

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

Tutkintotyö

Ville Hämäläinen

**PUTKIKANNAKKEITA VALMISTAVAN YRITYKSEN LAYOUT-
MUUTOKSEN SUUNNITTELU**

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2006

DI Pasi Järvenpää
Puttek OY, valvojana Insinööri Sasu Tuominen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät
Ville Hämäläinen

Putkikannakkeita valmistavan yrityksen layoutmuutoksen suunnittelu

Tutkintotyö
Työnvalvoja
Työn teettäjä
Tammikuu 2006
Hakusanat

85 sivua + 13 liitesivua
DI. Pasi Järvenpää
Puttek OY, valvojana insinööri Sasu Tuominen
layout, valmistusjärjestelmät, tuotantomuodot,
systemaattinen layoutsuunnittelu

TIIVISTELMÄ

Työn kohteena oli putkikannakkeita valmistavan yrityksen layoutmuutoksen suunnittelu. Tavoitteena oli suunnitella uusi layoutratkaisu, jossa yrityksen kahdessa eri tuotantohallissa tehtävä putkikannakkeiden valmistus on keskitetty yhdessä tuotantohallissa tehtäväksi.

Layoutsuunnittelun lähtötiedoiksi kerättiin tarvittava tieto yrityksestä uuden layout suunnitelman laatimista varten. Työn teoriaosuudessa kuvattiin eri tuotantomuotojen ja valmistusjärjestelmien soveltuvuutta eri teollisen tuotannon aloille. Layoutsuunnittelu- osuudessa kuvattiin layoutsuunnittelun yleisiä tavoitteita ja systemaattisen layoutsuunnittelumallin rakentumista.

Systemaattista layoutsuunnittelumallia käytettiin uuden layoutsuunnitelman laadinnassa. Systemaattisessa layoutsuunnittelumallissa laadittiin ensin karkeasuunnitelma tehtaan toiminnan toteuttamiseksi. Karkeasuunnitelman pohjalta laadittiin kolme erilaista vaihtoehtoa tehtaan uudeksi layoutiksi, joista valittiin yksi vaihtoehto. Tämän vaihtoehdon kehittämistä jatkettiin yksityiskohtaisessa suunnittelussa.

Valittu layout pyrittiin yksityiskohtaisessa suunnittelussa saamaan niin valmiiksi, että suunnitelmassa on koneiden ja työpisteiden paikat tehdasalueella ja materiaalinkäsittelyn ja kulkuväylien toteutussuunnitelma. Layout voidaan toteuttaa myöhemmin lisäämällä siihen rakennus-, sähkö- ja lvi-suunnitelmat.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Modern Production Systems

Ville Hämäläinen

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning company

January 2006

Keywords

Layout change design for a pipe clamp company

85 pages + 13 appendices

M.Sc. Pasi Järvenpää

Puttek OY, Supervisor engineer Sasu Tuominen

layout planning, production systems, systematic layout
planning

ABSTRACT

The subject of the work was to design layout change for a company which manufactures pipe clamps for the process and ship building industry. The purpose was to design new layout solution where the manufacturing in two different workshops is centered to one workshop.

For the initial data for designing have to gather necessary data from the company for the design of the new layout solution. At the theory part of the work describes the applicability of different production and manufacturing methods to different industrial fields. At the theory part of layout planning was describes the usual aims of the layout planning and the construction of the systematic layout planning model.

The systematic layout planning was used at the planning of the new layout solution for the company. At the systematic layout planning model first have to plan the raw model of the factory which includes basic solution of the factory entire functions. Using the raw model as ground for the alternative layout design were three different alternative layouts created. From the alternative layouts one was selected best solution for the company needs for the detailed design.

At the detailed layout design section of the work the selected layout was designed so ready that the plan has solutions for the place of the machines at industry area and materials handling and fairways for the trucks and peoples. The designed layout can be realized by adding to the plan construction- electrical and water plans.

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Puttek oy:lle

Tampereen ammattikorkeakoulun puolesta on työn valvojana toiminut DI Pasi Järvenpää, jolle esitän kiitokseni.

Puttek Oy:n puolesta on työtä valvonut Insinööri Sasu Tuominen, joka on kannustanut ja auttanut kaikin tavoin työn edistymisessä sen eri vaiheissa.

Tampereella 16. huhtikuuta 2006

Ville Hämäläinen

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
2 PUTTEK OY.....	7
2.1 Tuotteet	8
2.2 Valmistusprosessi.....	9
2.3 Tuotantotilat ja tuotantolaitteet	10
2.3.1 Puristinhalli	11
2.3.2 Hitsaus- ja pintakäsittelyhalli.....	11
2.3.3 Varastot	11
2.3.4 Konekanta ja kuljetuskalusto	12
2.4 Puristinhallissa suoritettavat työvaiheet.....	13
2.5 Hitsausosastolla suoritettavat työvaiheet	16
2.6 Pintakäsittelyosastolla suoritettavat työvaiheet	17
2.7 Kokoonpano-osastolla suoritettavat työvaiheet	19
3 TUOTANTOMUODOT JA VALMISTUSJÄRJESTELMÄT	20
3.1 Tuotantomuodot	20
3.2 Valmistusjärjestelmät.....	22
3.2.1 Paikallinen valmistusjärjestelmä.....	23
3.2.2 Funktionaalinen valmistusjärjestelmä.....	24
3.2.3 Soluvalmistusjärjestelmä	25
3.2.4 Tuotantolinjavalmistusjärjestelmä	26
3.2.5 Ryhmäteknologinen valmistusjärjestelmä	27
4 LAYOUTSUUNNITTELU	29
4.1 Layout suunnittelun päävaiheet	30
4.2 Systemaattinen layoutsuunnittelu	31
4.2.1 Tuote-määräanalyysi.....	32
4.2.2 Materiaalin virtausanalyysi.....	34
4.2.3 Toimintoanalyysi eli yhteyskaavio	35
4.2.4 Yhdistetty kuljetus- ja yhteyskaavio.....	36
4.2.5 Toimintojen yhteyssuhdepiirros ja osa-vaihekaavio.....	37
4.2.5.1 Toimintojen yhteyssuhdepiirros.....	37
4.2.5.2 Osavaihekaavio	37
4.2.6 Tilan tarve ja työpisteen suunnittelu	38
4.2.6.1 Koneiden tilantarve	39
4.2.6.2 Materiaalintilantarve	40
4.2.6.3 Henkilökunnan tilantarve	40
4.2.7 Pinta-alayhteyskaavio	41
4.2.8 Erityiskysymykset.....	41
4.2.9 Suunnitelmien arvostelu.....	41
4.2.10 Yksityiskohtainen suunnittelu.....	42
4.2.11 Toteutuksen suunnittelu	43
5 LAYOUTSUUNNITTELU PUTTEK OY:LLE	44
5.1 Tuoterakenteelle soveltuvan valmistusjärjestelmän valinta.....	44
5.2 Kokonaisuuden karkeasuunnittelu	48
5.3 Puristinosaston koneiden sijoittelu osa-vaihekaavion avulla.....	50
5.4 Tilantarvevaatimukset.....	53
5.4.1 Käytettävissä oleva tila	54

5.5 Rajoitukset ja lisätekiöt	55
5.6 Vaihtoehtojen laadinta karkeasuunnitelman pohjalta	56
5.6.1 Vaihtoehto A	56
5.6.2 Vaihtoehto B	59
5.6.3 Vaihtoehto C	61
5.7 Materiaalinvirtauksen tarkastelu vaihtoehtoisissa	62
5.8 Vaihtoehtojen vertailu ja valinta yksityiskohtaiseen suunnitteluun.....	64
6 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU	65
6.1 Sisäisen liikenteen suunnitteluohjeet	65
6.2 Sisäisen liikenteen järjestelyt.....	67
6.2.1 Kulkuväylien mitoitus.....	68
6.2.2 Raaka-aineen käsittelyyn varattava tila tehdashallissa	69
6.2.3 Puristinten huollossa vaadittava tila.....	69
6.3 Koneiden, työkalujen ja varastojen sijoitus tehdasalueella.....	70
6.3.1 Koneiden ja laitteiden työkalujen sijoitus.....	70
6.3.2 Varastojen sijoitus.....	71
6.4 Työoloja koskevia yleisiä määräyksiä ja ohjeita.....	72
6.4.1 Valaistus.....	73
6.4.2 Melu	74
6.4.2.1 Meluntorjuntatapoja	75
6.4.2.2 Meluntorjunnan toteuttaminen tehdasalueella	76
6.4.3 Hitsauksen haittavaikutukset	76
6.4.3.1 Hitsaussavut	76
6.4.3.2 Hitsaussäteily	77
6.4.3.3 Hitsaussavujen ja hitsaussäteilyn haittavaikutusten vähentäminen	78
6.4.3.4 Haittavaikutusten huomioiminen hitsausosaston sijoituksessa.....	78
6.6 Suunnitelman toteuttamista varten lisättäviä osioita.....	79
7 YHTEENVETO	80
LÄHDELUETTELO	83
LIITTEET	85

1 JOHDANTO

Puttek Oy on teollisuuden putkikannakkeita valmistava yritys, jonka valmistus tapahtuu kahdessa eri tuotantohallissa. Putkikannakkeiden sanka- ja varsiosan valmistus tapahtuu puristinhallissa ja hitsaus, suihkupuhdistus, pintakäsittely, kokoonpano ja pakkaus tapahtuvat hitsaus- ja pintakäsittelyhallissa. Työn tarkoituksena on suunnitella layoutmuutos, jossa kaikki tuotantotoiminnot keskitetään hitsaus- ja pintakäsittelyhallissa tapahtuviksi.

Työn aihe syntyi vuoden 2004 telakkateollisuuden hiljaisen kauden aikana, jolloin yrityksen tilauskanta laski siihen pisteeseen, että olisi pitänyt pienentää kahdesta tuotantohallista aiheutuvia kiinteitä kustannuksia. Telakkateollisuus kuitenkin piristyi, mutta ajatus siitä, että mahdollisina tulevina vaikeina aikoina tuotanto voitaisiin tarvittaessa siirtää yhdessä hallissa tapahtuvaksi, säilyi.

Tämän ajatuksen pohjalta suunniteltiin tutkintotyö, jossa keskityttiin laatimaan tämän layoutmuutoksen Puttek Oy:lle ja keräämään yrityksestä tarvittavat tiedot yrityksen tuotantotavoista, tuotantomääristä, tuotteista ja koneista, jotta voidaan laatia uusi layoutsuunnitelma, jossa toteutetaan yrityksen tuotanto yhdessä tuotantohallissa.

2 PUTTEK OY

Puttek Oy on Toijalassa toimiva Matti Malon vuonna 1982 perustama putkikannakkeiden valmistukseen erikoistunut yritys. Kokemuksensa ja tietotaitonsa hän hankki isänsä Veikko Malon vuonna 1960 perustamassa V.Malo KY:ssä. Vuosien varrella yritys on kasvanut yhden miehen yrityksestä toistakymmentä työntekijää työllistäväksi yritykseksi. Samalla yrityksen liikevaihto on kasvanut muutamasta tuhannesta eurosta noin 1 milj. euroon. Aluksi yritys toimi vuokratiloissa ja ensimmäinen oma halli valmistui vuonna 1990. Toinen saman tien varrella sijaitseva halli ostettiin vuonna 1994 ja siihen rakennutettiin laajennus vuonna 2000. /10, s.1./

Puttek Oy:n asiakaskunta koostuu eri teollisuusalojen yrityksistä, kuten prosessiteollisuuden, rakennusteollisuuden sekä telakkateollisuuden yrityksistä. Lähes kaikki kotimaan laivanrakennusteollisuudessa putkikannattimia käyttävät yritykset

ostavat kannakkeensa Puttekilta. Tärkeimmät asiakkaat ovat Aker Finnyardsin Helsingin, Turun ja Rauman telakat sekä hyttivalmistaja Piikkiö Worksin Piikkiön ja Paimion yksiköt. Muita asiakkaita ovat mm. Technip Rauma Offshore ja Turun Korjaustelakka. Lisäksi asiakkaisiin kuuluu useita muita pienempiä telakoita ja asennusyrityksiä. Vientiin ensimmäiset kannakkeet tehtiin vuonna 1995, josta alkaen ulkomaihin on panostettu vuosi vuodelta enemmän, koska yrityksellä on resursseja kasvattaa tuotanto moninkertaiseksi nykyisestään. /10, s.2 – 3./

Viennin panostukset keskittyvät lähinnä tukkurien tai agenttien löytämiseen kohdemaista. Pienen jalostusasteen vuoksi rahdin osuus tuotteiden hinnassa on pitkillä matkoilla huomattava, joten Puttek Oy keskittyy tällä hetkellä Euroopan markkinoille. Ulkomaista Saksa on ylivoimaisesti tärkein vientikohte. Muita vientikohteita ovat olleet mm. Englanti ja Ranska. /10, s.3./

2.1 Tuotteet

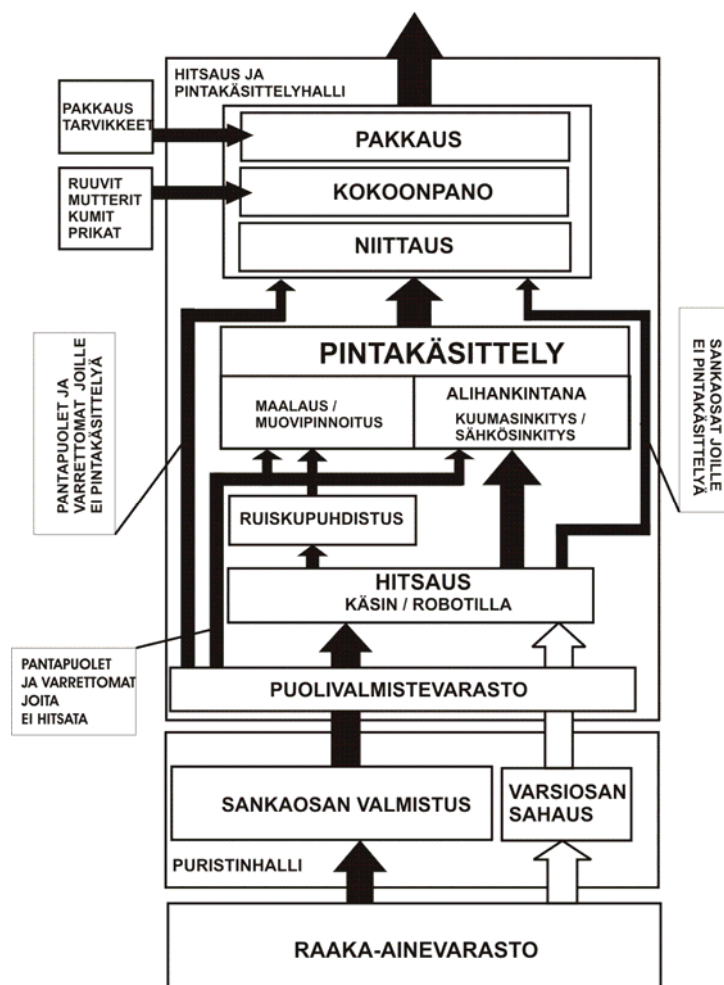
Puttek Oy:n tuotanto muodostuu pääosin teräksestä valmistettujen telakkateollisuuden putkikannakkeiden valmistuksesta, kuten kuvassa 1 olevat tuotteet. Tuotteiden koot vaihtelevat välillä NS (normisuuruus) 8 mm – 1500 mm. suurin osa tuotannosta on kuitenkin putkikannattimia joiden koot ovat NS 15 – NS 80. Vuosituotanto on noin 1,5 milj. tuotetta vuodessa. Muita tuoteryhmiä ovat kaapeliklemmarit, kädensijat, kiinnityslenkit, suppilot, eristyksen kiinnityskiskot ja kierrekiinnityskorvat. Alihankintana tehdään myös jonkin verran muovipinnoitusta. /10, s.1./



Kuva 1 Puttek Oy:n tyypillisiä tuotteita /17/

2.2 Valmistusprosessi

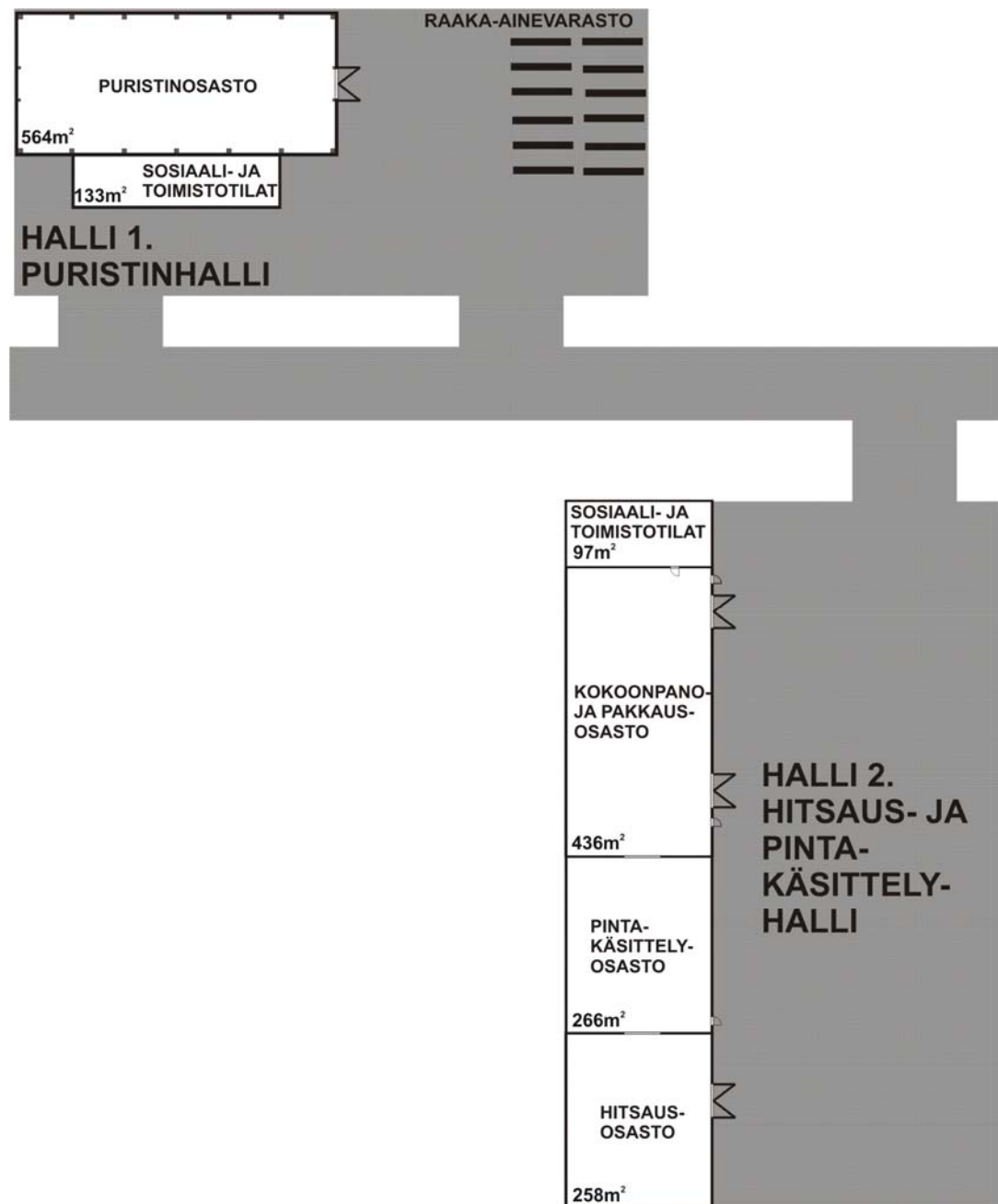
Putkikannakkeiden valmistusprosessi tapahtuu vaiheittain kuvan 2 mukaisesti siten, että putkikannakkeiden varsiosat sahataan automaattisahalla ja sankaosat valmistetaan epäkesko- ja hydraulikkapuristimilla. Puristinhallista varret ja sangat kuljetetaan trukilla hitsaus- ja pintakäsittelyhalliin hitsausosastolle, josta ne siirretään puolivalmisteverastoon tai hitsataan tilausten mukaan. Hitsatut tuotteet ja niiden mahdolliset sankapuolet suihkupuhdistetaan metallikuulasingossa, josta ne siirretään tilauksen mukaiseen pintakäsittelypaikkaan, joko pohjamaalaukseen tai muovipinnoitukseen tai alihankinnassa suoritettavaan kuuma- ja sähkösinkitykseen. Pinnoitetut tuotteet kasataan tarvittaessa kokoonpanossa ruuvein ja mutterein, jonka jälkeen ne pakataan Eur- tai Fin-lavoille ja lähetään joko kotimaahan tai ulkomaille. /10, s.1./



Kuva 2 Tuotteiden valmistusprosessi

2.3 Tuotantotilat ja tuotantolaitteet

Tuotantotiloina yrityksellä on kaksi hallia, puristinhalli ja hitsaus- ja pintakäsittelyhalli. Puristinhallissa suoritetaan putkikannakkeiden sankaosien valmistus puristimilla, säteisporakoneella tehtävät työvaiheet ja varsiosien sahaus. Hitsaus- ja pintakäsittelyhallissa suoritetaan putkikannakkeiden varsi- ja sankaosien hitsaus, suihkupuhdistus, maalaus, muovipinnoitus, niittaus, kokoonpano ja pakkaus. Hallit sijaitsevat Toijalassa Jokitien varrella kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3 Hallien sijoitus

2.3.1 Puristinhalli

Puristinhalli on valmistunut vuonna 1990 ja se on ulkomitoiltaan 37,0 m pitkä ja 16,6 m leveä. Hallin kokonaispinta-ala on 697 m², josta tuotantokäytössä 564 m² ja sosiaali- ja toimistoiloina 133,4 m².

2.3.2 Hitsaus- ja pintakäsittelyhalli

Hitsaus- ja pintakäsittelyhalli on valmistunut 1994 ja siihen on tehty laajennus vuonna 2000, joka käsitti hitsaus- ja maalausosaston tilat. Ulkomitoiltaan halli on 72,6 m pitkä ja 15,1 m leveä. Tuotantokäyttöön on pinta-alaa 960 m². Hallin tuotantotilat on jaettu väliseinillä kolmeen eri osastoon, joista hitsausosaston pinta-ala on 258 m², pintakäsittelyosaston pinta-ala on 266 m² ja pakkaus- ja kokoonpano-osaston pinta-ala on 436 m². Toimisto- ja sosiaalitulat sijaitsevat kahdessa kerroksessa joiden kokonaispinta-ala on 194 m².

2.3.3 Varastot

Raaka-ainevarasto (kuva 3) sijaitsee puristinhallin edessä asfaltoidulla alueella. Varastossa säilytetään putkikannakkeiden sank- ja varsiosien valmistuksessa tarvittavia raaka-aineita, joita ovat 6 m:n mittaiset latta- ja kulmaraudat.



Kuva 4 Raaka-ainevarasto ja puristinhallissa sijaitseva puolivalmisteverasto

Puolivalmisteverastossa pidetään perustuotteiden puolivalmiita putkikannakkeiden sank- ja varsiosia. Puolivalmiit sankaosat on puristettu puristimilla muotoonsa, mutta niitä ei ole vielä hitsattu tai pintakäsitelty. Puolivalmiit varsiosat on sahattu

automaattisahalla mittaansa. Puolivalmistevarastot sijaitsevat puristinhallissa ja hitsaus- ja pintakäsittelyhallin maalausosastolla.

Ostokomponenttivarastot sijaitsevat uuden hallin pintakäsittelyosastolla, varastoista ruuvi- ja mutterivarasto sijaitsee kokoonpanopisteiden takana. Kumi- ja eristetarvikevarasto sijaitsee vastakkaisella seinällä olevalla hyllyllä, jossa myös pakkaustarvikkeet sijaitsevat.



Kuva 4 Ruuvi- ja mutterivarasto ja kumi- eriste- ja pakkaustarvikevarasto

2.3.4 Konekanta ja kuljetuskalusto

Yrityksen tuotantokalusto koostuu puristinhallissa sankaosan valmistuksessa käyttävistä kahdeksasta puristimesta, jotka ovat malliltaan joko epäkesko- tai hydraulikkapuristimia. Niiden puristusvoimat vaihtelevat 40 - 250 t:iin. Varsiosien ja sankaosien sahauksessa käytettävistä sahoista, joita on kolme. Kaksi on malliltaan automaattisahoja ja yksi malliltaan automaattikäsisaha, jota ei juuri käytetä. Sahattujen työkappaleiden viimeistelyssä tarvittavia nauhahiomakoneita on kolme kappaletta. Niistä kaksi on sijoitettu puristinhalliin ja yksi hitsausosastolle. Työkappaleisiin tehtäviä porauksia ja kierteytyksiä varten puristinhallissa on säteisporakone. Paineilman tuottamiseen puristimille on puristinhallissa kompressori.

Hitsaus- ja pintakäsittelyhallissa tuotantokalusto koostuu putkikannakkeiden sanko- ja varsiosan hitsauksessa käytettävistä neljästä käsinhitsaustyöpisteestä ja yhdestä robottihitsausasemasta. Työkappaleiden puhdistukseen ennen pintakäsittelyä on rumpusinkokone. Työkappaleiden pintakäsittelyä varten on uppomaalauslinja ja kaksi

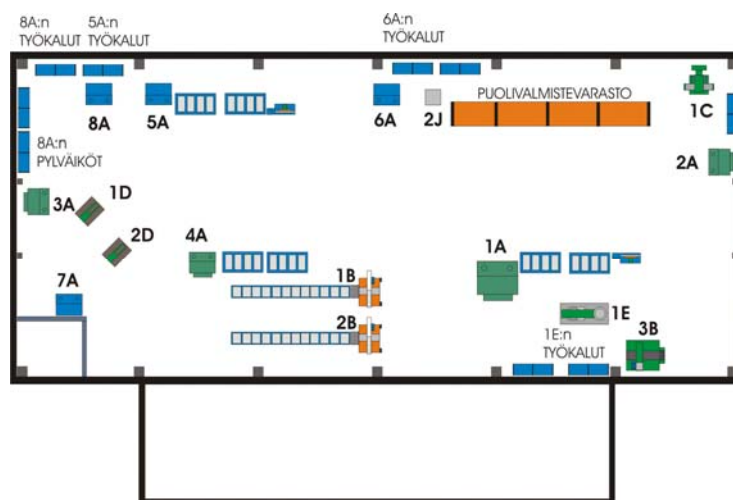
muovipinnoitustyöpistettä, joissa on kuumennusuuni ja muovipinnoitusastiat. Työkappaleiden kokoonpano-osastolla on kaksi niittaustyöpistettä ja tuotteiden kokoonpanoa varten on kokoonpanotyöpisteitä kolme kappaletta. Paineilman tuottamiseen muovipinnoituspisteille, robotihitsausasemalle ja niittaustyöpisteelle on hitsaus- ja pintakäsittelyhallissa kompressorit.

Kuljetuskalustona on yksi kaasutrucki, akkukäyttöinen pinoaja ja neljä haarukkavaunua. Muita materiaalin siirtoon käytettäviä välineitä on raaka-aineen siirroissa puristimille ja sahoille käytettävät lattakärret, pylväikköjen ja puristintyökalujen siirroissa käytettävät pylväikkökärret ja materiaalin siirtoon eri työpisteiden välillä käytettävät lavakärret ja maalaustelineet.

Yrityksen kone- ja kuljetuskalustosta on laadittu koneluettelo. Siihen on merkitty tietoja koneista kuten valmistaja, tyyppi, käyttöönottovuosi ja muuta huomioitavaa. Samalla koneille ja kuljetuskalustoille on annettu oma tunnus. Koneluettelo on liitteessä 1.

2.4 Puristinhallissa suoritettavat työvaiheet

Puristinhallissa on kahdeksan puristinta 1-8A, joista puristimet 1-4A ovat tyypiltään epäkeskopuristimia ja puristimet 5-8A ovat hydraulikkapuristimia. Eri työkappaleille tarvittavat puristimien työkalut ja pylväiköt sijaitsevat koneiden vieressä olevilla hyllyillä. Puristimilla tehtäviä työvaiheita ovat putkikannakkeiden sankaosien katkenta, taivutus, kulminta ja reiitys. Puristimet sijaitsevat kuvan 5 mukaisesti puristinhallissa.



Kuva 5 Puristinosaston layout

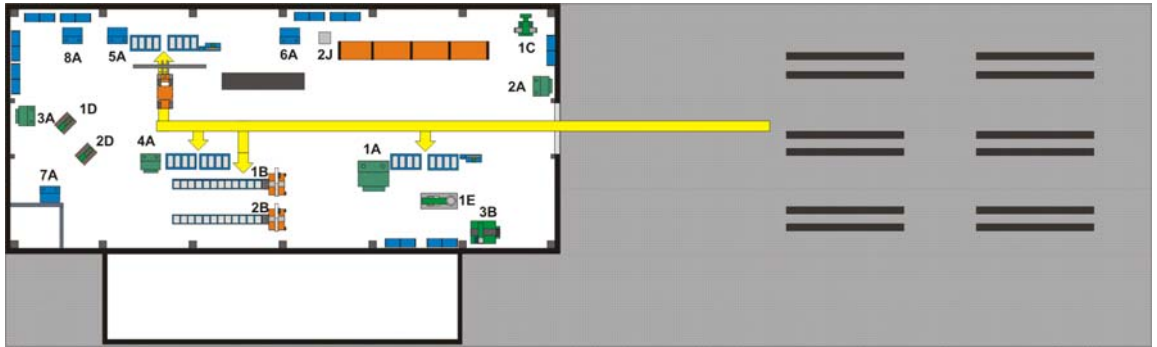
Puristimista 1A, 4A ja 5A on varustettu automaattisyöttölaitteella, joten näillä puristimilla on tietyillä tuoteryhmillä mahdollista valmistaa putkikannakkeen sankaosa kerralla valmiiksi. Muilla puristimilla valmistettavat sankaosat on ensin katkaistava, joko automaattisahoilla 1B tai 2B tai katkottava puristimilla 1A, 4A tai 5A, ennen kuin ne voidaan taivuttaa seuraavassa työvaiheessa.



