



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LAYOUTIN JA TYÖMENE- TELMIEN SUUNNITTELU

HT Laser Oy

TEKIJÄ/T: Timo Leinonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Timo Antti Oskari Leinonen	
Työn nimi Layoutin ja työmenetelmien suunnittelu	
Päiväys 6.6.2017	Sivumäärä/Liitteet 35/0
Ohjaaja(t) lehtori Pertti Varis, yrityspalvelupäällikkö Pentti Halonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) HT Laser Oy Vieremä	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella layoutvaihtoehtoja HT Laser Oy:n Vieremän yksikköön. Aihe ilmeni yrityksen uuden kuitulaserteknologiaa hyödyntävän laserleikkurin hankinnan myötä. Koska vanhoja laitteita ei poistettu käytöstä täytyi tiloja järjestellä uudelleen, koska uusi kone vaati suuren tilan lattian pinta-alasta. Uudesta layoutista haluttiin luoda tehokas ja materiaalivirtauksesta selkeä. Työn toisena tavoitteena oli vertailla tehtaan nykyisten laserleikkurien sekä tulevan laitteen eroja uuden koneen työmenetelmien löytämiseksi.</p> <p>Työssä on käsitelty lasertyöstöä, layoutsuunnittelun perusteita, erilaisia layouttyyppejä ja muita layoutiin ja sen valintaan vaikuttavia asioita. Suunnittelutyön lähtökohtana käytettiin yrityksen esittämiä toiveita, havaintoja ja mielipiteitä sekä layoutin valinnan tärkeimpiä tekijöitä kuten muunneltavuutta, materiaalivirtoja, käyttöönoton haasteita ja huomioon otettavia muita tiloja kuten varastoja. Ennen vaihtoehtojen suunnittelua tutustuttiin myös tehtaan materiaalivirtauksiin, pohjapiirroksiin sekä työmenetelmiin. Sen jälkeen suunniteltiin kolme vaihtoehtoa uuden koneen sijoituspaikasta, joista valittiin paras vaihtoehto. Parhaasta vaihtoehdosta suunniteltiin vielä toteutettavissa olevia muunnoksia vaihtoehdon parantamiseksi. Suunnittelussa apuna käytettiin Dassault Systemesin ilmaista DraftSight-ohjelmaa, jonka avulla vaihtoehdoista luotiin piirustukset. Työmenetelmien suunnittelussa vertailtiin uuden koneen leikkauspinnan laatua sekä leikkausnopeutta tehtaan nykyisiin laserleikkureihin koe leikkeiden ja laitevalmistajilta saatujen arvojen avulla.</p> <p>Tuloksena toimeksiantaja sai toisistaan poikkeavia layoutvaihtoehtoja, joita se voi hyödyntää halutessaan. Uuden koneen leikkauspinnan laatu todettiin vanhoja laserleikkureita terävämmäksi ja leikkausnopeus vanhoja koneita nopeammaksi. Työ jätti mahdollisuuden jatkotyölle, jossa mitattaisiin layoutin tehokkuutta.</p>	
Avainsanat layoutsuunnittelu, työmenetelmien suunnittelu	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Timo Leinonen			
Title of Thesis Layout Design and Planning Working Methods			
Date	June 6, 2017	Pages/Appendices	35/0
Supervisor(s) Mr Pertti Varis, Senior Lecturer and Mr Pentti Halonen, Corporate Services Manager			
Client Organisation /Partners HT Laser Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to create layout options for HT Laser Ltd Vieremä unit. The company acquired a new laser cutter that takes a large area of floor space and old machinery was not removed. The company wanted the new layout to be effective with good material flow. Another aim was to compare the differences between the existing laser cutter and the arriving machine to find work methods for the new machine.</p> <p>The design work was based on the principles of layout design, the opinions of the employees and management, the current material flow and working methods, modifiability of layout and the current layout of the factory. First, three layout options were designed for the placement of the new machine, of which the best option was chosen. Modifications were made to improve the layout. To plan the working methods to be used, the surface quality and cutting speed of the new machine were compared to the old laser cutting machines.</p> <p>As a result of the project, three different layout options were designed. The quality of the surface cut with the new machine was proved to be better than the surface cut with the old laser cutter. The cutting speed was proved faster. Later on, for instance the effectivity of the new layout can be investigated if required.</p>			
<p>Keywords layout design, planning working methods</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	HT LASER OY	8
3	LASERTYÖSTÖ	9
3.1	Hiilidioksidilaserit	9
3.2	Kuitulaser	10
4	LAYOUTTYYPIT	11
4.1	Solulayout	11
4.2	Tuotantolinja	12
4.3	Funktionaalinen layout	13
4.4	Tuotetehtaat ja verstaat	14
5	LAYOUTIN SUUNNITTELU JA VALINTA	15
5.1	Layoutin valinta	15
5.2	Layoutin suunnittelu ja siinä huomioitavat asiat	15
5.2.1	Layoutsuunnittelun tavoitteet.....	16
5.2.2	Virtaus	17
5.2.3	Layoutin muunneltavuus.....	17
6	MATERIAALINHALLINTA	18
6.1	Varastojen luokittelu	18
6.1.1	Puskurivarastot	18
6.1.2	Väliavarastot	18
6.1.3	Kuljetusten aiheuttamat varastot.....	19
6.1.4	Varmuusvarastot laatuvirheiden vuoksi	19
6.2	Logistiikka	19
7	TYÖMENETELMÄSUUNNITTELU	20
8	LAYOUTSUUNNITTELU TYÖ	21
8.1	Lähtökohdat	21
8.2	Suunnittelutyö	21
8.2.1	Nykytilanne.....	22
8.2.2	Työntekijöiden haastattelut.....	24
8.2.3	Suunnittelun rajoitukset.....	24
8.3	Työmenetelmien suunnittelu.....	25

9	TYÖN TULOKSET	26
9.1	Ensimmäiset layoutvaihtoehdot.....	26
9.1.1	Vaihtoehto 1	26
9.1.2	Vaihtoehto 2	27
9.1.3	Vaihtoehto 3	28
9.2	Vaihtoehtojen arviointi	29
9.3	Tarkemmat suunnitelmat valitusta vaihtoehdosta	30
10	TYÖMENETELMIEN SUUNNITTELU.....	32
11	YHTEENVETO.....	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	34

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on layoutin suunnittelu HT Laser Oy Vieremälle. Opinnäytetyöni aihe syntyi keväällä 2017, kun yrityksen tiloihin päätettiin hankkia uusi laserleikkuri. Koska uusi kone vie paljon tilaa tehtaasta on tehtävänäni suunnitella, miten se saataisiin sijoiteltua järkevästi ilman materiaalien virtauksen, varastojen tai kulkureittien toiminnan häiriintymistä. Suunnittelutyössä täytyi ottaa huomioon myös mahdolliset tehtaan laajennukset ja tulevat laitehankinnat. Toisena tavoitteena oli suunnitella uuden leikkurin työmenetelmiä, ja sitä, mitä materiaaleja sillä kannattaisi leikata.

Työ sisältää johdannon lisäksi yritysesittelyn, teoriaa lasertyöstöstä, tietoa erilaisista layouttityypeistä ja niiden erityispiirteistä, teoriaa layoutsuunnittelusta ja layoutin valinnasta sekä teoriaa materiaalinhallinnasta ja varastoinnista ja erilaisista varastotyypeistä. Lopuksi suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden perusteella arvioidaan eri vaihtoehdot sekä niiden hyvät ja huonot puolet ja erityispiirteet, ja selvitetään uuden leikkurin työmenetelmiä.

2 HT LASER OY

HT Laser on suomalainen levynkäsittelyyn erikoistunut perheomisteinen yritys, jolla on toimipisteitä seitsemällä eri paikkakunnalla Suomessa ja yksi Puolassa. Suurin yksikkö sijaitsee Vieremällä Pohjois-Savossa. HT Laser on erikoistunut eripaksuisten teräslevyjen laser-, plasma- ja polttoleikkaukseen sekä levyn jatkojalostukseen, kuten koneistukseen, särmäykseen ja hitsaukseen. Yritys työllistää 307 työntekijää ja vuonna 2014 yrityksen liikevaihto ylitti 48 miljoonaa euroa. (HT Laser Oy, Yrityksen kotisivut)

HT Laserin vahvuuksiin kuuluu nykyaikainen leikkuukapasiteetti ja asiakaslähtöisyys. Yritys tarjoaa asiakkaille myös suunnittelupalvelua. Yritys palvelee jopa yli tuhatta asiakasta, joista suurimpia ovat mm. Ponsse, Normet ja Ratesteel. (HT Laser Oy, Yrityksen kotisivut)

3 LASERTYÖSTÖ

Laservaloilmiö esiteltiin teoreettisesti jo vuonna 1912. Ensimmäinen laite pystyttiin kehittämään 60-luvun lopulla. Sana laser on lyhenne englannin kielen sanoista: *Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation*. Suomeksi se tarkoittaa valoa, joka on vahvistettu stimuloitujen emissioilla. (Kujanpää, Salminen, Vihinen 2005, 33.)

Lasertyöstöä on käytetty osana teollista tuotantoa 80-luvun lopulta lähtien. 90-luvulla lasertyöstön sovellukset alkoivat kehittyä kovaa vauhtia. Perinteisesti sitä käytetään konepajateollisuudessa, jossa laserleikkaus ja -merkkäus ovat vakiintuneita työstömenetelmiä. Myös elektroniikkateollisuus käyttää leikkaus- ja merkkäusteknologiaa hyväkseen. Laserteknologian mahdollisuuksista teollisessa tuotannossa hyödynnetään vain murto-osaa. Teknologian tuntemisesta olisi hyötyä myös tuote- ja laite suunnittelussa, jotta kaikkia mahdollisuuksia voitaisiin hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Laserleikkauksen ja -merkkäuksen lisäksi muita laserteknologian sovelluksia ovat mm. hitsaus, poraus ja juotto. (Kujanpää, ym 2005, 14 - 15.)

Laserleikkauksessa materiaalia sulattava lasersäde ohjataan työstettävään materiaaliin ja sen läpi muodostaen halutun muotoisen osan eli leikkeen. Leikkaus, kuten muutkin lasertyöstön muodot käyttävät hyväksi lasersäteen materiaaliin absorboituvaa osaa. Absorboitunut osa laserenergiasta muuttuu lämmöksi materiaalissa ja sulattaa sitä. Lasersäteestä saadaan peilien ja linssin avulla luotua niin tiheä, että se lävistää materiaalin. Pistettä, johon säteen keskitetään, kutsutaan polttopisteeksi. Polttopiste sijaitsee yleensä hieman leikattavan materiaalin pinnan yläpuolella ja sen halkaisija on noin 0,1 - 0,6 mm. Prosessissa syntyvä sula metalli ohjataan pois leikkauksesta puhallettavan kaasun avulla. Tulevaisuudessa laserleikkauksen erilaiset menetelmät tulevat yleistymään paljon 3D-tulostuksen myötä. 3D-tulostustettujen kappaleiden laserleikkaus asettaa leikkureille uusia haasteita leikkuupään liikehdinnän aikaansaamisessa. Liikkeestä johtuvia ongelmia on ratkaistu siirtämällä lasersäde leikkäuslaitteistoilta optista kuitua pitkin robotteihin, jotka liikuttavat sädettä kappaleen pinnalla. (Kujanpää, ym 2005, 21 - 23.)

Lasersäde syntyy resonaattorissa, jossa voimakas sähkövirta saa hiilidioksidimolekyylin vapauttamaan fotonin. Jos vapautunut fotoni törmää toiseen hiilidioksidimolekyyliin, molekyyli luovuttaa myös fotonin. Näin energia vahvistuu, sillä törmännyt fotoni jatkaa myös liikettään ja saa aikaan lisää fotoneja. (Kujanpää, ym 2005, 53 - 56.)

