

Lauri Luoma
**Uuden tuotteen sopeuttaminen
nykyiseen tuotantoon**

Opinnäytetyö
Kevät 2010
Tekniikan yksikkö
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Lauri Luoma

Työn nimi: Uuden tuotteen sopeuttaminen nykyiseen tuotantoon

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 44

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämä opinnäytetyö on tehty Lapualla toimivalle Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy:lle. Yrityksen valmistama maalämpöpumppumallisto laajenee vuonna 2010. Mallisarjan laajennus loi tarpeen tutkia, miten uusi tuote tullaan sopeuttamaan nykyiseen tuotantoon.

Työn tavoitteena oli tutkia nykyisen kokoonpanolinjan toimintaa ja sen ongelmakohtia. Työssä suunniteltiin kolme erilaista pohjapiirrosratkaisua, joista valittiin toimivin ratkaisu. Valittua vaihtoehtoa tutkittiin yksityiskohtaisesti jokaisessa kokoonpanopisteessä.

Asiasanat:

kokoonpano, layout

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author : Lauri Luoma

Title of the thesis: New product adaptation to current production

Tutor: Jukka Pajula

Year: 2010 Number of pages: 44 Number of appendices:0

This thesis was done for the Lapua factory of Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy . The company manufactures heat pumps and the range will expand in 2010. This model series expansion created a need to examine how the new production will be adapted to the current production.

The aim was to examine the existing assembly line of activity and its problems. Three different layout of the solution were designed, out of which the best solution was chosen. The option selected was studied in detail for each assembly point.

Keywords: assembly, layout

Sisällys

1. JOHDANTO.....	8
2. SUOMEN LÄMPÖPUMPPUTEKNIikka OY	9
2.1 Historia	9
2.2 Maalämpö yleisesti	10
2.2.1 Käyttökohteet ja hyödyt	10
2.2.2 Maalämpöpumpun perusajatus	12
3 LAYOUTSUUNNITTELU	14
3.1 Kokoonpanoprosessi.....	14
3.2 Työpisteet	15
3.3 Tilantarpeet.....	16
3.4 Tuotannon ulkopuoliset tekijät.....	16
3.5 Layout-tyypit.....	17
3.6.1 Tuotantolinjalayout.....	18
3.6.2 Funktionaalinen layout.....	18
3.6.3 Solulayout.....	19
3.7 Layoutin valinta	19
4. Materiaalin hallinta	21
4.1 Materiaalin hallinnan pääkohdat	21
4.2 Eräkoot.....	21
4.3 Varasto	22
4.3.1 Raaka-ainevarasto.....	22
4.3.2 Puolivalmisteverasto.....	23
4.3.3 Valmisteverasto	23
5. TUOTANNONOHJAUS	24

5.1.1 JIT.....	24
5.1.2 MRP ja MRP II.....	24
5.1.3 Lean Management.....	25
5.2 Karkeasuunnittelu	26
5.3 Hienosuunnittelu	26
6. LAYOUTVAIHTOEHDOT.....	28
6.1 Ensimmäinen vaihtoehto.....	29
6.2 Toinen vaihtoehto	31
6.3 Kolmas vaihtoehto	32
7. LAYOUTIN VALINTA	33
8. VALITUN RATKAISUN VAIHEAJAT	41
9. YHTEENVETO	44
LÄHTEET.....	44

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. Unikonttien toimitilat.....	8
KUVIO 2. Liikevaihto 2000-2006.....	9
KUVIO 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate.....	11
KUVIO 4. Layout tyyppien periaate.....	16
KUVIO 5. Kuvaaja MRP-rakenteesta.....	23
KUVIO 6. Karkeasuunnittelu.....	24
KUVIO 7. Ensimmäinen vaihtoehto.....	27
KUVIO 8. Toinen vaihtoehto.....	29
KUVIO 9. Kolmas vaihtoehto.....	30
KUVIO 10. Kompessoriyksikön kokoonpano.....	32
KUVIO 11. Koeajo ja kompressoriyksikön pellitys.....	34
KUVIO 12. Varaajavarustelu.....	35
KUVIO 13. Yhdistäminen ja sähköistys.....	36
KUVIO 14. Pellitys.....	37
KUVIO 15. Ovien valmistus.....	38
KUVIO 16. Läpäisyajat kompressoriyksikkö.....	39

KUVIO 17. Lämpösiyajat kompressoriyksikkö laajeneva mallisarja.....	40
KUVIO 18. Lämpösiyajat loppukokoonpano.....	41
TAULUKKO 1. Lämpösiyajat kokoonpanolinja 1.....	39
TAULUKKO 2. Lämpösiyajat kokoonpanolinja 2.....	41

1. JOHDANTO

Vuodesta 1983 Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy on valmistanut maailmalle luotettavia kotimaisia maalämpöpumppuja. Maalämpöpumppu on aina ollut päätuotteena, mutta tuotantoon on kuulunut myös paljon erityyppisiä lämpöpumppusovelluksia.

Yritys on perustamisestaan lähtien toiminut Lapualla. Nykyinen tehdaskiinteistö sijaitsee Honkimetsän teollisuusalueella. Kiinteistön pinta-ala on noin 3200 m², josta vakiotuotetuotannon käytössä on noin 2100 m².

Tämän työn tavoite on miettiä, miten laajentuva tuotesarja vaikuttaa vakiotuotetuotantoon. Tuotanto tapahtuu kokoonpanolinjalle kootuissa kokoonpanopisteissä. Linjan rullarata on hankittu vuonna 2008, joten rullarata pyritään pitämään nykyisellään. Tuotantolinjan kokoonpanopisteet on sijoitettu toimivasti eikä niiden siirtoa katsota tarpeelliseksi. Suurin ongelma on kokoonpanon käytössä olevien hyllyjen kapasiteetin riittävyys, joten hyllyjen kapasiteetti on tärkeässä asemassa. Mahdolliset eräkokojen muutokset ja hyllyjen uudelleenjärjestely on otettava huomioon.

Layoutsuunnittelussa mallinnetaan eri vaihtoehdot 3D-malliksi, jolloin lopputuloksen hahmottaminen on helpompaa. Samalla tutkitaan tuotannon materiaalien virtoja ja liikkeiden pituuksia. Vaihtoehdoista valitaan toimivin ratkaisu ja lähdetään tarkastelemaan kokoonpanopisteiden ympäristöä tarkemmin. Valitusta vaihtoehdosta tarkastellaan tuotteen virtoja ja tutkitaan tuotteen läpäisyajoja.

