

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutus

Topi Ryhänen

TUOTANNON LÄPIMENOAJAN SELVITYS MANTSINEN GROUP
OY:LLE

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2019
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Topi Ryhänen

Nimeke
Tuotannon läpimenoajan selvitys Mantsinen Group Oy:lle

Toimeksiantaja
Mantsinen Group Ltd Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Mantsinen Groupin Ylämyllyn tehdasta ja materiaalinkäsittelykoneiden kokoonpanoprosessia. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys kokoonpanon nykytilasta ja kartoittaa, kuinka paljon hukkatyötä eri kokoonpanovaiheissa esiintyy.

Opinnäytetyössä perehdyttiin ensin lean-filosofiaan ja siihen, kuinka hukkatyö on siinä määritelty. Opinnäytetyössä tutustuttiin joihinkin lean-työkaluihin, kuten 5S, JIT-tuotanto ja jatkuva parantaminen. Tiedonkeräystä varten luotiin hukankeräyslomake, jolla seurattiin kokoonpanon poikkeamia. Kerätyn tiedon avulla luotiin jokaisesta kokoonpanovaiheesta oma kuvaaja, josta nähdään läpimenoajan muodostuminen. Läpimenoajan poikkeamiin etsittiin juurisyyt ja niiden poistamiseksi tehtiin toimenpide-ehdotuksia.

Kokoonpanon suurimmaksi ongelmaksi nousivat osapuutteista johtuvat ongelmat. Juurisyyanalyysi paljasti, että osapuutteet voivat aiheutua monista yksittäisistä lähteistä. Juurisyyden poistamista varten päätettiin tuotannonkehitystoimista, ja niiden vaikutuksia arvioidaan opinnäytetyön lopussa.

Kieli
suomi

Sivuja 20
Liitteet 2
Liitesivumäärä 2

Asiasanat

lean, läpimenoaika, juurisyyanalyysi



THESIS
June 2019
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Topi Ryhänen

Title
Lead-Time Analysis for Mantsinen Group Ltd Oy

Commissioned by
Mantsinen Group Ltd Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to examine the assembly process of material handling machinery at Mantsinen Group Ltd Oy in Ylämylly. The main target was to explore the present state of the assembly and to investigate how much waste work there is made in different phases of the assembly process.

In the theoretical part of the thesis, Lean philosophy and its definition of waste work was explored. Some Lean tools such as 5D, JIT production and continuous improvement are also introduced. In the empirical part of the work a form of waste work was created for the data collection of anomalies in the assembly. Diagrams of every phase of the assembly process were created based on the data in order to view how the Lead Time was composed. The root causes of the anomalies in lead time were examined and suggestions to remove them were made.

The results showed that the greatest issues were related to the lack of components. The root cause analysis revealed that the lack of components occurred in many different sources. To eliminate the root causes, actions to improve the development of production were made and the impact of those actions are evaluated at in the end of this thesis.

Language

Finnish

Pages 20

Appendices 2

Pages of Appendices 2

Keywords

Lean, lead time, root cause analysis

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Mantsinen Group Ltd Oy.....	5
1.2	Opinnäytetyö ja sen tavoitteet.....	6
2	Teoria.....	6
2.1	Lean-ajattelu	7
2.2	Hukkatyö Leanin mukaan	7
2.3	5S -työkalu.....	9
2.4	5S käytännössä	10
2.5	JIT-tuotanto.....	10
2.6	Jatkuva parantaminen	10
3	Materiaalinkäsittelykoneen osat.....	11
3.1	Peruskone.....	12
3.2	Nostopuomi.....	12
3.3	Taittopuomi.....	13
3.4	Ohjaamonnostin.....	13
3.5	Alavaunu.....	13
4	Tuotannon havainnointi.....	13
4.1	Haastattelut.....	14
5	Tulokset kokoonpanon eri vaiheista.....	14
5.1	Ylävaunu.....	14
5.2	Nostopuomi.....	16
5.3	Taittopuomi.....	16
5.4	Ohjaamonnostin.....	17
5.5	Alavaunu.....	18
5.6	Loppukokoonpano	19
5.7	Yhteenveto tuloksista.....	20
6	Juurisyysanalyysi.....	20
6.1	5 kertaa miksi -analyysi osapuutteista	21
7	Tuotannon kehitystoimet.....	21
7.1	Peruskonesolut	22
7.2	Esivarustelusolu.....	22
7.3	Tuotannonsuunnittelu	22
8	Muutoksien havainnointi	23
9	Pohdinta.....	24
	Lähteet.....	26

Liitteet

- Liite 1 Hukankeräyslomakkeen pohja
- Liite 2 5 x miksi analyysi osapuutteista

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan toimeksiantajan Mantsinen Groupin Ylämyllyn tehtaaseen ja materiaalinkäsittelykoneiden kokoonpanoprosessiin. Työn aikana perehdytään tehtaan toimintaan, lean-ajatteluun, tiedon keräykseen ja sen analysointiin. Tulosten perusteella päädytään toimenpide-ehdotuksiin ja lopuksi havainnoidaan muutoksien vaikutuksia.

1.1 Mantsinen Group Ltd Oy

Mantsinen Group Ltd Oy on Pohjois-Karjalassa 1974 perustettu perheyritys. Toiminta alkoi tarjoamalla logistiikkapalveluita kotimaassa ja Venäjällä. Nykyisin Mantsisen logistiikkayksikkö käsittelee vuosittain 25 miljoonaa tonnia puuta.

1990-luvun lopussa yrityksessä aloitettiin hydraulisten materiaalinkäsittelykoneiden valmistus. Asiakkaina toimivat satamat, terminaalit ja tehtaat ympäri maailmaa. Materiaalinkäsittelykoneet suunnitellaan ja valmistetaan Pohjois-Karjalassa Ylämyllyllä, jossa työskentelee 150 työntekijää. Koko konsernissa työskentelee tänä päivänä noin 500 työntekijää.

Mantsisen arvoina ovat perustamisesta lähtien olleet asiakkaan tarpeiden ymmärtäminen ja ratkaisujen löytäminen, sekä jatkuva parantaminen ja halu pysyä edelläkävijänä materiaalinkäsittelyssä. Taloudellisten ja ympäristöystävällisten ratkaisujen tarjoaminen materiaalinkäsittelyyn ovat myös tärkeä osa yhtiön strategiaa. (Mantsinen Group 2019.)

1.2 Opinnäytetyö ja sen tavoitteet

Opinnäytetyön aihe tuli Mantsisen tuotantopäälliköltä. Yritys oli kovaa vauhtia kehittämässä tehdastaan tehokkaampaan suuntaan ja Lean-ajattelu oli jo saanut jalansijaa oven väliin. Henkilöstölle järjestettiin lean koulutuksia ja muutoksia haluttiin monelta suunnalta. Ongelma kuitenkin oli, että tehtaalla nykytilanteesta ei ollut tehty kattavaa tutkimusta pitkään aikaan. Tuotantopäällikkö halusikin, että ryhtyisin kartoittamaan tuotannon tilannetta ja selvittäisin kokoonpanotyön ongelmakohtia.