3.1 Hiilidioksidilaserit

Hiilidioksidilaserleikkurit ovat erittäin yleisiä laserleikkureita suomalaisissa tehtaissa. Hiilidioksidia hyödynnetään leikkureissa kaasumaisessa muodossa. Muita tärkeitä kaasuja hiilidioksidilasereissa ovat typpi ja helium. Lasersäde muodostuu resonaattorissa, jossa laserreaktion muodostavaan aineeseen johdetaan sähkövirtaa. Reaktio kaasusta typpi aktivoi hiilidioksidimolekyylin ja helpottaa sähköenergian siirtymistä laserointi prosessiin. Typen osuus resonaattorin kaasusta on noin 13 - 35

% . Heliumin tehtävänä taas on viilentää prosessia. Helium kuumentuu resonaattorissa, minkä jälkeen se jäädytetään jäädyttimessä. Heliumin osuus resonaattorin kaasusta on noin 60 - 85 %. Itse hiilidioksidin osuus hiilidioksidilasereiden resonaattorikaasuista on noin 1 - 9 %. Laserleikkauslaitteen hyötysuhteella tarkoitetaan laitteen lasersäteen tehon suhdetta sen muodostamiseen tarvittuun sähkötehoon. Hiilidioksidilaserien hyötysuhde ei ole kovin korkea; parhaimmillaankin se on vain noin 21 %. (Kujanpää, ym 2005, 54 - 55.)

3.2 Kuitulaser

Teknologian kehittyessä vaaditaan leikkauspinnalta ja sen saavuttavalta säteen laadulta yhä enemmän. Myös taloudellisuuden kannalta halutaan parempaa hyötysuhdetta leikkuukoneille. Asiakkaiden vaatimusten kasvamisen myötä laitteen valmistajat ovat kehitelleet laserleikkaukseen uusia teknologioita, joista yksi on kuitulaser. (Kujanpää, ym 2005, 68.)

Kuitulaserissa saadaan aikaan parempi hyötysuhde kuin hiilidioksidilasereissa synnyttämällä lasersäde suoraan optisen kuidun sisään. Toisin kuin hiilidioksidilasereissa, kuitu toimii itsessään resonaattorina ja sen ytimeen on seostettu laseroivia väliaineita, joita pumpataan diodilaserilla. Pumppausvalo tuodaan sitään kuituun niin, että se läpäisee laseroivia väliaineita sisältävän ytimen useita kertoja kimpoillen kuidun sisäreunoilta takaisin kokonaisheijastuksen avulla. Kuidun heijastavan sisäpinnan ansiosta pumppausenergia voi edetä kuidun sisällä ilman häviötä. Kuitulaserin säteen laatu on erittäin hyvä, koska ytimestä voidaan tehdä rakenteeltaan ohut. Kuitulaserissa saavutetaan suuri teho sen modulaarisen rakenteen ansiosta, jossa monta lasersädettä yhdistetään toisiinsa. (Kujanpää, ym 2005, 68.)

4 LAYOUTTYYPIT

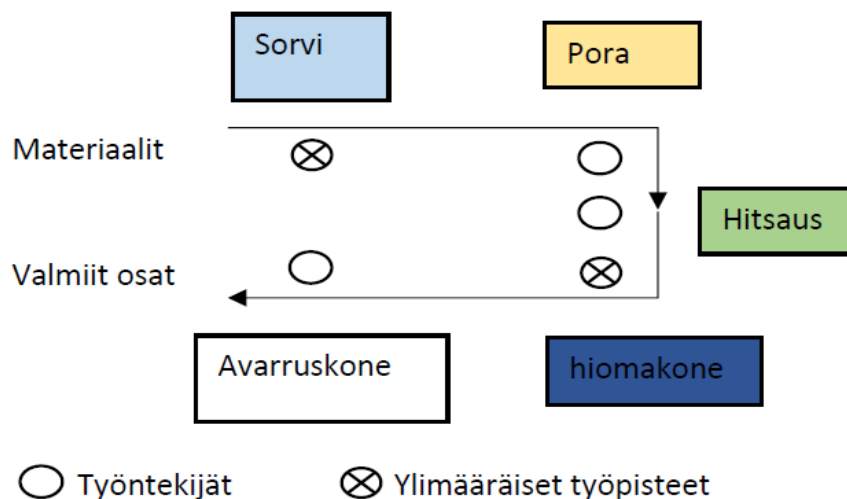
Layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin niiden työnkulun ja laitteiden sijoittelun tavan mukaan. Nämä kolme päätyyppiä ovat solulayout, tuotantolinjalayout ja funktionaalinen layout. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 475)

4.1 Solulayout

Solulayoutia (Kuva 1) voidaan pitää funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan sekoituksena. Yksittäinen solu muodostaa tehtaassa oman kokonaisuutensa, joka on itsenäinen ja yleensä riippumaton muun tehtaan toiminnasta. Solu koostuu siihen sijoitetuista työpisteistä ja koneista. Se on usein erikoistunut tiettyjen tuotteiden valmistukseen, tai suorittaa vain sille annettua työvaihetta. Solun sisällä ei ole tarvetta työkappaleiden välivarastoille, koska sen materiaalivirtaus on nopeaa ja jouhevaa. Myös läpäisyajat ovat lyhyet verrattuna funktionaaliseen layoutiin. Solu valmistaa lyhyillä asetusajoilla joustavasti sille suunniteltua tuotetta. Oman työtehtävänsä puitteissa solu on tehokkaampi jouhevampi kuin tuotantolinja ja funktionaalinen layout. (Haverila, ym 2009, 475 - 478)

Solun toiminnan ohjaaminen on helppoa, koska solu kokonaisuutena on vain yksi kuormituspiste. Tuotantomäärät soluissa voivat vaihdella yksittäisistä kappaleista muutaman kymmenen kappaleen sarjoihin. Solua on helppo johtaa myös laadunvalvonnan kannalta, koska peräkkäiset työvaiheet ovat peräkkäin ja virheet helppo ja nopea korjata. Myös virheiden löytyminen helpottuu. Koneiden käyttöasteet ja henkilömäärät voivat soluissa vaihdella suuresti. Yleensä solussa työskentelee noin 1 - 6 henkilöä, mutta joskus myös enemmän. Koska solu on keskittynyt vain tiettyyn työvaiheeseen tai tuotteeseen, se on herkkä tehtaan tuotteiden vaihtumiselle ja valmistusmäärien muutoksille. (Haverila, ym 2009, 475 - 478)

Solulayoutin on huomattu vaikuttavan myönteisesti työntekijöiden viihtyvyyteen ja työmotivaatioon. Solussa työntekijät vastaavat pitkälti itse työtehtävien jaosta ja tehtävien kierrättämisestä työntekijöiden välillä. Työntekijät voivat myös itse suunnitella työtehtävänsä helpommin. (Haverila, ym 2009, 478)

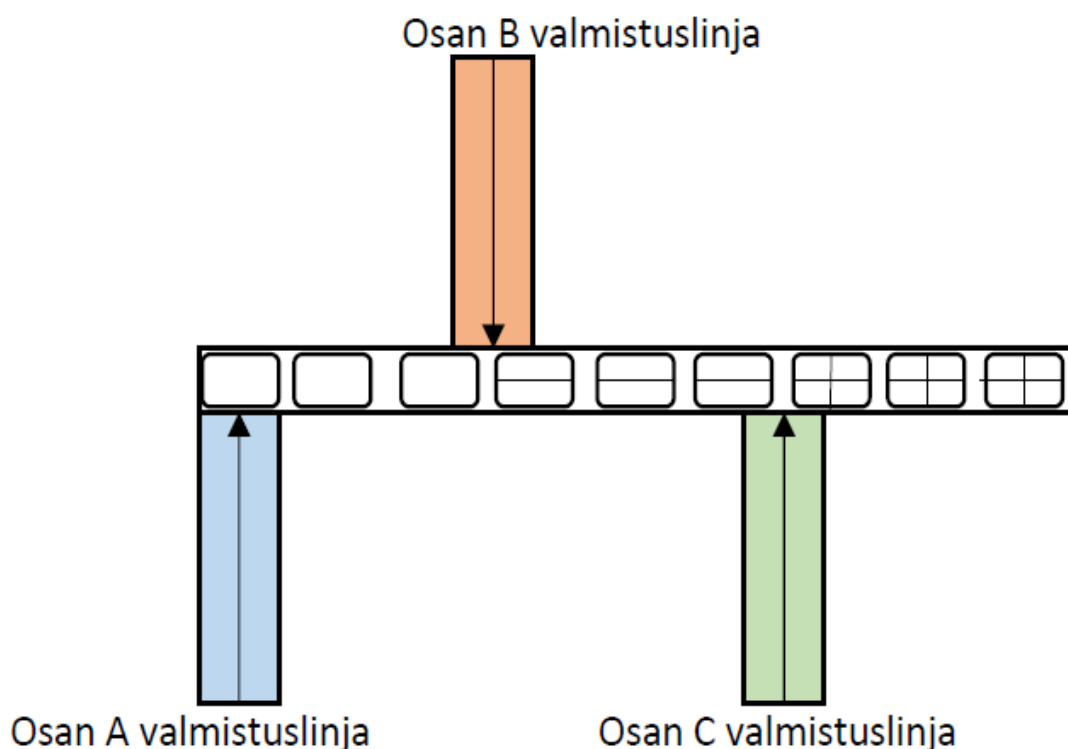


Kuva 1 Solulayout (Haverila, ym 2009, 478.)

4.2 Tuotantolinja

Tuotantolinjassa (Kuva 2) on valmistukseen liittyvät koneet aseteltu tuotteen työvaiheiden mukaiseen järjestykseen. Tuotantolinja on erikoistunut vain sellaisten tuotteiden valmistamiseen, joiden valmistuksessa ei ole paljon vaihtelua. Valmistettavia tuotteita voi siis olla esimerkiksi vain yhdestä kahteen erilaista. Usein tuotantolinja hyödyntää automatiikkaa valmistuksessa ja työkappaleiden siirtämisessä työpisteeltä toiselle. Tuotantolinja on yritykselle kallis perustaa. Siksi se kannattaa perustaa vain, jos havaitaan tietyn tuotteen kysynnän olevan erittäin suurta. Tuotantolinja pystyy tuottamaan tiettyä tuotetta nopeasti ja tehokkaasti ja näin valmistettavan tuotteen hinta saadaan alhaiseksi. (Haverila, ym 2009, 475 - 476)

Koska tuotantolinjalla valmistus on nopeaa, se pystyy valmistamaan nopeasti myös viallisia kappaleita. Siksi sen käyttöönotto yritykseltä vaatii myös hyvää laadunvalvonnan osaamista. Häiriöt linjassa aiheuttavat nopeasti suurtakin tappiota nopean valmistuksen takia. Linjan kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa, koska koneet on sijoitettu lähelle toisiaan ja matkat työvaiheelta toiselle ovat tärkeitä linjan tehokkuuden kannalta. Tuotteen vaihtaminen toiseksi on hidasta, koska se vaatii asetusajan muuttamista kaikilta linjan työpisteiltä ja suunnittelua tuotteiden valmistuksen suhteen. Tuotannonohjauksen kannalta tuotantolinja on helppo käsiteltävä, koska työnkulku ja työvaiheistus ovat selkeää. Tuotannonohjaus käsittää sen yhdeksi ohjattavaksi kokonaisuudeksi. (Haverila, ym 2009, 475 - 476)



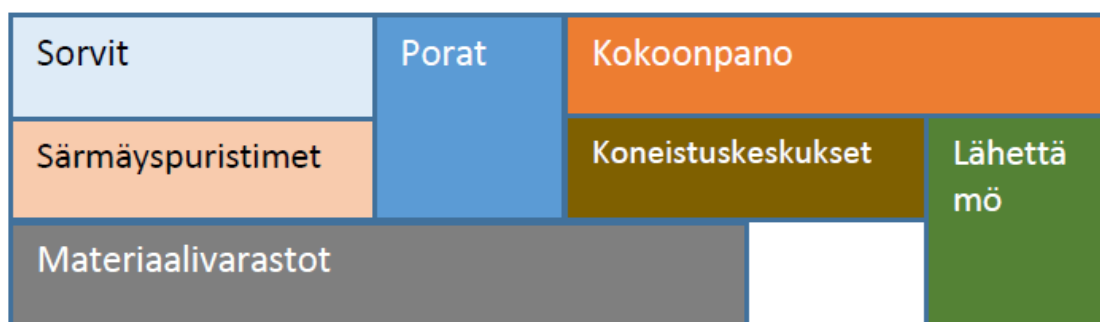
Kuva 2 Tuotantolinjalayout (Haverila, ym 2009, 476.)