2. SUOMEN LÄMPÖPUMPPUTEKNIikka OY

2.1 Historia

Vuonna 1983 Suomen lämpöpumpputekniikka Oy kun Mäkynen-yhtymän konkurssin vuoksi työttömäksi jääneet työmiehet perustivat SLP Oy:n. Osaamista ja tietotaitoa alasta olikin jo runsaasti ennen oman yrityksen perustamista. Hiljalleen uusi yritys laajeni osakkaan omakotitalon 12 neliömetrin huoneesta vuokratiloihin Härsiläntielle. Sieltä siirryttiin Tervaspuuntielle kaupungin varastohalliin, minkä jälkeen rakennettiin ensimmäiset omat toimitilat. Tontti ostettiin Suutalantieltä vuonna 1985, mitä laajennettiin vuonna 1987. Vuonna 2001 toiminta siirtyi nykyisiin tiloihin Unikontielle. (Jussila 2003)

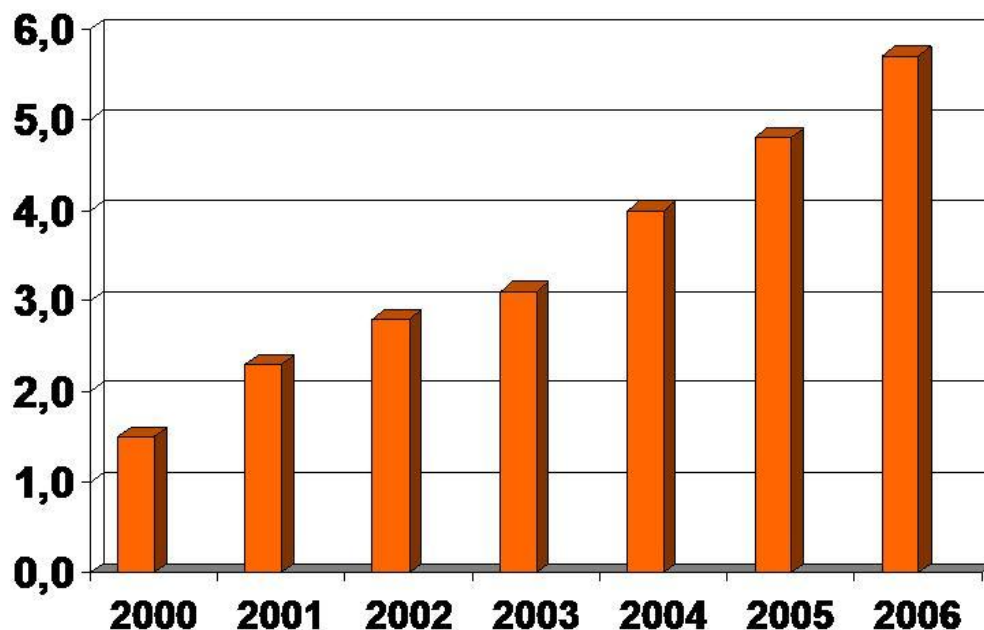


Kuvio 1. Unikontien toimitilat.

Yrityksen toiminta pohjautui aluksi jo olemassa olevien maalämpöpumppujen huoltopalveluihin. Välineet ja ensimmäiset

maalämpöpumput valmistettiin konkurssipesältä ostetuista komponenteista. Tehtaan historian aikana on ehtinyt tapahtua paljon ja talouden notkahduksistakin on selvitty kunnialla. Usko puhtaaseen kotimaiseen lämmitysmuotoon on vienyt yritystä eteenpäin. (Jussila 2003.)

Liikevaihto 2000 - 2006



Kuvio 2. Liikevaihto 2000–2006.

Yrityksen liikevaihto vuonna 2009 oli noin 6M€

2.2 Maalämpö yleisesti

2.2.1 Käyttökohteet ja hyödyt

Yrityksen valmistamia maalämpöpumppuja käytetään uusissa rakennuskohteissa. Kasvavana kohderyhmänä ovat myös vanhat kiinteistöt, kun vanhojen talojen öljy- tai sähkölämmitykset korvataan maalämmöllä. Maalämmön käyttö on lisääntynyt voimakkaasti myös suurempien kiinteistöjen lämmitysmuotona, tyypillisiä kohteita ovat

esimerkiksi koulut, päiväkodit ja muut kunnalliset kohteet, seurakuntien kiinteistöt, rivi- ja pienkerrostalot, toimistorakennukset, matkailualan kiinteistöt ja teollisuuden kohteet.

Maapiirin sijoitusvaihtoehtoja ovat porakaivo, maapiiri ja vesistö. Yritys valmistaa täys- ja osatehoisia maalämpöpumppuja.

Maalämmön etuja ovat (Suomen lämpöpumpputekniikka esite, 2009):

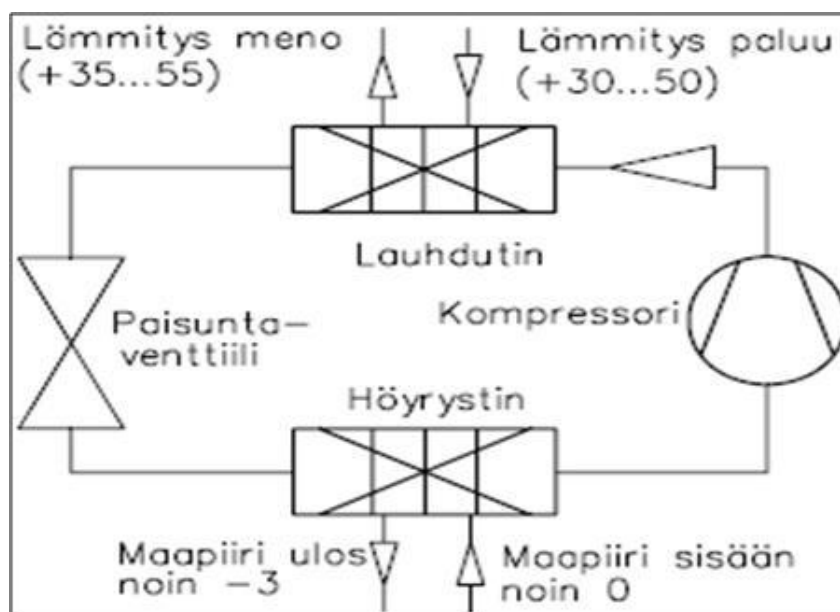
- Säästää lämmityksen energiakustannuksista noin 65 -70 % verrattuna öljyyn ja sähköön.
- Ympäristöystävällinen, vähentää kokonaispäästöjä.
- Maalämmön lämmitysenergiasta vain yksi kolmannes tehdään prosessissa, 2/3 saadaan siirtämällä olemassa olevaa auringosta saatua energiaa maasta, kalliosta, vesistöistä tai jonkun prosessin hukkalämmöstä lämmitettävään kohteeseen.
- Helppokäyttöinen ja huoleton.
- Maalämpöön voidaan yhdistää pienillä lisäinvestoinneilla edullisesti toimiva viilennysjärjestelmä. Mahdollisuus jäähdyttää huonetiloja ilman kompressoreiden käyttöä käyttämällä porakaivon +5 asteista lämpötilaa kylmän lähteenä, jolloin käyttökuluna ainoastaan kiertovesipumpun sähkö.
- Elinkaarikustannuksilla mitattaessa selkeästi edullisin lämmitysmenetelmä.
- Investointikustannuksiltaan erittäin kilpailukykyinen verrattuna vaihtoehtoisiin lämmitysmuotoihin yhdistettynä erilliseen jäähdytykseen.'