Selvitystä varten päätettiin, että seuraisin yhden materiaalinkäsittelykoneen edistymistä kokoonpanon eri vaiheissa. Kokoonpanotyötä seuraamalla voisin koota listan kaikesta tuotannossa esiintyvistä hukkatyöistä. Hukan selvittämisen jälkeen voidaan ryhtyä etsimään hukkatyön syntymiseen johtaneita juurisyitä. Juurisyiden löytämisen avulla kehitystoimet pystytään kohdentamaan juuri oikeisiin paikkoihin, jolloin ne ovat kaikkein tehokkaimpia.

Opinnäytetyön päätteeksi Mantsiselle toimitetaan valmis analyysi tuotannon nykytilasta ja toimenpide-ehdotuslista, jolla tuotannon kehitystyö voidaan aloittaa. Lisäksi opinnäytetyön lopussa arvioidaan jo työn aikana tehtyjä muutoksia ja niiden vaikutuksia tuotantoon.

2 Teoria

Seuraava opinnäytetyön osio käsittelee lean-ajattelua ja sen työkaluja. Opinnäytetyön kannalta on tärkeää ymmärtää, miten lean määrittelee hukkatyön ja kuinka hukkaa pystytään torjumaan. Leanin työkaluista ja periaatteista tutustumme muun muassa 5S:ään, JIT-tuotantoon sekä jatkuvaan parantamiseen.

2.1 Lean-ajattelu

Lean-ajattelu on lähtöisin Japanin autoteollisuudesta. Toisen maailmansodan jälkeen Toyota kehitti uudenlaisen tuotantojärjestelmän nimeltään Toyota Production System (TPS). TPS toimii perustana suurelle osalle ”lean-tuotanto”-liikettä, joka hallitsee nykyistä teollista tuotantoa. (Kouri 2009.)

Lean nähdään usein pelkkänä työkaluna, jonka avulla lyhennetään läpimenoaikoja ja poistetaan turhaa työtä. Lean on kuitenkin isompi kokonaisuus periaatteita ja ajattelua. Se on johtamisfilosofia, joka keskittyy hukkien poistamiseen. Lean-tuotannossa on tärkeää löytää asiakkaan arvo ja mistä se muodostuu. Arvon löytymisen jälkeen toimintaa kehitetään tuottamaan arvoa mahdollisimman tehokkaasti. Leanin avulla poistetaan kaikki turha hukka tuotannosta ja tehostetaan arvoa tuottava työ huippuunsa. (Kouri 2009.)

2.2 Hukkatyö Leanin mukaan

Lean-ajattelun yksi kehittäjä Taichii Ohno vietti paljon aikaansa tehtaan lattialla tutkien tuotantoa. Hän kartoitti tuotannosta toimintoja, jotka lisäsivät tuotteen arvoa ja pyrki poistamaan lisäarvoa tuottamattomia toimintoja. Lisäarvoa tuottamattomat toiminnot voidaan jakaa kahdeksaan päätyyppiin, joita ovat seuraavat:

1. ylituotanto
2. odottelu
3. tarpeeton kuljettelu
4. ylikäsittely tai virheellinen käsittely
5. tarpeettomat varastot
6. tarpeeton liikkuminen

7. viat
8. työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. (Liker 2010.)

Ylituotanto tarkoittaa, että tuotetaan enemmän kuin asiakas vaatii. Ylituotantoa pidetään huonoimpana hukkatyyppinä, koska siitä seuraa monia lisäongelmia ja hukkia. Ylituotetut tuotteet on varastoitava jonnekin, mikä lisää tarpeetonta kuljetteluja, liikkumista ja varastointia. (Bicheno 2009.)

Odottelu vaikuttaa suoraan läpimenoaikojen pituuteen. Aina kun tuote ei liiku tai sen arvoa ei voida lisätä, syntyy hukkaa. Odottelu häiritsee tehtaan sujuvaa virtausta. Pullonkauloissa tapahtuva odottelu hidastaa koko tuotantoa. Odottelun poistaminen tuotannosta kokonaan on haastavaa ja kannattaakin yrittää hyödyntää aikaa, vaikka seuraavan vaiheen valmisteluun. (Bicheno 2009.)

Tarpeeton kuljettelu; kaikenlainen materiaalin kuljettelu on hukkaa. Vaikka kaikkea kuljetteluja on mahdotonta poistaa, tulisi ylimääräistä kuljetteluja vähentää asteittain. Materiaalilla on suurempi todennäköisyys vaurioitua kuljetuksien aikana, jolloin tuottavuus ja laatu kärsivät. (Bicheno 2009.)

Ylikäsittely ja virheellinen käsittely; ylläladun tekeminen kuluttaa turhaan aikaa. Virheellinen käsittely aiheuttaa laatuongelmia ja voi johtaa jopa työtapaturmiin. (Bicheno 2009.)

Tarpeettomat varastot; varastointi pidentää läpimenoaikaa ja hankaloittaa ongelmien löytämistä. Varastointi sitoo myös yrityksen varoja tarpeettomasti. (Bicheno 2009.)

Tarpeeton liikkuminen; ihmisten työskentelyssä on tärkeää kiinnittää huomiota työasentoihin ja ergonomiaan. Tuottavuus ja laatu paranevat, kun ei tarvitse kurotella ja koukkia hankalissa asennoissa. Tehtaan huono layout-suunnittelu voi myös aiheuttaa tarpeetonta liikettä, joka voi toistua monia kertoja päivän aikana. (Bicheno 2009.)

Viat maksavat aina rahaa, joko pitkällä tai lyhyellä aikavälillä. Vikoja voidaan jakaa sisäisiin ja ulkoisiin vikoihin. Sisäisen vian takia osa täytyy hylätä tai korjata, joista molemmista aiheutuu viivästyksiä tuotantoon. Ulkoinen vika aiheuttaa takuukorjauksia, kenttähuoltoa ja jopa asiakkaan menetyksiä. Vikojen kustannukset nousevat sitä korkeammalle mitä pidempään vika pysyy piilossa. (Bicheno 2009.)

Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen; työntekijöiden kuunteleminen on tarpeellista jatkuvan parantamisen ja uusien ideoiden kannalta, sillä heillä on parasta tietoa omasta työstään. (Bicheno 2009.)

2.3 5S -työkalu

Kuten muutkin Lean työkalut myös 5S on lähtöisin Japanista. 5S kehitettiin vakioimaan työpisteiden toimintaa ja standardoimaan toimintatapoja. 5S tulee japanin sanoista Seiri (Lajittelu), Seiton (Järjestäminen), Seiso (Puhdistaminen), Seiketsu (Standardisointi), Shitsuke (Sitoutuminen). (Väisänen 2013.)

1. Seiri eli lajittelu. Ensimmäisessä vaiheessa pyritään tunnistamaan ja poistamaan kaikki turhat tavarat. Näin saadaan enemmän tilaa oikeasti tarpeellisille työkaluille ja työskentelylle.
2. Seiton eli järjestäminen. Toisessa vaiheessa luodaan kaikelle tarpeelliselle oma merkitty paikka.
3. Seiso eli puhdistaminen. Kolmas vaihe on työalueen pitäminen siistinä. Luodaan järjestelmä, jolla ylläpidetään työkalujen, laitteiden sekä työvaatteiden pysymistä siistinä ja kunnossa.
4. Seiketsu eli standardisointi. Neljännessä vaiheessa määritellään puhdistamiseen ja järjestyksen ylläpitoon standardi, joka halutaan jatkossa ylläpitää.
5. Shitsue eli sitoutuminen. Lopuksi kaikkien edellisten osioiden toimintatapoihin on sitouduttava, jotta 5S toteutuu onnistuneesti. (Väisänen 2013.)

