



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

Sähkölukon virtautettu kokoonpano

Jenni Luukas

Opinnäytetyö, tammikuu 2022

www.karelia.fi



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2022
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Jenni Luukas

Nimeke
Sähkölukon virtautettu kokoonpano

Toimeksiantaja
Abloy oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, tehostuuko sähkölukko A:n tuotanto, jos kokoonpanon virtauttaa. Nykyisessä kokoonpanomallissa sähkölukko A kokoonpantiin yhdellä työpisteellä. Virtautettua kokoonpanoa käytetään eri teollisuudenaloilla, ja tässä opinnäytetyössä haluttiin testata, toimisiko virtauttaminen myös sähkölukko A:n kohdalla.

Teoriaosuudessa käsiteltiin tuotantoa laajemmin, muun muassa tuotannon layouttityyppejä ja keskeisimpiä käsitteitä. Menetelmäsuunnittelu oli myös oleellinen osa työn toteuttamista.

Lähtötilanteessa perehdyttiin nykyiseen kokoonpanomalliin ja sen jälkeen suunniteltiin virtautettua kokoonpanoa ja sen testaamista käytännössä. Uutta kokoonpanomallia varten kokoonpanotyö jaettiin seitsemään eri työvaiheeseen ja laadittiin uusi työohje. Lisäksi virtautettua kokoonpanoa varten menetelmäsuunnittelija suunnitteli uudenlaisen paletin sähkölukko A:n kokoonpanoon. Virtautettua kokoonpanoa testattiin käytännössä, jotta saatiin selville, tehostuuko tuotanto sen avulla.

Opinnäytetyön tuloksena on, että virtautettu kokoonpano ei tehosta tuotantoa riittävästi, ainakaan sellaisena kuin sitä testattiin. Testikertoja oli vain kaksi, mutta niiden katsottiin riittävän päätösten tekemiseen. Nykyistä kokoonpanomallia ei haluttu lähteä muuttamaan ilman selkeää tuotannon tehostumista. Ideaa on mahdollista jatkojalostaa ja ottaa käyttöön esimerkiksi yhteistyörobotti suorittamaan jotkut työvaiheet.

Kieli
suomi

Sivuja 34

Asiasanat
tuotanto, tahtiaika, läpimenoaika, menetelmäsuunnittelu



THESIS
January 2022
Degree Programme in Mechanical Engineering
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Jenni Luukas

Title
Flowed Assembly of the Electric Lock

Commissioned by
Abloy Ltd.

The aim of the thesis was to determine whether the production of the electric lock A would become more efficient if the assembly was flowing. In the current assembly model, the electric lock A was assembled at one workstation. The flowed assembly is used in different industries, and the aim of this thesis was to test whether the flow would also work for the electric lock A.

The theoretical part dealt with production more extensively, including production layout types and key concepts. Methodological design was also an essential part of the implementation of the work.

The starting point was an introduction to the current assembly model, followed by the planning of the flowed assembly and testing it in practice. For the new assembly model, the assembly work was divided into seven different operations and a new working instruction was drawn up. In addition, for the flowed assembly, the method designer designed a new kind of palette for the electric lock A assembly. The flowed assembly was tested in practice to determine whether production would be more efficient with it.

The result of the thesis is that the flowed assembly does not improve production efficiency sufficiently, at least not as tested. There were only two test sessions, but they were considered sufficient to make decisions. They did not want to change the current assembly model without a clear increase in production efficiency. It is possible to further process the idea and add, for example, a collaborative robot to perform some of the work phases.

Language
Finnish

Pages 34

Keywords
production, pace time, lead time, method design

Sisältö

1. Johdanto	5
1.1 Opinnäytetyön tavoite	5
1.2 Toimeksiantaja	6
2. Tuotanto	6
2.1 Tuotannollinen toiminta	6
2.2 Tuotannon tehtävät	9
2.3 Tuotannon ohjaus	9
2.4 Tuotannon layout	11
2.4.1 Funktionaalinen layout	11
2.4.2 Tuotantolinjalayout	12
2.4.3 Solulayout	13
2.5 Layoutin valinta	15
3. Kokoonpanotyöhön liittyvät termit	15
4. Työntutkimus	16
4.1 Menetelmätutkimus	17
4.2 Työn vakiinnuttaminen eli standardisointi	17
4.3 Työnopastus ja työhje	18
4.4 Työnmittaus	18
4.5 Työntutkimuksen hyödyt	19
4.5.1 Aikatietojen käyttökohteita	20
4.5.2 Jalostava työaika	22
4.6 Aikalajit	22
5. Tuotannon tasapainottaminen	24
6. Havainnointitutkimus	25
7. Menetelmäsuunnittelu	25
7.1 Havainnointitutkimus osana menetelmäsuunnittelua	26
7.2 Normaaliaikatutkimus	26
8. Toiminnallinen osuus	27
8.1 Suunnittelu ja työhjeen laatiminen	27
8.2 Testausvaihe	27
9. Tulokset	28
9.1 Käytännön laskelmat	30
10. Johtopäätökset ja pohdinta	31
Lähteet	34

1. Johdanto

Tuotanto on olennainen osa yritysten perustoimintoja. Ilman toimivaa tuotantoa yritys ei pysty tuottamaan asiakkaan haluamia tuotteita tai palveluita. Tuotannon jatkuva kehittäminen on tärkeää yrityksen liiketoiminnan ja kilpailukyvyn kannalta, koska tehokkaalla tuotannolla voidaan parantaa kilpailukykyä ja pienentää yrityksen kuluja. Tuotantoa voidaan kehittää monin eri tavoin, kuten esimerkiksi menetelmäsuunnittelun avulla. Menetelmäsuunnittelua tehdään yhteistyössä tuotesuunnittelijoiden ja tuotannon työntekijöiden kanssa, jotta tuotanto saadaan mahdollisimman tehokkaaksi ja toimivaksi. Tärkeä osa tehokasta tuotantoa on myös hyvä layoutsuunnittelu. Materiaalivirtojen kannattaa olla selkeitä ja helposti hallittavia. Hyvällä layoutsuunnittelulla voidaan minimoida hukkatyön osuus. Tuotantoa voidaan usein tehostaa myös virtautetun kokoonpanon avulla.

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on yrittää tehostaa Abloy oy:n valmistaman sähkölukko A:n kokoonpanoa. Uutta kokoonpanomallia on tarkoitus testata käytännössä ja arvioida sen kannattavuutta. Mikäli testien perusteella ei pystytä osoittamaan riittävää tuotannon tehostumista, uutta kokoonpanomallia ei voida ottaa käyttöön. Layoutmuutokset kuitenkin tulevat yritykselle kalliiksi, joten täytyy olla varma kannattavuudesta ennen kuin muutoksia aletaan tekemään.

Sähkölukko A on aina kokoonpantu niin, että yksi työntekijä kokoaa lukon alusta loppuun. Nyt on tarkoitus kokeilla, tehostuisiko tuotanto virtauttamalla kokoonpano. Tällä hetkellä sähkölukko A:ta on kokoonpanemassa noin seitsemän työntekijää. Teollisuudessa tuotannon virtauttamista käytetään tuotannon tehostamiseksi esimerkiksi autoteollisuudessa. Monesti virtauttamalla saadaan hyviä tuloksia, mutta siihen liittyy myös omat haasteensa. Opinnäytetyö sisältää teoriaosuuden, toiminnallisen osuuden ja tulosten analysoinnin.

1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Abloy oy, joka on vuonna 1907 perustettu suomalainen lukitusjärjestelmien valmistaja. Abloy oy on kuulunut ruotsalaisen Assa Abloy -konsernin omistukseen vuodesta 1994 lähtien. Yrityksen tavoitteena on lisätä luottamusta maailmassa kehittämällä nykyaikaisia ja alan johtavia turvallisuusratkaisuja turvaamaan ihmisiä ja heidän omaisuuttaan. (Abloy 2021.)

Joensuun tehdas, jossa opinnäytetyö toteutettiin, on perustettu vuonna 1968. Tehtaan pinta-ala on 21 300 m² ja se työllistää noin 800 henkilöä. Tuotevalikoimaan kuuluu mekaanisia ja sähkömekaanisia avaimia sekä sylinterejä, teollisuuslukkoja, sähkölukkoja, mekaanisia lukkorunkoja, ovenkahvoja, vetimiä, ovensulkijoita ja oviautomatiikkaa. Joensuun tehtaalta toimitetaan noin 3,4 miljoonaa tuotetta vuosittain. (Abloy 2021.)

2. Tuotanto

Tuotannolla tarkoitetaan toimintaa, jossa eri raaka-aineista valmistetaan tuotteita. (Aswathappa & Shridhara Bhat 2009, 2). Tuotantoprosessi on yksi keskeisimmistä valmistavan yrityksen toiminnoista. Usein suurimmat ongelmat ja merkittävimmät päätökset toiminnan johtamisessa liittyvät tuotantoprosessien hallintaan ja kehittämiseen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 352.)

2.1 Tuotannollinen toiminta

Tuotannon toteutustavoissa ja johtamisperiaatteissa on tapahtunut huomattavaa kehitystä verrattuna teollisen toiminnan alkuaikoihin. Tuotantoperiaatteiden kehittämiseen ovat vaikuttaneet yhteiskunnallinen ja teknologioiden kehitys, tuotantotekijöiden tarjonta, kilpailutilanne ja markkinoiden vaatimukset. Edelleenkin yritysten on muutettava toimintamallejaan samassa tahdissa toimintaympäristöjen muutosten kanssa. Jokin toimintamalli voi toimia hyvin jossain ympäristössä, mutta toisenlaisessa ympäristössä ei ollenkaan. Tuotannon eri kehitysvaiheet

voi jakaa karkeasti eri päävaiheisiin: käsityöhön, massatuotantoon, JIT-tuotantoon ja verkostotuotantoon. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 359.)

Käsityö oli varhaisin teollinen toimintamalli, joka perustui käsityöläisen itsenäisesti tekemään työhön. Tuote valmistettiin itse alusta loppuun. Eri työvaiheita ei eroteltu, mikä aiheutti heikon tuottavuuden. Tuotteita kuitenkin voitiin valmistaa joustavasti oman ammattitaidon rajoissa. Koska käsityötuotannossa tuottavuus oli heikkoa, myös tuotteiden hinnat muodostuivat yleensä korkeiksi. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 359.)