Kuva 6 Epäkeskopuristin AZR 10 ja hydrauliiikkapuristin Vakomet KRO 700

Puristimilla käytettävä raaka-aine on 6 m pitkä lattarautaa tai kelalla olevaa rautanauhaa. Lattaraudat noudetaan automaattisyöttölaitteilla varustetuille puristimille puristinhallin edessä sijaitsevasta raaka-ainevarastosta lattakärryillä, yleensä noin 2000 kg painavissa nipuissa. Lattakärystä lattarautanippu nostetaan trukilla puristimen pukille. Kelalla oleva raaka-ainevarasto sijaitsee sisällä puristinhallissa. Sieltä se nostetaan haspeliin eli kelapitimeen, joko käsin tai trukilla.

Mitoiltaan erilevyisiä ja -paksuisia raaka-aineita puristimille pitää vaihtaa keskimäärin kerran päivässä. Automaattisyöttölaitteeseen lattarautoja kuitenkin täytyy käydä syöttämässä useasti, koska 6 m pitkä lattarauta ei riitä moneen työkappaleeseen. Kelalla oleva raaka-aine sen vuoksi parempi, että sitä ei tarvitse syöttää syöttölaitteelle kovin usein, koska kelassa on materiaalia useita kymmeniä metrejä. Puristuksen jälkeen työkappaleet siirretään trukkilavoilla puolivalmisteverastoon tai seuraavaan työvaiheeseen.



Kuva 7 Raaka-aineen käsittely



Kuva 8 Kelanpidin ja pukit lattaraudoille sekä rautojen siirtoon käytettävät lattakärkyt

Sahoja yrityksessä on kolme 1-3B. Sahat 1B ja 2B ovat malliltaan automaattisahoja ja 3B on automaattikäsisaha. Sahattavista työkappaleista suurin osa koostuu putkikannakkeiden varsiosista, mutta myös putkikannakkeiden sankaosia sahataan jonkin verran. Sahoille raaka-aine tuodaan ulkoa raaka-ainevarastosta lattakärkyillä, joista raaka-aine nostetaan trukilla sahan läheisyyteen. Putkikannakkeiden varsi- ja sankaosat sahataan automaattisahalla mittansa, jonka jälkeen sahatut työkappaleet viimeistellään tarvittaessa nauhahiomakoneilla 2D ja 3D. Sahauksen ja viimeistelyn jälkeen työkappaleet kuljetaan trukkilavoilla puolivalmistevalmistevarastoon tai seuraavaan työvaiheeseen.

1E on puristinhallissa sijaitseva säteisporakone, jolla tehdään tiettyihin tuotteisiin tehtävät poraukset ja kierteytykset. Säteisporakoneella työstettävät työkappaleet tuodaan trukkilavalla laatikossa poralle, jossa ne työstetään. Tämän jälkeen työkappaleet kuljetetaan seuraavaan työvaiheeseen.

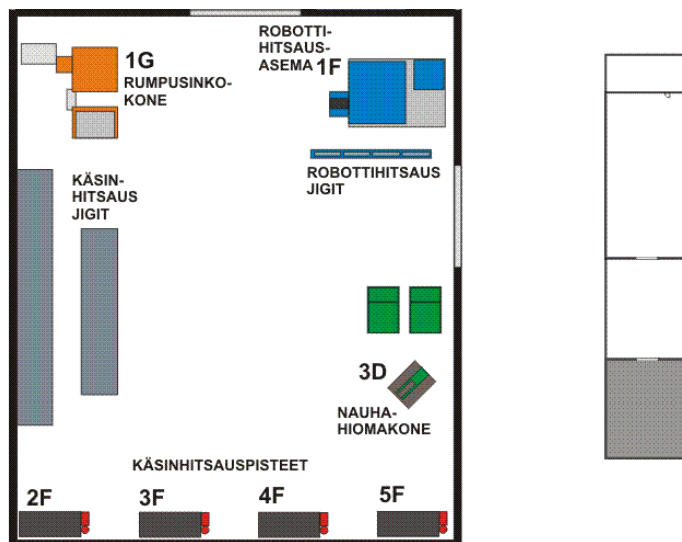


Kuva 9 Säteisporakone ja puristin työkalujen hiontaan käytettävä tasohiomakone

Kunnossapitoon ja omia töitä varten, kuten hitsauskiinnittimien valmistamiseen ja puristin työkalujen kunnostukseen tarvittavia laitteita puristinhallissa ovat: tasohiomakone 1E ja automaattikäsisaha 3B. Paineilman tuottamista varten hallissa on kompressorin 1I.

2.5 Hitsausosastolla suoritettavat työvaiheet

Hitsausosaston laitteet sijaitsevat kuvan 10 mukaisesti. Hitsausosastolla on robottihitsausasema 1F ja neljä käsinhitsaustyöpistettä 2F-5F. Käsinhitsauksessa tarvittavat kiinnittimet sijaitsevat kahdessa hyllyssä hitsauspisteiden takana ja robottihitsausaseman kiinnittimet ovat aseman vieressä.



Kuva 10 Hitsausosaston layout

Putkikannakkeiden hitsattavat varsi- ja sankaosat haetaan puolivalmistevarastosta ja hitsataan robotilla tai käsin. Hitsauksen jälkeen maalattavat ja pinnoitettavat työkappaleet kuljetaan suihkupuhdistukseen rumpusinkokoneelle 1G, josta ne kuljetaan edelleen pintakäsittelyosastolle. Työkappaleet, joille pintakäsittely tehdään alihankinnassa, viedään alihankintaan sähkö- tai kuumasinkitykseen. Alihankinnassa pintakäsiteltäville kappaleille ei tehdä suihkupuhdistusta.



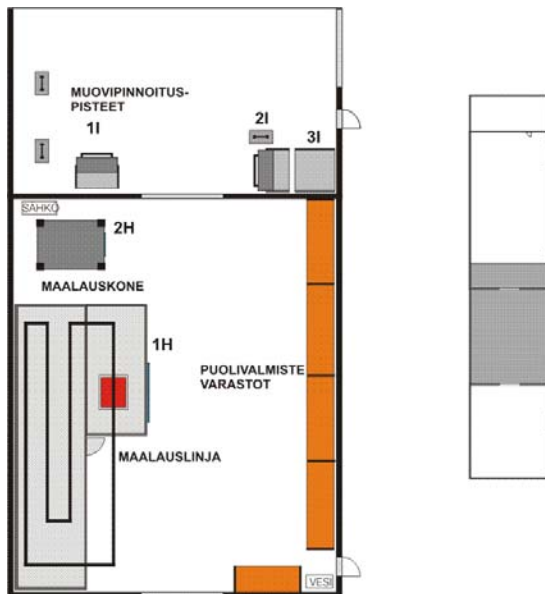
Kuva 11 Hitsausrobotti ja käsinhitsauspisteet



Kuva 12 Rumpusinkokone

2.6 Pintakäsittelyosastolla suoritettavat työvaiheet

Yrityksellä on tuotteilleen pintakäsittelyvaihtoehtoina maalaus tai muovipinnoitus ja alihankinnassa suoritettavat sähkö- tai kuumasinkitys. Tuotteille, jotka ovat alumiinia tai ruostumatonta terästä, ei tehdä pintakäsittelyä. Pintakäsittelyosaston laitteet sijaitsevat kuvan 13 mukaisesti. Maalauspisteitä on kaksi, 1H ja 2H, joista käytössä on maalauslinja 1H. 2H on malliltaan siirrettävä maalauskone, joka ei tällä hetkellä ole käytössä ja se tullaan poistamaan. Myös vanha kuumennusuuni 3I poistetaan.



Kuva 13 Pintakäsittelyosaston layout

Maalauslinja 1H on kiinteäksi rakennettu uppomaalausjärjestelmä, jossa työkappaleet ripustetaan maalauslinjastossa oleviin koukkuihin. Työkappaleet kulkevat linjaston kautta, jossa ne ensin upotetaan maalialtaaseen. Sen jälkeen ne kulkevat kuivauslinjaston läpi. Maalauksen jälkeen kappaleet asetellaan trukkilavalle, josta ne viedään seuraavaan työvaiheeseen.



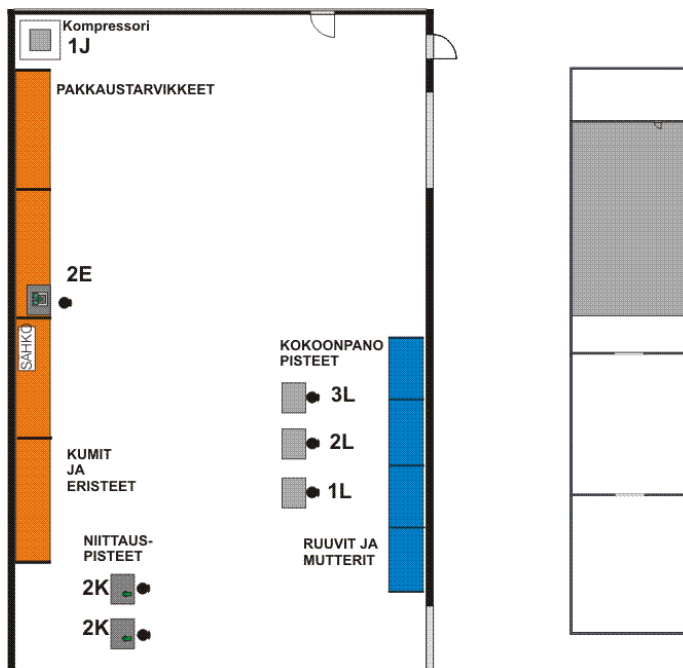
Kuva 14 Maalauslinja ja muovipinnoituspiste

Muovipinnoituspisteitä pintakäsittelyosastolla on kaksi, 1I ja 2I. Muovipinnoituspisteissä on varustuksena kuumennusuuni ja muovipinnoitusastiat sekä puominosturi painavien kappaleiden käsittelyä varten. Kuumennusuunissa kappaleet kuumennetaan noin 250 °C lämpötilaan. Sen jälkeen ne nostetaan muovipinnoitusastiaan, jossa ilmanpaineella kuohkeaksi saatu muovijauhe sulaa kuumien kappaleiden pintaan. Muovipinnoituksen

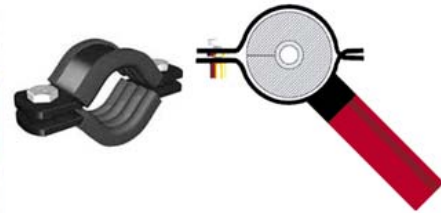
jälkeen kappaleet laitetaan kuivumaan siirrettäville telineille, josta ne jäädyttyään poistetaan ja kuljetetaan seuraavan työvaiheeseen.

2.7 Kokoonpano-osastolla suoritettavat työvaiheet

Kokoonpano-osaston koneet ja laitteet sijaitsevat kuvan 15 mukaisesti. Kokoonpano-osastolla tehtäviä työvaiheita ovat niittaus, kokoonpano ja pakkaus. Niittauspöytiä kokoonpano-osastolla on kaksi, pöydät 1-2K. Kokoonpanopisteissä 1-3I suoritetaan putkikannakkeiden kokoonpano, jossa putkikannakkeet kootaan tarvittavin mutterein, ruuvein, ja eristein. Kuvassa 11 on kokoonpanopisteet ja tyypillisiä kokoonpantavia tuotteita. Tuotteiden pakkaus suoritetaan kokoonpanopisteiden vieressä. Muita osastolla olevia laitteita on pylväsporakone 1E, jolla tehdään satunnaisesti omia työtehtäviä. Paineilman tuottamiseen rumpusinkokoneelle, hitsausrobotille, muovipinnoituspisteille ja niittaukseen on kompressori 1J.



Kuva 15 Kokoonpano-osaston layout



Kuva 16 Kokonpanopisteet ja kokoonpantavia tuotteita /17/

3 TUOTANTOMUODOT JA VALMISTUSJÄRJESTELMÄT

Tuotantomuodot määrittelevät tuotannon peruslähtökohdat. Ne ovat perustana tuotantojärjestelmän suunnittelulle, tuotannon johtamiselle ja ohjaukselle. Tuotantomuodot vaikuttavat keskeisesti yrityksen toimintatapaan, kilpailutekijöihin sekä tuotantoprosessin kehittämiseen ja ohjaukseen. Yritys ei voi valita harjoittamaansa tuotantomuotoa vapaasti, vaan se määräytyy tuotteen valmistusmäärien, konstruktion, valmistustekniikan ja jakelutien perusteella. /9, s.329./

3.1 Tuotantomuodot

Tuotantomuodot määritellään tuotteen, valmistusaloitteen ja tuotantoerän koon perusteella kuten kuvassa 17.



Kuva 17 Tuotannon jako /9/

Tuotteen luonteen mukaisesti tuotanto voi olla vakiotuotantoa tai tilaustuotantoa. Vakiotuote on samanlainen kaikille asiakkaille, esimerkkinä kulutustavarat. Tilaustuotteessa tuotteen rakenne ja ominaisuudet määräytyvät asiakkaan vaatimusten perusteella. Esimerkiksi voidaan mainita mittojen mukaan valmistettavat keittiökalusteet. /9, s.329./

Asiakastuotannossa tuote valmistetaan joka kerta erikseen asiakkaalta lähteneestä tilausimpulssista. Asiakas voi tällöin joko ostaa standardituotteen tai vaikuttaa tuotteen konstruktion ja toimitusajankohtaan. Viimeksi mainitussa tapauksessa puhutaan asiakaskohtaisesta eli räätälöidystä tuotteesta. Yrityksen valitsemasta strategiasta riippuu, haluaako se valmistaa pelkästään standardituotteita vai antaako se asiakkaalle mahdollisuuden vaikuttaa. Toinen tilaustapa on varastotuotanto, jossa tilausimpulssi ei lähde yksittäiseltä asiakkaalta. Tilausimpulssi saadaan joko markkinaennusteiden perusteella tai silloin kun varastomäärä putoaa alle ennakkoon sovitun rajan. Tyypillisiä varasto-ohjautuvia tuotteita ovat kulutustavarat. /9, s.329./

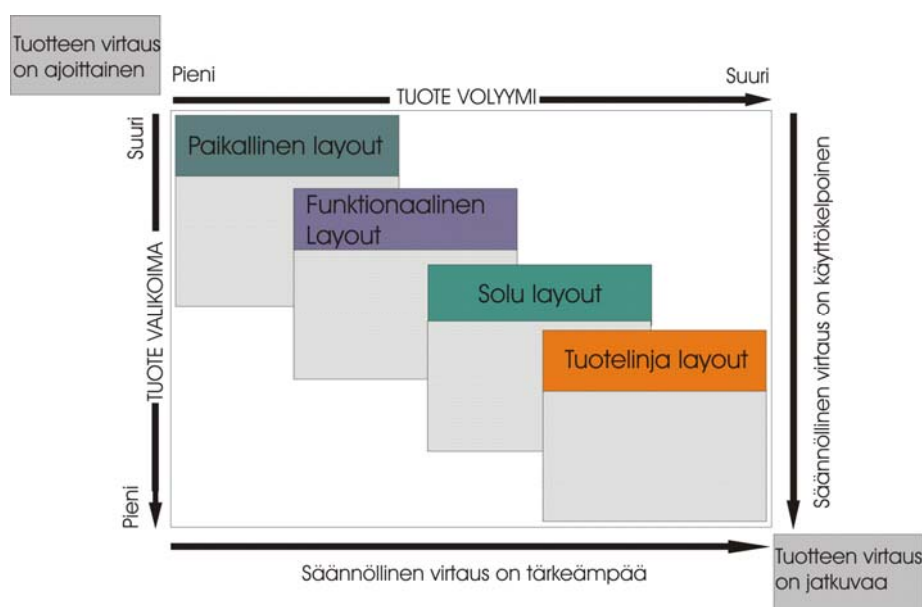
Yksittäistuotannossa tuotteet valmistetaan yksi tuote kerrallaan asiakastilauksen perusteella. Esimerkkinä voidaan mainita paperikone. Sarjatuotannossa tuotteet valmistetaan määrävälein toistuvissa erissä. Sarjatuotannon ideana on saada valmistuskustannukset tuoteyksikköä kohden mahdollisimman pieniksi. Taloudellinen sarjakoko riippuu myös valmistusmenetelmästä. Sarjatuotanto voidaan vielä jakaa sarjasuuruuden perusteella piensarja- ja suursarjatuotantoon. Todella suurten eräkokojen ollessa kyseessä puhutaan jo massatuotannosta. Suuret eräkoot huonontavat joustavuutta ja saattavat johtaa suuriin varastoihin. Yhtenäistuotannossa valmistetaan samaa tuotetta pitkän aikaa ja tuotanto kulkee virtana valmistusprosessin läpi. Erikoistapaus yhtenäistuotannosta on prosessituotanto, esimerkiksi teräksen valmistus tai kemianteollisuus. Sekatuotannosta on kysymys silloin, kun samassa teollisuuslaitoksessa on useita tuotantomuotoja. Tuotteen osat voidaan valmistaa sarjatuotantona, mutta varsinaisen tuotteen kokoaminen tapahtuu yksittäistuotantona, esimerkiksi junanvaunut. Kuvassa 18 on kuvattu tuotantoeränkoon mukaan soveltuvia valmistusjärjestelmiä. /9, s.329; 12./

Valmistusmuodot	Layout tyypit
Yksittäistuotanto	Paikallinen layout
Erätuotanto	Funktionaalinen Layout
Sarjatuotanto	Solu layout
Massatuotanto	Tuotelinja layout
Prosessituotanto	

Kuva 18 Valmistusmuodon perusteella tapahtuva valmistusjärjestelmän valinta /8/

3.2 Valmistusjärjestelmät

Layouttyyppi tuotantolaitokselle valitaan tuotevalikoiman laajuuden ja tuotettavien määrien perusteella. Tuotantolinjalayoutia sovelletaan tuottaessa suuria määriä samantyyppisiä tuotteita. Funktionaalinenlayout parhaimmillaan kun valmistettavien tuotetyyppien määrä on suuri, mutta tuotantomäärät pienet. Solulayoutia käytetään valmistettaessa eri tuotteita toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että kannattaisi muodostaa tuotelinja. Soluissa voidaan tuotelinjaa joustavammin valmistaa erityyppisiä tuotteita. Kuvassa 19 on kuvattu valmistusjärjestelmien soveltuvuutta eri tuotemäärille ja tuotevalikoimille. /9, s. 444 – 446; 11./



Kuva 19 Layoutin sopivuus tuotannolle /8/

Tehtaan layout muodostuu erityyppisistä osalayouteista. Layout voi vaihdella tuotantoprosessin vaiheen mukaan. Esimerkiksi tuotteiden kokoonpano voi tapahtua linjassa ja osien valmistus funktionaalisesti tai soluissa. Funktionaalisesti järjestetyssä konepajassa voi jokin osa tuotannosta tapahtua solussa. Eri tuotteiden valmistuksessa mahdollista käyttää erilaista layoutia, jos tuotteiden tyyppi tai valmistusmäärät poikkeavat huomattavasti toisistaan. /9, s. 444 – 446; 11; 12./

Moderni tuotantoautomaatio on lisännyt valmistuksen joustavuutta. Asetusajat ovat lyhyet vaihdettaessa tuotteesta toiseen, jolloin voidaan valmistaa erityyppisiä tuotteita joustavasti samassa tuotantoprosessissa. Yhdistelemällä riittävä määrä eri tuotteita samaan valmistusprosessiin voidaan saavuttaa riittävä tuotantomäärä solun tai tuotantolinjan muodostamiselle. /9, s. 444 - 446./

Tuotteen valmistamiseen tarvittavat työvaiheet voidaan sijoittaa monella eri tavalla toisiinsa nähden. Valittavissa on joukko vakiintuneista sijoitusperiaatteita, joiden soveltamisella päädytään erilaisiin valmistusjärjestelmiin. Seuraavassa on viisi erilaista valmistusjärjestelmää:

- paikallinen
- funktionaalinen
- tuoteperhe (solu)
- tuotantolinja
- ryhmäteknologinen.

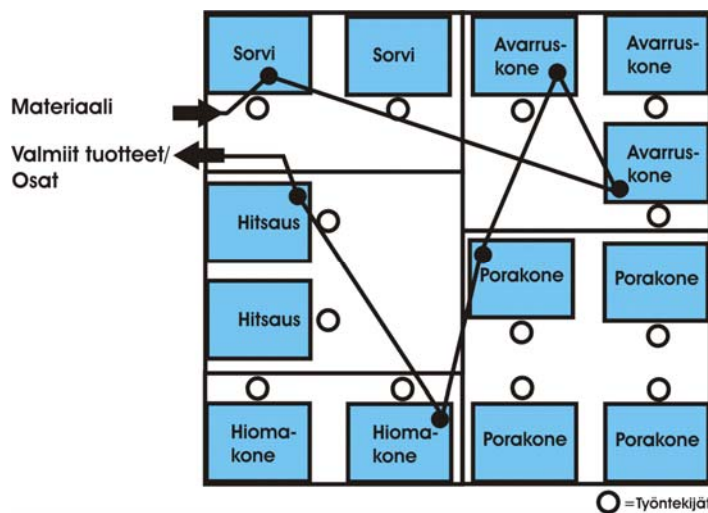
Käytännön ratkaisut ovat useimmiten näiden järjestelmien tai niiden yhdistelmien selviä sovelluksia. /9, s. 444 - 446./

3.2.1 Paikallinen valmistusjärjestelmä

Paikallisessa järjestelmässä tuotteen valmistus ja kokoonpano tapahtuvat samalla paikalla alusta loppuun, esimerkiksi laivanrakennuksessa. Sen sijaan henkilöstö, työkoneet ja laitteet vuorottelevat. Töiden keskinäinen vuorottelu ja tasapainotus vaativat huolellista suunnittelua. /12./

3.2.2 Funktionaalinen valmistusjärjestelmä

Funktionaalissa valmistusjärjestelmässä koneet ja työpaikat on ryhmitelty työtehtävän saman kaltaisuuden perusteella kuten kuvassa 20. Esimerkiksi kaikki sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauspaikat ovat hitsaamossa. Funktionaalista valmistusjärjestelmää nimitetään myös teknologiseksi valmistusjärjestelmäksi koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn vuoksi. Funktionaalissa valmistusjärjestelmässä voi tuotantomääriä ja tuotetyyppejä voi joustavasti vaihdella. Kone- ja laitevalinnoilla pyritään siihen, että erityyppisten tehtävien suorittaminen olisi joustavaa. Tuotteet valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina. Toisistaan poikkeavien työkulkujen vuoksi materiaalin käsittelyyn voidaan soveltaa automaatiota hyvin rajoitetusti. /9, s.440; 5, s. 79./



Kuva 20. Esimerkki funktionaalisesta layoutista /1/

Tuotannonohjaus perustuu eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn. Töiden ohjaus oikea-aikaisesti työvaiheesta toiseen on hankalaa. Työjonot kasvattavat keskeneräinen tuotannon määrää ja pidentävät tuotannon läpäisyäikää. Työpisteiden välisen suuren etäisyyden vuoksi materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset muodostuvat suuriksi. Työvaiheiden välillä olevien välivarastojen ja työpisteiden etäisyyden vuoksi laadunohjaus on vaikeasti toteuttavissa. /9, s.440; 5, s. 79./

Järjestelmän edut:

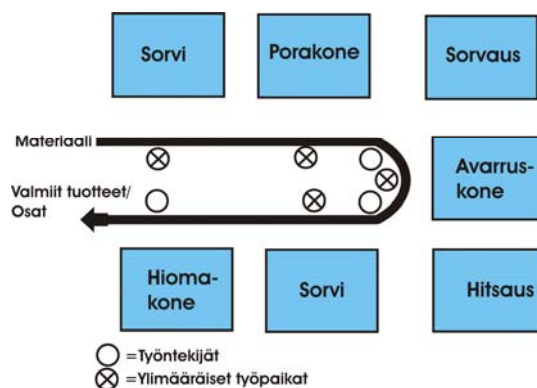
- Työnjohdon ja ylläpitotoiminnan erikoistuminen lisää niiden tehokkuutta.
- Välivarastojen ja vaiheiden itsenäisyyden vuoksi ei häiriö yhdessä vaiheessa vaikuta muihin.
- Työnsuunnittelussa tasapainottamisongelmat ovat pieniä.

Haitat:

- Jokaisen työvaiheen jälkeen tarvitaan yksi tai kaksi kuljetusta sen mukaan, onko tuote myös välivarastoitu.
- Valmistussarjan suuruutta määrättäessä on otettava huomioon myös kuljetus- ja välivarastointinäkökohdat.
- Tuotannonohjaus on monimutkaista, koska jokainen vaihe vaatii sekä aloittamismääräyksen että tiedon työn päättymisestä.
- Lämpimenoajat ovat pitkiä.

3.2.3 Soluvalmistusjärjestelmä

Solu muodostaa itsenäisen, eri koneista ja työpaikoista kootun ryhmän, joka on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen kuten kuvassa 21. Soluvalmistusjärjestelmä on eräänlainen välimuoto funktionaalisesta ja tuotantolinjavalmistussarjajärjestelmästä. Solussa materiaalivirta on selkeä, eikä siinä esiinny välivarastoja. Eri tuotteiden tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella paljonkin. Valmistus solussa tapahtuu yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Solujen läpäisyajat ovat huomattavan lyhyet funktionaaliseen valmistusjärjestelmään verrattuna ja solu pystyy valmistamaan joustavasti niitä tuotteita, joiden valmistukseen se on suunniteltu. Myös asetusajat siirryttäessä tuotteesta toiseen ovat lyhyet. Solu on joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä oman tuoteryhmänsä puitteissa. /9, s. 441 – 442; 5, s. 85 – 92; 11./



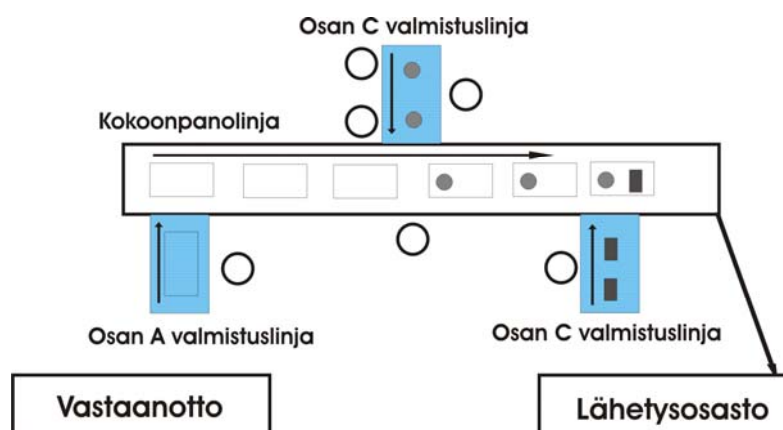
Kuva 21 Esimerkki solulayoutista /1/

Solun tuotannonohjaus on helppoa, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen. Eri valmistusvaiheiden suorittaminen peräkkäin samalla alueella helpottaa laadunvalvontaa. Virheiden löytäminen ja korjaaminen on myös helppoa. Soluissa eri koneiden kuormitusasteet voivat vaihdella huomattavasti. Keskimäärin ne ovat alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Soluvalmistusjärjestelmä on funktionaalista valmistusjärjestelmää herkempi kuormituksen vaihteluille ja tuotevalikoiman muutoksille. /9, s. 441 – 442; 5, s. 85 – 92./

Soluvalmistusjärjestelmää on perusteltu työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden nousulla. Solussa työskentelevä ryhmä vastaa tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta itsenäisesti, näin työntekijät voivat itse vaikuttaa keskinäiseen työn jakoon ja tehtävien kierrättämiseen. /5, s. 85 – 92./

3.2.4 Tuotantolinjavalmistusjärjestelmä

Tuotantolinjassa koneet ja laitteet ovat valmistettavan tuotteen työkulun mukaisessa järjestyksessä, kuten kuvassa 22. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen, sen vuoksi valmistus ja kappaleenkäsittely on automatisoitua ja tehokasta. Suuri volyyymi ja korkeakuormitusaste ovat keskeisiä edellytyksiä tuotantolinjan rakentamiselle. Suurien valmistusmäärien ansiosta tuotteen yksikköhinta muodostuu alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakentamisen kustannukset ovat suuret. /9, s.439./



Kuva 22. Esimerkki tuotantolinja layoutista /1/

Tuotantolinja sietää huonosti häiriöitä, koska pienikin häiriö vaikuttaa nopeasti koko linjan tuottavuuteen. Laadunvalvonta on tärkeää, koska häiriöiden aiheuttamat kustannukset ovat suuret ja linja kykenee tuottamaan tehokkaasti myös virheellisiä tuotteita. Kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa linjan toteutuksen jälkeen. Tuotantosarjat ovat pitkiä, koska tuotteen vaihtaminen toiseen kestää usein kauan. Selkeä työnkulku tekee tuotannonohjauksen helpoksi. /9, s.439; 5, s. 81 – 85./

Järjestelmän edut:

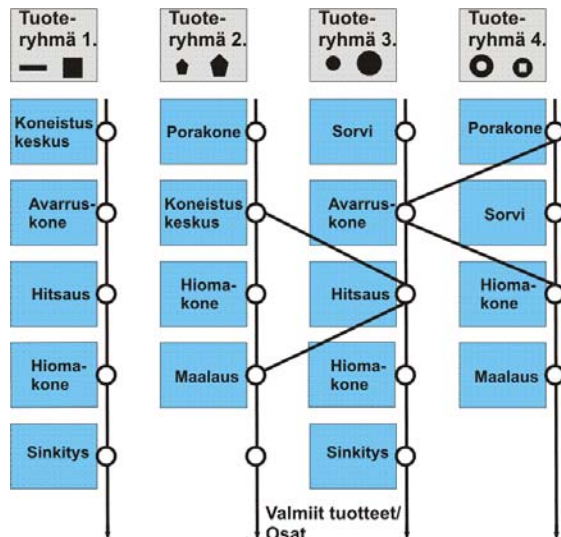
- Tuotteilla on hyvin lyhyt läpimenoaika.
- Tuotteilla on edulliset kuljetukset.
- Tuotantolinjan tilantarpeeseen verrattuna, tuotantomäärää on suuri.