2.2.2 Maalämpöpumpun perusajatus

Maassa kiertävässä putkiverkostossa kiertää lämmönkeruuneste (alkoholi, jonka lämpötila on noin 0 °C). Kompressorissa puristettu kylmäainehöyry vapauttaa runsaasti lämpöenergiaa muuttuessaan (lauhtuessaan) takaisin nesteeksi. Vapautuva energia hyödynnetään talon lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuotossa.

Lämpöässä-maalämpöpumput käyttävät energian tuottamiseen tulistustekniikkaa.

Kompressorista tuleva kylmäaine on paljon lauhtumislämpötilaa kuumempaa kaasua, lähes 100-astetta eli kylmäaine on tulistunut. Ennen kuin kuumakaasu saavuttaa varsinaisen lauhtumislämpötilan, se jäähtyy eli tulistus poistuu (n. 15-20 % kylmäprosessin lämpöenergiasta).



Kuvio 3 . Maalämpöpumpun toimintaperiaate.

Tulistusenergia voidaan hyödyntää tehokkaasti esimerkiksi käyttöveden loppu-kuumennuksessa ottamalla se talteen erillisessä lämmönvaihtimessa ennen lämmitysverkosta lämmittävää lauhtutinta. Tulistimelta kuuma vesi johdetaan kaksiosaisen varaajan yläosaan, jolloin varaajaan saadaan voimakas lämpötilakerrostuma. Lämpöpumpusta saadaan korkeita

lämpötiloja ilman sähkövastusta. Tämän ansiosta kokonaishyötysuhde paranee. (Suomen lämpöpumpputekniikka powerpoint, 2009)

3 LAYOUTSUUNNITTELU

Layoutsuunnittelussa on otettava huomioon tuotannon ja työympäristön kannalta tärkeitä tekijöitä, kuten materiaalivirrat ja pinta-alan tarve. Pinta-alan vaikuttavat käsiteltävien tuotteiden koko ja varastopaikkojen tarve. Turhia siirtoja pyritään minimoimaan sijoittamalla työpisteellä tarvittavat tarvikkeet mahdollisimman lähelle työpistettä. Kun siirrot minimoidaan työntekijällä on enemmän aikaa keskittyä varsinaiseen kokoonpanoon.

Ensimmäisenä on määriteltävä kokoonpanoprosessi, jonka perusteella voidaan määritellä tuotannon kannalta välttämättömät työvaiheet. Layoutin suunnittelua varten täytyy tietää suunniteltavan tuotantotilan mitat, jotta voidaan mitoittaa varasto vastaamaan tuotannon tarpeita.

3.1 Kokoonpanoprosessi

Layoutin suunnittelussa kokoonpanoprosessin selvittäminen on avainasemassa. Tuotteen kokoonpanojärjestys on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa oikeilla hyllypaikkojen valinnoilla ja osakokoonpanojen sijoittelulla voidaan säästää kokoonpanon kuluvaa aikaa, jolla säästetään kokoonpanon kustannuksia.

Kokoonpanoprosessin perustekijöitä ovat Malbergin (1987, 140) mukaan seuraavat asiat:

- tuotteiden valmistusmäärä/ajanjakso (esim.vuosi)
- tuotteiden rakenne ja kompleksisuusaste
- tuotevariaatioiden määrä
- tuotteen ja sen komponenttien koko ja käsiteltävyys
- tuotteen kokoonpanoaika

- tuotteen haluttu läpäisy aika
- valmistetaanko tuotetta jatkuvasti vai jaksoittain
- laatu kriteerit
- tekniset sekä inhimilliset edellytykset ja mahdollisuudet
- mitä kokoonpano saa maksaa
- investointimahdollisuudet.

Tuotanto koostuu puolivalmisteista, testauksesta ja osakokoonpanoista, joista merkittävin on loppukokoonpano. Kuitenkin erilaisten osakokoonpanojen tuntemus on edellytys kokoonpanoprosessin selvittämiseksi.

3.2 Työpisteet

Yksittäisen työpisteen suunnittelussa on huomioitava työpisteen tarpeet ja hyvä ergonomia. Erityisesti työkalujen sijoittelu, materiaalien asettelu ja viihtyisä työympäristö ovat tärkeässä asemassa yksittäistä pistettä tarkasteltaessa.

Malberg (1987, 147) määrittää kokoonpanon edellytykset seuraavasti:

- työpaikalla suoritettavan työn määrä ja sisältö
- työmenetelmät ja siihen kuuluva aika
- työkalut
- laitteet ja apuvälineet
- muu työpaikkavarustus
- laatuvaatimukset
- tilantarve
- henkilöstö.

Vaikka työpisteen suunnittelussa huomioitaisiin työympäristön kannalta merkittävät tekijät, on myös ympäristöstä johtuvia haittoja. Näillä haitoilla

on vaikutusta työntekijän työtehoon ja hyvinvointiin. Tavallisimpia haittoja Leväsen (1988, 50) mukaan ovat melu, lämpö ja ilmasto-olosuhteet sekä valaistus ja värit. Lisäksi on huomioitava työpisteiden työturvallisuus ja niitä koskevat lait ja asetukset.

3.3 Tilantarpeet

Suunniteltaessa tuotantotilaa on huomioitava riittävät tilat, joissa pystytään toimimaan tehokkaasti.

Yksittäisessä työpisteessä tilantarpeeseen vaikuttavat työpisteessä tarvittavien työkalujen koko ja määrä. Tilantarpeeseen vaikuttaa myös käsiteltävän tuotteen koko ja miten tuotetta siirretään.

Yksittäisten työpisteiden etäisyys täytyy säilyttää riittävän suurena, ettei niistä aiheudu häiriötä toisilleen.

Käytävien täytyy olla riittävän leveitä, että hyllyjen täyttö ja trukeilla kulkeminen olisi sujuvaa ja turvallista. Suunnittelu vaiheessa on tiedettävä millaisia tuotteita hyllyissä sijaitsee ja miten hyllyjä täydennetään.