2.4 5S käytännössä

5S mielletään usein pelkäksi siivousohjelmaksi tai kertaluontoiseksi parannuskampanjaksi. Tätä se ei kuitenkaan ole, vaan sen kuuluisi näkyä jokapäiväisessä työssä. Jouni Väisäsen (2013) artikkeli ”Mitä 5S on?” kiteytti 5S:n ajatuksen seuraavasti:

Keskeistä on, että tuotantolinjalta tai toimistosta poistetaan ylimääräiset tiedostot, koneet, materiaalit, työkalut ja kaikki asiat, jotka estävät virtausta. Kaikki ne asiat joita ei tarvita sillä hetkellä tehtävästä suoriutumiseen. Loput asiat järjestetään ja työpisteet puhdistetaan. Menettely standardisoidaan ja siihen sitoudutaan yhdessä. Tarkoituksena on lyhentää läpimenoaikaa ja saada virtaus nopeammaksi. (Väisänen 2013.)

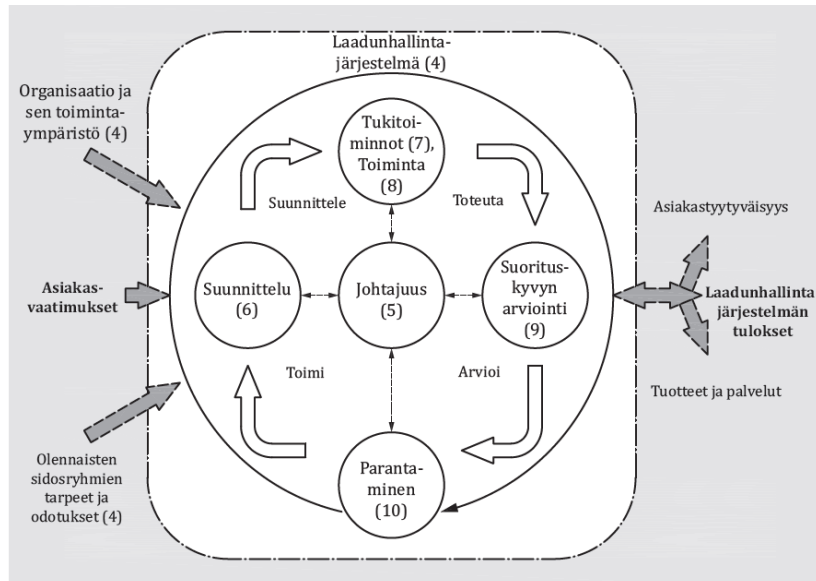
2.5 JIT-tuotanto

Just In Time eli JIT on yksi japanilaisten tuotannonohjauksen periaate. Suomeksi JIT kääntyy muotoon JOT eli Juuri Oikeaan Tarpeeseen. Suppeasti voitaisiin puhua imuohjauksesta, jossa tuote tai puolivalmiste liikkuu eteenpäin ainoastaan tarpeesta. JIT tavoittelee asiakkaan tarpeen nopeaa tyydyttämistä korkealla laadulla ja ilman hukkaa. JIT-tuotannolla halutaan saavuttaa pienet (nolla)varastot, nopea läpäisy aika, korkea laatu, virtautettu ja joustava tuotanto. JIT-tuotannolla halutaan lopulta päästä eroon kaikenlaisesta tuhlauksesta. (Logistiikan maailma 2019.)

2.6 Jatkuva parantaminen

Omaa toimintaa voidaan kehittää PDCA-mallin (Kuvio 1) avulla: Plan (Suunnittele), Do (Toteuta), Check (Arvioi), Act (Toimi.) Kehitys alkaa suunnitteluvaiheesta, jossa asetetaan halutut tavoitteet ja resurssit, joilla tulokset voidaan saavuttaa. Seuraavassa vaiheessa toteutetaan suunnitelmat, jonka jälkeen arvioidaan ja verrataan toimintaa tavoitteisiin ja suunniteltuihin

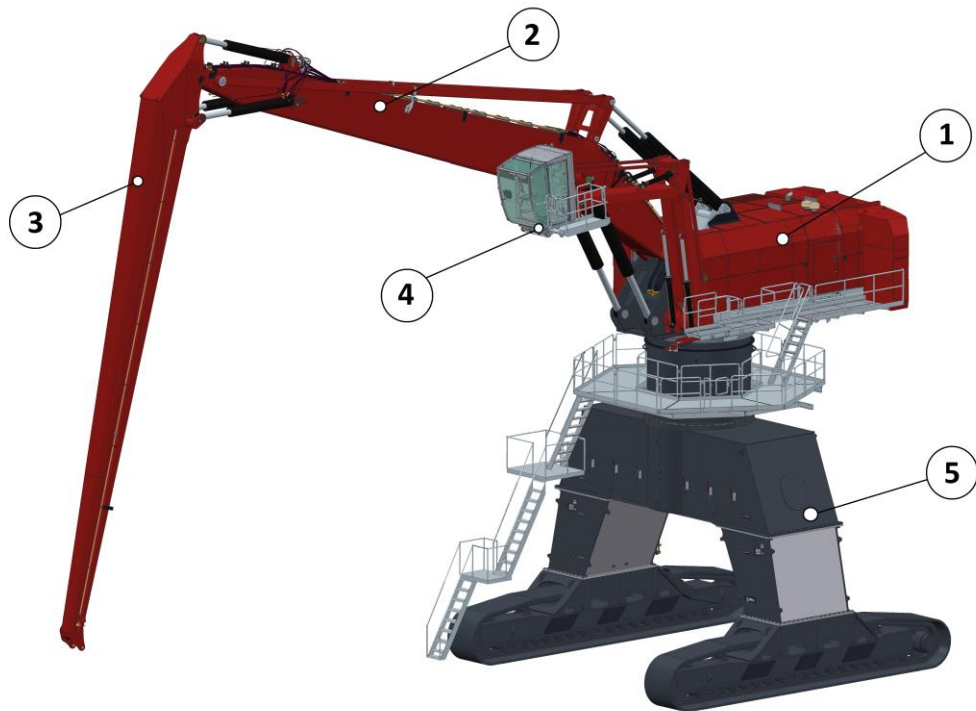
toimintoihin. Lopuksi suoritetaan toimenpiteet, joilla parannetaan suorituskykyä. (SFS ry 2015.)



Kuvio 1. PDCA-malli SFS-EN ISO 9001 -standardin mukaan (Kuvio: SFS ry 2015).

