

Timo Ala-Viikari

KOKOONPANON KEHITTÄMINEN JA LAYOUTIN
SUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2016

KOKOONPANON KEHITTÄMINEN JA LAYOUTIN SUUNNITTELU

Ala-Viikari, Timo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2016
Ohjaaja: Juhola, Jarmo
Sivumäärä: 52
Liitteitä: 3

Asiasanat: Lean, kokoonpano, tuotanto, layout, kehitystyö

Opinnäytetyö tehtiin Urjala Works oy:lle. Opinnäytetyön aiheena oli kokoonpanon kehittäminen ja layout suunnittelu. Tavoitteena oli nopeuttaa tuotteiden läpimenoaika ja ylläpitää kokoonpanon laatua.

Työ aloitettiin tutustumalla kokoonpanoon olemalla mukana kokoonpano työssä ja keskustelemalla kokoonpanijoiden kanssa. Kokoonpantaessa tuli esille, että kokoonpano-ohjeiden saaminen kokoonpano pisteille olisi tarpeellista.

Opinnäytetyön ensimmäinen osio käsittelee kokoonpanotuotannon teoriaa, jossa yleisesti käydään läpi kokoonpanoa ja sen kehittämistä. Sen jälkeen käsitellään kokoonpanoa ja sen kehittämistä Lean-toimintamallin kannalta. Viimeisessä teoriaosuudessa käsitellään layout-suunnittelua kokoonpanon kannalta. Näiden teorioiden tarkoituksena on antaa lukijalle kattava pohja kokoonpanon kehittämiseksi ja toimia tukena käytännön työkalujen rinnalla.

Opinnäytetyöntuloksena saatiin aikaan kokoonpanon yleisohje, jota tulevaisuudessa pystytään parantamaan ja päivittämään. Tämän lisäksi tuotiin esille muita mahdollisia käytännön kehittämisideoita ja layout ehdotuksia kokoonpanon kehittämiseksi.

DEVELOPMENT OF ASSEMBLY AND LAYOUT DESIGN

Ala-Viikari, Timo

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical and production engineering

September 2016

Supervisor: Juhola, Jarmo

Number of pages: 52

Appendices: 3

Keywords: Lean, assembly, production, layout, development work

This thesis has been made for Urjala Works Ltd and the subject of the thesis is the development of assembly and layout designing. The main objective for this thesis was to hasten the time required for assembling process and to maintain the quality of assembly.

The thesis was started by getting to know about the actual work regarding the assembly. This was done as field work by taking part in the assembling process hands-on and by interviewing assembly line workers. During the assembling process, it did become evident that instructions for every area where assembling was done would be necessary.

The first part of this thesis contains and is about the theory of progressive assembly in where the thesis will inspect different aspects of the assembling process and the development of said process. After the first part the thesis will then shift focus onto the actual assembly and its development using lean-standard of activity. The last theory section of the thesis will take closer consider layout development from the assembly point of view. These theories will; a.)” act as guidelines to give reader a profound knowledge for developing assembly line process”, and b.)” support the actual tools and applications for assembly work already in existence”.

This thesis made it possible to create a general rule set and instructions for assembly line work, while the instructions themselves can be improved and updated in the future. In addition, this thesis will give some insight into other possible application development ideas and layout examples regarding the process of assembly.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	URJALA WORKS OY	8
2.1	Yleistä	8
2.2	Tuotteet ja koneet.....	8
3	KOKOONPANOTUOTANNON TEORIA	9
3.1	Kokoonpano	9
3.2	Kokoonpanon kehittäminen	10
3.3	Kokoonpanon työkulun kehittäminen	12
3.3.1	Rinnakkaiset työasemat	14
3.3.2	Kokoonpanosolu	15
3.4	Kokoonpanopaikan kehittäminen	16
3.5	Kokoonpanon materiaalihuolto.....	17
3.6	Laatu ja kokoonpano.....	17
3.7	Toimintamalli.....	18
4	LEAN	19
4.1	Lean määritelmä.....	19
4.2	Organisaation itsearviointi	20
4.3	Laatu ja ajanhallinta	21
4.4	Lean-työkalut	21
4.4.1	5S	21
4.4.2	Kaizen	22
4.5	Lean-kulttuurin luominen	23
5	LEAN-KOKOONPANO.....	24
5.1	Keskeiset ongelmat kokoonpanossa	24
5.1.1	Kokoonpanon tehokkuuteen vaikuttavat tekijät	24
5.1.2	Hukka kokoonpanossa.....	25
5.2	Kokoonpano prosessin visualisointi	26
5.3	Kokoonpano aikatiedon kerääminen.....	27
5.3.1	Ajankäytön tiedon kerääminen.....	28
5.4	Kokoonpano aseman suunnittelu	28
5.4.1	Käsityökalut	29
5.4.2	Kokoonpano-ohjeet	30
5.5	Kokoonpanon osien hallinta	31
5.5.1	Tavoite ja tarkoitus	32
5.5.2	Avain periaatteet osien hallinnassa	32
5.5.3	Osien keräilijä	32

5.6	Kokoonpano solu	33
5.7	Kokoonpanon laatu	33
5.7.1	Virheiden estäminen	34
5.7.2	Tarkastaminen ja testaaminen	34
6	LAYOUT-SUUNNITTELU	35
6.1	Tausta	35
6.1.1	Layouttyypit	35
6.2	Layoutin valinta	36
6.3	Layoutsuunnittelu	37
6.4	Layout-suunnittelun apuvälineet.....	38
6.4.1	Analyysidokumentti	38
6.4.2	Piirustukset	39
7	KEHITYSTOIMENPITEET	40
7.1	Kehitysehdotukset.....	40
7.1.1	Työkalujen värikoodaaminen	41
7.2	Kokoonpano-ohjeet.....	41
7.3	Layout	42
8	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET	46
	KUVIOT	48
	LIITTEET	49

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni keskittyy Urjala Works oy:lle ja sen kokoonpanon kehittämiseen ja layoutin suunnittelemiseen. Urjala Worksin kokoonpanossa pääasiassa kootaan Konecranes Oy:lle lähteviä tuotteita. Kokoonpanon layout on pysynyt samana lähes koko yrityksen ajan, jonka vuoksi sen kehittäminen on tullut ajankohtaiseksi.

Työn tavoitteena on kehittää Urjala Worksille kehittämisideoita, sen kokoonpanoon ja kehitellä uusi layout. Suunnittelussa tulee huomioida nostoturvallisuus kappaleiden siirrossa, trukki liikenne ja koottavien päätyjen erilaisuus. Työssä keskitytään kehittämään kokoonpanosolun tehokkuutta ja layoutin suunnitteluun. Kokoonpanolle on tehtaassa varattu tietty alue, jossa kokoonpanoa suoritetaan. Muutokset pyritään pitämään rajatulla alueella, mutta tarvittaessa myös muita muutosehdotuksia mietitään kokoonpanon kehittämiseksi. Työssä ei tarvitse noudattaa nykyisiä ratkaisuja, vaan voidaan kehittää, parannella ja luoda uusia ratkaisuja.

Tavoitteena on kehittää kokoonpanoa tuottavammaksi, toimivammaksi ja käytännöllisemmäksi. Myös layout suunnittelu on yksi työntavoitteista, layout suunnittelulla pyritään saamaan kokoonpanosoluja tilavimmaksi ja tarvittaessa lisäämään asennusalueelle lisää kokoonpanosoluja. Layout pyrkii edistämään kokoonpanotyön tuottoa lyhentäen kokoonpanon läpäisyajoja ja nopeuttaen työntekoa. Kokoonpanotehokkuutta voidaan lisätä muun muassa uusilla kokoonpano käytännöillä, työkaluilla, ohjeilla ja muilla hyväksi todetuilla kehittämisideoilla.

Yksi työn osa-alueista on kehittää kokoonpano alueelle uusi layout-suunnitelma. Layoutin muutoksella pyritään saamaan kokonaisuudeltaan paremmin toimivat, väljemmät ja viihtyisämmät kokoonpanosolut. Layoutiin tulevat muutokset tulee olla perusteltuja, jotta niiden pohjalta voidaan tulevaisuudessa layout-muutokset toteuttaa.

Työssä mietitään myös ratkaisuja, miten tulevaisuudessa kokoonpanoa ja muuta tuotantoa voidaan kehittää. Opinnäytetyössä tuotetaan myös tarpeellista teoriaa ja tietoa kyseisen kehittämisen mahdollistamiseksi.

2 URJALA WORKS OY

Urjala Works oy valmistaa koneiden ja laitteiden teräsrakenteita. Toimintamme perustuu ISO 9001- sekä ISO 3834-2 standardeihin.

Urjala Works Oy sijaitsee Urjalassa, päätoimipaikka Tampereentie 10 ja huhdin tehdas Huhmarinmäentie 38. Urjala Works oy:n päätuotteita ovat metallirakenteiden alihankinta.

2.1 Yleistä

Urjala Works oy:n juuret ulottuvat vuoteen 1971. Tällöin alueelle perustettiin Lau-mek oy. Sittemmin tehdas oli osa kansainvälistä konepajakonsernia. Itsenäisenä yri-tyksenä Urjala Works oy on toiminut vuodesta 2005.

Tavoitteenamme on palvella yhteistyökumppaneina sekä koti- että ulkomaisia kone-pajoja, pyrkimyksenämme pitkät ja toimivat asiakassuhteet.

2.2 Tuotteet ja koneet

Urjala Worksin valmistukseen kuuluu hitsaus, koneistus, pintakäsittely sekä kokoon-pano. Urjala Works:llä on monipuolisia valmistus ja käsittely koneita.

3 KOKOONPANOTUOTANNON TEORIA

3.1 Kokoonpano

Kokoonpano on omassa tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien, komponenttien ja –tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi tuotteeksi tai sen osaksi. Kokoonpanoa tapahtuu tuotetta valmistamalla tehtaalla. Jos kone tai laite kootaan asiakkaan tykönä, on kyseessä asennus. Paperikoneen kokoonpano voidaan suorittaa tehtaalla lähes valmiiksi, minkä jälkeen se toimitetaan sijoituskohteeseen asennettavaksi komponentteina. Mahdollisimman suuri osa kokoonpanotyöstä suoritetaan kunnollisin työkaluin ja työvälinein hallituissa olosuhteissa. Kokoonpano on perinteisesti ollut käsityötä ja on edelleenkin säilyttänyt käsityövaltaisuutensa. Mikä on erikoista, koska muu valmistus on aikojen kuluessa yhä suuremmassa määrin koneistunut.

Kokoonpano on suuri osa metalliteollisuuden tuotteen valmistamiseen kuluneesta työajasta, myös muiden teollisuusalojen tuotteen työajasta kuluu kappaleen kokoonpanoon. Kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta on useiden tutkimusten mukaan yllättävän suuri, usein jopa 20-40%. Kokoonpano käsitteenä kattaa hyvin paljon, kokoonpanoa on esimerkiksi matkapuhelimen kokoaminen tai vastaavasti suurten teräsrakenteiden kokoaminen.

Kokoonpanotyö sisältää kappaleiden käsittelemistä, siirtämistä, varastointia, liittämistä ja sovittamista sekä tarkastamista. Vain osa työstä, kuten liittäminen, kohottaa tuotteen jalostusarvoa. Muut toimet, kuten tarkastaminen, siirrot, käsittelyt ja varastoinnit eivät jalosta tuotetta, vaan hidastavat tuotteen valmistumista ja aiheuttavat ylimääräisiä kuluja. Ilman edellä mainittuja toimintoja kokoonpano ei kuitenkaan ole toimivaa, joten osassa työtä tulee aina olemaan hukkaa. Hukan osuus pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä. Vaikka kokoonpano on yksi suurimmista tuotteen kustannuksia aiheuttavista vaiheista, mutta se ei aina johdu itse kokoonpanosta, vaan tuotteen valmistuksen aikaisemmista vaiheista. (Kauppinen 1997, 111.)