Varastotiloja suunniteltaessa on tiedettävä nimikkeiden lukumäärä ja jokaisen nimikkeen tilantarve. Tilauserien suuruudet vaikuttavat oleellisesti varastotilan tarpeeseen, joten niiden tarkastelu on osattava ottaa huomioon. Nimikkeiden oikealla sijoittelulla pystytään vaikuttamaan vaihe- ja läpäisyaikoihin. Työturvallisuus on muistettava ottaa huomioon. Palo-ovet ja varatiet on pidettävä selkeästi näkyvillä ja kulkureitit vapaina.

3.4 Tuotannon ulkopuoliset tekijät

Tuotannon ulkopuolisia sidosryhmiä, joilla on vaikutusta varastojen suunnitteluun, ovat esimerkiksi materiaalitoimittajat ja alihankkijat. Näiden

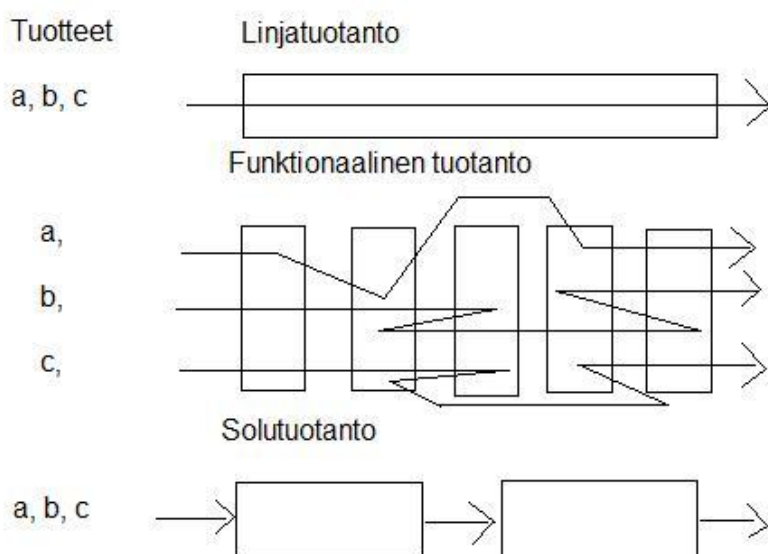
toimijoiden kanssa solmitut sopimukset ovat yleensä sidottuja tietyn kokoisiin toimituseriin ja eräkokoihin ja ne vaikuttavat nimikkeiden vaatimiin varastotiloihin.

Lisäksi suunniteltaessa layout jo olemassa oleviin tuotantotiloihin vaikuttavia tekijöitä ovat pinta-ala, korkeus, muoto ja lattiakuormitukset.

Yksi huomioonotettava asia on kunnossapidon vaatima tilantarve, sillä sen oikea huomioiminen nopeuttaa huolto- ja korjausaikoja.

3.5 Layout-tyypit

Layoutit voidaan jakaa kuvion 4 mukaisesti kolmeen pääryhmään: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layout ja solulayoutiin.



Kuvio 4. Layout tyyppien periaate.

3.6.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayout perustuu koneiden ja työpisteiden tarkkaan järjestelyyn työnkulkukaavion mukaisesti. Se edustaa kaikkein pisimmälle vietyä suunnittelua. Tuotantolinjan tunnetuimpia käyttäjiä ovat autoteollisuus ja elektroniikkateollisuus.

Suurin haaste tuotantolinjatyyppisessä tuotannossa on kuormittaa jokaista työvaihetta samalla tavalla. Kuormituksen epätasaisuus aiheuttaa ongelmia linjan toiminnassa. Tuotantolinjan käyttö toimii parhaiten tuotettaessa samankaltaisia tuotteita suurilla volyymeillä.

3.6.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen layout on tyypillinen layout suomalaisten alihankkijoiden ja piensarjaisen tuotannon käytössä.. Periaate on, että samankaltaista työtä tekevät koneet ja laitteet on sijoitettu samalle alueelle.

Tämän mallin vahvuus on joustavuus eräkokojen ja kappaleiden ominaisuuksien suhteen. Tuotantotilan rakentaminen ja käyttöönotto on helppoa ja jälkeempään tehtävät muutokset eivät vaikuta muiden pisteiden toimintaan. Tyypillisiä ongelmia tämän kaltaisille tuotantomalleille ovat pitkät kuljetusetäisyydet työvaiheiden välillä. Myös erilaiset kuormituksen pisteiden välillä vaativat erillisiä puskurivarastoja odotusaikojen välttämiseksi.

3.6.3 Solulayout

Solu on itsenäinen valmistusyksikkö, jolla on materiaalin vastaanottamiseen ja valmiin tuotteen luovuttamiseen omat pisteensä. Solussa työskentelevät muodostavat oman työryhmän ja onkin normaalia, että solussa on enemmän työpisteitä ja koneita kuin henkilöitä. Tällöin työpisteet kuormittavat henkilöitä tarpeen mukaan. Tuotannonohjauksessa työpisteitä käsitellään yhtenä kuormituspisteenä ja sen tekemää työtä yhtenä vaiheena. (Kurikka, Lapinleimu, Björklund, Päckilä & Ahola 1982,44)

Solutyyppisessä tuotannossa keskeneräisiä töitä on vähemmän, työntekijät ovat pitempään mukana yhden tuotteen tuotannossa. Kuljetuksia on vähemmän kuin funktionaalisessa tuotannossa. Soluja pystytään myös jakamaan erityyppisten tuotteiden tuotantoon jolloin tuotteiden läpimenoajat lyhenevät ja varastoihin sidottua pääomaa tarvitaan vähemmän.

3.7 Layoutin valinta

Valittaessa layouttia olisi toivottavaa esittää kahdesta kolmeen vaihtoehtoa tuotannon toteutukselle. Vaihtoehtojen ei tarvitse alkuvaiheessa perehtyä liian syvällisesti pienimpiin yksityiskohtiin, vaan tuoda esille erilaisia näkemyksiä toteutustavasta. Erilaiset investointilaskelmat ja painoarvovertailu tuovat esille eri tekijöitä jotka vaikuttavat layoutin valintaan. Painoarvovertailuun kannattaa valita sellaisia tekijöitä jotka ovat työn tilaajan mielestä avainasemassa. Oleellisia vertailun kohteita voisivat

olla työntekijän liikkuvuus, materiaalivirrat, varastokapasiteetti ja joustavuus.

Layoutin suunnittelussa tulisi ottaa huomioon myös ne henkilöt, jotka työskentelevät kyseisessä ympäristössä. Heidän toiveiden ja mielipiteiden kuunteleminen ennen valinnan tekemistä on otettava huomioon. Ristiriitojen ja näkemuserojen selvittäminen kannattaa käydä läpi ennen päätöksentekoa.