3 Materiaalinkäsittelykoneen osat

Mantsisen materiaalinkäsittelykoneet ovat suuria hydraulisia nostureita, joilla käsitellään erilaista materiaalia satamissa, terminaaleissa ja tehtaissa. Koneiden painot vaihtelevat kokoluokan mukaan 70 tonnista 400 tonniin. Asiakas voi valita koneeseensa pyörä-, tela- tai kiskoalustan, myös kiinteästi sijoitettava alusta on mahdollinen. Materiaalinkäsittelykoneen (kuva 1) pääkomponentteja ovat ylävaunu (1), puomisto (2,3), ohjaamonostin (4) ja alavaunu (5). Näiden lisäksi laaja määrä erilaisia työkaluja eri käyttötarkoituksen mukaan.



Kuva 1. Materiaalinkäsittelykoneen osat (Kuva: Mantsinen Group).

3.1 Peruskone

Peruskone toiselta nimeltään ylävaunu sisältää koneen hydrauliiikan, moottorin, pumput, paineakut sekä hydrauliiikka- ja polttoainetankit. Ylävaunu toimii alustana ohjaamonnostimelle ja nostopuomille. Alapuolella on suuri kääntölaakeri, joka yhdistää ylävaunun alavaunuun.

3.2 Nostopuomi

Nostopuomi on osa materiaalinkäsittelykoneen puomistoa. Puomi liittyy peruskoneen runkoon ja sitä liikutetaan nostosylintereillä. Useimmissa Mantsisen materiaalinkäsittelykoneissa puomiston liike lataa paineakkuja, joilla hydraulista tehoa saadaan otettua talteen.

3.3 Taittopuomi

Taittopuomi on nostopuomin jatkeena oleva 7 - 16 metriä pitkä puomi. Puomia ohjataan kahdella tai kolmella taittosylinterillä. Puomin sivuilla kulkee hydrauliihkaputket aina kärkeen asti, jossa on kiinnitys työkalulle.

3.4 Ohjaamonnostin

Ohjaamonnostin on joko hydraulisylintereillä toimiva nostin tai kiinteä korotus, jonka päällä on ohjaamo. Valmis nostin liitetään peruskoneen runkoon ja se sijaitsee nostopuomin vasemmalla puolella. Nostimen tehtävä on antaa kuskille paras mahdollinen näkyvyys työkohteeseen. Liikkuvalle nostimella onkin lukuisia työasentoja riippuen työkohteesta.

3.5 Alavaunu

Alavaunuja on valittavissa pyörä-, tela- tai kiskoalustaisena. Alavaunun kokoluokkia on paljon erilaisia ja ne räätälöidään yleensä juuri asiakkaan tarpeisiin sopivaksi. Päätoiminto kaikissa alavaunuissa on sama eli ne toimivat koneen jalustana ja sisältävät liikkumiseen tarvittavat komponentit.

4 Tuotannon havainnointi

Tuotannon nykytilanteen selvittämistä varten loin hukankeräyslomakkeen, joka voidaan kiinnittää kokoonpanossa olevaan tuotteeseen tai pitää työpisteellä (liite1). Halusin tehdä lomakkeesta mahdollisimman helposti täytettävän työn ohessa. Lomakkeen reunaan kirjoitin yleisimpiä tuotannossa jo havaittuja hukkia ja ongelmia. Vaakariveille asentaja kirjaa havainnon hukasta ja menetetyistä työajasta. Tietoa kerätään työpisteeltä yhden viikon ajan, jonka jälkeen viikko käydään läpi kirjausten tekijöiden kanssa ja täydennetään mahdollisesti

unohtuneita tapahtumia. Lopuksi lomake valokuvataan ja pyyhitään tyhjäksi seuraavaa tiedonkeräysviikkoa varten.

4.1 Haastattelut

Tutkimuksen aikana tietoa kerättiin myös haastattelemalla työntekijöitä sekä työnjohtoa. Työntekijöiden haastattelut olivat vapaamuotoisia keskusteluhetkiä, joissa hukkalistojen merkintöjä pohdittiin tarkemmin. Haastatteluissa nousivat viikoittain esille osapuutteen, osien sovittaminen ja pitkät odotusajat.

Työnjohdon haastattelussa halusin selvittää tuotannossa esiintyvien ongelmien juurisyitä. Haastatteluiden perusteella tehtiin juurisyysanalyysi, jota käsittelen kuudennessa luvussa.

5 Tulokset kokoonpanon eri vaiheista

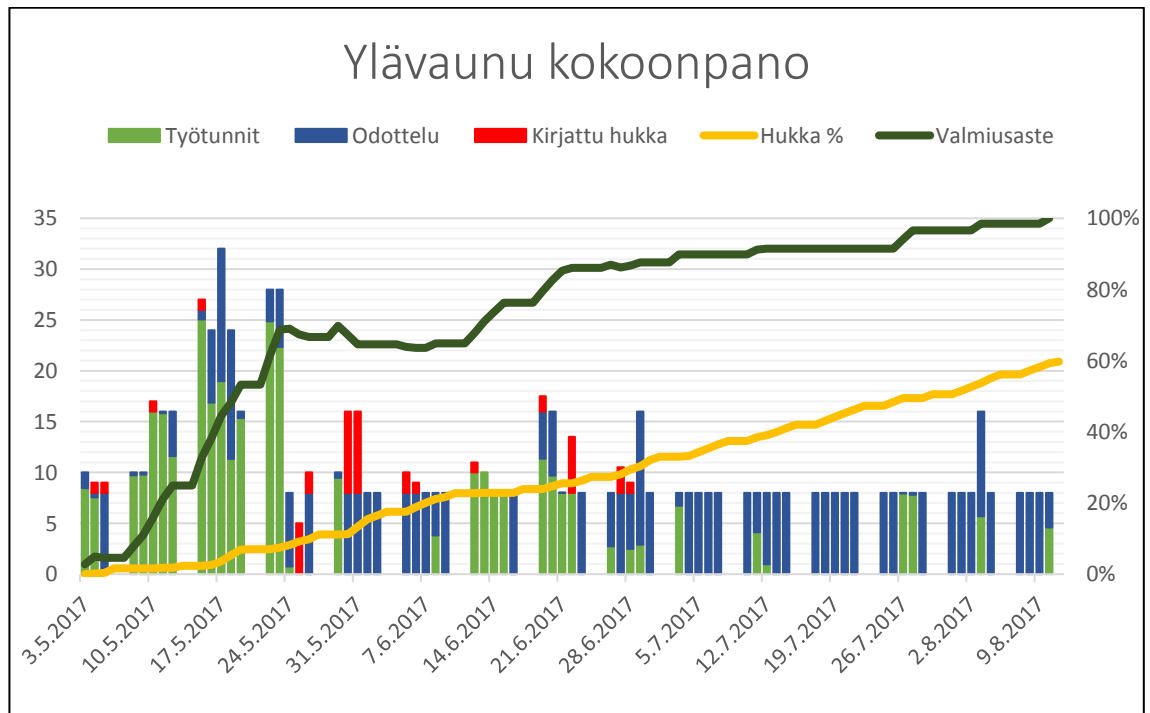
Yhdistämällä kerätyt tiedot hukkalistoilta sekä työaikajärjestelmästä pystyin laskemaan tunnuslukuja tuotannon tilasta. Jotta lukuja olisi helpompi tarkastella, loin jokaisesta työvaiheesta oman kuvaajan. Kuvaajat on tehty Excel- taulukkolaskentaohjelmalla.