4.3 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen layout (Kuva 3) on layouttyyppi, jossa koneet ja työpisteet on lajiteltu tehtaaseen niiden toiminnan ja työtehtävän mukaisesti. Esimerkiksi särmäyskoneet särmäysosastolla, porat porausosastolla jne. Koneiden ryhmittelyn vuoksi sitä kutsutaan myös teknologiseksi layoutiksi. Funktionaalinen layout on tuotantolinjaa helpompi ja edullisempi toteuttaa. Se on myös tuotantolinjaa joustavampi tuotantomäärien ja työkappaleiden vaihtelun suhteen. Tuotantolinjan tuottavuus on kuitenkin funktionaalista layoutia korkeampi. (Haverila, ym 2009, 475 - 476)

Funktionaalinen layout on hyvä valinta tehtaaseen, jonka tuotantomäärissä ja tuotteissa on paljon vaihtelua. Määrät voivat vaihdella yksittäisistä kappaleista suuriinkin sarjoihin. Tehtaan konekannan tulisi olla monipuolinen ja sisältää erilaisiin töihin soveltuvia yleiskoneita. Työtehtävien suuren vaihtelun vuoksi automaation käyttö funktionaalisessa layoutissa on hyvin hankalaa. Myös tuotannonohjaus on haastavaa. Jokainen kone on oma ohjattava yksikkönsä, joihin jonottavien töiden järjestykseen tuotannonohjaus perustuu. Keskenpäisen tuotannon määrä on yleensä suuri. Työjonot ovat pitkiä ja läpäisy aika pitkä. Etäisyydet työpisteiden välillä lisäävät materiaalien käsittely- ja kuljetuskustannuksia. Laadunhallinta on hankalaa työpisteiden etäisyyksien ja välivarastojen takia. Koneiden käyttöasteet jäävät alhaisiksi suuren materiaalin käsittelyn ja kuljetusten takia. (Haverila, ym 2009, 475 - 476)

Koska koneet on jaoteltu tehtaassa omiin osastoihinsa, on funktionaalisen layoutin suunnittelun tärkein tehtävä vähentää eri osastojen väliset työkappaleiden ja materiaalien kuljetukset minimiin. Suuret, vaikeasti liikuteltavat koneet tulee sijoittaa paikoille, jotka mahdollistavat osaston kasvun tulevaisuudessa. Funktionaalisen layoutin tulee olla helposti muunneltava, mikä täytyy ottaa huomioon niin laitteita sijoiteltaessa kuin laitehankintoja tehtäessä. Laitehankinnoissa tulee suosia koneita, joilla joustava valmistaminen on mahdollista. (Haverila, ym 2009, 481 - 483)



Kuva 3 Funktionaalinen layout (Haverila, ym 2009, 477.)

4.4 Tuotetehtaat ja verstaat

Tuotetehtaisiin ja verstaisiin jako tarkoittaa suurissa yrityksissä tuotannon jakoa yksiköihin. Tehdas ja verstaat tarkoittavat samaa asiaa, mutta nykyään varsinkin suurien tehtaiden sisäisistä toimittajista käytetään termiä tuotetehtas. (Haverila, ym 2009, 478 - 479)

Tuotetehtas on suuri omaan toimintaansa erikoistunut yksikkö tehtaassa, jolle on määritetty jokin oma valmistettava tuotteen tai osavalmistusprosessinsa. Tuotetehtaassa työskentelee noin 30 - 100 henkilöä ja sillä on oma johtonsa. Se vastaa omasta materiaalin hankinnastaan ja sillä on omat tuottavuus- ja laatu vastuunsa. Tuotetehtas on tehtaan oma sisäinen asiakas tai toimittaja, jonka ohjaaminen on siksi helppoa. Helppo ohjaaminen onkin suuri syy siihen, miksi tuotetehtaita perustetaan. Se on kuin suuri solu, jonka valmistusprosessia on helpompi ohjata, kehittää ja siten myös automatisoida. (Haverila, ym 2009, 478 - 479)

5 LAYOUTIN SUUNNITTELU JA VALINTA

5.1 Layoutin valinta

Tehtaan layouttyypin valintaan vaikuttavat tehtaassa tuotettavien tuotteiden vaihtelevuus ja määrä. Jos tuotevalikoima on suuri ja tuotantomäärät pieniä on funktionaalinen layouttyyppi paras vaihtoehto. Tuotantolinja on paras vaihtoehto, jos tuotantomäärät ovat suuria ja tuotevalikoima pieni. Solulayoutia voidaan pitää kahden edellä mainitun välimuotona. Se on parhaimmillaan silloin, kun tuotantomäärät eivät riitä tuotantolinjan käyttöönottoon mutta samoja tuotteita valmistetaan kuitenkin toistuvasti. Tuotevalikoima ei saa solulayoutissa olla liian suuri, muuten solujen olisi liikaa. Solulayout on tuotantolinjaa sopeutuvaisempi tuotannon muutoksiin. (Haverila, ym 2009, 475 - 479)

Tehtaan layout on usein kokonaisuudessaan erilaisten layouttyyppien summa, jossa layout vaihtelee tuotteen valmistusprosessien mukaan. Tuotantolinja voi olla kokoonpanolinja, jonka osat valmistetaan solussa tai funktionaalisesti ja liitetään osaksi linjaa. Solutuotantoa voi esiintyä myös funktionaalisesti järjestetyssä tehtaassa, jos soluntuotantoon soveltuva tuote saadaan sulautettua siihen. Nykyaikainen tuotantoautomaatio on helpottanut valmistuksen mukauttamista muuttuviin tuotantomääriin ja tuotteiden vaihteluun. Sen avulla yritetään saada joustavuutta erilaisten tuotteiden valmistusprosesseihin ja laskea näin ollen valmistuksen asetusaikoja. Menetelmää, jolla erilaisten tuotteiden samankaltaisuutta käytetään valmistuksessa hyväksi, kutsutaan ryhmäteknologiaksi. Sen tavoitteena on löytää valmistusmenetelmistä samankaltaisuuksia, jotta eri tuotteita voitaisiin valmistaa samoilla tavoilla. Jos riittävä määrä erilaisia tuotteita saadaan valmistettua samalla valmistusprosessilla, voidaan perustaa solu tai tuotantolinja. (Haverila, ym 2009, 475 - 480)

5.2 Layoutin suunnittelu ja siinä huomioitavat asiat

Layoutsuunnittelu tarkoittaa kuljetusväylien, välivarastojen, valmistusyksiköiden ja solujen sijoittelua ja suunnittelua tehtaan tiloihin. Layoutsuunnittelu jaetaan yleensä suppeaan ja laajaan merkitykseen. Laajassa käsityksessä tarkastellaan koko sijoittelun sisältävän järjestelmän suunnittelua. Suppea käsite sisältää vain fyysisten osien, kuten työkoneiden ja työpisteiden, sijoittelun tarkastelun. Suppeassa merkityksessä sijoitelluilla koneilla otetaan huomioon myös materiaalivirrat ja kulkureitit. Käytävät ovat myös tärkeitä tehtaan layoutissa ja niille täytyy jättää tilaa tarpeeksi esimerkiksi trukkiikenteelle. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 309)

Layoutin suunnitteluun on kehitetty apuvälineeksi myös tietokonepohjaisia suunnitteluohjelmia, jotka optimoivat layoutin ohjelmaan syötettyjen tilojen ja valmistusyksiköiden riippuvuuksien perusteella. Tietokoneesta on hyötyä layoutin ja koko järjestelmän toiminnan simuloinnissa sekä layoutvaihtoehtojen vertailussa ja tulostuksen apuvälineenä. Tarkkaan työpisteiden ja vaiheistuksien suunnitteluun tietokonetta ei kuitenkaan kannata käyttää, koska on havaittu, että paras lopputulos saadaan, kun työpisteillä työskentelevät henkilöt saavat itse suunnitella ja muokata työskentelytilaansa. (Lapinleimu, ym 1997, 309 - 310)

Tuotantolaitoksen oikean layoutin valinta ja suunnittelu on pitkä prosessi. Erilaisia huomioon otettavia asioita on laitoksen koon mukaan paljon. Lopullisessa layoutissa kaikki osapuolet joutuvat joustamaan ihannelanteestaan. Sitä, miksi lopullinen layout tulisi olla jonkin toisen tekijän kannalta parempi kuin toisen, voidaan puntaroida hyötyarvomatriisin avulla. Hyötyarvomatriisissa eritellään layoutin tärkeät tekijät ja niille annetaan oma painoarvonsa, joka ilmaisee, kuinka tärkeänä tekijää layoutin kannalta pidetään. Tämän jälkeen eri vaihtoehdot pisteytetään tekijöidensä suhteen ja lasketaan pisteet yhteen parhaan vaihtoehdon löytämiseksi. (Haverila, ym 2009, 480 - 481)

Perustekijöinä layoutsuunnittelussa voidaan pitää seuraavia:

- Tuotteiden rakennetiedot, jotka kuvaavat millaisia raaka-aineita, puolivalmisteita tai komponentteja valmistukseen käytetään.
- Työnvaiheistus, joka kertoo tuotteen työvaiheiden lisäksi myös niiden järjestyksen
- Tuotantomäärä, jonka perusteella määritetään tuotannon laitteet ja tuotantomuoto.
- Tuotannon aikajänne, joka kertoo kuinka, pitkään tuotannon tulisi pysyä samanlaisena. Aikajänne vaikuttaa suuresti myös layoutiin suunniteltujen investointien kannattavuuteen.
- Tukitoiminnot, jotka ilmentävät, mitä muita tehtaan toimintaan liittyviä toimintoja tarvitaan, kuten sosiaalityö, jätteen käsittelyasemia ym. (Haverila, ym 2009, 481)

5.2.1 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Layoutsuunnittelun suurimpana tavoitteena voidaan pitää hukan poistamista. Hukan poistaminen edellyttää sujuvaa materiaalivirtausta, jossa täytyy ottaa huomioon niin laitteille tulevat kuin niiltä lähtevät materiaalit. Materiaalien ei olisi myöskään suotavaa kulkea edestakaisin työpisteiltä toisille ja varastosta varastoon. Kuljetusmatkat työpisteille tulisi olla mahdollisimman pienet, ja välivarastot sijoitella niiden valmistusyksiköiden läheisyyteen, jolloin siirto työpisteelle olisi mahdollisimman lyhyt. Turhien välivarastojen eliminointi vähentää myös turhaa tavaran liikuttelua. Selkeät materiaalivirrat helpottavat tuotannonohjausta ja työnjohtamista. (Haverila, ym 2009, 481 - 482)

Tehtaan sisäiset palvelut tulisi sijoittaa lähelle niiden käyttöpaikkaa ja ottaa huomioon myös eri valmistusprosessien erityistarpeet. Työpisteille tulisi jättää tilaa niin valmiille, kuin vielä valmistusta odottaville kappaleille. Tila tulee käyttää tehokkaasti hyväksi ja työpisteiden koko suunnitella niin, että niillä työstettävien kappaleiden koko olisi otettu huomioon. Hyvässä layoutissa on huomioitu myös työturvallisuus ja työtyytyväisyys. Työturvallisuuden huomiointi jo layoutin suunnittelu vaiheessa lisää työskentelyn systemaattisuutta. Tämä edellyttää myös työpisteillä työskentelevien ihmisten kokonaisvaltaista perehdyttämistä työpisteen oikeisiin toimintatapoihin. Hyvä perehdytys lisää työturvallisuutta ja motivaatiota, ja siinä käsitellään laajemmin layoutissa suunniteltuja materiaalivirtoja. Myös työpisteellä työskentelevän henkilön mielipiteet kannattaa ottaa huomioon layoutin suunnittelussa, koska ne antavat suunnittelijalle käytännön näkemystä työskentelyyn. (Haverila, ym 2009, 482)

5.2.2 Virtaus

Materiaalin virtauksen lisäksi myös valmistuksen virtaus on tärkeää. Yleinen sääntö on, että mitä vähemmän rajapintoja, sitä parempi on tuotannon tehokkuus ja ohjattavuus. Rajapintoja syntyy, kun työ joudutaan keskeyttämään ja viemään välivarastoon odottamaan seuraavaa työvaihetta. Optimaalinen tilanne olisi, että työkappaleet valmistetaan kerralla valmiiksi ilman keskeytyksiä. Pienet puskurivarastot eivät ole haitaksi, kunhan niiden suurin mahdollinen kapasiteetti suunnitellaan etukäteen, eikä siitä lipsuta. Ongelmia syntyy, kun tuotteet joutuvat odottamaan pidempiä aikoja välivarastoissa. Tämä niin sanottu ”kerralla valmiiksi” -periaate on yleisesti katsottu hyväksi aatteeksi kappaleen valmistuksessa. (Lapinleimu, ym 1997, 311)