Kokoonpano on harvoissa yrityksissä otettu tavoitteelliseksi kehittämiskohteeksi, huolimatta sen suuresta osuudesta tuotteen kokonaiskustannuksista ja sen huonosta työsuhteesta huolimatta.

Kokoonpanijat ovat ammattitaitoisia, itsenäiseen työskentelyyn pystyviä työntekijöitä. Kokoonpanijoiden työympäristö ei kuitenkaan ole aina paras mahdollinen. Kokoonpanotyötä voivat häiritä monet tekijät, kuten osien puuttuminen, epätarkat ohjeet, väärät työkalut ja välineet, kappaleiden sovitustyön määrä ja epäjärjestyksellinen työpaikka. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,1.)

3.2 Kokoonpanon kehittäminen

Kokoonpanon suuren kustannus- ja tilankäyttöresurssien johdosta on selvä, että kokoonpanon kehittäminen on erityisen tärkeää. Kokoonpano on kuitenkin harvoin valittu selkeäksi ja tavoitteelliseksi kehittämiskohteeksi yrityksissä. (Kauppinen 1997, 119.)

Kokoonpanijan työajasta valtaosa kuuluu monissa tapauksissa siirtämiseen ja kappaleiden asettelemiseen, eikä itse liittämiseen, jonka pitäisi olla kokoonpanon päätarkoitus.

Haluttaessa nostaa kokoonpanon tehoa, on pysyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi otettava huomioon kaikki kokoonpanoon vaikuttavat tekijät, tämä tarkoittaa käytännössä kappaleen tarkastelun aloittamista tuotteesta. Kappaleen rakenne määrittää kokoonpanon suoritustavan. Huomioimalla kokoonpano suunnittelussa voidaan kokoonpanokustannuksissa säästää merkittävästi. Suunnittelun tavoitteena on pidettävä nopein ja edullisin tapa koota tuote.

Aina ei ajatella, miten paljon kokoonpanotyö vaatii suunnittelua, valmistelua ja organisointia toimiakseen tehokkaasti. Tämä työ on joka tapauksessa pakollinen, joko konttorissa tai työpaikalla. (Kauppinen 1997, 121.)

Liiallisten materiaalienmäärän välttämiseksi kokoonpanopaikalla, on materiaalihuollon pyrittävä järjestämään kappaleen osat ”juuri oikeaan tarpeeseen” –periaatteella. Tämä sisältää esimerkiksi tarkkaa ajoitusta. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,10.)

Materiaalihuollon yleisempiä ongelmia ajoituksen ohella, ovat suuret määrät ja volyymit. Kokoonpanopaikalla kappaleiden varastointi vaatii tilaa, minkä seurauksena kokoonpanoalueen vaatima pinta-ala kasvaa ja työalueen etäisyydet pitenevät. (Kauppinen 1997, 124.)

Etäisyyksien kasvaessa kokoonpanijan työ hidastuu, koska hän joutuu kulkemaan pidempiä matkoja hakemaan tarvittavia komponentteja. Kokoonpanoalueen materiaalihuolto on siis yksi tärkeimmistä kehittämiskohteista kokoonpanon kehittämisen ja läpivientiajan kannalta. Esimerkiksi etäisyyksiä vähentämällä on merkittävä vaikutus kokoonpanoajan lyhenemiseen. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,13.)

Kokoonpanossa korostuu informaation merkitys ja sen virheettömyys. Antamalla, kirjalliset työmääräimet, riittävästi tietoa kokoonpantavan kappaleen yksityiskohdista ja kouluttamalla kokoonpanijat tehtävänsä mukaan, on mahdollista huomattavasti tehostaa kokoonpanoa. (Kauppinen 1997, 121.)

Jokainen kokoonpanon mahdollinen työvaihe voidaan suorittaa monella eri tavalla. Työmenetelmät kuitenkin määräytyvät suuriltaosin työpaikan muiden ominaisuuksien mukaan. Tällöin on tärkeää lähteä liikkeelle niiden tarkasta suunnittelusta. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,12.)

Organisoimalla kokoonpanosolut hyvin, järjestämällä sopivat työkalut ja apuvälineet, ja luomalla riittävällä suunnittelulla häiriöttömän työskentelyn edellytykset, on kappaletta jalostavan työn osuus mahdollista jopa kaksinkertaistaa. (Kauppinen 1997, 122.)

Työmenetelmien kehittämisessä on harvoin mahdollista aloittaa tyhjästä. Tavallisesti tuote, tuotantojärjestelmä ja –tilat ovat olemassa. Vaikka tietyt rajoitukset ovat olemassa, ne eivät saisi vaikuttaa liikaa kehittämiseen, koska silloin on vaarana jumittua johonkin ennalta olemassa olevaan ratkaisuun.

Parempi vaihtoehto on ideoida erilaisia mahdollisia menetelmiä ja valita niistä toteutuskelpoiset tarkempaan pohdintaan, joka voidaan tehdä yrityksen kannalta toivottujen ominaisuuksien ja vaatimusten pohjalta. Yrityksen sisällä on usein henkilöitä, kenellä on omia näkemyksiään ja kehittämisideoita kokoonpanon tehokkuuden ja työmuokavuuden parantamiseksi. Useat ideat voivat olla hankalia, taikka liian kustantavia toteuttaa, mutta kyseisten kehittämisideoiden ottaminen tarkempaan käsitteelyyn, voi tuloksena olla merkittävä parannus kokoonpanon työpisteille. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,12).

Laatu tarkoittaa kokoonpanon kannalta komponenttien keskinäistä yhteensopivuutta ja vain yhdellä tavalla osien toisiinsa liittämistä, sekä toimivaa ja vaatimukset täyttävää tuotetta. Tämän edellytyksenä on komponenttien mitoitukselta toisiinsa nähden sopivia toleransseja. Osilta, osakokoonpanoilta ja komponenteilta vaaditaan myös sen lisäksi se, että ne toimivat erikseen ja yhdessä halutulla tavalla.

Kokoonpanon kehittäminen aloitetaan osavalmistuksesta. Kokoonpantavaksi tarkoitettujen osien ja komponenttien on sovittava toisiinsa, ja niitä on oltava kokoonpanoilla saatavissa tarpeen mukaan. Jos nämä perusedellytykset eivät yrityksessä toteudu, menevät muutkin kehittämistoimet yrityksessä hukkaan. (Kauppinen 1997, 122.)

Varsinaisen kokoonpanon kehittäminen jaetaan kahteen eri alueeseen: turhantyyppö ja tarpeellisen työn kehittäminen. Turhalla työllä tarkoitetaan kokoonpanon yhteydessä kaikkea sellaista työtä, joka ei jalosta tuotetta. Kaikki se, mitä tuotteen kokoonpanemiseksi tarvitaan järkevimmillä tavoilla tehtynä, on kokoonpanolle tarpeellista työtä. (Kauppinen 1997, 123.)

3.3 Kokoonpanon työnkulun kehittäminen

Hyvä työväline kokoonpanon kehittämisessä on työkulkukaavio, johon merkitään kokoonpanon työjärjestys vaihevaiheelta kaikkineen siihen liittyvineen vaiheineen. Jos sen osoittamat vaiheet ovat lisäksi hinnoiteltavissa, antaa se suoraan käsityksen

esimerkiksi jalostavan ja avustavan työn välisestä suhteesta, helpottaen turhan toiminnan poistamisessa.

Eri toimintojen ja vaiheiden osuuksien selvittämiseksi on työn sisältöä analysoitava. Analysointia voidaan hoitaa itse valitulla tavalla, kuhan se selittää työn sisältöä ja työhön vaikuttavia tekijöitä mahdollisimman tarkasti ja ymmärrettävästi.

Painoarvotarkastelu osoittaa työn sisällön työtapojen suhteen, siten että on valittu tuotetta jalostavat työtavat ja avustavat työtavat omina osa-alueinaan. Jolloin painoarvotarkastelu antaa selkeän pohjan mahdolliselle kehitystyölle.

Myös muita erilaisia mittaustapoja voidaan käyttää kokoonpanotyön tutkimiseen ja kehittämiseen. Analysoinnissa kuitenkin on tärkeintä se, että kaikki kokoonpanon vaiheet tulevat kirjattua todellisina ja tarvittavalla tarkkuudella. Tarkkuusvaatimus määritetään työn toistuvuuden, kappalemäärän ja vaiheiden määrän perusteella. Sopivia työmittaustekniikoita ovat muun muassa jatkuva ajankäyttötutkimus, havainnointitutkimus, MTM-perusteinen, erityisesti kokoonpanoa varten kehitetty SAM-toimintosarjatekniikka ja myös normaali aikatutkimus. Tutkimustekniikalta, tulee vaatia menetelmäaggressiivisuutta. Tämän vaatimuksen täyttävät kokoonpanoa varten kehitetyt tutkimusmenetelmät hyvin.

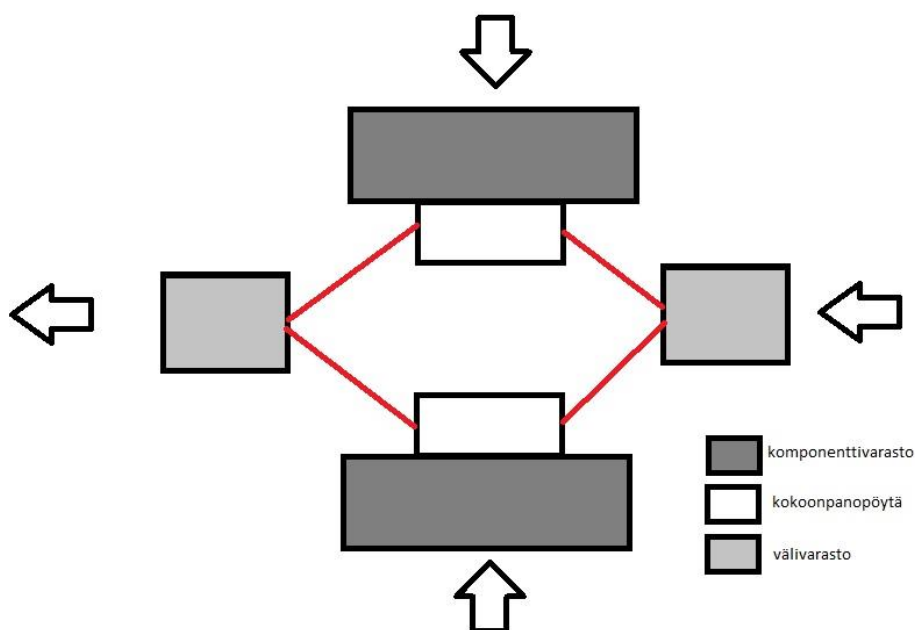
Yksi mahdollinen kehittämiskeino on ideoida tuotteen/kappaleen kokoonpano arvoanalyysimenetelmällä ja sen jälkeen verrata aikaansaattua tulosta nykyiseen tuotantotapaan, jolloin saadaan esille mahdollinen kehittämispotentiaali.