Tuotantolinjalayout on järkevä valinta, jos variaatioiden määrä on pieni ja valmistusmäärä suuri. Kun variaatioiden määrä on suuri, mutta valmistusmäärät pieniä, funktionaalinen layout on toimiva vaihtoehto. Solulayout on sijoittunut näiden kahden vaihtoehdon väliin.

4. Materiaalin hallinta

4.1 Materiaalin hallinnan pääkohdat

Teollisuusyrittäjään tehdään materiaalihankintoja yleensä tiettyä työtä varten, tilausten perusteella, tarvelaskelmien perusteella tai kiintein aikavälein.

Työtä varten tehtävä materiaalinhankinta tehdään tilauksen jälkeen, jolloin hankinta kohdistuu suoraan työlle. Tilauspisteen perusteella materiaalihankinnat tehdään etukäteen määrättyjen hankintarajojen mukaan, mikä vaatii jatkuvaa varastoseurantaa. Tarvelaskentaan perustuva hankinta tapahtuu tilauskannan perusteella. Materiaalihankinnat ajoitetaan tällöin toimitusaikojen perusteella. Kiintein aikavälein tapahtuvassa materiaalinhankinnassa varaston saldoa tarkkaillaan säännöllisesti ja jos saldo on alle asetetun tehdään tilaus.

Materiaalin hallinnan kannalta varastojen oikeellisuuden seuranta eli inventointi on tärkeää. Varaston ja kirjanpidon on vastattava toisiaan. Nykyisin on yleistä, että varaston seurantaan käytetään tietokoneohjelmia. Varastojen paikkansapitävyys on tarkistettava tietyin väliajoin inventoimalla. Virheellinen kirjanpito voi aiheuttaa ongelmia tuotantoon ja viivästyksiä toimitusaikoihin, jos tuote on loppunut hyllystä.

4.2 Eräkoot

Optimaalisen eräkoon selvittäminen on tärkeää, kun pyritään pitämään varastoihin sidottu omaisuus pienenä ja kuljetuskustannukset minimaalisina.

Yrityksen varastonimikkeiden arvo voi vaihdella suuresti. Siksi onkin tärkeää keskittää tehokas seuranta erityisesti arvokkaisiin nimikkeisiin. Nämä nimikkeet kohottavat varaston arvoa, jos niitä tilataan ennusteisiin perustuen suuria eriä kerrallaan. On mietittävä myös kuljetuskustannuksia, jotka voivat olla todella korkeita erityisesti, jos tuote toimitetaan kaukaa. Näissä tapauksissa on yleistä, että yhden lähettäminen maksaa yhtä paljon kuin isomman määrän lähettäminen. Viikko-ohjelmaan sidotuilla toimitusmäärillä pystytään minimoimaan varastojen koko, mutta se vaatii toimiakseen todella hyvin toimivan logistiikan ja varastojen jatkuvaa seurantaa.

Tilauspistetekniikan käyttö on perusteltua, kun nimikkeiden kulutus on suurta ja käyttö tasaista. Tällaisia nimikkeitä ovat esimerkiksi ruuvit ja mutterit, joiden varastotilan tarve on vähäistä ja kappalehintaa alhainen.

4.3 Varasto

Varaston tarkoitus on tasata materiaalivirtauksessa tapahtuvia rytmieroja.

4.3.1 Raaka-ainevarasto

Raaka-ainevaraston on tarkoitus toimia ostettavan materiaalin sijoituspaikkana. Sinne varastoidaan myös tuotannon tarvitsemia rakenneosia ja raaka-aineita. Perusvarastossa pyritään pitämään nimikkeiden määrä sovitulla tasolla, jotta palvelutaso voidaan säilyttää, vaikka toimitukset myöhästyisivät. Käyttövarasto on se varasto, joka kulutetaan täydennyserien välissä loppuun.

Perusvaraston palvelutaso eli varmuusvarastojen suuruus riippuu yrityksen toiminnalle asetetuista tavoitteista. Jos varastoarvonkarsitaan, helpoin säästön kohde on pienentää varmuusvarastoa.

4.3.2 Puolivalmistevarasto

Puolivalmistevarastoja on pitkin tuotantolinjaa. Niillä tarkoitetaan varastoja, joissa säilytetään keskeneräisiä tuotteita ennen jatkojalostusta. Valmistus voi edellyttää puolivalmisteiden käyttöä.

4.3.3 Valmistevarasto

Valmistevarastoon sijoitetaan myytävät tuotteet. Yleisesti valmistevarastosta käytetään nimitystä valmisvarasto tai myyntivarasto. Ne tuotteet, jotka on myyty, mutta ovat varastoituna tehtaan tiloissa odottamassa toimitusta sijaitsevat asiakasvarastossa.

5. TUOTANNONOHJAUS

5.1.1 JIT

JIT-(Just In Time) tai Suomessa yleisemmin käytetty JOT-(Juuri Oikeaan Tarpeeseen) tyyppisen tuotannonohjauksen lähtökohtana on toimittaa tarvittava materiaali ajallaan määrättyyn paikkaan. Lähtökohtana on tällöin varastokokojen pienentäminen.

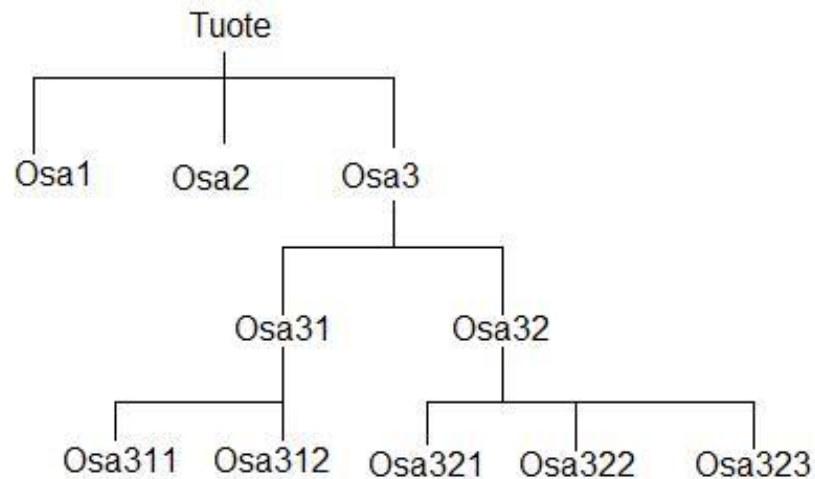
Tuotannonohjauksen yksinkertaistamiseksi onkin useita eri keinoja (Hurskainen, Byman, Kauppinen, Kurikka, Leskinen, Olkkonen & Salo 1984, 51):

- itsenäiset tuoteverstaat ja tuotantosolut
- halpojen (C-ryhmän) nimikkeiden tilaaminen ulkoa
- visuaalinen valvonta
- tuotekohtaisten osa-settien käyttö tilaamisessa
- imuohjaus
- kokoonpanon osien saannin varmistaminen.