Poikkeuksetta layoutin suunnittelussa tulisi pitää mielessä, että tehtaan pitäisi olla mahdollisimman kompakti paketti. Ohjattavien rajapintojen määrä pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi ja vaiheita integroimaan toisiinsa tehokkaan materiaalinkäsittelyn avulla. Näin tuotannonohjaus ja laadunhallinta helpottuvat. (Lapinleimu 2007, 137)

5.2.3 Layoutin muunneltavuus

Ajan myötä teknologia kehittyy niin tuotteissa kuin valmistusmenetelmissä. Teknologian kehitys lyhentää tuotteiden elinkaarta ja muuttaa niiden valmistusmenetelmiä. Koska kiihtyvää kehitystä voidaan pitää todennäköisenä myös tulevaisuudessa, korostuu valmistusjärjestelmien ja layoutin muunneltavuuden merkitys. (Lapinleimu, ym 1997, 311)

Layoutin muunneltavuus on järjestelmän joustavuuden kannalta tärkeää. Se vaikuttaa valmistusjärjestelmän solujen sisäisiin layouteihin, sekä valmistusjärjestelmien tekniikkoihin. Uusia järjestelmiä suunniteltaessa onkin hyvä löytää joustavia ratkaisuja jäykkien, vaikeasti liikuteltavien ja muokattavien järjestelmien sijaan. Jäykkä ratkaisu esimerkiksi automaatiosovelluksissa voi olla hyvä ja tehokas ratkaisu hetkellisesti, mutta tuotteiden ja niiden teknologian muuttuessa sillä ei ehkä voidakaan enää valmistaa tuotetta. Tällaisessa tilanteessa joustavalla menetelmällä muutos pystyttäisiin tekemään helposti. Jos jäykkä ratkaisu kuitenkin hankitaan, täytyy layoutsuunnittelussa ottaa huomioon mahdolliset tulevaisuuden hankinnat ja muutokset. (Lapinleimu, ym 1997, 311)

6 MATERIAALINHALLINTA

Materiaalihallinnalla on tavallisesti kaksi tavoitetta: Halutun palvelutason ylläpito ja materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi. Materiaali- ja tuotevarastoja löytyy lähes poikkeuksetta jokaisesta tehtaasta. Varastoilla varmistetaan tehtaan toimintakyky ja niillä hoidetaan eri tuotantovaiheiden linkittyminen toisiinsa. Varastointi aiheuttaa yrityksille paljon kustannuksia, sillä niihin sitoutuu usein suuri määrä pääomaa, sekä varastointi ja materiaalien käsittely vaativat yrityksen resursseja. Vaarana varastoinnissa on myös se, että niissä olevat tuotteet tai materiaalit saattavat vanhentua. Vanhentuminen saattaa liittyä tuotteet teknisiin ominaisuuksiin, tai siihen, että tuotteen arvo tippuu sen vanhasta arvosta varastoinnin aikana. Viimeksi mainittua tuotteen vanhentumista tapahtuu paljon esimerkiksi tietokonealalla, jossa tuotteiden kehitys on nopeaa ja hintakehitys laskevaa. (Haverila, ym 2009, 445 - 448)

6.1 Varastojen luokittelu

Tehtaiden varastot täyttyvät usein valmistuksessa olevista puolivalmiista tuotteista, valmiista tuotteista, materiaaleista, valmistusapuvälineistä yms. Jotta varastoja ja niiden ohjausta voitaisiin kehittää, on tärkeää ymmärtää miksi varastoja tarvitaan, ja miksi niitä syntyy. Loppujen lopuksi varastointia on olemassa siksi, että asiakkaan vaatimiin toimitusaikoihin olisi mahdollista vastata. Aikavaatimukset ovat lähes aina materiaalien hankinta-aikaa tiukemmat, eikä niitä voida saavuttaa ilman materiaalien varastointia. (Haverila, ym 2009, 445 - 448)

6.1.1 Puskurivarastot

Puskurivarastojen avulla yritykset pyrkivät varmistamaan, että asiakkaat saavat tilauksensa ajoissa ja yrityksen palvelutaso säilyy korkeana. Niillä siis varmistetaan toimintakykyä erityisesti niissä tilanteissa, kun asiakkaan vaatima toimitusaika on lyhempi kuin tuotteen valmistamisaika. Puskurivarasto voi sisältää materiaaleja, puolivalmisteita tai valmiita tuotteita. (Haverila, ym 2009, 445 - 446)

Puskurivaraston koko kertoo yrityksen itselleen asettamasta palvelutasosta. Hyvällä varaston menekki tietojen hallinnalla ja asiakkaan tilauskäyttämisen perusteella puskurivaraston kokoa voidaan suunnitella ja optimoida sopivan kokoiseksi. Vaikka suuret puskurivarastot turvaavat yrityksen palvelutasoa ne vievät kuitenkin paljon fyysistä tilaa tehtaan tiloista. Lisäksi suuret tuotevarastot ovat aina hieman riskialttiita ylläpitää. (Haverila, ym 2009, 445 - 446)

6.1.2 Välivarastot

Välivarastot ovat tehtaissa eri työvaiheiden välillä olevia varastoja. Usein työvaiheiden välinen läpimenoaika voi olla saman osan kohdalla hyvinkin erilainen. Tällöin keskeneräiset tuotteet varastoidaan välivarastoihin. Tuotteet varastoidaan välivarastoihin joko erissä tai yksittäin. Yksittäin varastoitu tuote ei kasvata välivarastoja suuresti, mutta lisää kuljettamista työpisteiden ja varastojen välillä. Erissä varastoidut tuotteet taas vähentävät kuljettamista, mutta kasvattavat välivarastoja. Mikäli

tehtaassa on paljon erilaisia valmistusmenetelmiä ovat välivarastot suuria, koska kaikkien valmistusosastoille tarvitaan oma välivarastonsa. Myös erilaisten valmistettavien tuotteiden määrä vaikuttaa välivarastojen kokoon. Välivarastot ovat läpimenoaika hidastavia ja laadunhallintaa heikentäviä tekijöitä, joita tulisi pyrkiä pienentämään tai poistamaan kokonaan. Ne myös sitovat paljon yrityksen pääomaa. (Haverila, ym 2009, 445 - 448)

6.1.3 Kuljetusten aiheuttamat varastot

Tuotteiden pakkaaminen asiakkaille tai muille sidosryhmille aiheuttaa turhaa varastointia. Kuljetettavien tuotteiden pakkaaminen, purkaminen ja lastaaminen aiheuttavat varastointi tarvetta, vievät tilaa tehtaasta ja vaikuttavat läpimenoaikaan. Erityisesti hankaluuksia aiheuttavat sellaiset valmistusketjut joiden aikana tuotteet lähetetään välillä alihankkijalle omien valmistusvaiheiden välissä. Organisaatioiden väliset valmistusketjut aiheuttavat ongelmia monella eri osa-alueella ja ne aiheuttavat turhaa varastointia molemmissa yrityksissä. (Haverila, ym 2009, 445 - 448)

6.1.4 Varmuusvarastot laatuvirheiden vuoksi

Varmuusvarastot voidaan käsittää sellaisina varastoina, jotka peittävät valmistuksessa tapahtuvia virheitä. Niitä syntyy usein esimerkiksi tuotteille, joiden valmistus on tehtaan sen hetkisillä menetelmillä ongelmallista. Koska virheen sattuesssa silloin turvaudutaan varmuusvarastoon, ei toimintaa voida kehittää ja ongelma esiintyy yhä uudelleen ja uudelleen. Siksi varmuusvarastot täytyisi poistaa ja ongelma valmistuksessa yksinkertaisesti korjata. (Haverila, ym 2009, 445 - 448)

6.2 Logistiikka

Logistiikalla tarkoitetaan laajalla ajattelutavalla yrityksen ja sen jakeluketjun kaikkien hankintojen, kuljetusten, varastoinnin, ja niihin liittyvät informaation hallintaa. Yleensä logistiikalla tarkoitetaan yrityksen ulkopuolella tapahtuvaa materiaalivirtaa ja siihen liittyvää tiedonkulkua ja hallintaa. Logistiikalla voidaan kuitenkin tarkoittaa myös tehtaiden sisällä tapahtuvaa materiaalivirtaa, materiaalin ohjausta, varastoinnin suunnittelua sekä valmiiden tuotteiden varastointia ja kuljetusten hallintaa. Tätä tehtaiden sisällä tapahtuvaa logistiikkaa nimitetään sisäiseksi logistiikaksi. (Haverila, ym 2009, 461 - 462)

7 TYÖMENETELMÄSUUNNITTELU

Oikeat työmenetelmät ovat yrityksen tuottavuuden kannalta tärkeitä. Tehokkaat menetelmät mahdollistavat edullisen, nopeamman ja laadukkaamman tuloksen. Oikeat työmenetelmät vaikuttavat myös positiivisesti työmukavuuteen ja työssä viihtymiseen. Yrityksen tuottavuus koostuu lopulta työvaiheiden ja toimintojen tehokkuudesta. Menetelmiä suunniteltaessa täytyy kuitenkin aina muistaa työturvallisuus. (Haverila, ym 2009, 488 - 489)

Usein haluttuun lopputulokseen pääseminen tuotetta valmistaessa on mahdollista monella eri tavalla. Työmenetelmien valitsemisella punnitaankin erilaisia materiaalin, laitteiden ja työtapojen vaihtoehtoja. Tehtävänä on siis valita sellaiset menetelmät, joilla lopputuotteelta halutut ominaisuudet saadaan aikaan mahdollisimman edullisesti. Parhaisiin tuloksiin päästään, jos työmenetelmiä suunnitellaan jo siinä vaiheessa, kun valmistettavaa tuotetta suunnitellaan. Tällöin, jos suunniteltavalla tuotteella on ominaisuuksia, joita ei saavuteta käytössä olevalla laitteistolla, voidaan uudet laitehankinnat tehdä jo hyvissä ajoin. Tuotteiden ja työmenetelmien vaihtuessa saatetaan joutua muuttamaan koko yrityksen tuotantojärjestelmää. Työmenetelmiä suunniteltaessa voidaan keskittyä laajaan useita valmistusvaiheita käsittävään kokonaisuuteen tai pienempään, yksittäisen työvaiheen suunnitteluun. Laajassa suunnittelussa otetaan huomioon myös työnkulku ja siirrot sekä materiaalinkäsittely. Työmenetelmien suunnittelun laajentuessa edetään jo lähes tuotantojärjestelmän suunnittelun tasolle. (Haverila, ym 2009, 488 - 489)

8 LAYOUTSUUNNITTELUTYÖ

8.1 Lähtökohdat

Aloittaessani työn tekemisen olin työskennellyt HT Laser Vieremällä reilun kahden vuoden ajan. Viiden ensimmäisen kuukauden ajan työskentelin lähettämössä ja laserleikkauskoneen käyttäjänä. Ensimmäisten kuukausien aikana sain hyvän käsityksen tehtaan materiaalivirroista ja tehtaan varastoinnista työntekijän näkökulmasta. Lähettämössä työskentelin tehtaan valmistuksen varastoinnin ja asiakkaille tehtävien lähetysten parissa. Lähettämö vastaa myös tehtaan valmiiden tuotteiden lähettämisestä asiakkaalle. Laserleikkaus on yrityksen tuotteille ensimmäinen varsinainen työvaihe, jonka jälkeen jatkojalostettavat tuotteet on kuljetettava välivarastoihin työvaiheiden mukaisesti. Laserleikkauksen jälkeen siirryin tilauskäsittelyyn, jona aikana myös töiden ajoitus ja kuormitus työvaiheet tuli tutuksi. Useassa eri tehtävässä työskentely oli antanut hyvät lähtökohdat layoutsuunnittelua varten, koska layoutsuunnittelussa on tärkeää osata ottaa huomioon monia eri näkökulmia.