Haitat:

- Tuotantolinjan perustamiskustannukset ovat suuret.
- Työvaiheet on linjassa tasapainotettava ajallisesti.
- Vaatii hyvän ulkopuolisen palvelun (= alihankkijoiden hyvä toimitusvarmuus).
- Linjatyöskentelyssä on yksitoikkoisuuden vaara työntekijöille.
- Vaatii toimiakseen reservihenkilöstöä esim. sairaustapausten ajalle.

3.2.5 Ryhmäteknologinen valmistusjärjestelmä

Ryhmäteknologian avulla etsitään osia ja tuotteita, joilla on samat työvaiheet. Työvaiheiden perusteella muodostetaan osaperheitä, jotka sopivat samassa valmistusprosessia eli ryhmässä tehtäviksi. Tavoitteena on saavuttaa riittävä valmistusmäärä solu- tai tuoteverstastuotannon aloittamiseksi. Tuotannon välineet sijoitetaan nyt toisiaan seuraavien työvaiheiden mukaan siten, että kuljetukset ja välivarastoinnit häviävät kokonaan tai suureksi osaksi. Aina ei ryhmään kuuluvien tuotteiden tarvitse olla tässä mielessä täysin samanlaisia. Silloin järjestetään tuotannon kulku yleisimpien tuotteiden mukaan. Poikkeuksellisten tuotteiden osalta hyväksytään esim. “ylimääräisiä” kuljetuksia tai käyntejä koneryhmän ulkopuolella, kuten kuvassa 23. /9, s.445; 7, s. 62./



Kuva 23 Esimerkki ryhmäteknologisesta layoutista /1/

Osaperheiden muodostamiseksi on kehitetty erilaisia koodausmenetelmiä. Tuotteen koodi kertoo tuotteen geometrian ja valmistusvaiheet. Sen perusteella etsitään samanmuotoisia kappaleita ja saman työnkulun omaavia osia. Koodausmenetelmää hyödynnetään myös osien ja niiden geometrioiden standardoinnissa. Osien ja muotojen koodaus on erittäin työlästä ja vaatii runsaasti resursseja. Tuoteperheitä etsitään myös työnvaihekaavioiden avulla, ilman monimutkaista koodausta. /7, s. 62./

Ryhmäteknologinen valmistusjärjestelmä soveltuu moneen tilanteeseen, jossa nyt käytetään funktionaalista tapaa. Läpimenoajan lyhentäminen ja tilantarpeen pienentyminen ovat niin merkittäviä etuja, että esim. Koneiden kuormitussuhteesta kannattaa usein tinkiä. Henkilöiden kuormitus tulee kuitenkin olla tehokas. Usein päädytäänkin sellaiseen ratkaisuun, että valmistusryhmään tarvittavat koneet tai muut työpaikat sijoitetaan työvaihejärjestykseen, mutta miehitetään vain osittain. Työpaikkoja on siis enemmän kuin työntekijöitä, jotka siirtyvät työpaikasta toiseen tarpeen mukaan. Kalliit avainkoneet kuormitetaan tietenkin tehokkaasti. /9, s.445; 7, s. 62./

Järjestelmän edut

- Läpimenoaika on pakkosyötön johdosta lyhyt.
- Työsuunnitteluun liittyvän valvonnan kannalta tarkasteltuna muodostaa ryhmä vain yhden työvaiheen ja vähentää siis paperivirtaa.
- Työnjohto voi hallita koko ryhmän näköhavaintojen perusteella tarvitsematta turvautua papereihin. Vaiheiden välissä olevat tavaramäärät antavat suoraan aiheen työn järjestämiseksi.
- Tilantarve on pieni.

Haitat:

- Järjestelmä on muutettava menetelmien muuttuessa.
- Koneiden tehokas kuormitus on vaikeaa.
- Järjestelmä on hieman alttiimpi häiriöille, kuin funktionaalinen järjestelmä.

4 LAYOUTSUUNNITTELU

Layoutsuunnittelu on monivaiheinen prosessi, johon vaikuttaa suuri määrä erilaisia tekijöitä. Tuotantojärjestelmän layout on aina kompromissi, koska kaikkien tekijöiden suhteen optimaalista ratkaisua ei yleensä ole löydettävissä. Layoutsuunnittelun peruslähtökohtana ovat seuraavat tekijät /9, s.444 – 446; 10.; 12./:

1. Tuotteiden perustiedot määrittelevät lopputuotteiden rakenteen, käytettävät puolivalmisteet, komponentit sekä raaka-aineet.
2. Työvaiheistus kertoo tuotteen työvaiheet ja niiden järjestyksen
3. Tuotantomäärän perusteella mitoitetaan tuotantokoneisto ja määritellään tuotantomuoto ja -tekniikka.
4. Tuotannon aikajänne kertoo, kuinka pitkän ajan tuotanto tulee säilymään suunnitelman mukaisena. Aikajänteen pituus vaikuttaa investointien kannattavuuteen.
5. Tukitoiminnot kertovat, mitä valmistusta tukevia toimintoja tarvitaan. tukitoimintoja ovat esimerkiksi sosiaalililat, työkaluhuolto, jätteiden käsittely ja paineilmankehityslaitteisto.

Layoutsuunnittelun keskeisenä tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Materiaalin kuljetuskerrat ja matkat pyritään minimoimaan osastojen ja työpisteiden sijoittelua suunniteltaessa. Tuotannon ohjauksen ja toiminnan kehittämisen kannalta on myös edullista sijoittaa toisiaan seuraavat työvaiheet siten, että materiaalivirrat ovat mahdollisimman selkeät. /9, s.444 – 446; 10.; 12./

Layoutsuunnittelussa on myös otettava huomioon mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet. Tuotantomäärien ja tuotetyyppien muuttuessa on layoutia pystyttävä muuttamaan joustavasti. /12./

Mahdolliset muutostarpeet pitää ottaa huomioon erityisesti vaikeasti siirrettävien koneiden ja laitteiden sijoittelussa. Maalauslinjat, tuotantolinjat, raskaat koneet ja kiinteät varastorakennelmat on sijoitettava siten, etteivät ne haittaa layoutin myöhempää kehittämistä. /9, s.444 – 446; 10; 12./

Hyvän layoutin ominaisuuksia ovat seuraavat:

- Kaikki layoutiin vaikuttavat tekijät on otettu huomioon.
- Materiaalia liikutetaan niin vähän kuin mahdollista.
- Valmistus etenee yhdensuuntaisena virtana.
- Kaikki tilat on tehokkaasti käytetty.
- Työturvallisuus ja työtyytyväisyys on otettu huomioon.
- Layout on helposti ja joustavasti muutettavissa.

4.1 Layout suunnittelun päävaiheet /6, s. 49 – 51/

Riippumatta layoutsuunnitteluprojektin laajuudesta voidaan suunnittelussa erottaa kuvan 24 mukaiset päävaiheet. Päävaiheet ovat paikan valinta, kokonaisuuden karkeasuunnittelu, yksityiskohtainen suunnittelu ja toteuttamisen suunnittelu.

	I Vaihe	Paikan valinta	SLS:n toiminta-alue
	II Vaihe	Kokonaisuuden karkeasuunnittelu	
	III Vaihe	Yksityiskohtien suunnittelu	
	IV Vaihe	Toteuttamisen suunnittelu	

Kuva 24 Layoutsuunnittelun päävaiheet /6/

Paikan tai alueen määrittelyssä joudutaan ratkaisemaan, mihin valmistus on sijoitettava. Tällöin voi tulla kyseeseen uusien lisälajennusten tai rakennusten rakentaminen tai jopa uuden paikkakunnan valinta. Kokonaisuuden karkeasuunnittelussa määritellään lähtöarvot layoutsuunnitteluun, kuten tilantarve, tuotantomäärät, valmistusjärjestelmän tyyppi jne. Systemaattisen layoutsuunnittelu mallin avulla suunnitellaan layoutvaihtoehdot, yleensä noin 3 - 5 eri vaihtoehtoa. Nämä vaihtoehdot arvostellaan ja valitaan yksityiskohtaiseen suunnitteluun sopiva vaihtoehto.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa on tarkoituksena valitun layoutin viimeistely siten, että koneet ja laitteet sijoitetaan kuvaan, jotta arkkitehdit, erikoissuunnittelijat ja urakoitsijat voivat tehdä omat suunnitelmansa layoutsuunnitelman jatkoksi.

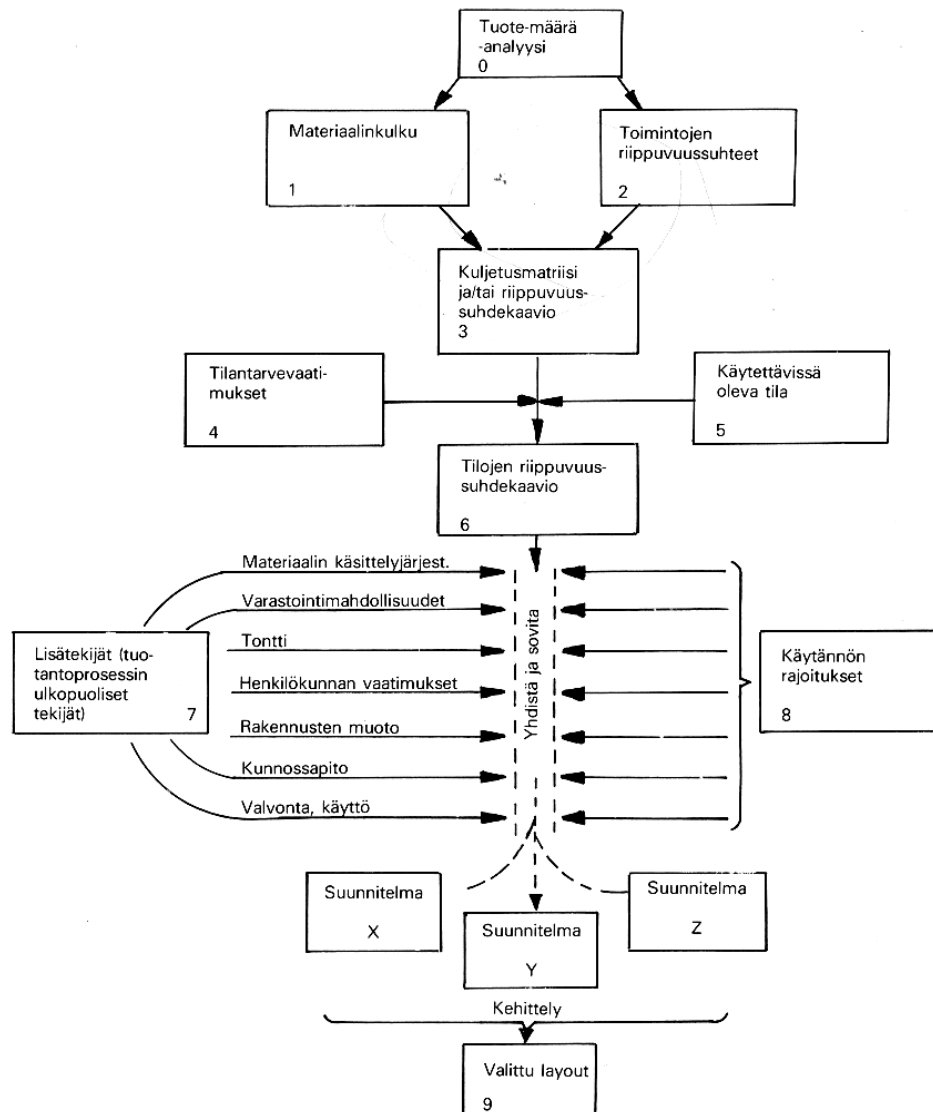
Yksityiskohtaisesti suunniteltu layout tulee hyvinkin havainnolliseksi, mikäli se voidaan esittää kaksi- tai kolmiulotteisena.

Toteuttamisen suunnittelussa on hankittava layoutsuunnitelmille hyväksyntä kaikilta sellaisilta henkilöiltä, jotka ovat päättävässä asemassa tai tulevat käytännössä työskentelemään tuotantotiloissa. Näitä henkilöitä ovat esimerkiksi yrityksen johto, linjahenkilöstö, kunnossapitohenkilöstö, työturvallisuushenkilöt ja työntekijät. Systemaattista layoutsuunnittelua eli SLS:ää voidaan näistä neljästä vaiheesta käyttää apuna layoutsuunnittelun kokonaisuuden karkeasuunnittelussa ja yksityiskohtaisessa suunnittelussa.

4.2 Systemaattinen layoutsuunnittelu

Systemaattisen layoutsuunnittelumallin käytön tarkoituksena on varmistaa, että suunnittelussa tehtävät suoritetaan oikeassa järjestyksessä ja kaikki tehdassuunnitteluun vaikuttavat tekijät otetaan huomioon suunnittelun aikana. Kuva 25 esittää systemaattisen layoutsuunnittelumallin ja suunniteltavien vaiheiden toteuttamisen järjestyksen.

Systeemiaattinen tehdassuunnittelumalli rakentuu vaiheista, jotka suoritetaan mallin mukaisessa järjestyksessä. Suunnittelun vaiheissa 0 - 3 pyritään määrittelemään ja yhdistämään materiaalinkulku ja muut toimintojen riippuvuussuhteet, joiden avulla saadaan rakennettua karkeasuunnitelma tehtaan toiminnan toteuttamiseksi. Seuraavaksi vaiheissa 4 - 6 määritellään tarvittavat ja käytettävissä oleva tilat. Vaiheissa 0 - 3 rakennettu tehtaan toiminnan kokonaismalli yhdistetään vaiheissa 4 - 6 määritettyihin tilantarvevaatimukseen vaiheessa 6 tilojen riippuvuussuhdekaaviossa, jossa on nyt huomioitu materiaalinkulku, tilantarvevaatimukset ja toimintojen muut riippuvuussuhteet. Vaiheissa 7 - 8 määritellään suunnittelun lisätekiijät, käytännön rajoitukset. Nämä rajoitukset yhdistetään edelliseen vaiheeseen ja tämän pohjalta kehitetään 3 - 5 erilaista layoutvaihtoehtoa. Näistä vaihtoehtoista valitaan yksi, jonka kehittämistä jatketaan vaiheessa 9 yksityiskohtaisessa suunnittelussa. /1, s.104 - 106./



Kuva 25 Tehdassuunnittelun ajatusmalli /1/

4.2.1 Tuote-määräanalyysi /1, s. 104 – 106/

Tuote-määräanalyysin Tarkoituksena on selvittää eri tuotteiden valmistusmäärät tulevaisuudessa (taulukko 1). Analyysin perusteella selvitetään työvaiheajat tuotteittain ja kuormitusryhmittäin (taulukko 2). Tuotteet, joilla on lähes samat työvaiheet, voidaan yhdistää ryhmiksi. Siten tehdassuunnittelun lähtökohdaksi saadaan mahdollisimman monia tuotteita, koska suunnittelu tapahtuu yleensä vain eniten työtä teettävien tuotteiden perusteella. Taulukko osoittaa samalla, mihin työvaiheisiin kannattaa kiinnittää huomiota menetelmäparannuksia suunniteltaessa.

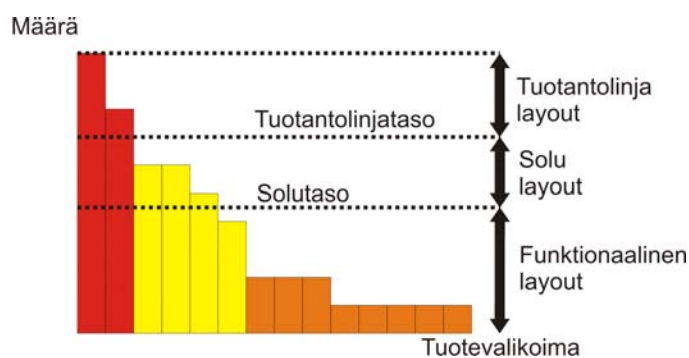
Tuotemääräanalyysitaulukosta laaditaan kaavio ja soveltuvan valmistusjärjestelmän valinnassa käytetään kuvan 26 mukaisia, tuote- ja tuotantomääriin perustuvia valintakriteereitä. Eri valmistusjärjestelmiä käyttämällä päästään usein tehokkaampaan lopputulokseen kuin ainoastaan yhtä valmistusjärjestelmää käytettäessä.

Taulukko 1 Tuotemäärä analyysi /1/

Tuote	Kpl/Vuosi						Σ
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	
A 10	200	250	300	350	450	550	2100
A 11	100	110	120	140	160	180	810
A 12	100	120	140	160	200	240	960
B 21	80	80	120	160	200	240	880
B 22	50	55	60	70	80	90	405
C 12	40	40	50	50	55	55	290
Σ	2556	2642	2778	2919	3135	3346	5445

Taulukko 2 Työnvaiheanalyysi /1/

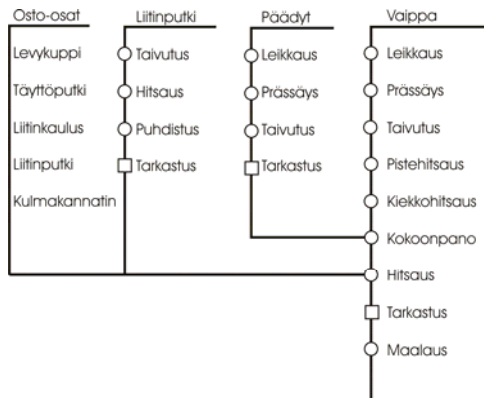
Tuote tai tuoteryhmä		Työn vaiheet						Σ
		Sahaus	Leikkaus	Särmäys	Sorvaus	Jyrsintä	Viimeistely	
		Kpl-aika, h						Σ
Kpl/v		0,5	0,8	2	1,5	3	1,5	
A 10	400							3720
A 11								
A 12								
B 21	130							1209
B 22		65	104	260	195	390	195	
C 12	40	20	32	80	60	120	60	372
Σ		285	456	1140	855	1710	855	5301



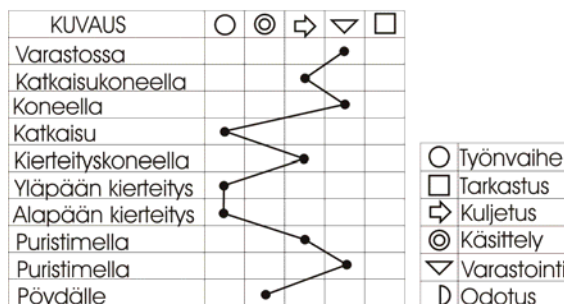
Kuva 26 Valmistusjärjestelmän valinta tuote-määrä-analyysin avulla /1/

4.2.2 Materiaalin virtausanalyysi

Tuotemääräanalyyseissä mukana olleet tuotteet jaetaan osiin ja niille laaditaan valmistus- tai työnkulkukaavio (kuvat 27 ja 28). Jos osia on paljon, ne analysoidaan mistä mihin kaaviolla (kuva 29). Siinä otetaan perustaksi sopiva valmistusyksikkö. Jos joudutaan käyttämään useita erikokoisia kuljetusyksiköitä, on ne yhdenmukaistettava. Myös jätteiden ”virtaus” on otettava huomioon, jos se on merkittävä. Esimerkiksi levytyöissä voi jätteiden määrä olla 20 – 30 % käsiteltävän materiaalin määrästä. Lisäksi jätteiden käsittely on vaarallista ja vaikeaa. Materiaalivirtaus on monissa tehdassuunnitteluprojekteissa ydinkysymyksiä. Suuret virtausmäärät saattavat aiheuttaa sen, että on edullista investoida ylimääräiseen konekapasiteettiin materiaalin läpimenoaikojen nopeuttamiseksi. Kapasiteettia pidetään tuotannossa yhä harvemmin niukkuustekijänä, mutta tuotannossa olevan materiaalin arvo pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Myös lyhyet toimitusajat pakottavat suunnittelemaan tuotantoprosessit entistä nopeammiksi. Materiaalin virtausanalyyseissä ongelmia aiheuttavat lähinnä osien yhdistäminen valmistuksen aikana ja materiaalien olotilamuutokset. /1, s.106./



Kuva 27 Valmistuskaavio /1/

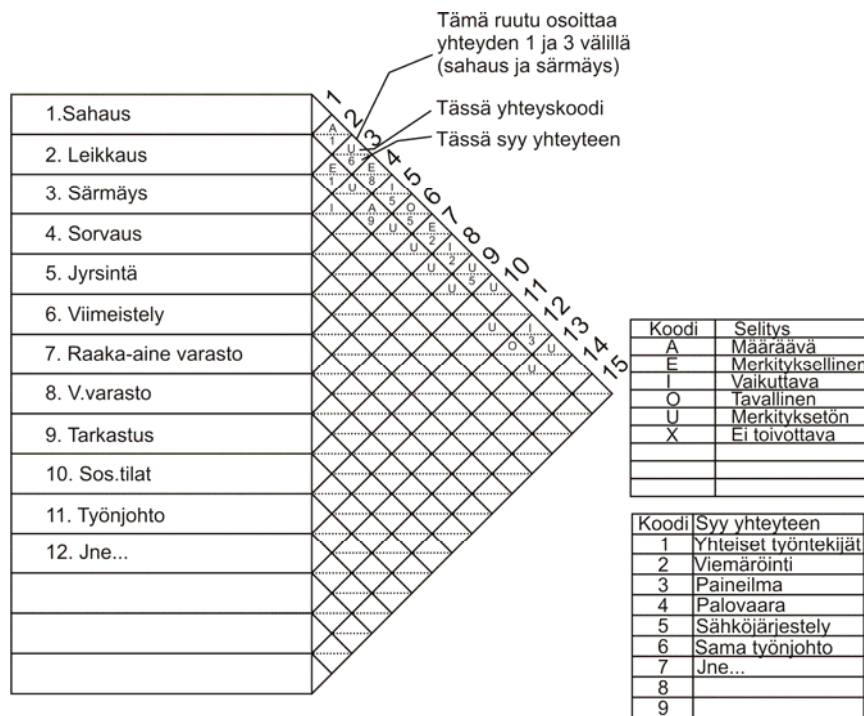


Kuva 28 Työnkulkukaavio /1/

Mihin	Ra-varasto	Sahaus	Leikkaus	Särmäys	Sorvaus	Jyrsintä	Viimeistely	V.varasto	Σ
Mistä	Ra-varasto								
Ra-varasto		14	13						27
Sahaus				4	10				14
Leikkaus				13					13
Särmäys									0
Sorvaus						10	13	2	25
Jyrsintä					15		12		27
Viimeistely								25	25
V.varasto									0
Σ	0	14	13	17	25	10	25	27	

Kuva 29 Mistä mihin taulukko /1/

4.2.3 Toimintoanalyysi eli yhteyskaavio



Kuva 30 Yhteyskaavio /1/

Yhteyskaaviota varten määritetään kaikki tehdassuunnittelussa varteen otettavat toiminnot ja kaaviossa kuvataan niiden välisten yhteyksien tärkeyttä (kuva 30). Yhteyksien tärkeyttä kuvaavia koodeja ovat A, E, I, O, U ja X (määräävä,

merkityksellinen, vaikuttava, tavallinen, merkityksetön ja ei-toivottava). Koodi merkitään kaaviossa yhteisruudun yläosaan ja sen alle merkitään numerolla yhteyden syy. Toimintojen välisten yhteyksien syy ei aina johdu tuotantoprosessista. On otettava huomioon myös muut tekijät, kuten työnsuojelu, yhteinen työnjohto jne. /1, s.106./

4.2.4 Yhdistetty kuljetus- ja yhteyskaavio

Yhdistettyä kuljetus- ja yhteyskaaviota varten on määrättävä kuljetuksille ”tiheyden” perusteella A, E, I jne. Kuljetustiheydet saadaan esim. mistä – mihin -kaaviosta, ja ne jaetaan tärkeysjärjestyksessä viiteen ryhmään kuljetusmäärien perusteella. Kuljetuksille ja yhteyksille määrätään painoarvo ja laaditaan yhdistetty kaavio (taulukko 3). Kuljetuksissa painoarvo riippuu olennaisesti tuotannon laadusta. Esimerkiksi kappale-tavaratuotannossa se on yleensä suurempi kuin toimistosuunnittelussa ja raskaassa konepajateollisuudessa kuljetusten painoarvo saattaa olla hyvinkin suuri. /1, s.106 - 107./

Taulukko 3 Yhdistetty kuljetus- ja yhteyskaavio /1/

Yhteysväli	Materiaali painoarvo 1			Syy	Yhteys painoarvo 2			
	Kuljetuskertoja	Yhteyskoodi	Yhteyspisteet		Yhteyskoodi	Yhteyspisteet	Pisteet yhteensä	Yhteyskoodi
Sahus - Leik.	-			Sama työnjohto	A	4	4	I
Sahus - särm.	4	U	0				0	U
Sahus - sorv.	10	I	4	Kuljetusrata	E	3	11	A
Jne.								
Leikkaus - Särm.	13	I	4	Yht. työntekijät	E	3	11	A
Leikkaus - sorv.							0	U
Leikkaus - jysr.				Isot Kpl-koot	A	4	4	I
Jne.								

Kuljetuskertojen max.arvo 25

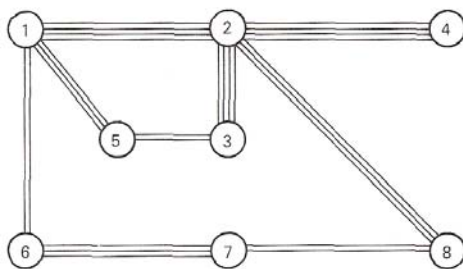
Yhteyspisteiden max.arvo 12

4.2.5 Toimintojen yhteysuhdepiirros ja osa-vaihekaavio

Yhteysuhdepiirroksella yhdistetään aiemmista vaiheista saadut tiedot, jotta saadaan muodostettua visuaalinen esitys layoutista. Osavaihekaaviolla pyritään löytämään yhteys tuoteryhmien ja valmistavien koneiden välillä, jotta koneista voitaisiin muodostaa tiettyjä tuoteperheitä valmistavia soluja. Osavaihekaavion samoin kuin yhteysuhdepiirroksen heikkous on se, että niitä käytettäessä suunnittelu perustuu historiatietoon. Tähän asti käytettyjen menetelmien ei suinkaan tarvitse olla tehokkaimpia mahdollisia. /5. s. 307./

4.2.5.1 Toimintojen yhteysuhdepiirros

Yhteyspiirros on tulevan layoutin ensimmäinen visuaalinen esitys (kuva 31). Piirros aloitetaan yhdistämällä ensin A-riippuvuudet, seuraavaksi E-riippuvuudet jne. Kun toiminnot sijoitetaan vaaka- ja pystyriveihin, ne on helppo kuvitella rakennukseen sijoitetuiksi. Tavoitteena on löytää ratkaisu, jossa materiaalin kuljetukset on minimoitu ja eri toimintojen väliset muut yhteydet on otettu riittävästi huomioon. /1, s.107./



Kuva 31 Yhteyspiirros /1/

4.2.5.2 Osavaihekaavio /5. s.307/

Osavaihekaavio yhdistää tarvittavat resurssit valmistettaviin osiin, mutta hukkaa työvaihejärjestyksen. Osavaihekaaviosta pyritään löytämään ryhmittelemällä samoja resursseja vaativat osaryhmät. Kuvassa 32 on osavaihekaavio vasemmalla perustiedostona, oikealla ryhmiteltyinä sekä vaiheiden että osien suhteen siten, että muodostuu samoja resursseja vaativia osaryhmiä.

