

Markus Syri

**UUDEN TUOTANTOLAITOKSEN LAYOUT-
SUUNNITELMA JA TUOTANTOTEKNINEN
SUUNNITTELU**

**Opinnäytetyö
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Elokuu 2010**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Tekniikan toimipiste, Yli- vieska	Aika Elokuu 2010	Tekijä/tekijät Markus Syri
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Uuden tuotantolaitoksen layout-suunnitelma ja tuotantotekninen suunnittelu		
Työn ohjaaja Seppo Jokelainen	Sivumäärä 57 + 7 liitettä	
Työelämäohjaaja		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä uuden tuotantolaitoksen layout-suunnitelma ja tuotantotekninen suunnittelu. Valmistettava tuote oli opinnäytetyötä tehtäessä vielä kehittelyn alla, joten työssä ei kerrota suoraan mistä tuotteesta on kysymys. Tästä johtuen osa liitteistä on salaisia.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään tuotannollista yritystä, eri tuotantomuotoja, erilaisia valmistusjärjestelmiä, layout-suunnittelua, sekä tuotantoteknistä suunnittelua. Opinnäytetyön kohteena olevan tuotantolaitoksen layout-suunnitelma ja tuotantotekninen suunnittelu pohjautuvat teoriaosaan.</p> <p>Työn tuloksena syntyi kaksi layout-vaihtoehtoa, joista ykkösvaihtoehto vaikutti paremmin toimivalta. Tuotantotekninen suunnittelu tehtiin suunnittelukohteena olevassa tuotantolaitoksessa valmistettaville koneenosille.</p> <p>Opinnäytetyön lopussa pohditaan opinnäytetyön kohteena olevan tuotantolaitoksen tuotantoa arvioidun konekysynnän tilanteessa sekä tilanteessa, jossa kysyntä kasvaa huomattavasti.</p>		
Asiasanat layout, tuotantotekninen suunnittelu		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date August 2010	Author Markus Syri
Degree programme Mechanical Engineering and Production Technology		
Name of thesis Layout design and technical design of a new production plant		
Instructor Seppo Jokelainen		Pages 57 + 7 appendixes
Supervisor		
<p>The aim of this thesis was to create layout design and technical design of a new production plant. The product itself was under the development at the time when this thesis was written; therefore this thesis does not clarify what kind of a product there is in the focus. This is also the reason why parts of appendixes are classified.</p> <p>In the theory section the concept of a Production Company, distinct ways of production, distinct production systems, as well as layout design and technical design are discussed. The layout design and technical design of a production plant which this thesis focused on are based on the theory section.</p> <p>As an outcome of the study two alternative layout designs were created of which the first alternative seemed to work better. Technical design concerned the parts of machines that are going to be produced in the production plant in question.</p> <p>At the end of thesis the volume of the production plant is discussed with respect to the estimated current demand and, on the other hand, with respect to a rapidly rising demand.</p>		
Key words layout, technical design		

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tarkoitus ja sen rajaus	2
2.2 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne	2
2 TUOTANNOLLINEN YRITYS	3
3 TUOTANTOMUODOT	5
3.1 Yksittäistuotanto	5
3.2 Sarjatuotanto	6
4 VALMISTUSJÄRJESTELMÄT	10
4.1 Funktionaalinen l. menetelmävaltainen valmistusjärjestelmä	10
4.1.1 Soveltuvuusalue	11
4.1.2 Tuotantomuodon hyvät ominaisuudet	12
4.1.3 Tuotantomuodon huonot ominaisuudet	12
4.2 Tuotantolinjatyyppinen l. tuotevaltainen valmistusjärjestelmä	13
4.2.1 Transferlinjat	15
4.2.2 Virtausperiaatelinjat	15
4.2.3 Yleisvalmistuslinjat	15
4.2.4 Tuotantolinjojen soveltuvuusalue	17
4.2.5 Tuotantolinjojen hyvät ominaisuudet	17
4.2.6 Tuotantolinjojen huonot ominaisuudet	17
4.3 Solutuotanto	17
5 LAYOUT-SUUNNITTELU	20
5.1 Layout-suunnittelun yleisohjeet	20
5.2 Layout-suunnittelun vaiheet	21
5.2.1 Tuote-määräanalyysi	22
5.2.2 Materiaalin virtausanalyysi	24
5.2.3 Toimintojen yhteyskaavio	26
5.2.4 Toimintojen yhteyspiirros	27
5.2.5 Tilan tarve	28
5.2.6 Viranomais- ym. seikkojen huomioiminen	29
5.2.7 Suunnitelmavaihtoehtojen arvostelu	30
5.2.8 Toteutuksen suunnittelu	30
6 TUOTANTOTEKNINEN SUUNNITTELU	31
6.1 Työnvaiheitus	32
6.2 Menetelmäsuunnittelu	34
6.3 Työvälinesuunnittelu	34
6.4 Työajan määrittäminen	35
6.4.1 Työn mittaus	36
6.4.2 Työajan jaottelu	36
6.4.3 Työajan määrittystavat	37
6.4.3.1 Arviointi	37
6.4.3.2 Arviolaskenta	38

6.4.3.3	Vertailu	38
6.4.3.4	Standardiaikajärjestelmät	39
7	SUUNNITTELUKOHTTEEN LAYOUT-SUUNNITTELU	40
7.1	Tuote-määräanalyysi	40
7.2	Materiaalin virtausanalyysi	40
7.3	Toimintojen yhteyskaavio	41
7.4	Toimintojen yhteyspiirros	41
7.5	Tilan tarve	42
7.5.1	Sahaus	43
7.5.2	Poraus ja viisteytys	44
7.5.3	Hitsaus	45
7.5.4	Hiekkapuhallus	46
7.5.5	Maalaamo	47
7.5.6	Kokoonpano	48
7.5.7	Testaus ja viimeistely	49
8	SUUNNITTELUKOHTTEEN TUOTANTOTEKNINEN SUUNNITTELU	50
8.1	Työnvaiheitus	50
8.2	Menetelmäsuunnittelu	50
8.2.1	Sahaus	51
8.2.2	Viisteytys	51
8.2.3	Poraus	51
8.2.4	Hitsaus	51
8.2.5	Hiekkapuhallus	52
8.2.6	Maalaus	52
8.2.7	Kokoonpano	52
8.2.8	Testaus ja viimeistely	52
8.3	Työvälinesuunnittelu	53
8.3.1	Materiaalin katkonta	53
8.3.2	Hionta	53
8.3.3	Poraus	53
8.3.4	Hitsaus	53
8.3.5	Hiekkapuhallus	54
8.3.6	Maalaus	54
8.3.7	Kokoonpano, testaus ja viimeistely	54
8.4	Työajan määrääminen	54
9	LAYOUT-MALLIN VALINTA	55
10	POHDINTA	56
	LÄHTEET	57
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän tutkimustyön kohteena on bioenergia-alaan liittyvän laitetuotannon suunnittelu. Kyseinen laitetuotanto avaa uusia mahdollisuuksia bioenergian hyödyntämisessä. Koska bioenergian hyödyntämiselle on olemassa yhteiskunnallista, taloudellista ja ympäristöllistä painetta, tälle tutkimustyölle on olemassa käytännön tarve.

Opinnäytetyön valmistamisen aikana osa tähän työhön liittyvistä asioista joudutaan salaamaan, joten asian käsittely on joiltakin osilta suurpiirteistä ja ylimalkaista.

Mieltäni askarruttaneen idean syvällisempi tutkiminen tuli mahdolliseksi aloittaessani opintoni Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulussa (KPAMK) Ylivieskassa aikuisopiskelijana vuonna 2007. Koulun yhteydessä toimii tutkimus- ja kehitysyksikkö CENTRIA. Keväällä 2008 soitin yksikön kehitysjohtajalle ja sovimme tapaamisen keskustelua varten. Selvittäessäni ajatuksiani kehitysjohtajalle hän innostui ja esitti suoritettavaksi kesän 2008 aikana koetutkimuksia. Koetutkimukset eivät kuitenkaan toteutuneet kesällä. Syksyllä sain sähköpostin, jossa kerrottiin ammattikorkeakoulujen henkilökunnalle ja opiskelijoille suunnatusta ideoiden kaupallistamiseen tähtäävästä TULI-ohjelmasta. TULI-ohjelman rahoitti Tekes, joten sen kautta saatava palvelu oli ilmaista.

Syksyllä 2008 laadin ideastani kirjallisen dokumentin toiveissani saada asiantuntijapalveluja rahoitettavaksi TULI-ohjelman kautta. Tammikuulla 2009 tuli myönteinen päätös ensiarviointivaiheen hyväksymisestä rahoitettavaksi ohjelman kautta. Tässä arviointivaihetutkimuksessa tutkittiin Suomessa oleva potentiaalimäärä, joka olisi tarkoitus hyödyntää kehittelemäni idean laitteistolla. Potentiaalia löytyy tutkimusten mukaan ja siinä ei ilmennyt mitään suoranaista estettä idean eteenpäin viemiselle. Joten kesällä 2009 AVERKO-kurssin puitteissa mietin liiketoimintasuunnitelman ym. seikkoja, joiden perusteella syksyllä sain myönteisen päätöksen arviointivaiheen hyväksymisestä TULI-ohjelmaan. Konsulttiryitys sai tammikuulla 2010 tämän vaiheen tutkimustulokset valmiiksi. Tässäkään vaiheessa ei ajatukselle ilmaantunut estettä, vaan pikemminkin sidosryhmät osoittivat haastatelussa varovaista kiinnostusta systeemin käyttöönottoa kohtaan. Jotkut olivat kiinnostuneita pilotoimaan laitteistoa tai jopa rahoittamaan projektia.

1.1 Tutkimuksen tarkoitus ja sen rajaus

Rohkaisevien tutkimustulosten perusteella ajatukseni on jatkaa aloittamaani idean kehittämistä kaupalliseksi tuotteeksi. Opinnäytetyö ei sisällä mahdollisen yrityksen perustamiseen ja rahoituksen järjestämiseen liittyviä asioita, jotka täytyy saada järjestykseen ennen tuotteen valmistuksen aloittamista. Valmistettavassa tuotteessa tarvittavat komponentit on jo valmiiksi mietitty. Jotta uuden tuotteen valmistus voidaan käynnistää, tuotteesta joudutaan tekemään proto käytännön koekäyttöä varten. Ennen tuotteen valmistamista täytyy miettiä missä ja miten tuotetta valmistetaan. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuotantotilojen layout- suunnitelma ja tuotantotekninen suunnittelu.

1.2 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne

Opinnäytetyö on luonteeltaan tutkimuslähtöinen. Alaan liittyvää kirjallisuutta ja Internetiä on käytetty taustatiedon hankkimisessa. Opinnäytetyön tekemisessä on käytetty tekstinkäsittelyssä Microsoft Office Word 2007-, taulukoissa Microsoft Office Excel 2007- ja layoutin mallinnuksessa Archicad 13- tietokoneohjelmia.

Työssä keskitytään layout-suunnitelman ja tuotantoteknisen suunnitelman tekemiseen. Molemmat suunnittelun alueet pohjautuvat arvoihin, jotka ovat tuotannollisen yrityksen olemassa olemisen edellytykset. Näin ollen teoriaosuudessa toisessa kappaleessa käsitellään tuotannollisen yrityksen erityispiirteitä.

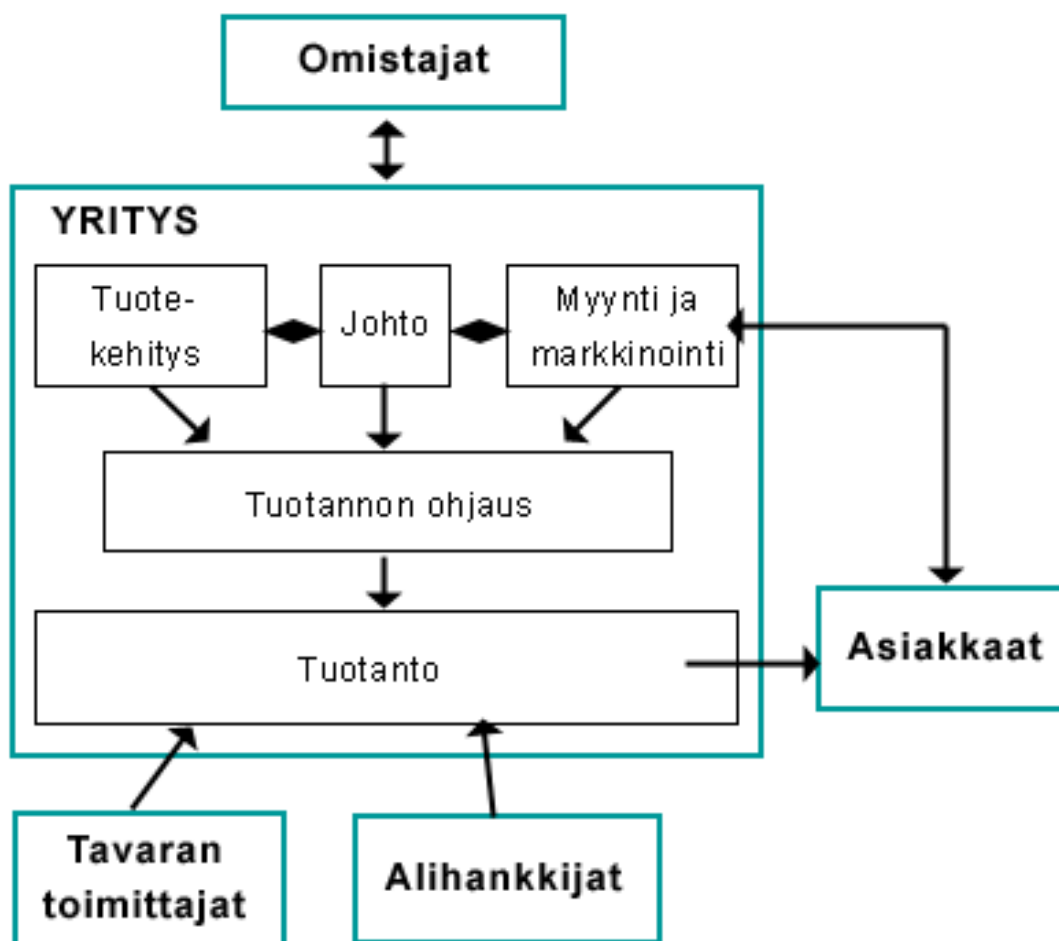
Työn teoriaosuudessa käsitellään yleisesti tuotantolaitoksen layout-suunnittelua ja tuotantoteknistä suunnittelua. Tällä pyritään antamaan lukijalle yleiskuva aihealueista. Tuotantomuodot, joita käsitellään kappaleessa kolme ja valmistusjärjestelmät, joita käsitellään kappaleessa neljä antavat pohjaa kappaleelle viisi, jossa käsitellään layout-suunnitelman tekemistä. Luku kuusi kertoo tuotantoteknisestä suunnittelusta. Luvussa seitsemän tehdään valitun kohteen tuotantotilojen layout- suunnitelma ja luvussa kahdeksan sen tuotantotekninen suunnittelu. Luku yhdeksän käsittelee layout-ehdotuksen valintaa ja luvussa kymmen on pohdinta.

2 TUOTANNOLLINEN YRITYS

Tuotannollisen yrityksen tärkein tavoite on tuottaa omistajilleen voittoa. Tämän saavuttamiseksi täytyy olla myös muita tavoitteita. Muita tavoitteita ovat mm. laatu sekä lyhyt ja varma toimitusaika. Sovitun toimituksen onnistumisen edellytyksenä on oikeaan aikaan tehdyt hankinnat, oman tuotannon läpäisyajan ja kuormitustilanteen tunteminen. Myös joustavuus on tärkeä tavoite. Tuotantojärjestelmän joustavuuden lajeja ovat tuotejoustavuus, operatiivinen joustavuus sekä muunneltavuus. Tuotejoustavuus tarkoittaa laajaa valmistettavissa olevaa osaperhettä sekä samantyyppisten osien eri varianttien ongelmatonta valmistettavuutta. Operatiivinen joustavuus tarkoittaa pienten erien valmistuskykyä, lyhyttä tuotantosuosittelun kiinteää osaa, hyvää ohjattavuutta sekä reservikapasiteettia. Muunneltavuus tarkoittaa järjestelmän muunneltavuutta tuotteiston muuttuessa sekä portaittaista toteutettavuutta. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 37-63.)

Hankinta, valmistus ja jakelu muodostavat tuotannon kolmiportaisen pääosan. Tuotannon avulla valmistetaan tuotteet ja palvelut. Keksinnöstä jokaisen tuotteen valmistus on alkanut. Pärjätäkseen markkinoilla tuotteet tarvitsevat jatkuvaa kehittämistä, tuotekehitystä.

Tuotannollinen yritys voi itse valmistaa koko tuotteen asiakkaille. Yhä enenevässä määrin yritykset ovat alkaneet käyttää alihankkijoita verkostoituen jopa niin, että eivät harjoita itse valmistustoimintaa ollenkaan. Kuviossa 1 esitetään tuotannollista yritystä pelkistetysti.



KUVIO 1. Tuotannollisen yrityksen yksinkertaistettu esitys.

(http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm)

3 TUOTANTOMUODOT

Seuraavassa esitellään erilaiset tuotantomuodot, joita ovat yksittäistuotanto ja sarjatuotanto. Metalliteollisuuden valmistusmenetelmät määräytyvät sen mukaan, kuinka monta samanlaista tai samantapaista tuotetta tai sen osaa valmistuserässä on. Tuotantomuoto ohjaa usein valmistuksen ennakkosuunnittelun laajuutta ja tarkkuutta.

3.1 Yksittäistuotanto

Tuotteiden valmistamista yksitellen tai muutaman kappaleen erinä kutsutaan yksittäistuotannoksi. Myös suurimittaisten kertaprojektien toteuttaminen on yksittäistuotantoa. Tämä tuotantotyyppi esiintyy lähinnä raskaassa konepajateollisuudessa, kuten voimalaitokset, paperikoneet yms.. Kevyessä ja keskiraskaassa metalliteollisuudessa yksittäistuotannon lisäksi liittyy usein valmistusta myös pieninä sarjoina. (Kauppinen, Kivistö & Strömberg 1989, 11.)