Työnkulun kehittämisen yksi päätarkoitus on poistaa siirtoja, kuljetuksia ja käsittelyjä niin paljon, kuin työstä on mahdollista poistaa. Mitä pienempiä valmistuserät ovat, sitä suositumpaa on edellä mainittujen tekijöiden vähentäminen. Tämän mukaan on aluksi luotava kokoonpanoon ja muuhun toimintaan sopiva layout, ja vasta sen jälkeen valittava sopivin laitejärjestelmä sille siirto-, kuljetus-, ja käsittelytarpeelle, jota ei uudella ratkaisulla voida poistaa. Valmiit tuotantotilat kuitenkin aiheuttavat kyseisten ratkaisujen vaihtoehtoihin rajoitteita. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,13-14.)

Kokoonpanoa kehittäessä pitäisi pyrkiä suuriin ja kokonaisiin työkokonaisuuksiin, jotta turhan työn osuus saataisiin eliminoitua mahdollisimman pieneksi. Tämän mukaan tuote tulisi koota ”kerralla valmiiksi” -periaatteen mukaan. Tällä tavalla on kuitenkin myös huonoja puolia. Suurien tuotteiden kokoaminen harvoissa paikoissa rajoittaa tuotantoa vähäisen tuotantovolyymiin. Osa näistä rajoitteista voidaan kuitenkin ratkaista rinnakkaisten työasemien, osakokoonpanojen, varastointiautomaattien sekä tarvittavan kouluttamisen avulla. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,15.)

3.3.1 Rinnakkaiset työasemat

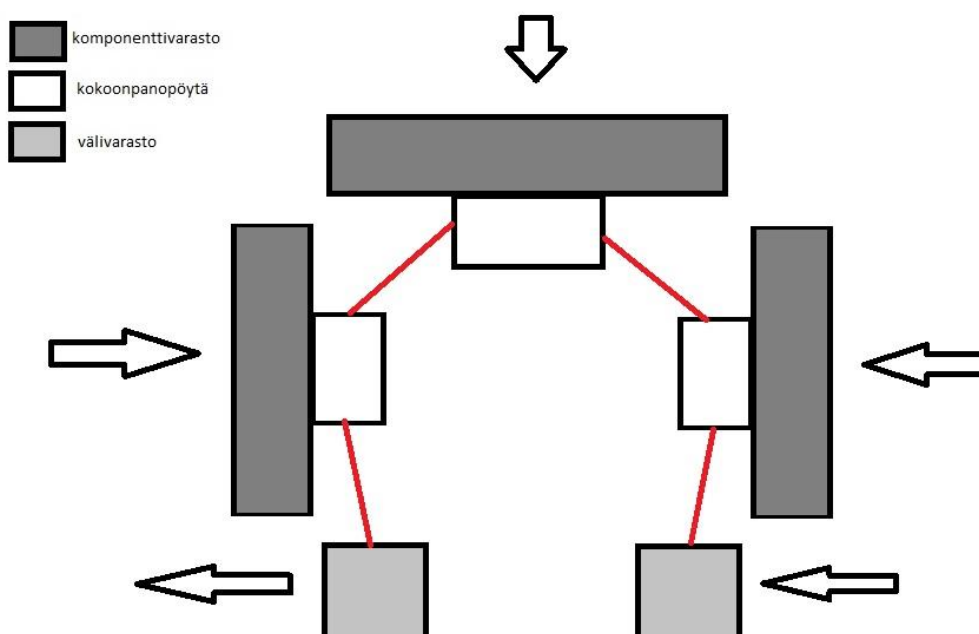
Rinnakkaisten työasemien etuisuuksia ovat joustavuus, parempi laatu, työntekijöiden tyytyväisyys työhön, hyvä hyötysuhde ja vähäisempi riippuvuus henkilöistä. Mahdollisia haittoja ovat suurempi tilan, työkalujen, työpaikkavarusteiden tarve ja materiaalihuollon hoitaminen tehokkaasti. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,15.)



Kuvio 1. Rinnakkaiset työasemat.

3.3.2 Kokoonpanosolu

Tuote voidaan kokoonpano myös kokoonpanosoluissa. Tällöin se tehdään ”kerralla valmiiksi” periaatteen mukaan monessa eri työvaiheessa, jotka suoritetaan toistensa jälkeen yhden tai useamman työntekijän toimesta. Kokoonpanosolua tarkastellaan yhtenä työpisteenä. Solun sisäinen toiminta on itseohjautuvaa. Ero kokoonpanosolun ja yksittäisen työpaikan välillä on usein suurempi materiaalivirta ja työmäärä, jotka rajoittavat työskentelyä yhdessä pisteessä. Luonnollisesti solun tuotantokapasiteetti on suurempi. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,16.)



Kuvio 2. Kokoonpanosolu.

Solussa materiaalin, osien siirtojen ja käsittelyn tarve on suhteellisen pieni osa työstä solun rakenteesta johtuen. Joustavampi toiminta solussa mahdollistaa korkeamman hyötysuhteen. Työntekijöiden kannalta solu on erinomainen ratkaisu työtyytyväisyyden ja motivaation kannalta.

Kokoonpanosolu vaatii hyvin toimivan organisaation, täsmällisen materiaalihuollon ja riittävästi informaatiota toimiakseen tehokkaasti. Kokoonpanosolun henkilöstö joudutaan kouluttamaan ja perehdyttämään tarkoin tehtäväänsä. Jos kokoonpano ta-

pahtuu useassa solussa, esimerkkinä osa- ja loppukokoonpanot, niin silloin on kyseessä kokoonpanoverstas. Sen toimintaan pätevät samat reunaehdot, kuin kokoonpanosoluunkin. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,16.)

3.4 Kokoonpanopaikan kehittäminen

Yksittäistä kokoonpanopaikkaa kehittäessä, joudutaan kokonaisuuksien lisäksi perehtymään kokoonpanon yksityiskohtiin normaalia tarkemmin. Tällöin selvitetään työn tarkempi sisältö, jolloin seuraavat tekijät joudutaan ottamaan huomioon:

Kokoonpanon yksityiskohdat:

- työpaikalla suoritettavan työn määrä ja sisältö
- työmenetelmä ja työhön kuluva aika
- työkalut
- laitteet ja apuvälineet
- muu työpaikkavarustus
- laatuvaatimukset
- tilan tarve
- henkilöstö.

Kokoonpanon suorittamisen taso:

- kokoonpanosuunnat
- käsittelyt
- sovittamisen tarve
- ergonomiset tekijät.

Materiaalin käsittely:

- materiaalivirtaus työpaikalle ja sieltä pois
- materiaalin varastointi ja käsittely työpaikalla.

Edellä mainittujen tietojen pohjalta on mahdollista käyttää esimerkiksi MARS-analyysiä ja sen avulla hahmottaa käsitys siitä, mitä kokoonpanoon sisältyy. Jokaisen yksityiskohdan suhteen voidaan tämän jälkeen selvittää, onko käytössä oleva suori-

tustapa hyvä, vai onko olemassa parempia vaihtoehtoja. Tällöin työvaiheesta saatavaa hyötyä joudutaan vertaamaan siitä seuraantuviin kustannuksiin. Asiaan vaikuttavat lisäksi soveltuvuus yleisesti, kappaleen elinkaari, toistuvuus, kokoonpanon osuus kokonaiskustannuksista, joustavuusvaatimukset ja investointimahdollisuudet. Soveltamalla kerättyä tietoa käytäntöön, voidaan yksittäinen kokoonpanopaikka kehittää ja suunnitella tarkoituksenmukaiseksi. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,18.)

3.5 Kokoonpanon materiaalihuolto

Materiaalihuollon lähtökohta tulee olla oikeiden materiaalien saaminen oikeaan aikaan kokoonpanijoille. Kokoonpanopaikan materiaalihuolto käsittää materiaalin tuomisen työpaikalle, varastoimisen, esille panemisen ja kokoonpanopaikalla syntyvien tuotteiden poiskuljettamisen. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,18-19.)

Materiaalihuolto voi olla ohjattua tai itseohjautuvaa. Sen voivat suorittaa joko kokoonpanijat tai kokoonpanon ulkopuolinen henkilöstö. Kokoonpanon tehokkuutta ajatellen ulkopuolisen henkilöstön käyttö on edullisempaa, koska yksi ulkopuolinen henkilö voi palvella jopa kymmentä kokoonpanon työpistettä samanaikaisesti.

Materiaalihuollon yleisempiä ongelmia ovat oikea-aikaisuuden lisäksi, tarvittavat suuret kappalemäärät ja volyymit. Niiden varastointi kokoonpanopaikalla, tai sen välittömässä läheisyydessä vaatii tilaa, jonka seurauksena kokoonpanon vaatima pinta-ala kasvaa ja liikuttavat etäisyydet suurenevat. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,19.)

3.6 Laatu ja kokoonpano

Tuotannon laatua punnitaan kokoonpanossa. Sieltä saatavat palautteet, ovat tärkeintä laatua ohjaavia tekijöitä, joita voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi. Kaikilla laatuun vaikuttavilla työhenkilöillä, tulee olla hyvä käsitys toimintansa merkityksestä ja vaikutusmahdollisuuksista laadun ylläpitämisestä, sekä vastuu laadusta omassa tehtävässään. Tämä edellyttää työntekijän riittävää motivointia, koulutusta ja valvontaa onnistuakseen. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,23.)

3.7 Toimintamalli

Kokoonpanoa kehittäessä on hyvä noudattaa loogista lähestymistapaa.

Esitutkimus kokoonpanosta on syytä tehdä huolella, koska siitä saadut tiedot ovat pohja nykytilannetta analysoitaessa, koska ne antavat karkean kuvan kehittämispotentiaalista. Ennen kuin mitään kehitystoimenpidettä tehdään, on tarkoin tiedettävä, mitä kokoonpanossa todellisuudessa tapahtuu ja mitkä ovat tuotteen kokoamisen vaikeudet. Vasta tämän jälkeen on kehittämisen aloittaminen mahdollista. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,23.)

Kehittämisohjelma on suunniteltava niin, että mahdollisimman monta korjausta vaativaa kohdetta tulee sen piiriin. Kehittämistoimet on ajoitettava niin, että kokonaisaikataulusta tulee mahdollisimman lyhyt. Tämä edellyttää sen, että resursseja on varattu riittävästi. Kokoonpanon kehittämisessä on hyvä edetä pienin askelin, sekä tiedottaa kokoonpanijoita ja muuta henkilökuntaa kehittämistoiminnasta.

Kehittämisen toteutuksessa on huomioitava sekä tekninen- ja organisatorinen puoli. Ei riitä, että kokoonpanoa kunnostetaan teknisesti, sen tulee olla myös toimiva. Kehittämistoiminnan käynnistämiseen tarvitaan riittävän suunnittelun lisäksi, myös kokoonpanoa suorittavien henkilöiden kouluttamista uusiin toimintatapoihin ja käytäntöihin. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,24.)

Kun kehittäminen on saatu päätökseen, on aikaansaadut muutokset mitattava ja vertailtava niitä alkutilanteessa saatuihin lukuihin, jotta tiedettäisiin millä keinoilla tavoitteet on saavutettu. Pysyvien muutosten aikaansaanti edellyttää jatkuvaa seurantaa ja ylläpitoa. (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,25.)

4 LEAN

Lean-toimintatavassa ei ole pelkästään kysymys Lean-työkalujen käytön kopioimisesta. Lean-toimintatavassa on kysymys sellaisten periaatteiden kehittämisestä, jotka sopivat organisaatioon ja niiden soveltamisesta käytännössä. Tavoitteena voidaan pitää mahdollisimman korkean suorituskyvyn saavuttamisesta, sekä entistä paremman arvon saavuttamista asiakkaille.