Työni aiheen varmistuttua pidimme palaverin yrityksen edustajien kanssa, jossa jokainen esitti mielipiteitään työstä. Päätimme, että ensimmäinen vaihe tulisi olemaan uuden laserleikkurin sijainti. Uuden koneen sijainti oli tärkeä päättää heti aluksi, koska uusi kone vaatisi mahdollisesti pohjatöiden tekemistä tehtaan lattian valuun. Kone täytyisi sijoittaa jo olemassa olevan kokonaisen valulaatan päälle tai sille pitäisi tehdä oma laattansa.

Päätettiin, että tekisin ensiksi kolmesta viiteen hahmotelmaa siitä, mihin kohtaan tehdasta uusi laserleikkuri tulisi sijoittaa. Ensimmäisissä suunnitelmissa ei vielä otettaisi huomioon kaikkia käytännön esteitä, vaan niiden tarkoitus olisi hakea ideaalitulannetta, jota muokkaamalla käytännön toteutus olisi mahdollinen. Valitsimme sen jälkeen niistä parhaan vaihtoehdon, jonka perusteella tekisin vielä joitain tarkempia vaihtoehtoja. Tehtaan pohjapiirroksista oli jo olemassa sähköinen piirros, jossa ilmeni nykyiset koneiden paikat sekä tehtaan pohjapiirros tarkasti mitoitettuna. Suunnittelutyön apuvälineenä käyttäisin *Dassault Systemesin DraftSight* -ohjelmaa.

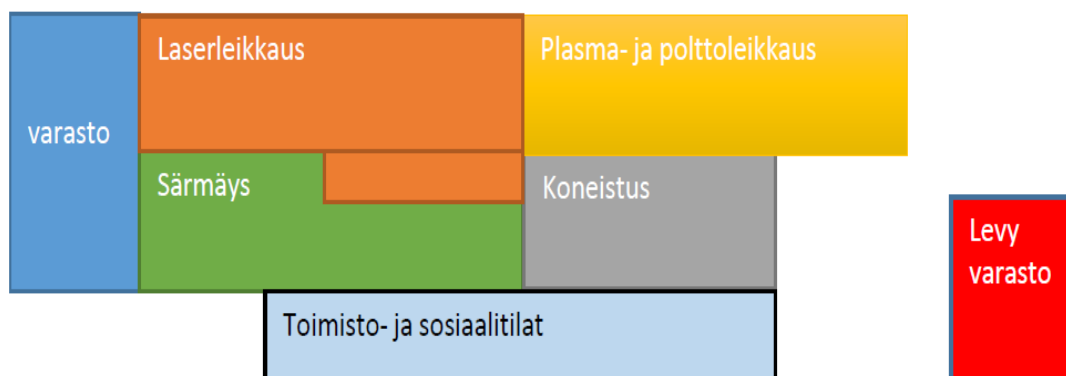
8.2 Suunnittelutyö

Aloitin layoutin suunnittelun tutustamalla tarkemmin tehtaan pohjapiirustukseen ja suunnittelemalla paikkoja, joihin uusi kone olisi mahdollista sijoittaa. Koneen sijoituspaikkaa etsiessäni otin huomioon teoriaosuudessa käsitellyjä asioita ja arvioisin vaihtoehtoja niiden perusteella. Sen lisäksi tehtaan jo olemassa olevat koneet oli otettava huomioon. Tehtaan koneet olivat lähtötilanteessa sijoiteltu niin, että joitain koneita ja varastoja tulisi siirrellä uuden leikkurin tieltä uusiin paikkoihin. Kävimme yrityksen edustajien kanssa palaverin siitä, mitä koneita olisi mahdollista siirrellä uuden koneen tieltä niin, ettei siitä tulisi suuria kuluja tai häiriöitä tuotantoon layoutin muutostöiden ajaksi. Pienet koneet oli mahdollista siirtää helposti tehtaan siltanostureita ja trukkia hyväksi käyttäen ilman ulkopuolista apua. Suurempien valmistusyksiköiden siirtoon olisi tarvittu apua ulkopuolisilta yrityksiltä, ja silloin kulut ja tuotannon häiriöiden määrä olisivat nousseet korkeiksi.

8.2.1 Nykytilanne

Yritys valmistaa viikoittain tuhansia tuotteita, joilla on toisistaan poikkeava valmistusketju. Nykytilanne tehtaan layoutissa (Kuva 4) oli funktionaalinen ja se oli selvästi jakautunut eri osastoihin. Eri osastoja olivat: Plasma- ja polttoleikkausosasto, laserleikkausosasto, koneistus- ja poraus/kierteytysosasto, särmäysosasto sekä varasto/lähetämö. Hitsaus työvaihe on ulkoistettu alihankkijalle. Leikkaus työvaiheen jälkeen osat lähtevät jokainen omalla trukkilavallaan tai laatikossaan välivarastoon odottamaan seuraavaa työvaihetta, paitsi valmiit tuotteet, jotka lähtevät lähettämöön tai lopputuotteiden varastoon.

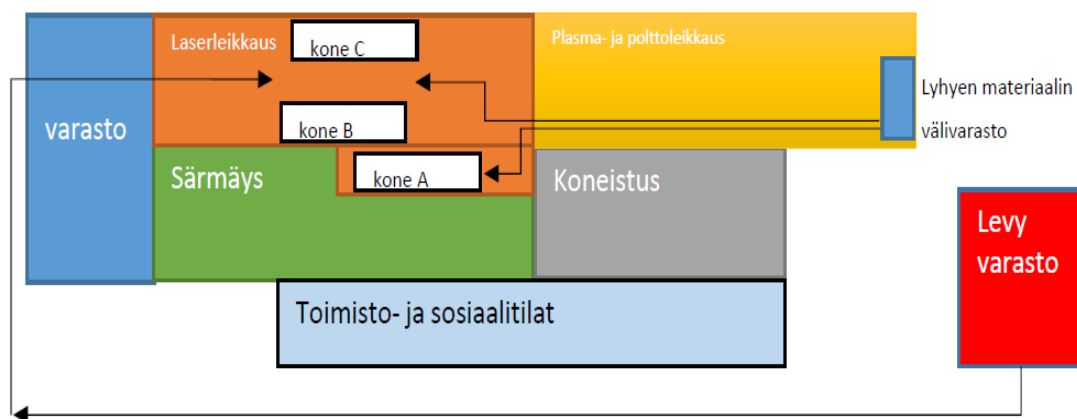
Jokaisella työvaiheella on oma välivarastonsa. Johtuen useista erilaisista valmistusketjuista, laserleikkureilta lähtevien leikkeiden materiaalivirta oli todella monimutkainen. Toiset tuotteet ovat valmiita asiakkaalle lähettämiseen jo leikkauksen jälkeen, kun taas toiset joutuvat käymään läpi jopa seitsemän eri työvaihetta. Tämän vuoksi päätimme yrityksen edustajien kanssa, että layoutsuunnittelussa tuli kiinnittää huomio leikkauskoneille tulevien levy materiaalien virtaukseen. Leikkaustyövaiheen ja sen jälkeisten työvaiheiden kappaleiden virtaus oli liian monimutkainen ja sitä oli lähes mahdotonta yhdenmukaistaa.



Kuva 4 Tehtaan nykytila 2017 (Timo Leinonen, 2017.)

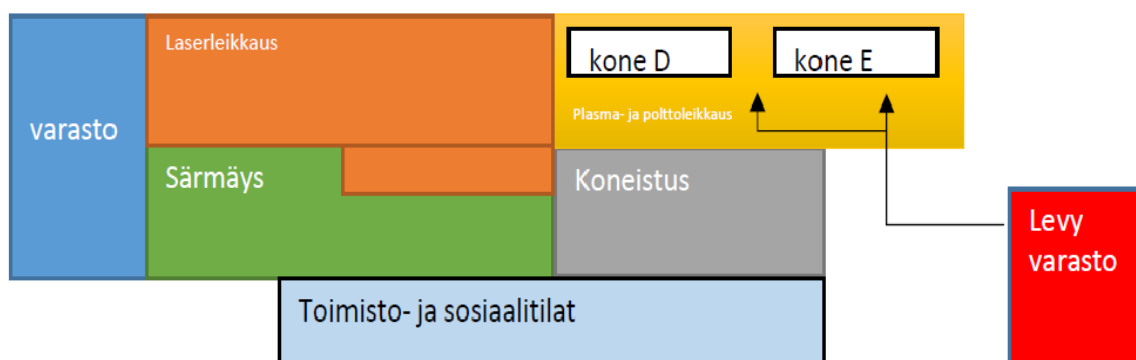
Aloitin tutustumalla tehtaassa valmistettavien tuotteiden ja käytettävien raaka-aineiden materiaalivirtaukseen ja kulkureitteihin. Kulkureitteihin vaikutti myös työvaiheistus, materiaali ja levykoko. Eri laserleikkaus koneiden töitä ei ollut kuormitettu konekohtaisesti, vaan laserleikkaus työvaihe sisälsi kaikki laserleikkavat työt. Se vaikeutti materiaalivirtojen analysointia siksi, että laserleikkuri A oli sijoitettu lähelle särmäysosastoa ja sinne materiaali kulki eri reittiä. Kone A:lla työstettävät materiaalit kuitenkin selvisivät sen konenumerolla kuitattujen töiden historian perusteella. Konenumero on jokaiselle tehtaan koneelle annettu numero, jolla ilmoitetaan se millä koneella työvaihe on valmistettu. Tuotteiden rakennetietojen ja niiden käyttöasteen sekä työvaiheistuksen perusteella pystyin määrittelemään sen, miten paljon tiettyjä kulkureittejä käytetään, kun levy materiaaleja siirretään leikkureille.

Yleisimmän tehtaassa käytetyn materiaalin levykoon 3000x1500 mm levyjä varastoitiin välivarastoon tehtaan sisään plasma- ja polttoleikkausosastolle. Siellä sijaitsivat myös pienikokoiset palat leikkausohjelmista, joissa ei ollut tarpeeksi osia koko levyn leikkaamiseen kerralla. Koneilla kuitattujen töiden perusteella pystyin päättämään, että alle 12 mm paksuja ja alle 3000 mm pitkiä levyjä leikattiin pääosin särmäysosastolla sijaitsevalla laserleikkurilla A:lla. Laserleikkuri A on muita leikkureita pienempi, pöytäkooltaan 3000 x 1500 mm. Levymateriaali ja muista ohjelmista jääneet palat (Kuva 5) siirrettiin sinne sisäkautta plasma- ja polttoleikkausosaston läpi.



Kuva 5 Laserleikkurit ja niille tulevan levymateriaalin kulkureitit (Timo Leinonen, 2017.)

Kaikki yli 3000 mm pitkät levyt varastoitiin hallin ulkopuolelle levyvarastoon (Kuva 6). Plasma- ja polttoleikkauskoneille levymateriaalit kuljetettiin sisään hallin pohjoisesta ovesta. Laserleikkausosaston leikkureille B ja C materiaalit kuljetettiin ulkokautta hallin eteläisestä ovesta (Kuva 5). Laserleikkausosaston leikkureille tulevasta materiaaliavirrasta osa tuli myös plasma- ja polttoleikkausosastolla sijaitsevasta välivarastosta ja palavarastosta. Väli- ja palavarastosta tulevat materiaalit olivat pääasiassa paksuudeltaan 12-20mm paksuja levyjä, joita ei leikattu leikkurilla A.



Kuva 6 Plasma- ja polttoleikkauskoneet ja niille tulevan levymateriaalin kulkureitit (Timo Leinonen, 2017.)

8.2.2 Työntekijöiden haastattelut

Tutustuttuani tehtaan nykytilaan ja materiaalin virtauksiin päätin haastatella työnjohtoa ja työntekijöitä. Työntekijöiden haastattelulla pyrin löytämään uusia käytännönläheisiä näkökulmia suunnittelu-työhön. Työntekijöiden huomioon ottaminen oli tärkeää myös työmoraalin kannalta, koska näin he saivat vaikuttaa suunnitelmiin ja tuloksiin. Työnjohdon kanssa viestintä oli lähes joka päiväistä ja he esittivätkin ideoitaan paljon. Haastattelut suoritin hyvin vapaamuotoisesti kahden kesken työntekijän kanssa. Esitin heille kysymyksiä esimerkiksi siitä, miten materiaalivirtaus tulisi heidän mielestä hoitaa ja mitä muita tärkeitä asioita heille nousi uuden layoutin ja koneen kannalta mieleen.