Taulukosta löytyvät pylväsdiagrammina päivittäiset työtunnit (vihreä), odotusaika (sininen) ja hukka-aika (punainen). Taulukossa esitetään viivadiagrammina työn valmiusaste (vihreä) sekä kokonaishukkaprosentti (keltainen).

5.1 Ylävaunu

Ylävaunu kokoonpano (Kuvio 1) on suurin yksittäinen kokoonpanovaihe. Suuressa kokonaisuudessa on monia kokoonpanovaiheita ja osa niistä täytyy

suorittaa ennen muita. Tästä syystä kriittiset osapuutteet voivat aiheuttaa pitkiä odotusaikoja kokoonpanossa.



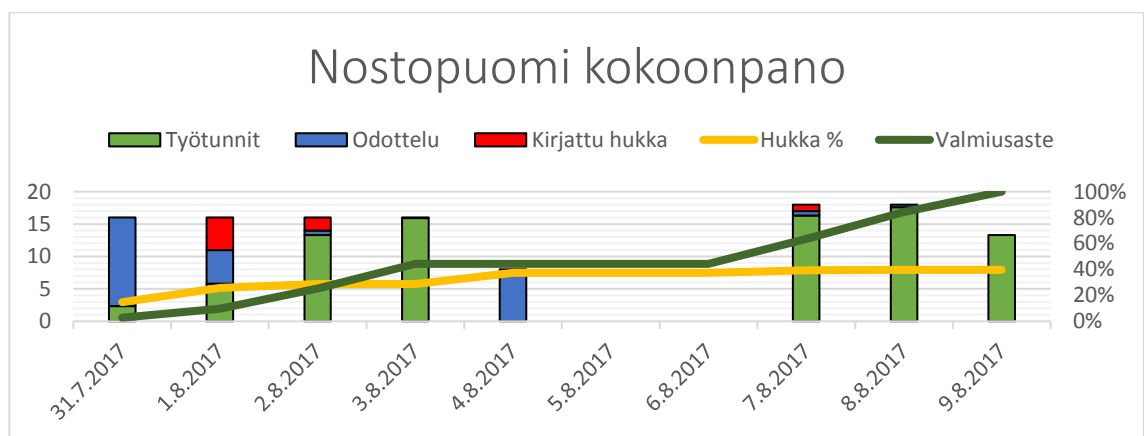
Kuvio 1. Ylävaunu kokoonpanon tunti ja hukka. (Kaavio: Topi Ryhänen).

Kuvaaja näyttää, että peruskoneen kokoonpanon alussa edistyminen oli sujuvaa ja eikä ongelmia juuri esiintynyt. Toukokuun puolenvälin jälkeen edistyminen pysähtyi merkittävän osapuutteen takia. Osia jouduttiin odottamaan pitkään ja läpimenoaika alkoi pitkittyä. Kokoonpanoa pystyttiin joskus jatkamaan vähän eteenpäin, mutta lopulta kokoonpano päätettiin keskeyttää täysin noin kahden viikon ajaksi. Kokoonpanon valmistuessa hukkaprosentti nousi 60 %:iin ja läpimenoaika oli tuotteella 100 päivää.

Merkittävää oli, että ylävaunu vietti 100 päivää kokoonpanosolussa ja siitä ajasta vain noin puolet oli tehokasta kokoonpanoon käytettyä aikaa. Tämä tarkoittaa, että kokoonpano olisi voitu suorittaa puolet lyhyemmällä läpimenoajalla ja näin hallitilaa olisi voitu käyttää muuhun kuin keskeneräisen työn säilyttämiseen.

5.2 Nostopuomi

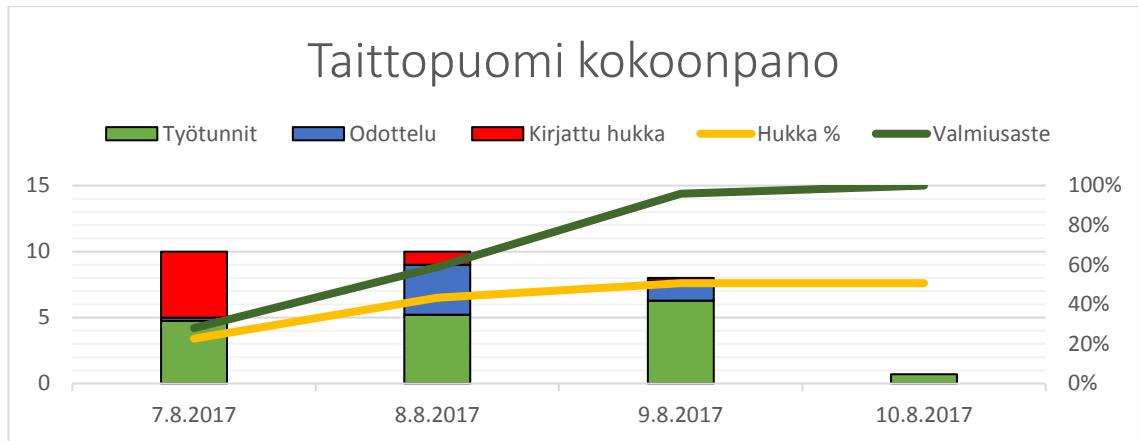
Nostopuomin kuvaajassa (Kuvio 2) näkyy, että kokoonpanon aloituksessa oli ongelmia. Osien odottelua, sekä joitakin osia jouduttiin valmistamaan itse kokoonpanon aikana, koska niitä ei ollut suunniteltu. Nostopuomi saatiin kuitenkin nopeasti valmiiksi, kun ongelmat oli ratkaistu. Hukkaprosentti kokoonpanon lopussa on 40% ja läpimenoaika 10 päivää.



Kuvio 2. Nostopuomin kokoonpanon tunnit ja hukka. (Kaavio: Topi Ryhänen).

5.3 Taittopuomi

Taittopuomin kokoonpanossa (Kuvio 3) ongelmia aiheutti osien odottaminen ja sovittaminen paikoilleen. Lisäksi vaiheessa havaittiin, että asentaja joutui noutamaan osia toisesta hallista. Kuvaajasta nähdään, että hukkatyö haukkaa nopeasti suuren osuuden, vaikka läpimenoaika olisikin lyhyt. Taittopuomin hukkaprosentti on 51% ja läpimenoaika 4 päivää.