Resursseja, joita tarvitaan useassa ryhmässä, kuten kuvan 11 resurssi D. Näissä tapauksissa resursseja harkitaan solujen muodostettaessa erikseen. Mahdollisuudet ratkaisuun ovat:

- omat resurssit kullekin solulle itsenäisyyden saavuttamiseksi ellei pääoman sitoutuminen ole liian suurta
- resurssin tekeminen tarpeettomaksi jossain solussa menetelmä muutoksin, monitoimisin konein tai konstruktio muutoksin
- yhteisen resurssin muodostaminen
- solujen välinen alihankinta toiminta.

Kaksi viimeksi mainittua tapaa ratkaista asia heikentävät ohjattavuutta ja murentavat solujen itsenäisyyttä.

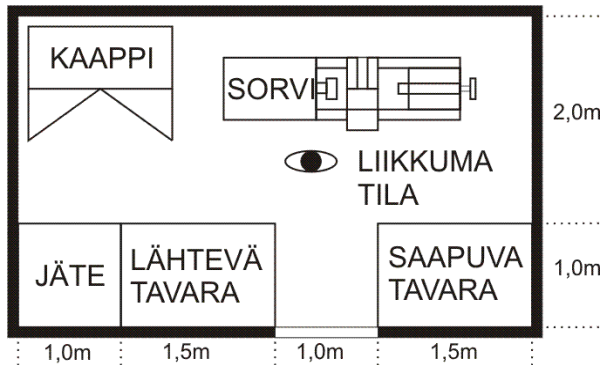
OSA	Työnvaihe				
	A	B	C	D	E
1	x		x		
2	x		x	x	
3		x	x		x
4		x		x	x
5	x		x		
6		x		x	
7	x			x	
8		x			x

OSA	Työnvaihe				
	A	C	D	B	E
1	x	x			
2	x	x	x		
5	x	x			
7	x		x		
3			x	x	x
4			x	x	x
6			x	x	
8			x	x	x

Kuva 32 Osavaihekaavio /13/

4.2.6 Tilan tarve ja työpisteen suunnittelu

Jokaisesta työpisteestä laaditaan työpaikkapiirros, johon merkitään koneet, laitteet, huoltotilat, työntekijöiden tarvitsemat tilat sekä saapuvan ja lähtevän tavaran tilat (kuva 33). Työpaikkapiirrosten perusteella tehdään tiivistelmä tilojen kokonaistarpeesta ja varustuksesta (taulukko 4). Työpisteen tilantarve koostuu koneiden, materiaalin ja henkilökunnan vaatimasta tilasta. /1, s.108; 13, s. 15 - 18./



Kuva 33 Työpaikkapiirros /1/

Taulukko 4 Yhteenveto tilojen kokonaistarpeesta

Pinta-ala ja huoltotarve												
Toiminto	Pinta-ala	Vapaa kattokorkeus	Max. Kattokuormitus	Pienin pilariväli	Vesi	Paineilma	Höyry	Tulipalo ja räjähdysvaara	Ilmanvaihto paikallinen	Sähköjärjestely	Sähkötarve	Huom.
N:o Nimitys	m ²	m	ton/m ²							A	KW	
1 Sahaus	20,0	2,5	500	5		x				380	6	
2 Leikkaus	15,0	4,0	500	5		x				380	16	
3 Särmäys	18,0	4,0										
4 Sorvaus	30,0	2,5										
5 Jyrsintä	8,0	2,5				x			x	380	1	
Jne.												

4.2.6.1 Koneiden tilantarve /13, s.20/

Työpisteen jokaisesta koneesta tehdään selvitys ja ne kasataan yhteen, jotta työpisteen kokonaiskonetilantarve saadaan selville. Koneiden tilantarve koostuu työkaluista ja koneista, koneen liikeradoista, koneen vaatimasta ylläpitotilasta ja tehdaspalvelusta.

Koneiden tilantarvemääritykset löytyvät yleensä ns. konerekisteristä, jota pidetään joko yrityksen huolto-osastolla tai laskentatoimen käyttöomaisuus kirjanpidossa. Jos tietoja ei ole saatavilla, ne on hankittava inventoimalla konekanta. Inventointi tietokannassa on syytä olla koneista seuraavat tiedot:

- koneen valmistaja, sen tyyppi
- koneen malli ja sarjanumero
- koneen hätäpysäytyksen sijaintipaikka

- lattiakuormitusmääräys
- suurin korkeus
- suurin leveys
- maksimiliikeradat vasemmalle
- maksimiliikeradat oikealle
- maksimisyvyys
- maksimiliikeradat kohti koneen käyttäjää
- maksimiliikeradat pois koneen käyttäjästä
- huollon vaateet ja tilatarpeet
- tehdaspalvelun tarpeet ja tilat.

4.2.6.2 Materiaalintilantarve /13, s. 329/

Materiaalintilantarve riippuu tuotantoerien suuruudesta ja siitä sijaitsevatko varastot osaston yhteisessä paikassa vai jokaisella työpisteellä. On huomioitava lastu- ym. jätteen vaatima tilantarve. Koneeseen tehtävien asetusten määrän kasvaessa erilaisten työkalujen ja asetteiden tilantarve voi kasvaa merkittävästi. Materiaalia varten tarvitaan tiedot:

- vastaanotto- ja varastointitilat
- työn alla olevat materiaalit
- varastointi- ja lähetysalueen tilat
- työvälineiden ja kiinnittimien, jigien, muottien ja huoltovälineiden vaatima materiaalitila.

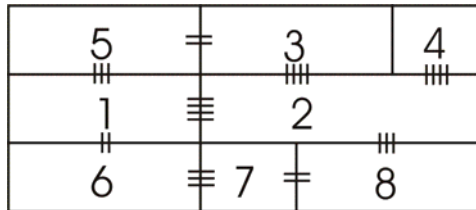
4.2.6.3 Henkilökunnan tilantarve /13, s.329; 4, s. 11 – 15/

Henkilökunnan tilantarpeeseen kuuluvat henkilökunnan vaatima tila, materiaalin käsittelyn vaatima tila ja henkilökunnan sisääntulo ja poistumistiet. Henkilökunnan tilantarve on kiinni työnkulun määrittämisestä, millä eri yksikköliikkeillä työ suoritetaan. Ergonomisessa mielessä suunniteltaessa on huomioitava seuraavia asioita työpisteen suunnittelussa, työpiste suunniteltava siten, että:

- työntekijän ei tarvitse kävellä eikä turhaan kurkottaa ottaessaan tai vapauttaessaan materiaalia
- liikeradat ovat mahdollisimman tehokkaita ja turhat liikkeet on karsittu
- manuaaliset käsittelyvaiheet minimoidaan
- minimoidaan tapaturma riskit, työn rasittavuus ja silmien turha rasittaminen
- Liikkumista varten on varattava 75 – 105cm levyiset käytävät.

4.2.7 Pinta-alayhteyskaavio

Tarvittavien tilojen ja niiden keskinäisen sijainnin perusteella määritetään osastojen koko ja muoto, kun näihin lisätään käytävätilat, saadaan pinta-alayhteyskaavion lopullinen muoto (kuva 34). /1, s.108./



Kuva 34 Pinta-alayhteyskaavio /1/

4.2.8 Erityiskysymykset

Suunnitelmat on annettava asiantuntijoiden tarkastettavaksi. Heiltä saa neuvoja lähinnä yksityiskohtien suunnittelussa. On keskusteltava työsuojelu- ja paloviranomaisten kanssa, on tutkittava erilaisia kuljetus- ja varastojärjestelmiä jne. Esimerkiksi varastosuunnittelussa on kolmenlaisia ongelmia: tilantarve, kiertonopeus ja rakenteet. Vanhoissa rakennuksissa on otettava huomioon rakenteelliset rajoitukset: kantavat seinät, pilarit sallitut lattiakuormitukset jne. /1, s. 108./

4.2.9 Suunnitelmien arvostelu

Asiantuntijoilta saatujen neuvojen perusteella laaditaan 3 - 5 erilaista layoutsuunnitelmaa. Koskaan ei pidä tyytyä yhteen ainoaan ratkaisuun. Vaihtoehdot arvostellaan. Arvostelussa noudatetaan tiettyä systematiikkaa ja siihen osallistuvat kaikki projektiryhmän jäsenet. Arvostelussa voidaan käyttää esimerkiksi hyötyarvomatriisia (taulukko 5). Arvosteltavia tekijöitä ovat esimerkiksi, laajennusmahdollisuus ja joustavuus, työturvallisuus ja ergonomia, materiaalivirtauksen tehokkuus, tilojen hyödyntäminen, valvonnan helppous, investoinnin tarve. /1, s.109./

Taulukko 5 Hyötyarvomatriisi /1/

Hyötyarvomatriisi							
Vertailukohteet	Paino arvo	Vertailtavat vaihtoehdot					
		A		B		C	
Materiaalin kulun tehokkuus	8	E	56	E	56	E	56
Pinta-alan käyttö	8	E	56	E	56	U	8
Investointitarve	6	I	30	I	30	X	-12
Laajennettavuus	6	O	18	I	30	A	48
Joustavuus	8	O	24	O	24	E	56
Materiaalin käsittely	6	O	18	E	42	E	42
Liikkuminen (käytävät ja järjestys)	8	O	24	I	40	E	56
Melu,pöly, kuumuus, hallinnassa	10	I	50	I	50	A	80
Vaihtoehtojen vertailupistemäärä		276		328		334	

A	Melkein täydellinen	8
E	Erittäin hyvä	7
I	Hyvä	5
O	Välttävä	3
U	Huono	1
X	Ei toivottava	-2

4.2.10 Yksityiskohtainen suunnittelu

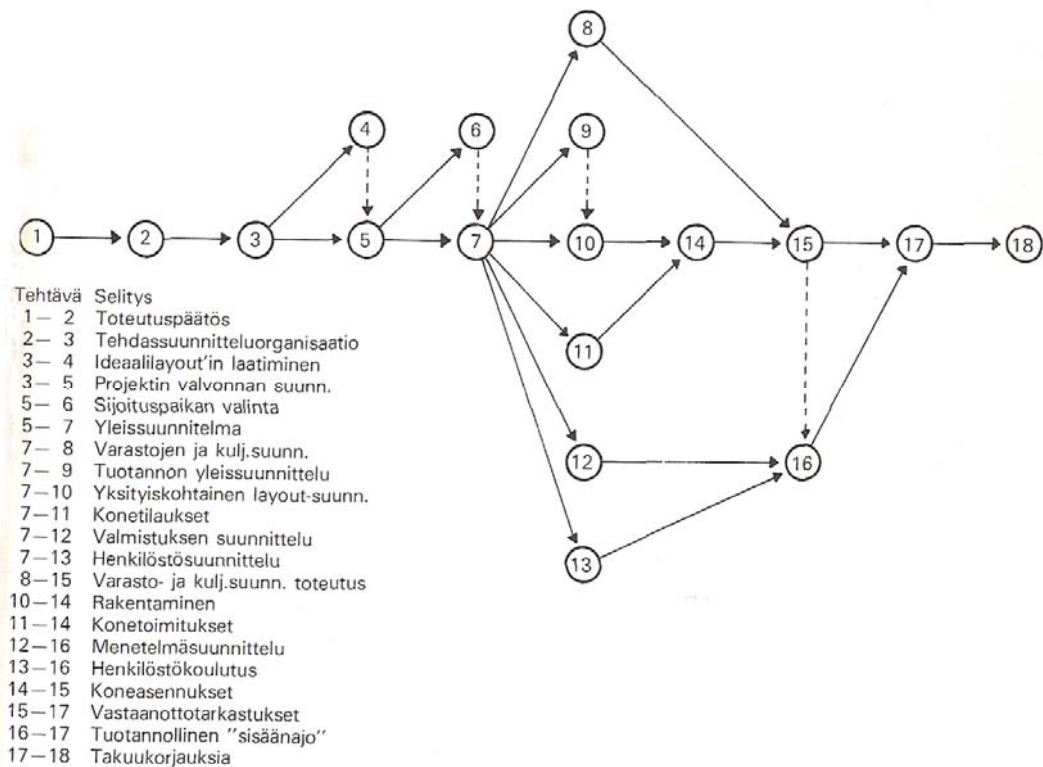
Valitun yleissuunnitelman pohjalta laaditaan yksityiskohtaiset suunnitelmat, suunnitellaan rakennukset ja tehdään täsmennetyt investointilaskelmat. Rakennussuunnittelua varten yleissuunnitelman tulisi sisältää seuraavat tiedot: rakennusten keskinäinen sijoitus, tilavuudet, tasokorkeudet, asennusaikaiset ja lopulliset kuormitukset, tiet sekä paikotus- ja varastoalueet. Koska vahvistettu yleissuunnitelma määrittää yksityiskohtaisen suunnittelun lähtöarvot, se rajoittaa vaihtoehtoja. Yksityiskohtainen suunnittelu on analoginen yleissuunnittelun kanssa. Yleissuunnittelussa tarkastellaan koko tuotantolaitosta toiminnallisena kokonaisuutena, kun taas yksityiskohtaisessa suunnittelussa on painopiste eri työalueiden suunnittelussa. /1, s.109./

4.2.11 Toteutuksen suunnittelu /1, s. 110/

Toteutuksen suunnittelu on tehdassuunnittelun toiminnallisesti vaikein vaihe. Siinä joudutaan yhdistämään monen asiantuntijan työt siten, että toteutus tapahtuu määräaikaan mennessä eri asennusryhmien työt huolellisesti yhteen sovittaen. Tehtävän onnistumiseen vaaditaan monenlaista suunnittelua:

- tehdassuunnitelmien viimeistely rakentamista ajatellen
- rakennussuunnittelu rakennusasiantuntijoiden kanssa
- tehtävä ja tarvikeluetteloiden sekä aikataulujen laatimisen
- teknisten erittelyjen laatiminen koneilauksia varten
- asennustöiden ja sisäänajon suunnittelu.

Koko tehdassuunnitteluprojektin valvonnan tärkein apuväline on aikataulu. Sen muotoutumisen vaikuttavat monet yrityksestä riippumattomat tekijät, kuten laitteiden toimitusajat ja toimitusten niveltäminen toisiinsa. Suurten toimitus projektien valvonta helpottuu kun ne vaiheistetaan sopivasti ja esitetään ja esitetään toimintaverkon avulla (kuva 35). Siinä voidaan määrittää välitavoitteet, joita tarkkailemalla toteutuksen edistyminen on valvottavissa.



Kuva 35 Toimintaverkko /1/

5 LAYOUTSUUNNITTELU PUTTEK OY:LLE

Layoutsuunnitelman teko aloitetaan keräämällä lähtöarvot layoutsuunnitteluun. Nämä lähtöarvot saadaan työn ensimmäisessä osassa yrityksestä kerätyn tiedon, kuten tässä tapauksessa nykyisten toimintatapojen, tuotantomäärien, tuotteiden, mahdollisten rajoitusten, lisätekiöiden ja koneiden jne. tietojen keräyksellä. Näitä kerättyjä tietoja käyttämällä ja soveltamalla saadaan suunnittelun lähtöarvot uusien layout suunnitelmien tekemistä varten.

Layoutsuunnittelu toteutetaan systemaattisen tehdassuunnittelumallin mukaan. Tämän mallin mukaan edetessä on ensin päätettävä yrityksen tuotantomäärien ja tuotantotavan mukaan sille soveltuva valmistusjärjestelmä. Tämän jälkeen on suunniteltava karkeasuunnitelma tehtaan tuotannon toteuttamiseksi. Tässä karkeasuunnitelmassa keskitytään tehtaaseen kokonaisuutena. Karkeasuunnitelman pohjalta on laadittava erilaisia layoutvaihtoehtoja. Vaihtoehtoissa joudutaan ratkaisemaan tarkemmin koneiden sijoittelua tehdasalueella ja ottamaan mukaan koneiden tilantarve ja käytettävissä oleva tila sekä materiaalinkäsittelyn suunnittelu.

Layoutvaihtoehtoja on tarkasteltava eri näkökulmien kannalta ja valittava vaihtoehto, joka sopii yritykselle parhaiten. Tämän valitun vaihtoehdon kehittämistä jatketaan myöhemmin yksityiskohtaisessa suunnittelussa.

5.1 Tuoterakenteelle soveltuvan valmistusjärjestelmän valinta

Yrityksen nykyinen valmistusjärjestelmä on funktionaalinen, jossa samantyyppiset koneet on järjestetty omille osastoilleen. Tuotanto on tuotantoerän koon mukaan tehtävän jaon perusteella erä- ja piensarjatuotantoa. Tyypillisesti eräkoot vaihtelevat noin 10 - 20000 kpl. Tuotteet ovat suurimmaksi osaksi standardoituja putkikannattimia, mutta jonkin verran tehdään myös asiakaskohtaisesti tilattavia ja suunniteltavia tuotteita. Eri tuotenimikkeitä yrityksellä on noin 1500 kpl.

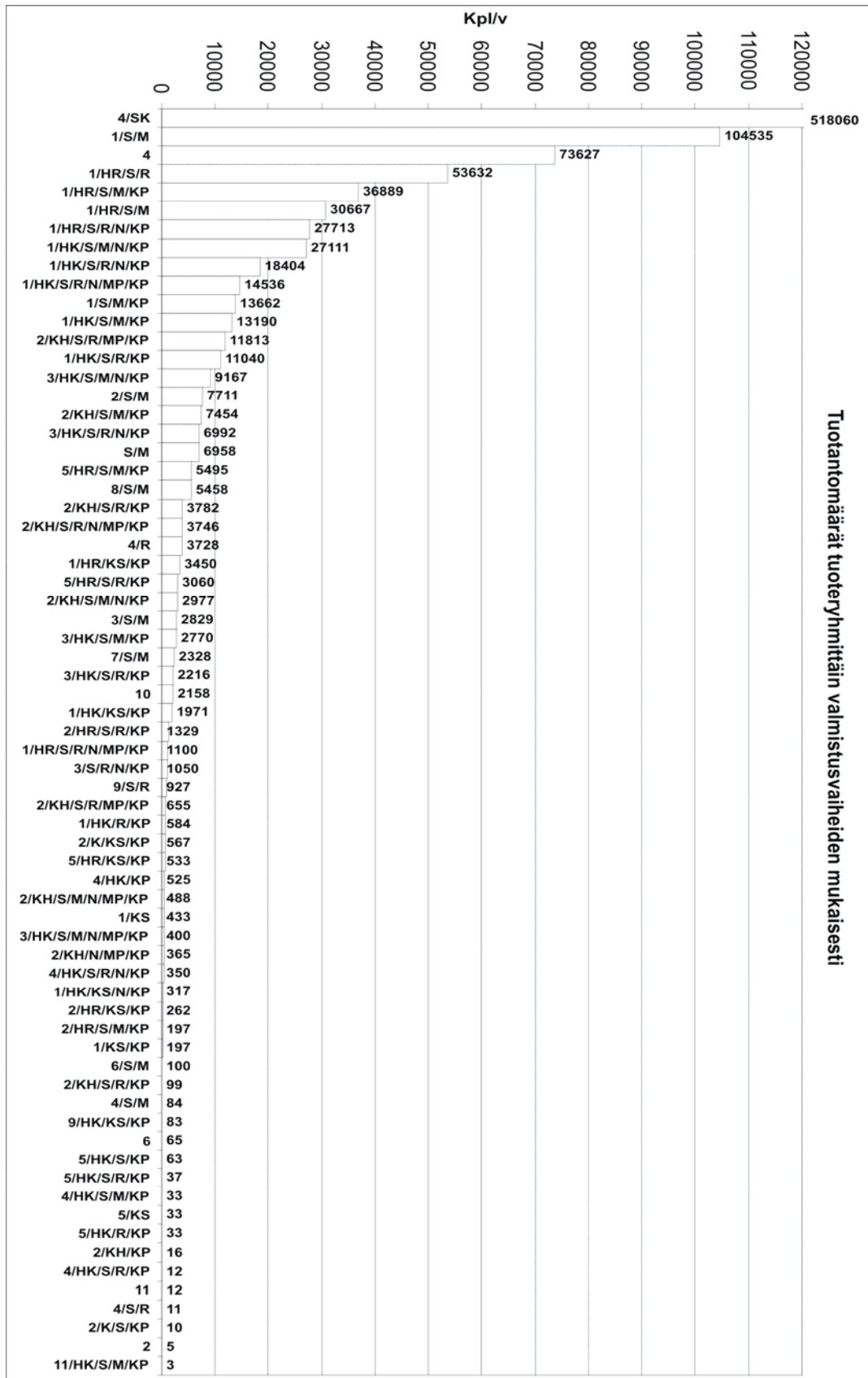
Tuotanto yrityksessä on tilaustuotantoa, jossa ei valmiita tuotteita valmisteta varastoon. Puolivalmisteverastoon valmistetaan varastorajaan asti tiettyjä putkikannakkeiden puolivalmiita varsi- ja sankaosia, joten puristinosaston osalta valmistus on varasto-

ohjautuvaa. Yrityksen tuotantomuodon perusteella soveltuva järjestelmä olisi kuvan 36 mukaan joko funktionaalinen tai solu- layout.

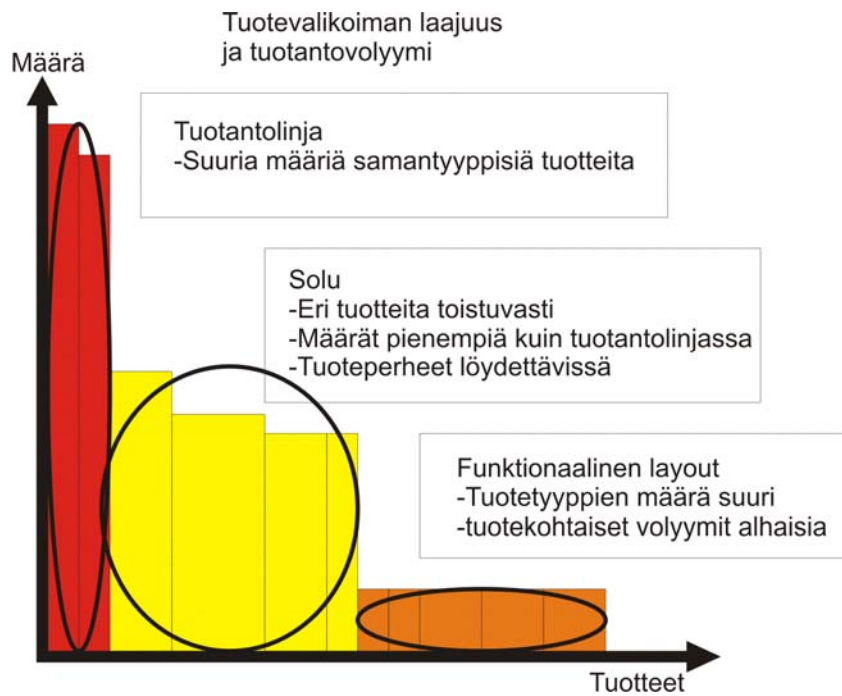
Valmistusmuodot	Layout tyypit
Yksittäistuotanto	Paikallinen layout
Erätuotanto	Funktionaalinen Layout
Sarjatuotanto	Solu layout
Massatuotanto	Tuotelinja layout
Prosessituotanto	

Kuva 36 Valmistusmuoto ja layouttyyppi /8/

Tuotemäärän perusteella tehtävää layoutin valintaa varten on yrityksen kolmen vuoden tilauskannasta laskettu yhden vuoden keskiarvotilaukanta, josta on laadittu kaaviokuva 37. Siinä on etsitty yrityksen tuotenimikkeistä saman työnkulun omaavia tuoteryhmiä, joita on 67 kpl. Kaaviosta havaitaan, että suurimman menekin tuottaa tuoteryhmä 4/SK, jossa sanakaosa valmistetaan kokonaan alihankinnassa ja tuotteet sähkösinkitetään alihankinnassa. Tässä tuoteryhmässä tuotteet ovat tyypillisesti kooltaan pieniä sähköputkikiinnikkeitä, joille ei ole yleensä muita työvaiheita kuin pakkaus. Siksi tämän tuoteryhmän tuotteet eivät rasita tuotantokalustoa. Toiseksi suurin tuoteryhmä on 1/S/M, jossa tuotteet tehdään valmiiksi puristimella 5A, ja tuotteet kulkevat rumpusinkokoneen kautta maalaukseen. Kaaviosta havaitaan, että näille suurivolyymisille itse valmistettaville tuoteryhmille olisi mahdollista käyttää kuvan 38 mukaan valmistusjärjestelmänä tuotantolinjaa. Suurimmalle osasta tuoteryhmistä sopivin olisi joko solu- tai funktionaalinen valmistusjärjestelmä.



Kuva 37 Kaavio yrityksen tuotannosta



Kuva 38 Valmistusjärjestelmän valinta tuotantovalikoiman laajuuden ja tuotantovolyymien perusteella /12/

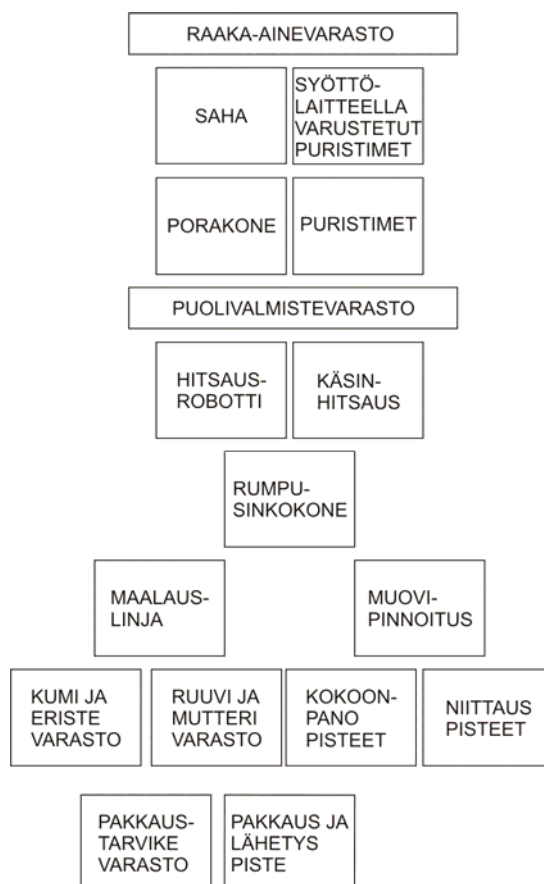
Tuotteet käyvät läpi hyvin samankaltaisen työvaiheketjun. Tämän vuoksi mahdollisen solujen tai tuotantolinjan muodostus joillekin tuotantomäärältään suurille tuoteryhmille olisi mahdollista. Tuotantolinjan muodostamisessa tuottaa vaikeuksia yrityksen suuri nimikemäärä. Tuotteiden kokonaan valmistamiseen valmistuslinjassa jouduttaisiin panostamaan automaatioon materiaalsiirroissa, jotta työvaiheiden välinen materiaalsiirtoketju saataisiin katkeamattomaksi tai pitämällä työntekijöitä tuotantolinjan työpisteissä.

Yrityksen toimialaa kuvaa sen suhdanneherkkyys. Ajoittain tuotteiden menekki ei välttämättä kovin suuri, kun taas suurista telakka- ja rakennusteollisuuden hankkeista johtuvat tilauspiikit nostavat kapasiteetin tarvetta. Silloin tuotantokapasiteettia pitää saada mahdollisimman joustavasti nostettua. Joustavuuden saavuttaminen onnistuu parhaiten funktionaalisessa ja soluvalmistusjärjestelmässä. Osastoihin jakoa ja funktionaalisen valmistusjärjestelmän valitsemista edellyttää myös että tietyt työvaiheet kuten puristus, hitsaus ja maalaus vaativat omat tilansa työolosuhteiden vuoksi.

Solujen muodostusta voitaisiin soveltaa parhaiten puristinosaston koneiden järjestämisessä, koska siinä on eri tuoteryhmillä, putkikannakkeen sankaosan valmistus työvaiheiden osalta samankaltaisia työvaihejärjestyksiä. Siksi tässä kannattaa pyrkiä järjestämään koneet vastaamaan mahdollisimman hyvin näiden työvaiheiden mukaista järjestystä.

5.2 Kokonaisuuden karkeasuunnittelu

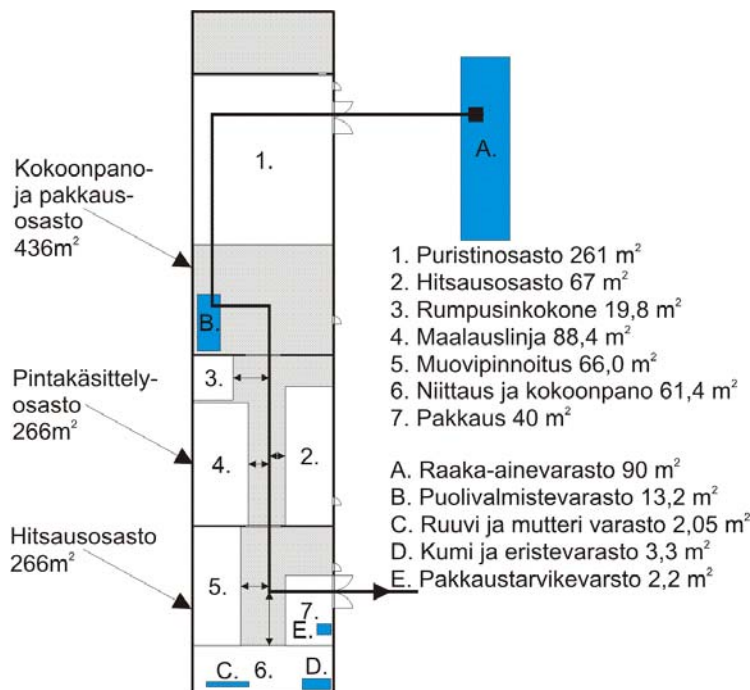
Tehtaan kokonaistoiminnan karkeasuunnittelun perustana käytetään, materiaalivirran mahdollisimman selkeää kulkua tehtaan lävitse valmistusprosessin alusta loppuun. Tässä vaiheessa pyritään saamaan osastojen järjestys seuraamaan materiaalinvirtauksen kannalta parasta vaihtoehtoa. Näin meneteltäessä ja otettaessa huomioon tehtaan valmistusprosessi, päädytään kuvan 39 mukaiseen ratkaisuun, jossa osastojen ja koneiden sijoittelu vastaa tehtaan valmistusprosessia.