4.1 Lean määritelmä

Lean ei ole tila, johon pyritään. Lean on koko ajan jatkuva oppimisen ja kehittämisen prosessi. Matka aloitetaan opettelemalla eri Lean-tekniikoita ja ymmärtämään niiden periaatteet. Lean-kehittämishjelma kulkee läpi koko organisaation ja sen kaikkien liiketoimintaprosessien, kun kehittäminen on aloitettu, niin jossain vaiheessa havaitaan jo tuloksia ja toisaalla kehittäminen on vasta aluillaan.

Yritys alkaa saavuttamaan huomattavia tuloksia, kun riittävä suuri määrä prosesseja on saatu toimimaan Lean-periaatteiden mukaisesti. Tällöin yritys toimii toisiaan tukevien prosessien verkkona.

Lean perustuu kahteen periaatteeseen:

1. Ensimmäinen on materiaalien, tiedon ja tuotteiden keskeytymättömän virtauksen luominen kaikissa yrityksen liiketoimintaprosesseissa.
Kaikki Lean-tuotannon aputyökalut, kuten nopeat työkalujen tai tuotelinjojen vaihdot, standardoitu työ, imuohjaus, siisteys, järjestys ja laadun ohjaus ovat menetelmiä virtauksen aikaansaamiseksi.
2. Toiseksi, johto on sitoutunut jatkuvasti investoimaan työntekijöihin ja edistämään jatkuvaa parantamista. (Tuominen 2010, 6.)

4.2 Organisaation itsearviointi

Itsearvioinnilla saadaan nopeasti selville, missä on kehitettävä, mistä organisaatiossa ollaan samaa/eri mieltä ja mihin työntekijät ovat sitoutuneita. Tutkimuksen pohjalta suunnitellaan yritykselle varsinainen kehitysprojekti.

Itsearviointi on yritykselle tärkeä työväline, koska se tuottaa tarpeellista tietoa, joka mahdollistaa yrityksen kehityksen.

Selville saadaan:

- Oman väen mielipiteet yrityksen kehittämistarpeista.
- Mitkä asiat koetaan tärkeiksi.
- Miten hyviä ollaan ja miten hyviä pitäisi olla.
- Mistä kehittämisasiosta ollaan yhtä mieltä ja missä ei.
- Mihin kehittämiseen ollaan jo sitoutuneita.

Itsearvioimisprosessi:

- Vahvistaa tunnetta jokaisen mielipiteen arvostamisesta.
- Käynnistää uutta ajattelua, oppimisen ja muutoksen.
- Lisää ymmärrystä kokonaisvaltaisesta kehittämisestä.
- Lisää rohkeutta asettaa aiempaa korkeampia tavoitteita.
- Luo sitoutumista kehittämiseen ja haastaviin tavoitteisiin.

(Tuominen 2010, 9.)

4.3 Laatu ja ajanhallinta

Tuotannon kehittäminen lisää kilpailukykyä markkinoilla:

Laatu:

- Nollavirhe-periaate laskee laaduttomuuskustannuksia.
- Virheettömät tuotteet ovat haluttuja ja valmistajan prosessien toimivuus näkyy asiakkaalle asti.
- Laadunhallinta lisää asiakastyytyväisyyttä.

Aika:

- Lyhyet läpimenoajat laskevat kaikkien osapuolten varastokustannuksia.
- Asiakasvaatimukseen voidaan vastata nopeasti, kun kaikkien prosessien käsittely- ja läpimenoajat ovat lyhyet.
- Ajanhallinta lisää asiakastyytyväisyyttä.

Yrityksen kasvaneet tulot ja mahdollisimman alhaiset kustannukset nostavat kannattavuutta. Ne mahdollistavat yrityksen investointien lyhyemmät takaisinmaksuajat. Kun yrityksen sisäinen toiminta on hyvin organisoitu, niin korkea laatu ja matalat kustannukset eivät ole ristiriidassa toisiinsa nähden. (Tuominen 2010, 28).

4.4 Lean-työkalut

4.4.1 5S

Yrityksestä kaikki tarpeeton on saatu poistettua. Tavarat ovat siististi järjestelty paikoihleen. Järjestys ja siisteys ovat merkki siitä, että yritys on hyvin organisoitunut ja yrityksessä ei myöskään tuhlata.

5S-ohjelman keskeiset tavoitteet:

- Työpiste, joka on siisti, hyvässä järjestyksessä, turvallinen, tehokas, on työntekijälleen viihtyisä ja helpottaa kehittämistä.
- Aiheuttaa vähemmän tapaturmia, hylkyä, hukkakäyntiä, tuotantoseisokkeja, virheitä ja ohjausongelmia.
- Saa aikaan viihtyvyyttä, tuottavuutta ja hyvän vaikutelman asiakkaalle.
(Tuominen 2010, 7.)

5S ohjelma voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen ja toteuttaa vaihe kerrallaan.

Vaihe 1. Erottele (Seiri)

Erota välttämättömät tavarat turhista ja luovu muista.

Vaihe 2. Järjestele (Seiton)

Järjestele loput tavarat niin, että ne on helppo löytää.

Vaihe 3. Puhdista (Seiso)

Pidä lattiat, koneet ja työpisteet siistinä ja puhtaina.

Vaihe 4. Vakioi (Seiketsu)

Luo standardeja erottelulle, järjestelylle ja vakioinnille.

Vaihe 5. Ylläpidä ja kehitä edelleen (Shitsuke)

Toimi sovittujen standardien mukaisesti ja kehitä niitä edelleen.

(Tuominen 2010, 19.)

4.4.2 Kaizen

Kaizen “parannus-Kaizen”, josta yleisemmin käytetään nimitystä Kaizen. Vaikka Kaizenia on kahta eri tyyppiä, on tämä “parannus-Kaizen” se käytännönläheinen kehittämisen työkalu. Tässä Kaizenissa ei pelkästään ylläpidetä standardeja, vaan nostetaan standardien vaatimuksia. Esimerkkinä Toyota korostaa kaikille työntekijöille sitä, että tavoitteena on täydellisyys, ja täydellisyyttä on mahdoton saavuttaa, joten aina on prosesseissa jotakin kehitettävää. Eli vaikka kehittämistoimenpiteitä olisi tehty, on silti jokainen prosessi täynnä hukkaa, joka mahdollista jatkuvan kehityksen. (Liker J. & Convis G. 2012, 107.)

4.5 Lean-kulttuurin luominen

Menestyäkseen Lean-kulttuurissa, organisaation pitää muuttua oppivaksi organisaatioksi, jonka keskeiset tavoitteet ovat jatkuvan parantuminen ja ihmisten kunnioittaminen. Ne johtavat ainutlaatuisen henkilöstön sitoutumiseen organisaatiota kohtaan. Johtajan yksi tärkeimmistä tehtävistä on luoda ilmapiiri koko organisaatiossa riippumatta työntekijämäärästä. (Tuominen 2010,40.)

5 LEAN-KOKOONPANO

5.1 Keskeiset ongelmat kokoonpanossa

Kaksi suurinta vaikuttajaa kokoonpanotyöhön, on materiaalivirtojen hallinta ja kokoonpano työn suunnittelu. Kokoonpanijat käyttävät nykyään paljon aikaansa muuhun, kuin itse kokoon panemiseen, josta kehittämismahdollisuudet voidaan löytää. (Baudin 2002, 5.)

5.1.1 Kokoonpanon tehokkuuteen vaikuttavat tekijät

“Jos meillä vain olisi osat mitä tarvitaan, me voisimme koota tämän ilman ongelmia.” On yksi yleisimmistä valittamisen aiheista kokoonpanijoiden ja esimiesten keskuudessa. Heillä on myös sille syynsä, sillä materiaalihuolto on tärkein vaikuttaja kokoonpanon tuottavuudessa. (Baudin 2002, 8.)

Toiseksi suurin vaikuttaja kokoonpanon tuottavuudessa, on kokoonpanotyön suunnittelu. Tämä sisältää seuraavia vaiheita:

- Esikokoonpano vaiheiden rakenne.
- Järjestelemällä kokoonpano vaiheet.
- Eritellä eri vaiheet eri kokoonpanopisteiltä.
- Kokoonpanopisteiden koko, järjestys ja työkalujen asetteleminen.
- Suunnittelemalla kokoonpano käytäntö vaihe vaiheelta.
- Kokoonpanon laadun tarkkailu.

Moni kokoonpanoa työllistävä taho, ei näe tätä kehittämisen arvoisena tilanteena, koska työvoimaa pidetään pienenä osana tuotteen lopullisesta kustannuksesta. Yleensä huomio kiinnittyy työvaiheisiin, jotka syövät eniten resursseja ja sinne missä ”panokset” ovat suurimpia.

Kokoonpano on kehittämisen arvoinen, vaikka kokoonpanijat työskentelisivät ilmaiseksi. Vaikka kokoonpanijat ovat kuluja yritykselle, ei heidän arvoaan pidä unohtaa. Kokoonpanoa pitäisi ajatella kilpailuttamisen aseena. Esimerkiksi jos vertaillaan

lentäjien hintaa jumbo jettiin, se on vain murto osa sen kokonaiskustannuksista, mutta jos omistat lentoyhtiön, pilotit ovat ne, jotka tuottavat kyseisellä tuotteella.

Kokoonpanijan ajankäytöstä osa menee töihin, jotka ovat tarpeellisia, mutta kokoonpanijalle turhia silloin, kun seuraava tuote on odottamassa kokoonpanoa. Kokoonpanijan tehtävänä on koota tuotteita, ei etsiä osia tuotteita varten. Tuotteiden läheisyys kokoonpanopisteisiin nähden ja osien oleminen kokoonpano pisteellä nopeuttaa kokoonpanon työtä. Silloin kokoonpanija saa keskittyä tekemään työtä, jota sen pitäisi-kin olla tekemässä.

Kokoonpanoa hidastavia ja aikaa tuhlaavia tekijöitä kokoonpanijoilla on usein monia, kuten osien etsiminen, osien valmistelu, siivoaminen, työpisteen valmistelu, työkalujen etsiminen, tarkastaminen ja virheiden korjaaminen. Työvaiheita ja ajankäyttöä analysoimalla saadaan tuloksia, joiden perusteella voidaan kehittää uusia tapoja kokoonpanon kehittämisen kannalta. (Baudin 2002, 9.)

5.1.2 Hukka kokoonpanossa

Hukan tunnistaminen kokoonpanossa:

1. Ylituotanto. Jos kokoonpanija tekee osakokoonpanoa, vaikka osia olisi varastossa yli kolmenpäivän tarpeisiin, on se selvä merkki ylituotannosta ja johto on epäonnistunut kehittämään hyödyllisiä tehtäviä, joilla pidetään työntekijä kiireisenä.
2. Odottaminen. Osien odottaminen osakokoonpanosta on yleisin syy, miksi kokoonpanijat joutuvat odottamaan, mutta siihen on myös muita syitä. Esimerkiksi ohjaajien työn taakanjakamisen epäonnistuminen useamman työntekijän työpisteellä. Myös kun käytetään koneita ne tuovat riskin tilanteeseen, jossa kokoonpanijat joutuvat odottamaan automaattisen kierroksen päättymistä. Jälleen kerran kyseessä on työntekijän ajankäytön suunnittelu virhe.