Yksittäistuotannossa tuotteet ja niiden valmistusmenetelmät ovat yksilöllisiä, eivätkä yleensä toistu sellaisenaan. Työn järjestelylle ja tuotannon suunnittelulle yksittäistuotanto asettaa suuria vaatimuksia. Tuotantotekninen suunnittelu rajoittuu yleensä kustannussyistä tuotteen tärkeimpiin kohteisiin. Tuotannossa käytetään vain yleiskoneita ja -työvälineitä. Yksittäistuotanto vaatii työntekijöiltä korkeaa ammattitaitoa vähäisen työnjärjestelyn ja -suunnittelun vuoksi. Myös työnjohdon on hallittava vastuualueensa hyvin. (Kauppinen ym. 1989, 11.)

Yksittäistuotannossa tuottavuuden kohottaminen on vaikeaa. Tuottavuutta voidaan kuitenkin huomattavasti nostaa käyttämällä moduloituja rakenneosia ja standardiosia. (Kauppinen ym. 1989, 11.)

3.2 Sarjatuotanto

Yritys valmistaa sarjatuotannossa samoja tai samankaltaisia tuotteita. Tuotteiden valmistus on jaettu sopivan suuruisiin eriin ja erien valmistus uusiutuu eripituisin välein. Yleensä jokainen valmistuserä käsittää saman standardituotteen. (Kauppinen ym. 1989, 11-12.)

Työnsuunnittelun tulee olla yksityiskohtaista piensarjatuotannossakin. Ohjelmoitavia työstökoneita (CNC-koneita) käytetään yleistyöstökoneiden ohella piensarjatuotannossa. Työkappaleiden kiinnittämisessä käytetään erikoisohjaimia ja -kiinnittimiä sekä asetus- ja tarkastustulkkeja. Valmistettavien osien toleranssien on oltava sopivat kokoonpanoa varten. Samoin osien täytyy olla vaihtokelpoisia kokoonpanotyössä. Piensarjatuotannossa uusien valmistusmenetelmien käyttöönotto on helpompaa ja joustavampaa kuin suursarjatuotannossa. (Kauppinen ym. 1989, 12.)

Tuotannon automatisointi ja mekanisointi mahdollisimman pitkälle mahdollistuu yleensä vasta suursarjatuotannossa tuotteiden suuren määrän ansiosta. Tuotantolinjat ovat tyypillisiä suursarjatuotannossa. Suuren läpivirtauksen seurauksena valmistuskustannukset kappaletta kohden saadaan pieniksi. Suursarjatuotannossa yksityiskohtainen valmistuksen enakkosuunnittelu on välttämätöntä, koska valmistusmenetelmien muuttaminen ei ole alituisen mahdollista. Työn tuottavuus on suurin suursarjatuotannossa. Tuotteiden kysynnän täytyy olla suuri tai niiden tulee olla standardisoituja sovellettaessa tätä tuotantomuotoa. (Kauppinen ym. 1989, 12.)

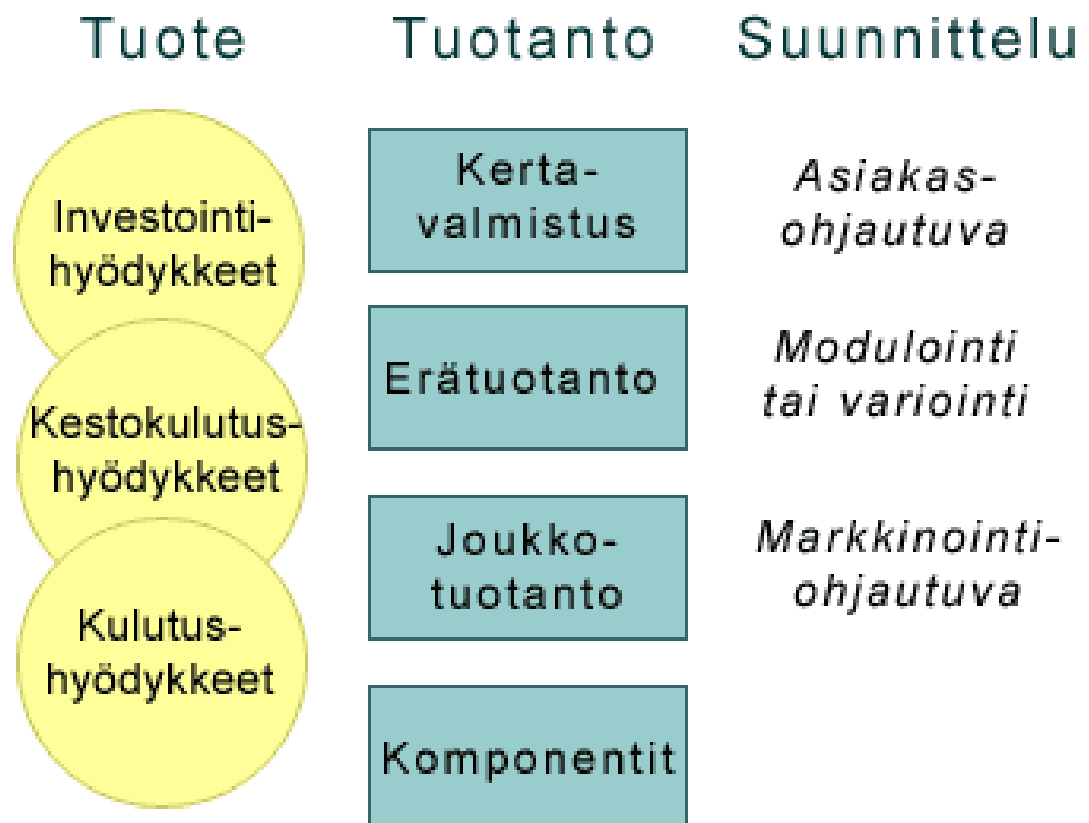
Tuotanto voidaan jakaa tuotteen valmistuksen, valmistusaloitteen ja valmistusprosessin mukaan seuraavasti (KUVIO 2).



KUVIO 2. Tuotannon jako eri kriteerien mukaan.

(http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm)

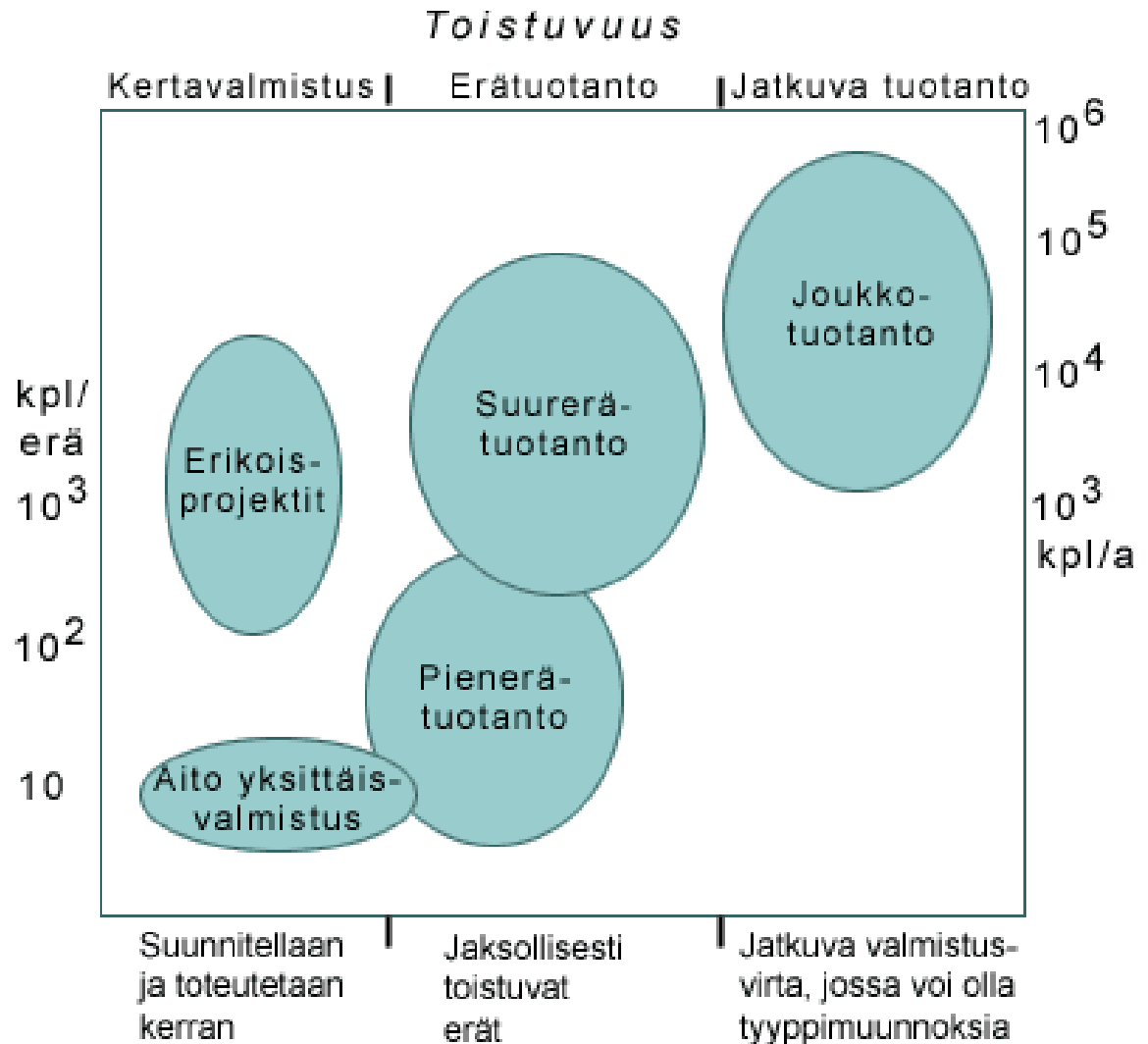
Eri hyödykkeiden valmistuksessa käytetyt tuotantomuodot ovat yleensä seuraavanlaisia. (KUVIO 3).



KUVIO 3. Hyödykelajit ja tuotantotyytit. (Lapinleimu ym. 1997, 43.)

(http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm)

Tuotannon volyyymista ja valmistuksen toistuvuudesta määräytyvät tuotantomuodot seuraavasti (KUVIO 4).



KUVIO 4. Volyymi ja toistuvuus sekä niitä vastaavat tuotantotyytit. (Lapinleimu ym. 1997, 45.) (http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm)

4 VALMISTUSJÄRJESTELMÄT

Työnvaiheketjut muodostavat metalliteollisuuden tuotantoprosessin. Ne päätyvät ja yhdistyvät loppukokoonpanoksi. Tuotanto viedään läpi eri osastoissa. Osastot on suunniteltu valmistusmenetelmien ja valmistusvaiheiden mukaan, esimerkiksi levytyöstö-, lämpökäsittely-, koneistus- ja asennusosastot. (Kauppinen ym. 1989, 13.)

Työpaikat ja -koneet voidaan järjestää tuotanto-osastoissa eri periaatteita noudattaen tai yhdistelemällä niitä. Valmistusjärjestelmäperiaatteita ovat funktionaalinen eli menetelmävaltainen valmistusjärjestelmä, tuotantolinjatyyppinen eli tuotevaltainen valmistusjärjestelmä sekä tuotantosoluperiaate. (Kauppinen ym. 1989, 13.)

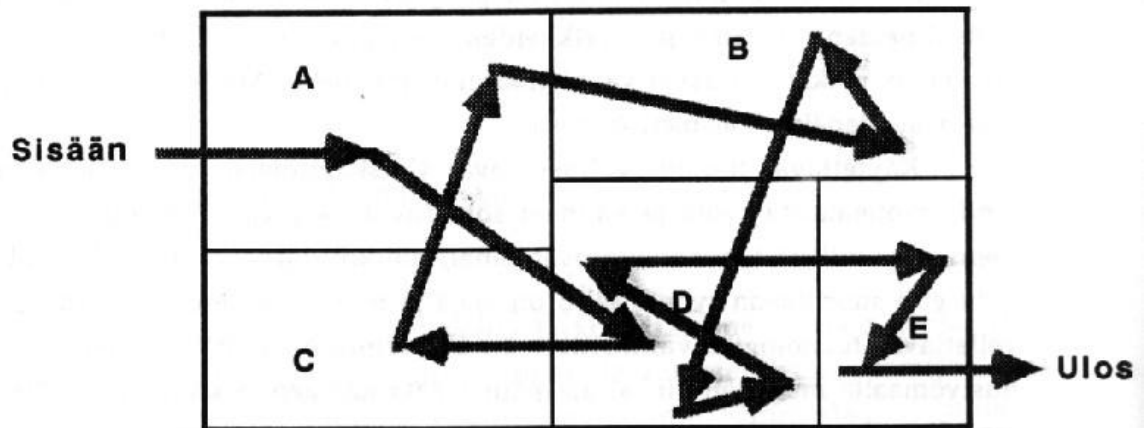
4.1 Funktionaalinen eli menetelmävaltainen valmistusjärjestelmä

Järjestelmä edustaa vanhinta teollista tuotannon järjestelytapaa. Järjestelmää käytetään sekavalmistuskonepajassa, joka koostuu menetelmätyypin mukaan jakautuneista suoritusryhmistä, kuten valimo, sorvaamo, poraamo, kokoonpano-osasto, maalaamo, pakkaamo, työvälinevarasto jne.

Valmistuksen edetessä työkappaletta kuljetetaan osastolta tai koneryhmältä toiselle ja yhden henkilön vastuualueelta toisen vastuualueelle työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Järjestelmälle on ominaista runsaat sisäiset kuljetukset ja tarve käyttää välivarastoja kuormituksen tasoittamisvälineenä. Tavallisesti yhdestä osastosta tai koneryhmästä vastaa yksi esimies. (Kauppinen ym. 1989, 13.)

Koneiden kuormitusaste saadaan korkeaksi normaalissa työtilanteessa, siis silloin kun on riittävästi sellaisia tilauksia, joille konekanta on hankittu. Kutakin konetta käyttää tehtävään erikoistunut ammattitaitoinen henkilö.

Tuote valmistuu kulkemalla kuvion 5 mukaisen työvaihe-/työpaikkaketjun läpi järjestyksessä: Sisään -A-D-C-A-B-B-D-D-D-E-E- Ulos.



KUVIO 5. Tuotannon funktionaalinen järjestelytapa

4.1.1 Soveltuvuusalue

Funktionaalinen järjestelmä on parhaimmillaan vaihtelevassa tuotannossa ja/tai vaativien kappaleiden valmistuksessa. Järjestelmä soveltuu myös pieneen kysyntään tai jos kysyntä on suuresti vaihtelevaa. Pieni yksikkö suosii myös tuotannon funktionaalista järjestelyä. Järjestelytapa on aiemmin ollut yleinen suomalaisissa konepajoissa, sillä pienyritysten "luonnollinen kasvu" johtaa edelleenkin helposti tämän järjestelytavan käyttöön. Laajennettaessa uudet koneet on yleensä helpoimmin käyttöön otettavissa, kun jo asiansa osaavat saavat jatkaa uusin välinein. Myös menettelyn tuoma joustavuus tuoteominaisuuksien suhteen tukee kehitystä ja yksittäistuotteiden laitokset – esim. telakat ym. – käyttävät funktionaalisia koneistus- ja työkaluosastoja.