Kuva 39 Tuotannon karkeasuunnitelma

Yhteyssuhdepiirrosta ei tässä tapauksessa ole laadittu, koska prosessi on muutenkin selkeä; eri yhteydet osastojen välillä on selkeästi havaittavissa. Ainoastaan puristinosaston järjestelyssä käytetään osavaihekaaviota selkeyttämään koneiden sijoittamista vastaamaan tuotannon virtausta.

Suunnitelmaa jatketaan siten, että seuraavassa vaiheessa huomioidaan osastojen ja työpisteiden vaatima tilantarve ja käytettävissä oleva hitsaus- ja pintakäsittelyhallin tilat. Kuvassa 40 osastot on sijoitettu hitsaus- ja pintakäsittelyhallin tiloihin.



Kuva 40 Osastot sijoitettuna hitsaus- ja pintakäsittelyhallin tiloihin

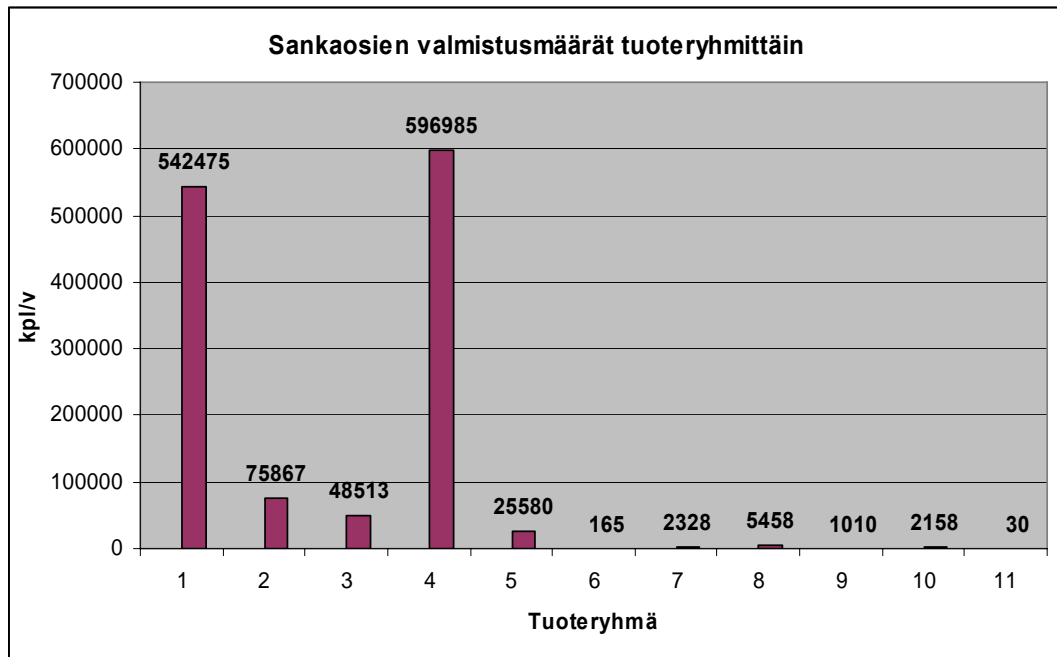
Osastoja ja työpisteitä sijoitettaessa pinta-alan mukaan joudutaan huomioimaan nykyisen puristinhallin eri osastojen pinta-alat ja myös se, että maalauslinjaa ei voi siirtää uudessa suunnitelmassa sen siirron aiheuttamien kustannusten vuoksi. Puristinosasto on sen vaatiman suuren pinta-alan vuoksi mahdollista sijoittaa ainoastaan hitsaus- ja pintakäsittelyhallin entisen kokoonpano- ja pakkausosaston tiloihin. Puristinosastoa sijoitettaessa on myös huomioitava, että osasto vaatii oman tilansa myös puristimilla työskenneltäessä aiheutuvan melun vuoksi. Kun puristinosasto on saatu sijoitettua, on tästä eteenpäin huomioitava materiaalinvirtaussuunta muiden osastojen sijoittelussa. Puristinosastolta työkappaleet kulkevat seuraavaksi puolivalmistetarastoon. Puolivalmistetaraston sijoittelussa on huomioitava, että varastoon on hyvä yhteys

puristinosastolta ja myös helpot yhteydet seuraaviin työvaiheisiin; hitsaukseen ja suihkupuhdistukseen. Hitsausosasto ja rumpusinkokone on sijoitettava lähekkäin seuraavan työvaiheen vuoksi. Rumpusinkokoneelle saadaan sopiva tila järjestymään vanhan poistettavan maalaus koneen jättämälle paikalle. Poistuvan maalaus koneen paikalle sijoitettuna rumpusinkokone on saatu sijoitettua hyvin suhteessa hitsausosastolta tuleviin työkappaleisiin ja rumpusinkokoneelta pintakäsittelyyn, maalauslinjalle tai muovipinnoitukseen lähteviin työkappaleisiin. Niittaus- ja kokoonpanopisteet ja pakkaus piste ovat viimeisiä työvaiheita, joten ne saadaan sijoitettua entisen hitsausosaston tiloihin. Varastojen sijoittelussa tärkeää on, että raaka-ainevarasto palvelee puristinosastoa. Siksi se on sijoitettava puristinosaston läheisyyteen, ja puolivalmisteveraston sijoittelussa on huomioitava hyvät yhteydet puristinosastolta varastolle ja varastolta hitsaukseen ja rumpusinkokoneelle. Muut varastot on sijoitettava niiden työpisteiden läheisyyteen, jotka varastoja käyttävät.

5.3 Puristinosaston koneiden sijoittelu osa-vaihekaavion avulla

Yrityksen kolmen vuoden tilauskannasta on laskettu yhden vuoden tilausten keskiarvo tilausmäärät eri tuotteille. Tuotteet on ryhmitelty putkikannakkeen sankaosan valmistustavan ja valmistuksessa käytettävien koneiden mukaan siten, että sankaosan valmistukseen on 11 erilaista tapaa. Valmistustavat ja valmistuksessa käytettävät koneet ovat:

1. Sankaosa kerralla valmiiksi puristimella 5 A
2. Sankaosan katkonta puristimilla 5A/1A /4A ja taivutus puristimilla 6A/7A/8A
3. Sankaosan katkonta puristimella 5A/4A/1A ja taivutus alihankinnassa
4. Sankaosa kokonaan alihankinnasta
5. Sankaosa kerralla valmiiksi puristimella 1A
6. Sankaosan sahaus 1B ja poraus 1E
7. Sankaosan sahaus 1B ja taivutus puristimilla 6A/8A
8. Sankaosan sahaus 1B ja taivutus alihankinnassa
9. Sankaosan Sahaus 1B ja poraus ja jyrshintä alihankinnassa
10. Sankaosa alihankintana ja kulminta puristimella 3A
11. Sankaosan sahaus 1B, poraus 1E ja taivutus puristimilla 6A/8A



Kuva 41 Kaavio sankaosien valmistusmääristä tuoteryhmittäin

Sankaosan valmistustavasta tuoteryhmittäin on laadittu kaavio (kuva 41). Siitä nähdään miten tuoteryhmät muodostavat yrityksen tilauskannan. Kaksi selvästi suurinta tuoteryhmää ovat ryhmät 1 ja 4. Suurin tuoteryhmä on 4. Tässä tuoteryhmässä sankaosa tulee kokonaan alihankinnassa ja ryhmän tuotteille ei yleensä tehdä muita työvaiheita kuin pakkaus. Toiseksi suurimman tuoteryhmän tuotemäärältään muodostaa ryhmä 1, jossa putkikannake valmistetaan kerralla valmiiksi puristimella 5A. Puristinta 5A voidaan pitää tärkeimpänä koneena tuotantomäärän perusteella. Seuraavaksi suurimmat tuoteryhmät muodostavat tuoteryhmät 2, 3 ja 5. Ryhmissä 2 - 3 sankaosan valmistus kulkee usean puristimen kautta. Tuoteryhmä 5 on samankaltainen kuin ryhmä 1 jossa sankaosa valmistetaan samalla tavoin puristimella 1A. Tuoteryhmät 6 - 11 ovat selvästi tuotemääriltään pienempiä ja sankaosan valmistusvaiheita on enemmän. Soluvalmistusta voitaisiin soveltaa tuoteryhmissä 2 - 3 ja 6 - 11, koska näissä tuoteryhmissä on sankaosan valmistusvaiheita enemmän ja ne kulkevat monen koneen kautta.

Tuoteryhmät ja valmistukseen tarvittavat koneet on sijoitettu osavaihekaavioon kuvassa 42. Kuvassa 43 osavaihekaavio järjestetään nyt siten, että saadaan muodostettua ryhmiä koneista ja tuoteryhmistä.

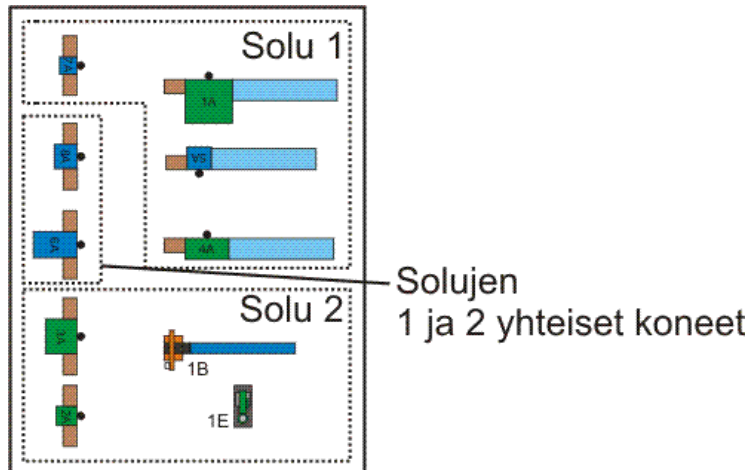
Tunnus	Kone	Tuoteryhmä									
		1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
1a	Epäkeskopuristin		x	x	x						
3a	Epäkeskopuristin									x	
4a	Epäkeskopuristin		x	x							
5a	Hydrauliikkapuristin	x	x	x							
6a	Hydrauliikkapuristin		x				x				x
7a	Hydrauliikkapuristin		x								
8a	Hydrauliikkapuristin		x								x
1b	Automaattisaha					x	x	x	x		x
1e	Säteisporakone						x				x

Kuva 42 Alkuperäinen osavaihekaavio

Tunnus	Kone	Tuoteryhmä									
		3	1	5	2	6	8	9	10	7	11
1a	Epäkeskopuristin	x		x	x						
5a	Hydrauliikkapuristin	x	x		x						
7a	Hydrauliikkapuristin				x						
4a	Epäkeskopuristin	x			x						
1b	Automaattisaha					x	x	x		x	x
6a	Hydrauliikkapuristin				x					x	x
3a	Epäkeskopuristin								x		
8a	Hydrauliikkapuristin				x						x
1e	Säteisporakone									x	x

Kuva 43 Järjestelty osavaihekaavio

Nyt uudelleen järjestetystä osavaihekaaviosta havaitaan koneet ja tuoteryhmät, joissa olisi mahdollista käyttää soluvaihejärjestelmää ja se, miten puristinosaston koneet kannattaa pyrkiä sijoittamaan. Osavaihekaaviosta havaitaan, että sankaosan valmistustavan mukaan solun 1 muodostaisivat tuoteryhmät 3, 1, 5 ja 2 ja näiden tuoteryhmien käyttämät koneet: puristimet 1A, 5A, 7A ja 4A. Toisen solun muodostaisivat tuoteryhmät 6, 8, 9, 10, 7 ja 11. Kaaviosta havaitaan että, molemmille soluille yhteisiä koneita olisivat puristimet 6A ja 8A. Tuotantomäärien kannalta tuoteryhmässä 2 ja solussa 1 tehdään tuotteita enemmän, joten kummallekin solulle yhteiset puristimet 6A ja 8A kannattaa sijoittaa solun 1 läheisyyteen.



Kuva 44 Esimerkki osavaihekaavion avulla järjestetystä puristinosastosta

5.4 Tilantarvevaatimukset

Tilantarvevaatimukset on määritelty koneiden piirustuksista ja huoltokorteista, mikäli ne ovat olleet saatavilla. Kaikkiin koneisiin ja laitteisiin ei ollut huoltokortteja tai ohjekirjoja, joten nämä koneet oli mitattava. Varsinaista sivulla 39 – 40 olevaa koneiden inventointiohjeen mukaista koneluettelon inventointia ei tässä tapauksessa ole tehty, vaan koneiden perusmitat ja tiedot, kuten koneiden valmistaja ja tyyppi on merkitty koneluettelon ja koneille annettu tunnukset esim. puristimet ovat 1-8A, sahat 1-3B jne. Myöhemmin olisi aiheellista laatia koneiden täydellinen inventointi ohjeen mukaan.

Tietojen pohjalta on laadittu jokaisesta työpisteestä ja laitteesta työpaikkapiirrokset, joihin on merkitty tavaran tulo ja lähtöpisteet, työkalujen paikat, työskentelyyn vaadittava tila ja huoltotilat koneille. Nämä työpaikkapiirrokset ovat liitteessä 3.

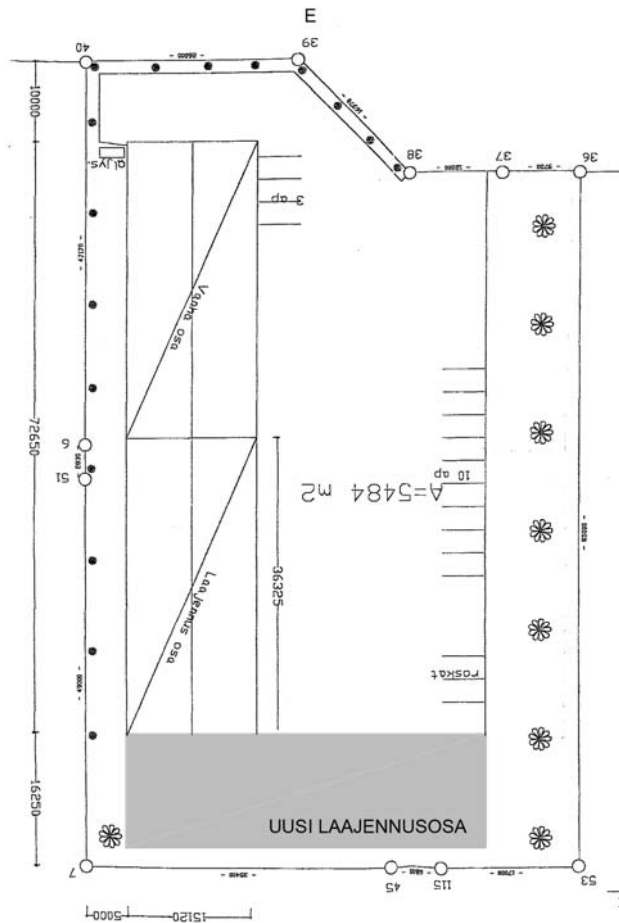
Myös varastojen vaatima tilantarve on laskettu niiden tuotteiden perusteella, joita tällä hetkellä pidetään varastossa. Varastot voidaan eritellä seuraavasti: raaka-ainevarasto, puolivalmistevalmistevarasto ja pakkaustarvikevarasto. Varastopaikkojen tilantarvemääritykset ovat liitteessä 4 Varastopaikkapiirrokset.

Työpisteiden ja varastojen tilantarpeen määrittämisestä saadaan laskettua osastojen ja varastojen vaatima tilantarve, joka on esitetty liitteessä 5 Pinta-ala ja huoltotarvetaulukko ja liitteessä 6 Varastotilantarvetaulukko.

5.4.1 Käytävissä oleva tila

Käytävissä oleva tila määräytyy puristinhallin mitoista ja mahdollisen laajennuksen suuruudesta. Puristinhallissa tiloihin aiheutuu rajoituksia eri osastojen koosta ja niiden väliseinien ja ovien sijoittelusta.

Tontin koko ja muoto vaikuttavat laajennusten toteuttamiseen. Kuvassa 45 on hitsaus- ja pintakäsittelyhallin tonttikartta ja mahdollisen laajennusosan sijoitus. Tontin muodon vuoksi hallin laajentaminen pituussuunnassa ei ole mahdollista, vaan mahdollinen laajennusosa on tässä tapauksessa toteutettava L-muotoisena laajennuksena hallin pohjoispäähän.



Kuva 45 Tonttikartta ja laajennusosan sijoitus

5.5 Rajoitukset ja lisätekijät

Rajoituksia ja lisätekijöitä suunnitteluun tulee tässä tapauksessa muun muassa hitsaus- ja pintakäsittelyhallin mitoista, väliseinistä ja tontin koosta ja muodosta. Koneiden siirrettävyys tuo mukaan omat rajoituksensa. Myös erilaiset turvallisuusmääräykset tuovat rajoituksia suunnitteluun ja osastojen sijoitteluun. Materiaalin käsittelyjärjestelyn huomioon ottaminen tuo rajoituksia suunnitelmien tekoon.

Koneiden siirtämisen osalta maalauslinjan siirtämisen kustannukset eivät mahdollista sen siirtämistä, mutta muiden koneiden osalta siirtämisessä ei ole suuria rajoituksia, Hitsaus- ja pintakäsittelyhallin koneiden siirrettävyys on esitetty taulukossa 11. Poistettavia koneita ovat automaattisaha 2B, kuumennusuuni 3I ja maalaus kone 2H.

Taulukko 6 Hitsaus ja pintakäsittelyhallin koneiden siirrettävyys

Kone tai laite	Siirrettävyys
Maalauslinja	Ei siirrettävissä ilman suuria kuluja.
Hitsausrobotti	Helposti siirrettävä
Käsin hitsauspisteet	Helposti siirrettävissä.
Rumpusinkokone	Siirrettävissä kohtuullisin kustannuksin.
Kokoonpanopisteet	Helposti siirrettävissä
Niittauspisteet	Helposti siirrettävissä
Muovipinnoitusasemat	Helposti siirrettävissä

Muita rajoituksia ovat työoloihin kuuluvat tekijät kuten työturvallisuuden huomioon ottaminen koneiden ja osastojen sijoittelussa, kuten esimerkiksi suurimman haitan meluhaitan aiheuttavat puristimet. Siksi niiden sijoittamisessa on pyrittävä rajaamaan puristin osastolta tuleva meluhaitta omalle osastolleen. Toisen työympäristölle aiheutuvan haitan muodostaa hitsausosasto, jonka sijoittamisessa on huolehdittava hitsauskaasujen poistosta ja siitä, että hitsauksesta syntyvä hitsaussäteily ei haittaa muiden osastojen ja työpisteiden työskentelyä.

Materiaalinkäsittelyn osalta suurin rajoitus aiheutuu raaka-aineen tuonnista puristimille, koska nykyisen mallisessa materiaalinkäsittelyjärjestelyssä tarvitsee varata tilaa trukin ja pylväikkökärryn käsittelyyn, raaka-aineen tuonnissa syöttölaitteille varustetuille puristimille.

Koneiden huoltaminen saattaa myös vaatia erityistoimenpiteitä ja tilan varauksia niiden toteuttamiseen. Puristimen 1A huolto vaatii tilaa puristimen takana olevien painavien osien nostamisen takia. Puristimen etupuolelle joutuu myös varaamaan noin 2 m tilaa työkalujen vaihdon ja huollon tarpeisiin. Puristimen 8A pylväikköjen vaihto edellyttää trukilla tapahtuvaa pylväikköjen nostamista puristimelle. Tähän tarvitsee myös varata oma tilansa ja huomioida layoutsuunnitelmia laadittaessa.

5.6 Vaihtoehtojen laadinta karkeasuunnitelman pohjalta

Tässä vaiheessa on karkeasuunnitelmasta saadun osastojärjestyksen pohjalta laadittava erilaisia layoutvaihtoehtoja, joissa on karkeasti sijoitettu yrityksen tuotantolaitteet olemassa oleviin tiloihin ja laadittu perusratkaisut varastopaikoista, materiaalinkäsittelystä ja huomioitu määritellyt rajoitukset ja lisätekiöt.

Erilaisia layoutvaihtoehtoja on laadittu kolme, joista kaksi on toteutettavissa hitsaus- ja pintakäsittelyhallin tiloihin. Yhdessä vaihtoehdossa rakennetaan hallin pohjoispäähän uusi laajennusosa, johon puristinosasto sijoitetaan.

5.6.1 Vaihtoehto A

Vaihtoehdossa A on puristinosasto sijoitettu entiseen pakkaus- ja pintakäsittelyosastoon sen vaatiman suuren pinta-alan tarpeen vuoksi. Puristinosaston koneet on pyritty sijoittamaan osavaihekaaviosta saadun järjestyksen mukaisesti ja siten, että on jätetty niin paljon tilaa, että on mahdollista toteuttaa raaka-aineen siirtäminen varastosta lattakärryllä halliin ja trukilla nostaa raaka-aine automaatti syöttölaitteen edessä oleville pukeille.

Puristinosaston sijoittamisella omaan osastoon saadaan myös rajattua työympäristölle aiheutuva puristimien aiheuttama melu puristinosastolle. Puristinosaston sijoituksen jälkeen muut osastot on pyritty sijoittamaan mahdollisimman hyvin seuramaan työvaiheiden mukaista järjestystä.

Puolivalmistevarasto puristimilta ja sahalta valmistuville putkikannakkeiden sank- ja varsiosille on sijoitettu puristinosaston vasempaan alalaitaan. Näin sijoitettuna

puolivalmisteverasto on hyvällä paikalla puristimilta ja sahalta tulevien osien vientiin varastoon ja osien noutamiseen hitsaukseen ja pintakäsittelyyn.

Hallin keskiosaan sijoitetaan hitsausosasto entisen puolivalmisteveraston paikalle, ja rumpusinkokone voidaan sijoittaa poistuvan maalaus koneen paikalle. Maalauslinja jää samalle paikalle kuin alkuperäisessä layoutissa. Hitsausosaston sijoituksessa maalauslinjan ja rumpusinkokoneen läheisyyteen on huomioitava, että se ei haittaa maalauslinjan ja rumpusinkokoneen käyttöä. Siksi väliseinän rakentaminen niiden väliin on tarpeellista. Hitsausosaston siirtämisestä saadaan tarvittava tila muovipinnoitusasemien ja kokoonpano- ja pakkausosaston sijoittamiseen entiseen hitsausosastoon.

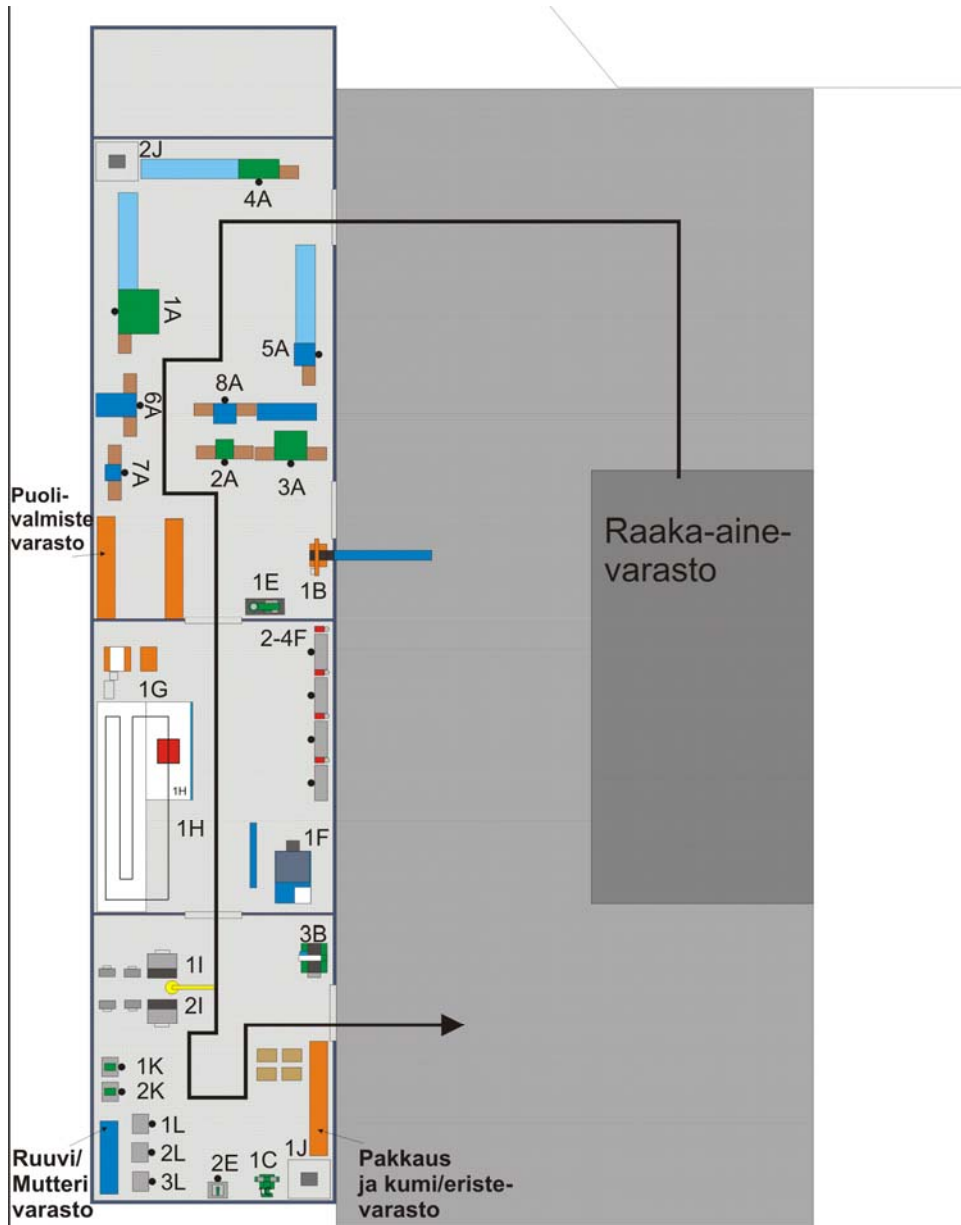
Materiaalinkäsittelyssä pyritään siihen, että trukilla tapahtuva materiaalin siirto jää ainoastaan raaka-aineen tuontiin puristimille ja sahalle tuotavan raaka-aineen kuljettamiseen. Tämän jälkeen tapahtuvat muut materiaalsiirrot pyritään toteuttamaan haarukkavaunuilla, lavakärryillä ja pinoajaa käyttäen.

Edut:

- tila käytetty tehokkaasti
- selkeä materiaalin virtaus
- osastot erikseen (melu- ja muut haitat hallinnassa)
- mahdollisuus toteuttaa myöhemmin vaihtoehto B.

Haitat:

- trukilla tapahtuvan raaka-aineen tuonnin vaatima tilantarve
- toteutuksessa paljon siirrettävä koneita
- seuraavan laajennuksen tekeminen vaikeaa tilan puutteen vuoksi.



Kuva 46 Suunnitelma A

5.6.2 Vaihtoehto B

Vaihtoehto B eroaa vaihtoehto A:sta materiaalinkäsittelyn osalta. Tässä vaihtoehdossa materiaalin käsittely on toteutettu siten, että nosturilla korvataan trukin käyttö materiaalin nostossa automaattisyöttölaitteilla varustetuille puristimille. Puristimet on sijoitettu siten, että raaka-aine tuodaan lattakärkyillä halliin ja nostetaan nosturilla pukeille. Tällä järjestelyllä saadaan säästettyä tilaa, koska trukin käyttöön ei tarvitse varata tilaa. Raaka-aineen kuljetusjärjestelyn takia on myöhemmin mahdollista sijoittaa vielä yksi automaattisyöttölaitteella varustettu puristin puristinosastolle suuremmin layoutia muuttamatta. Myös puristimen 1A huollossa tarvittava nostot ja 8A puristimen pylväikköjen vaihto voidaan toteuttaa raaka-aineen siirrossa käytettävää nosturia hyödyntäen.