Jotta tuotannonohjaus olisi mahdollisimman helppoa, tuotanto pyritään virtauttamaan. Tuotanto jaetaan pieniin, helposti hallittaviin kokonaisuuksiin. Niitä voivat olla esimerkiksi pienet tuotantolinjat tai tuotantosolut. Tarkoituksena on saada tuotanto etenemään suoraviivaisesti.

5.1.2 MRP ja MRP II

MRP:n (Materials Requirements Planning) perusajatus on, että tuotteet voidaan esittää tuoterakenteen avulla. Tällöin materiaalit tarpeet lasketaan tuoterakenteen avulla.



Kuvio 5 . Kuvaaja MRP-rakenteesta.

MRP II (Manufacturing Resource Planning) käyttää materiaalityökalun määrittämiseen myös myyntiennusteita. Tätä karkeaa materiaalityökalun määrittämistä käytetään, kun halutaan ennakoita esimerkiksi vuosiosastojen kokoa.

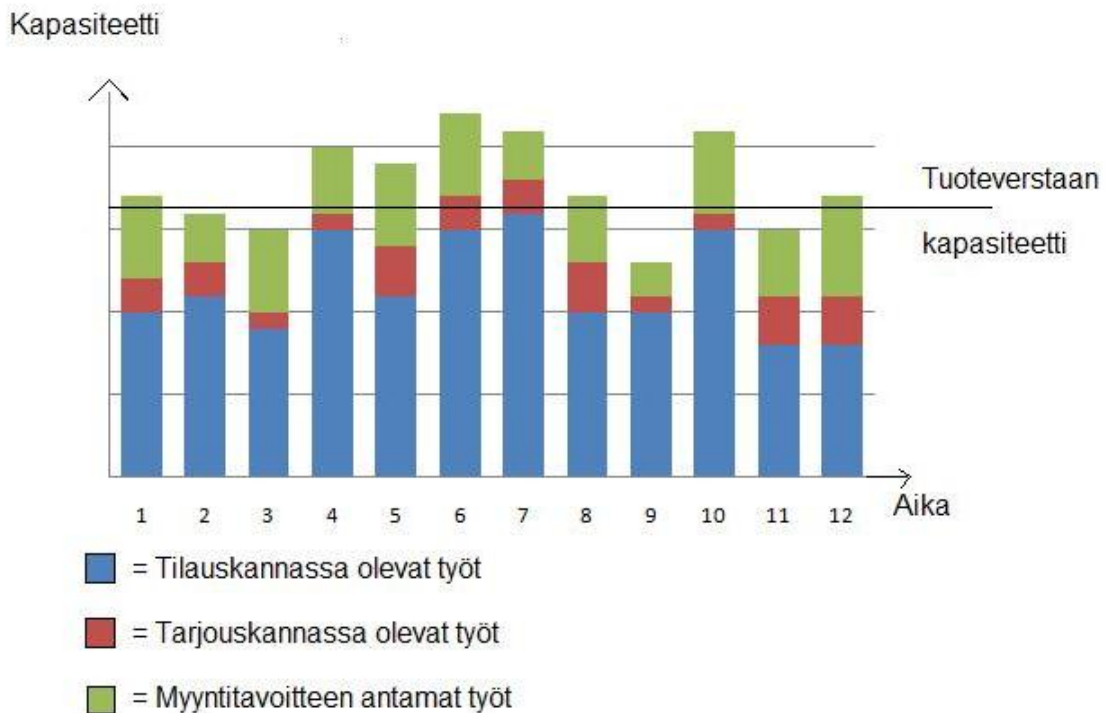
5.1.3 Lean Management

Lean Management on japanilaisesta autoteollisuudesta lähtöisin oleva toimintatapojen järjestely, jonka vahvuuksia ovat keveys ja joustavuus. Asiakkaiden haluamat palvelut ja tuotteet pyritään toteuttamaan mahdollisimman vähillä resursseilla. Kaikki lisäarvoa tuottamaton työ pyritään karsimaan pois.

Lean Managementin periaatteet ovat muun muassa asiakaskeskeisyys kaikessa toiminnassa, laadukkuus kaikessa toiminnassa, vastuun hajauttaminen, kaikkien resurssien mitoitus juuri tarpeiden mukaan, matala ja monitaitoinen organisaatio, yhteistyö, ryhmätyö, jatkuva vertailu kilpailuihin sekä parhaisiin yrityksiin (Benchmarking), jatkuvan parantamisen periaate (Kaitzen), joustava tuotantojärjestelmä ja imuohjaus, virtautettu tuotanto, lyhyet asetusajat, lyhyet läpäisyajat sekä tuotannossa että kokonaisuudessa sekä väli- ja tuotevarastojen minimointi. (Miettinen 1993, 102)

5.2 Karkeasuunnittelu

Kapasiteetin täysimääräinen hyödyntäminen on tuotannon tehokkuuden kannalta tärkeää. Tuotannon karkeasuunnittelua varten tarvitaan tilaus- ja tarjouskannasta löytyvät myynnin budjetoitu tavoitearvo. Vertaamalla näitä tuotannon kapasiteettiin voidaan suorittaa töiden karkea aikataulus



Kuvio 6 . Karkeasuunnittelu.

Kuviossa 6 on esitetty periaatekuva tuotannon karkeasta kuormittamisesta. Kuvasta ilmenee myös kapasiteetin riittävyys.

5.3 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelussa esitetään tarkka suunnitelma tuotteen valmistamiseksi. Suunnitelma mahdollistaa tarvittavien työvaiheiden tarkan ajoituksen ja tuotteen valmistamisen aikataulun mukaan käytössä olevilla resursseilla.

Hienosuunnittelulla pyritään poistamaan tuotannon päällekkäisyydet ja hyödyntämään tuotantokapasiteetti mahdollisimman tehokkaasti. Ajoituksessa on otettava huomioon kokonaisläpäisy aika, joka sisältää varsinaisen työajan lisäksi asetusajan sekä siirto- ja odotusajat.

Suunnittelun apuvälineeksi on kehitetty ohjelmistoja joiden avulla voidaan kerätä tärkeää tietoa läpäisyajoista ja hyödyntää niitä myöhemmin valmistuksen kuormitusta suunniteltaessa.