Materiaalivirtaukseen ei haastatteluista noussut uusia ideoita. Se haluttiin vain pitää joko hyvin samanlaisena, tai vanhoja reittejä hyödyntävänä. Suurin lähes jokaisessa haastattelussa esille noussut asia oli nosturit. Nosturit olivat työntekijöiden mukaan kovalla käytöllä jo nykyisessä tilanteessa ja välillä niitten odottelu kesti useita minuutteja.

8.2.3 Suunnittelun rajoitukset

Uusi kone tarvitsi käyttöön siltanosturia levy materiaalien ja painavien osien käsittelyyn. Laser-, plasma- ja polttoleikkausosastoille ei ollut enää mahdollista ottaa uutta siltanosturia hallin rakenteiden kantavuuden vuoksi. Osastoilla oli jo käytössä neljä nosturia, yksi joka koneelle, ja niiden käyttöaste oli suuri. Tämän vuoksi uusi laserleikkuri täytyi sijoittaa joko särmäysosastolle tai varaston särmäysosaston puoliseen päähän. Osalla särmäyspuristimista oli mahdollista käsitellä painavia kappaleita koneiden omilla nostureilla ja osa koneista työsti kevyitä käsin liikuteltavia työkappaleita. Jotkin särmäyspuristimet kuitenkin tarvitsivat myös siltanosturia päivittäin, ja tämä asetti layoutin suunnitteluun haasteita. Uusi kone ei voinut olla pystysuunnassa samassa linjassa sellaisen koneen kanssa joka tarvitsi siltanosturia, tai sitten nostelut täytyi ratkaista jotenkin muuten.

Koneistusosastolle uutta konetta ei voinut sijoittaa koneiden liikuttelun vaikeuden takia. Koneistuskeskukset olivat kaikki raskaita valmistusyksiköitä, joille oli tehty varten vasten suunnitellut pohjatyöt tehtaaseen, eikä niiden liikuttaminen olisi sen vuoksi ollut järkevää. Myös osa särmäyspuristimista vaativat omanlaisensa pohjan tehtaan lattiassa. Niiden liikuttelu oli myös todella työlästä ja aikaa ja resursseja vaativia, koska niille olisi pitänyt tehdä uusi pohja ja purkaa vanha pois. Tämän takia keskityin suunnittelutyössä sijoittelemaan uudestaan vain niitä koneita, joiden liikuttelua oli vaivatonta nostureita ja trukkeja hyväksi käyttäen.

Työkappaleiden koon ja painon vuoksi tehtaan trukkiliikenne oli vilkasta. Trukeilla liikuteltiin pääosin työkappaleita varastoihin, mutta myös erilaisia valmistuksen apuvälineitä ja leikkureille tulevaa levy materiaalia liikuteltiin trukeilla. Hyllyvarastot lastattiin ja purettiin trukeilla. Trukit olivat kooltaan pieniä tukipyörätrukkeja, ja niille oli suunniteltava layoutiin materiaalin virtauksen ja tehtaan toimivuuden kannalta toimivat kulkuväylät.

Lisäksi tehtaan pohjan laatat oli otettava huomioon. Koneen sijoittaminen yhdelle jo olemassa ollevalle kokonaiselle laatalle oli huomattavasti parempi vaihtoehto kuin rakentaa uusi konetta varten siksi, että uuden laatan tekeminen ja vanhojen muokkaaminen sen tieltä veisi aikaa ja resursseja. Lisäksi se vaikuttaisi huomattavan paljon tuotannon toimintaan pohjatöiden tekemisen ajaksi. Jo pelkästään uuden valun kuivumiseen tarvittu aika oli laatan koon takia 7-8 viikkoa, jona aikana lattiapinta-ala ei olisi käytössä. Lisäksi sen tekemisen prosessi sekoittaisi tuotannon virtausta.

8.3 Työmenetelmien suunnittelu

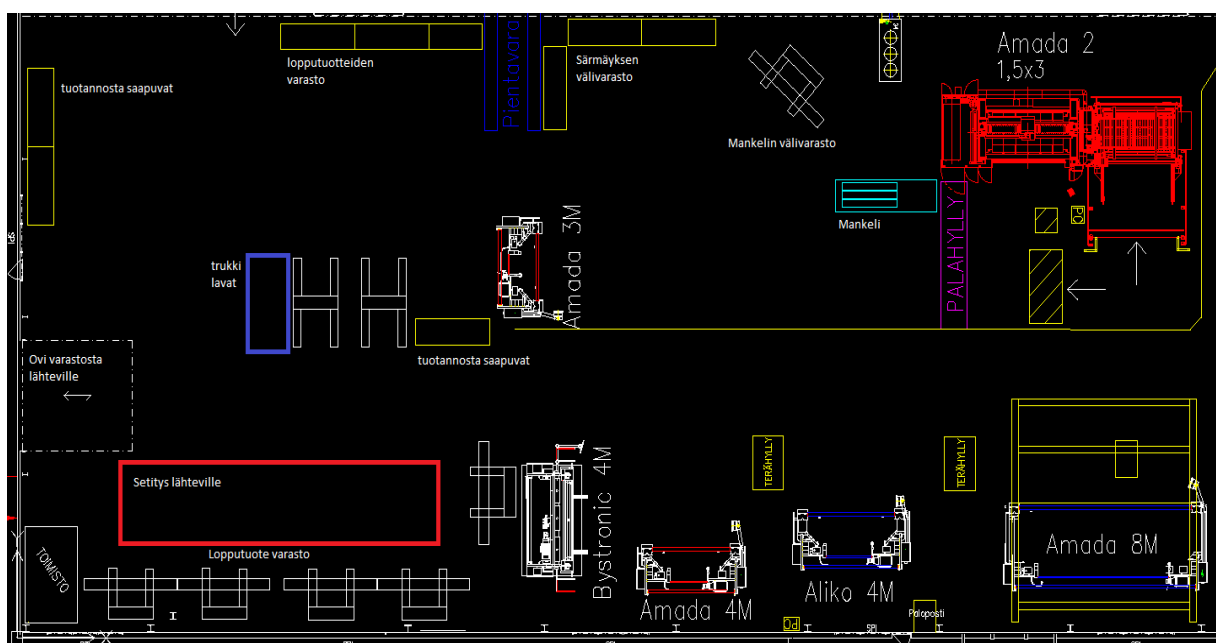
Työmenetelmien suunnittelussa tavoitteena oli suunnitella, mitä materiaaleja ja materiaalivahvuuksia uudella laserleikkurilla leikattaisiin, jotta se saataisiin tehokkaimpaan mahdolliseen käyttöön heti käyttöönoton jälkeen. Vertailu uuden ja tehtaan vanhojen laserleikkureitten välillä tehtiin laitteen valmistajilta saatujen leikkausarvojen perusteella. Huomioon otettiin myös leikkauspinnan laatu ja materiaalien käyttöasteet. Leikkauspinnan laatua tarkasteltiin muista yksiköistä tilatuista kuitulaserilla leikatuista koekappaleista.

9 TYÖN TULOKSET

9.1 Ensimmäiset layoutvaihtoehdot

Tein ensin layoutsuunnitelmat uuden koneen paikasta. Uuden koneen sijoituspaikaksi valikoitui särmäysosaston ja varaston särmäysosaston puoleinen pääty. Osaston nykytilan layout on esitelty kuvassa 7, josta näkyvät kaikki tilassa tällä hetkellä olevat laitteet ja välivarastot. Kuvassa särmäyspuristimia ovat *Amada 3M*, *Bystronic 4M*, *Amada 4M*, *Aliko 4M* ja *Amada 8M*, joista *Amada 3M* ja *Amada 4M* olisi mahdollista siirtää ilman suurien pohjatöiden tekemistä. Niitä ei kuitenkaan haluttu siirtää alueelta kokonaan pois. Mankelin siirtäminen jollekin muulle osastolle oli välttämätöntä tilan saamiseksi.

Kuvassa 7 *Amada 2 1,5x3* on särmäysosastolle sijoitettu laserleikkuri. Suunnittelutyön alussa palaverissa mietimme mahdolliseksi myös sen poistamista tehtaasta. Sitä ei kuitenkaan haluttu poistaa tehtaan kasvavan kuorman takia. Särmäyksen välivaraston kolme hyllyä haluttiin säilyttää lähellä särmäyspuristimia, koska välivaraston sijoittaminen lähelle valmistusvaihetta lisäsi särmäyksen tehokkuutta ja vähensi pitkiä kuljetusmatkoja työpisteille. Siltanosturia käyttivät päivittäin särmäyspuristimet *Bystronic 4M* ja *Amada 4M* sekä laserleikkuri *Amada 2*.



Kuva 7 Suunniteltavan tilan nykyinen layout (Timo Leinonen, 2017.)

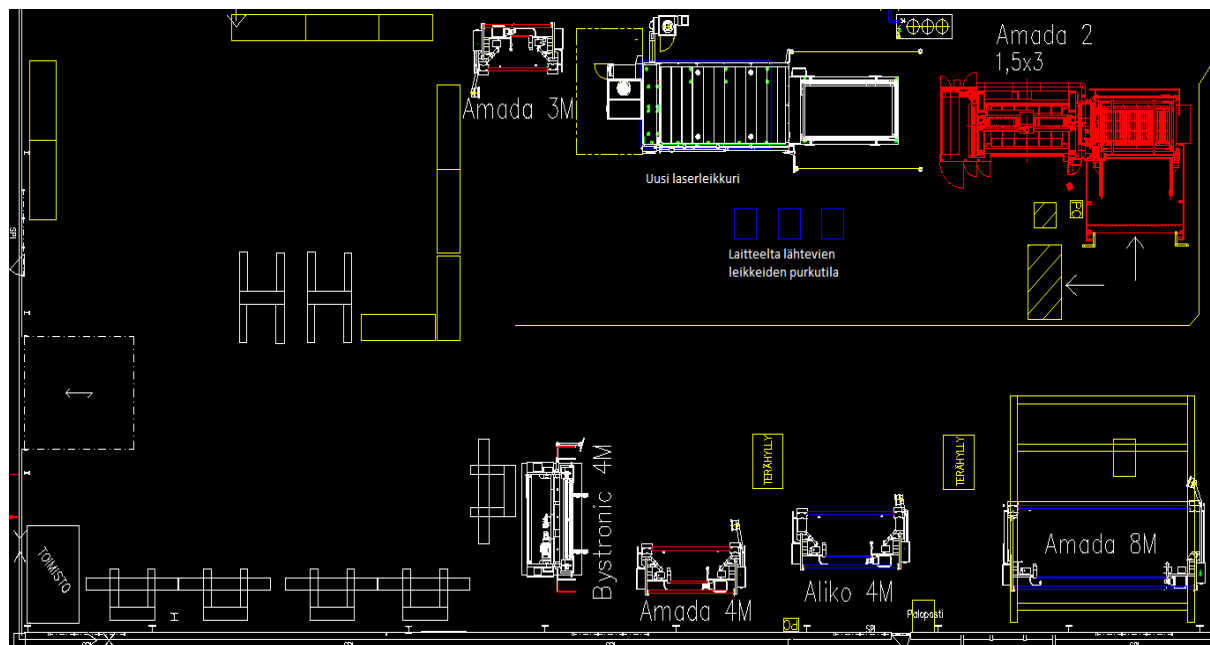
9.1.1 Vaihtoehto 1

Uuden laserleikkurin sijoittelun vaihtoehto 1 on esitelty kuvassa 8. Tässä vaihtoehdossa uusi kone on sijoitettu samansuuntaisesti kuin tilan vanha laserleikkuri. Kaikki koneet mankelia lukuun ottamatta on säilytetty samassa tilassa, särmäysosastolla. Varaston pientavarahylly on poistettu, koska sitä ei pidetty enää tarpeellisena. Särmäyspuristin *Amada 3M* on siirtynyt uuden koneen viereen

pientavarahyllyn lähdön takia vapautuneen tilan takia ja särmäyksen välivaraston hyllyjä on siirretty varastoon päin.