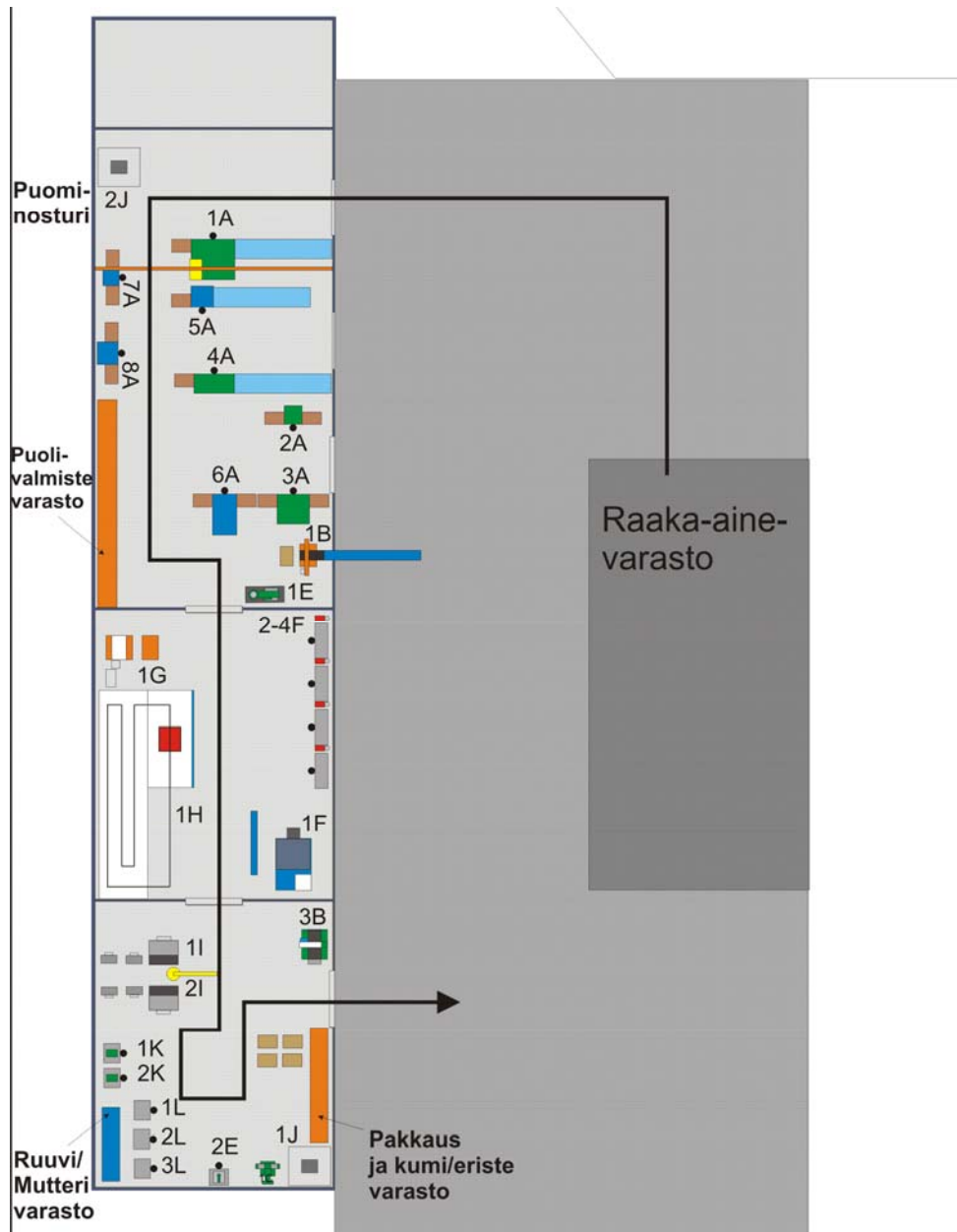
Vaihtoehdossa on haittapuolena sama kuin A-vaihtoehdossa, eli myöhemmin mahdollisesti toteutettava tuotannon laajennus.

Edut:

- tilankäyttö tehokasta
- tuotannon laajentamisen mahdollisuus (tila vielä yhdelle automaattisyöttölaitteella varustetulle puristimelle)
- selkeä materiaalinvirtaus.

Haitat:

- investointi nosturiin
- ahtaat tilat
- seuraavan laajennuksen tekeminen (vaikeaa tilan puutteen vuoksi).



Kuva 47 Suunnitelma B

5.6.3 Vaihtoehto C

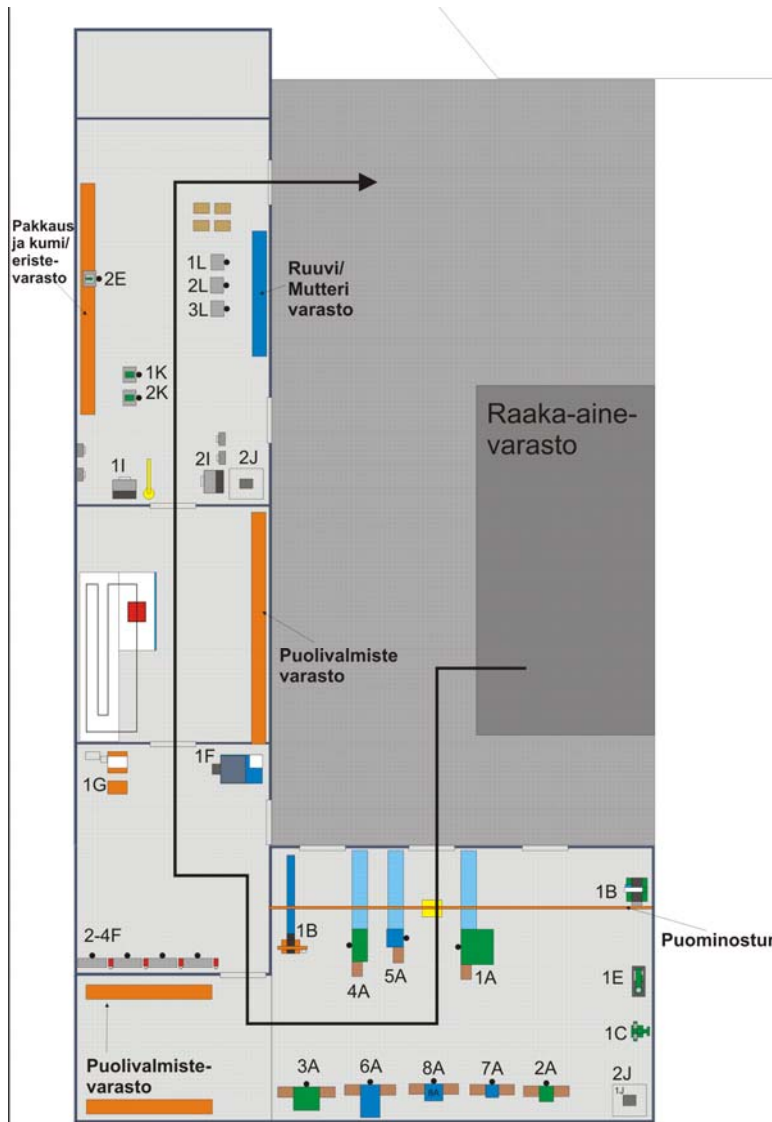
Vaihtoehdossa C rakennetaan hallin pohjoispäähän L-muotoinen laajennusosa, johon nykyisen puristinhallin koneet sijoitetaan. Raaka-aineen tuonti puristimille ja sahalle toteutetaan samalla tavoin kuin vaihtoehdossa B. Tässä vaihtoehdossa ei tarvitse muuttaa muiden osastojen ja koneiden järjestystä, ainoastaan puristinosaston koneet on siirrettävä uuteen laajennusosaan. Vaihtoehdossa jää myös paljon tilaa mahdollisia uusia koneita varten, joten myöhempi tuotannon laajentaminen on helposti toteuttavissa. Layoutmuutoksen toteuttaminen on helppo toteuttaa, koska vain puristin osaston koneet on siirrettävä ja muutoksen toteuttaminen ei näin häiritse tuotantoa. Haittapuolina tässä vaihtoehdossa voidaan pitää laajennuksen rakentamisen kustannuksia ja sitä, että tilaa jää paljon käyttämättä.

Edut:

- selkeä materiaalinvirtaus
- hyvin tilaa nykyisille koneille ja tulevaisuudessa hankittaville koneille ja laitteille.
- toteuttamisessa ei tarvitse muiden kuin puristinosaston koneiden siirtoa.
- laajentamisen rakentaminen ei häiritse tuotantoa.

Haitat:

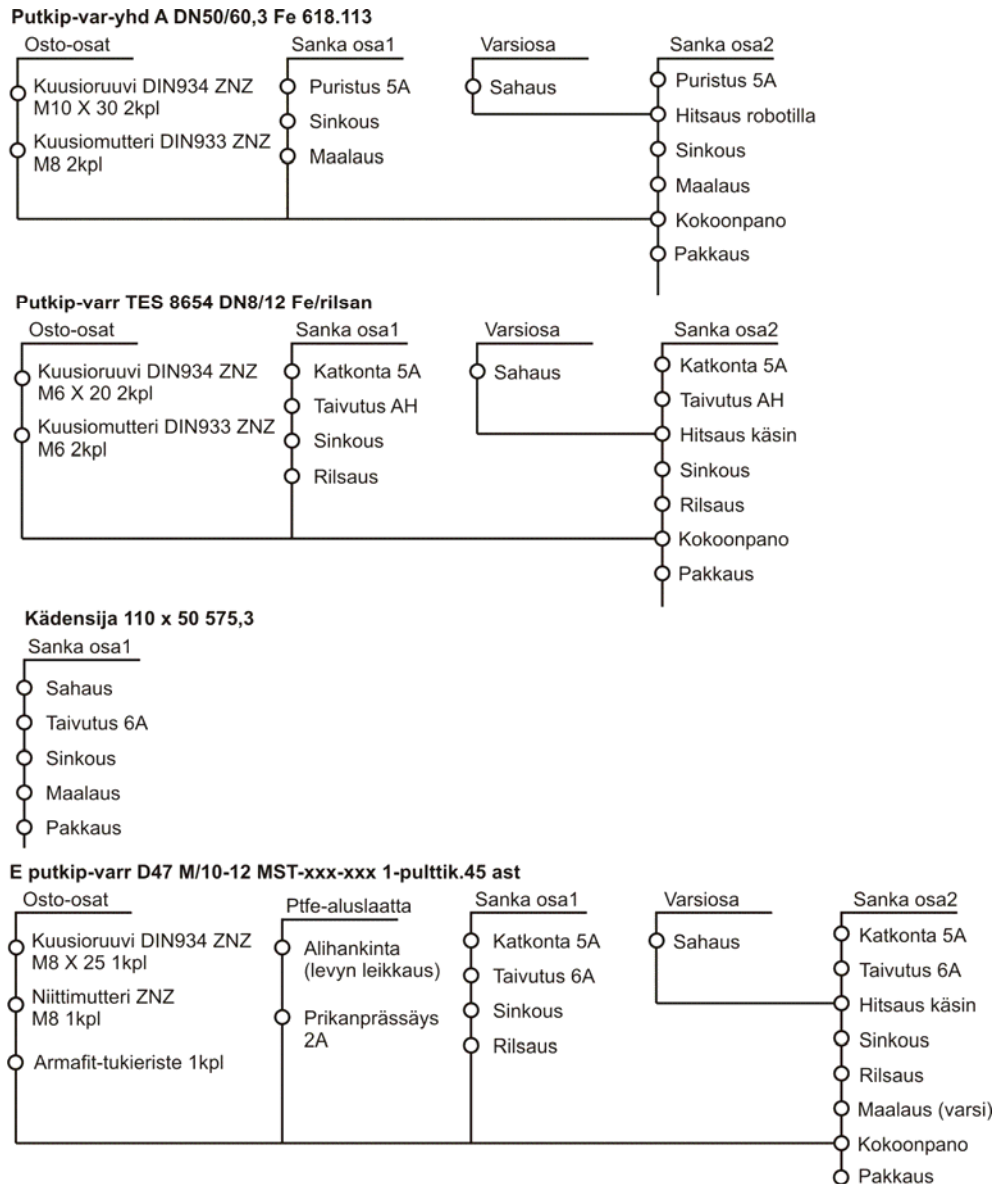
- investointikustannukset (laajennusosa ja nosturi)
- tilan käyttö (tilaa jää käyttämättä).



Kuva 48 Suunnitelma C

5.7 Materiaalinvirtauksen tarkastelu vaihtoehdoissa

Materiaalin kulkua vaihtoehdoissa A, B ja C tarkastellaan neljän tuotannossa esiintyvän tuotteen avulla. Tuotteista on laadittu valmistuskaaviot. Niissä on eritelty tuotteen eri työvaiheet ja tuotantolaitteet, joita kussakin valmistusvaiheessa tarvitaan. Tuotteiden valmistuskaaviot ovat kuvassa 50.



Kuva 50 Materiaalinkulussa tarkasteltujen tuotteiden valmistuskaaviot

Kun valmistuskaavion tiedot sijoitetaan eri vaihtoehtojen A, B ja C pohjakuviin, saadaan selville materiaalinkulku eri layoutvaihtoehdoissa. Niistä nähdään, miten eri vaihtoehdoissa materiaalinvirtaus toteutuu. Materiaalinvirtauskuvista voidaan vertailla eri vaihtoehtojen soveltuvuutta materiaalinvirtauksen kannalta. Materiaalinkulku tuotteille on liitteessä 7.

Materiaalinvirtauskuvista voidaan havaita, että kaikissa layoutvaihtoehdoissa on selkeä materiaalinvirtaus ja tuotteiden takaisinpäin siirtoja ei tapahdu. Materiaalinvirtauksen kannalta ei vaihtoehdoissa ole suuria eroja eri suunnitelmien välillä.

5.8 Vaihtoehtojen vertailu ja valinta yksityiskohtaiseen suunnitteluun

Kun layoutvaihtoehdot on laadittu, on valittava, mikä layoutvaihtoehdoista on se, josta tehdään yksityiskohtainen suunnittelu. Parhaan vaihtoehdon valintaan voidaan käyttää hyötyarvomatriisia, jossa layoutvaihtoehtoja vertaillaan vertailukohteiden perusteella.

Taulukko 7 Vaihtoehtojen vertailuun käytetty hyötyarvomatriisi

Vertailukohteet		Painoarvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet					
			A		B		C	
1	Materiaalin kulun tehokkuus	8	E	56	E	56	E	56
2	Pinta-ala hyväksikäyttö	8	E	56	E	56	U	8
3	Investointitarve	6	E	42	I	30	X	-12
4	Laajennettavuus	6	O	18	I	30	A	48
5	Joustavuus	8	O	24	O	24	E	56
6	Materiaalin käsittely	6	O	18	E	42	E	42
7	Liikkuminen (käytävät ja järjestys)	8	O	24	I	40	E	56
8	Melu,pöly, kuumuus hallinnassa	10	I	50	I	50	A	80
9								
10								
Vaihtoehtojen vertailupistemäärä			288		328		334	
A	Melkein täydellinen	8						
E	Erittäin hyvä	7						
I	Hyvä	5						
O	Välttävä	3						
U	Huono	1						
X	Toivottava	-2						

Laaditun hyötöarvomatriisin vertailupistemäärältään paras layoutvaihtoehto on C, Vaikka vaihtoehdot C ja B ovat vertailupistemäärältään parempia kuin A, päädyttiin layoutvaihtoehdon valinnassa valitsemaan jatkokehitettäväksi layoutvaihtoehdoksi A.

Ratkaiseva tekijä vaihtoehdon C hylkäämiseen oli laajennusosan rakentamiseen vaadittava investointi. Vaihtoehdossa B on myös investoinnit siltanosturiin ratkaiseva tekijä tämän vaihtoehdon hylkäämiseen. Vaihtoehtoon A päädyttiin siksi, että se vastaa parhaiten suunnitelman lähtötilannetta, joka oli kiinteiden kustannusten karsinta. Tämä vaihtoehto on myös helpoin toteuttaa olemassa olevin resurssein. Vaihtoehto A on myöhemmin mahdollista muuttaa melko helposti vastaamaan vaihtoehtoa B.

6 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

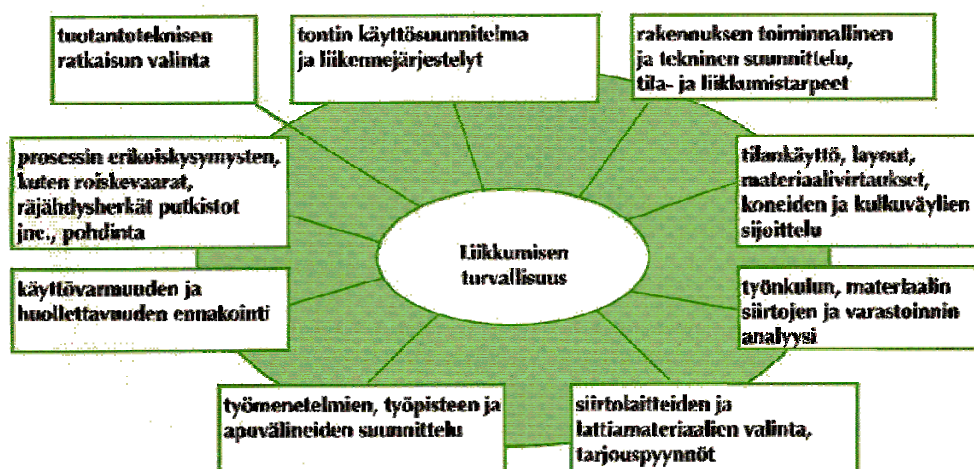
Yleissuunnittelussa pyrittiin keskittymään kokonaisuuden suunnitteluun. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa puolestaan keskitytään yksityiskohtaisesti suunnittelemaan valitun vaihtoehdon osa-alueita, kuten materiaalinkäsittelyä ja sisäistä liikennettä, koneiden sijoittelua, huoltotiloja ja turvallisuusvaatimuksia.

6.1 Sisäisen liikenteen suunnitteluohjeet /3, s. 7/

Ohjeita ja vaatimuksia työpaikkojen kuljetusten ja väylästön suunnitteluun esitetään työturvallisuuslaissa ja siihen liittyvissä säädöksissä sekä monissa standardeissa, RT-korteissa ja turvallisuustiedotteissa. Työturvallisuuslaissa asiaa käsitellään seuraavissa kohdissa:

- § 9 a työympäristön ja työn suunnittelu
- § 13 valaistus
- § 19 järjestys ja puhtaus
- § 24 poistumistiet
- § 27 a nosto- ja siirtotyöt
- § 28 putoamis-, kaatumis- ja hukkumisvaara
- § 29 - 32 koneet ja laitteet.

Suunniteltaessa uutta tuotantolaitosta tai vanhaa tehdasaluetta uudelleen järjestettäessä on liikkumisen, materiaalinkäsittelyn tarpeet ja turvallisuuskysymykset otettava huomioon useimmissa suunnitteluvaiheissa, kuten kuva 51 osoittaa.



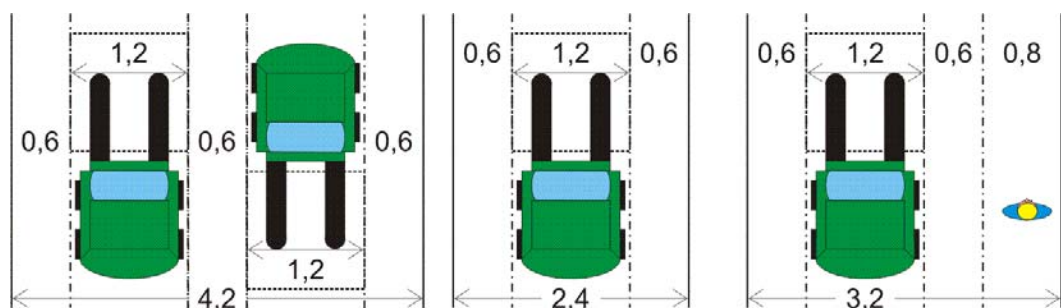
Kuva 51 Liikkumisen huomioon ottaminen tuotantolaitoksen suunnittelussa /3/

Turvallisen kulkuväylästäön suunnittelussa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Tehdään selkeä koko järjestelmää tarkasteleva liikenne suunnittelu.
- Arvioidaan liikkumistarpeet ja optimoidaan etäisyydet.
- Minimoidaan kuljetukset, lastaukset ja purkamiset.
- Materiaalin virtauksesta tehdään jouhevaa ilman välivarastoiteja.
- Tarkastellaan henkilöliikennettä huolellisesti.
- Luodaan edellytykset järjestykselle ja siisteydelle.
- Väylästäönkulku suunnitellaan selkeäksi.
- Erotellaan liikenne lajit; erityisesti jalankulku muusta liikenteestä.
- Väylästäön sijoitetaan vaan yhteen tasoon.
- Minimoidaan risteävät kuljetukset.
- Varmistetaan riittävä valaistus.
- Luodaan käytännölliset ja tarkat liikennöimissäännöt.
- Taataan riittävät tilavaraukset laajennus- tai muutostöille.
- Valitaan pitävät lattia- ja kulkutiemateriaalit.

Ajoväylien ja käytävien mitoitus ohjeet

Sisätiloissa ajoväylien mitoitus perustuu tavanomaisesti käytössä olevan suurimman ajoneuvon tai taakan ulottuvuuksiin. Väylien mitat saadaan näistä maksimimitoista, kun niihin lisätään varmuusmarginaalit ja käänöksissä tarvittava ylimääräinen tila. Seuraavat ohjearvot ovat minimimittoja; sujuvan tuotannon ja turvallisuuden kannalta väylästäön kannattaa mitoittaa mahdollisimman väljäksi. Kuvassa 52 on ohjearvoja yksisuuntaisen, kaksisuuntaisen ja jalankulkuväylän sisältävän trukki-väylän mitoista. Ajoväylät on erotettava selvin merkinnöin. Ajoratamaalausten lisäksi voidaan käyttää korokkeita, kaiteita ja liikennemerkkejä. Jalankulkuväylä tulisi aina erottaa ajoneuvoväylästä.



Kuva 52 trukki-väylien ohjemitoja /3/

Ainoastaan jalankulkuun käytettävät väylät mitoitetetaan standardin SFS 5069 mukaisesti, jossa vähimmäisleveydet ovat taulukon 11 mukaiset. Vaunuilla tai kantaen kuljetettavien

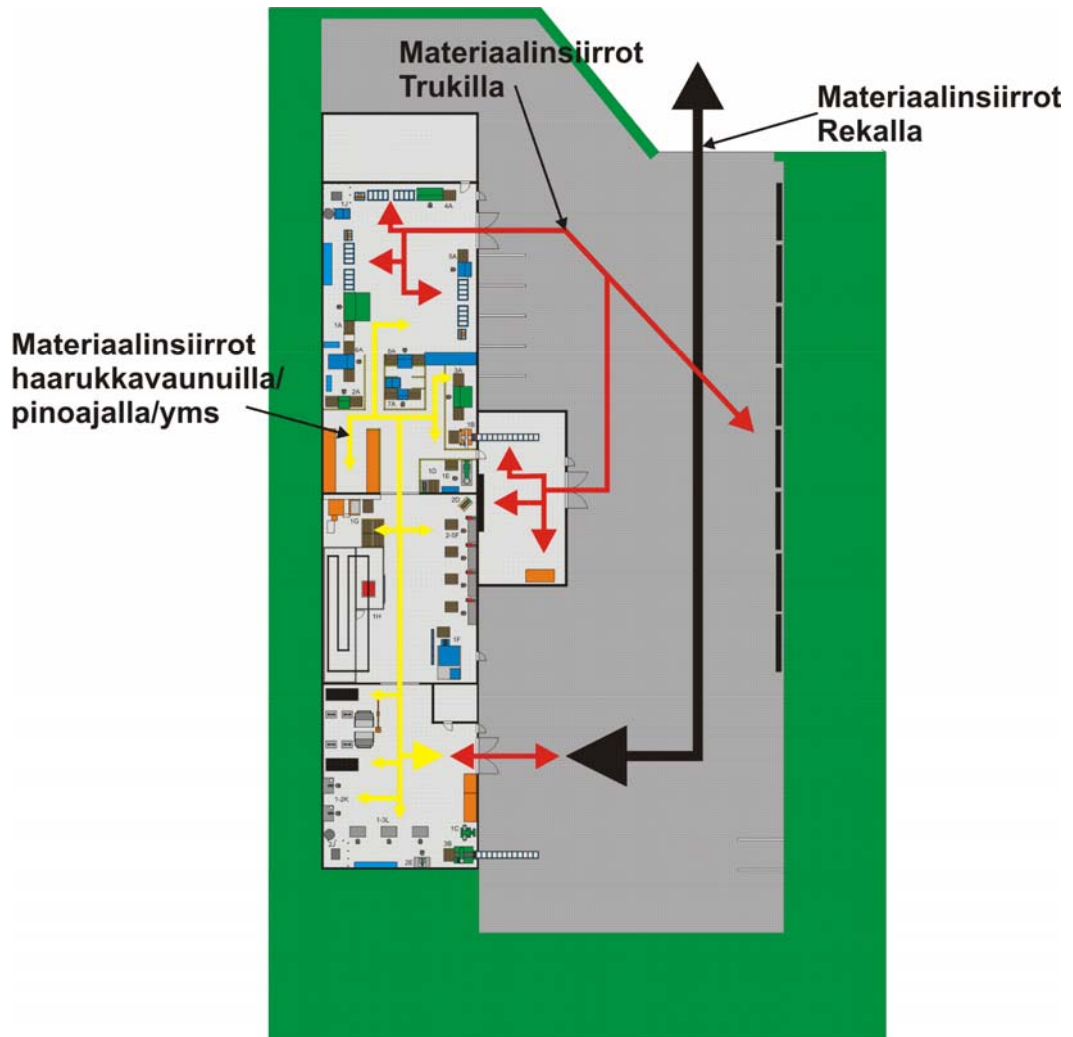
taakkojen tilavaatimus ei sisälly mittoihin. Häkit, rullakot ja haarukkavaunut tarvitsevat lisätilaa noin 0,3 m kummallekin sivustalleen, mikä tulee ottaa suunnittelussa huomioon. Käytävien kulmaukset on syytä mitoittaa väljiksi esimerkiksi sairaankuljetuksen tarpeita ajatellen. /3. s. 13 – 16./

Taulukko 8 kulkuväylien vähimmäisleveyksiä

Väylän tyyppi	Vähimmäisleveys m
Pääkulkutie	1,2
Sivukulkutie	0,9
Kulkutiekoneille	0,6
Hätäpoistumistiet	0,9
Sammutustie	0,9

6.2 Sisäisen liikenteen järjestelyt

Materiaalin käsittely pyritään toteuttamaan siten, että trukin käyttö tehdastiloissa rajoittuu ainoastaan raaka-aineen tuontiin automaatti syöttölaitteilla varustetuille puristimille ja sahoille, valmiiden tuotteiden kuljetusten nostoon pakkauspäissä ja puristimien 1A huoltoon ja puristimen 8A pylväikköjen vaihtoon. Trukin ja pylväikkökärryjen käyttöön raaka-aineen tuonnissa pitää varata riittävät tilat, jotta raaka-aineen siirrot onnistuvat. Kun raaka-aine on katkottu tai sahattu, materiaalit mahtuvat trukkilavoille. Tästä eteenpäin materiaalinsiirrot voidaan suorittaa käyttäen materiaalinsiirtoon pumppukärryjä, lavakärryjä tai pinoajaa. Trukkilavoilla olevan materiaalin käsittelyssä on varattava käytäville riittävät leveydet ja huomioitava materiaalin jättö- ja noutopisteiden kuljetuksen kannalta edulliset paikat eri työpisteille layoutissa. Materiaalin käsittelyjärjestelyt on esitetty kuvassa 53.



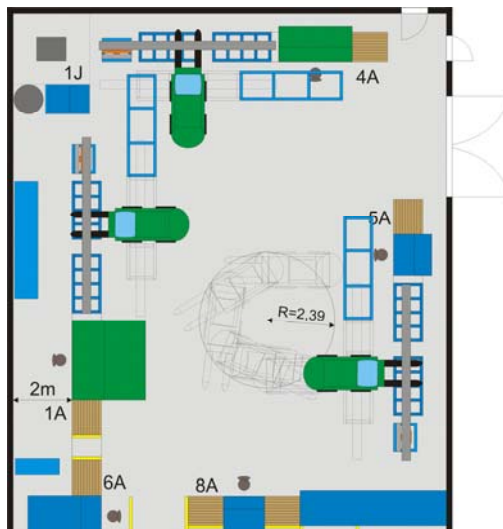
Kuva 53 Materiaalin siirrot

6.2.1 Kulkuväylien mitoitus

Suunnitelmassa pyritään varaamaan haarukkavaunuilla ja pinoajalla tapahtuvaan materiaaliin siirtoa varten vähintään 1,8 m leveät käytävät niin, että kuljetettavan esineen leveys on 1,2 m ja molemmille puolille on varattu tilaa 0,3 m ohjaamiseen. Muissa paikoissa, joissa ei ole tavaran siirtoa, kuten käytävät oville ja hätäpoistumisteille, on varattu minimissään 0,9 m leveät käytävät ja koneille vieviin kulkuväyliin on varattu minimissään 0,6 m leveät käytävät. Liitteessä 8 on layoutpiirros, jossa on suunnitelmassa olevat liikennejärjestelyt ja kulkuväylien mitoitus.