Toimintamallit massatuotantoa varten syntyivät aseteollisuudessa 1800-luvulla. Euroopan maat tilasivat teollisuusyrityksiltä suuria määriä aseita. Tuotantoa saatiin tehostettua standardisoimalla osien mitoitus, mikä mahdollisti osavalmistuksen erottamisen kokoonpanosta. Samaan aikaan syntyi tieteellisen liikkeenjohdon koulukunta, jonka yksi keskeisistä periaatteista oli jakaa työ mahdollisimman pieniin vaiheisiin. Ensimmäisenä tätä toimintamallia sovelsi Henry Ford, joka käytti sitä autoteollisuudessa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 360.)

Tehokkaita kustannusseurantamalleja kehitettiin tuottavuuden kehittämisen tueksi. Keskeisenä tavoitteena toiminnanohjauksessa oli maksimoida tuottavuus valmistamalla suuria tuotantoeriä ja toteuttamalla yksittäiset työtehtävät optimaalisesti. Massatuotannon ongelmana on joustamattomuus, jos tuote tai tuotantovolyymi muuttuu. Myös laadun hallintaa voidaan pitää massatuotannon ongelmana, koska laatuvirheiden löytäminen ja niiden korjaaminen on haastavaa massatuotantoympäristössä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 360.)

Japanissa syntynyt Just-In-Time eli JIT-tuotanto on massateollisuusmallista radikaalisti poikkeava toimintamalli. JIT-tuotannossa tuotteita ja osia pyritään valmistamaan ainoastaan välittömän tarpeen verran. Tyypillistä on pienerävalmistus, jolloin valmistetaan tuote-eriä toistuvasti pienin väliajoin. Toimintamallin tehokkuus perustuu nopeaan läpäisy aikaan ja toiminnan korkeaan laatuun. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2005, 361-362.)

Perinteisessä massatuotannossa pyrittiin kustannusten minimoimiseksi toteuttamaan valmistus ja hankinnat mahdollisimman suurissa erissä. JIT-tuotannossa pyritään pitämään materiaalivirrat nopeina ja ohuina ja välttämään turhaa varastonmuodostusta. Koska tuotantoprosessi on nopea, myös nopeasti muuttuviin asiakastarpeisiin pystytään reagoimaan. JIT-tuotannon keskeisimpiä piirteitä on panostus laadun kehittämiseen. Toiminnan lyhyet aikajänteet, lyhyet läpäisyajat ja pienet välivarastot eivät anna mahdollisuutta virheellisille toiminnoille. Virheitä pyritäänkin ennaltaehkäisemään viimeiseen asti, koska virheiden vaikutukset ovat erittäin suuret tuotannossa, jossa ei käytetä välivarastoja. Toisaalta, jos virheitä tapahtuu, ne tulevat nopeasti esille JIT-tuotannossa ja niiden syyt ovat nopeasti ja helposti selvitettävissä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 361-362.)

International Motor Vehicle Program - tutkimusohjelman tuloksena syntyi Lean Production -käsite. Tutkimuksen keskeisenä havaintona oli, että tuotanto, joka oli japanilaisten toimintaperiaatteiden mukaisesti organisoitu, oli tuottavampi, laadukkaampi ja tarjosi asiakkaille enemmän vaihtoehtoja. Lean Production -käsitettä voidaan pitää laajempänä kuin alkuperäistä JIT-tuotantoa. Sitä voisi kutsua ”japanilaiseksi johtamisperiaatteeksi”, jonka tärkeimpänä osana on tehokas JIT-tuotanto. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 362.)

Tuotannollisen toiminnan alkuajoista lähtien yritykset ovat hyödyntäneet verkostoitumista. Verkostotoimintamallia on yleensä käytetty projektituotannossa, jossa volyymit vaihtelevat suuresti. Globaali kaupankäynti ja kilpailu vaikuttavat merkittävästi verkostoitumiseen. Myös tuotteiden monimutkaistuminen ja teknologioiden nopea kehitys ovat vaikuttaneet verkostoitumisen yleistymiseen. Verkostoitumisen avulla yritykset voivat hyödyntää myös muiden yritysten kehitystyötä ja osaamista. Yritysten on valittava, mitä osaamista ja teknologioita ne kehittävät itse, mitä ne kehittävät yhteistyössä muiden yritysten kanssa ja mitä hankkivat markkinoilta. Monesti nykyaikaisessa yrityksessä on ulkoistettu monia palveluja ja valmistustehtäviä. Verkostoitumisesta on apua myös yrityksen joustavuuden kehittämisessä, koska verkostolla on yleensä paremmat mahdollisuudet kapasiteetissa joustamiseen kuin integroidulla yrityksellä. Valmistustehtävät on jaettu useamman yrityksen kesken, joten volyymien vaihtelut ovat helpommin hallittavissa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 363.)

2.2 Tuotannon tehtävät

Tuotannossa valmistetaan tuotteet, joita yrityksen on tarkoitus myydä asiakkailleen. Niitä voivat olla osat, puolivalmisteet ja lopputuotteet joko suoraan kuluttajille tai toisten yritysten jatkojalostettaviksi. Tuotanto on käsitteenä laaja, ja se pitää sisällään kaikki tuotteen tai palvelun tuottamiseen vaadittavat toiminnot. Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain teolliseen tuotantoon. Tuotannon eri osa-alueita ovat tilausten vastaanotto ja vahvistaminen, tilauskohtainen suunnittelu, materiaalien hankinta, alihankkijoiden ohjaus, tuotteen valmistus ja toimitus. Tuotannon tavoitteena on hyvä toimitusvarmuus, lyhyet toimitusajat, laatu, kustannustehokkuus ja saada tuotekehityksen suunnittelemat uudet tuotteet nopeasti tuotantoon. Jotta yritys säilyttää kilpailukykynsä, tuotannon pitää myös kehittyä jatkuvasti. (Logistiikan Maailma 2021.)

Tuotannon toteuttamiseksi yrityksillä on erilaisia toimintamalleja ja prosesseja. Kaikkien eri toimintojen väliset vuorovaikutus- ja riippuvuussuhteet on otettava huomioon tuotantojärjestelmien kehittämisessä ja tuotannon ohjaamisessa. Teollisen tuotannon on oltava toistettavaa ja tehokasta. Tuotanto on hyvä järjestää siten, että resurssi-investoinneilla saadaan mahdollisimman korkea tuottavuus, ja että tuotantotoimintaa voidaan säädellä asiakastarpeiden mukaan. Valmistus kuuluu olennaisena osana tuotantotoimintaan. Valmistuksessa materiaaleja muutetaan tuotteiksi. Lähtötietona toimii tuoterakenne, joka määrittelee tuotteen valmistamiseen tarvittavat osat. Tuoterakenteen avulla voidaan myös vakioida tuotantoa, yhdistellä eri komponentteja ja varioida tuotteita. Käyttämällä eri tuotteissa samoja komponentteja ja materiaaleja saadaan laskettua kokonaiskustannuksia ja tehostettua tuotantoa. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2018, luku 10.)

2.3 Tuotannon ohjaus

Tuotantojärjestelmän ominaisuudet sekä toiminnan ohjauksen ja johtamisen periaatteet määrittelee suurelta osin yrityksen valitsema tuotantomuoto. Yritys ei voi valita vapaasti harjoittamaansa tuotantomuotoa, vaan tuotteen valmistusmäärät, rakenne, valmistustekniikka ja jakelutie määräävät sen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 353.)

Tuotannon ohjausperiaate voi lähteä liikkeelle joko tilauksista tai varastotasosta. Varasto-ohjautuva tuotanto perustuu tuotevaraston täydennystarpeeseen ja asiakastarpeen ennakoitavissa olevaan toistettavuuteen. Yleensä vakiotuotteet, joita myydään suurilla volyyymeilla, ovat varasto-ohjautuvia. Tällaisia ovat esimerkiksi suuri osa kulutustavaroista, kuten tietokoneet, autot ja vaatteet. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2018, luku 10.) Vakiotuotteiden rakenne ja ominaisuudet pysyvät pitkiä aikoja samanlaisena, eikä asiakas voi vaikuttaa niihin. Koska valmistuksen perustiedot ovat jo valmiiksi olemassa, valmistuksen aloittaminen ei vaadi tuotesuunnittelua. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 353.) Tuotteita valmistetaan varastoon, jotta toistuvat asiakastarpeet saadaan nopeasti täytettyä. Tilausohjautuva tuotanto taas perustuu asiakkaan tilaukseen eli todelliseen kysyntään. Tyypillisesti erilaiset asiakaskohdattaiset, räätälöidyt tuotteet ovat tilausohjautuvia. Tällöin asiakas itse osallistuu tuoterakenteen tai toimitustavan määrittämiseen. Pienivolyymiset tuotteet ovat myös tilausohjautuvia. Toimituksia voidaan nopeuttaa valmistamalla puolivalmisteita asiakas räätälöintiä varten. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2018, luku 10.)

Yksittäistuotannossa eräkokona on vain yksi kappale. Tuotteiden menekki on pieni ja tilaukset satunnaisia. Tällöin tuotteita ei kannata valmistaa varastoon, vaan valmistaa ne tilausohjautuvasti. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2018, luku 10.)

Sarjatuotannossa tuotetta valmistetaan kerralla tietty erä eli sarja. Eri tuotteiden sarjoja voidaan valmistaa tuotantosuunnitelman mukaisesti peräkkäin. Yhtenäistuotanto tarkoittaa toistuvaa massatuotantoa. Yhtenäistuotantoa toteutetaan suursarjoina ja prosesseina. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2018, luku 10.)