3. Kuljettaminen. Jokaisessa tuotantolinjassa tapahtuu kuljettamiseen kuluva aikaa, joka häiritsee tuotannon virtaamista.
4. Prosessi. Prosessissa tapahtuva hukka on vaikeinta tunnistaa, koska se tarvitsee syvää tuntemusta prosessia kohtaan. Kokoonpanijat voivat lisätä ylimääräisiä työvaiheita, jotta näyttäisivät yhtä kiireisiltä kuin työkaverinsa. Myös huono työntekemisen järjestys voi luoda ylimääräisiä työvaiheita. Myös työpisteen mukavuudella on vaikutusta prosessin tehokkuuteen, jos työasennot ovat epämukavia, kivuliaita tai vaarallisia voivat ne hidastaa prosessia.
5. Ylisuuret varastot. Väärien osien varastointi väärissä paikoissa voi johtaa virheelliseen kokoonpanoon tai keskeneräiseen kokoonpanoon, jolloin kokoonpano muuttuu korjaustyöksi ja Virheiden riski kasvaa.
6. Liike. Ylimääräinen liike on yleistä kokoonpanossa, jos osia siirretään useampaan otteeseen paikasta A paikkaan B ja paikasta B paikkaan C. Suurtuotannossa tämä voi tuottaa suuria aikahävikkejä, jos kappaletta ei heti toimiteta pisteestä A pisteeseen C.
7. Virheellisten tuotteiden tuottaminen. Suurin syy virheellisille tuotteille on kokoonpanovirheet osien keräämisessä tai niiden merkkämisessä. Se on käytännössä mahdotonta välttää, jos samalla pisteellä kootaan monia eri tuotteita.

Kokoonpanossa olevan hukan eliminoiminen on haastavaa, koska se ei aina ole itsessään selvää mistä, tai missä ylimääräistä kulua prosessissa on. Yksityiskohtainen ajankäytön analyysi tarvitaan sen löytämisen avuksi. Jos päivän aikana tehdään edes lyhyitä reissuja monesti, voi se päivän aikana olla suuri osa ajasta, joka voitaisiin säästää kokoonpanolle. (Baudin 2002, 12-13.)

5.2 Kokoonpano prosessin visualisointi

Kokoonpanon suunnittelussa, käytössä ja kehittämisessä, meidän tarvitsee visualisoida kokoonpanoa ja sen toimintaa. Voidaan kokoonpanoa esittää useilla erilaisilla

tavoilla, kuten layout-piirustuksella, mallinnuksilla, simulaatioilla tai vaikka ajankäytön taulukkona. Käytännössä visualisoinnissa voidaan käyttää apuna kaikkea, joka tukee tarvittavan asian selittämistä.

Visualisointia käytetään pääasiassa kahdesta syystä:

- Analysointiin. Tuodaan esille tiettyjä piirteitä ja tapoja prosessista. Se auttaa meitä löytämään asioita, joita ei ennestään tiedetty prosessista. Kun jaamme puun metsäksi, voimme nähdä metsän ominaisuuksia.
- Kommunikointiin. Tuodaan esille vaihtoehtoisia tapoja, tai käydään läpi kokoonpanoa ja halutaan yksinkertaistaa kyseisen tiedon jakamista lopulle työvoimalle.

Selvästi jokaisen visualisoinnissa käytetyn työvälineen toimivuutta tulee arvostella, sen tehtävään sopivuudella. Työkalun valinta voidaan tehdä seuraavilla kriteereillä:

- Keskitys. Näyttääkö se tärkeimmät ja tarpeelliset tiedot prosessin vaiheesta?
- Ilmaisukyky. Mitkä rajoitteet se asettaa prosessin ilmaisemiselle?
- Yksinkertaisuus. Onko tieto tarpeeksi selvästi esillä tarkoitetulle yleisölle, oli se sitten insinöörejä, johtajia tai kokoonpanijoita?
- Helppo tuottaminen. Kuinka helppoa se on piirtää ja tuottaa kyseiset dokumentit? (Baudin 2002, 62-63.)

5.3 Kokoonpano aikatiedon kerääminen

Ilman tarkkoja ajankäyttö tietoja kokoonpano tuotannon suunnittelu ja kehittäminen ovat vaikeaa, koska ei osata arvioida miten paljon työt vievät aikaa. Aikatiedon kerääminen suurimmissa osissa kokoonpanoa harrastavista yrityksistä on aliarvioitu, taikka jätetty vallan selvittämättä. (Baudin 2002, 103-104.)

5.3.1 Ajankäytön tiedon kerääminen

Kokoonpano ajankäyttö tiedon keräämiseen on monta erilaista tapaa, yleisimpiä tapoja ovat:

- Virallisten MRP (Material Requirements Planning) numeroiden käyttäminen. Numeroiden saaminen on helppoa, mutta epäluotettavaa, koska samoilla numeroilla olevat tilaukset, voivat olla eri laisia ja kokoonpanoajat muuttua.
- Kokoonpanijoiden haastattelu. Kaavakkeella haastatellaan kokoonpanijoita ja selvitetään, kuinka kauan minkäkin tehtävän tekeminen vie aikaa. Tiettyjen tehtävien ajoissa voi olla suuria vaihteluita kokoonpanijoiden välillä.
- Ennalta määrätyt aikastandardit. Tämän tavan käyttäminen luottaa työtapojen tarkkaan analysointiin, työn sisällön tuntemiseen ja jokaiselle liikkeelle ajoitetaan vaadittu suoritus aika. Tässä määritetyt ajat ovat yleensä $\pm 30\%$ oikeasta suoritusajasta.
- Työaikojen mittaaminen. Työaikojen mittaaminen voidaan suorittaa, mutta kokoonpanijat pitää informoida mittauksesta etukäteen ja selittää mihin kyseistä tietoa tullaan käyttämään. Tarkempien aikojen mittaamiseen auttaa se, että mittaukset suorittaa työkaveri eikä ulkopuolinen henkilö.
- Videotallennus. Videotallennus toimii samalla periaatteella, kuin työaikojen mittaaminen, mutta vaatii enemmän työvälineitä. Sillä toisaalta on kelloon verrattuna paljon hyödyllisiä ominaisuuksia. Videota voidaan tarkastella jälkikäteen ja analysoida, jolloin saadaan paljon tarpeellisia tietoja kerättyä. Itsensä näkeminen videolta usein johtaa siihen, että työntekijä huomaa itse, kuinka paljon työaika menee hukkaan. (Baudin 2002, 104-105.)

5.4 Kokoonpano aseman suunnittelu

Kokoonpano asema on se paikka, jossa materiaalit, osat, työkalut, koneet, tavat ja kokoonpanijat saavat kokoonpano operaation aikaiseksi (Baudin 2002, 144).

Normaalisti kokoonpano suoritetaan seisten, liikkuen ja kääntyen kokoonpanopaikan ympäristössä, joten se pitää huomioida kokoonpano aseman suunnittelussa. Kokoonpano pisteen korkeus pitää olla yhteinen kaikkien työntekijöiden kesken, jotta jokai-

nen pituudestaan riippumatta pystyy suoriutumaan töistä sujuvasti. (Baudin 2002, 127.)

Kokoonpanijoiden, jotka työskentelevät seisten ja tekevät fyysistä työtä, olisi hyvä saada ”vihreä kulmaus” työpisteen läheisyyteen. Vihreässä kulmauksessa työntekijät voivat levähtää taukojen aikana ja pitää vuoron vaihdon aikana ”aloituspalaverin”. Kulmaus tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle itse työpistettä, sen tarkoitus on tuoda työntekijälle taukopiste lähelle työpistettä, jotta työntekijän ei tarvitse kävellä taukotiloihin. Kyseinen kulmaus on suunniteltu seisten työskentelevien kokoonpanijoiden tarpeisiin. (Baudin 2002, 138-139.)

5.4.1 Käsityökalut

Yleisimmät käsityökalut, joita käytetään kokoonpanossa:

- Paineilmalla ja sähköllä toimivat ruuvimeisselit ja pulttipyssyt.
- Jakoavaimet ja kiintoavaimet.
- Nestesäiliöitä, esimerkiksi puhdistusaineita.
- Juotto ja hitsaustyökaluja.
- Pihtejä ja kiinnipitotyökaluja.
- Puuvillarättejä ja harjoja.
- Lekoja ja vasaroita.

Ensimmäinen prioriteetti käsikäyttöisillä työkaluilla on se, että ne ovat kiinnitetty työpisteeseen, eikä työntekijään. Suurin syy tähän on se, että työpisteellä pitää olla jatkuvuuden takia aina saatavilla tarvittavat työkalut. Jos jokainen työntekijä käyttää omia työkalujansa, ei ole takeita siitä, että työ tulee tehdyksi aina samalla tavalla.

Kokoonpanijan pitäisi pystyä tulemaan työpisteelle siten, että hänellä on päällään vain vaatteet ja tarvittavat turvavälineet ja loput tarvittavat työkalut ja välineet löytyvät työpisteeltä. (Baudin 2002, 152-153.)

Käsityökalujen sijainti on aluetta, josta kokoonpanijat osaavat antaa parhaiten tietoa. Heiltä pitäisi aina kysyä, jos niiden uudelleen järjestämistä ollaan miettimässä ja sisällyttää kokoonpanijat päätöksen tekoon. (Baudin 2002, 154.)

Kokoonpanijoiden työtä kehittäessä tulee miettiä, miten työkalut tulee sijoittaa. Työkalut tulisi aina pitää avoimessa tilassa, josta ne näkyvät helposti ja ovat nopeasti noudettavissa. Työkalujen avoin näkyvyys kuitenkin nostaa kaksi ajatusta:

- On liikaa työkaluja tilaan nähden. Tosiasia on kuitenkin se, että työpiste pitäisi suunnitella siten, että siellä olisi mahdollisimman vähän käsityökaluja.
- Työkalut “lähtevät kävelemään” jos niitä ei pidetä piilossa, tai lukitussa tilassa. Työkalu varkaudet eivät ole niin yleisiä, kuin oletetaan. Kokoonpano solussa työkalun varastamista pidetään “rikoksena” toista solua kohtaan. Jokaisen solun henkilökohtaiset työkalut pitäisi olla merkittyjä, jotta ne tunnustetaan mihin paikkaan ne kuuluvat.

Työkalujen katoaminen yleisemmin johtuu siitä, että joku lainaa työkaluja, eikä muista palauttaa niitä. Merkkaamalla yrityksen nimi, sekä työpisteen nimi työkaluun, vähentää se työkalujen häviämisiä ja helpottaa lainattujen työkalujen palauttamista. (Baudin 2002, 157.)

5.4.2 Kokoonpano-ohjeet

Manuaalisessa kokoonpanossa normaalisti ohjeissa näytetään vaakatasossa kuva, taikka piirros tuotteesta ja kokoonpantavat osat ovat merkattuna kuvaan. Kuvan ympärillä normaalisti on tekstilaatikoita, joista selviää seuraavia asioita:

- Kokoonpano järjestys
- Avain laatu ongelmat
- Puhdistus ohjeistus
- Turvallisuusmääräykset

Työkalu ohjeet tulisi tarkistaa muutaman kuukauden välein ja tarkistaa sen paikkaansa pitävyys. Yleensä oikeassa alakulmassa on laatikko, jossa on hyväksyntä allekirjoitus ja päivämäärä.

Yleiset kuluttaja tuotteet ovat hyviä esimerkkejä, miten luodaan hyvät kokoonpano-ohjeet. Mietitään esimerkiksi leluja, jossa lelun kasaaminen on jaettu moneen eri vaiheeseen ja lapsi voi sen koota ilman minkäänlaista erillistä koulutusta. (Baudin 2002, 158-159.)