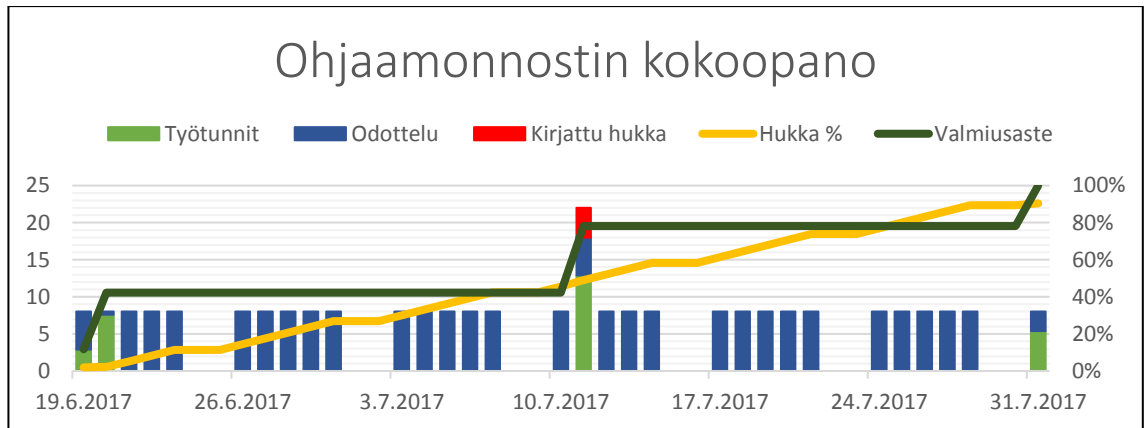


Kuvio 3. Taittopuomin kokoonpanon tunnit ja hukka. (Kaavio: Topi Ryhänen).

5.4 Ohjaamonnostin

Ohjaamonnostimen kuvaajalla (Kuvio 4) nähdään kaksi hyvin pitkää jaksoa, jolloin kokoonpano oli täysin pysähdyksissä. Ensimmäinen pysähdys johtui nostimen rungon muutoksesta. Runko oli saapunut alihankinnasta vanhalla revisiolla ja sitä jouduttiin muokkaamaan omassa hitsaamossa uuden revision mukaiseksi. Runko saatiin kokoonpanoon takaisin monen viikon kuluttua ja kokoonpano aloitettiin uudestaan.

Kokoonpano jouduttiin kuitenkin heti pysäyttämään uudelleen, koska sähkösarjat puuttuivat rakenteelta. Kävi ilmi, että sähkösarjat olivat jääneet kokonaan suunnittelematta ja tilaamatta. Sähkösarjan suunnittelu vei noin viikon verran aikaa ja tilaus sekä toimitus alihankkijalta toisen viikon. Odotusaika kasvatti kokoonpanon läpimenoaikaa merkittävästi ja hukkaprocentti nousi 90 %:iin. Läpimenoaika oli 43 päivää, josta 4 oli päiviä, jolloin kokoonpanoa pystyttiin suorittamaan.

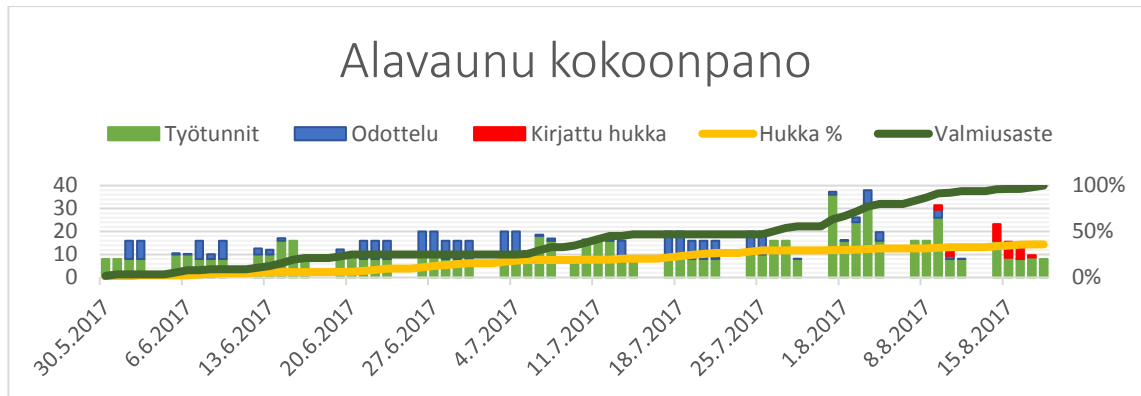


Kuvio 4. Ohjaamonostin kokoonpanon tunnit ja hukka. (Kaavio: Topi Ryhänen).

5.5 Alavaunu

Alavaunun kokoonpanosta sain takaisin hyvin vähän hukkakirjauksia (Kuvio 5). Kirjauksia alkoi tulla vasta kun alavaunun loppukokoonpano alkoi korkeassa hallissa. Kirjauksen vähäinen määrä selittyy sillä, että kokoonpano alkoi minulta ”salaa” enkä ehtinyt perehdyttää asentajia hukkalistan käyttöön.

Haastattelin kuitenkin työnjohtajaa sekä asentajia eikä heillä ollut merkittäviä ongelmia alavaunun kokoonpanon alkuvaiheessa. Osapuutteet olivat aiheuttaneet jonkin verran odottelua kokoonpanossa. Hukkakirjaukset liittyivät osien yhteensovittamiseen loppukokoonpanossa, jossa alavaunun ympärille rakennetaan kulkutasot. Hukkaprosentti alavaunun osalta jäi 36 %:iin ja kokonaisläpimenoaika oli 81 päivää.

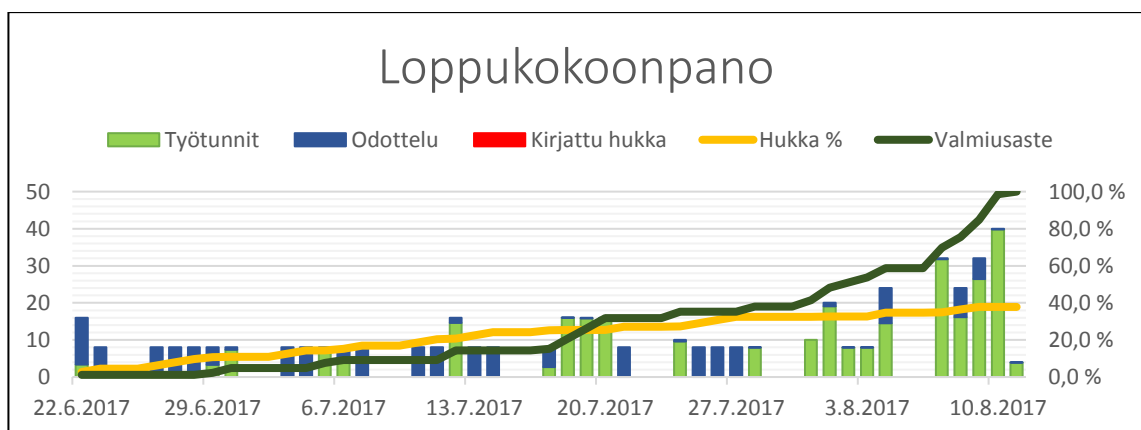


Kuvio 5. Alavaunu kokoonpanon tunnit ja hukka. (Kaavio: Topi Ryhänen).

5.6 Loppukokoonpano

Loppukokoonpanon vaiheita ovat kulkutasojen asennus, öljytäyttö, polttoaine tankkaus, pumppujen ilmaus ja peruskoneen nostaminen alavaunun päälle. Loppukokoonpanossa kone käynnistetään ensimmäistä kertaa ja sitä aletaan säätämään koeajoa varten. Puomiston asennus jatkuu taittopuomin asennuksella ja taittosylinterien liittämällä.