4.1.2 Tuotantomuodon hyvät ominaisuudet

Funktionaalinen tuotanto on joustavaa. Koneiden ja muiden työpaikkojen kuormitusten tasaaminen on vaivatonta. Joustavuudesta johtuen kiireellisten tai myöhässä olevien töiden sijoitus koneille on helppoa. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

Menettelyn perustana on pitkälle viety työnositus ja erikoistuminen, joten tekninen tehokkuus on yleensä hyvä. Jopa erikoiskoneiden tehokas ja nopea hyväksikäyttö on mahdollista, sillä hankittu erityisosaaminen voidaan keskittää. Samoin työnjohto voi erikoistua tiettyihin työmenetelmiin ja -koneisiin, mikä takaa kunnollisen työn valvonnan ja ohjauksen, mikä puolestaan helpottaa ainakin tuotantoteknistä suunnittelua. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

4.1.3 Tuotantomuodon huonot ominaisuudet

Tuotteille tehdään paljon kuljetuksia, (kuljetuksen aikana ei tapahdu jalostamista). Osat ruuhkautuvat koneille odottamaan työn alkamista. Menettelytavan heikkoudet tulevat esiin erityisesti, kun tuotantomäärät kasvavat riittävästi. Valmistusajat venyvät ja pääoma seisoo välivarastoissa puolivalmisteisiin sitoutuneena. Syntyy sekaannuksia, tehottomuutta, kiistoja, yms., sillä ihmiset haluavat ilmeisesti luonnostaan sekä tehdä mielekästä työtä, että tehdä työnsä hyvin. Siten myös sisäisen ilmapiirin tervehdyttämisen kannalta siirtyminen suurempien tuotantomäärien tuottamiseen paremmin sopiviin järjestelytapoihin on perusteltua. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

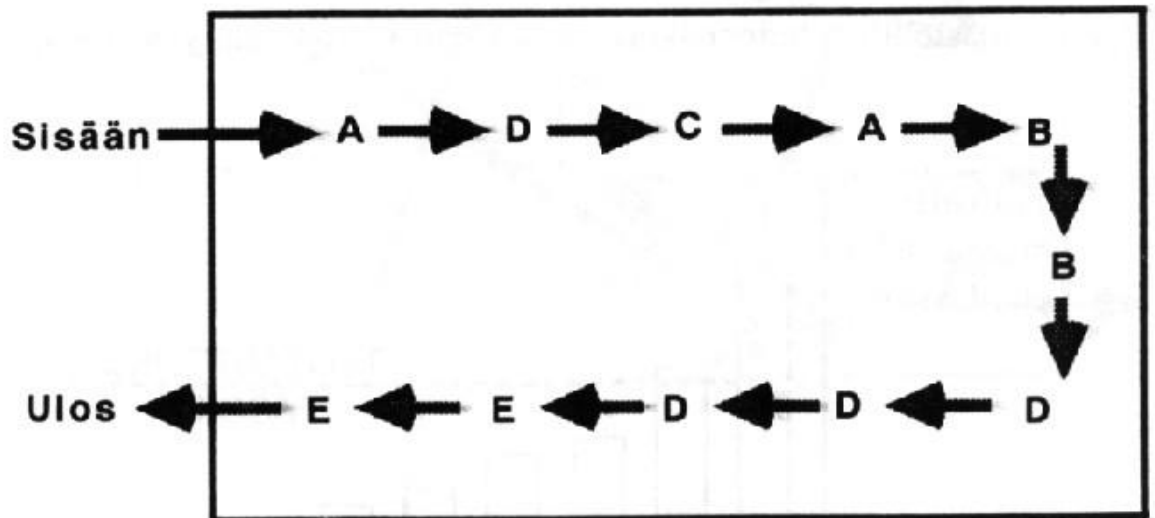
Tuotannonohjaus on erittäin suuri tehtäväkenttä, koska ohjauksen on käsiteltävä jokaista työvaihetta erillisenä kuormitustekijänä ja jokaista konetta omana kuormituspisteensä. Ohjaustarve ja ohjauksen vaikeudet kasvavat määriä nopeammin, sillä mitä useampia mahdollisia häiriökohteita on ja mitä useampaan eri asiaan syntyvä häiriö voi vaikuttaa, sitä voimakkaammin häiriöiden vaikutus kumuloituu. Puhdas tilastollinen todennäköisyys jo yksin kertoo kehityksen suunnan. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

4.2 Tuotantolinjatyypinen eli tuotevaltainen valmistusjärjestelmä

Tuotantolinjajärjestelmä (valmistuslinja...) on toinen teollisesti suurin määrin käytetyistä järjestelytavoista. Järjestelmässä koneet ja työ paikat valitaan ja sijoitetaan peräkkäin tietyn tuotteen tai tuoteryhmän valmistamisen edellyttämään järjestykseen niin, että tuote valmistuu kulkiessaan linjan läpi (Kauppinen ym. 1989, 14). Kuviossa 6 on sama tuote kuin funktionaalisen järjestelytavan toteutuskuvassa, joten työnvaihejärjestys on sama:

Sisään -A-D-C-A-B-B-D-D-D-E-E- Ulos.

Linjaa suunniteltaessa ovat koneiden kapasiteetit ja työnvaiheiden kestot suunniteltava ja tasapainotettava yhtä suuriksi. Usein käytetään kuvion 6 mukaista, U-muotoista perusrakennetta, sillä se on ulkoisten liikennejärjestelyjen kannalta edullisimmaksi osoittautunut toteutustapa. Hyvin suurten aikaerojen uhatessa kapeikkoihin rakennetaan rinnakkaisia väyliä. Välivarastoja ei tarvita eikä sallita. Kokonaiskuljetusmatka minimoidaan. Usein kuljetukset työnvaiheesta toiseen ovat automatisoituja tai kuljetus sisältyy työnvaiheisiin.



KUVIO 6. U-muotoinen tuotantolinja

Joskus käytetään myös jakoa ryhmiin: valmistuslinjat ja kokoonpanolinjat. Tuotantolinjan henkilöstö on pitkälle erikoistunutta. Eri töiden sisällöt suunnitellaan jo laitoksen suunnittelun yhteydessä. Työn sisältö on kapea ja työt ovat joko toisto- tai valvontatyötä. Niinpä työ voi olla yksitoikkoista ja jopa henkisesti kuluttavaa. Käytettävät työkalut ovat erikoistyökaluja ja vain ko. työssä sellaisinaan käyttökelpoisia.

Tuotantolinjan rakenne asettaa työn määrällisen tuloksen, sillä linjan kaikkien työntekijöiden työtulos on sama; jokainen linjan työntekijä tekee yhtä monta valmista tuotetta esim. autoa päivässä. Sen sijaan työmäärä ja työn rasittavuus vaihtelevat tasapainotuksen asettamissa rajoissa. Tuotantolinjatyypisessä järjestelytavassa tavanomainen työntekijöiden henkilökohtainen työnohjausvalvonta on korvattu valmistuksen valvonnalla linjan alku- ja loppupäässä.

Tuotantolinjajärjestelyn onnistumisen ehtona on loppuun asti harkittu ja testattu - myös markkinatestattu - tuote. Varsinkin suurille vakiotuotemäärille suunniteltu tuotantolinja on kallis ja jäykkä muutoksille. Suuret muutokset vaativat paljon suunnittelua ja usein myös tuotantokeskeytyksen, joten selkeiden muutuskustannusten lisäksi tulevat vielä tuotantokatkoksen aikaiset myyntimenetykset. Myös häiriöt voivat käydä kalliiksi, sillä yleensä häiriö pysäyttää koko linjan.

Vaikka nykyaikainen tuotantolinja-periaate on jo lähes sata vuotta vanha, sen sovellukset ovat edelleen hyvin ajankohtaisia. Hyvin tasapainotettu ja toimiva tuotantolinja voi olla hyvin tehokas tuotantoväline, jolla tuotetaan suuria tuotemääriä pienin yksikkökustannuksin. Suursarjatuotantoon rakennettu tuotantolinja lähestyy suunnittelu- ja ohjausominaisuuksiltaan jatkuvan prosessin muotoja, ainakin erätuotantoa.

Toimiva tuotantolinja on "valmiiksi testattu", (toimivan linjan ajatusmalli on testattu), joten linja on helppo automatisoida tai jopa robotisoida. Linjajärjestelytavasta ja sen käytöstä saadaan jatkuvasti uutta tietoa. Siten linja "elää" tämän päivän osa- ja kokoonpanotuotannossa jatkuvasti.

4.2.1 Transferlinjat

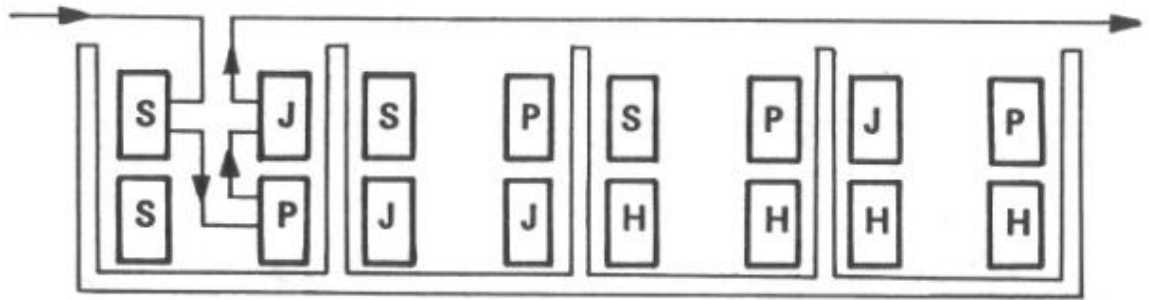
Transferlinja lienee jäykin tuotantolinjan toteutustapa. Siinä on koneellinen (automaattinen "liukuhihna") työkappaleen siirto työasemasta toiseen, muuttumaton työkierto ja periaatteessa vain yhden osan tai yhden kokoonpanon valmistus. Transferlinjoja käytetään vain suursarjatuotannossa, esimerkiksi autoteollisuudessa. (Kauppinen ym. 1989, 15.)

4.2.2 Virtausperiaatelinjat

Virtausperiaate -linjassa sekä kuljetustapa, työkierto ja tuotekin voi vaihdella jossain määrin. Myös konekantaan on mahdollista tehdä muutoksia - koneet asennetaan usein siirrettävien alustojen päälle - ilman merkittäviä tuotantokatkoksia. Virtausperiaatteelle rakentuvat tuotantolinjat muodostuvat yleis- tai erikoiskoneista. Keskisuuria tuotantosarjoja valmistetaan konepajateollisuudessa tällä linjalla, esimerkiksi Suomessa dieselmoottojeja. (Kauppinen ym. 1989, 15.)

4.2.3 Yleisvalmistuslinjat

Yleisvalmistuslinjat ovat usein ryhmäteknologian soveltamiseen rakennettuja järjestelytapoja. Ryhmäteknologisessa tuotantoprosessissa kerätään ns. osaperheitä tuotannon läpi kulkevista osista. Tällöin työstökoneet ryhmitellään osaperhevalmistusta silmällä pitäen esimerkiksi kuvion 7 mukaisesti. (Kauppinen ym. 1989, 16.)



**Koneiden käyttöjärjestyksessä ei rajoituksia.
Yhtä osaperhettä varten 1 esimies ja työntekijäryhmä.**

KUVIO 7. Ryhmäteknologinen tuotantoprosessin järjestely
(Kauppinen ym. 1989, 16.)

Suurten valmistuseräkokonaisuuksien aikaan saamiseksi ryhmäteknologiassa pieninä erinä valmistettavat työkappaleet ohjataan yhteen sarjatuotannon etujen saavuttamiseksi. Työkappaleilla täytyy olla paljon samankaltaisia valmistusvaiheita, jotta niitä voidaan kerätä samaan valmistuserään. (Kauppinen ym. 1989, 16.)

Ryhmäteknologiassa tehdas on jaettu työpaikkaryhmiin ja jokainen ryhmä valmistaa itse jokaisen osaperheeseen kuuluvan osan. Yhden esimiehen alaisuuteen kuuluu koko työpaikkaryhmä, mutta sama esimies voi valvoa useaakin ryhmää. Ryhmäteknologialla pyritään yksinkertaistamaan materiaalin kulku raaka-aineverastosta tuotteen kokoonpanoon asti. (Kauppinen ym. 1989, 16.)

Läpimenoajat lyhenevät ja valmistussuunnittelu vähenee käytettäessä ryhmäteknologiaa. Samoin tuotannosta tulee joustavampaa ja helpommin ohjattavaa. Tuotantoa on helppo kehittää jokaisen koneryhmän valmistaessa lähes samankaltaisia tuotteita.

4.2.4 Tuotantolinjojen soveltuvuusalue

Tuotantolinja soveltuu suurtuotantoon, eli suuri määrä tuotteita voidaan valmistaa keskeytyksettä. Tuotteet ovat standardisoituja. Kysyntä on vakaata, jonka seurauksena valmistus voidaan mitoittaa. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

4.2.5 Tuotantolinjojen hyvät ominaisuudet

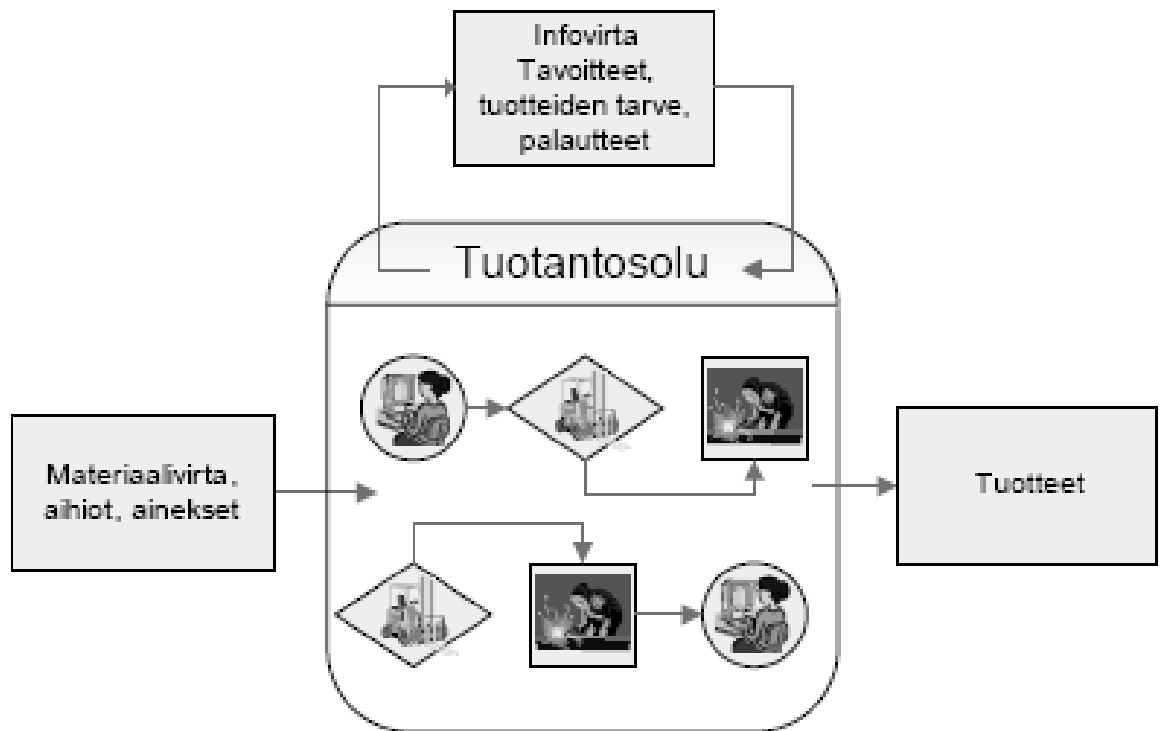
Tuotantolinjat ovat tehokkaita tuotantovälineitä, joilla tuotetaan suuria tuotemääriä pienin yksikkökustannuksin. Työntekijät ovat erikoistuneita työhönsä, joten työn tulos on hyvä.

4.2.6 Tuotantolinjojen huonot ominaisuudet

Tuotantolinjajärjestelmä on kallis rakentaa ja jäykkä muutoksille. Häiriöt pysäyttävät koko linjan. Työntekijöillä voi olla yksitoikkoinen työ. Työntekijät ovat erikoistuneita työhönsä, työntekijän poissa ollessa sijaisen tulee olla yhtä pätevä.

4.3 Solutuotanto

Solutuotanto on kuten ryhmäteknologinen valmistusjärjestelmä, mutta eroaa siitä koko ryhmän ollessa tuotannonohjauksen perusyksikkönä eikä yksityisen työpaikan (KUVIO 8). Solu on itsenäinen valmistusyksikkö, jossa työskentelee 1-10 henkilöä. (Kauppinen ym. 1989, 18.)



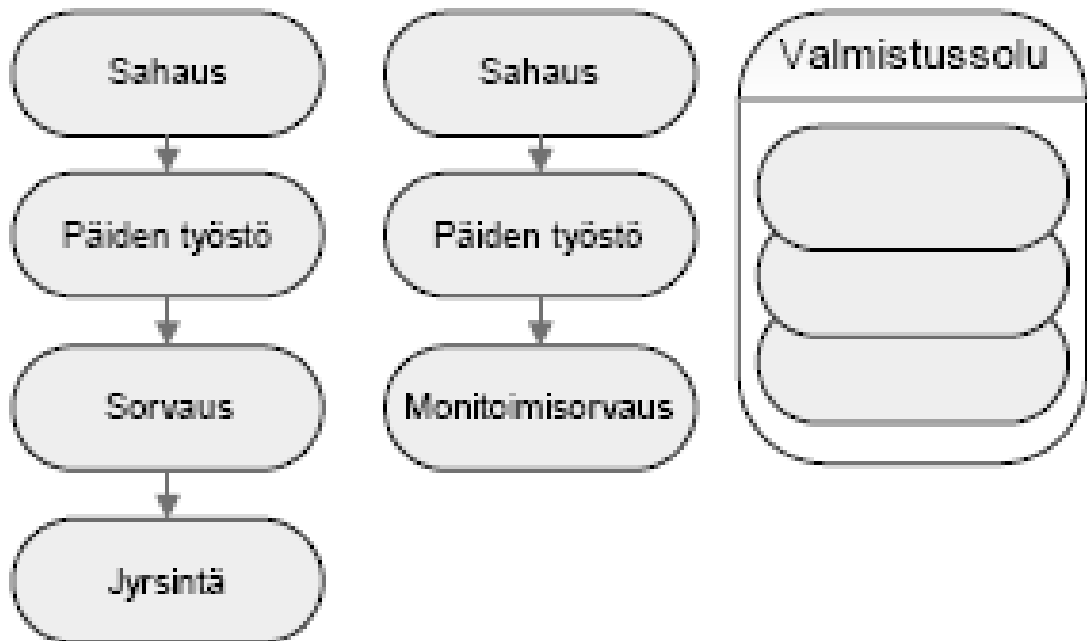
KUVIO 8. Solun periaatteellinen toiminta. Solussa on määritellyn tuotteiston valmistukseen kykenevä tiimi, jolla on omat resurssinsa. (Lapinleimu et al., 1997, s. 86)

(<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/29972/TMP.objres.383.pdf?sequence=1>)

Soluissa on yleensä koneita tai työpaikkoja enemmän kuin työntekijöitä. Työstökoneet on ryhmitelty lähekkäin toisiaan. U-muotoinen solu on tehokkain, koska yksi käyttäjä voi hallita useampaa konetta. Soluissa valmistetaan joko yhtä tuotetta tai tuotantovaiheiltaan useampaa samantyyppistä tuotetta. Solun sisäisen kuormituksen tasaamiseksi työntekijät siirtyvät tehtävästä toiseen. Solun kuormitus tapahtuu tavallisesti jonkin ohjaavan koneen tai laitteen mukaisesti. Materiaalit tulevat soluun yhteen pisteeseen ja lähtevät toisesta pisteestä. (Kauppinen ym. 1989, 18.)

Tuotantosolu on tuotantolinjastoa pienempi ja joustavampi ja näin sillä pienienkin tuotteen valmistaminen on mahdollista. Koneet ovat yleensä yksinkertaisia yhden monipuolisen koneen sijasta. Yksinkertaiset koneet ovat hankintahinnaltaan halvempia ja luotettavampia kuin monipuoliset koneet. Lisäksi monipuoliset koneet muodostavat helposti pulonkaulan, koska kaikki työ tehdään niillä. Usealla yksinkertaisella koneella työ voidaan jakaa tasaisemmin eri koneiden kesken ja näin nopeuttaa läpivirtausta (KUVIO 9). (Internet-sivu: Laukkanen Konsta 2008.)