Ohjeissa olevat tekstit pitää olla yksinkertaisia lauseita ja helpoimmalla mahdollisella tavalla selitetty. Jos työvoima on monikielistä, mahdollisimman moni asia kuvataan esimerkiksi symboleilla ja kuvilla, jotta välttyttäisiin virheiltä.

Kokoonpano-ohjeen tekemisessä on haasteena löytää sopiva kirjoittaja ohjeelle. Ohjeen kirjoittajalta vaaditaan seuraavaa:

- Pitää olla tuottoisa kirjottaja ja tykätä kirjoittaa. Se pois sulkee suurimman osan kokoonpanijoista.
- Tarvitsee olla kyky ilmaista itseään tavalla, jota kokoonpanijat ymmärtävät. Se pois sulkee suuren osan insinööreistä.

Monessa organisaatiossa henkilöt, jotka ovat nousseet tuotantopuolelta suunnittelu-puolelle omaa hyvät tiedot ja taidot tällaisen ohjeen tekemiseen, koska on osallistunut itse kokoonpanoon. (Baudin 2002, 160-163.)

5.5 Kokoonpanon osien hallinta

Osat pitäisi tuoda kokoonpanopaikalle pakkaamattomina, käsien ulottuville ja aseteltuna helppoa asentamista varten. Osia pitäisi tuoda kokoonpanopaikalle intervalleina, joka vastaa osien käyttötahtia uudelleentäytettävissä laatikoissa, jonka avulla tietyn osan kuljettaminen tietyssä laatikossa vähentää virheiden määrää kokoonpanotyössä. (Baudin 2002, 171.)

5.5.1 Tavoite ja tarkoitus

Osien esille ottaminen on viimeinen kerta, kun osia käsitellään ennen valmiiseen kappaleeseen asentamista. Johtoporras usein aliarvioi sen vaikuttamista tuottavuuteen ja laatuun. Osien säilyttäminen liian kaukana kokoonpanopisteestä ja väärässä asennossa, niin lisää kokoonpanijan työhön sekunteja kävelyä ja kappaleen kääntelyä, joka vaikuttaa koko kokoonpanolinjan tuottavuuteen, sekä tarpeettomasti lisää väsymystä vuoronloppua kohti. (Baudin 2002, 172-173.)

5.5.2 Avain periaatteet osien hallinnassa

Monet osat saapuu kokoonpanopaikalle pakattuna suojamuoveihin ja ne pitää poistaa ennen, kuin kappaletta asennetaan tuotteeseen. Suojamuovi tulee poistaa vastaanoton ja kokoonpanopaikan välillä, ennen kuin kappale tuodaan kokoonpanopisteelle. Pakkausmateriaalien hävittäminen on helpointa, jos se poistetaan vastaanotossa, mutta tuotteille pitää tuoda säilytyslaatikko. Jos pakkausmuovit poistetaan juuri ennen kokoonpanopistettä, pitää pakkausmateriaalien hävittäminen olla suunniteltu tehtaan laajuisesti. (Baudin 2002, 176.)

Henkilö kenen ei pitäisi olla purkamassa pakkauksia on kokoonpanija. Sillä välin, kun kokoonpanija purkaa pakattuja materiaaleja tuote vain odottaa, jota ei saisi päästää tapahtumaan. Kun kokoonpanijaa pyydetään tekemään sitä, se on vähän kuin pyydetäisiin kilpa-auton ajajaa vaihtamaan renkaat ja tankkaamaan. Riippumatta siitä missä tämä tehdään ja miten, kun kappaleet tuodaan kokoonpanijalle pitäisi niiden olla siinä kunnossa, että ne voidaan vain nostaa ja asentaa kappaleeseen suoraan. (Baudin 2002, 177.)

5.5.3 Osien keräilijä

Osien keräilijän velvollisuus on valmistella osat ja tarvikkeet muille kokoonpanijoille. Tämä tarkoittaa pakkausten purkamista, jos tarpeellista ja osien laittamista hyllyyn kokoonpanijoita varten. Keräilijät suorittavat rutiinillista työtä osien keräämi-

seen, pakkausten avaamiseen ja osien valmistelua, juuri ennen kuin ne tullaan käyttämään

Yleinen virhe on, että luullaan osien keräilijän hommaa helpoksi ja, että se voidaan täyttää aloittelevalla aputyöntekijällä, mutta tosiasia on se, että se vaatii kokeneemman kokoonpanijan, monipuolisimman työntekijän. Vaikka osa keräilijät pääsääntöisesti käsittelevät vain osia, ovat he suuri osa tuotanto organisaatiota ja kokeneimpia kokoonpanijoita. He ymmärtävät paremmin mitä tarvitaan, jotta työ sujuisi hyvin, toisin kuin henkilöt, jotka eivät ole koskaan kokoon panneet kyseisiä tuotteita. Osien keräilyssä tapahtuu myös vähemmän virheitä, jos sen suorittaa henkilö kenellä on kokemusta kokoonpanosta. (Baudin 2002, 190.)

5.6 Kokoonpano solu

Kokoonpano solu on erikoistunut kokoonpanolinja, jota pyörittää yksi tiimi monitahtoisia kokoonpanijoita, jotka toimivat itsenäisesti. Kokoonpano solu tuo esille kaikki kokoonpano linjan hyvät puolet, sekä lisää hyviä puolia, kuten toimii yhtenäisellä tiimillä. Mikä ei pelkästään lisää työmukavuutta ja moraalialia, mutta samalla lisää myös laatutietoisuutta.

Suurin osa kokoonpano soluista on u:n muotoisia, jolloin osat ovat kappaleen ympärillä ja osien ja kappaleen välillä on pieni kokoonpanijan työalue. Tämä solun muoto tukee juostavaa miehitystä ja kokoonpanijoiden määrää voidaan helposti säädellä kysynnän muuttuessa. (Baudin 2002, 201.)

5.7 Kokoonpanon laatu

Osien sekoittaminen on kokoonpanon yleisin puute tuotannossa nykyisin ja tämän ongelman vaikutus kasvaa, kun valmistajat lisäävät enemmän ja enemmän sekatuotantolinjoja. Kun käydään läpi tuotantolinjaa tehokkaintapa poistaa tuotteesta mahdolliset kokoonpanovirheet, on suunnitella tuote siten, että siinä käytetään lähes aina samoja standardoituja osia ja vain oikeat osat sopivat paikalleen. (Baudin 2002, 223.)

5.7.1 Virheiden estäminen

Ainut lähestymistapa tehdä virheet oikeasti mahdottomaksi, on tuotteensuunnittelussa ja se on yleensä tehtaanjohtajan ulottumissa, mutta tehtaanjohtaja voisi tuoda ongelman esille mahdollisimman usein ja pyytää suunnittelijoita kiinnittämään huomiota kyseisiin ongelma-kohtiin.

Ensimmäinen lähestymistapa on tehdä tuotteet siten, että ne käyttävät mahdollisimman paljon samoja osia, jolloin vääriä osia ei ole. Toinen vaihtoehto on suunnitella tuote siten, että kappaleeseen ei voida kiinnittää väärää osaa, jolloin vain oikeat osat sopivat. (Baudin 2002, 225.)

5.7.2 Tarkastaminen ja testaaminen

Tuotteen itsetarkastaminen on tehokasta, mutta se ei ole aina tehokkain tapa, koska ihmisillä on yleensä ongelmia löytää virheitä omasta työstänsä. Tämä voidaan ohittaa sillä, että toinen kokoonpanija tarkistaa toisen työnjäljen, käyden läpi tarkastuslistaa ja hyvä/ei hyvä listaa apuna käyttäen. (Baudin 2002, 243.)

Tarkastaminen ja testaus operaatiot ovat yleensä sarja erilaisia vaiheita, joissa tarkistetaan kappaleen mittoja toleransseihin tai raja-arvoihin, visuaalista pintojen tarkastamista, tai laittamalla tuote tekemään jotain mitä se tulee valmiinakin tekemään. Kun tämä tehdään tuotannossa, niin operaatio voidaan keskeyttää heti, kun virhe on löytynyt ja vain virheettömät tuotteet läpi täydellisen tarkastuslistan. Kun se tehdään tuotannossa, on mahdollista tehdä se vaiheittain, jolloin tarkastamiseen vaadittu aika pienenee. (Baudin 2002, 249-250.)

6 LAYOUT-SUUNNITTELU

6.1 Tausta

Layout tarkoittaa kirjaimellisesti kaksiulotteista graafista esitystä. Alun perin layout on typografinen termi. (Rahkonen, O. & Salo, M. 1986, 1.)

Layout on vakiintunut termi, jolla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin.

6.1.1 Layouttyypit

Tuotantolinjassa koneet ovat valmistettavien tuotteiden työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinjat ovat erikoistuneet tietyn tuotteen valmistukseen. Valmistus on automatisoitua ja tehokasta. Työnkulku on selkeä ja eri työvaiheiden välillä voidaan käyttää kuljettimia.

Suuri tuotantovolyymi on keskeinen syy tuotantolinjan rakentamiselle. Suurien valmistusmäärien ansiosta, kappaleen yksikköhinta muodostuu mahdollisimman alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakentamisen kustannukset olisivat suuret. Tuotantolinjassa tapahtuva häiriö voi vaikuttaa laajalti kokotuotantoprosessiin. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen. 2009, 475.)

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpisteet on ryhmitelty työtehtävän samanlaisuuden ja toimivuuden perusteella. Esimerkiksi yrityksen sorvit ovat sorvihallissa ja hitsauspaikat hitsaamossa. Funktionaalista layoutia nimitetään myös teknologiseksi layoutiksi tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn vuoksi.

Funktionaalisisessa layoutissa tuotantovolyymi ja tuotetyypit voivat vaihdella huomattavasti. Koneet ovat tavallisesti monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa joustavasti muuttuvaa tuotekantaa. Tuotteet valmistetaan yksittäiskappaleina tai sar-

joina. Työn muuttuvuuden takia automaatiota voidaan soveltaa käyttöön hyvin rajoitetusti. Tuotannonohjaus perustuu eri koneille jonottavien töiden oikeanlaiseen järjestelyyn. Töiden ohjaus oikea-aikaiseksi työvaiheesta toiseen on hyvin hankalaa, joka johtaa työjonojen kasvamiseen, keskeneräiseen tuotantoon ja näin ollen pidentävät tuotannon läpivientiaikoja.

Työpisteiden välissä olevien suurten etäisyyksien vuoksi materiaalien kuljetuskustannukset muodostuvat suuriksi. Mahdollisten välivarastojen ja työpisteiden etäisyyksien takia laadunhallinta on hankalaa.

Solulayout muodostaa itsenäisen, eri ominaisuuksista kootun ryhmän, joka on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Solulayout on sekoitus funktionaalista layoutista ja tuotantolinjasta.

Solujen läpäisyajat ovat lyhyemmät, kuin funktionaalisisessa layoutissa. Materiaalivirta on selkeämpi, eikä siinä esiinny turhia välivarastoja. Solu pystyy valmistamaan joustavasti erilaisia tuotteita en suunnittelun mukaan. Siirryttäessä tuotteesta toiseen ovat siirtymäajat mahdollisimman lyhyet. Solu on joustavampi, kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä omien tuoteryhmiensä puitteissa, joka tekee siitä erittäin hyvän layout tyypin juuri tuotettaan vaihtavalle kokoonpanolle.