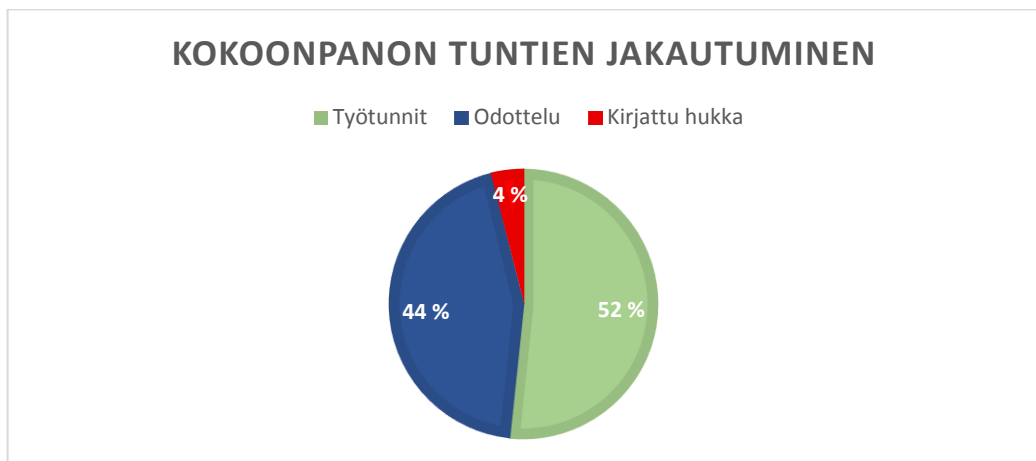
Loppukokoonpanon läpimenoaikaan (Kuvio 6) vaikuttaa eniten muiden kokoonpanovaiheiden onnistuminen ja valmiusaste. Jos loppukokoonpanoon saatetaan keskeneräinen peruskone, se kuormittaa loppukokoonpanoa.



Kuvio 6. Loppukokoonpanon kokoonpanon tunnit ja hukka. (Kaavio: Topi Ryhänen).

5.7 Yhteenveto tuloksista

Kaavioista (Kuvio 7) huomataan, että merkittävin hukkatyöosuus saadaan odottelusta 44% ja varsinaista turhaa työtä on vain 4%. Näin ollen, jos läpimenoaikaa halutaan tehokkaasti lyhentää, täytyy keskittyä poistamaan odotteluun käytettyä aikaa. Kokoonpanotyössä syntyvät poikkeamat ovat todella vähäisessä roolissa läpimenoajan muodostumisessa. Alla kaaviossa 7 esitetty kaikkien vaiheiden tuntien jakautuminen.



Kuvio 7. Kokoonpanon tuntien jakautuminen. (Kaavio: Topi Ryhänen).

6 Juurisyyanalyysi

Tutkimuksen perusteella nousi esille tuotannon kaksi merkittävintä hukcatekijää, jotka liittyivät toisiinsa läheisesti: osapuutteet ja niistä johtuva odottelu. Näistä kahdesta johtuvat kokoonpanon pitkät läpimenoajat. Juurisyyanalyysi auttaa tunnistamaan ongelman alkulähteen. Analysointi auttaa keskittämään kehitystoimet tehokkaasti oikeaan kohteeseen ja poistamaan ongelman.

6.1 5 kertaa miksi -analyysi osapuutteista

Osapuutteet ovat suurin hukkaa aiheuttava ongelma tuotannossa. Merkittävin haitta osapuutteista nähdään läpimenoaikojen pitkittymisenä. Kysymällä vähintään viisi kertaa miksi päästään lähemmäksi todellista juurisyitä, joka aiheuttaa ongelman. Juurisyyn löytämistä varten tein osapuutteista 5 kertaa miksi -analyysin (Liite 2).

Analyysistä selvisi, että osapuutteet voivat johtua lukuisista eri juurisyistä. Osapuutteet ovat tästä syytä yleinen ongelma, koska ne voivat aiheutua mistä tahansa esitetystä juurisyystä. Löytyneet juurisytyt liittyivät suunnittelun kykyyn määrittellä tarvittavat osat, materiaalin ohjaukseen varaston ja kokoonpanosolun välillä sekä tehtaaseen saapuvien osien toimituksiin alihankintayrityksistä.

Näihin juurisyihin voidaan hakea ratkaisuja esimerkiksi suunnittelukapasiteetin lisäämisellä, jolloin rakenteen määrittelyyn jää enemmän aikaa ja tuote on suunniteltu valmiiksi ennen kokoonpanon aloitusta.

Materiaalinhankintaa sekä materiaalinohjausta tehtaan sisällä voidaan parantaa tarkemmalla kokoonpanon aikatauluttamisella. Osien todellisen tarveviikon määrittely auttaa hankkimaan osat oikeaan aikaan ja se myös luo aikataulua suunnittelun valmistumiselle.

7 Tuotannon kehitystoimet

Kehitystoimia aloitettiin toteuttaa keväällä 2018. Muutoksilla pyrittiin parantamaan tehtaan tuottavuutta, koska tilauskanta näytti kasvavan ennätys suureksi. Tuotantoon lisättiin uusia kokoonpanopaikkoja peruskoneille ja esivarusteluun. Lisäksi projektisuunnitteluun ja tuotannosuunnitteluun palkattiin henkilöitä.

7.1 Peruskonesolut

Peruskonepaikkoja tuli kaksi lisää, jotka mahdollistavat useamman koneen valmistamisen rinnakkain. Tuotantomäärien noustessa oli selvää, että vanhalla tehdaslayoutilla ei pystytty tuottamaan tarpeeksi koneita. Useampi kokoonpanosolu mahdollistaa myös joustavamman kokoonpanon ja antaa hiukan parempia mahdollisuuksia venyttää läpimenoaikoja aiheuttamatta suuria ongelmia.