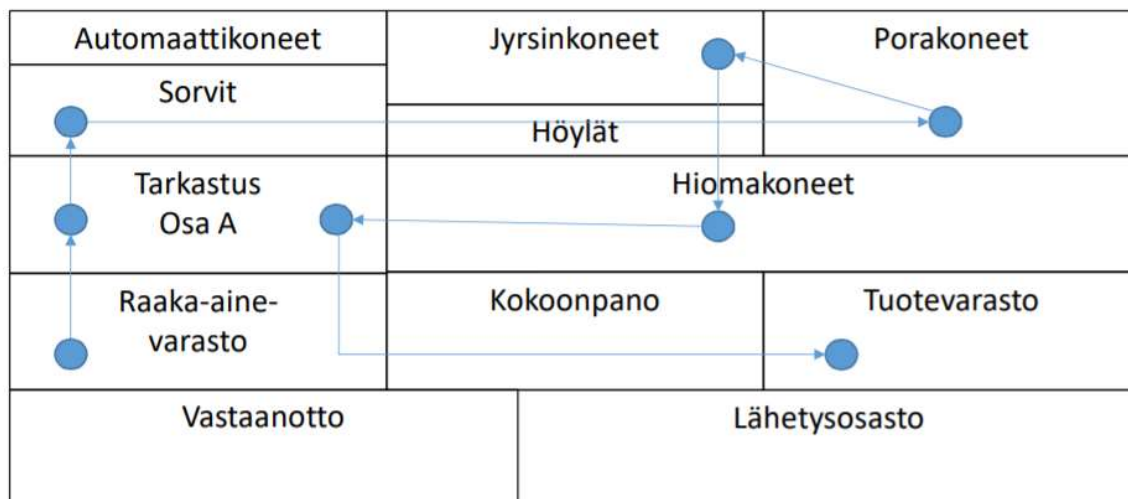
Yritykset voivat organisoida tuotantonsa eri tavoin yhdistelemällä erilaisia tuotantomuotoja. Koska tuotantoon kuuluu useita toimintoja, se vaihtelee ajan kuluessa ja kytkeytyy toimitusketjuun, sen organisointi vaatii laajaa näkökulmaa ja joustavuutta. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2018, luku 10.)

2.4 Tuotannon layout

Siihen, miten eri tuotantolaitteet, työntekijöiden työpisteet, varastotilat, kulkuväylät sekä kaikki muut tarvittavat asiat on sijoitettu tuotantotilaan, voidaan vaikuttaa tuotannon layoutratkaisuilla. Layoutin suunnittelussa on otettava huomioon monia eri asioita. Tuotantotila on suunniteltava siten, että se on turvallinen työntekijöille sekä mahdollisille vierailijoille. Lisäksi materiaalivirran tulee olla tehokasta; materiaaleja ei kuljetella pitkiä matkoja eikä edestakaisin. Hyvä layout on suunniteltu niin, että tuotteen läpäisy aika ja työntekijöiden turha liike on minimoitu. Toimiva layout auttaa myös tuottamaan hyvää laatua ja hyödyntämään tehokkaasti käytettävissä olevan tilan. (Logistiikan maailma 2021.) Hyvä layoutsuunnittelu on oleellinen osa toimivaa tuotantoa. Huonosti järjestellyissä tiloissa työnteko on hankalampaa ja tuottaa enemmän turhaa työtä, joka taas on yritykselle kallista. Siksi layoutsuunnitteluun kannattaa panostaa.

2.4.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa työpisteet ja koneet on keskitetty valmistusmenetelmän ja konetyypin mukaan, esimerkiksi hitsaus, muoviosien valmistus, sorvaus, kokoonpano ja pakkaus ovat omia osastojaan. Valmistuksen edetessä työkappaleita kuljetetaan koneryhmästä toiseen. Funktionaalista layouttia voidaan käyttää, kun tuotevalikoima on laaja ja valmistetaan monen tyyppisiä tuotteita, kysyntä vaihtelee suuresti tai on pientä, valmistus on tyyppillistä sekatuotantoa ja suurin osa valmistuksesta tapahtuu sellaisilla koneilla, joiden kapasiteettia mikään tuote ei kuormita täyteen. (Havu 2020.) Kuviossa 1 on esitetty funktionaalinen layout.



Kuvio 1. Funktionaalinen layout. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 477).

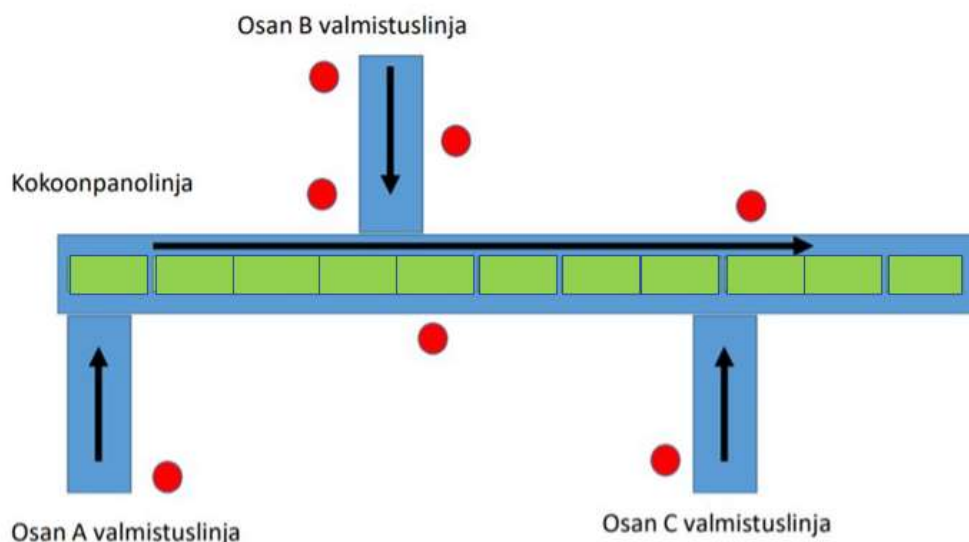
Funktionaalinen layout on valmistettavan tuotteen ja kasvun suhteen joustava layout. Alkuinvestointi on suhteessa pieni, ja layout helpottaa tuotantoteknistä suunnittelua. Funktionaalisisessa layoutissa tuotanto ei keskeydy kokonaan häiriötilanteessa ja kuormitusten tasaaminen on helpompaa. Työnjohto voi erikoistua tiettyihin työkoneisiin ja -menetelmiin. Kiireelliset tai myöhässä olevat työt saadaan sijoiteltua koneille suhteellisen helposti. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 477.)

Funktionaalisisessa layoutissa on myös heikkoutensa. Tilankäyttö ei välttämättä ole tehokasta käytettäessä funktionaalista layouttia, eivätkä materiaalivirrat selkeitä ja loogisia. Osat voivat ruuhkautua koneille odottamaan työn alkamista. Ruuhkautumisen takia läpäisyajat pidentyvät ja keskeneräiseen tuotantoon sidotun pääoman määrä kasvaa. Funktionaalisisessa layoutissa tuotannonohjaus on haastavaa, koska jokainen työvaihe on erillinen kuormitustekijä ja jokainen kone kuormituspiste. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 477.)

2.4.2 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayoutissa tehdas jaetaan valmistettavien tuotteiden ja osien mukaan valmistuslinjoihin. Työpisteet ja laitteet sijoitellaan valmistettavan tuotteen työkulun mukaiseen järjestykseen. Tuotantolinjalayout on kannattava, kun voidaan valmistaa suurehko määrä tuotteita ilman keskeytyksiä, tuotteet ovat

pitkälle standardoituja ja kysyntä suhteellisen vakaata, joten valmistus voidaan suunnitella tietyn tuotantomäärän mukaan. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 475.) Alla olevassa kuviossa 2 on esitetty tuotantolinjalayout.



Kuvio 2. Tuotantolinjalayout. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 476).

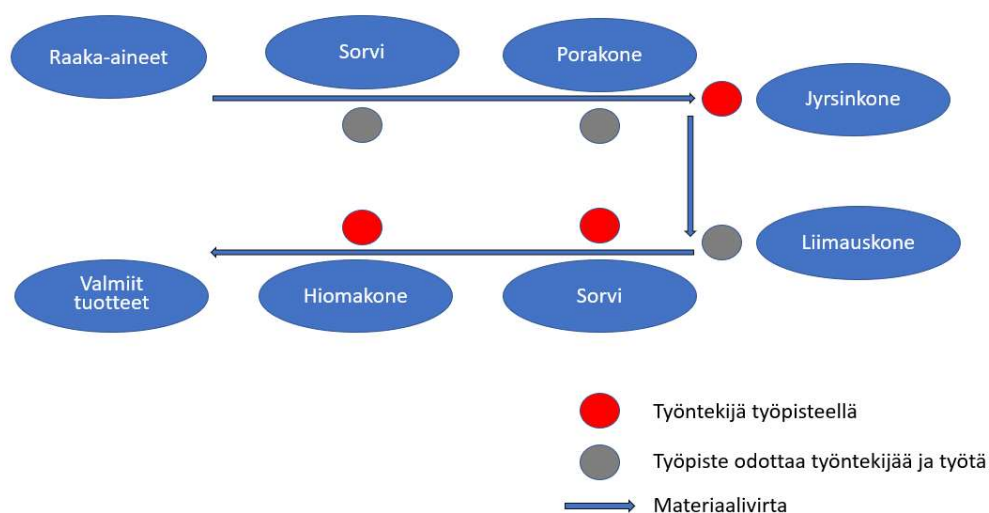
Tuotantolinjalayoutissa materiaalivirta on selkeä ja tehokas, ja keskeneräisen tuotannon määrä on pieni. Tuotteiden läpäisy aika on lyhyt ja käsittely sekä kuljetus vähäistä. Tuotantolinjalayouttia käytettäessä tuotannonohjaus on helppoa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 476.)

Tuotantolinjalayouttia on kuitenkin jälkikäteen vaikea laajentaa ja sen joustavuus valmistettavan tuotteen suhteen on heikko. Layoutin perustamiskustannukset ovat suuret ja tuotannon keskeytykset kalliita. Häiriötilanteessa monta konetta jää seisomaan. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 476.)

2.4.3 Solulayout

Solulayoutissa solu sijaitsee paikallisesti yhtenäisellä alueella ja sillä on oma tuotantokalustonsa. Solu muodostaa prosessi- ja tuoteorientoituneen yksikön. Tuotannonohjauksen näkökulmasta solu toimii yhtenä kuormitusasteena ja

vaiheena. Yleensä solu ei tarvitse varsinaista tuotannonohjauskaataulua vaan sille riittää, että tiedetään tietyn ajanjakson valmistusohjelma. Esimerkiksi tyhjiällä kuormalavoilla, laatikoilla tai hyllyn osalla voidaan antaa valmistusimpulssi. Solun tehtävä on valmistaa haluttuna toimitusaikana valmistusimpulssin vaatima tuotemäärä. Solulayoutissa tiimin jäsenet tekevät tiimityötä ja palkkaustyyppinä on yleensä ryhmäpalkkaus. Solussa koneita ja työpisteitä on enemmän kuin työntekijöitä, joten työntekijät siirtyvät tehtävästä toiseen joustavasti. Solussa on ohjaava kone tai työvaihe, jonka mukaan solua kuormitetaan. (Havu 2020.) Esimerkki solulayoutista on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Solulayout.