(<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36336/stadia-1204309402-5.pdf?sequence=1>)



KUVIO 9. Työvaiheita yhdistämällä ja valmistusteknologiaa uudistamalla on voitu tehdä solu, jossa vaiheet valmistuvat limittäin. (Lapinleimu et al., 1997, s 57)

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/29972/TMP.objres.383.pdf?sequence=1>

Henkilöstön koulutuksella jokainen solussa työskentelevä osaa käyttää kaikkia solun koneita. Myös muiden solujen koneiden käyttö voidaan opettaa työntekijöille. Tällä työpisteiden vaihtamisella henkilöstön toimenkuva monipuolistuu, eikä työstä muodostu yksitoikkoista. Ristiin kouluttamisella saadaan myös joustavuutta poissaolotilanteissa useiden henkilöiden osatessa käyttää samoja koneita. (Internet-sivu: Laukkanen 2008.)

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36336/stadia-1204309402-5.pdf?sequence=1>

5 LAYOUT-SUUNNITTELU

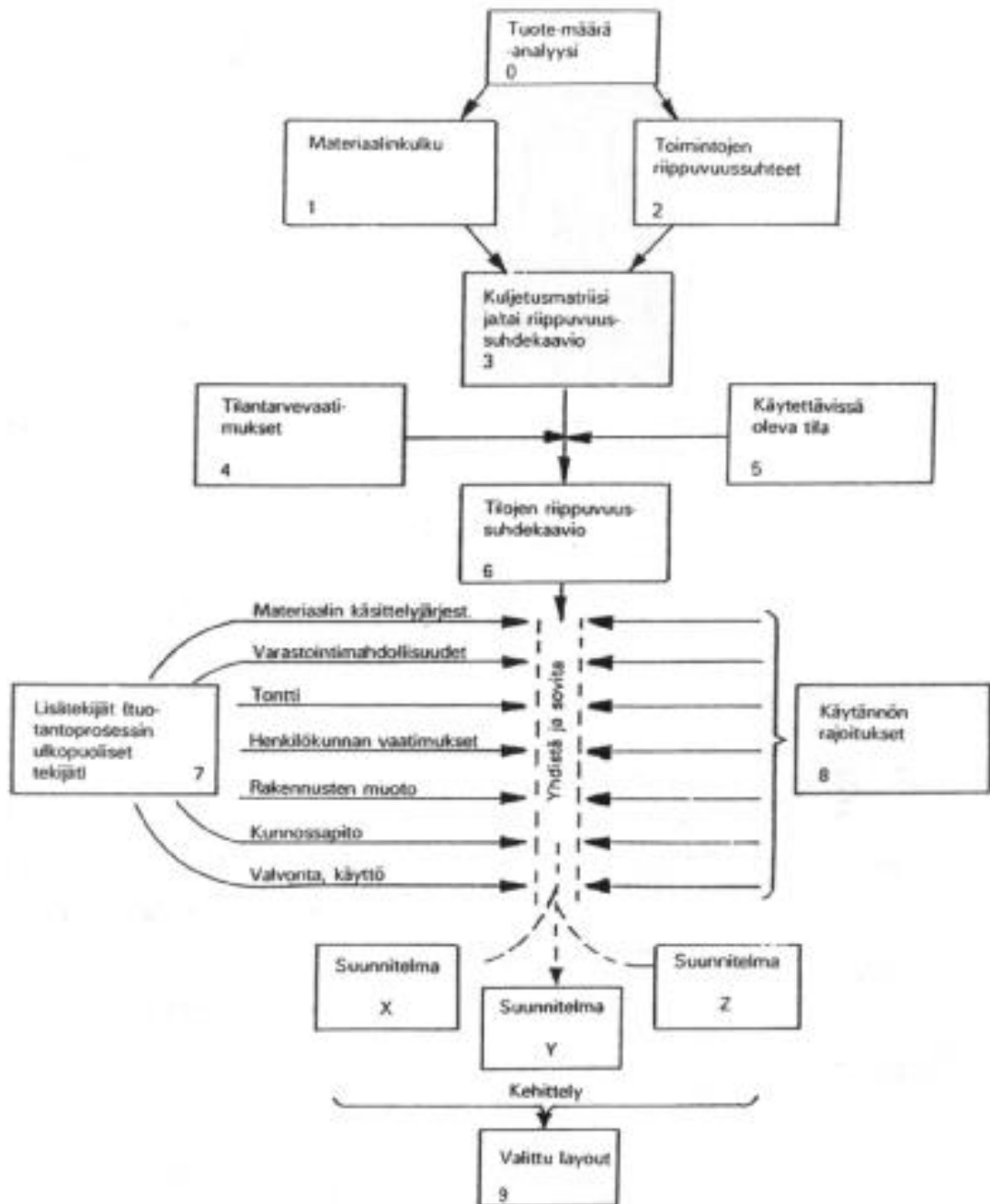
Layout-termillä tarkoitetaan tuotantojärjestelmän koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinja-, funktionaaliseen ja solulayoutiin. (Havela, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 475.)

5.1 Layout-suunnittelun yleisohjeet

Layout-suunnittelu aloitetaan suunnittelemalla kokonaisuus ja sen jälkeen yksityiskohdat. Suunnitteluprojekti jaetaan osaprojekteiksi. Joustavuuden säilyttämiseksi osaprojektien annetaan mennä päällekkäin siten, että seuraava vaihe suunnitellaan alustavasti ennen kuin edellisen vaiheen tulokset hyväksytään. Aluksi suunnitellaan materiaalivirran kulku ja valmistusprosessi. Tuotantokoneiden sijoittaminen tapahtuu siihen järjestykseen kuin valmistusprosessi vaatii. Rakennustilat suunnitellaan viimeiseksi. Tavoitteena on laatia ideaaliratkaisu, jossa ei oteta huomioon mitään rajoituksia. Layout-suunnittelua on hyvä tehdä yhteistyönä henkilökunnan kanssa. Näin tulee hyödynnetyksi kaikkien tiedot sekä huomioiduksi työntekijöiden toivomukset. Suunnitelmat kannattaa tarkastaa hyvin ja käyttää apuna asiantuntijoita jos mahdollista. Mahdollisten muutosten vuoksi on hyvä varata riittävästi aikaa suunnitelmien laatimiseen. Suunnittelussa on otettava huomioon tuotantokoneisto, käytettävät materiaalit, työntekijät, huolto, laajennus mahdollisuus tulevaisuudessa sekä muutosten joustavuus. Työntekijöiden viihtyvyys, työergonomia, -suojelu ja -ympäristö ovat asioita, jotka on mietittävä huolellisesti. Materiaalin käsittely ja siirrot on suunniteltava kokonaisuuden osaksi ja siten, että materiaali on jatkuvassa liikkeessä ja helposti valvottavissa. Valmistusteknologian perusteella valitaan koneet ja laitteet. (<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

5.2 Layout-suunnittelun vaiheet

Tehdassuunnittelu suoritetaan kuvion 10 mukaisesti. Mallia käyttäen suunnittelun eri vaiheet tulevat suoritetuiksi oikeassa järjestyksessä. Samoin kaikki tekijät, jotka vaikuttavat tehdassuunnitteluun, tulevat huomioiduiksi.



KUVIO 10. Tehdassuunnittelun ajatusmalli

(<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

5.2.1 Tuote-määräanalyysi

Eri tuotteiden valmistusmäärät selvitetään tuote-määräanalyysin avulla. Myös valmistusmääriä arvioidaan tulevaisuudessa. Analyysin teko on hyvä suorittaa yhdessä markkinoinnin kanssa. Taulukossa 1 on esimerkki tuote-määräanalyysitaulukosta vuosina 1990 - 1995.

TAULUKKO 1. Tuote-määräanalyysi

Tuote	Kpl/vuosi						Σ
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
A 100	70	80	80	100	110	130	570
A 110	20	30	50	60	60	70	290
A 120	10	20	40	60	70	80	280
B 300	60	70	70	80	100	110	490
B 320	50	50	60	70	90	100	420
C 120	10	10	20	30	50	60	180
Σ	220	260	320	400	480	550	2230

Tuote-määräanalyysin tekemisen jälkeen voidaan selvittää tuotteiden ja kuormitusryhmien työvaiheajat. Taulukossa 2 on työvaihe-analyysitaulukko edellisen tuote-määräanalyysitaulukon pohjalta.

TAULUKKO 2. Työvaihe-analyysitaulukko

Tuote	Kpl- aika h	Työvaiheet v. 1990							Σ
		Sahaus	Leikkaus	Särmäys	Sorvaus	Jyrsintä	Viimeistely		
		0,8	1,0	1,5	1,2	2,0	1,4		
A 100	70	56	70	105	84	140	98	553	
A 110	20	16	20	30	24	40	28	158	
A 120	10	8	10	15	12	20	14	79	
B 300	60	48	60	90	72	120	84	474	
B 320	50	50	50	75	60	100	70	405	
C 120	10	8	10	15	12	20	14	79	
Σ	220	186	220	330	264	440	308	1748	

5.2.2 Materiaalin virtausanalyysi

Tuote-määräanalyysissä mukana olevat tuotteet jaetaan osiin ja niille laaditaan valmistus- tai työnkulkukaavio (KUVIO 11).

Kohde		Työvaihe					Osasto			
Piirustus	Vuosikulutus	Laatinut					Pv		Sivuja yht. 1	Sivu nro. 1
Kuvaus	OS	työnvaihe	käsitt	kulj	varastointi ja odotus	tarkistus	matka m	aika	Huomautuksia	
1 Varasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2 Sahaukseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25			Sähkötrukki
3 Sahaus		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
4 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
5 Leikkaukseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7			Käsitrukki
6 Leikkaus		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
7 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
8 Särmäykseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10			Käsitrukki
9 Särmäys		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
10 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3			
11 Sorvaukseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12			Käsitrukki
12 Sorvaus		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
13 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
14 Jyrsintään		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10			Käsitrukki
15 Jyrsintä		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
16 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
17 Viimeistelyyn		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12			Käsitrukki
18 Viimeistely		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
19 Varasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30			Sähkötrukki
Yhteensä							117			

KUVIO 11. Työnkulkukaavio

Materiaalivirtaus on keskeinen tekijä tehdassuunnittelussa. Suurilla virtausmäärillä materiaalin läpimenoajan lyhentämiseksi yrityksen kannattaa joissakin tapauksissa investoida ylimääräiseen konekapasiteettiin, jotta prosessissa olevan materiaalin arvo olisi mahdollisimman pieni. Asiakkaiden vaatimat yhä lyhyemmät toimitusajat pakottavat suunnittelemaan tuotantoprosesseja entistä nopeammiksi.

(<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

Toimintojen sijoittamiseksi toisiinsa nähden tehdään valmistusprosessin perusteella materiaalin virtausanalyysi. Tällöin laaditaan esimerkiksi mistä – mihin-kaavio (TAULUKKO 3). Tällainen kaavio kertoo materiaalin virtauksen eri toimintojen välillä. Virtausmäärät tulee yhdenmukaistaa vertailukelpoisiksi yksiköiksi, esimerkiksi kuljetuskerroiksi.

TAULUKKO 3. Mistä - mihin - kaavio

Mihin \ Mistä	R.a.-varasto	Sahaus	Leikkaus	Särmäys	Sorvaus	Jyrsintä	Varasto
R.a.-varasto		250		20	50	30	
Sahaus			150		80		
Leikkaus							40
Särmäys							20
Sorvaus						100	30
Jyrsintä							70
Varasto							

5.2.3 Toimintojen yhteyskaavio

Virtausanalyysin pohjalta tehdään toimintojen välisten yhteyksien selvittämiseksi yhteyskaavio. Kaavioon määritetään kaikkien toimintojen keskinäisten yhteyksien merkityksellisyys. Luokitteluna voidaan käyttää esimerkiksi materiaalin virtausmäärää asteikolla 0 - 4, 4 = erittäin merkityksellinen ja 0 = merkityksetön. Tälle samalle asteikolle sijoitetaan myös kaikki muut merkityksellisyyteen vaikuttavat tekijät, kuten yhteiset työntekijät, rakennus-tekniset seikat, jne. Taulukko 4 esittää yhteyskaaviota, josta selviää yhteyksien merkityksellisyys.

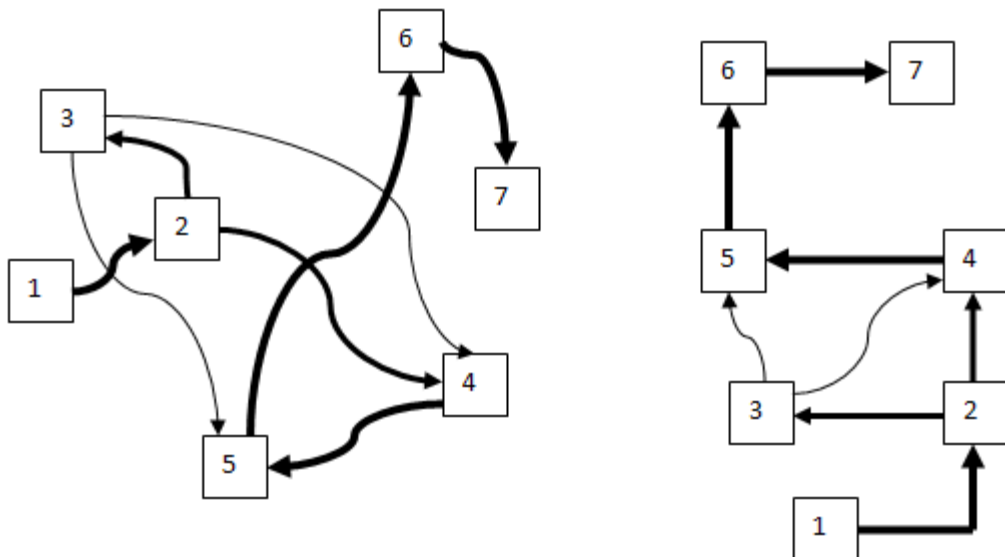
TAULUKKO 4. Yhteyskaavio

R.a.-varasto							
4	Sahaus						
0	3	Leikkaus					
1	0	0	Särmäys				
2	2	0	0	Sorvaus			
2	0	0	0	3	Jyrsintä		
0	0	2	1	1	2	Varasto	

5.2.4 Toimintojen yhteyspiirros

Toimintojen yhteyspiirros tehdään yhteyskaavion pohjalta. Yhteyspiirrosta tehdessä ei ajatella varsinaisia tiloja, vaan suunnitellaan toimintojen sijoittuminen toisiinsa nähden päämääränä saada merkityksellisimmät yhteydet toimintojen välillä kaikkein lyhimmiksi.

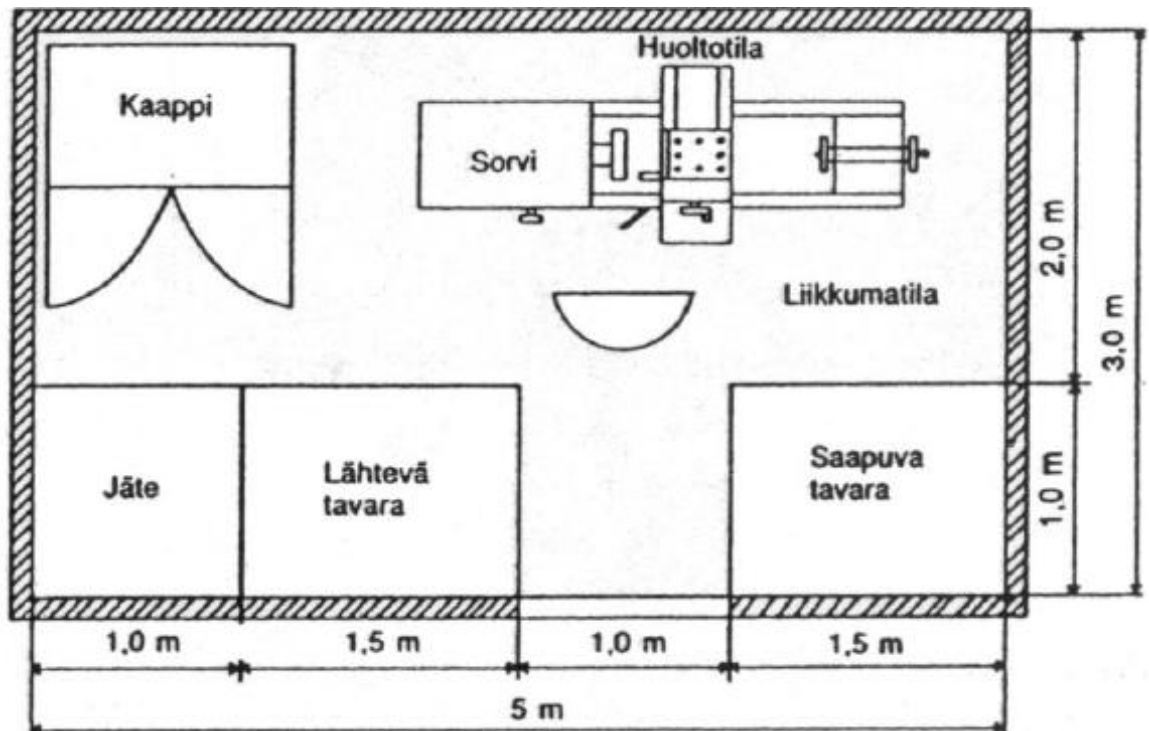
Kuviossa 12 vasemman puoleinen kuvaa kehittälyvaiheessa olevaa yhteyspiirrosta ja oikean puoleinen kehittelyn lopputulosta. Kuviossa merkityksellisemmät yhteydet on piirretty vahvemmillä nuolilla ja vähemmän merkitykselliset yhteydet heikoimmilla nuolilla.