6. LAYOUTVAIHTOEHDOT

Varsinainen suunnittelu aloitettiin tutustumalla tuotantolinjaan ja sen kokoonpanopisteisiin. Tehtävä oli tutustua linjan toimintaan ja saada kuva siitä, kuinka kokoonpano linjalla toteutuu käytännössä. Tutustumisen jälkeen kerättiin ajatukset paperille ja tutustuttiin ongelmakohtiin. Käyttökelpoiset ja toteutettavissa olevat ideat koottiin paperille ja niiden toteutusmenetelmää alettiin miettiä.

Lopputuloksena esille nousi kolme erilaista ehdotusta, joista palaverien ja pohdintojen jälkeen valittiin toimivin. Valittua ehdotusta lähdetäisiin kehittämään pidemmälle ja yksityiskohtaisemmin.

Työssä käytetään havainnollistavia värejä

Värien merkitykset:

Vaaleansininen = Kompressoriyksiköiden valmistus

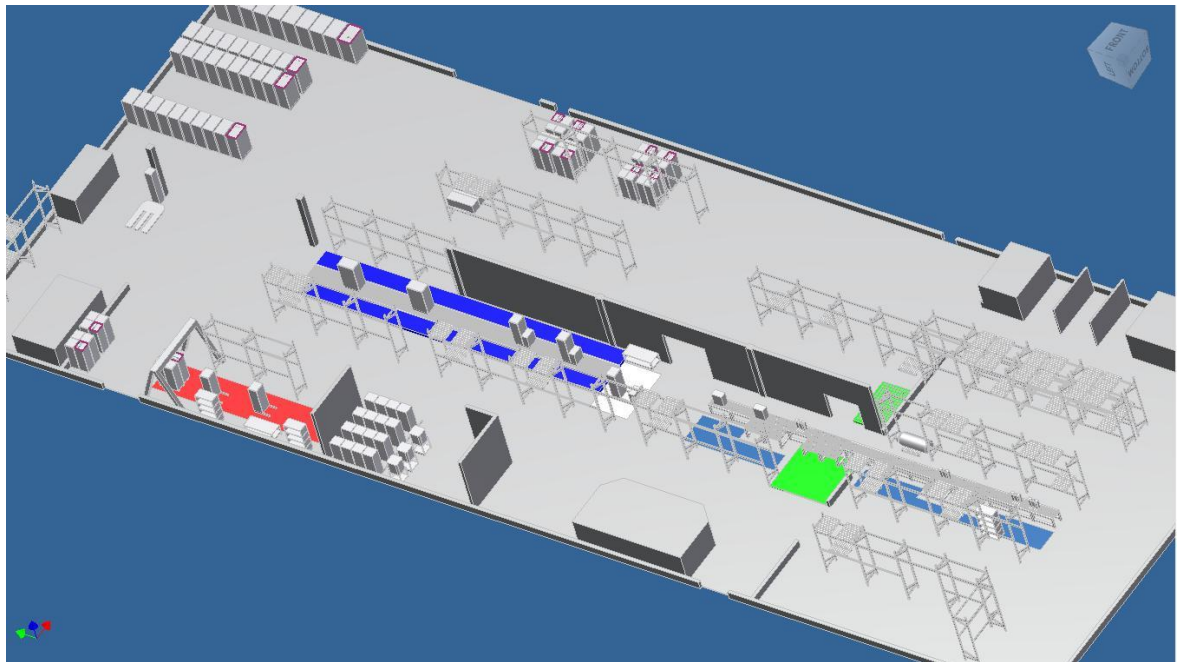
Punainen = Varaajavarustelu

Valkoinen = Yhdistys

Sininen = Sähköistys/Pellitys

Vihreä = Koeajo

6.1 Ensimmäinen vaihtoehto



Kuvio 7. Ensimmäinen vaihtoehto.

Tässä ratkaisumallissa kompressoriyksiköt valmistetaan samalla linjalla kuin nykyisinkin. Kompressorij- ja varaajayksikön yhdistäminen tapahtuu matalan rullaradan alussa. Muuten matalan rullaradan käyttö jatkuu nykyisellään ilman muutoksia. Varaajavarustelu siirretään väliseinän vasemmalle puolelle kokoonpanonrullaradan kanssa. Väliseinän oikea puoli hallista jää kokonaisuudessaan varastotilaksi.

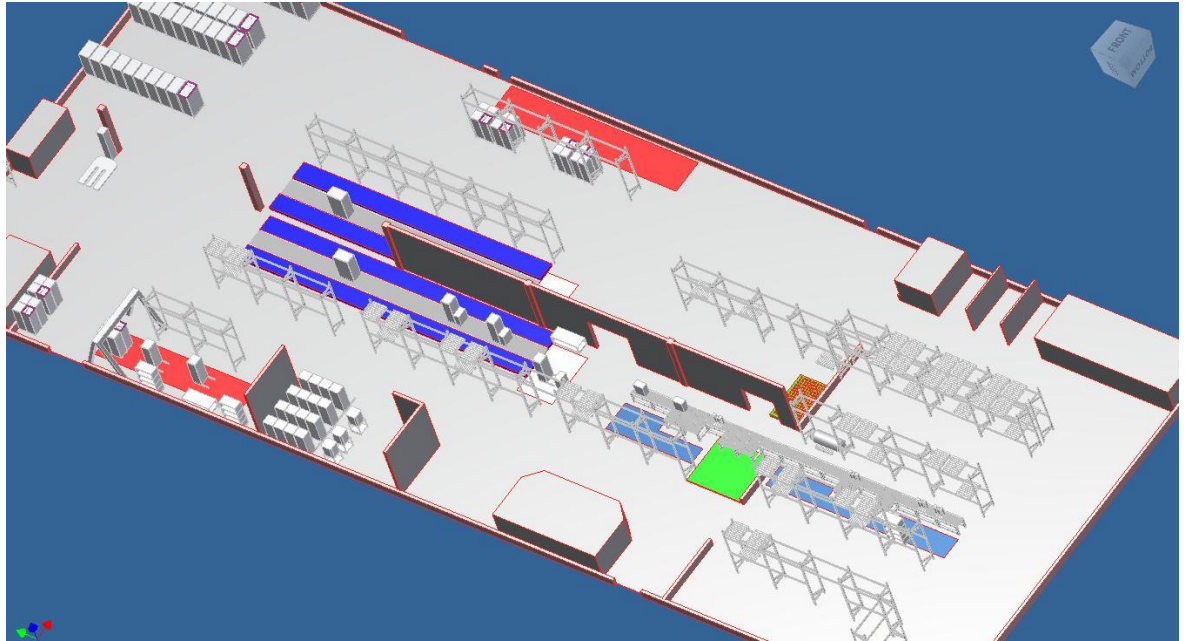
Siirrot ovat lyhyitä, tarvittavat työkalut ovat jo olemassa eikä niihin tarvitsisi investoida. Lyhyiden siirtomuutosten lisäksi ristikkäisiä siirtoja ei tule sillä tavara liikkuu virtaustyyppisesti. Hankaluutta aiheuttavat kompressoriyksiköiden mahdollinen välivarastointi ja varaajien välivaraston kohtaan suunniteltu koulutustila. Lähettämön nosto-ovi sijaitsee suunnitellun varaajavarustelulinjan alussa. Ovi on ollut lähettämön käytössä lattiassa sijaitsevan hissien takia. Siirto saattaisi aiheuttaa ongelmia myös lähettämön toiminnalle oven käytön suhteen.