Solulayoutin vahvuutena ovat selkeät materiaalivirrat. Tuotteiden läpäisy aika on lyhyt ja toimitusvalmius hyvä. Solulayoutia käytettäessä keskeneräisen tuotannon määrä on pieni ja tuottavuus suuri. Tuotannonohjaus on selkeää. (Havu 2020.)

Solulayoutin heikkous on korkeat muutuskustannukset tuotantosoluihin siirryttäessä. Lisäksi kuormitusasteet vaihtelevat suuresti ja joitakin koneita joudutaan tietoisesti käyttämään vajaalla kuormalla. (Havu 2020.)

2.5 Layoutin valinta

Layout valitaan sen perusteella, kuinka laaja tuotevalikoima on ja kuinka suuria määriä tuotteita halutaan tuottaa. Funktionaalinen layout toimii parhaiten silloin, kun valmistettavia tuotetyyppejä on paljon, mutta tuotantomäärät pieniä. Tuotantolinjalayout on tehokas vaihtoehto, kun halutaan tuottaa suuria määriä samantyyppisiä tuotteita. Solulayoutia käytetään valmistettaessa toistuvasti eri tuotteita, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että oman tuotantolinjan muodostaminen kannattaisi. Soluissa voidaan valmistaa joustavammin erityyppisiä tuotteita. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 479).

Tuotanto voi olla myös yhdistelmä eri layout-tyyppejä, varsinkin jos tuotanto on monivaiheinen. On tyypillistä, että samalla tehtaalla on erilaisia osalayoutteja tuotantoprosessin vaiheen mukaan. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 479).

3. Kokoonpanotyöhön liittyvät termit

Virtautettu kokoonpano on yksi tämän työn keskeisistä käsitteistä. Virtautetussa kokoonpanossa tuotteen kokoonpano tehdään vaiheittain. Työvaiheet ovat mahdollisimman tasaisia ja tahtiaikojen vaihtelu pientä. Virtauttamalla pyritään tehostamaan tuotantoa ja vähentämään hukkaa. (Hovila 2015, 4.)

Tahtiaika kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoa eli aikaa, jonka tuote on työpisteellä ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. Tuotannossa pyritään mahdollisimman lyhyeen tahtiaikaan. (Lean Construction Institute- Fi 2015.)

Läpimenoaika tarkoittaa aikaa, joka kuluu jonkin tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Se on yksi tärkeä tuottavuuden mittari. (Holmström 2020,1.) Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehostaa läpimenoaikaa ja näin ollen parantaa tuottavuutta.

Toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on ohjeistaa, opastaa, järjeistää ja järjestää käytännön toimintaa. Työn toteutustavan määrittävät tilaaja ja

kohderyhmä. Toiminnalliseen opinnäytetyöhön sisältyy sekä toiminnallinen osuus että opinnäytetyön raportti. (Saastamoinen, Vähä, Ypyä, Alahuhta & Päätaalo 2018.)

Tämä opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä. Ensimmäisenä laadittiin työn teoriaosuus, sitten toiminnallinen osuus ja lopuksi laadittiin raportti saaduista tuloksista. Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on saada parannettua käytännön toimintaa.

4. Työntutkimus

Työntutkimuksen tavoitteena on kehittää ja parantaa työmenetelmiä sekä työolosuhteita. Työntutkimuksessa hyödynnettävät menetelmät ovat tehokkaita, taloudellisia ja turvallisia käyttää. Niiden avulla saadaan parannettua tuottavuutta, työhyvinvointia ja kannattavuutta. Yritykset voivat käyttää työntutkimusta apunaan esimerkiksi tavoitteiden asettamisessa. Siitä on hyötyä myös tuotannon suunnittelussa, kuormituksen selvittämisessä ja resursoinnissa. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 4.)

Työsuorituksen tehokkuuteen, taloudellisuuteen ja turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä on tarkoitus tarkastella kriittisesti työntutkimuksessa. Työntutkimuksesta ja tuottavuustyöstä on etua niin yritykselle kuin työntekijällekin. Menestyvä yritys mahdollistaa kannustavan palkitsemisen ja työsuhteturva paranee. Työntekijän taas tulisi hyötyä kehittämistyön ja työntutkimuksen perusteella tehtävien toimien kautta. Esimiestyössä painopiste siirtyy kohti menetelmäkehitystä ja kehittämiskohteiden havaitsemista, jolloin myös esimiesten rooli ja osaamistarve kasvaa. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 5.)

Työntutkimuksessa halutaan saada selville tutkittavan työn ajankäyttö, ergonomiset asiat sekä käytettävät työmenetelmät, ja tavoitteena on kehittää niitä. Ensimmäisenä yleensä havainnoidaan ja kuvataan tutkittava työkokonaisuus. Työtä tarkastellaan taloudellisesta, teknologisesta ja työntekijänäkökulmasta. Työn ja menetelmien kustannusvaikutuksia, kuten lisäarvoa tuottavat työt, kustannuksia aiheuttavat työt, laatuongelmat, tuotannon pullonkaulat, toistuvat ja

paljon työtä vaativat työt sekä paljon materiaalien siirtoa edellyttävät työt selvitetään taloudellisesta näkökulmasta. Teknologisesta näkökulmasta selvitetään mahdollisuuksia käyttää uusia prosesseja, välineitä ja tekniikkaa. Työntekijöiden näkökulmasta tarkastellaan ergonomiaan ja työturvallisuuteen liittyviä tekijöitä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

Työntutkimukseen kuuluu yhtenä osa-alueena menetelmätutkimus eli työmenetelmän kehittäminen taloudellisesti kannattavaksi, tehokkaaksi ja turvalliseksi. Siihen sisältyy myös työn vakiinnuttaminen eli käytettävän menetelmän standardisointi, työn opastus eli uuden menetelmän opettaminen kaikille työntekijöille ja työnmittaus eli työn suorittamiseen vaadittavan ajan mittaaminen. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

4.1 Menetelmätutkimus

Menetelmätutkimuksen tavoitteena on kehittää työmenetelmiä, jotta työn tekeminen olisi taloudellista, tehokasta ja turvallista. Tutkimuksessa tarkastellaan tuotannon kaikkia osatekijöitä, kuten raaka-aineita, tuotantolaitteita, koneita ja työntekoa. Tavoitteena on parantaa tuottavuutta, ergonomiaa ja työturvallisuutta sekä alentaa tuotantokustannuksia. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

Nykypäivänä turvallisuusvaatimukset ovat tiukkoja, ja myös esimerkiksi työergonomian suhteen ollaan valveutuneempia kuin aiemmin. Nämä asiat on otettava huomioon, kun työmenetelmiä kehitetään. Haitallista kuormitusta on pyrittävä poistamaan ja lisäämään työn mielekkyyttä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

4.2 Työn vakiinnuttaminen eli standardisointi

Standardisoinnin tavoitteena on varmistaa, että kaikki työntekijät käyttävät tehokkainta menetelmää, koska muutoin menetelmästä ei ole hyötyä. Apuna voidaan käyttää työohjeita, menetelmien vakiinnuttamista ja työpaikkakuvauksia.

Jatkuvalla parantamisella huolehditaan, ettei menetelmäkehitys lopu työn vakiinnuttamisen jälkeen. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

Jos työmenetelmän vakiinnuttaminen on hoidettu huonosti, voi työn suorittamistapa olla erilainen eri työntekijöiden välillä. Erilaiset työtavat, työvälineet, raaka-aineet tai työpaikan järjestely voivat aiheuttaa menetelmävaihtelua. Menetelmävaihtelusta aiheutuu usein tehottomuutta, mikäli parasta mahdollista työmenetelmää ei käytetä jokaisella suorituskerralla. Ainoastaan työn standardisoinnilla saadaan luotua edellytykset kehittää toimintaa systemaattisesti. Standardisointi edistää merkittävästi myös laadunhallintaa. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

4.3 Työnopastus ja työhöje

Hyvä työnopastus on oleellinen osa työntekijöiden perehdytystä. Sen avulla voidaan varmistaa, että kaikki työntekijät osaavat käyttää työn tekemiseen turvallisia ja tehokkaita menetelmiä. Työnopastuksen eri osa-alueita ovat työntekijän perehdytys ja opastaminen työntekemiseen, työmenetelmiin ja koulutusmahdollisuuksiin. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

Työhöjeen tulee olla selkeä, lyhyt ja ytimekäs. Työhöjeen tekemisessä on tärkeä huomioida, miten ohje on jäsennelty, jotta ohjetta on mahdollisimman helppo seurata ja työvaiheet saa tehtyä oikeassa järjestyksessä. Kaikkea mahdollista tietoa, joka vaaditaan työn suorittamiseen, on usein hankala mahduttaa työhöjeeseen ilman, että ohjeesta tulee liian pitkä. Kuvien avulla tilannetta voi kuitenkin selkeyttää, koska kuviin saadaan sisällytettyä paljon informaatiota. (Lab Open 2020.)

4.4 Työnmittaus

Työnmittauksen tarkoituksena on selvittää jonkin tietyn työtehtävän suorittamiseen kuluvaa aikaa. Mittaamiseen voidaan käyttää ajankäyttötutkimusta, kello-aikatutkimusta, aikalaskelmia, havainnointitutkimusta tai liikeaikatutkimusta. Aikatietoja saadaan esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän tietojen kautta.