6.2.2 Raaka-aineen käsittelyyn varattava tila tehdashallissa

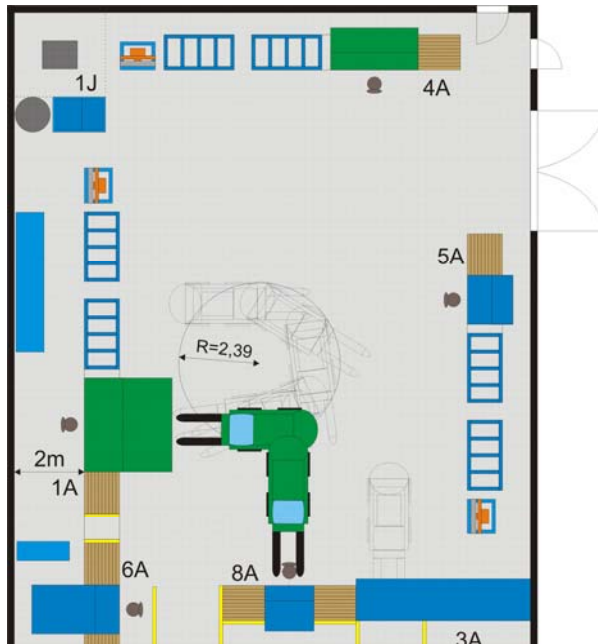
Raaka-aineen tuonnissa puristimille on otettava huomioon riittävän tilan varaaminen lattakärryillä ja trukilla tapahtuvaan materiaalin käsittelyyn. Puristimien edessä on oltava riittävästi tilaa, jotta lattakärryt saadaan tuotua paikalle ja että trukilla saadaan nostettua 6m:n raudat puristimen edessä oleville pukeille. Kuvassa 54 on esitetty tilanvaraukset trukin käsittelyyn ja materiaalin kuljetusjärjestelyt trukilla tapahtuvaan materiaalin siirtoon.



Kuva 54 Tilanvaraus raaka-aineen tuontiin puristimille

6.2.3 Puristinten huollossa vaadittava tila

Puristimella 8A eri tuotetta vaihdettaessa pitää vaihtaa koneen pylväikkö, joka saattaa olla niin painava, että vaihto on suoritettava trukilla. Vaihdon takia joudutaan varaamaan tilaa puristimen eteen trukin käsittelyyn. Myös hylly, jossa pylväikköjä säilytetään, on saatava sijoitettua lähelle puristinta, jotta vaihto saadaan helposti suoritettua. Puristimen 1 A huoltotarpeen vuoksi on puristimen taakse, varattava huoltotilaa, jotta painavien osien pois nostaminen trukilla konetta huollettaessa voidaan toteuttaa. Puristimen eteen on myös varattava 2 m tilaa, jotta työkalujen vaihdot ja huollot voidaan suorittaa. Kuvassa 55 on esitetty näiden tilanvaraukset ja tilanvaraukset trukin käsittelyyn huoltotoimenpiteissä ja pylväikköjen vaihdossa.



Kuva 55 Tilanvaraus puristimen 1A huoltoon ja puristimen 8A pylväikköjen vaihtoon

6.3 Koneiden, työkalujen ja varastojen sijoitus tehdasalueella

Puristinosasto sijoitetaan entiseen pakkaus- ja pintakäsittelyosastoon. Osaston koneet on pyritty sijoittamaan osavaihekaaviosta saadun järjestyksen mukaisesti ja siten, että on jätetty niin paljon tilaa että on mahdollista toteuttaa raaka-aineen siirtäminen varastosta lattakärryllä halliin ja trukilla nostaa raaka-aine automaattisyöttölaitteen edessä oleville pukeille. Puristinosaston sijoituksen jälkeen muut osastot on pyritty sijoittamaan mahdollisimman hyvin seuramaan työvaiheiden mukaista järjestystä. Maalauslinja jää vanhalle paikalle ja hitsausosasto sijoitetaan vanhan puolivalmisteveraston paikalle. Poistettavan maalauskoneen paikalle sijoitetaan rumpusinkokone ja kokoonpano- ja pakkausosasto ja muovipinnoitustyöpisteet sijoitetaan entisen hitsausosaston tiloihin. Samaan tilaan kokoonpano- ja pakkausosaston kanssa sijoitetaan myös kunnossapidossa käytettävät automaattikäsisaha ja tasohiomakone. Hitsausrobotin vanhalle paikalle voidaan sijoittaa lähettämö ja mahdolliset wc-tilat. Koneiden, varastojen ja työkalujen sijoittelu tehdasalueella on liitteen 8 layoutpiirroksessa.

6.3.1 Koneiden ja laitteiden työkalujen sijoitus

Suunnitelmassa on työkalujen paikat puristinosastolla toteutettu siten, että puristimien 8A, 3A, 7A ja 5A työkalut ja pylväiköt sijoitetaan samaan hyllyyn. Puristimen 8A

pylväiköt sijoitetaan lähimmäksi puristinta, trukilla tapahtuvan vaihdon takia ja puristimien työkalut sijoitetaan hyllyn toiseen päähän. Puristimien 1A ja 4A työkalut sijoitetaan puristimen 1A takana olevaan hyllyyn. Puristimien 2A ja 6A työkaluhyllyt sijaitsevat koneiden vieressä. Säteisporakoneen työkalut sijoitetaan hyllyyn porakoneen viereen. Samassa hyllyssä voivat olla myös sahojen työkalut ja huoltovälineet.

Nykyisessä layoutissa käsinhitsauskiinnitinhyllyt vievät paljon tilaa ja kiinnittimissä on todennäköisesti myös paljon sellaisia kiinnittimiä, joita ei enää käytetä tai käytetään todella harvoin. Uudessa suunnitelmassa hitsauskiinnittimet on sijoitettuna järjesteltyinä hitsauspisteisiin siten, että ne on sijoitettu tietyn tuoteryhmän mukaan tietylle pisteelle ja vähän käytettävät kiinnittimet voitaisiin sijoittaa kauemmas varastoon. Tämä järjestely säästäisi tilaa ja selkeyttäisi järjestetystä hitsausosastolla. Työkalujen sijoittelu on liitteen 8 layoutpiirroksessa.

6.3.2 Varastojen sijoitus

Raaka-ainevarasto sijaitsee nykyisessä layoutissa puristinhallin edessä olevalla asfaltoidulla alueella, ja raaka-aineena olevat 6 m latta- ja kulmaraudat ovat varastoitu maassa olevien pukkien päälle yhteen kerrokseen. Nykyinen raaka-aineiden varastointijärjestely vie paljon tilaa eikä sitä ole mahdollista toteuttaa nykyisessä suunnitelmassa, koska hitsaus- ja pintakäsittelyhallin edessä oleva asfaltoitu alue on varattu tavaran viennissä käytettävään rekkaliikenteeseen ja pysäköintipaikoiksi. Raaka-aineet on sijoitettava moneen kerrokseen kuvan 56 mukaisille haaratelineille asfaltoidun alueen reunaan. Sahalle menevät raaka-aineet sijoitetaan ulkovarastoon sahan viereen, sahan rullarataa varten rakennettavaan katokseen. Ulkovarastoon sijoitetaan myös kelalla olevat puristimien raaka-aineet ja hitsauskaasupullot.



Kuva 56 Haarateline pitkille tavaroille.

Puolivalmistevaraston sijoituksessa pitää ottaa huomioon, että se on sijoitettu hyvin, jotta valmistuvat sank- ja varsiosat saadaan helposti vietyä puristimilta varastoon ja että myös hitsaus- ja pintakäsittelyosastolla on osia haettaessa hyvät yhteydet varastoon. Hitsaukseen menevissä puolivalmisteosissa voitaisiin myös harkita osien varastoimista suoraan hitsauskiinnittimiin. Putkikannakkeiden varsiosat voidaan myös varastoida suoraan hitsausosastolle, koska kaikki varsiosat menevät hitsaukseen.

Eriste- ja kumitarvikevarasto ja ruuvi- ja mutterivarasto sijoitetaan kokoonpanopisteiden lähelle. Ruuvi- ja mutterivarasto voitaisiin toteuttaa myös kuvan 57 mukaisella Paternoster tyyppisellä varastoautomaatilla, jolla saadaan paljon tarvikkeita mahtumaan pieneen pinta-alaan.



Kuva 57 Paternostervarastoautomaatti

Pakkaustarvikevarasto sijoitetaan kokoonpano-osastolle pakkausalueen läheisyyteen. Pakkaustarvikevaraston ja eriste- ja kumitarvikevaraston sijoituksessa pitää huomioida myös, että niille on varattu tilat niiden pinoajalla tapahtuvaa täyttämistä varten. Varastojen sijoittelut tehdasalueella ovat liitteessä 8 layoutpiirros.

6.4 Työoloja koskevia yleisiä määräyksiä ja ohjeita

Työoloja koskevat määräykset koskevat yleisiä laissa määriteltyjä vaatimuksia, joita työpaikoille on määrätty ja joiden toteutumista on työnantajan noudatettava. Määräykset koskevat työterveydellisiä näkökohtia, kuten valaistuksen, melun, ilmanvaihdon ja sosiaalitulojen yms. järjestämistä.

6.4.1 Valaistus /14/

Työpaikalla tulee olla riittävä ja sopiva valaistus, varavalaistus tärkeillä poistumisteillä ja ikkunattomissa tiloissa sekä riittävä ulkovalaistus.

Valon tarve ja näkökyky ovat henkilökohtaisia ominaisuuksia. On tärkeää, että valaistuksessa on riittävät säätömahdollisuudet tilanteeseen ja työntekijälle yksilöllisesti sopivan valaistuksen löytämiseksi.

Huono valaistus on usein osasyynä vaaratilanteisiin ja tapaturmiin. Työpisteiden, kulkuväylien ja risteysten valaistuksen riittävyys on ajateltava jo suunnitteluvaiheessa. Sopivalla valaistuksella voidaan korostaa haluttujen kohtien näkyvyyttä ja havaittavuutta, jolloin työskentelyn tarkkuus ja liikkujien valppaus paranevat. Valaisimien huolto, vaihto ja puhdistus on niin ikään järjestettävä luotettavasti.

Valaistuksen suunnittelussa tavoitteita ovat

- tehokkaat ja turvalliset työskentelyolot
- ajoneuvojen ja jalankulkijoiden helppo ja turvallinen liikkuminen alueella
- miellyttävä visuaalinen työympäristö.

Onnistuneessa valaistusratkaisussa on

- riittävä ja tasainen valaistusvoimakkuus
- tehokas häikäisysojaus
- sopivat valojen väriominaisuudet (luonnonvalon spektri)
- optimaaliset hankinta-, asennus-, käyttö- ja huoltokustannukset (esim. loistevalaistus)
- puhdistuksen ja valaisimien vaihdon helppous ja turvallisuus.

Taulukko 9 Tarpeellisia valaistusvoimakkuuksia tilan ominaisuuden ja työtehtävän mukaan.

Tilan ominaisuus tai työtehtävä (esimerkkejä)	Valaistusvoimakkuuslukseina
Varastotilat samanlaisille tai suurille varastotavaroille. Henkilöiden kulkureitit	50
Portaat, hissit Kattilahuoneet, konehallit Varastotilat josta haetaan tavaroita	100
Jatkuvasti käytössä olevat työpisteet Raskaiden levyjen työstäminen (yli 5mm), valuhallit, käytävät	200
Autokorjaamot, ohutlevyjen hitsaaminen ja työstäminen	300
Toimistotilat, keittiöt, terveydenhoituhuoneet	500
Optisten lasien hiominen, metallin työstön tarkastustilat	750
Värien tarkastus ja testaus, laaduntarkastus, työkalujen, tulkkien koneiden rakennus	1000
Optikon ja kellosepänverstaat, elektronisten osien asentaminen	1500

6.4.2 Melu /15/

Melu on ääntä, jonka ihminen kokee epämiellyttävänä tai häiritsevänä. Melun voimakkuus ilmoitetaan desibeleinä. Melu on yleisimpiä työperäisiä haittoja. Tavallisimpia melun aiheuttajia ovat erilaiset koneet ja laitteet. Melun lähteinä koneissa ja laitteissa ovat värähtelevät kiinteät pinnat sekä nesteiden ja kaasujen virtaukset.

Impulssi- eli iskumelulla tarkoitetaan melua, joka on äkillistä ja sisältää runsaasti lyhyitä, alle sekunnin kestäviä iskumaisia, voimakkaita ääniä. Impulssimelun synty voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, jotka ovat kappaleiden iskeytyminen, kaasun laajeneminen ja sähkönpurkaukset.

Infra- ja ultraäänit ovat ääniä, joita ei voi korvin kuulla. Infraäänellä tarkoitetaan ääntä, jonka taajuus on alle 20 Hz, ultraäänien taajuus vastaavasti on yli 20 000 Hz. Infraääntä voivat aiheuttaa muun muassa ilmastointi- ja kompressorilaitteet. Ultraääntä käytetään esimerkiksi muovin hitsauksessa ja metallin puhdistamisessa.

Päivittäinen henkilökohtainen meluallistutus ei saa ylittää 85 desibeliä. Impulssimeluallistuksen raja-arvo 200 Pa, mikä vastaa melumittarin lukemaa 140 desibeliä. Nämä raja-arvot on annettu valtioneuvoston päätöksessä työntekijäin suojelusta työssä esiintyvän melun aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta (1404/1993). Päätöksessä annetaan myös suuntaa-antavia ohjeita melun mittaamisesta ja työntekijöiden kuulon tutkimisesta. Meluarvot ilmoitetaan yleensä A-äänitasona, mikä tarkoittaa samanarvoista, jatkuvaa äänitasoa.

Jos mainitut meluarvot ylittyvät, työnantajan on selvitettävä syyt rajojen ylittymiseen ja laadittava meluntorjuntaohjelma. Meluntorjuntaohjelmassa esitetään toimet meluallistuksen vähentämiseksi. Työnantajan on myös opastettava työntekijöitä melusta, hankittava työntekijöiden käyttöön kuulonsuojaimia, asetettava melualueille asianmukaiset merkinnät ja tutkittava säännöllisesti melulle altistuvien työntekijöiden kuuloa.

6.4.2.1 Meluntorjuntatapoja /15/

Työtilan meluntorjuntaa toteutettaessa on ensin selvitettävä melun lähteet ja melulle altistuminen sekä mitattava melutaso. Lisäksi tulee kerätä tietoja melun syntytaivoista, etenemisestä ja voimakkuudesta työtilan eri osissa sekä kaiunnasta.

Melun teknisiä torjuntatoimia ovat melun syntymisen estäminen, äänen leviämisen estäminen sekä allistuksen vähentäminen.

Melun syntymistä voidaan estää:

- kiinnittämällä huomiota uusia koneita hankittaessa laitteen melutasoon ja vanhoja koneita käytettäessä kiinnittää huomiota koneen huoltoon.
- korvaamalla työtapa hiljaisemmalla tavalla, esimerkiksi valitsemalla sahaamisen sijaan leikkaamisen, iskemisen sijaan puristamisen tai ketjuvälityksen sijaan hihnavälityksen..

Äänen leviämistä voidaan estää:

- kattoon ja seiniin asennettavien absorptiomateriaalien avulla.
- koteloimalla äänilähde.
- käyttämällä väliseiniä meluntorjunnassa.

Altistusta voidaan vähentää:

- äänitason vaihdellessa työpaikan eri osissa, työkierto voi olla tehokas tapa pienentää työntekijöiden meluannosta.
- suunnittelussa pyrkimällä siihen, että melulähteet ja työtiloissa työskentelevät ihmiset sijoitetaan erilleen toisistaan.
- henkilökohtaista kuulonsuojausta käyttämällä.

Kuulonsuojain on ratkaisu meluongelmaan ainoastaan silloin, kun melua ei pystytä teknisesti muulla tavoin vähentämään. Kuulolle vaaralliset alueet ja tilat on merkittävä asianmukaisin varoituskyltein.

6.4.2.2 Meluntorjunnan toteuttaminen tehdasalueella

Meluntorjunnassa on tärkeintä saada puristosastolta tuleva melua rajattua, ettei puristin osaston melu kulkeudu muille osastoille. Meluntorjunta on toteutettava rajaamalla puristosaston koneiden melu puristosastolle. Parhaiten se saadaan toteutettua ovella, joka on puristosaston ja hitsaus- ja maalausosaston välillä. Puristosastolla on käytettävä henkilökohtaista kuulonsuojausta, ja osastolla olevien koneiden tuottamaa melua voidaan yrittää vähentää koneiden mahdollisella koteloinnilla tai meluntorjunta seinillä.

Samoja melun vähentämismenetelmiä voidaan käyttää myös muissa melua tuottavissa laitteissa, kuten kompressorissa ja rumpusinkokoneessa.

6.4.3 Hitsauksen haittavaikutukset /16/

Hitsauksen haittavaikutuksia ovat hitsattaessa syntyvät hitsaussavut ja hitsaussäteily. Näitä haittavaikutuksia voidaan torjua ottamalla ne huomioon työnsuunnittelussa ja käyttämällä oikeanlaisia suojavälineitä.

6.4.3.1 Hitsaussavut /16/

Hitsauksessa syntyy terveydelle haitallisia metallihuuruja, jotka sisältävät mm. pieniä hiukkasia, lisäaineen metallioksidgeja (mangaania, kromia, nikkeliä, alumiinia) sekä juoksutteita (fluoridgeja ja piioksidgeja). Lisäksi huuruja voi muodostua esim. muovitetettujen tai maalattujen pintojen hitsauksessa. Maalin

erilaisia lämpöhajoamistuotteita ovat esim. aldehydit, pehmittimet ja hartsien lähtöaineet.

Syöpävaarallisia kromi- ja nikkeliyhdisteitä muodostuu ruostumattoman teräksen hitsauksessa. Tämän vuoksi työnantajan tulee ilmoittaa merkittävästi (yli 20 päivänä vuodessa) ruostumattoman teräksen ja happoteräksen hitsausta tekevät työntekijät ASA-rekisteriin (ammattissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville tekijöille altistuvien rekisteri).

Kaikissa hitsauslajeissa muodostuu myös kaasumaisia hiilimonoksidi- ja typenoksidipäästöjä. Otsonia muodostuu etenkin MIG-, MAG- ja TIG-hitsauksessa. Merkittävää otsonialtistus voi olla alumiinin ja teräksen Mig- ja Tig-hitsauksissa. Alumiinin hitsauksessa syntyy myös alumiinihiukkasia, jotka voivat aiheuttaa mm. sidekudoksen lisääntymistä.

6.4.3.2 Hitsaussäteily /16/

Hitsauksessa syntyy huurujen lisäksi myös UV- ja lämpösäteilyä (infrapunasäteilyä). Voimakasta UV-säteilyä esiintyy mm. puikko- ja kaasukaarihitsauksessa sekä plasmaleikkauksen tai hiilikaaritalttauksen yhteydessä. UV-säteily on erityisen voimakasta valokaaren sytytyshetkellä, jolloin säteily on 10 kertaa voimakkaampaa kuin hitsauksen aikana. Voimakasta lämpösäteilyä syntyy hitsauksessa aina.

UV-säteily voi aiheuttaa ihon punoitusta ja tilapäisen vaurion silmän sarveiskalvoon eli ”hitsaajan silmän”. Säteilyn pitkäaikaisvaikutuksia ovat ihon nopea ikääntyminen, silmän sarveiskalvon vaurioituminen ja harmaakaihi. Lisäksi UV-säteily lisää ihosyöpäriskiä. Hitsauksessa esiintyy myös hyvin kirkasta ”sinistä valoa”, jolle altistuminen voi aiheuttaa verkkokalvon rappeutumista.

6.4.3.3 Hitsaussavujen ja hitsaussäteilyn haittavaikutusten vähentäminen /16/

Hitsaussavujen ja hitsaussäteilyn vaikutuksia voidaan vähentää työn suunnittelun, ilmanvaihdon ja henkilökohtaisten suojainten käytöllä.

Työn suunnittelulla:

- Laitevalinnoissa voidaan suosia vähän hitsaussavuja tuottavien menetelmien käyttöä, kuten esimerkiksi käyttämällä puikkohitsauksen sijaan MIG/MAG-menetelmää ja kaasuhitsauksen sijaan TIG-menetelmää.
- Sijoittamalla eniten altistavat työt ja työvaiheet erillään muista töistä.
- Työtavaksi voidaan valita Automatisoitu hitsausprosessi.
- Töiden ajoitus voidaan ajoittaa siten, että altistusta ei tapahdu muilla työpisteillä.

Ilmanvaihdolla:

- Huolehtimalla että käytössä on riittävä yleisilmanvaihto.
- Hitsauspisteelle voidaan sijoittaa kohdeilmanvaihto tai käyttää poltinta, jossa on hitsaussavuja imevä suulake.

henkilönsuojainten käytöllä:

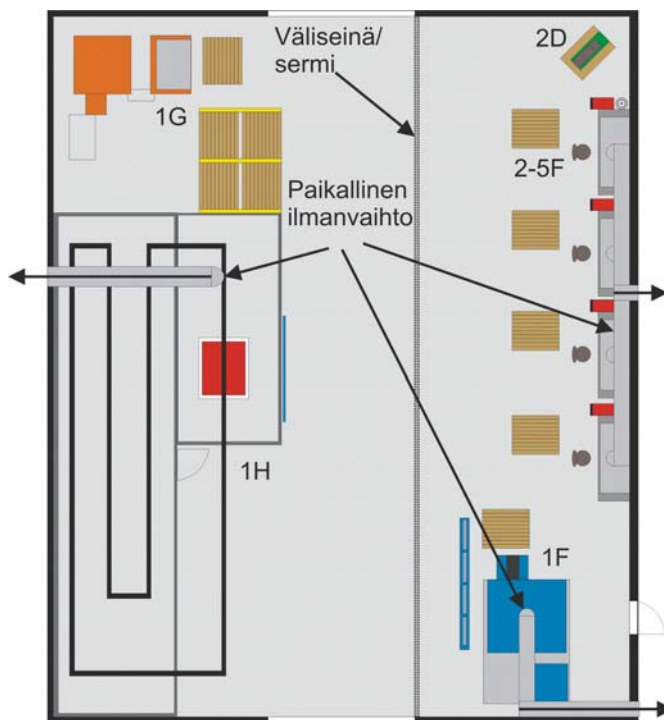
- Hitsattaessa on käytettävä SFS-EN 470-1 mukaista hitsaajien suojavaatetusta. Hitsauskäytössä olevan vaateen on suojattava sekä materiaalin oltava tiivis ja sileä, jotta kipinät eivät tartu siihen. Lisäksi vaateen on suojattava myös kaulan alue sekä ranteet. Housunlahkeissa ei saa olla käänteitä ja ulkotaskujen on oltava läpälliset.
- Käsien suojaamisessa voidaan käyttää SFS-EN 12477 mukaisia suojakäsineitä.
- Hitsauksen aikana on käytettävä hengityksensuojainta. Käytettävä suojain voi olla eristävä-, suodattava suojain tai puhalluksella varustettua hitsausnaamari.
- Silmiä suojattaessa voidaan käyttää hitsauslaseja, jotka ovat SFS-EN 169 mukaiset. Silmät on suojattava heti hitsauksen aloittamisesta alkaen, koska tällöin UV-säteilyn määrä voi olla kymmenenkertainen jatkuvaan hitsaukseen verrattuna.

6.4.3.4 Haittavaikutusten huomioiminen hitsausosaston sijoituksessa

Layout suunnitelmassa on hitsaus- ja maalausosasto sijoitettava rinnakkain. Oastojen sijoitus toistensa läheisyyteen vaatii erityisjärjestelyjä palovaaran vuoksi, mutta uppomaalauksessa ei palovaara ole kovinkaan suuri, koska maali ei ole herkästi syttyvää ja maalia ei ruiskuteta ilmaan. Lisäksi maalauslinjassa on paikallinen ilmanvaihto.

Toinen suunnittelussa huomioitava seikka on hitsauksesta syntyvä hitsauskaasu, jonka poistaminen on toteutettava jokaiselle käsin hitsauspisteelle ja hitsausasemalle asennettavalla kohdeimurilla.

Hitsauksesta aiheutuvan hitsaussäteilyn rajaaminen hitsausosastolle toteutetaan joko hitsaus- ja maalausosaston väliin asennettavalla sermillä tai rakentamalla väliseinä hitsaus ja maalausosaston väliin kuvan 58 mukaisesti.



Kuva 58 Hitsausosaston ja maalauslinjan sijoitus järjestelyt

6.6 Suunnitelman toteuttamista varten lisättäviä osioita

Jotta valittu layoutsuunnitelma voidaan toteuttaa, on siihen vielä lisättävä seuraavat osiot: sähkösuunnitelmat, investointilaskelmat, lvi-suunnitelmat, palo- ja työsuojelua koskevat suunnitelmat sekä rakennussuunnittelu, jossa otetaan huomioon rakenteelliset rajoitukset, kuten kantavat seinät, pilarit ja sallitut lattiakuormitukset.

Työpisteiden suunnittelu ergonomian kannalta olisi myös hyödyllistä lisätä suunnitelmiin, koska työvaiheet ovat hyvin samankaltaisia. Niissä tehdään samaa liikettä monta kertaa päivässä, joten liikkeen tekeminen väärin voi aiheuttaa ajan kuluessa terveydellisiä haittoja, kuten nivelien kulumista.

Sisäisen järjestyksen toteuttamissuunnitelma olisi helppo toteuttaa samalla kertaa, kun tehdas järjestetään uudelleen. Näin saataisiin varmistettua järjestyksen pysyminen tehdasalueella suunnitelman toteuttamisen jälkeen. Samalla voitaisiin tarkastella työpisteillä tarvittavat välineet ja työkalut ja poistaa ei-tarvittavat välineet käytöstä.

7 YHTEENVETO

Työn tekeminen jakaantui kolmeen osaan: suunnitteluun tarvittavien lähtötietojen keräämiseen yrityksestä tehtaan, toiminnan karkeasuunnitelman laadintaan ja tämän pohjalta laadittujen layoutvaihtoehtojen laadintaan sekä yritykselle soveltuvimman vaihtoehdon kehittämiseen toteutettavaksi suunnitelmaksi asti.

Tietojen keräämisvaiheessa hankittiin tarvittava tieto, jonka pohjalta layoutsuunnitelma voidaan laatia. Tarvittavia suunnittelun lähtötietoja olivat tiedot yrityksen tuotantokalustosta, materiaalinkäsittelyvälineistä ja työvaiheista sekä yrityksen tuotannosta kerätty tieto, kuten tuotteiden valmistusmäärät ja tuotenimikkeiden määrät. Suunnittelussa tarvittavia muita tietoja olivat mm. turvallisuusmääräykset. Lähtötietoja sovellettiin seuraavassa vaiheessa karkeasuunnitelman laadinnassa.

Layoutsuunnitelma laadittiin systemaattista tehdassuunnittelumallia avuksi käyttäen, jossa ensin oli suunniteltava tehtaan karkeasuunnitelma, siinä keskityttiin tehtaan toimintaan kokonaisuutena. Karkeasuunnitelmassa pyritään mahdollisimman hyvin seuraamaan tuotteiden materiaalinkulkua työvaiheiden mukaan. Valmistusjärjestelmäksi päädyttiin valitsemaan yrityksen tuotannosta laaditun tuotemääräanalyysin perusteella funktionaalinen valmistusjärjestelmä. Syitä tämän tyyppisen valmistusjärjestelmän valintaan olivat yrityksen tuoterakenne, jossa on erilaisia tuotenimikkeitä paljon ja tuotemäärät eivät riitä tuotantolinjan käyttöön kuin pienelle osalle tuotteista. Valintaan vaikuttaa myös työolosuhteista johtuvat tekijät. Näin saadaan melu ja hitsauksen haittavaikutukset rajattua omille osastoilleen.

Karkeasuunnitelman pohjalta laadittiin kolme erilaisia vaihtoehtoa tehtaan uudeksi layoutiksi: vaihtoehdot A, B ja C. Niistä A ja B olivat toteutettavissa hitsaus- ja pintakäsittelyhallin tiloihin. Niissä puristinosasto on sijoitettu hitsaus- ja pintakäsittelyhallin nykyisen kokoonpano- ja pakkausosaston tiloihin. Näiden kahden vaihtoehtojen ero on materiaalin käsittelyjärjestelyissä. Vaihtoehto B:ssä olisi raaka-aineen käsittelyssä käytetty nosturia. Vaihtoehdossa C hitsaus- ja pintakäsittelyhalliin olisi rakennettu laajennusosa, johon yrityksen puristinosaston koneet ja laitteet olisi sijoitettu.

Suunnitellut layoutvaihtoehdot arvioitiin eri perusteilla, joita olivat esimerkiksi investoinnin tarve, joustavuus ja pinta-alan hyväksikäyttö. Arvioinnin jälkeen valittiin vaihtoehto, jota kehitettiin työn kolmannessa vaiheessa yksityiskohtaisessa suunnittelussa.

Kehitettäväksi vaihtoehdoksi valittiin vaihtoehdoista A, tämän vaihtoehdon valintaan vaikutti suunnittelun lähtötilanne. Siinä tarkoituksena oli karsia kahdesta hallista aiheutuvia kiinteitä kustannuksia, mahdollisen teollisuuden laskusuhdanteen aikana. Vaihtoehto A:ssa toteutui parhaiten nämä vaaditut ehdot.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa keskityttiin valitun layoutsuunnitelman eri osa-alueiden kehittämiseen. Näitä osa-alueita olivat materiaalin käsittelyjärjestelyjen suunnittelu, kulkuväylien ja sisäisen liikenteen suunnittelu ja mitoitus sekä erilaisten työturvallisuuskäytöiden huomioon ottaminen työpisteiden sijoittelussa. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa pyrittiin saamaan kehitettävä layoutsuunnitelman niin valmiiksi, että se voitaisiin myöhemmin mahdollisesti toteuttaa lisäämällä sähkö-, lvi-, paineilma- ja rakennussuunnitelmat.