Levyateriaalin kulkeutuu uudelle koneelle plasma- ja polttoleikkausosaston läpi kulkevaa reittiä ja lisäksi materiaalia voidaan kuljettaa myös varastosta ovesta. Laitteen edustalle on jätetty paljon vapaata tilaa tulevalle levyateriaalille sekä leikkauspöydältä seuraaville työvaiheille lähtevien leikkeiden pöydältä purkamiselle. Yhden särmäyspuristimen ja mankelin siirtämistä lukuun ottamatta muutostyöt olisivat helppoja ja ne tehtäisiin nopeasti. Uusi laserleikkuri on vaihtoehdossa 1 sijoitettu niin, ettei tehtaassa tarvitsen valmistaa uutta betonilaattaa vaan se sijaitsee kokonaan yhden laatan päällä. Varaston setitysalue on pysynyt muuttumattomana, ja muutokset varaston toimintaan ovat muutenkin vähäisiä.

Vaihtoehto 1 on helppo ottaa käyttöön ilman suuria muutostöitä tai tehtaassa toiminnan häiriöitä. Se on sijoitettu samaan linjaan kuin osaston vanha laserleikkuri ja jättää kulkuväylille reilusti tilaa. Myös särmäysosaston välivaraston hyllyjen purkamiselle ja lastaamiselle on jätetty reilusti tilaa. Silta- ja nosturin käytön kannalta vaihtoehto jättää vielä pohdittavaa, sillä se on samassa linjassa nosturia tarvitsevien särmäyspuristimien kanssa. Työskentelyalue koneen edustalla on hyvä huomattavan suuri. Levyateriaalin varastointi koneen edustalle olisi mahdollista, mutta se mahdollisesti häiritsisi kulkuväylää ja sen liikennettä. Muunneltavuuden kannalta vaihtoehto ei vaikuta hyvältä koneen edustalle jäävän lattian pinta-alan takia, koska siihen on vaikea sijoittaa enää uusia laitteita.



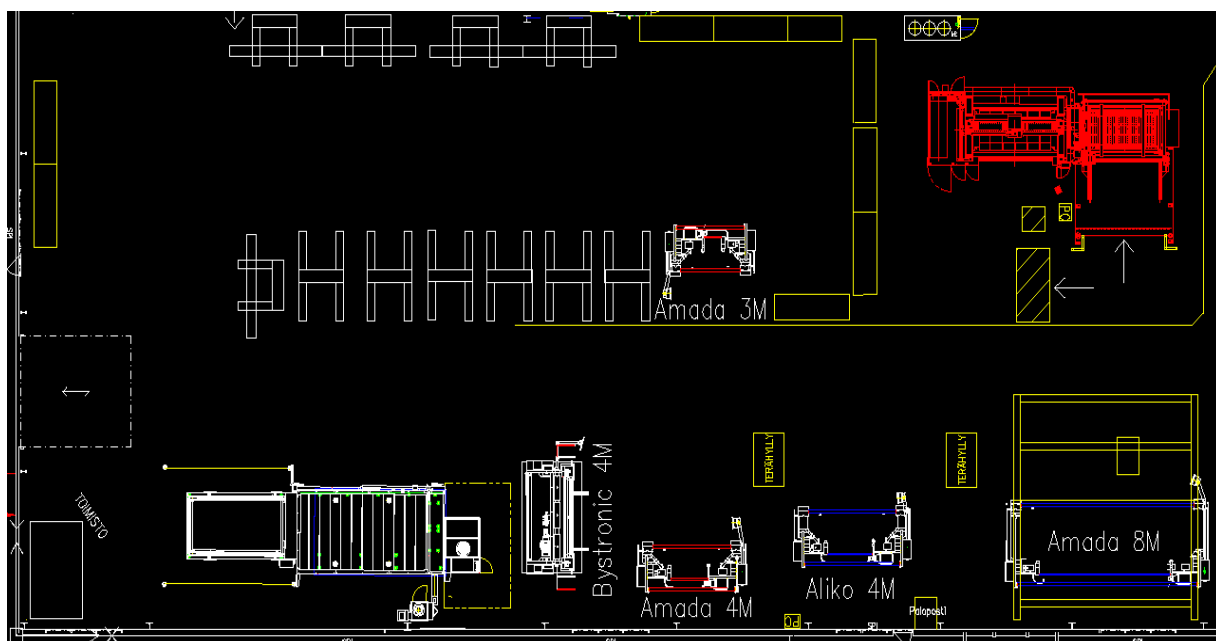
Kuva 8 Layoutvaihtoehto 1 (Timo Leinonen, 2017.)

9.1.2 Vaihtoehto 2

Layoutvaihtoehto 2 on esitelty kuvassa 9. Tässä vaihtoehdossa uusi leikkuri on sijoitettu varastoon alueelle missä nykyisessä layoutissa sijaitsee varastohyllyjä sekä asiakkaille lähtevien tuotteiden setitysalue. Varastohyllyjen sijoittelu on muuttunut paljon ja siirtynyt syvemmälle särmäysosastolle.

Levymateriaalin siirtyminen tapahtuisi ulkoa varaston oven kautta, samaa reittiä kuin pitkien levyjen siirto laserleikkureille (Kuva 5). Leikkaukseen tuleva levymateriaali voitaisiin varastoida laitteen takaosan ja varaston toimiston väliin. Koneen viereen voitaisiin lastata esimerkiksi niitä levymateriaaleja joiden kulutus oli kaikista suurin, tai vaikkapa yhden päivän leikkauksiin tarvittavat materiaalit leikkauksjärjestykseen. Valmiiden leikkeiden muille työvaiheille lähtevä materiaalivirta kulkisi tuotannosta varastoon tulevaa materiaalivirtaa vastaan.

Siltanosturin käyttöongelmat olisi tässä vaihtoehdossa hoidettu, sillä koneen sijainti ei ollut hallin pystysuuntaisesti samassa linjassa minkään nosturia käyttävän laitteen kanssa. Nosturia tarvitsevat särmäyspuristimet pystyivät käyttämään nostureita vapaasti. Tila on vaihtoehdossa käytetty tehokkaasti hyväksi eikä hukkatilaa ole. Suurin ongelma oli layoutin vaatimat suuret muutokset varastossa ja hallin pohjan betonilaatoissa. Varastoon sijoiteltuna leikkurin pohjalle vaadittaisiin uusi betoni-laatta ja hyllyjä jouduttaisiin siirtämään paljon. Muutostyöt veisivät paljon aikaa ja resursseja ja alueen muu toiminta häiriintyisi huomattavasti. Muunneltavuuden kannalta vaihtoehto on hyvä.



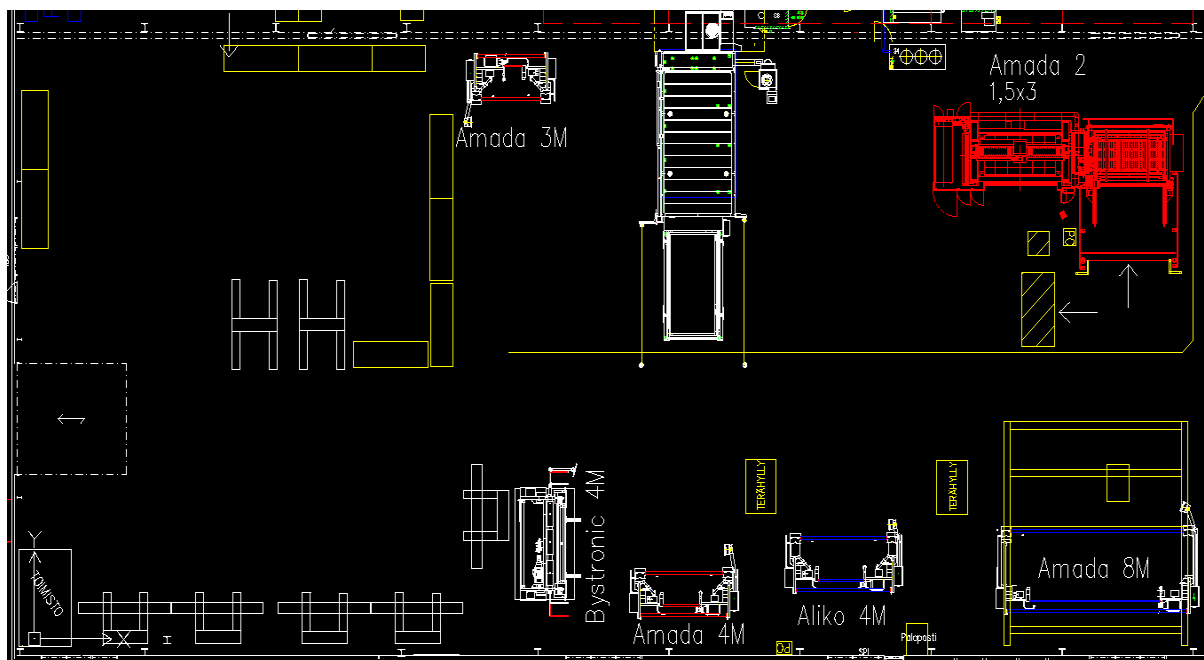
Kuva 9 Layoutvaihtoehto 2 (Timo Leinonen, 2017.)

9.1.3 Vaihtoehto 3

Layoutvaihtoehto 3 on esitelty kuvassa 10. Vaihtoehto on hyvin samanlainen kuin vaihtoehto 1. Erona on kuitenkin sen, että uusi laite on sijoitettu hallin suuntaan nähden poikittain. Levymateriaalin kulku laitteelle tapahtuu plasma- ja polttoleikkauksosaston läpi. Myös tässä vaihtoehdossa suurimpana ongelmana on siltanosturin käyttö, sillä uusi laite on juuri samassa linjassa kuin nosturia tarvitsevat särmäyspuristimet. Varasto ei ole juurikaan muuttunut lukuun ottamatta pientavarahyllyn hävittämistä.

Koneelle saapuvaa levymateriaalia pystyttäisiin varastoimaan uuden ja vanhan leikkurin välille jäävään tilaan. Purku tapahtuisi toiselle puolelle, jossa olisi mahdollisesti myös yksi särmäyspuristin.

Leikkurin ja särmäyksen välivaraston hyllyjen väliin jäävän särmäyspuristimen kannalta vaihtoehto ei ole paras mahdollinen tilan ahtauden takia. Särmäyshyllyn purku ja lastaaminen sekä laserleikkurin leikkeiden purku sijoittuisi samalle alueelle, joten liikenne alueella olisi vilkasta. Lisäksi särmäyspuristimella pitäisi vielä pystyä työskentelemään. Muunneltavuuden kannalta vaihtoehto on hyvä. Mikäli uusille leikkureille on tulevaisuudessa käyttöä, ne pystyttäisiin sijoittelemaan laitteen viereen.



Kuva 10 Layoutvaihtoehto 3 (Timo Leinonen, 2017.)

9.2 Vaihtoehtojen arviointi

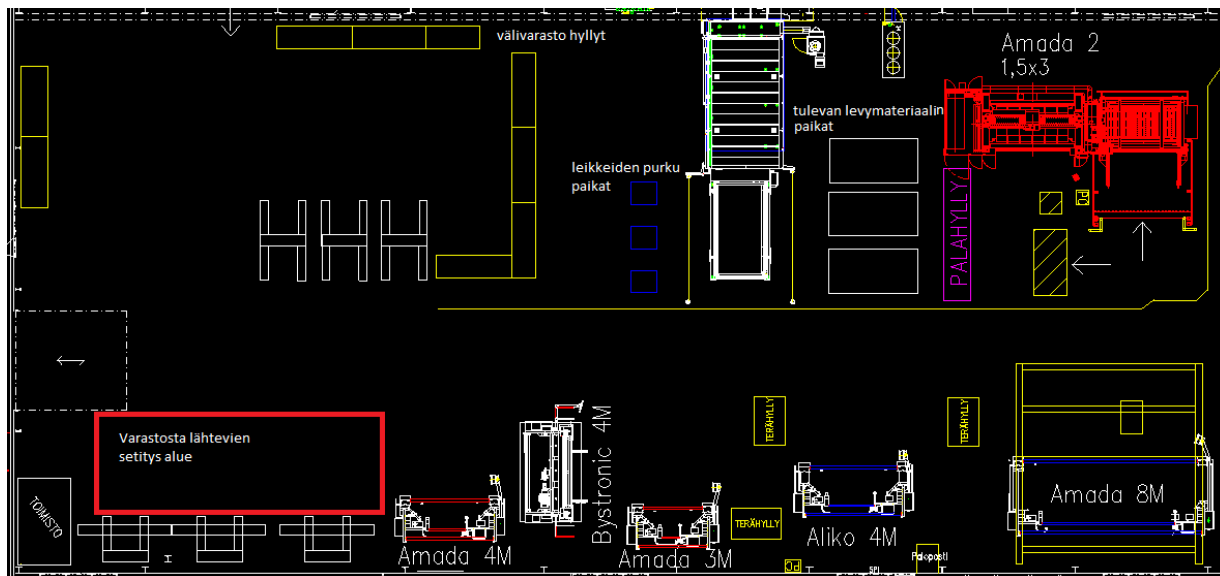
Kävimme palaverissa yrityksen edustajien kanssa vaihtoehtoja läpi. Vaihtoehtoja arvosteltiin erilaisen hyvän layoutin ominaisuuksien perusteella. Suurimpia arvosteltavia asioita olivat muunneltavuus, selkeät materiaalivirrat, tilankäytön tehokkuus, selkeät ja tehokkaan työskentelyn mahdollistavat työtilat laitteilla sekä nosturin käyttö. Myös tehtaan toiminnan jatkuvuutta muutostöiden aikana pidettiin tärkeänä arvostelukriteerinä.