Saatuja tuloksia voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin kuten layoutsuunnitteluun, työpisteiden, työmenetelmien ja työkalujen suunnitteluun, resurssitehokkuuden parantamiseen, tuotannon virtauttamiseen, palkkauksen määrittelyyn, tuotteiden hinnoitteluun, tavoitteiden määrittelyyn ja työn kuormittavuuden arviointiin. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

Työnmittaus ei ole enää pelkkää perinteistä kellotusta, vaan se on laajempaa yhteistyötä esimiesten, menetelmäkehittäjien ja työntekijöiden välillä. Tarkoituksena on löytää kehittämiskohteet ja saada kehitettyä niitä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

4.5 Työntutkimuksen hyödyt

Kilpailu yritysten välillä on kovaa, joten toiminnan laatuun on panostettava jatkuvasti, jotta asiakastarpeet saadaan toteutettua kilpailukykyisesti. Tuotannon puolella parantavat toimenpiteet kohdistuvat yleensä esimerkiksi toimitusvarmuuden parantamiseen ja läpimenoaikojen lyhentämiseen. Asioihin voidaan vaikuttaa kehittämällä toimivaa työorganisaatiota, eri toimialojen yhteistyötä ja ottamalla käyttöön viimeisintä teknologiaa. Työntutkimus on hyvä väline, kun halutaan kehittää toimintaa. Erilaisten tuotantoon liittyvien aikojen, kuten läpimenoajan, toimitusajan ja työvaiheajan, selvittäminen kuuluu työntutkimukseen. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

Toimitusajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tilauksen tekemisestä siihen, kun asiakas saa tuotteen tai palvelun. Asiakkaan kannalta tärkein aika on nimenomaan toimitusaika. Toimittaja määrittää toimitusajan perusteella toimintatavan ja jalostusketjun. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

Läpimenoaika kuvaa aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta siihen, kun tuote on valmis toimitettavaksi asiakkaalle. Läpimenoaika voi sisältää myös erillistä suunnittelun läpimenoaikaa, jos tuote suunnitellaan tilauskohtaisesti asiakkaan tarpeiden mukaan. Myös jalostavan työn osuus liittyy läpimenoaikaan. Eli mikä osuus läpimenoajasta nostaa tuotteen jalostusarvoa ja minkä osuuden tuote odottaa keskeneräisenä tuotannossa ja sitoo samalla pääomaa. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

Työvaiheajalla tarkoitetaan aikaa, joka työntekijällä tai koneella kuluu jonkin työvaiheen suorittamiseen. Työvaiheajan tarkastelussa otetaan huomioon, kuinka kauan työntekijä tai kone on sidottuna kunkin työvaiheen suorittamiseen. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 7.)

4.5.1 Aikatietojen käyttökohteita

Aikatietoja tuotannon läpimeno- ja vaiheajoista voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin. Ne helpottavat myös tavoitteiden asettamista. Nykyään ei riitä enää pelkkä tieto siitä, mihin tuotannon resurssit käytetään, vaan tarvitaan tietoa myös siitä, mihin resurssien avulla voidaan päästä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 8.)

Tuotteiden suunnitellussakin voidaan hyödyntää aikatietoja. Usein voidaan suunnitella samaan käyttötarkoitukseen sopiva tuote, ja käyttää sen valmistukseen vaihtoehtoisia raaka-aineita ja komponentteja sekä vaihtoehtoisia tuotekenteitä ja menetelmiä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 8.)

Aikatiedoista on hyötyä myös menetelmien suunnittelussa ja vaihtoehtojen valinnassa. Vaihtoehtoisilla menetelmillä voidaan saada aikaan sama rakenteellinen ratkaisu. Edullisin toimintatapa on yrityksen kannattavuuden kannalta paras vaihtoehto. Uusien tuotantokoneiden, menetelmien ja välineiden käyttöönottoa suunniteltaessa on otettava huomioon ne tuotteet, joita yritys valmistaa nyt ja tulevaisuudessa. Myös sarjakoot ja niiden mahdollinen muuttuminen on otettava huomioon. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011 8.)

Koneinvestointeja ja tuotannon layoutsuunnittelua varten tarvitaan tietoja esimerkiksi vaihtoehtoisten tuotantolaitteiden kapasiteetista, asetusajoista, materiaalivirroista sekä käyttökuluista. Jotta saadaan suunniteltua ja valittua tuotantotiloihin sopiva layout, tarvitaan tietoja eri valmistusmenetelmien edellyttämistä asetus- ja vaiheajoista sekä ajasta, joka käytetään materiaalin käsittelyyn. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 8.)

Asetus- ja vaiheaikoja voidaan lyhentää erilaisten työtä helpottavien välineiden avulla. Myös työpisteen ergonomialla on merkitystä, koska yleensä hankalissa

asunnoissa työskentely hidastaa työntekoa ja vähentää siten tehokkuutta. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 8.)

Yrityksen resurssit on osattava ohjata oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan, jotta ne olisivat tehokkaasti käytössä. Resurssien tarve on kyettävä arvioimaan suhteessa työmäärään. Tätä varten tarvitaan riittävän tarkkoja tietoja eri alueiden tarpeista suhteessa nykytilanteeseen ja tulevaan. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 8.)

Tuotteiden toimitusaikoja, kuljetusmatkoja sekä materiaalin käsittelyyn käytettävää aikaa voidaan lyhentää tuotannon virtautuksella, ja samalla myös kesken-eräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma pienenee. Tuotannon tasoittaminen auttaa tasaamaan työntekijöihin ja koneisiin kohdistuvaa kuormitusta, samalla myös materiaalien ohjaus on helpompaa ja joustavuus paranee. Jotta tuotannon virtautuksessa ja tasapainottamisessa voidaan onnistua, tarvitaan tarkkaa tietoa asetus- ja vaiheajoista. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 8.)

Jotta työntekijöiden kuormitustekijät saadaan selvitettyä, tarvitaan tietoa eri työtehtävistä ja menetelmistä sekä niihin kuluva ajasta ja niiden kuormittavuudesta. Tietoja hyödyntämällä voidaan välttää haitallista kuormitusta. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 9.)

Yrityksen kannalta on tärkeää, että se pystyy pitämään kiinni asiakkaan toivomista toimitusajoista luotettavasti. Toimitusaikojen vahvistamista sekä tuotannon ja materiaalien tehokasta ohjausta varten on saatava tarkkoja tietoja valmistuksen vaatimista läpimeno- ja vaiheajoista. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 9.)

Aikatietoja hyödynnetään myös tuotteiden hinnoittelussa ja kustannuslaskennassa. Erilaisten resurssien käytöstä syntyy oleellinen osa tuotteiden kustannuksista. Käytetyt resurssit on pystyttävä arvioimaan riittävän tarkasti, jotta kustannuslaskenta ja tuotteiden hinnoittelu toteutuisivat luotettavasti. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 9.)

Suoritusperusteista palkkaa varten yritys tarvitsee mittareita, joilla suoritusta voidaan arvioida. Tyypillisesti käytetty mittari on urakkatyön perusteena

käytettävä työarvo. Palkkiopalkkaustapojen yhteydessä voidaan suoritusnormien määrittämisessä käyttää tietoja asetus- ja vaiheajoista. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 9.)

4.5.2 Jalostava työaika

Jalostavalla työajalla tarkoitetaan työaikaa, joka käytetään kaikkiin niihin työvaiheisiin, jotka nostavat asiakkaan tilaaman tuotteen jalostusarvoa. Jalostavia vaiheita ovat esimerkiksi tuotteen valaminen, hitsaaminen, kokoonpano ja maalaaminen. Tuotteen valmistamiseen liittyy myös pakollisia työvaiheita, jotka eivät kuitenkaan nosta tuotteen jalostusarvoa. Tällaisia vaiheita ovat esimerkiksi valmistelu-aika, apuaika, kuljetuksiin ja siirtoihin kuluva aika, sekä tarkastuksiin kuluva aika. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 9.)

Työpäivään sisältyy jalostavan työajan ja välttämättömien työvaiheiden lisäksi myös erilaista häiriöaikaa, joka aiheutuu häiriöistä, eri syistä johtuvasta odotuksesta ja etsimisestä. Jotta tuottavuutta saadaan kehitettyä, on jalostavan työajan lisääminen olennaisessa osassa. Jalostavaa työaikaa voidaan lisätä muun muassa poistamalla kaikki turha materiaalin käsittely ja kuljetus, tekemällä työ kerralla oikein (perehdytys, työohjeet), minimoimalla materiaali- ja välineiden aiheuttamat häiriöt, poistamalla turhat tauot, lyhentämällä valmistelu- ja asetusajoja ja varmistamalla, että työjärjestelyt tukevat työn tekemistä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 9.)

4.6 Aikalajit

Työmittauksessa työpäivä jaetaan eri aikajaksoihin, jolloin työaikaa ja siihen sisältyviä tapahtumia analysoidaan erillisinä kokonaisuuksina. Tämä helpottaa mittauksien käsittelyä ja hyväksikäyttöä. Tavallisimmin työaika jaetaan tekemisaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan. Tekemisaika tarkoittaa aikaa, joka käytetään tuotteen jalostusarvoa nostaviin tehtäviin ja tuotteen valmistumisen kannalta olennaisiin työtehtäviin. Suuriosa työvaiheista tulisi kohdistaa tekemisaikaan. Tekemisaika voidaan jakaa vielä erikseen valmistelu-aikaan ja vaihe-aikaan. Valmistelu-aikaan kuuluvat työosat, jotka suoritetaan vain kerran

työtehtävää kohti, kuten esimerkiksi työtehtävän alussa asetuksen tekeminen koneeseen. Työnosat, jotka ovat esiintymisen lukumäärältä riippuvaisia valmistettavasta kappalemäärästä, kuuluvat vaiheikaan. Vaiheikaan kuuluvat työnosat toistuvat useimmiten yhden kerran jokaista kappaletta kohti. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 11.)

Työn joutuisuuden kannalta valmistelu-aika ja vaihe-aika voivat sisältää kahdenlaisia työnosia: käsiaikaa ja koneaikaa tai prosessiaikaa. Käsiajan pituuteen vaikuttaa työn joutisuus eli etenemisvauhti vakiomenetelmillä tehtäessä. Koneaikaan tai prosessiaikaan joutisuus ei vaikuta. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 11.)