KUVIO 12. Yhteyspiirros

5.2.5 Tilan tarve

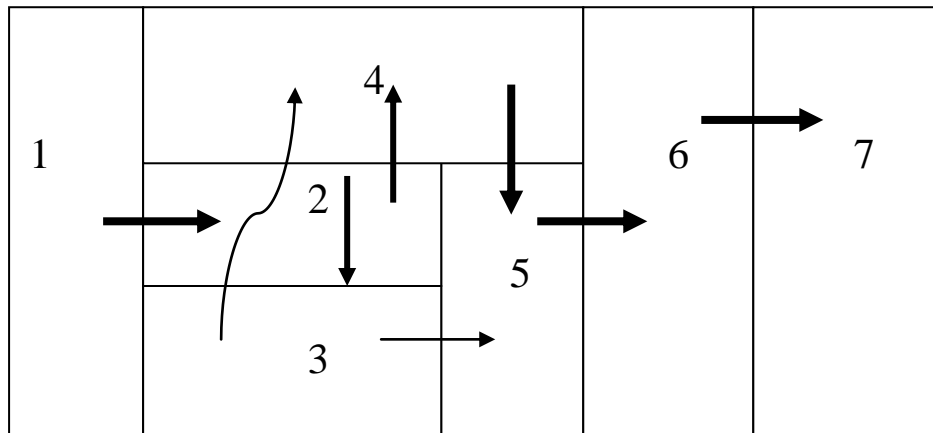
Työpaikkapiirros tehdään jokaisesta työpisteestä. Piirroksesta selviää työpisteen koneet, laitteet, huollon sekä työntekijöiden vaatimat tilat ja saapuvan/lähtevän tavaran tilat (KUVIO 13).



KUVIO 13. Työpaikkapiirros

(<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

Työpaikkapiirroksia yhdistämällä saadaan yhteyskaavion avulla laadituksi pinta-alayhteyskaavio. Eri osastot sijoitetaan yhteyspiirroksen mukaisesti paikoilleen (KUVIO 14). Pinta-alayhteyskaaviossa alkaa tuotantolaitoksen pohjapiirros jo saada muotoaan.



KUVIO 14. Pinta-alayhteyskaavio

5.2.6 Viranomais- ym. seikkojen huomioiminen

Toimivan tuotantotilan aikaansaamiseksi on hyvä antaa suunnitelmat asiantuntijoiden tarkastettavaksi. Eri viranomaisilla, kuten työsuojelu- ja paloviranomaisilla, voi olla suunnitelmiin muutosvaatimuksia. Kuljetus- ja varastointijärjestelmät on selvitettävä mm. tilantarpeen ja rakenteiden suhteen.

(<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

5.2.7 Suunnitelmavaihtoehtojen arvostelu

Asiantuntijoilta saatujen arviointien ja neuvojen pohjalta laaditaan muutama layout-suunnitelma. Jokainen vaihtoehto arvostellaan kaikkien projektin jäsenten osallistuessa siihen. Arvostelussa tulee kiinnittää huomiota mm. laajennusmahdollisuuteen ja joustavuuteen, työturvallisuuteen ja ergonomiaan, materiaalivirtauksen tehokkuuteen, tilojen hyödyntämiseen, valvonnan helppouteen ja investoinnin tarpeeseen. Yksityiskohtaiset suunnitelmat laaditaan valitun suunnitelman pohjalta. Suunnitelmiin sisältyy mm. rakennukset ja tarkennetut investointilaskelmat. Rakennussuunnittelua varten yleissuunnitelman tulisi sisältää rakennusten keskinäisen sijoituksen, tilavuudet, tasokorkeudet, asennusaikaiset ja lopulliset kuormitukset, tiet sekä paikoitus- ja varastoalueet. Koko tuotantolaitosta tarkastellaan yleissuunnittelussa toiminnallisena kokonaisuutena ja yksityiskohtaisessa suunnittelussa keskitytään eri työalueiden suunnitteluun.

(<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

5.2.8 Toteutuksen suunnittelu

Toteutuksen suunnittelu on yleensä tehdassuunnittelussa vaikein vaihe. Määräaikaan mennessä joudutaan eri asiantuntijoiden työt sovittamaan yhteen. Tämän onnistumiseksi joudutaan viimeistelemään tehdassuunnitelmat, rakennusasiantuntijoiden kanssa suunnitella rakennukset, laatia tehtävä- ja tarvikeluettelot sekä aikataulut, konetilauksia varten laatia tekniset erittelyt sekä suunnitella asennustyöt ja sisäänajo.

Aikataulu on tehdassuunnitteluprojektin tärkein apuväline. Aikatauluun vaikuttavat monet yrityksestä riippumattomat tekijät, kuten laitteiden ja koneiden toimitusajat ja toimitusten niveltäminen toisiinsa. Välitavoitteita määrittämällä toteutuksen edistyminen on helpommin valvottavissa.

(<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>)

6 TUOTANTOTEKNINEN SUUNNITTELU

Tuotannon ohjaus koostuu tuotannon suunnittelusta ja tuotantoteknisestä suunnittelusta. Tuotantoteknisellä suunnittelulla vastataan kysymykseen miten ja missä, esim. työryhmässä tai koneessa tuotteen osat valmistetaan ja kokoonpano tapahtuu. Tuotantotekniseen suunnitteluun tarvitaan valmistustekniikan hyvin hallitsevia henkilöitä, jotta yrityksessä käytettäisiin sen valmistusmahdollisuuksiin nähden parhaat ja taloudellisimmat valmistusmenetelmät. Tuotantoteknisen suunnittelun osatoiminnoista työnvaiheistus ja työajan määrittely palvelevat myös tuotannosuunnittelua ja -ohjausta. Tuotantoteknisen suunnittelun tavoitteena on taloudellisuus ja laatu. (Kauppinen ym. 1989, 29.)

Yritysten muuttuessa aikaisempaa markkinahenkisemmiksi, on tuotantoteknisen suunnittelun rooli käynyt näkymättömämmäksi ulospäin. Se on hajautettuna tuoteverstas- ja osastotasoilla aikaisempien suurien tuotantoteknisten osastojen sijaan. (Kauppinen ym. 1989, 33.)

Yrityksen tuotantomuodosta ja yrityksen koosta riippuu oleellisesti tuotantoteknisen suunnittelun luonne ja tarkkuusaste. Sarjatuotantoa harjoittavan yrityksen tuotantotekninen suunnittelu tehdään tehdassuunnittelun yhteydessä tuotantolinjoinen, ollen näin lähes kerataratkaisu. Myös tuotantosolujen varaan rakentuvan yksikön tuotantoteknisen suunnittelun on oltava perustamisvaiheessa mahdollisimman yksityiskohtainen ja tarkka. Sekatuotantopajoissa, joissa harjoitetaan tilaustuotantoa, on tuotantotekninen suunnittelu suuritöisintä, johtuen tilauskohtaisesta työn suunnittelusta. (Kauppinen ym. 1989, 33.)

Tuotantoteknisen suunnittelun osa-alueita ovat työnvaiheistus, menetelmäsuunnittelu, työvälinesuunnittelu, työajan määrääminen, NC-ohjelmointi ja työntutkimus. Tässä työssä ei käsitellä NC-ohjelmointia ja työntutkimusta.

6.1 Työnvaiheitus

Työnvaiheistus eli työnvaihesuunnittelu on yksityiskohtainen suunnitelma osan tai tuotteen valmistuksen työkulusta. Työkokonaisuus jaetaan työvaiheisiin ja näille työvaiheille määrätään keskinäinen järjestys. Työvaihesuunnittelussa selvitetään myös mahdollisesti tarvittavat erikoistyövälineet. (Kauppinen ym. 1989, 33-34.)

Työvaihe on samalla työpaikalla yhden tai useamman työntekijän suorittama työkappaleen tai aineksen käsittely. Työvaiheet jakaantuvat tavallisesti työstömenetelmien mukaan, esim. sorvaus, mutta vaiheet voivat olla myös suurissa valmistuserissä kiinnitystavan mukaan. (Kauppinen ym. 1989, 33-34.) Työvaiheet esitetään tavallisesti työvaihe- eli työn-suunnittelukortissa suoritusjärjestyksessä (KUVIO 15).

Kohde		Työvaihe					Osasto			
Piirustus	Vuosikulutus	Laatinut					Pv		Sivuja yht. 1	Sivu nro. 1
Kuvaus	OS	työvaihe	käsitt	kulj	varastointi ja odotus	tarkistus	matka m	aika	Huomautuksia	
									1 Varasto	
2 Sahaukseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25		Sähkötrukki	
3 Sahaus		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
4 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
5 Leikkaukseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7		Käsitrukki	
6 Leikkaus		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
7 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
8 Särmäykseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10		Käsitrukki	
9 Särmäys		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
10 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3			
11 Sorvaukseen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12		Käsitrukki	
12 Sorvaus		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
13 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
14 Jyrsintään		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10		Käsitrukki	
15 Jyrsintä		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
16 Välivarasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2			
17 Viimeistelyyn		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12		Käsitrukki	
18 Viimeistely		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
19 Varasto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30		Sähkötrukki	
Yhteensä							117			

KUVIO 15. Työnkulkukaavio

Käytettäessä tietokonetta työvaiheistuksen apuna, käytetään joko osaperhe- eli samankaltaisuuden perustuvaa menetelmää tai ns. generointimenetelmää. Osaperhe menetelmässä luodaan työvaihesuunnittelun standardiratkaisuja tietyn tyyppisille työkappaleryhmille. Generointimenetelmä rakentaa elementeistä jokaista tapausta varten oman työvaihesuunnitelmansa. (Kauppinen ym. 1989, 35.)

6.2 Menetelmäsuunnittelu

Osien valmistuksen suunnittelulla saavutetaan materiaalin ja ajan säästöä, jolla on suuria eriä valmistettaessa suuri taloudellinen merkitys. Menetelmäsuunnittelussa mietitään mm. eri työvaiheisiin liittyviä valmistustekniikoita, käytettäviä materiaaleja ja yrityksen suoritusmahdollisuuksia valmistaa ko. tuotetta. (Kauppinen ym. 1989, 35-36.)

Sarjatuotannossa ja valmistusteknisesti vaikeissa töissä voidaan työvaihetta auttaa työvaihepiirustuksella. Työvaihepiirustuksessa ovat mitat ym. tarpeelliset tiedot vain tätä työvaihetta varten. (Kauppinen ym. 1989, 36.)

Toistuvissa töissä voidaan työvaihepiirustuksen sijaan käyttää työohjekorttia. Siinä ilmoitetaan työn kulku, kiinnitystapa, kiinnitin tai ohjain, terät, tärkeimmät välitarkastukset, käytettävät työstöarvot. (Kauppinen ym. 1989, 36.)

Tietokoneisiin on nykyään saatavissa menetelmäsuunnitteluun ohjelmistoja. Näiden käytöllä saavutetaan perinteiseen menetelmäsuunnitteluun verrattuna ajan säästöä, suunnittelun tarkkuus paranee, suunnittelun menetelmät on helpompi pitää ajan tasalla, työmenetelmissä tehty muutos rekisteröityy automaattisesti kaikkialle, minne sen vaikutus pitäisikin ulottua sekä tietojen syöttö valmistusportaaseen paranee. (Kauppinen ym. 1989, 36.)

6.3 Työvälinesuunnittelu

Työvälinesuunnittelun täytyy tapahtua läheisessä yhteistyössä työvaihe- ja menetelmäsuunnittelun kanssa. Edellisten lisäksi vielä tuotesuunnittelukin joissakin tapauksissa on yhdistetty samalle henkilölle, esim. ohutlevytekniikassa. Konekohtaisten työvälinejärjestelmien luominen tuli välttämättömäksi numeerisesti ohjattujen työstökoneiden käyttöönoton seurauksena. Terät, niiden kiinnittimet sekä työkappaleiden kiinnittimet ja kiinnitysmenetelmät oli standardisoitava, koska ne vaikuttivat ohjelmointiin oleellisesti. (Kauppinen ym. 1989, 38.)

Työvälinejärjestelmä voi tarkoittaa:

- a. Tietyn työstökoneen standardisoitua työvälineistöä. Järjestelmään luodaan työkalu- ja kiinnitinluettelo, josta menetelmäsuunnittelijat ja NC-koneiden ohjelmoijat saavat tietoa:
 - Mitä työkaluja ja kiinnittimiä on käytettävissä
 - Mitkä ovat niiden mitat
 - Miten suoritetaan esiasetukset
 - Käytettävissä olevista työstöarvoista

(Kauppinen ym. 1989, 38.)

- b. Eräitä rakenne-elementtijärjestelmiä, joista voidaan koota tiettyä työtä varten työkalupalekohtaisia erikoistyövälineitä. Työn päätyttyä työvälineet puretaan ja rakenneyksiköt käytetään johonkin seuraavaan työhön. Tällaista järjestelmää voidaan käyttää esim. avarrusporakoneella poratankojärjestelmänä. Jokaiselle järjestelmän työvälineelle on annettava valitun luokitusjärjestelmän mukainen tunnus, jolla väline identifioidaan. Tunnus on ilmoitettava joko ohjelmoijan kutakin työtä varten tekemässä työkaluluettelossa tai työnvaihekortissa kyseisen työnvaiheen kohdalla, jotta työväline on löydettävissä aloitettaessa esiasetusta tai työnvaihetta. (Kauppinen ym. 1989, 38.)

6.4 Työajan määrittäminen

Työajan määrittämiseen liittyy oleellisesti työn mittaus, työajan jaottelu sekä työajan määrittävät. Tässä luvussa selvitetään mitä näillä tarkoitetaan.

6.4.1 Työn mittaus

Vertailtaessa eri työmenetelmien taloudellisuutta toisiinsa, joudutaan mm. määrittämään työmäärä, mikä kuhunkin työhön tai menetelmään sisältyy. Työmäärä ilmaistaan tavallisesti työaikana. Oikeiden ja luotettavien työaikojen selvittäminen on tärkeätä, sillä yrityksen monet toiminnot nojaavat työaikojen käyttöön, esim. tuotteiden hinnoittelu ja tarjoukset, tuotannonohjaus valmistusmenetelmien vertailuun sekä valmistus- ja kuormitusaikataulujen laatimiseen, suorituspalkkaus. Työn suoritusajatietoja tarvitaan useasti ennakkoon. (Kauppinen ym. 1989, 38-39.)

6.4.2 Työajan jaottelu

Yhden työkappaleen työarvo (T) muodostuu kappaleen tehollisesta työajasta ja apuajasta. **Valmistelu aika** tarvitaan työnvaihtoon, työhön tutustumiseen sekä työpaikan, koneen, työvälineiden ym. asettamiseen ja järjestämiseen ennen työn aloittamista sekä asetuksen purkamiseen työnvaiheen päätyttyä. Ko. aikaan sisältyy tehtävät, jotka esiintyvät vain yhden kerran työtehtävää kohden.

Kappale aika on työnvaiheeseen varattu aika yhdessä työkappaleessa.

Pääaika tapahtuu työnvaiheen tarkoittama työkappaleen muodon, aseman tai tilan muutos.

Sivuaika tehdään esim. työkappaleen ja terien kiinnitykset, mittaukset, terän lähentäminen ja asetusliikkeet, koneen käynnistäminen ja pysäyttäminen, Eli tehtävät, jotka vain välillisesti edistävät työtä.

Aikahäviön aikana ei tapahdu sellaista toimintaa, joka välittömästi olisi yhteydessä itse työnvaiheen suorittamiseen. Toiminta aikahäviön aikana ei ole aina tarpeetonta, vaan joskus välttämätöntä.

Apu aikaan kuuluvat mm. koneen puhdistus ja voitelu, lastujen poisto, henkilökohtaisille tarpeille sekä elpymiselle varattu aika.

Tauko aika sisältää työntekijän itse ottamat lepotauot elpymiseen varatun ajan lisäksi, pesuaika ja vuorotyön ruokailu.

Häiriö aikaan kuuluvat esim. käyttöhäiriöt, työkappaleiden odotus, nosturin odotus, työntekijän myöhäinen työhön saapuminen.

Aikahäviötä suurentavat mm.:

- Puutteellinen työnsuunnittelu
- Puutteellinen työn esivalmistelu osastolla
- Puutteellinen raaka-ainevaraston toiminta
- Puutteellinen työkaluvaraston toiminta
- Puutteellinen koneiden ja työvälineiden huolto
- Puutteellisuudet sisäisessä kuljetusjärjestelmässä

(Kauppinen ym. 1989, 39-41.)

6.4.3 Työajan määrittystavat

Työajan määrittämisessä käytetään arviointia, arviolaskentaa, vertailua, standardiaikajärjestelmiä ja kelloaikatutkimusta. Aikatiedoissa voidaan varsin suurikin hajonta hyväksyä, mutta systemaattista virhettä ei saisi esiintyä tai virheen suuruus olisi pystyttävä rajaamaan.

6.4.3.1 Arviointi

Arvioinnin tarkkuus riippuu työn aika-arvoon vaikuttavien tekijöiden selvitysmahdollisuuksista sekä arviointikohteen suuruudesta. Jos työtehtävä jaotellaan työnkulun mukaisiin osiin, joiden vaatimat ajat arvioidaan erikseen, päästään edellistä tarkempiin tuloksiin. Mahdolliset arviointivirheet esiintyvät sekä positiivisina että negatiivisina, joten lopputulos tasoittuu. Arviointia joudutaan käyttämään usein käsiaikavoittoisissa töissä, kuten asennuksissa, levytöissä, kaavauksessa ja takomisessa. Arviointi soveltuu oikein suoritettuna yksittäistuotantoon. Arvioinneille on luonteenomaista kasvava systemaattinen virhe, eli esim. ajat kasvavat jatkuvasti suhteessa todellisuuteen. (Kauppinen ym. 1989, 41.)

6.4.3.2 Arviolaskenta

Arviolaskenta on kuten arviointi, mutta osa työajasta, koneajat, määritellään laskennallisesti. Tätä menetelmää käytetään yleensä koneistustöissä. Arviolaskenta soveltuu käyttäväksi sekatuotantokonepajoissa.