Palaverissa päätettiin, että vaihtoehto 3 oli paras vaihtoehto uuden koneen sijoituspaikan kannalta. Se käytti lattia pinta-alan tehokkaasti hyväkseen ja levymateriaalin kuljetus laitteelle olisi mahdollista samoja kulkureittejä kuin osaston vanhalle laserleikkurille. Layoutin käyttöönotto tapahtuisi myös ilman suuria häiriöitä tehtaan muussa toiminnassa. Myös vaihtoehdon muunneltavuus katsottiin hyväksi. Ainoastaan nosturin käyttöön liittyvät ongelmat vaativat vielä miettimistä.

Vaihtoehdon 1 lattian pinta-alan käyttöä pidettiin tehottomana. Myös sen muunneltavuutta tulevaisuudessa pidettiin tässä vaiheessa epäselvänä. Vaihtoehto 2 valittiin ennen vaihtoehtoa 3 toteutettavaksi vaihtoehdoksi, mutta siitä luovuttiin sen vaatimien suurien muutostöiden takia.

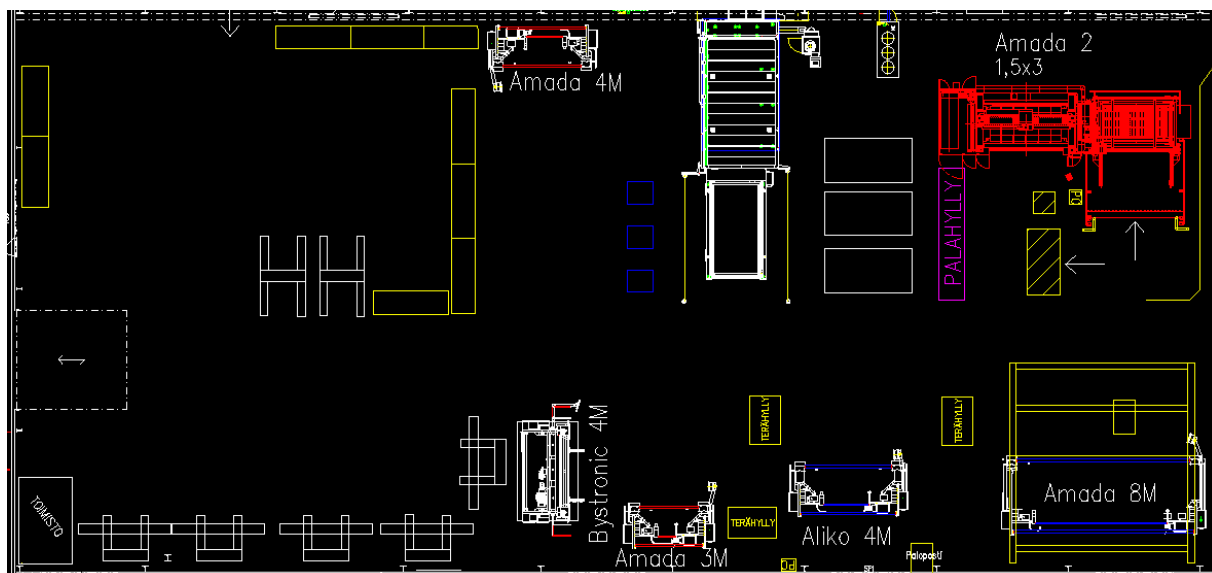
9.3 Tarkemmat suunnitelmat valitusta vaihtoehdosta

Päätin luoda vaihtoehdosta 3 vielä kaksi vaihtoehtoa lisää. Vaihtoehdoissa päätavoitteenani oli ratkaista työntekijöitä ja työnjohtoa mietityttänyt nosturin käyttöön liittyvä ongelma. Materiaalivirrat pysyisivät vaihtoehdoissa samana, koska laite pysyi paikallaan. Vaihtoehtoihin on merkitty myös paikat leikkureille saapuvalla levymateriaalille ja leikkausohjelmista syntyville paloille. Molemmissa vaihtoehdoissa nosturin käyttöön liittyvät ongelmat on ratkaistu sijoittamalla jo olemassa olevia nosturia käyttäviä laitteita eri paikkoihin.



Kuva 11 Vaihtoehto 4 (Timo Leinonen, 2017.)

Vaihtoehdossa 4 (Kuva 11) siltanosturia käyttävä *Amada 4M* särmäyspuristin on siirretty varastoon alueelle, jossa sijaitsee nykyisessä layoutissa varastohyllyjä ja setitysalue. Setitysalue pienenesi hie-man ja kaksi sakarahyllyä siirtyisi eri paikkaan. Särmäyspuristin *Amada 3M* siirtyisi paikalle, missä *Amada 4M* on nykyisessä layoutissa, koska sillä käsiteltävät työkappaleet eivät tarvitse nosturia. Tästä vaihtoehdosta olisi myös muunnos mahdollisuus, jossa *Amada 4M* kääntyisi 90 astetta samaan asentoon kuin *Bystronic 4M*. Tällöin koneelle jäisi mahdollisesti rauhallisempi työskentely tila. Layoutin käyttöönoton muutostyöt vaativat kahden nykyisen koneen siirtämistä uusiin paikkoihin, ja sen johdosta myös varaston tilat pienenisivät.



Kuva 12 vaihtoehto 5 (Timo Leinonen, 2017.)

Vaihtoehdossa 5 (Kuva 12) särmäyspuristimet ovat vaihtaneet paikkojaan verraten vaihtoehtoon 3. Tällöin nosturia käyttävä *Amada 4M* pystyisi käyttämään siltanosturia. Tarvittaessa särmäyspuristimen ja laserleikkurin väliin jäävään tilaan saataisiin tulevaisuudessa sijoitettua viisar nosturi.

Esittelin lopulliset vaihtoehdot yrityksen edustajille palaverissa, ja vaihtoehtoja pidettiin mielenkiintoisina. Lopulliset päätökset layouteista tehtäisiin kuitenkin myöhemmin, kun uuden laserleikkurin saapuminen olisi ajankohtaisempi. Tehtaan laitoshuollon mukaan vaihtoehtojen mukaisen layoutin muutostöiden tekeminen kestäisi noin viikon, ja ne tehtäisiin kesälomien aikaan, jolloin häiriöt tehtaan muussa toiminnassa olisivat mahdollisimman vähäisiä.

10 TYÖMENETELMIEN SUUNNITTELU

Työmenetelmien suunnittelussa vertailtiin uuden kuitulaserteknologiaa hyödyntävän laitteen eroja tehtaan jo olemassa oleviin hiilidioksidilaser leikkureihin. Vertailun pääkohteina olivat leikkausnopeus ja leikkauspinnan laatu. Lopulliseen menetelmän valintaan vaikuttaisivat kuitenkin eniten käytännön kokemukset, joita saataisiin vasta uuden laserleikkurin käyttöönoton jälkeen.

Kuitulaserin leikkauspinnan laatua pystyimme tutkimaan muista kuitulaseria käyttävistä yrityksen yksiköistä tilaamistamme näytekappaleista. Silmämääräisesti katsottuna leikkauspinnan laatu oli hyvä. Leikkeiden muuhun laatuun menetelmä ei vaikuttanut. Pinnalaadun perusteella mitään rajoituksia kuitulaserin käyttöön ja työstettävien materiaalien valintaan ei nähty. Leikkausnopeutta tutkimme laitteenvalmistajilta saaduilla arvoilla. Vertasimme niitä tehtaan olemassa olevien laitteiden leikkausnopeusarvoihin, joiden perusteella uusi kone oli nopeampi useissa ainevahvuuksissa. Leikkausnopeus ei siis rajoittanut uuden koneen töitä valittaessa.

Yrityksen laajan ja koko ajan kasvavan tuotevalikoiman takia työmenetelmien ennustaminen osoitautui mahdottomaksi tehtäväksi ja työmenetelmien valinta olisi mahdollista vasta uuden laitteen käyttöönoton jälkeen. Käyttöönoton jälkeen näkisimme, mitkä materiaalit ja levykoot kannattaisi leikata uudella koneella ja mitkä levykoot olisivat vaihdettavissa uuden leikkurin pöytäkokoon 4000 x 1500 mm ilman suuria kustannuksia.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella layoutvaihtoehtoja HT Laser Oy:n Vieremän yksikköön uuden laserleikkurin hankinnan takia. Toisena tavoitteena oli uuden laserleikkurin työmenetelmien suunnittelu. Olen työskennellyt yrityksessä kahden vuoden ajan. Tuona aikana ovat tehtaan toimintatavat ja ihmiset tulleet tutuiksi. Tuttu ilmapiiri olikin hyvä lähtökohta opinnäytetyölle. Ketään ei tarvinnut vieroksua ja omia ideoitaan pystyi tuomaan julki ilman suuria henkisiä paineita tai pelkoa siitä, että ei ollut ymmärtänyt jotain keskeistä asiaa tehtaan työtavoista tai menetelmistä.

Suunnittelin aluksi kolme vaihtoehtoa, joista valitsimme jatkoon parhaan vaihtoehdon. Sen jälkeen suunnittelin jatkoon valitulle vaihtoehdolle vielä muunnoksia, joita yritys voi käyttää uudessa layoutissa. Suunnitelmien toimivuudesta käytännössä saadaan mitattavia tuloksia vasta uuden layoutin käyttöönoton jälkeen heinäkuussa 2017. Opinnäytetyöstä syntyikin uusi tutkittava aihe, layoutin tehokkuus.

Työmenetelmien suunnittelussa uuden koneen leikkauspinnan laatu todettiin vanhoja laserleikkureita terävämmäksi ja leikkausnopeus vanhoja koneita nopeammaksi. Uudella leikkurilla voidaan siis käsitellä samoja materiaaleja kuin tehtaan nykyisillä koneilla. Tulevaisuus näyttää, minkä materiaalien käyttö saa aikaan parhaat lopputulokset ja tehokkaimman tuottavuuden. Työmenetelmien suunnittelu jätti vielä paljon tutkittavia asioita tulevaisuutta varten.

Opinnäytetyö oli opettavainen prosessi. Aiheeseen täytyi tutusta teorian, tehtaan pohjapiirrosten, työmenetelmien ja tehtaan materiaalivirtojen avulla. Tutuksi tuli myös Dassault Systemesin Draftsight 2017 – ohjelma, jolla tein layoutvaihtoehtoja piirrokset. Työ jätti myös aihetta työmenetelmien lisätutkimuksille, joita voitaisiin tehdä uuden layoutin käyttöönoton jälkeen.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Haverila, M-J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. ja Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Kuudes painos. Tampere: Infacs Oy.

HT Laser Oy. 2017. Yrityksen www-sivu. [Viitattu 1.5.2017]. Saatavissa: <http://www.htlaser.fi>

Kujanpää, V., Salminen, A. ja Vihinen, J. 2005. Lasertyöstö. Kolmas painos. Tampere: Teknologia-info Teknova Oy.

Lapinleimu, I. 2007. Ideaalitehdas. Kolmas painos. Tampere: TTKK-paino.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. ja Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Ensimmäinen painos. Porvoo: WSOY.