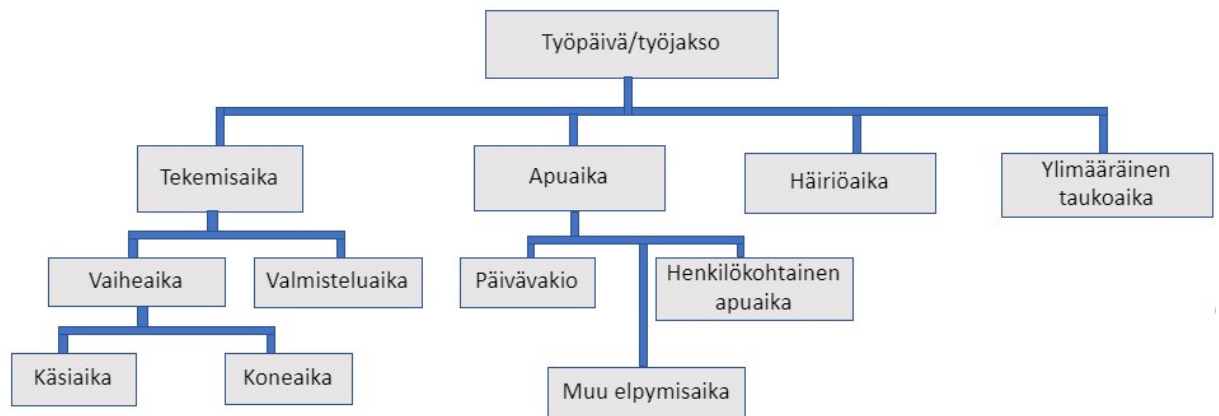
Apu-aikaan kuuluvat kaikki ne välttämättömät työtehtävät, jotka ovat edellytys työn etenemiselle, mutta eivät kuitenkaan välittömästi edistä työn valmistumista. Apu-aikaan sisältyy myös henkilökohtaisiin tarpeisiin ja muuhun elpymiseen kuuluva aika. Apuajan kesto ilmoitetaan minuutteina jokaista työpäivää kohti. Siihen kuuluu kolme osaa, jotka ovat päivävakio, henkilökohtainen apu-aika, joka sisältää lakisääteiset tauot ja muu elpymisaika, mikäli työn kuormittavuuden takia henkilökohtainen apu-aika ei ole riittävä elpymiseen. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 11-12.)

Päivävakioon sisältyy työtehtäviä, jotka toistuvat lähes samanlaisina joka päivä, kuten työpisteen järjesteleminen työvuoron alkaessa ja siivoaminen työvuoron päättyessä, koneen säännöllinen huoltaminen ja muut tehtävät, jotka eivät sisälly tekemisaikaan, mutta ne on silti suoritettava. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 11-12.)

Aika, joka on varattu henkilökohtaisiin tarpeisiin ja elpymistä varten, sisältyy henkilökohtaiseen apu-aikaan. Myös esimerkiksi kahvi- ja lounastauot kuuluvat henkilökohtaiseen apu-aikaan. Muuta elpymisaikaa tarvitaan silloin, kun henkilökohtainen apu-aika ei riitä työn kuormittavuuden takia elpymiseen. Elpymisaikaa voi käyttää lyhyisiin taukoihin vapaasti työpäivän aikana tai yhteisiin taukoihin ennalta sovittuna aikana. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 11-12.)

Häiriöajaksi lasketaan esimerkiksi kaikki yllättävät keskeytykset, konerikot, aputyöt, ylimääräiset tauot ja laatuvirheiden korjaukset. Häiriöajat tulee aina tarkasti

eritellä tekemisajoista ja apuajoista. Niiden tarkka jaottelu on tärkeää, jotta saadaan selville häiriöiden esiintyvyys ja merkittävyys, ja syihin pystytään puuttumaan. Häiriöajan kesto aika on usein epämääräinen. Osa häiriöajasta saattaa olla säännöllisesti toistuvaa esimerkiksi epätasapainoisten työvaiheiden takia. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 11-12.) Kuviossa 4 on nähtävillä henkilötöön aikalajit.



Kuvio 4. Henkilötöön aikalajit. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 13).

5. Tuotannon tasapainottaminen

Yhtenä keskeisenä osana tuotannon suunnittelua ja ohjausta on tuotannon tasapainottaminen. Lähtökohtina tuotannon tasapainottamiseen ovat arvioitu tuotteen vuosikysyntä, tuottavan työn osuus ja työaika, joka kuluu tuotteen valmistamiseen. Kun nämä asiat ovat tiedossa, on helpompi arvioida, kuinka paljon työntekijöitä tuotantoon tarvitaan. Olennaisena osana tuotannon suunnittelua on myös viikoittainen käytössä olevien työtuntien määrä. Näiden tietojen avulla pystytään määrittelemään tarvittavien työpisteiden määrä. Tuotannon tasapainottamisen tarkoituksena on jakaa työ työpisteille siten, että kuormitus on mahdollisimman tasaista. Tasapainottamisen hyötyjä ovat muun muassa työvaiheiden vaihtelun pienentäminen, epätasaisuuden vähentäminen ja työkuorman tasainen jakautuminen, sekä myös työntekijöiden ja laitteiden työajan käytön tehostaminen. (Kilponen & Jokinen 2020, 2.)

6. Havainnointitutkimus

Havainnointia pidetään yhtenä tieteellisen tutkimuksen kulmakivenä. Sen pitää olla tietoista tarkkailua, eikä perustua pelkästään asioiden näkemiseen. Havainnointia voidaan käyttää sekä laadullisen että määrällisen tutkimuksen menetelmänä. Parhaiten se kuitenkin sopii laadullisen tutkimusaineiston keräämiseen. (Vilkkä 2007a, 37–43; Hirsjärvi ym. 1997, 212–213.)

Havainnoinnin avulla saadaan tietoa havainnoitavan käyttäytymisestä ja toiminnasta, mikä on suuri etu verrattuna muihin tutkimusmenetelmiin. Riskiä keinoteokoisuudestakaan ei ole silloin, kun havainnoitavan toimintaa pystytään tutkimaan luonnollisessa ympäristössä. Nopeasti muuttuviin ja ennalta-arvaamattomiin tilanteisiin havainnoinnin käyttö sopii hyvin. Tutkimusta ei kuitenkaan voida pitää luotettavana, jos tutkija joko häiritsee tilannetta tai mahdollisesti muuttaa sitä. Koska tutkimuksen tekemiseen käytetään paljon aikaa, kannattaa suunnitella tarkasti etukäteen, miten tutkimuksen tekemisessä edetään. Myös eettiset ongelmat, kuten esimerkiksi kuinka paljon havainnoitavalle kertoo tutkimuksesta, on syytä huomioida. (Hirsjärvi ym. 1997, 213–214.)

7. Menetelmäsuunnittelu

Menetelmäsuunnittelun tavoitteena on suunnitella yrityksen tuotantotoiminnot mahdollisimman tehokkaiksi. Voidaan esimerkiksi kehittää valmistusmenetelmiä ja osallistua laiteinvestointien suunnitteluun. Menetelmäsuunnittelussa on tunnettava yrityksen tuotteet ja valmistusprosessit, jotta kehitystyötä saadaan tehtyä. Myös yhteistyö tuotannon työntekijöiden kanssa on tärkeää, koska menetelmäsuunnittelulla vaikutetaan heidän työhönsä. Työntekijöiden on ymmärrettävä saavutettavat hyödyt ja niiden vaikutukset työtehtäviin. Menetelmäsuunnittelun oleellisena osana on myös työntekijöiden koulutus uusiin toimintatapoihin. (Teknologia teollisuus 2021, 1).

Yhteistyö tuotekehityksen kanssa on oleellista, jotta uudet tuotteet saataisi suunniteltua niin, että niiden valmistaminen olisi mahdollisimman helppoa.

Monesti uusien tuotteiden valmistuksen aloittaminen saattaa vaatia muutoksia tuotannossa, koska voidaan joutua hankkimaan esimerkiksi uusia koneita tai työkaluja. (Teknologia teollisuus 2021, 2).

Menetelmäsuunnittelu on osittain jatkuvaa kehittämistyötä ja osittain projekti-työtä. Työ on jatkuvaa kehittämistä pienten tuotantomuutosten, kuten esimerkiksi kiinnittimien ja työkalujen suunnittelun ja tuotannon yksittäisten työvaiheiden muutosten osalta. Tuotantolaitoksen layoutmuutokset tai laiteinvestoinnin sijaan ovat suuria muutoksia, jotka hoidetaan projekteina. (Teknologia teollisuus 2021, 2).

7.1 Havainnointitutkimus osana menetelmäsuunnittelua

Havainnointitutkimuksen tarkoituksena on havainnoida, kuinka usein jokin tapahtuma ja aikalaji esiintyy. Tapahtumat voidaan jaotella aikalajien mukaan tekemisaikaan, apuaikaan, tauko-aikaan, häiriö-aikaan ja pienempiin kokonaisuuksiin, jotka ovat tutkimuksen käyttötarkoituksen mukaisia. Tutkija havainnoi säännöllisin väliajoin työntekoa ja kirjaa ylös tapahtuman, joka on käynnissä havainnointihetkellä. Havainnointitutkimuksessa on mahdollista tarkkailla useita eri työvaiheita ja työpisteitä samanaikaisesti. Siten voidaan saada selville osaston ja koneiden ajankäytön tehokkuus. Havainnointitutkimus on nopea ja monikäyttöinen, ja lisäksi se on helppo suorittaa. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 24.)

7.2 Normaaliaikatutkimus

Normaaliaikatutkimuksella tarkoitetaan normaaliajan määrittystä kellon avulla. Sitä käytetään mittaamaan tarvittavaa aikaa usein toistuvaan, vakio-menettelmällä tehtävään työhön vakio-olosuhteissa. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi toistuvat, käsillä tehtävät ja suhteellisen lyhytkestoiset työt. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 24.)

8. Toiminnallinen osuus

Tässä osiossa käydään läpi opinnäytetyön toiminnallinen osuus. Käytännön testaukset ovat olennainen osa opinnäytetyön suorittamista. Tällä hetkellä sähkölukkoa A on kokoonpanemassa noin seitsemän työntekijää, joista jokainen kokoaa lukon alusta loppuun itse. Toiminnallisessa osuudessa testataan käytännössä uutta kokoonpanomallia eli virtautettua kokoonpanoa. Virallisia testikertoja on vain kaksi, ja jokainen työvaihe suoritetaan yhteensä kuusi kertaa. Siinänsä mittaustuloksia on vähän, mutta niiden on katsottu riittävän päätöksiin projektin jatkon suhteen.