Menetelmä on seuraavanlainen:

- Työ jaetaan työnkulkua vastaaviin työneriin
- Käsityöerille arvioidaan kesto aika
- Lasketaan koneajat valittujen työstöarvojen mukaan

(Kauppinen ym. 1989, 41.)

6.4.3.3 Vertailu

Entuudestaan tunnettua työaika käytetään vertailussa hyväksi käsillä olevan samankaltaisen työn kanssa. Sekä työmäärää että työmenetelmää tulisi vertailla. Työtehtäväkortisto on hyvänä apuna vertailumenetelmää käytettäessä. Käytettäessä suhdelaskentaa esim. vertailtaessa koneistustöitä keskenään, voi mm. mittaerojen kasvaessa työstöarvot muuttua, mikä vaikuttaa todelliseen lopputulokseen. (Kauppinen ym. 1989, 42.)

6.4.3.4 Standardiaikajärjestelmät

Näiden työaikojen laskentajärjestelmien avulla työmenetelmästä ennalta saatujen tietojen, esim. työpiirustusten, perusteella määritellään työn suoritus aika. Tietty standardiaikajärjestelmä on kokoelma standardiaikoja, joilla tarkoitetaan eri työkokonaisuuksissa, esim. työnvaiheessa, samansisältöisenä toistuviin työnosiin kuuluvaa ja toistuvasti käytettäväksi valittua aikaa. Työnosan standardiaikaan liittyy aina selvitys työnsuoritustavasta sekä muuttujien vaikutuksesta työnosan suoritus aikaan. Järjestelmässä muuttujien vaikutus suoritus aikaan esitetään yleensä taulukkoina, käyrinä tai nomogrammeina. Standardiaikajärjestelmät koostuvat työnerien tai niitä laajempien työnosien standardiajoista. Ajat on saatu joko kelloaikatutkimuksista tai MTM:ää hyväksikäyttäen. Järjestelmän tarkkuus on jo etukäteen sitä luotaessa hyvin luotettavasti määritettävissä. (Kauppinen ym. 1989, 42.)

7 SUUNNITTELUKOHTIEN LAYOUT-SUUNNITTELU

Edellä olevan teorian pohjalta tehdään tässä luvussa layout-suunnitelma opinnäytetyön kohteena olevalle tuotantolaitokselle.

7.1 Tuote-määräanalyysi

Tähän mennessä tehdyt tutkimukset osoittavat, että laitteiden massamaiselle tuotannolle on Suomessa tarve. Tehtävään tarvitaan tutkimusten perusteella laitteita noin sata kappaletta vuosittain. Koneen uusimisväliksi arvioidaan viisi vuotta, joten vuosittain valmistetaan 20 konetta. Ensimmäisenä toimintavuotena valmistusmäärä voi olla kymmenen kappaletta uuden toiminnan ja laitteen valmistamisen ylösajon vuoksi. Toisena vuotena on tarkoitus päästä tavoitetuotantomäärään. Kolmannesta vuodesta eteenpäin tuotanto kasvaa, jotta koneita on tarvittavaan tehtävään riittävästi. Myös ulkomaille viennin vuoksi tuotanto voi kasvaa. Sitten tuleekin jo koneiden uusimisen tarve.

Työnvaiheanalyysillä on selvitetty yhden valmistettavan koneen tarvitsema työaika (LIITE 1). Saadusta valmistustuntimäärästä saadaan johdettua eri vuosituotantojen kokonaistyöajat.

7.2 Materiaalin virtausanalyysi

Työnkulkukaavio on tehty valmistettavien osien osalta (LIITE 2). Kokoonpanossa tarvittavat osat ja komponentit ovat kokoonpanotilan välittömässä läheisyydessä hyllyissä.

Työnkulkukaavion pohjalta tehdään virtausanalyysi, jolla selvitetään materiaalin virtausmäärät eri toimintojen välillä, mistä – mihin-kaavio (LIITE 3). Kaaviossa on selvitetty osien siirtomäärät yhtä valmistettavaa konetta kohden.

7.3 Toimintojen yhteyskaavio

Yhteyskaaviolla selvitetään eri toimintojen yhteydet toisiinsa (LIITE 4). Asteikkona käytetään 0 - 4, jossa 4 = erittäin merkityksellinen ja 0 = merkityksetön.

4 = sahaus / viisteytys

3 = R.a- varasto / sahaus, viisteytys / poraus, viisteytys / hitsaus ja poraus/hitsaus

2 = hitsaus / hiekkapuhallus, hiekkapuhallus / maalaus ja maalaus / kokoonpano

1 = kokoonpano / testaus, testaus / viimeistely ja viimeistely / varasto

7.4 Toimintojen yhteyspiirros

Yhteyskaavion pohjalta laaditaan yhteyspiirros, jossa merkityksellisimmät yhteydet toimintojen välillä pyritään saamaan mahdollisimman lyhyiksi (LIITE 5).

7.5 Tilan tarve

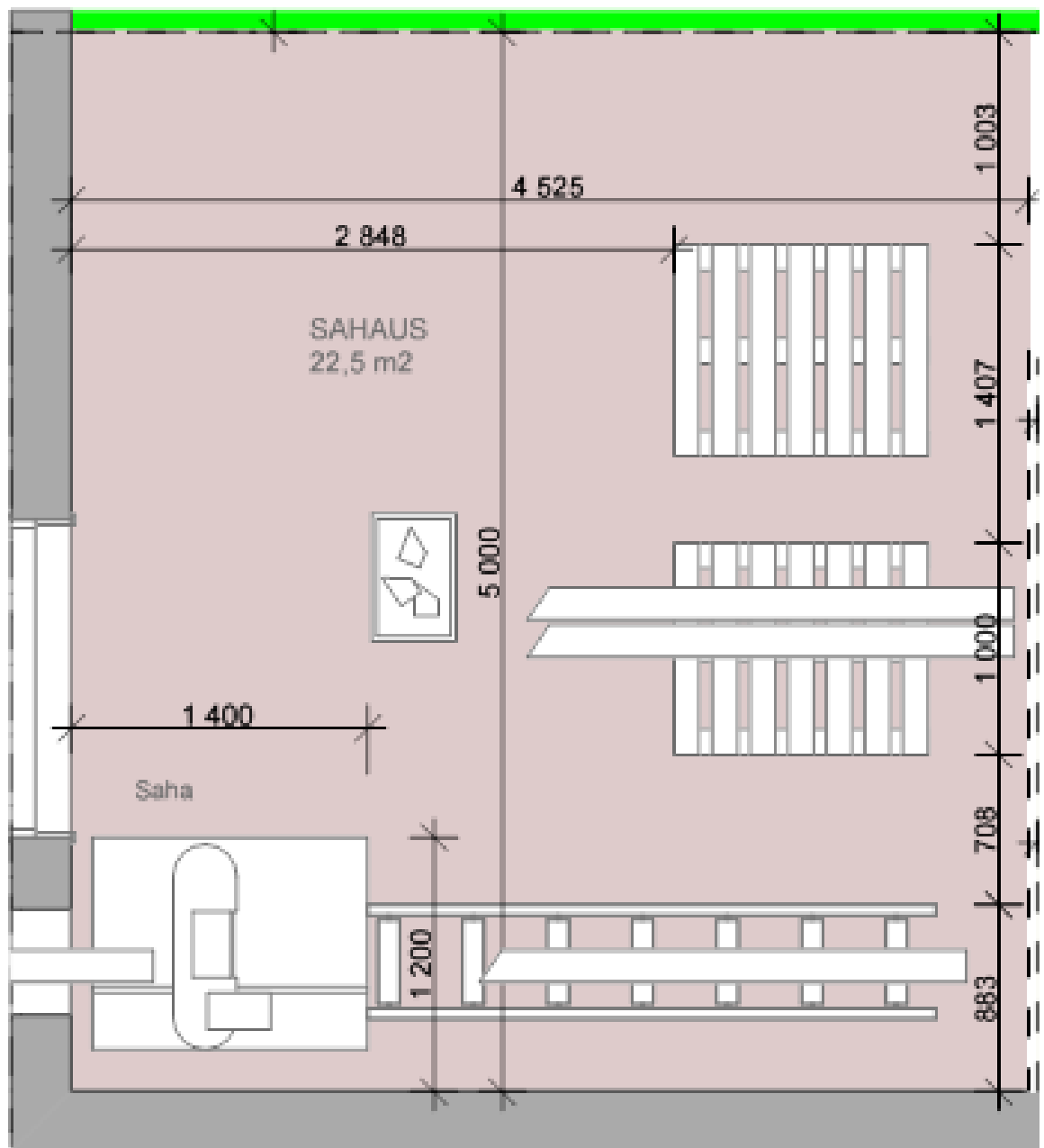
Tilantarvetta määriteltäessä on otettu huomioon tilaan tulevat koneet, työkaluille tarvittava tila, lähtevän ja tulevan tavaran tarvitsema tila sekä työskentely- ja huoltotila. Taulukosta 5 selviää eri toimintojen tilantarve ja tarvittava varustelu.

TAULUKKO 5. Tilantarve

Toiminto		Pinta-ala	Vapaa korkeus	Max. lattia-kuormitus	Vesi	Paineilma	Ilmanvaihto paikallinen	Sähköjärjestely	Sähkön tarve
N:o	Nimitys	m ²	m	kg/m ²				V	kW
1	R.a.- varasto	40,0	4	5000				240	2
2	Sahaus	22,5	3	1000		x		240/380	3
3/4	Viisteytys/Poraus	9,5	3	1000	x	x		240/380	7
5	Hitsaus	12,0	3	1000	x	x	x	240/380	5
6	Hiekkapuhallus	12,0	3	1000		x	x	240/380	3
7	Maalaus	12,0	3	1000		x	x	240/380	3
8	Kokonpano	26,5	4	5000		x		240/380	3
9/10	Tes- ta/Viimeistely	27,5	4	5000		x		240	2
11	Käytävä	26,0	4	5000					
	Σ	188,0							

7.5.1 Sahaus

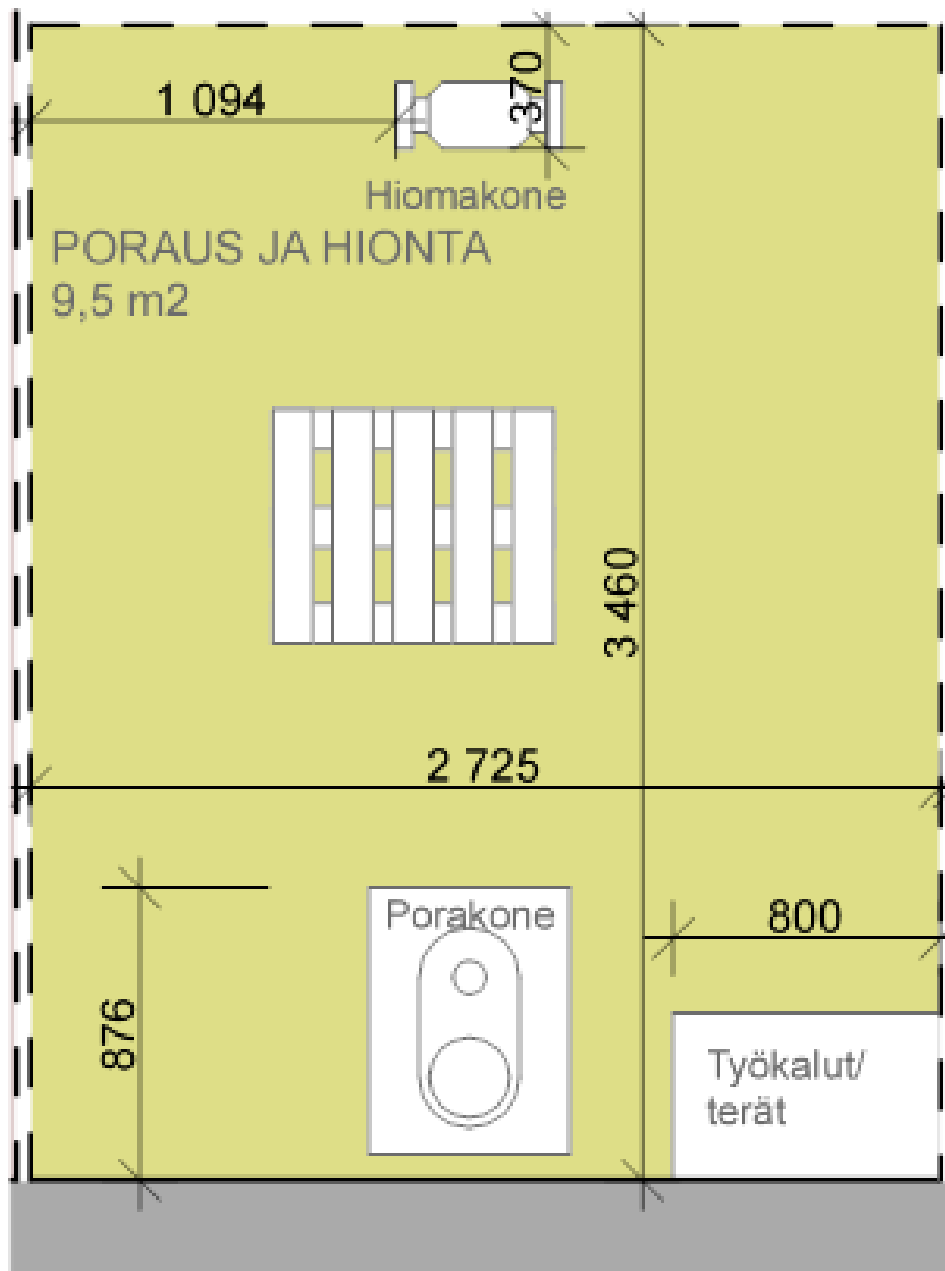
Sahaustilaan työstettävä materiaali tulee seinässä olevan aukon kautta. Suurin pituus katkaistuilla kappaleilla on 1500 mm. Työstetyille osille on kaksi trukkilavapaikkaa ja hukkapaloille on yksi trukkilavapaikka. Tilassa on katkontakone.



KUVIO 16. Materiaalin sahaustila.

7.5.2 Poraus ja viisteytys

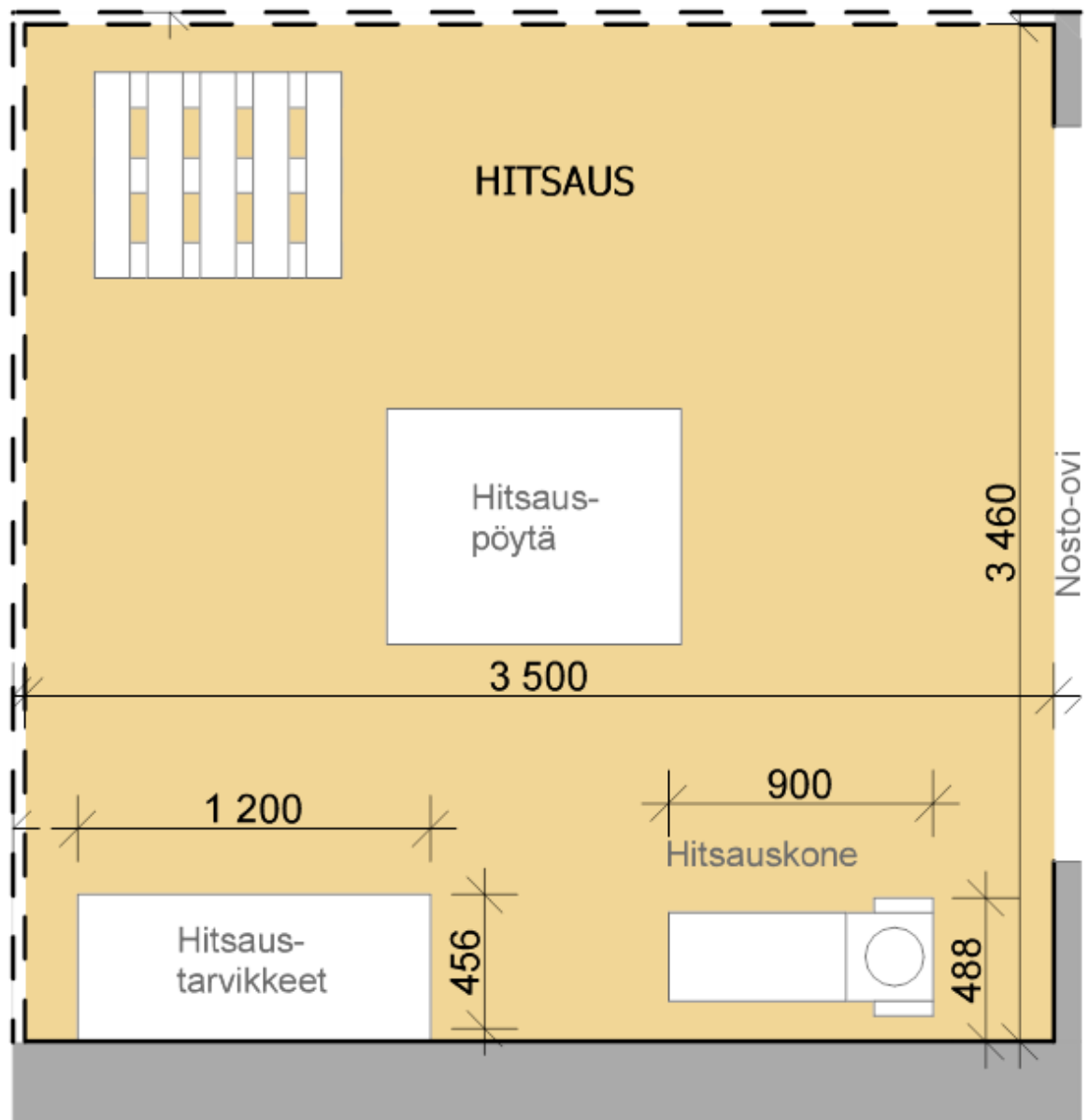
Viisteytykseen materiaali otetaan suoraan katkontatilasta. Näin ei tarvitse siirtää trukkilavaa ja tilaa säästyy. Osastossa on yhdelle trukkilavalle tila poraukseen menevälle materiaalille. Valmiit osat pannaan suoraan sekä viisteytyksestä että porauksesta hitsausosan puolelle. Tilassa on hiomakone ja porakone työkaluineen ja terineen. Osastoja erottavat seinät ovat tulenkestävää sermimateriaalia.