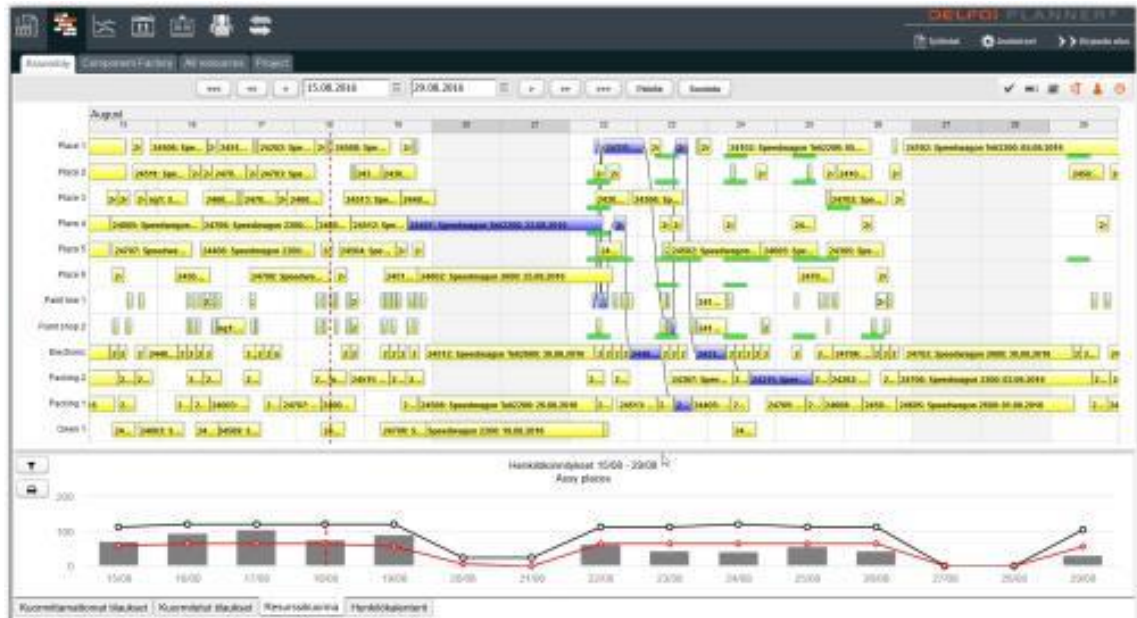
7.2 Esivarustelusolu

Peruskoneiden määrän lisääntyessä ja solujen käydessä ahtaaksi ei voimalinjaa voitu enää kokoonpanna samoissa peruskonesolussa. Voimalinjakokoonpano päätettiin muodostaa kokonaan omaksi yksiköksi, joka valmistaisi valmiita osakokonaisuuksia peruskonesoluihin. Rinnakkaisen vaiheen ansiosta peruskone kokoonpanon tuntimäärät pienenevät 20 - 100 tuntia konemallista riippuen.

Samaan soluun liitettiin myös muuta esivarustelua, jota aikaisemmin tehtiin peruskonesolussa. Näitä ovat esimerkiksi ohjausventtiilien, hydraulisylintereiden ja ilmastoinninkompressorin kokoonpanot. Nämä ovat sellaisia kokoonpanoja, jotka voidaan koota muualla ja toimittaa esikoottuna peruskonesoluun. Peruskonesoluun jää enää tuotteen rungonpäälle nosto ja kiinnitys.

7.3 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnitteluun palkattiin lisää resursseja tehtävänä ottaa käyttöön kokoonpanon hienokuormitus. Mantsisen hienokuormitusohjelma on nimeltään Delfoi Planner (Kuva 2). Ohjelmistoa on aiemmin käytetty osavalmistuksen puolella hitsaamossa ja koneistamossa, mutta kokoonpanon hienokuormitukseen sitä ei vielä ollut käytetty. Ohjelmiston hyödyn kannalta on tärkeää, että kaikki tuotantovaiheet ovat aikataulutettuna ohjelmaan.



Kuva 2. Delfoi Planner kuormitusnäky (Delfoi, 2019).

Hienokuormitusohjelman käyttö auttaa suunnittelemaan tuotantoa paremmin ja tarkemmin. Materiaalitarpeita voidaan ennustaa tarkemmin, jolloin materiaalin ostaminen, varastointi ja kerääminen tuotantoon voidaan toteuttaa tehokkaammin. Ohjelmasta nähdään myös toimitusaikapito sekä tuotteiden läpimenoajat ja myöhästymät. Mahdolliset ongelmat voidaan nähdä jo etukäteen ja tehdä suunnitelma, jolla haittavaikutukset pienenevät.

Kokoonpanon aikataulutus luo myös takarajan tuotesuunnittelulle. Suunnittelun on tärkeää tiedostaa, milloin suunnittelu on jatkunut liian pitkään ja alkaa aiheuttaa ongelmia osien hankinnassa ja sitä kautta edelleen kokoonpanossa.

8 Muutoksien havainnointi

Tuotantoon tehdyt muutokset näkyivät ensimmäiseksi tehtaan lattialla. Uudet peruskone- ja esikokoonpanosolut otettiin käyttöön. Solujen suunnittelussa huomioitiin alusta asti 5S ja solujen toimivuus. Esikokoonpanojen lisääminen pienensi peruskoneen kokoonpanotunteja merkittävästi.

Hienokuormitusohjelman käyttöönotto kokoonpanossa auttaa kuormittamaan soluja tasaisemmin ja kokoonpanojärjestyksen suunnittelu on helpompaa. Isoja yllätyksiä ei enää synny niin usein kuin aikaisemmin, ja pysyviä suunnitelmia voidaan tehdä pidemmälle ajalle.

Osapuutteet ovat edelleen olemassa, mutta nyt tarveviikko on paremmin kaikkien tiedossa ja tuleviin ongelmiin pystytään varautumaan etukäteen. Kaiken kaikkiaan tehtaan toiminta on parantunut ja selkeytynyt merkittävästi verrattuna opinnäytetyön alkamisajankohtaan.

9 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Mantsinen Group Oy:n kokoonpanon läpimenoaikaa ja sen hukkatyön osuutta. Tavoitteena oli tehdä kattava työtunteihin perustuva selvitys tuotannon nykytilasta, jossa tarkasteltiin materiaalinkäsittelykoneen kokoonpanon vaiheita. Aihe oli minulle helppo valinta, koska olin ollut töissä Mantsisella kokoonpanossa ja sittemmin esikokoonpanon työnjohtajana, joten minulla oli jo jotain tietoa tuotannon ongelmista.

Opinnäytetyön alussa minulla oli selkeä suunnitelma, kuinka lähtisin toteuttamaan työtäni. Esittelin hukankeräyslomakkeen ohjaavalle opettajalle sekä tuotantopäällikölle ja sain heiltä positiivisen kannatuksen menetelmästäni kerätä tietoa tuotannosta. Kerätyn tiedon perusteella taulukoiden ja analyysien teko oli mukavaa ja vaivatonta. Puolessavälissä opinnäytetyötä toimitin väliraportin tuotantopäällikölle, joka hyödynsi tietoa tehtaan nykytilan arvioinnissa.

Lopullisen raportin kirjoittaminen alkoi tässä vaiheessa tuottaa tuskaa. Olin tehnyt opinnäytetyön toiminnallisen osuuden, jonka koin mieleiseksi ja nyt kun raporttiin pitäisi saada lisää sisältöä tuntui kirjoittaminen uuvuttavalta. Lopulta pitkällisen taistelun jälkeen tunnen saaneeni raportin valmiiksi ja voin olla hyvillä mielin, että saan vihdoin työni päätökseen. Opinnäytetyön aikana opin paljon Lean-

filosofiasta, tuotannosuunnittelusta, tiedon keräämisestä ja analysoinnista sekä raportin kirjoittamisesta.

Lähteet

Bicheno, J.& H, M. 2009. The Lean toolbox. The Essential Guide to Lean Transformation. PICSIE Books, Buckingham.

Delfoi. 2019. Tuotannon hienokuormitus. 2019.
https://www.delfoi.com/web/products/delfoi_planner/fi_FI/hienokuormitus-delfoi-aps/ 19.2.2019.

Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologainfo Teknova Oy.

Liker, J. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi

Logistiikanmaailma. 2017. JIT (Just-in-time) ja imuohjaus.
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/> 10.2.2019

Mantsinen Group Ltd Oy. 2019. <http://www.mantsinen.com/fi/yritys/> 1.2.2019.

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2015. SFS-EN ISO 9001:2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset.

Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoevalu/> 1.2.2019.

5 x miksi analyysi osapuutteista