8.1 Suunnittelu ja työohjeen laatiminen

Ensimmäisenä täytyi perehtyä nykyiseen kokoonpanomalliin, jossa jokainen työntekijä kokoaa lukon itse alusta loppuun. Sen jälkeen suunniteltiin, kuinka virtautettua kokoonpanoa saataisiin testattua ja millaisia muutoksia testin suorittaminen vaatisi työpisteisiin. Tämän jälkeen päätettiin, kuinka moneen osaan kokoonpanotyö jaettaisiin ja laadittiin uusi työohje.

Sähkölukko A:n uudesta kokoonpano-ohjeesta yritettiin tehdä mahdollisimman selkeä ja ohjeeseen lisättiin myös kuvia eri työvaiheista.

Uuteen työohjeeseen tuli seitsemän eri työvaihetta, koska sähkölukko A:n kokoonpanoon oli käytettävissä seitsemän työntekijää. Jokaiseen työvaiheeseen liittyvät osat mainittiin ohjeessa. Lisäksi eri työvaiheista oli kuvia havainnollistamassa työvaiheen suorittamista. Ensimmäisen virallisen testikerran jälkeen ohjetta jouduttiin hieman muokkaamaan, koska työvaiheet eivät olleet tasapainossa. Ohjetta muokkaamalla saatiin lyhennettyä pisimpiä työvaiheita ja tasoitettua työkuormaa.

8.2 Testausvaihe

Aluksi täytyi suunnitella, miten nykyisiä työpisteitä piti muokata, jotta ne soveltuivat testien tekemiseen. Työpisteeltä piti siirtää ylimääräisiä tavaroita pois,

jotta siitä saatiin testiin sopiva. Lisäksi testikokoonpanoa varten tarvittiin uusi paletti sähkölukko A:n kokoamista varten. Menetelmäsuunnittelija suunnitteli uuden paletin ja paletti valmistettiin tehtaan työkaluosastolla. Paletteja valmistettiin yhteensä kolme kappaletta.

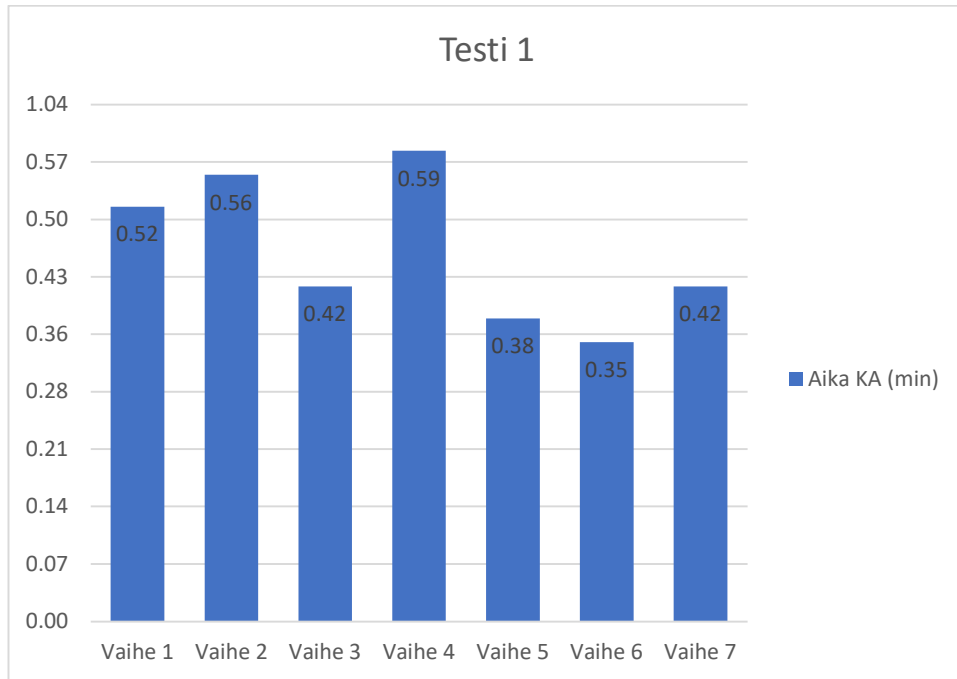
Ensimmäistä virallista testausta varten valittiin kokenut kokoonpanija suorittamaan testikokoonpano ja hänen työpisteensä muutettiin testiin sopivaksi. Ensin kokoonpanija sai tutustua uuteen työohjeeseen ja kysyä, mikäli ohjeessa oli jotain epäselvää. Tämän jälkeen hän varasi työpisteelle osat, joita kussakin työvaiheessa tarvittiin. Työvaiheita oli seitsemän. Jokainen työvaihe kelloitettiin erikseen virallisen mittaajan toimesta. Ajanotto aloitettiin siitä hetkestä, kun työvaiheen suorittaminen alkoi ja lopetettiin, kun työvaihe oli suoritettu. Ensimmäisellä testikerralla kasattiin kolme lukkoa.

Toinen testauskerta suoritettiin samalla tavalla kuin ensimmäinenkin. Testikokoonpanijana oli sama henkilö kuin ensimmäiselläkin kerralla. Toisella testikerralla kasattiin myös kolme lukkoa. Tuloksista laadittiin mittauspöytäkirja. Molempien testauskertojen tuloksia vertailtiin keskenään ja niitä verrattiin myös nykyiseen toimintamalliin. Suurempi määrä testejä olisi tuonut huomattavasti lisää informaatiota, mutta tällä kertaa toimeksiantajalle riitti kahdesta testikerrasta saatu tieto, eikä testikertoja haluttu enempää.

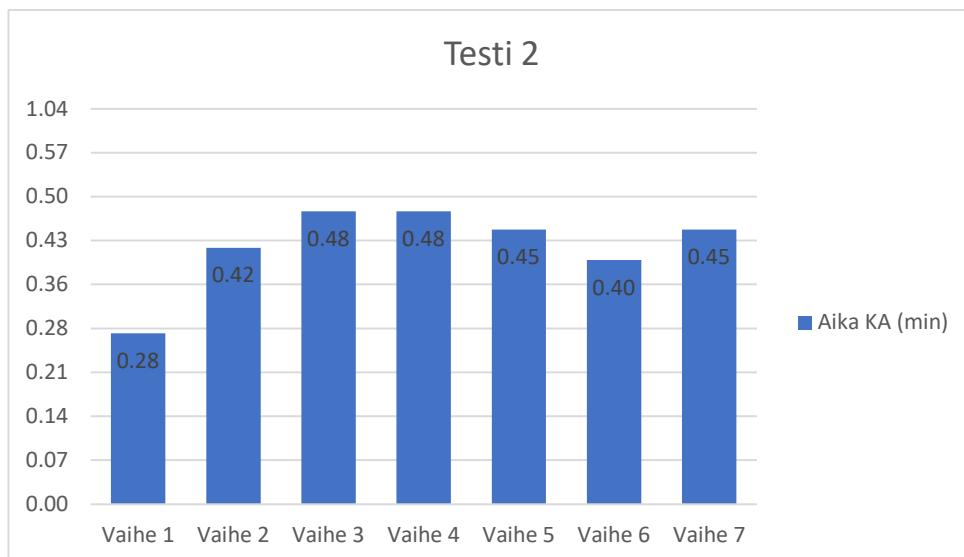
9. Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, tehostuuko sähkölukko A:n tuotanto, mikäli kokoonpano tehdään virtautetusti sen sijaan, että jokainen kokoonpanija kokoaa lukon alusta loppuun asti itse. Virallisia testauskertoja suoritettiin kaksi ja molemmilla kerroilla koottiin kolme lukkoa. Lukon kokoaminen oli jaettu seitsemään työvaiheeseen ja jokainen työvaihe toistettiin testin aikana kolme kertaa. Työvaiheet kelloitettiin virallisen mittaajan toimesta ja tuloksista laadittiin mittauspöytäkirja. Yleensä mittauksia olisi suositeltavaa olla suoritettuna ainakin noin 20 kappaletta, jotta tuloksia voitaisiin pitää luotettavina. Tässä tapauksessa kuitenkin saatujen tulosten katsottiin riittävän päätösten tekemiseen, eikä

toimeksiantaja kokenut tarpeelliseksi teettää lisää testejä. Kuviossa 5 on ensimmäisen testin mittaustulokset ja kuviossa 6 on toisen testin mittaustulokset.



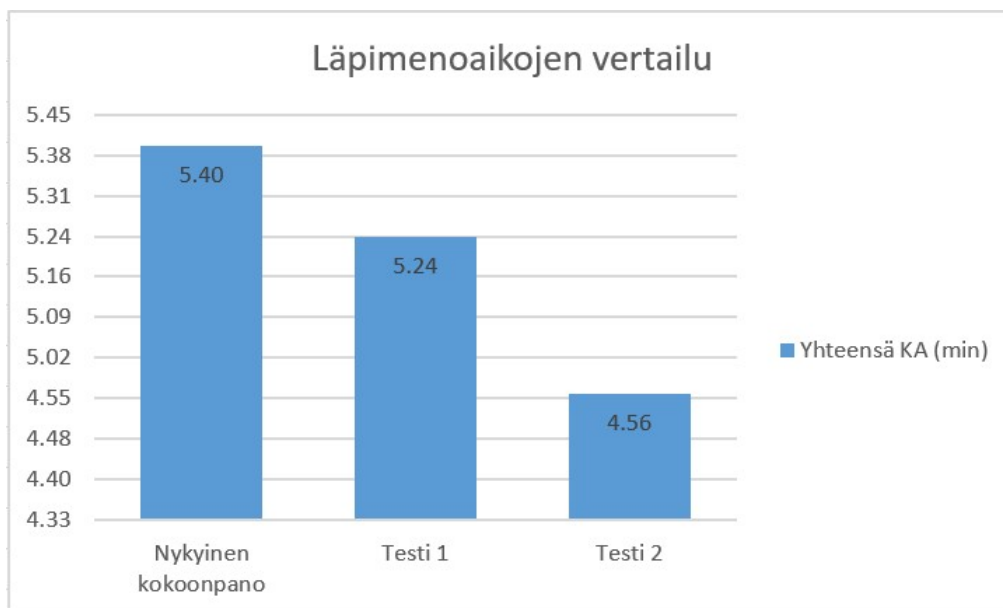
Kuvio 5. Tahtiaikojen vertailu.



Kuvio 6. Tahtiaikojen vertailu.