Solun valitsemista on perusteltu työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden nousulla. Solussa työskentelevä ryhmä tai työntekijä vastaa tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta itsenäisesti. Jos solussa on useampi työntekijä, voivat työntekijät vaikuttaa itse solun keskinäisen työnjaon kierrättämiseen. (Haverila ym. 2009, 476-478.)

6.2 Layoutin valinta

Layouttyyppi valitaan tuotevalikoiman monipuolisuuden ja tuotantovolyymin perusteella. Tuotantolinjalayoutia sovelletaan käytännössä, kun tuotetaan suuria määriä samoja tai saman tyyppisiä tuotteita. Funktionaalinen layout taas käytetään, kun valmistettavien tuotetyyppien määrä on suuri, mutta tuotantomäärät pysyvät pieninä. Solulayout on hyvä valinta, jos valmistetaan eri tuotteita toistuvasti, mutta ei kuiten-

kaan niin paljoo, että kannattaisi muodostaa omat tuotantolinjansa erityyppisille tuotteille.

Tehtaan layout voidaan jakaa moneen erityyppiseen osalayouteista. Layout voi vaihdella tuotantoprosessin vaiheen mukaan. Esimerkiksi funktionaalisesti järjestetyssä konepajassa voidaan tuotannosta osa organisoida soluiksi. Nykyisin tuotantoautomaatio on lisännyt tuotteiden valmistuksen joustavuutta hyvin laajalti. Yhdistelemällä riittävä määrä erilaisia tuotteita samaan tuotantoprosessiin, voidaan saavuttaa tarpeeksi hyvä tuotantomäärä solun tai tuotantolinjan perustamiselle. (Haverila ym. 2009, 479-480.)

6.3 Layoutsuunnittelu

Layoutsuunnittelu on hyvin monimutkainen prosessi ja siihen vaikuttavia tekijöitä on paljon. Tuotantojärjestelmän layout on aina kompromissi monista vaihtoehdoista, koska kaikkien tekijöiden suhteen optimaalista ratkaisua ei ole löydettävissä.

Layoutsuunnittelun keskeisenä tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu, kuljetusten ja matkojen minimointi. Tuotannonohjauksen ja tuotannotoiminnan kannalta on edullisinta pyrkiä selkeisiin ja tehokkaisiin materiaalivirtoihin.

Layoutsuunnittelussa on myös otettava huomioon mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet, jos tuotantovolyymi tai tuotetyyppi muuttuu. Muutostarpeiden takia on layoutia pystyttävä muuttamaan joustavasti tarpeen tullen. Mahdolliset muutostarpeet pitää huomioida erityisesti vaikeasti siirrettävien koneiden sijoittelussa. Esimerkiksi maalauslinjat, tuotantolinjat, raskaat koneet ja kiinteät varastorakennelmat on sijoitettava siten, että ne eivät haittaa layoutin myöhempää kehittämistä ja joustavaa muuttamista. (Haverila ym. 2009, 480-482.)

Hyvän layoutin ominaisuudet ovat seuraavat:

- materiaalivirrat ovat selkeät
- layout on helposti ja joustavasti muutettavissa
- materiaalien siirtotarve on pieni
- kuljetusmatkat ovat lyhyet
- erityisosaamista vaativa valmistus on keskitetty samaan paikkaan
- tehtaan sisäisten palvelujen sijoitus käyttöpaikan lähelle
- materiaalien vastaanoton ja jakelun tehokkuus
- sisäisen kommunikaation helppous
- eri valmistusvaiheiden erityistarpeet on otettu huomioon
- kaikki tila on tehokkaasti käytetty, ja
- työturvallisuus ja -tyytyväisyys on otettu huomioon (Haverila ym. 2009, 482).

6.4 Layout-suunnittelun apuvälineet

Uuden tuotantolayoutin suunnittelussa voidaan käyttää monia tekniikoita, mutta niiden tekniikoiden yhteinen tavoite on:

- suunnitelman laatimisen tukena ja apuna toiminen
- idean tai ehdotuksen esilletuominen

Jokainen erilainen menetelmä on käytännöllinen suunnittelun eri vaiheissa ja monia erilaisia apuvälineitä voidaan käyttää toistensa tukena, asian esilletuomiseksi. (Rahkonen, O. & Salo, M. 1986, 9.)

6.4.1 Analyysidokumentti

Analyysidokumentilla tarkoitetaan kirjoitettua muistiota, taulukkoa, matriisia, diagrammia, kaaviota tai luonnosta. Niitä saadaan visualisoitua ongelma ja saadaan tehtyä helposti useita erilaisia vaihtoehtoja suunnittelun alkupuolella. (Rahkonen, O. & Salo, M. 1986, 9.)

6.4.2 Piirustukset

Saadun idean esittämiseen ja muokkaamiseen käytetään ensimmäiseksi luonnosta. Luonnos on hyvin karkea piirros mahdollisesta muutoksesta. Luonnos on sopiva ideointivaiheen väline, koska se on helppo tehdä, se on yksinkertainen ja sitä on helppo korjata ja muuttaa suunnitelmien muuttuessa.

Tämän esitystavan huonona puolena voidaan kuitenkin pitää sitä, että tavallisesti siihen otetaan mukaan liian paljon tietoa yhteen piirustukseen. Piirustuksesta tulee tällöin vaikeasti ymmärrettävä ja sekava. Nykyään, kun yrityksessä on paljon päättäjiä, kenelle suunnitelmat esitellään, on piirustus joskus liian monimutkainen esittämistapa, varsinkin jos piirustus on liian monimutkainen. (Rahkonen, O. & Salo, M. 1986, 12-13.)

7 KEHITYSTOIMENPITEET

7.1 Kehitysehdotukset

Kokoonpanon kehittäminen voidaan karkeasti jakaa kahteen osa-alueeseen: turhan työn poistamiseen ja tarpeellisen työn kehittämiseen. Kuten Kokoonpanon teoria osuudessa sanottiin, turhaa työtä kokoonpanossa on sellainen työ, joka ei jalosta tuotteenarvoa.

Kokoonpanon kehittäminen aloitetaan tekemällä ajankäytöstä aika-analyysi, jotta saadaan selville mitkä työvaiheet kuluttavat aikaa ja miten ajankäyttöä voidaan tehostaa. Ajankäytön mittaamisen tulokset kerätään ylös ajankäyttö analyysin mittaus- taulukkoon, joka löytyy liitteestä 1. Ajankäyttöä analysoimalla voidaan todeta, että kokoonpano solussa on kannattavaa pitää kahta työntekijää, tehokkuuden säilyttä- miseksi.

Kokoonpanossa päädyn työvaiheita jakamalla on kahdelle työntekijälle koko ajan jokin työvaihe, jota voi tehdä toisesta huolimatta. Esimerkiksi kun kokoonpanija yksi asentaa pyöriä päätyyn, niin voi kokoonpanija kaksi asentaa siihen liitoslevyt.

Laakeripesien painaminen vei aikaa kahdeksalta pesältä, jotka menevät yhteen pää- tyyn noin 18 minuuttia, jolloin kokoonpanija teki työtä, joka ei jalosta itse kokoon- pantavaa tuotetta. Jos päätyjä tehdään kolme päivässä, menee aikaa laakeripesien tekemiseen 54 minuuttia, joten viikossa aikaa menee 270 minuuttia. Kyseiset ajat olivat vain yhdessä solussa ja yhdessä vuorossa tapahtuvasta kokoonpanoajan huk- kaanmenosta, jolloin kappaletta ei jalosteta.

Pelkästään yhdellä kokoonpanosolulla omien laakereiden painamiseen kuluu viikossa tunteja, jonka aikana ei kokoonpantava tuote jalostu. Kyseinen asia voitaisiin estää, esimerkiksi palkkaamalla erillinen vastuuhenkilö, ketä valmistaa laakereita kokoon- panijoille. Laakereita pitäisi olla valmiina varastossa muutaman päivän ajalle.

7.1.1 Työkalujen värikoodaaminen

Työkalujen löytäminen vie aina jonkin verran työaika, joten värikoodaamalla esimerkiksi pyörien asennustyökalut, käytettävän työn mukaan voitaisiin nopeuttaa pyörien asennustyökalujen löytämistä ja siten nopeuttaa kokoonpanoa.

Värit pitäisi laittaa siten, että esimerkiksi ECN25 ja ECN32, jotka käyttävät samaa pyörien asennustyökäluä olisi koodattu yhdellä värillä. Sitten ECN 40, EC50 ja ECN 50 koodattaisiin vielä omalla värillänsä, eli olisi neljä eriväristä pyörien asennustyökäluä, jotka löytäisi nopeammin värikoodaamisen jälkeen.

Värikoodaamista voidaan soveltaa myös muuhunkin, kuin pyörien asennustyökäluihin, esimerkiksi akselikampiin, joita käytetään pyöränpyörittämiseen kokoonpanon aikana.

7.2 Kokoonpano-ohjeet

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää kokoonpanoa ja suunnitella sen layout. Kokoonpanossa ei ollut käytössä kunnollisia kokoonpano-ohjeita, joten sen epäkohdan korjaaminen tapahtui opinnäytetyön yhtenä osa-alueena. Työohjeilla työtä saadaan vakiinnutettua, jolloin työ tullaan suorittamaan aina samalla tavalla, sekä siten ehkäistään virheiden määrää.

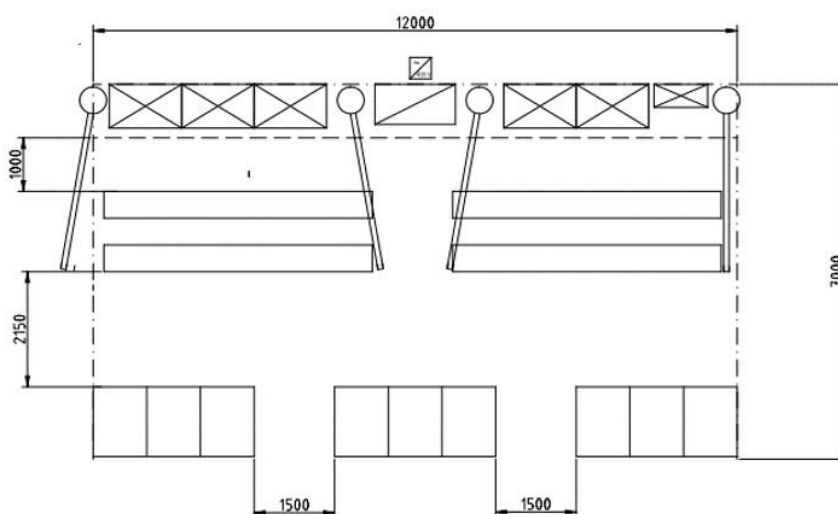
Työn vakiinnuttaminen on tärkeää laadunkannalta, koska silloin virheiden määrä vähenee ja virheisiin puuttuminen on helpompaa, jos jokainen kokoonpanija suorittaa tehtävänsä vakiodulla yhtenäisellä tavalla.

Ohjeiden pitää olla selkeät, sekä helposti ymmärrettävät, jotta siitä olisi hyötyä uudelle ja vanhalle työntekijälle. Ohjeissa käytetään kuvia tekstin apuna, jolla saadaan ohjeista tehtyä helpommin ymmärrettävät. Ohjeissa mainitaan myös työvaiheessa tarvittavat työkalut ja osat.

Kokoonpano-ohjeiden pohjana toimii yrityksissä muiden työpisteiden ohjeissa käytetty pohja, jotta ohjeet olisivat yrityksen sisällä yhtäläiset.