Kehitettävää ja jatkettavaa työssä olisi tarkempi yrityksen tuotannon tarkastelu, jossa voitaisiin keskittyä tarkemmin mahdollisten tuotepereiden muodostamista tietyille tuotteille. Suunnitelman simuloinnin avulla voitaisiin tarkastella tuotannon -toteutumista ja -pullonkaulakohtia sekä selvittää myös mahdolliset suunnitelman kehittämisaalueet.

Työpisteet voisi suunnitella työntekijän kannalta ergonomisiksi siten, että ne ovat ergonomian kannalta oikein suunniteltuja. Se olisi myös tärkeää suoritettavien työtehtävien luonteen vuoksi.

Työssä olevasta layoutsuunnittelunteoriaosuudesta ja yhteen kerätyistä turvallisuusmääräyksistä sekä laadituista koneluetteloista ja tilantarvemäärityksistä saa muodostettua pohjan, jota voi käyttää myös mahdollisten muidenkin layoutmuutosten suunnitteluun yrityksessä

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

1. Harju, Ansa - Valpio, Jaakko - Huhtala, Veijo -, Tauno, Kilpeläinen, Teollisuustalous. VAPK-kustannus. Helsinki. Opetushallitus.1986
2. Lehtinen, Kari – Pesonen, Jussi, Sisäiset Kuljetukset Tehokkaasti ja turvallisesti, materiaalinkäsittelyn ja liikkumisympäristön tarkastus. Työsuojeluhallitus. Tampere. 1992
3. Lehtinen Kari - Rasa, Pirkko-Liisa – Pesonen, Jussi – Rajamäki, Erkki, Työpaikan kulkuväylät turvallisiksi. Työterveyslaitos / Työsuojeluhallitus. Helsinki. 1991
4. Metalliteollisuuden keskusliitto, Työpaikan suunnittelu. Metalliteollisuuden kustannus. 1988
5. Lapinleimu, Ilkka - Kauppinen, Veijo - Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY. Porvoo 1997
6. Rationalisointiliitto ry, Rationalisoinnin käsikirja. Karprint Ky. Karkkila 1979
7. Röyttä Esko, Tuotantotekniikka. WSOY 1990
8. Slack, Nigel – Chamber, Stuart – Johnston, Robert, Operations Management. Pitman Publishing. 2001
9. Uusi-rauva – Haverila - Kouri, Teollisuustalous. Tammer-Paino. 2003
10. Sasu, Tuominen, Hitsaus robotin ohjelmointi varrellisten putkipidinten hitsaukseen. Insinööriyö. Valkeakosken ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikkaosasto.2002

Painamattomat lähteet

11. P. Liljaranta, Menetelmäsuunnittelu, Luentomoniste, TAMK, 2003
12. Pasi Järvenpää, Tuotannonsuunnittelu, Luentomoniste, TAMK, 2000

Sähköiset lähteet

13. Bozer, Fracelle, Tanchoro, Tomkins, Trevino, Facilities Planning, 2001.
Satakunnan ammattikorkeakoulu. Saatavissa:
<http://ota.tr.spt.fi/~jkarinen/Tuosu/tehdassuunnittelu.pdf>
14. Työturvallisuuskeskus. [www-sivu]. [luettu 27.1.2006] saatavissa:
<http://www.tyoturva.fi/tyoturvallisuus/olosuhteet/valo/>
15. Työturvallisuuskeskus. [www-sivu]. [luettu 27.1.2006] saatavissa:
<http://www.tyoturva.fi/tyoturvallisuus/olosuhteet/melu/>
16. Työturvallisuuskeskus. [www-sivu]. [luettu 27.1.2006] saatavissa:
<http://www.tyoturva.fi/toimialat/metalliteollisuus/tyoymparisto.html>
17. Puttek Oy. [www-sivu]. [luettu 27.8.2005] saatavissa:
<http://www.puttek.fi>

LIITTEET

1.	Koneluettelo	1 s.
2.	Kuljetuskalusto	1 s
3.	Työpaikkapiirrokset	3 s
4.	Varastopaikkapiirrokset	1 s.
5.	Pinta-ala ja huoltotarve taulukko	1 s
6.	Varastotilantarve taulukko	1 s
7.	Materiaalinkulun tarkastelu vaihtoehdoissa	4 s
8.	Layoutpiirros	1 s

Koneuettelo

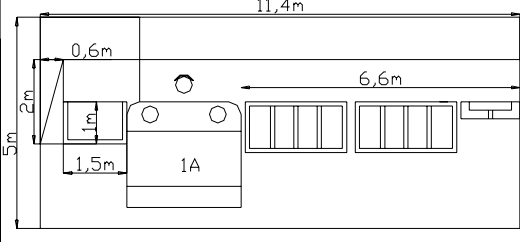
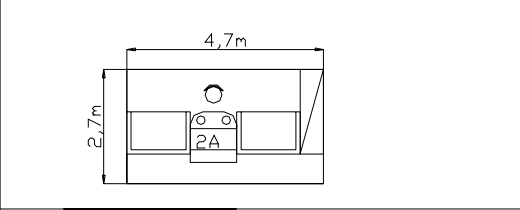
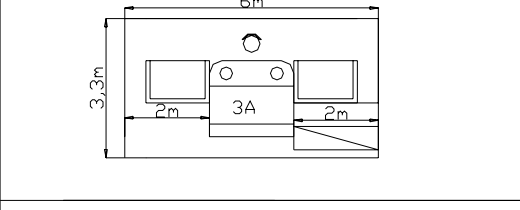
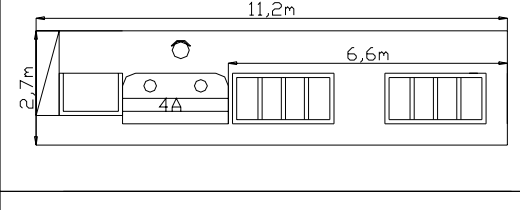
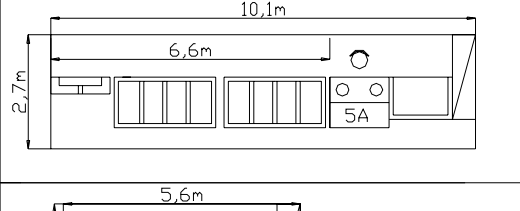
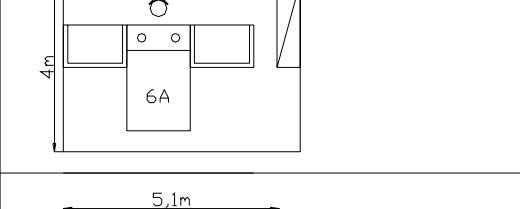
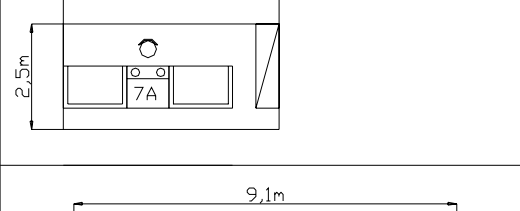
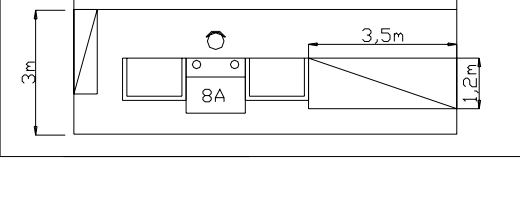
LIITE 1

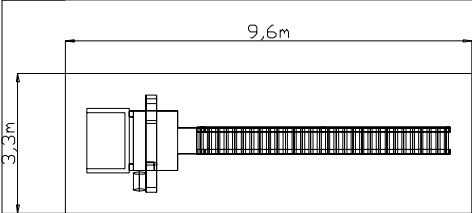
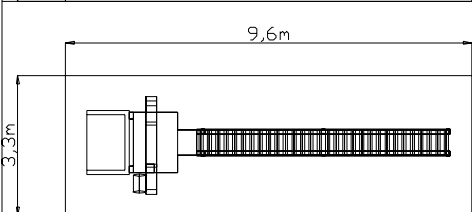
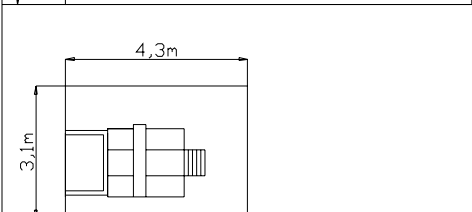
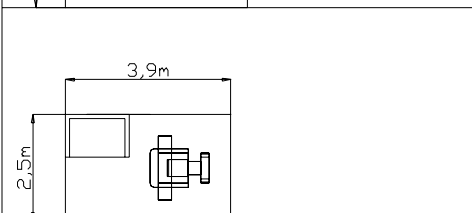
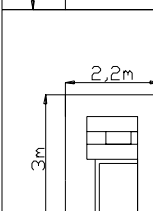
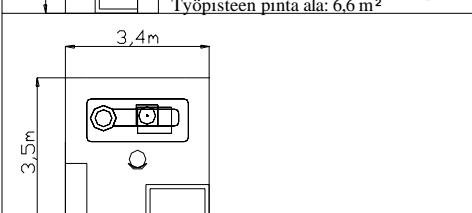
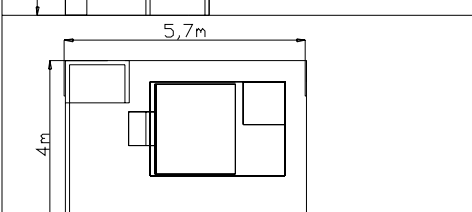
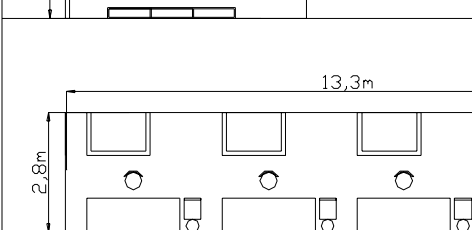
KONEKALUSTO						
Tunnus	Kone tai laite	Malli	Valmistaja	Vuosi	Muuta	Halli
1A	Epäkeskopuristin	AZR 10	Gerb. Edelhoff	1970	Puristusvoima 250t ja automaattisyöttölaite	1
2A	Epäkeskopuristin	ES 45	Weljekset friis oy		Puristusvoima 45t	1
3A	Epäkeskopuristin	CMA3KN	Kapta		Puristusvoima 40t	1
4A	Epäkeskopuristin	CMA3KN	Kapta	1991	Puristusvoima 40t ja automaattisyöttölaite	1
5A	Hydrauliikkalipuristin	KRO 700	Vakomet		Puristusvoima 70t ja Automaattisyöttölaite	1
6A	Hydrauliikkalipuristin	6630	venäläinen	1995	Puristusvoima 100t	1
7A	Hydrauliikkalipuristin	KR	vakomet	2000	Puristusvoima 40t	1
8A	Hydrauliikkalipuristin	KRC	vakomet	2001	Puristusvoima 120t	1
1B	Automaattisaha	HSM 330 A	Behringer			
2B	Automaattisaha	STG 320	Bomar			1
3B	Automaattikäsisaha	MOD 350	BIANCO			
1C	Tasohiomakone	Matra MF6	Matra- Werke GmbH			1
1D	Nauhahiomakone	S75	Helstrup maskinfabrik		nauha 75x2000	2
2D	Nauhahiomakone	GS 75	Multi-Tools AS		nauha 75x2000	1
3D	Nauhahiomakone	GS 76	Multi-Tools AS		nauha 75x2000	1
1E	Säteisporakone	Heller RB50	Maskinakti obolaget Karlebo			1
2E	Pylväsporakone	L0004	A.O.K			2
1F	Hitsausrobotiasema	Motoman Batchweld	Motoman Robotics Europe AB			2
2F	Mig hitsauskone	kempmat 320	Kemppi OY			2
3F	Mig hitsauskone	kempmat 250	Kemppi OY			2
4F	Mig hitsauskone	kempmat 250	Kemppi OY			2
5F	Mig hitsauskone	pro- 5000	Kemppi OY	1995		2
1G	Rumpusinkokone	MG 2/1	BHS			2
1H	Maalauslinja	R.K 2.1/2.2	HS-metalli	2001		2
2H	Maaluskone	siirrettävä	Oma valmisteinen	1994		2
1I	Muovipinnoitusasema					1
2I	Muovipinnoitusasema					1
3I	Kuumennusuuni					
1J	Ruuvikompressori	GA7	Atlas copco			2
2J	Ruuvikompressori	GA22	Atlas copco			1
1K	Niittaus pöytä				siirrettävä	2
1K	Niittaus pöytä				siirrettävä	2
1L	Kasauspöytä				siirrettävä	2
2L	Kasauspöytä				siirrettävä	2
3L	Kasauspöytä				siirrettävä	2
1M	Pylväsnosturi					2

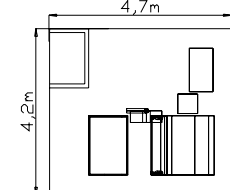
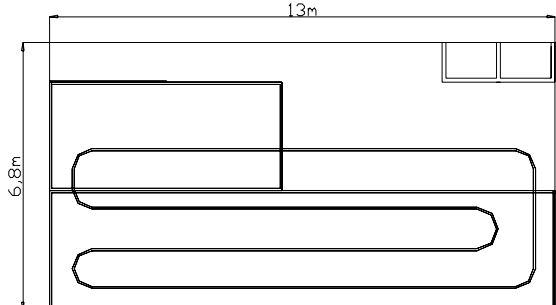
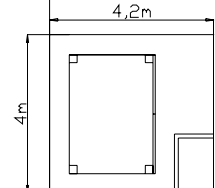
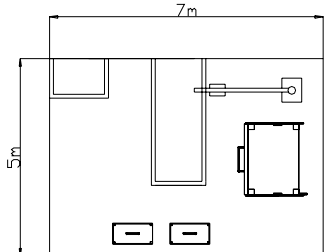
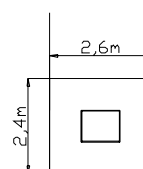
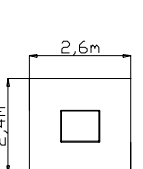
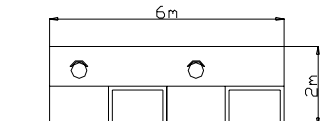
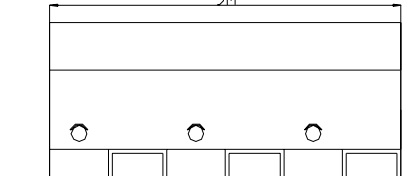
Kuljetuskalusto

LIITE 2

KULJETUSKALUSTO						
Tunnus	Kuljetuslaite	malli	valmistaja	Vuosi	Muuta	Halli
1AA	Trukki	JO2(S)	Nissan		Ulompi kääntösäde: 2,39m mitat: 2,77x1,24m	1
2BB	Pumppukärry 2000kg					1
2BB	Pumppukärry 2000kg					2
3BB	Pumppukärry 2000kg				Vaaka	2
1CC	Pylväikkökärry					1
1DD	Työkalupöytä					1
1EE	Lattakärry					1
2EE	Lattakärry					1
1FF	Kuivausteline					2
2FF	Kuivausteline					2
3FF	Kuivausteline					2
4FF	Kuivausteline					2
5FF	Kuivausteline					2
1GG	Lavakärryt					2
2GG	Lavakärryt					2
3GG	Lavakärryt					2

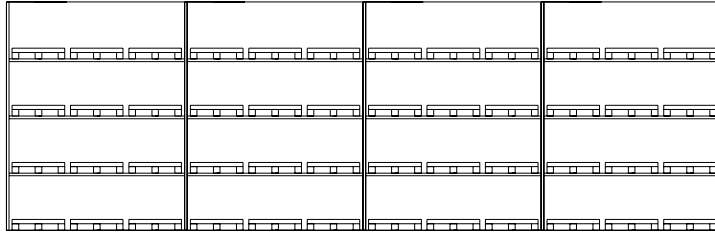
 <p>Technical drawing of workstation 1A. Overall dimensions: 11,4m x 5m. A central unit labeled '1A' is 1,5m wide. To its right are two rows of equipment, each 6,6m long. A small rectangular area at the top left is 0,6m wide and 2m high. A vertical dimension of 1m is shown near the central unit.</p>	<p>Tunnus: 1A Tyyppi: EPÄKESKOPURISTIN Malli: AZR 10 Valmistaja: Gerb. Edelhoff Koneen mitat: Leveys: 2,7 m Syvyys: 2,5 m Työpisteen pinta ala: 57,0 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 2A. Overall dimensions: 4,7m x 2,7m. A central unit labeled '2A' is 1,1m wide. It is flanked by two smaller units, each 1,2m deep.</p>	<p>Tunnus: 2A Tyyppi: EPÄKESKOPURISTIN Malli: ES 45 Valmistaja: Veljekset Friis Oy Koneen mitat: Leveys: 1,1 m Syvyys: 1,2 m Työpisteen pinta ala: 12,7 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 3A. Overall dimensions: 6m x 3,3m. A central unit labeled '3A' is 2,0m wide. It is flanked by two smaller units, each 1,8m deep.</p>	<p>Tunnus: 3A Tyyppi: EPÄKESKOPURISTIN Malli: CMA3KN Valmistaja: Kapta Koneen mitat: Leveys: 2,0 m Syvyys: 1,8 m Työpisteen pinta ala: 19,8 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 4A. Overall dimensions: 11,2m x 2,7m. A central unit labeled '4A' is 2,5m wide. To its right are two rows of equipment, each 6,6m long.</p>	<p>Tunnus: 4A Tyyppi: EPÄKESKOPURISTIN Malli: CMA3KN Valmistaja: Kapta Koneen mitat: Leveys: 2,5 m Syvyys: 1,2 m Työpisteen pinta ala: 30,2 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 5A. Overall dimensions: 10,1m x 2,7m. A central unit labeled '5A' is 1,4m wide. To its right are two rows of equipment, each 6,6m long.</p>	<p>Tunnus: 5A Tyyppi: HYDRAULIIKKAPURISTIN Malli: KRO 700 Valmistaja: Vakomet Oy Koneen mitat: Leveys: 1,4 m Syvyys: 1,3 m Työpisteen pinta ala: 27,3 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 6A. Overall dimensions: 5,6m x 4m. A central unit labeled '6A' is 1,5m wide. It is flanked by two smaller units, each 2,5m deep.</p>	<p>Tunnus: 6A Tyyppi: HYDRAULIIKKAPURISTIN Malli: 6630 Valmistaja: Venäläinen Koneen mitat: Leveys: 1,5 m Syvyys: 2,5 m Työpisteen pinta ala: 22,4 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 7A. Overall dimensions: 5,1m x 2,5m. A central unit labeled '7A' is 1,0m wide. It is flanked by two smaller units, each 1,0m deep.</p>	<p>Tunnus: 7A Tyyppi: HYDRAULIIKKAPURISTIN Malli: KR Valmistaja: Vakomet Oy Koneen mitat: Leveys: 1,0 m Syvyys: 1,0 m Työpisteen pinta ala: 12,8 m²</p>
 <p>Technical drawing of workstation 8A. Overall dimensions: 9,1m x 3m. A central unit labeled '8A' is 1,4m wide. To its right are two rows of equipment, each 3,5m long. A vertical dimension of 1,2m is shown on the right side.</p>	<p>Tunnus: 8A Tyyppi: HYDRAULIIKKAPURISTIN Malli: KRO Valmistaja: Vakomet Oy Koneen mitat: Leveys: 1,4 m Syvyys: 1,3 m Työpisteen pinta ala: 27,3 m²</p>

	<p>Tunnus: 1B Tyyppi: AUTOMAATTISAHA Malli: HSM 330A Valmistaja: Behringer Koneen mitat: Leveys: 1,6 m Syvyys 8,0 m Työpisteen pinta ala: 33,0 m²</p>		
	<p>Tunnus: 2B Tyyppi: AUTOMAATTISAHA Malli: STG 320 Valmistaja: Bomar Koneen mitat: Leveys: 1,6 m Syvyys 8,0 m Työpisteen pinta ala: 33,0 m²</p>		
	<p>Tunnus: 3B Tyyppi: AUTOMAATTIKÄSISAHA Malli: MOD 350 Valmistaja: Bianco Koneen mitat: Leveys: 1,6 m Syvyys 1,8 m Työpisteen pinta ala: 13,2 m²</p>		
	<p>Tunnus: 1C Tyyppi: TASOHIOMAKONE Malli: Matra MF6 Valmistaja: Matra Werke GmbH Koneen mitat: Leveys: 1,6 m Syvyys 1,4 m Työpisteen pinta ala: 9,8 m²</p>		
	<p>Tunnus: 1D Tyyppi: NAUHA- HIOMAKONE Malli: S75 Valmistaja: Helstrup maskinfabrik Koneen mitat: Leveys: 1,0 m Syvyys 1,0 m Työpisteen pinta ala: 6,6 m²</p>	<p>Tunnus: 2D Tyyppi: NAUHA- HIOMAKONE Malli: GS75 Valmistaja: Multitools AS Koneen mitat: Leveys: 1,0 m Syvyys 1,0 m Työpisteen pinta ala: 6,6 m²</p>	<p>Tunnus: 2D Tyyppi: NAUHA- HIOMAKONE Malli: GS75 Valmistaja: Multitools AS Koneen mitat: Leveys: 1,0 m Syvyys 1,0 m Työpisteen pinta ala: 6,6 m²</p>
	<p>Tunnus: 1E Tyyppi: SÄTEISPORAKONE Malli: Heller RB50 Valmistaja: MOK Koneen mitat: Leveys: 1,0 m Syvyys 2,5 m Työpisteen pinta ala: 12,0 m²</p>		
	<p>Tunnus: 1F Tyyppi: HITSAUSROBOTTI Malli: Motoman Batchweld Valmistaja: Motoman Robotics Europe AB Koneen mitat: Leveys: 2,5 m Syvyys 3,0 m Työpisteen pinta ala: 22,8 m²</p>		
	<p>Tunnus: 2-5F Tyyppi: HITSAUSPISTE Malli: Kempmat 320,250, 250 ja Pro-5000 Valmistaja: Kemppi Oy Koneen mitat: Leveys: 2,5 m Syvyys 0,8 m Työpisteen pinta-ala: 37,3 m²</p>		

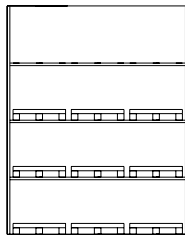
	<p>Tunnus: 1G Tyyppi: RUMPUSINKOKONE Malli: MG 2/1 Valmistaja: BHS Koneen mitat: Leveys: 4,2 m Syvyys 4,7 m Työpisteen pinta-ala: 19,8 m²</p>
	<p>Tunnus: 1G Tyyppi: UPPO- MAALAUSSINJA Malli: R.K 2.1/2.2 Valmistaja: HS-Metalli Koneen mitat: Leveys: 13,0 m Syvyys 5,8 m Työpisteen pinta-ala: 88,4 m²</p>
	<p>Tunnus: 2H Tyyppi: MAALAUSSKONE Malli: Siirrettävä Valmistaja: Omavalmisteinen Koneen mitat: Leveys: 3,0 m Syvyys 2,2 m Työpisteen pinta-ala: 16,8 m²</p>
	<p>Tunnus: 1I ja 2I Tyyppi: MUOVIPINOITUSPISTE Malli: Valmistaja: Koneen mitat: Leveys: 7 m Syvyys 5 m Työpisteen pinta-ala: 35,0m²</p>
	<p>Tunnus: 1J Tyyppi: KOMPRESSORI Malli: GA 7 Valmistaja: Atlas Capco Koneen mitat: Leveys: 2,6 m Syvyys 2,4 m Pinta-ala: 6,25 m²</p>
	<p>Tunnus: 2J Tyyppi: KOMPRESSORI Malli: GA 22 Valmistaja: Atlas Capco Koneen mitat: Leveys: 2,6 m Syvyys 2,4 m Pinta-ala: 6,25 m²</p>
	<p>Tunnus: 1K ja 2K Tyyppi: NIITTAUSPÖYTÄ Koneen mitat: Leveys: 1,5 m Syvyys 1,0 m Työpisteen pinta-ala: 12 m²</p>
	<p>Tunnus: 1L, 2LK ja 3L Tyyppi: KOKOONPANOPISTE Pöydän mitat: Leveys: 1,5 m Syvyys 1,0 m Työpisteen pinta-ala: 37,4 m²</p>

PUOLIVALMISTEVARASTO

Sankaosille:
 Lavapaikkoja: 37kpl
 Varsiosille:
 Lavapaikkoja: 6kpl
 Leveys: 1,2 m
 Pituus: 11 m
 Pinta-ala: 13,2 m²



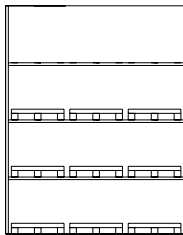
RAAKA-AINEVARASTO



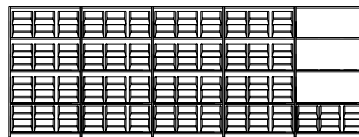
Teräsnauhat	Palkit
Lavapaikkoja: 9kpl	Ulkovarastopaikkoja: 30 kpl
Syvyys: 1,2 m	Syvyys: 0,5 m
Leveys: 2,75 m	leveys: 6 m
Pinta-ala: 3,3 m ²	Pinta-ala: 90 m ²



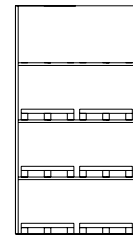
OSTOKOMPONENTTI VARASTOT



Alusnauhat ja vaimennin-
 kumit
 Lavapaikkoja: 9kpl
 Syvyys: 1,2 m
 Leveys: 2,75m
 Pinta-ala: 3,3 m²



Ruuvi ja mutteri varasto
 Laatikkopaikkoja: 78kpl
 Syvyys: 0,5 m
 Leveys: 4,1 m
 Pinta-ala: 2,05 m²



Pakkaustarvikkeet
 Lavapaikkoja: 4kpl
 syvyys: 1,2 m
 Leveys: 1,85 m
 Pinta-ala: 2,2 m²

Pinta-ala ja huoltotarve									
Toiminto			Pinta-ala	Vesi	Paineilma	Tuulipalo ja räjähdysvaara	Ilmanvaihto paikallinen	Sähköjärjestely	Sähköntarve
Osasto/toiminto	Tunnus	Nimitys	m ²					A	KW
Puristosasto	1A	Epäkeskopuristin	57,0		x				
	2A	Epäkeskopuristin	12,7		x				
	3A	Epäkeskopuristin	19,8		x				
	4A	Epäkeskopuristin	30,2		x				
	5A	Hydrauliikkapuristin	27,3		x				
	6A	Hydrauliikkapuristin	22,4						
	7A	Hydrauliikkapuristin	12,8						
	8A	Hydrauliikkapuristin	27,3		x				
	1J	Kompressori	6,3						
	1E	Säteisporakone	12						
	1B	Automaatti saha	33						
	1D	Nauhahiomakone	6,6						
	2D	Nauhahiomakone	6,6						
	Koko osaston pinta-ala			274,0					
Hitsausosasto	1F	Robotti	22,8		x		x		
	2F	Käsinhitsaus	9,3				x		
	3F	Käsinhitsaus	9,3				x		
	4F	Käsinhitsaus	9,3				x		
	5F	Käsinhitsaus	9,3				x		
	3D	Nauhahiomakone	6,6						
Koko osaston pinta-ala			66,6						
Suihkupuhdistus	1G	Rumpusinkokone	19,8		x				
Koko osaston pinta-ala			19,8						
Maalaus	1H	Maalauslinja	88,4				x		
Koko osaston pinta-ala			88,4						
Muovipinnoitus	1I	Muovipinnoituspiste	33		x				
	2I	Muovipinnoituspiste	33		x				
Koko osaston pinta-ala			66						
Kokoonpano-osasto	1K	Niittaus	12		x				
	2K	Niittaus	12		x				
	1L	kokoonpano	12,5						
	2L	kokoonpano	12,5						
	3L	kokoonpano	12,5						
Koko osaston pinta-ala			61,5						
Pakkaus	1X	Pakkauspiste	20						
Koko osaston pinta-ala			20						
kunnossapito	2B	Automaattikäsisaha	13,2						
	1C	Tasohiomakone	9,8						
	2E	Porakone	4						
Koko osaston pinta-ala			27						

Varastotilantarve		Pinta-ala	Lavapaikkoja	Laatikkoipaikkoja	Ulkovarastopaikkoja
Varasto	Varastoitava tarvike	m ²	kpl	kpl	kpl
Raaka-ainevarsto	Lattaraudat				30
Pinta-ala		90			
Raaka-ainevarsto	Kelat		9		
Pinta-ala		3,3			
Puolivalmisteverasto	Sankaosat		37		
	Varsiosat		6		
Pinta-ala		13,2			
Ostokomponentti varastot	Alusnauhat ja vaimennuskumit		9		
Pinta-ala		3,3			
Ostokomponentti varastot	Ruuvit ja mutterit			78	
Pinta-ala		2,05			
Ostokomponentti varastot	Pakkaustarvikkeet		4		
Pinta-ala		2,2			