KUVIO 17. Poraus- ja viisteystystila.

7.5.3 Hitsaus

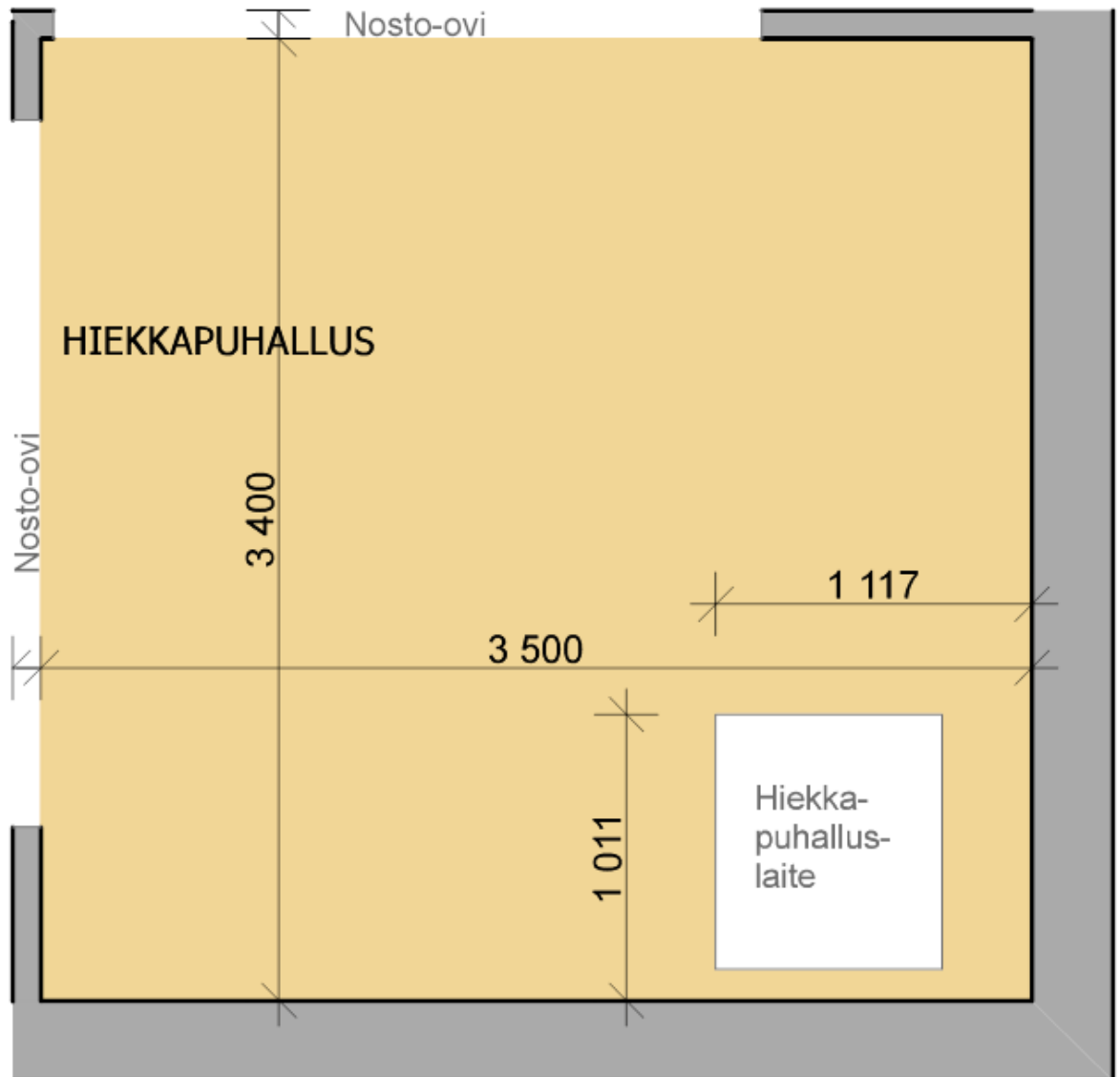
Hitsaustilassa on hitsattava materiaali trukkilavalla. Valmistettu osa siirretään hitsauspöydältä kuljetusvaunulla hiekkapuhallusosastoon, joten tilassa ei ole valmiille tavaralle varastointia. Tilassa on hitsauspöytä ja hitsauskone tarvikkeineen. Osaston kaksi seinää on tulenkestävää sermimateriaalia. Hiekkapuhallusosastoon johtaa nosto-ovi.



KUVIO 18. Hitsaustila.

7.5.4 Hiekkapuhallus

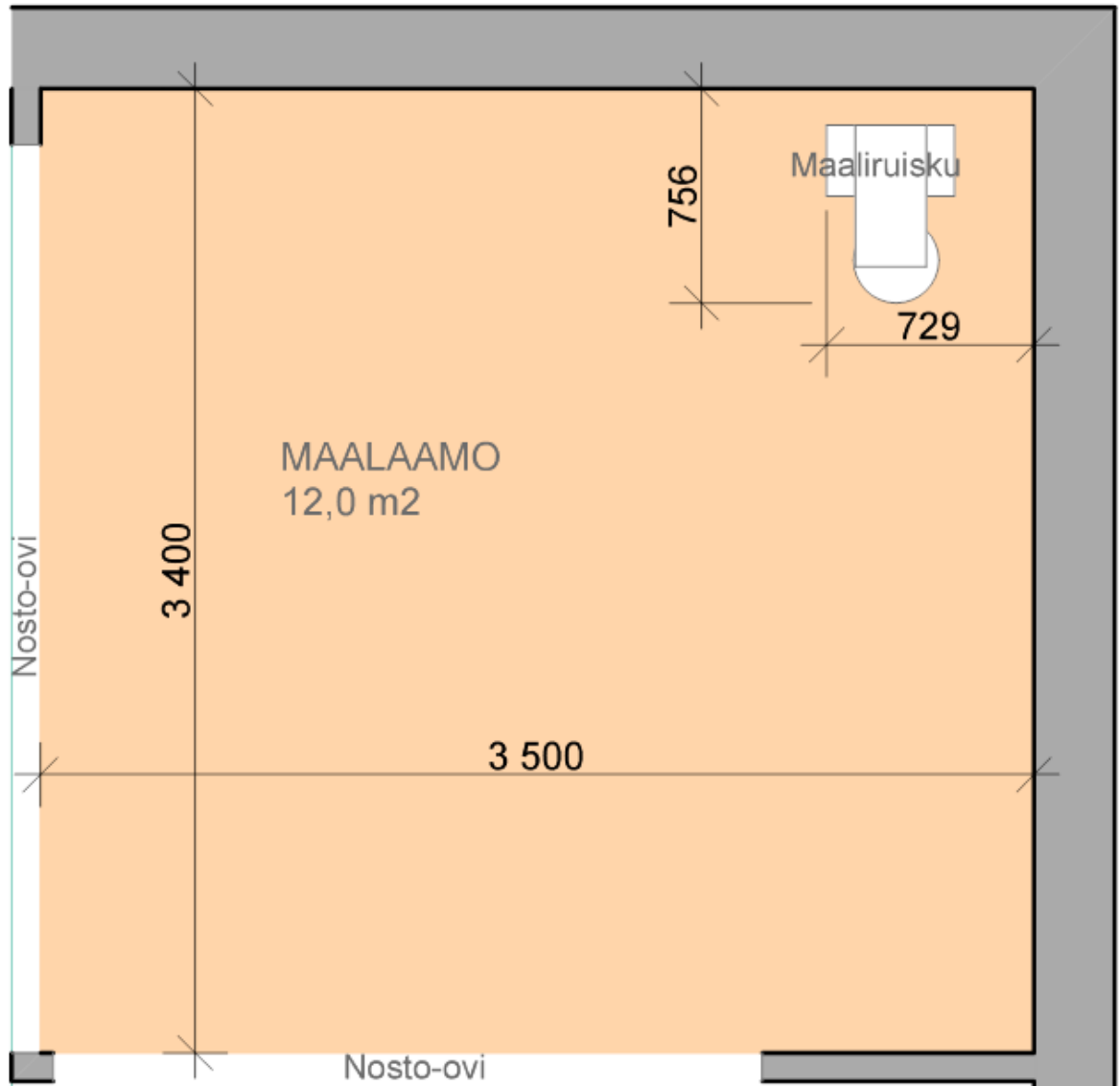
Hiekkapuhallusosassa on hiekkapuhalluslaite. Hiekkapuhalletut osat siirretään tilasta kuljetusvaunulla varastopaikalle tai suoraan maalaamoon.



KUVIO 19. Hiekkapuhallustila.

7.5.5 Maalaamo

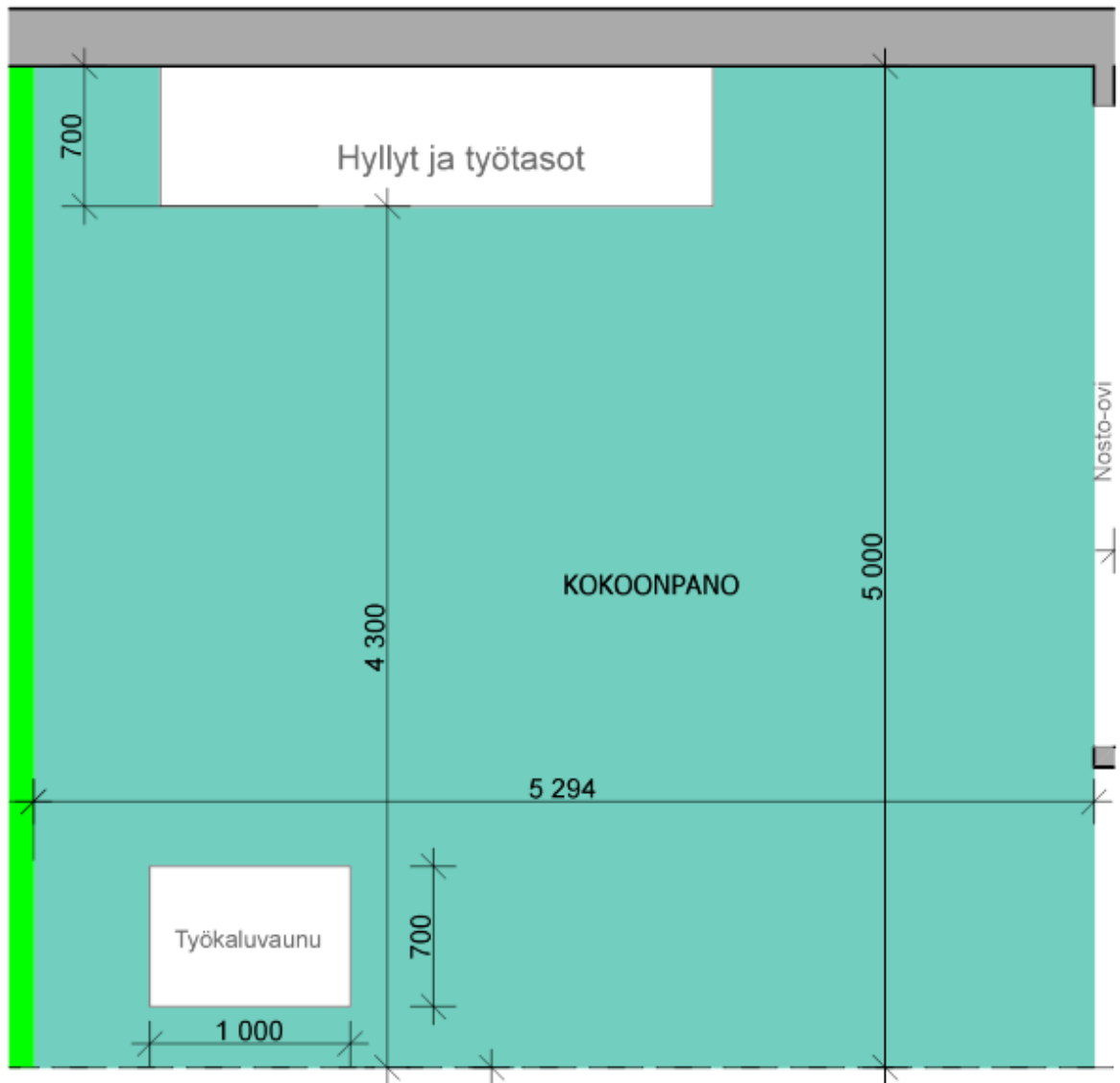
Maalausosassa on vain maaliruisku. Maalatut osat kuivuvat kuljetusvaunussa ja osien kuivuttua ne siirretään kokoonpanoon tai varastopaikalle.



KUVIO 20. Maalaamo.

7.5.6 Kokoonpano

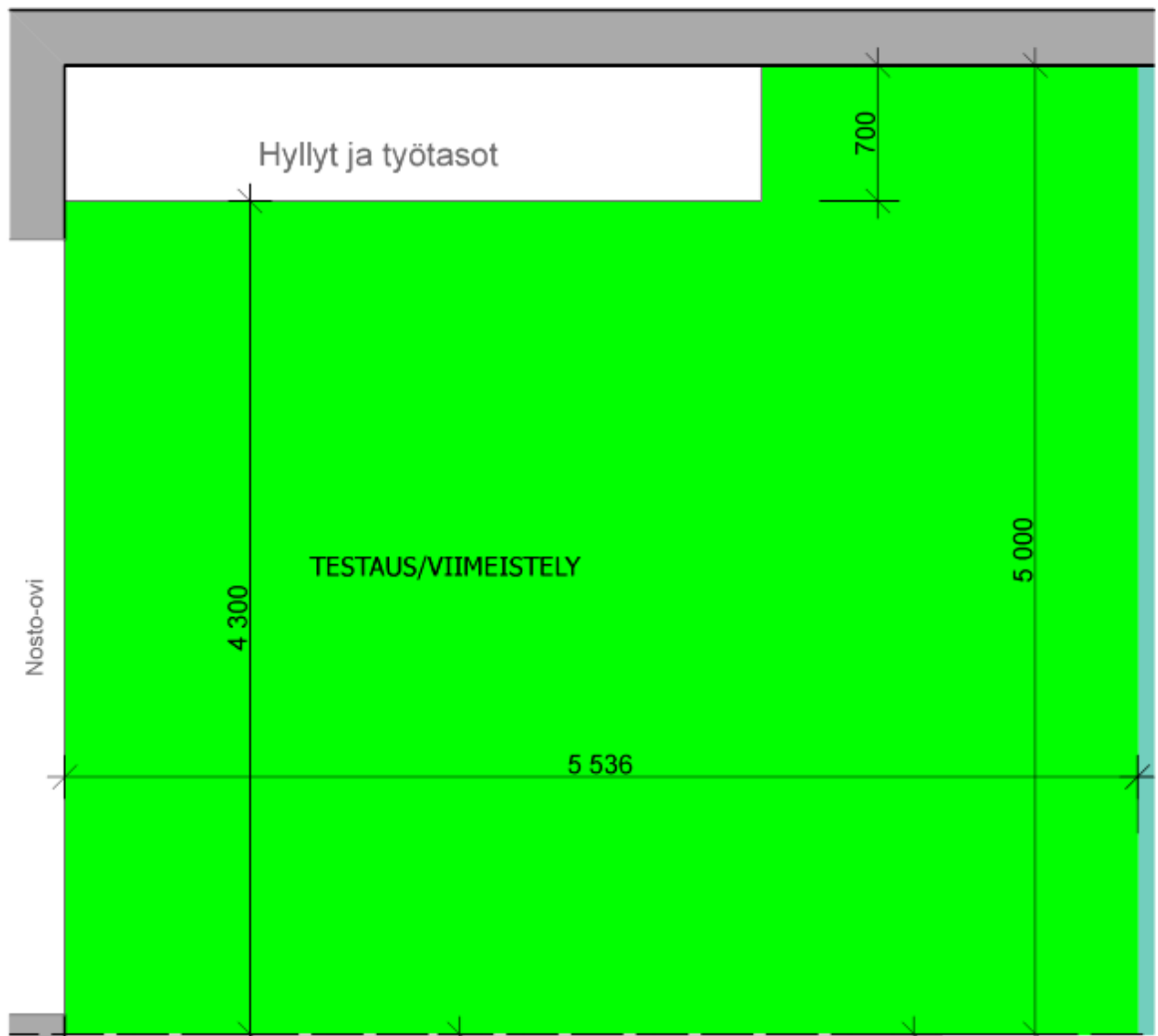
Kokoonpanotilassa on varastohylly ostetuille komponenteille, ruuveille, muttereille yms. Työkaluvaunussa säilytetään avaimet, vääntimet ym. työkalut. Automaattisilla letku- ja johtokeloilla tuodaan kokoonpanotilaan sähkö ja paineilma.



KUVIO 21. Kokoonpano.

7.5.7 Testaus ja viimeistely

Testaus- ja viimeistelytilassa on varastohylly viimeistelymateriaaleille ja tarvittaville työkaluille.



KUVIO 22. Testaus- ja viimeistelytila.

8 SUUNNITTELUKOHTTEEN TUOTANTOTEKNINEN SUUNNITTELU

Edellä olevan teorian pohjalta tehdään tässä luvussa tuotantotekninen suunnittelu opinnäytetyön kohteena olevalle tuotteen valmistamiselle.