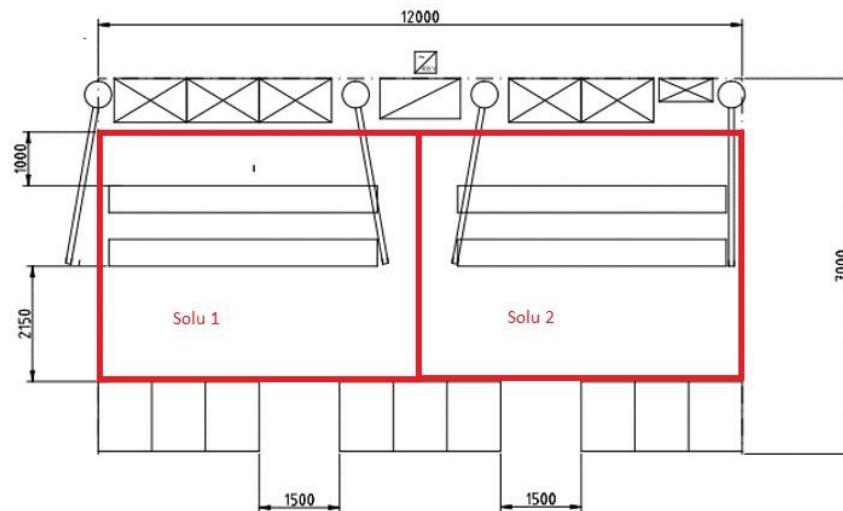
7.3 Layout

Kokoonpanon layout suunnittelu oli aloitettu ennen opinnäytetyötä, joten layout suunnittelu osa opinnäytetyöstä on layoutin kehittämistä ja mahdollisten vaihtoehtojen esilletuomista tulevan muutoksen kehittämiseksi.



Kuvio 3. Kokoonpanon layout, Matti Harsu.

Solut voitaisiin erottaa maalaamalla lattiaan solujen omat alueensa, jotta alueet pysyisivät tehokkaasti käytössä häiritsemättä toisiaan. Kokoonpantavien tuotteiden mitat voivat olla, jopa yli viisi metriä pitkiä. Jos kokoonpano alustat ovat liian lähellä toisiaan, tulee kokoonpanijan työtilasta liian ahdas. Jos kokoonpano alueita ei valvota, voivat alustat liikkua ja päädyt voivat osittain poistua kokoonpano alueelta, jolloin ne voivat häiritä muita työntekijöitä tehtaassa.



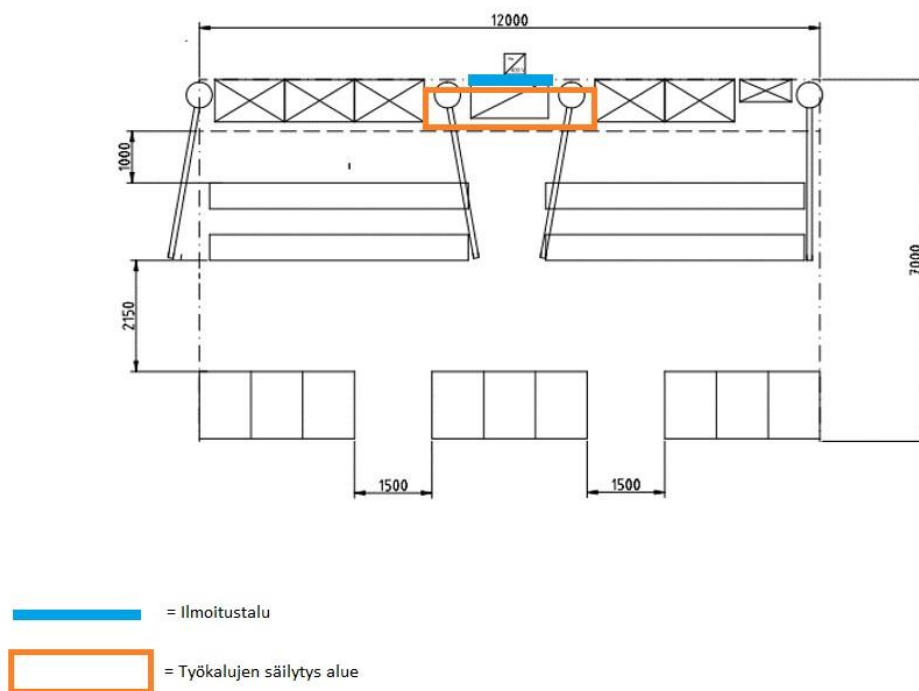
Kuvio 4. Kokoonpano solujen rajat.

Alueet voitaisiin yksinkertaisesti vain rajata maalaamalla kuviossa viisi olevat rajat, jolloin alueet olisivat selkeät työntekijöille. Alueiden rajaamisella saataisiin työpisteet pysymään paikallaan ja siisteinä. Työntekijöillä olisi selvät vastualueet omasta työpisteestänsä, josta he pitäisivät huolta.

Työkaluille pitäisi saada yhtenäinen säilytysalue, koska kaikkia työkaluja ei ole molemmille soluillensa omiansa. Työkaluille ja ilmoitustaululle voitaisiin tehdä paikka keskelle kokoonpanoaluetta, jolloin se olisi molempien kokoonpanopisteiden läheisyydessä.

Ilmoitustaulun hyödyt työpisteiden keskelle olisi se, että siihen voitaisiin laittaa viikoittainen kokoonpanolista, josta kokoonpanijat voisivat itse tarkistaa, mikä tuote otetaan seuraavaksi kokoonpantavaksi.

Työkalujen säilyttämiseen voitaisiin käyttää pöytää ja työkalutaulua. Jokaiselle työkalulle tehtäisiin oma vakioitu säilytyspaikka, jolloin sen löytäminen on jokaiselle työntekijälle helppoa.



Kuvio 5. Ilmoitustaulu ja työkalujen säilytysalue.

Työkalujen säilytysalueelle laitetaan niitä työkaluja, jotka ovat tarpeellisia kokoonpanossa päivittäin. Työkalut joita ei tarvita päivittäin, mutta joille on käyttöä viikoittain voitaisiin säilyttää esimerkiksi kokoonpanosolujen läheisyydessä olevassa kaapissa.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli kokoonpanon kehittäminen ja layoutin suunnittelu Urjala Works Oy:lle. Opinnäytetyössä panostettiin enemmän kokoonpanon kehittämiseen, kuin layoutin suunnitteluun, koska layout suunnittelua oli aloitettu ennen opinnäytetyön aloittamista, joten opinnäytetyön layout-osuus pohjautuu mahdollisiin muutoksiin ja ehdotuksiin tulevaan uuteen layouttiin. Opinnäytetyössä kerättiin myös mahdollista teoriaa jatkuvan kehityksen ja tulevien kehittämisajastusten tueksi.

Kokoonpanon kehittämisideoita lähdettiin hakemaan tekemällä itse kokoonpanotyötä, sekä keskustelemalla muiden kokoonpanijoiden kanssa. Mahdollisia kehitysideoita tuli paljon esille.

Kokoonpanolle suoritettiin myös ajankäytön analysointia, koska sen avulla saadaan selvitettyä mihin kokoonpanossa kuluu aikaa ja mistä sitä voitaisiin säästää. Ajankäyttöä mitattiin minuutin tarkkuudella työn ohessa, kahdessa rinnakkaisessa solussa, joista laskettiin keskiarvo ja saaduille tuloksille suoritettiin analyysi, josta huomataan, että laakeripesien tekeminen vei kokoonpanijalta tuotteen jalostamisaikaa viikossa huomattavasti.

Puutteeksi havaittiin kokoonpanosta puuttuvan kokoonpano-ohjeet, joten siitä tuli opinnäytetyön päätuotos. Yleisohjeilla saadaan yhtenäistettyä kokoonpanotyötä ja ylläpidettyä laatua. Ohjeet ovat myös hyvä muistiapu uusille työntekijöille, joilla voi tulla hetkellisesti ongelmia, mitä seuraavaksi pitäisi tehdä ja millä työkaluilla.

Kokoonpano-ohjeet menivät heti yrityksen laatujärjestelmän käyttöön ja kokoonpanopisteille kokoonpanijoiden käyttöön. Kokoonpanossa ei suoritettu layoutmuutoksia opinnäytetyön aikana, joten ne olivat mahdollisia kehittämisideoita layoutille. Opinnäytetyön lopputulos oli kuitenkin varsin onnistunut.

LÄHTEET

Malmberg, K., & Kauppinen, V. (1987). *Manuaalisen kokoonpanon tehostaminen*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus: Suomen metalliteollisuuden keskusliitto

Malmberg, K. (1987). *Kokoonpanon työkalut ja välineet*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Baudin, M. (2002). *Lean assembly: The nuts and bolts of making assembly operations flow*. New York: Productivity Press.

(1984). *Asetusaikojen lyhentäminen*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Ihalainen, E., & Aaltonen, K. (1991). *Valmistustekniikka* (3. uud. p.). Espoo: Otatiето.

Aaltonen, K., Aromäki, M., Sihvonen, P., Puronto, A., Niemi, E., Vierimaa, K., . . . Ihalainen, E. (2003). *Valmistustekniikka* (10. muuttum. p.). Helsinki: Otatiето.

Ihalainen, E. K., Ihalainen, E., & Aaltonen, K. (1995). *Valmistustekniikka* (5. uud. p.). Helsinki; Espoo: Otatiето.

Tuominen, K. (2010). *Lean käytännössä*. Helsinki: Readme.fi.

Tuominen, K. (2010). *Lean - kohti täydellisyyttä: Itsearviointin oppi- ja työkirja*. Helsinki: Readme.fi.

Gröndahl, P., Arnström, A., Hakala, I., & Ikonen, E. (1981). *Valmistuksen ja materiaalivirtauksen hajautettu ohjaus*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus: Suomen metalliteollisuuden keskusliitto

Rahkonen, O., & Salo, M. (1986). *Layoutsuunnittelun apuvälineet*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus: Suomen metalliteollisuuden keskusliitto

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., & Torvinen, S. (1997). *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo; Helsinki; Juva: WSOY.

Tuominen, K. (2010). *Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen - 5S: Mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista?* Helsinki: Readme.fi.

Liker, J. K., Niemi, M., & Liker, J. (2012). *Toyotan tapa Lean-johtamiseen*. Helsinki: Readme.fi.

Uusi-Rauva, E. (2009). *Teollisuustalous* (6. p.). Tampere: Infacs.

<http://www.urjalaworks.com/> luettu 18.5.2016

KUVIOT

Kuvio 1. Rinnakkaiset työasemat (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,15).

Kuvio 2. Kokoonpanosolu (Malmberg, K. & Kauppinen, V. 1987,15).

Kuvio 3. Kokoonpanon layout Matti Harsu (17.5.2016)

Kuvio 4. Kokoonpano solujen rajat.

Kuvio 5. Ilmoitustaulu ja työkalujen säilytysalue.

LIITTEET

Liite 1. Ajankäytön analysointia varten tehty ajan mittaamistaulukko.

Liite 2. Ajankäytön mittausten tulokset.

Liite 3. Kokoonpanon Yleisohje

LIITE 1

AJANKÄYTÖN ANALYSOINTI TAULUKKO TYHJÄ (vain työnti-
laajan käyttöön)

LIITE 2

AJANKÄYTÖN ANALYSOINTI TAULUKKO TULOKSET (vain
työntilaajan käyttöön)

LIITE 3

KOKOONPANON YLEISOHJE (vain työntilaaajan käyttöön)