Pylväsdiagrammeissa on kuvattu keskiarvot molempien testauskertojen työvaiheiden kestoista. Kuten tuloksista huomaa, toisella testauskerralla työvaiheet olivat paremmin tasapainossa. Lisäksi tuotteen läpimenoaika oli toisella testauskerralla nopeampi. Se jäi epäselväksi, olisivatko tulokset olleet parempia, mikäli työvaiheita olisi ollut vähemmän tai enemmän, tai millaisia tuloksia olisi saatu,

jos testauskertoja olisi ollut enemmän. Kuviossa 7 on kuvattu läpimenoaikojen vertailu.



Kuvio 7. Läpimenoaikojen vertailu.

Saatujen tulosten perusteella arvioitiin, ettei virtautettu kokoonpano ainakaan tuollaisenaan tehosta tuotantoa riittävästi. Kuten tuloksista näkee, virtautettu kokoonpano ei ole selkeästi tehokkaampaa kuin nykyinen kokoonpano. Työvaiheita muokattiin ensimmäisen testin jälkeen, jotta niistä saatiin tasaisempia, mutta sekään ei riittänyt. Ajatuksena on jatkojalostaa ideaa ja lisätä mahdollisesti yhteistyörobotti suorittamaan jotkut työvaiheet. Tämä kuitenkin rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle, koska aikataulu olisi venynyt liikaa.

9.1 Käytännön laskelmat

Little'n lain avulla voi laskea läpimennon, keskeneräisten tuotantoyksiköiden määrän tai jaksoajan. Testeistä saatujen tulosten pohjalta sai laskettua laskennallisen läpimennon.

$$TH = WIP / CT$$

(1)

missä

TH (trough put) = Läpimeno kpl/min, kpl/h tai kpl/pvä

WIP (work in process) = Keskenäiset tuotantoyksiköt kpl

CT (cycle time) = Jaksoaika/läpimenoaika min, h tai pvä

Virtautettu kokoonpano seitsemällä työntekijällä (testi 1)

TH= 1 kpl / 59 s = 61 kpl / h

Virtautettu kokoonpano seitsemällä työntekijällä (testi 2)

TH=1 kpl / 48 s = 75 kpl / h

Nykyinen kokoonpano seitsemällä työntekijällä, joista jokainen kokoaa lukon alusta loppuun itse

TH= 1 kpl / 5 min 40 s * 7 = 74 kpl/h

Laskelmien pohjalta voi todeta, että virtautettu kokoonpano ei ole selkeästi tehokkaampi kuin nykyinen kokoonpano. Virtautettua kokoonpanoa pitäisi saada vielä tehostettua, jotta se olisi parempi vaihtoehto. Voi olla, että testauksessamme virtautetussa kokoonpanossa oli liikaa työvaiheita tai vaihtoehtoisesti liian vähän. Tosin työvaiheiden määrään vaikutti se, kuinka monta työntekijää sähkölukko A:n kokoonpanoon oli käytettävissä.

10. Johtopäätökset ja pohdinta

Tämän opinnäyte työn tarkoituksena oli selvittää, tehostuuko sähkölukko A:n kokoonpano, jos käytetään virtautettua kokoonpanoa. Aiheeseen perehtymisen ja kirjallisuuskatsauksen laatimisen jälkeen siirryttiin käytännön työvaiheisiin. Työ toteutettiin menetelmäsuunnittelua hyödyntäen, koska sen yhtenä tavoitteena on tuotannon tehostaminen ja projektissa oli menetelmäsuunnittelija mukana. Ensin mietittiin, millä tavoin sähkölukko A:n virtautettu kokoonpano testataan ja kuinka moneen työvaiheeseen kokoonpanotyö jaetaan. Tämän jälkeen laadittiin uusi työohje ja suoritettiin käytännön testit. Virallisia käytännön testejä suoritettiin kaksi kappaletta. Testien perusteella päätettiin, jatkuuko projekti ja millä tavoin. Päädyttiin siihen, ettei virtautettua kokoonpanoa oteta käyttöön ainakaan sellaisena kuin sitä testattiin.

Yrityksen kannalta oli hyödyllistä, että virtautettua kokoonpanoa testattiin ensin, eikä viety sitä suoraan käytäntöön. Olisi ollut hyvä päästä testaamaan virtautettua kokoonpanoa seitsemällä työpisteellä esimerkiksi yhden työpäivän ajan, jotta olisi saatu vielä tarkempaa tietoa virtautetun kokoonpanon tehokkuudesta. Tällainen testi ei kuitenkaan onnistunut, koska tuotantoa ei ollut mahdollista pysäyttää ja järjestellä kaikkia työpisteitä uudestaan suuren tilauskannan takia. Siinänsä testikertoja olisi varmasti ollut hyvä olla enemmän, mutta koska toimeksiantaja katsoi kahden testikerran riittävän, päätökset jatkosta tehtiin niiden pohjalta.

Idea on onneksi hyvin jatkojalostuskelpoinen, ja uskon, että jatkokehityksellä siitä olisi mahdollista saada toimiva myös käytännössä. Jatkosuunnitelmat ovat vielä auki, vaihtoehtoina on mietitty esimerkiksi yhteistyörobotin käyttöä joissakin työvaiheissa. Tähän opinnäytetyöhön ei kuitenkaan ollut mahdollista ottaa mukaan jatkokehitysvaihetta, koska aikataulu olisi venynyt liikaa.

Suurimpia haasteita virtautetun kokoonpanon toteuttamisessa ovat varmasti esimerkiksi taukojen järjestäminen ja sairauspoissaolot. Lisäksi virtautettu kokoonpanotyö sisältää paljon toistotyötä, eli työtä, joka sisältää samanlaisia, toistuvia työvaiheita. Toistotyöstä voi aiheutua työntekijöille erilaisia rasitusvammoja. Sähkölukon kokoonpanoa tehtäessä rasitus kohdistuu lähinnä yläraajojen alueelle. Toistotyössä kuormitusta lisää huono työasento, usein toistuvat liikkeet, työn kesto, vääränlainen ote, suuri voiman käyttö, kylmyys, tärinä ja yksilöstä johtuvat riskitekijät. Toistotyön aiheuttamia vammoja voidaan ehkäistä muun muassa sillä, että työpisteellä on riittävästi tilaa liikkua ja vaihtaa asentoa, työssä voi käyttää molempia käsiä, työpisteet tasot ja istuimet ovat helposti säädettävissä ja työkalut ovat työhön sopivia, helppokäyttöisiä sekä kevyitä. (Työsuojelu 2020.) Virtautetussa kokoonpanossa olisi lisäksi myös hyvä, jos työntekijät vaihtaisivat työpistettä tietyin määräajoin, koska myös sillä tavoin saataisiin toistotyön aiheuttamaa kuormitusta vähennettyä.

Kun sähkölukko A:n virtautettua kokoonpanoa jatkossa kehitetään, täytyy myös miettiä, miten elpymistauot järjestetään; käyvätkö kaikki johonkin tiettyyn aikaan tauoilla vai järjestetäänkö tauot porrastetusti, jotta tuotanto pyörisi kuitenkin mahdollisimman tehokkaasti.

Opinnäytetyön tekemisessä on noudatettu hyviä eettisiä periaatteita, eikä työssä ole julkaistu esimerkiksi mitään salassa pidettäviä tietoja, joten opinnäytetyö ei aiheuta haittaa toimeksiantajayrityksen liiketoiminnalle. Opinnäytetyössä on pohdittu myös toistotyön aiheuttamaa kuormitusta työntekijöille, koska tarkoituksena ei ole ollut heikentää työntekijöiden työolosuhteita vaan päinvastoin.

Opinnäytetyön tekeminen oli opettavaista ja sain laajempaa näkökulmaa esimerkiksi tuotannon kehittämisestä. Tuotantoa kehitettäessä on otettava huomioon monia eri asioita. Layoutsuunnittelu on myös oleellinen osa toimivaa tuotantoa ja opin siitäkin lisää opinnäytetyötä tehdessäni. Luonnollisesti opinnäytetyö on kuitenkin vain pintaraapaisu ja käytännön työ opettaa parhaiten. Tarkoitukseni on jatkossa työskennellä tuotannollisissa tehtävissä, joten senkin takia tämä aihevalinta oli minulle sopiva ja hyödyllinen.

Lähteet

- Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J. & Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Teknologia teollisuus ry. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaus-tapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf. 7.11.2021
- Aswathappa, K., Shridhara Bhat, K. 2009. Production and Operations Management. Global Media. Ebook Central. 30.10.2021
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacts oy.
- Havu, M. 2020. Lehtori. LTK6080 Tuotannon ohjaus ja optimointi -opintopakso. Karelia-ammattikorkeakoulu. Luento 4.2.2020.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Holmström, S. 2020. Tuotannon läpimenoajan mittaaminen ja tehostaminen. Metropolia-ammattikorkeakoulu. Tuotantotalous. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/337184/Holmstr%C3%B6m_Samuli.pdf?sequence=2&isAllowed=y. 27.9.2021.
- Hovila, J. 2015. Tuotantoprosessin virtauttaminen soluvalmistuksen avulla. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan diplomi-insinööri tutkinto-ohjelma. Diplomityö. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23610/Hovila.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. 20.12.2021
- Kilponen, T. & Jokinen, T. 2020. Tuotannon tasapainottaminen. Oulun Ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/349760/Tuotannon_tasapainottaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 7.11.2021
- Lab Open. 2020. Työohjeet apuna asiantuntijatyössä. <https://www.labopen.fi/lab-pro/tyoohjeet-apuna-asiantuntijatyossa/>. 1.11.2021
- Lean Construction Institute – Fi. 2015. Tahtiaika uudistaa tuotannonohjauksen. <http://lci.fi/blog/tag/tahtiaika/>. 18.9.2021
- Logistiikan Maailma. 2021. Tuotanto. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/>. 17.9.2021.
- Logistiikan Maailma. 2021. Tuotannon layout. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>. 17.9.2021
- Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2018. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Suomi. Edita Publishing oy. Elib Webkirjasto. 2.10.2021.
- Teknologia teollisuus. 2021. Valmistuksen menetelmäsuunnittelu. <https://www.yumpu.com/fi/document/read/38239048/valmistuksen-menetelmasuunnittelu-edufi>. 28.9.2021
- Vilka, H. 2007a. Tutki ja havainnoi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.