8.1 Työnvaiheitus

Tuotanto alkaa materiaalin varastosta siirtämisellä rullarataa pitkin katkontaan. Vanesahalla katkaistaan kaikki tarvittavat kappaleet. Katkaistut kappaleet pinotaan odottamaan viisteytystä. Katkonnin jälkeen kappaleet viisteytetään. Hitsattaviin kohtiin tehdään asianmukaiset viisteet ja muista leikatuista kohdista poistetaan jäysteet. Osa viisteytetyistä kappaleista siirtyy poraukseen ja osa odottamaan hitsausta. Hitsauksessa tehdään katkotuisia ja poratuista osista tarvittavat koneenosat. Hitsauksesta osat siirtyvät hiekkapuhallettavaksi ja siitä edelleen maalattavaksi. Maalauksen jälkeen osat siirretään kokoonpanoon liitettäväksi pääkonstruktion. Kokoonpanossa itse valmistetut osat, ostetut komponentit ja alihankitut osat yhdistetään konekokonaisuudeksi. Kokoonpanosta laitekokonaisuus siirtyy testaukseen ja viimeistelyyn. Työnvaiheitus selviää myös liitteestä (LIITE 2).

8.2 Menetelmäsuunnittelu

Menetelmäsuunnittelu kohdistuu valmistettavan koneen osalta materiaalin katkontaan, katkaistujen kappaleiden viisteytykseen ja tarvittavien porausten tekemiseen sekä kappaleiden hitsaukseen. Myös hiekkapuhallus, maalaus, kokoonpano, testaus ja viimeistely sisältyvät suunnitteluun.

8.2.1 Sahaus

Ensimmäinen työvaihe on raaka-aineesta katkoa tarvittavat kappaleet valmistettavia osia varten. Raaka-aine tulee rullarataa pitkin katkontakoneelle. Tuotannossa käytetään pääasiassa suorakaideputkia, lattaterästä ja U-palkkia.

8.2.2 Viisteytys

Katkaistuissa kappaleissa hitsattaviin kohtiin tehdään viisteytys ja muista katkaisukohtista hiotaan terävä kulma pois. Kaikki kappaleet kulkevat hionnan kautta. Osa kappaleista menee poraukseen ja osa hitsaukseen.

8.2.3 Poraus

Poraus suoritetaan mm. sylintereiden korvakkeisiin, hydraulikkamoottoreiden kiinnitysrunkoihin ja säätöjärjestelmän runkoon. Kappaleet menevät seuraavaksi hitsattaviksi.

8.2.4 Hitsaus

Soviteosien, hydraulikkamoottoreiden kiinnitysrunkojen ja säätöjärjestelmän rungon valmistaminen tehdään hitsaamalla. Hitsaustyössä osat valmistetaan hitsauspöydällä jigejä apuna käyttäen. Hitsatut osat siirretään hiekkapuhallukseen erikoissiirtovaunun avulla.

8.2.5 Hiekkapuhallus

Valmistetut osat hiekkapuhalletaan pintakäsittelyn onnistumisen varmistamiseksi. Osat voivat hiekkapuhalluksen ajan riippua siirtovaunussa, jossa osia voi pyöritellä työn vaatimalla tavalla. Hiekkapuhalluksen jälkeen osat siirretään maalaukseen siirtovaunun avulla.

8.2.6 Maalaus

Maalaus suoritetaan välittömästi hiekkapuhalluksen jälkeen. Ensimmäinen kerros on korroosionsuojamaalia. Pohjamaalin päälle tulee pintamaali, jolla saadaan työkoneelle hyvä ulkonäkö.

8.2.7 Kokoonpano

Kokoonpanossa yhdistetään omassa tuotannossa valmistetut osat, alihankkijoiden toimitamat osat sekä ostetut komponentit valmiiksi koneeksi.

8.2.8 Testaus ja viimeistely

Testauksessa suoritetaan kaikkien pyörivien osien moitteettoman toiminnan tarkastus. Säätötekniikka testataan sen toimimisen varmistamiseksi.

Viimeistelyssä tarkistetaan, ettei valmistetussa koneessa ole maalivaurioita ja tarvittaessa vauriot korjataan. Myös teippaukset yms. ulkonäköön vaikuttavat työt tehdään viimeistelyvaiheessa.

8.3 Työvälinesuunnittelu

Työvälinesuunnittelussa suunnitellaan laitteet ja koneet, joilla tehdään kohteena olevan koneen valmistamisessa tarvittavat työt mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti.

8.3.1 Materiaalin katkonta

Materiaalin katkonnassa käytetään vannesahaa. Sahauskapasiteetin tulee olla katkottaessa 90° kulmaan 110 * 300 mm ja katkottaessa 45° kulmaan 110 * 180 mm. Moottoriteho on 750 W. Säädettäviä vasteita käytetään kappaleiden oikean pituuden aikaan saamiseksi.

8.3.2 Hionta

Hionnassa käytetään penkkihiomakonetta. Hiomakoneessa on kaksi hiomakiveä, toinen on karkea- ja toinen hienorakeinen. Moottoritehon tulee olla yli 2,5 kW.

8.3.3 Poraus

Porauksissa käytetään jyrskonetta. Tällä voidaan tehdä myös hydraulikkamoottoreiden kiinnitysreikien jyrskintä niin, että kiilahihnojen kiristäminen on mahdollista. Poraukspäiteetin tulee olla vähintään teräkselle 32 mm ja raudalle 45 mm, jotta sillä voidaan porata hydraulikkasyylintereiden kiinnityskorvakkeisiin tapinreiät. Moottoritehon tulee olla yli 1,1 kW. Työkappaleiden kiinnittämisessä käytetään koneruuvipuristimia.

8.3.4 Hitsaus

Hitsauksessa käytetään joko MIG- hitsauskonetta tai puikkohitsauskonetta. MIG- hitsauksessa ei ole kuonan ja roiskeiden poistoa, joten sen käyttö vähentää hitsauksen jälkitöitä. Työssä käytetään hitsauspöytää ja jigejä.

8.3.5 Hiekkapuhallus

Hiekkapuhallettavat kappaleet ovat suorakaideputkesta hitsattuja monisakaraisia kokonaisuuksia. Nämä ovat niin isoja, etteivät ne mahdu hiekkapuhalluslaatikkoon. Työssä käytetään erillistä hiekkapuhalluslaitetta, josta puhallushiekka tulee letkua pitkin käsisuuttimelle. Työkappale riippuu hiekkapuhalluksen ajan kuljetusvaunussa.

8.3.6 Maalaus

Maalaus tehdään käsiruiskulaitteella. Laitteessa on erillinen paineen kehittävä yksikkö, josta maali johdetaan letkua pitkin käsisuuttimelle. Maalauksen ja kuivumisen ajan työkappale riippuu kuljetusvaunussa.

8.3.7 Kokoonpano, testaus ja viimeistely

Kokoonpanossa käytetään avaimia ja mutterivääntimiä. Työkaluvaunu on käsityökalujen säilyttämiseksi hyvä ratkaisu. Sitä voidaan siirtää työpisteessä aina tarvittavaan kohtaan, jotta työkalut ovat hyvin saatavilla. Pääkonstruktioon joudutaan mahdollisesti tekemään kiinnitysreikiä, joten porakone kuuluu kokoonpanossa tarvittaviin työkaluihin.

8.4 Työajan määrittäminen

Tässä työssä on kyseessä uuden tuotannon suunnittelu, joten työajan määrittämisessä on käytetty arviointia. Koko tuotteen valmistaminen on jaettu työvaiheisiin, joille on arvioitu työaika (LIITE 1).

9 LAYOUT-MALLIN VALINTA

Tuotantolaitoksessa valmistetaan alkuvaiheessa yhtä konetta kerrallaan. Tuotantomäärien kasvaessa voivat eri koneiden osien valmistaminen ja kokoonpano mennä päällekkäin. Tuotantomuotona solutuotanto on paras vaihtoehto lopputyön kohteena olevassa tuotantolaitoksessa. Tuotannossa käytetään muutamaa perustyöstökoneetta. Henkilöt solussa siirtyvät tarvittaessa tehtävästä toiseen.

Kahdesta layout- ehdotuksesta valitsisin ykkösvaihtoehdon. Tuotantotila kasvaa n. 26 m² kakkosvaihtoehtoon verrattuna, joka näkyy tiloissa käytävänä ja varastotilana. Vaikka nykyisin pyritäänkin varastottomaan tuotantoon, on hyvä olla kuitenkin jonkin verran varastotilaa katkeamattoman tuotannon ylläpitämiseksi.

Valmistettava tuote kulkee solun osasta toiseen suoraan tai voidaan tarvittaessa välivarastoida. Jos pääkonstruktiossa suoritetaan hitsauksia, se voidaan käyttää hitsausosassa. Mielestäni kakkosvaihtoehdossa hitsausosa on hankalasti rakennuksen nurkassa, johon on vaikea saada hitsattavaksi isoa konstruktiota.

Suunniteltuun 20 kappaleen vuosituotantoon ykkösvaihtoehto on väljä. Hitsauspiste on yksittäisenä työvaiheena pullonkaula, kun tuotanto kasvaa 50 kappaleeseen vuodessa työkennellessä yhdessä vuorossa. Kokoonpanossa voi kaksi henkilöä työskennellä ja tarpeen vaatiessa voi kokoonpanoa suorittaa myös testaus/viimeistelytilassa. Joten ykkösvaihtoehto mahdollistaa tuotannon kasvattamisen jo yhdessäkin työvuorossa hyvin paljon.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä uuteen tuotantolaitokseen layout-suunnitelma ja tuotantotekninen suunnittelu työnvaiheituksen, menetelmäsuunnittelun, työvälinsuunnittelun ja työajan määräämisen osalta. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja mukaansatempaava. Olen tehnyt tätä opinnäytetyötä sillä ajatuksella, että tehdyt suunnitelmat toteutuvat aikanaan.

Arvioituun tuotantotarpeeseen päästään kahden henkilön työpanoksella yhdessä vuorossa työskennellen. Hitsaus on suurin yksittäinen työnvaihe, joka muodostuu ensimmäisenä pulonkaulaksi tuotannon kasvaessa. Tuotannon täytyy kasvaa kuitenkin kaksi ja puolikertaiseksi ennen kuin hitsauksessa joudutaan siirtymään kahteen vuoroon. Muissa tuotantotiloissa voi yhtä aikaa työskennellä neljästä viiteen henkilöä. Eli tuotanto voi kasvaa tulevaisuudessa kolminkertaiseksi ennen kuin tarvitsee miettiä siirtymistä kahteen vuoroon tai tuotantotilojen laajentamista.

Tuotantotilat on suunniteltu niin, että niissä voidaan valmistaa myös muitakin vastaavanlaisia tuotteita kuin suunnittelun kohteena olevaa tuotetta.

Työergonomia tulee huomioida etenkin hitsauksessa. Työkappaleen käsittelyn täytyy tapahtua helposti ja kevyesti. Hitsaajan työskentelyasentoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ilmanvaihdon tulee olla hyvä hitsaus-, hiekkapuhallus- ja maalaamo-osastoista. Sähköjohdoilla ja ilmaletkuilla on hyvä olla automaattiset johto- ja letkukelat, jotta johdot ja letkut eivät ole lattialla turvallisuusriskinä.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Lapinleimu Ilkka, Kauppinen Veijo & Torvinen Seppo. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo. WSOY.

Havela Matti J., Uusi-Rauva Erkki, Kouri Ilkka & Miettinen Asko. 2005. Teollisuustalous. 5. Tampere: Infacs Oy.

Kauppinen Pekka, Kivistö Ismo & Strömberg Oiva. 1989. Tuotannonohjaus metalliteollisuudessa. 2. Helsinki. Valtion painatuskeskus.

Sähköiset julkaisut

Kuopion yliopisto & Savonia- ammattikorkeakoulun tuotannollinen yritys oppimateriaali, 2006 Tuotantomuodot. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm. Luettu 1.3.2010.

Rintala Timo. 2007. Tuotantotilojen mallinnus ja layout-suunnitelma koneistamo Almille. Insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Www-dokumentti. Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10766/tko2stimor.pdf?sequence=1>.

Luettu 19.3.2010, 6.4.2010 ja 7.4.2010.

Pitkälä Juhu. 2006. Osavalmistuksen kustannustehokkuuden arviointi. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Www-dokumentti. Saatavissa:

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/29972/TMP.objres.383.pdf?sequence=1>. Luettu 9.4.2010.

Laukkanen Konsta. 2008. Teräsosatehtaan tuotantoprosessin kehitysprojekti. Insinööriyö. Stadia, Helsingin ammattikorkeakoulu. Tuotantotalous. Www-dokumentti. Saatavissa:

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36336/stadia-1204309402-5.pdf?sequence=1>.

Luettu 9.4.2010.

Laukkanen Konsta. 2008. Teräsosatehtaan tuotantoprosessin kehitysprojekti. Insinööriyö. Stadia, Helsingin ammattikorkeakoulu. Tuotantotalous. Www-dokumentti. Saatavissa:

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36336/stadia-1204309402-5.pdf?sequence=1>.

Luettu 9.4.2010.

Työnvaiheanalyysi

Liite 1

SALAINEN

Työnkulkukaavio

Kohde		Työvaihe					Osasto		
Piirustus	Vuosikulutus	Laatinut M. Syri					Pv 21.4.2010	Sivuja yht 1	Sivu nro. 1
Kuvaus	OS	Työnvaihe	Käsitt	Kuljetus	Varastointi ja odotus	Tarkistus	Matka m	Aika	Huomautuksia
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1 Varasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2 Sahaukseen		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5		
3 Sahaus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4 Välivarasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		
5 Viisteytys + muu hionta		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6 Välivarasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		
7 Poraus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
8 Välivarasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		
9 Hitsaus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
10 Välivarasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		
11 Hiekkapuhallukseen		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		Käsitrukki
12 Hiekkapuhallus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
13 Välivarasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		
14 Maalaukseen		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5		Käsitrukki
15 Maalaus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
16 Välivarasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		
17 Kokoonpanoon		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5		Käsitrukki
18 Kokoonpano		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
19 Testaukseen		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6		Käsitrukki
20 Testaus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
21 Viimeistely		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
22 Varastoon		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10		Käsitrukki
23 Varasto		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
24		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
25		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
26		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Yhteensä							52		

Yhteyskaavio

R.a.- varas- to										
3	Saha- us									
0	4	Viis- tey- tys								
0	0	3	Pora- us							
0	0	3	3	Hitsa- us						
0	0	0	0	2	Hiek- ka- puhal- lus					
0	0	0	0	0	2	Maa- laus				
0	0	0	0	0	0	2	Ko- koon- pano			
0	0	0	0	0	0	0	1	Testa- us		
0	0	0	0	0	0	0	0	1	Vii- meis- tely	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Varas- to

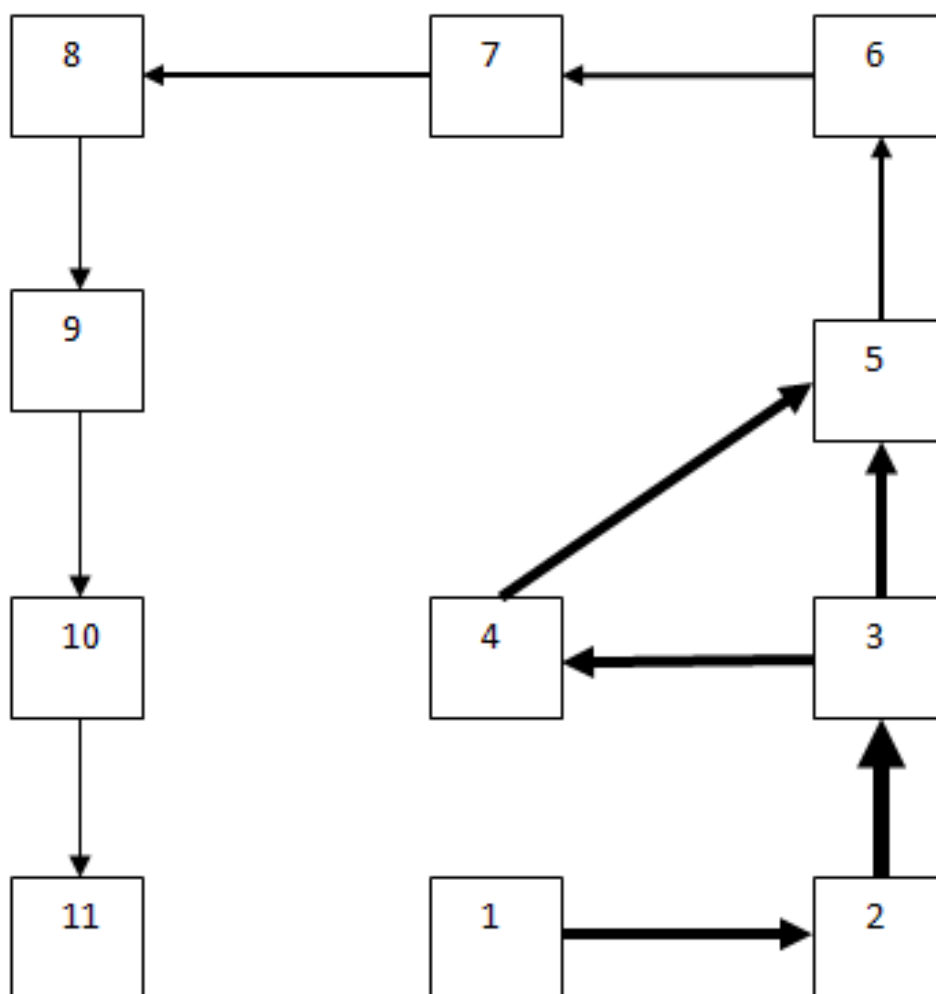
4 = sahaus / viisteytys

3 = R.a- varasto / sahaus, viisteytys / poraus, viisteytys / hitsaus ja poraus/hitsaus

2 = hitsaus / hiekkapuhallus, hiekkapuhallus / maalaus ja maalaus / kokoonpano

1 = kokoonpano / testaus, testaus / viimeistely ja viimeistely / varasto

Yhteyspiirros



1. Raaka-ainevarasto
2. Sahaus
3. Viisteytys
4. Poraus
5. Hitsaus
6. Hiekkapuhallus
7. Maalaus
8. Kokoonpano
9. Testaus
10. Viimeistely
11. Varasto

Layout-ehdotus 1



Layout-ehdotus 2

