolloin käytettävissä olevat resurssit voi jakaa pienemmälle vaihemäärälle. Linjalla on moottoreita x kpl ja resurssit vastaavat kuormitustarvetta. Moottoreita valmistuu nyt x kappaleen viikkotahtia, mikä on enemmän kuin tilanteessa, jossa joka vaiheella on moottori. Linjan läpäisy aika on pudonnut merkittävästi, x tuntiin.

Kuvio 32. Simulaatiomalli uudelle ratkaisulle, tilanne 3

7 YHTEENVETO

7.1 Saavutettavat hyödyt

Työtehtävien ulkoistamisen ansiosta tekemisaika vähenee kokoonpanolinjalla x - y h moottorityypistä riippuen. Mahdollisten kriittisten laatupoikkeaminen havaitseminen lohko- ja kampiakseliosakokoonpanon osalta aikaisemmassa vaiheessa lisää aikaa reagoida ja tehdä korjaavat toimenpiteet.

Materiaalien tuontia parantamalla saavutetaan laskennallisesti x h vähennys jalostamattoman työn osuuteen keräysaikojen laskemisen myötä. Lisäksi materiaalin tuonnin parantaminen nopeuttaa häiriötilanteiden selvittämistä. Yleinen materiaalivirtojen selkeys lisää myös linjan visuaalisuutta eli tuotannon seurattavuutta ja ohjausta. Myös välivarastointiaika vähenee kun kaikille osille on omat paikkansa linjan välittömässä läheisyydessä, minne osatäydennykset voidaan tehdä tarpeeseen perustuen. Ylimääräisestä liikkumisesta aiheutuva häiriö vähenee kun materiaalit ovat lähellä työpistettä.

Kokoonpanolinjan alkupään suoraviivaistaminen vähentää riskialttiiden, isoilla taakoilla tehtävien nostojen määrää ja nostot voidaan tehdä väljemmissä tiloissa. Myös muualla linjalla on paremmat edellytykset siisteyteen ja järjestykseen kun materiaalit eivät enää loju epämääräisesti lattialla. Nämä seikat lisäävät myös työturvallisuutta, kun puristumisista ja kompastumisista johtuvien tapaturmien riski pienenee.

Kun otetaan huomioon edellisten lisäksi linjan tasapainotus, välivaraston poistuminen vaiheiden 1 ja 2 välistä, vähenee moottorin odotusaika merkittävästi ja läpäisy aika lyhenee laskennallisesti jopa 30%. Täytyy tosin muistaa, että laskentaesimerkeissä ei huomioida automaatioasennusta, joka rajoittaa läpäisyajan lyhentämistä alle automaatioasennukseen kuluvan ajan.

7.2 Projektin jatkuminen

Projekti jatkuu kesän ja syksyn 2015 aikana. Ennen layout muutoksia täytyy tehdä järjestelyja ja valmisteluja jotta suunnitellut työvaiheiden siirrot pois

pääkokoonpanosta voidaan toteuttaa. Materiaaleihin liittyvät uudet hankinta ja logistiikka käytännöt tulee määrittää. Työohjeistukset tulee tarkistaa ja toimittaa uusille toimijoille sekä järjestää tarvittavat koulutukset työntekijöille. Työkalut ja –välineet lähetetään uusille käyttäjille.

Kun lohko- ja kampiakselikokoonpanot on saatu siirrettyä toisiin tiloihin voidaan suunnitellut layout muutokset toteuttaa linjan alkupäähän. Vaiheen 1 lattian suoruus ja soveltuvuus ilmatyynykäyttöön tulee selvittää ja tehdä sille tarvittaessa korjaavia toimenpiteitä. Muuten layoutmuutokset vaativat lähinnä hyllyjen siirtoja, uusien työtasojen ja hyllyjen asentamista, sekä lattiamerkintöjä. Nämä pystytään toteuttamaan asteittain, tuotannon siitä juurikaan kärsimättä.

Materiaalien tuonnin parantamiseksi suunnitellut toimenpiteet tullaan toteuttamaan yhteistyössä logistiikan ja tuotannosuunnittelun kanssa.

7.3 Johtopäätökset

Yksi opinnäytetyön tavoitteista oli W20 toimitusyksikön toiminnan nykytilanteen selvitys. Tässä auttoi opinnäytteen tekijän aiempi työskentely kokoonpanolinjalla asentajana lähes vuoden verran. Kuitenkin alkutilanteen kartoituksen aikana selvisi vielä uusia asioita ja varsinkin epäkohtien vaikutuksien mittasuhteet selkeytyivät. Nykytilanne saatiin selvitettyä riittävällä tasolla, että kehityskohteet tulivat esiin. Tarkemmalla työntutkimuksella saataisiin vielä työaikoja täsmennettyä. Opinnäytetyön aikana on tehty paljon muutoksia esimerkiksi osakokoonpanoihin joten tarkempi työntutkimus on aiheellista toteuttaa jotta kaikkien kehitystoimien yhteisvaikutus voidaan selvittää.

Tavoitteena ollut moottorien tuotantomäärä on mahdollista toteuttaa opinnäytetyössä ehdotettujen ratkaisujen avulla. Opinnäytetyössä saatujen tulosten perusteella ei linjakokoonpanon layout tai toimintamallit olisi enää este tavoitteena olevan tuotantomäärän saavuttamiselle. Se vaatii kuitenkin kehitystyötä myös automaatioasennukseen, mikä onkin jo käynnissä. Materiaalin tuonnin saaminen optimaaliseksi on myös edellytys vaaditulle suorituskyvylle. Myös

resurssienjakoon tulee kiinnittää huomiota, että linjakokoonpanoon helposti hukkuva odotusaika saataisiin karsittua.

LÄHTEET

- /1/ Yhtiörakenne. Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 4.2.2015.
<http://www.wartsila.com/fi/about/yhtio-johto/yhtiorakenne>
- /2/ Tilinpäätöstiedote. Tammi-joulukuu 2014
- /3/ Konzerniesittely 2014. Wärtsilä Intranet.
- /4/ Rosengren B. Wärtsilä Corporation. Tulospresentaatio 2014. Wärtsilä intranet.
- /5/ Services and support. Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 9.2.2015.
<http://www.wartsila.com/en/services-support/service-solutions/overview>
- /6/ Wärtsilä Suomessa. Wärtsilän intranet. Viitattu 10.2.2015
- /7/ Liker, J.K., 2010. Toyotan tapaan. Jyväskylä, Bookwell Oy
- /8/ Haverila, M. J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A., 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere, Tammer-Paino Oy.
- /9/ Krajewski, L. J. & Ritzman, L. P. 2005. Operations management. 7. painos. New Jersey. Prentice Hall
- /10/ Väisänen, J., 2013. VSM (Value Stream Mapping) - Arvo-
virtakuvaus. 2013. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Viitattu
10.11.2014. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus>
- /11/ Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S., 1997. Kone- ja
metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo, WSOY.
- /12/ Lean Coach Koulutus 1. Opetusmateriaali. Wärtsilä 2011