Pellityslinjan loppuun tarvitaan lisää tilaa laajentuvan mallisarjan pintapelleille. Ongelma ratkaistaan puhkaisemalla reikä väliseinään

pellityspisteen kohtaan, ja siihen sijoitettaisiin laajentuvan mallisarjan tarvitsemat ulkopellit. Ulkopellit ovat tilaavievin varastohyllyjä käyttävä nimike tälläkin hetkellä. Saapuvien varaajälähetysten varastointi on myös ongelmallista, sillä varaajavarustelun alussa tila on rajallinen, ja myös jo mainittu lähettämön ovi rajoittaa tilan käyttöä.

Nykyisellään asiakasvarasto sijaitsee suunnitellun varaajavarustelun paikalla, joten se on siirrettävä korvaavaan paikkaan. Asiakasvaraston siirrossa on huomioitava, että tehtaassa varastoon varastoidut koneet eivät saa sekoittua asiakasvaraston koneisiin. Nämä kaksi varastoa on siis erotettava selkeästi.

6.2 Toinen vaihtoehto



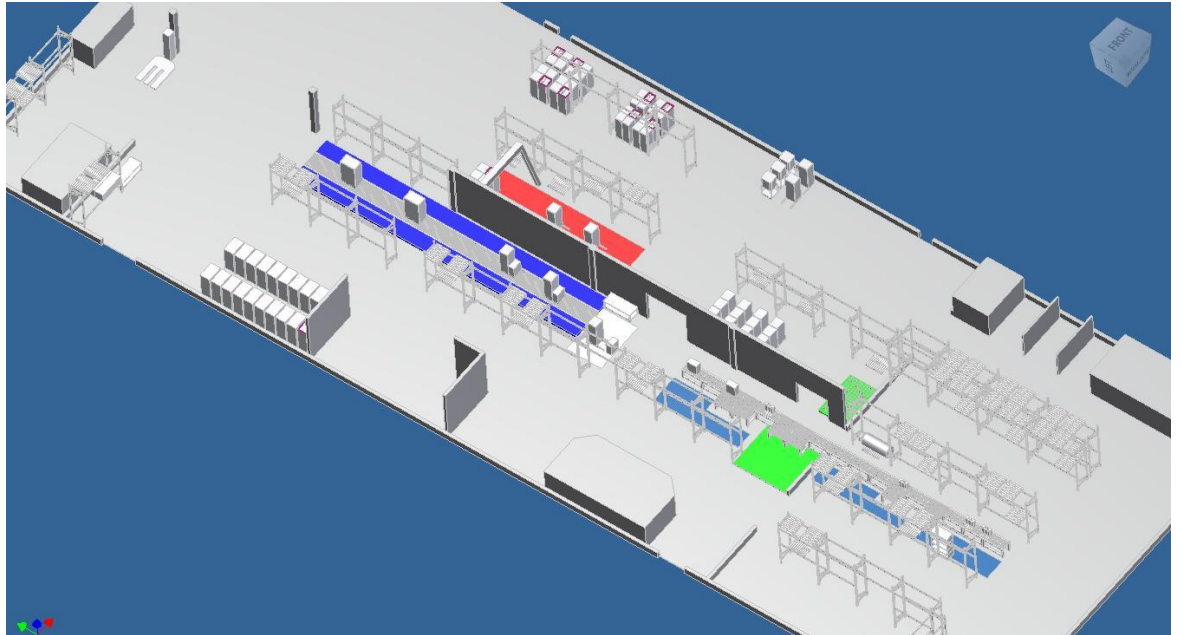
Kuvio 8. Toinen vaihtoehto.

Kompressoriyksiköt valmistetaan samalla linjalla, jonka jälkeen valmistus jakaantuu väliseinän molemmille puolille. Jaottelu on selkeää ja hyllytilaa on runsaasti. Mahdolliset ongelmatilanteet eivät pysäyttäisi koko tuotantoa.

Huonoa kyseisessä mallissa on investointien tarve, joista suurin on uuden rullaradan hankinta. Työntekijöiden liikkuvuus hiljaisina aikoina lisääntyy.

Varaajavarustelu on sijoitettu vaihtoehto 1:n tapaan asiakasvaraston paikalle. Toinen mahdollisuus sijoittamiselle toisella puolen hallia kuvio 8 mukaisesti.

6.3 Kolmas vaihtoehto



Kuvio 9. Kolmas vaihtoehto.

Kompressoriyksiköt valmistetaan samalla linjalla. Varaajavarustelu on läpivirtaava, ja valmistus tapahtuu nykyisellä paikalla. Varaajien välivarasto sijaitsee varaajavarustelua vastapäätä. Yhdistäminen tapahtuu matalan rullaradan alussa. Matalan rullaradan toiminnot ovat nykyisellään. Laajentuvan mallisarjan peltejä varten asennetaan lisähyllyjä väliseinän tilalle pellityspisteeseen tilan riittävyyden takaamiseksi.

Muutokset nykyiseen pohjapiirroksen ovat vähäisiä. Tarvittavat työkalut ovat jo olemassa ja komponentit on sijoitettu hyllyihin toimivasti. Siirtoetäisyydet ovat erittäin lyhyitä.

Varaajavarusteluun tämä muutos vaatii nosturin siirron ja mahdollisesti myös kaventamisen. Ovien valmistus siirretään asiakasvaraston läheisyyteen seinänviereen. Ovien siirtämiseen linjalle käytetään A-hyllyjä, koska ovet naarmuuntuvat vaakatasossa kuljetettuna herkästi.

7. LAYOUTIN VALINTA

Esityksen perusteella päädyttiin vaihtoehtoon 3. Tämän etuja ovat vähäiset muutokset nykyiseen pohjapiirrokseen, nykyisen rullaradan tehokas käyttö, pienet investoinnit ja lyhyet siirrot pisteiden välillä.

Valinnan jälkeen linjan yksityiskohtaisempi suunnittelu voitiin aloittaa. Tuotantotilan hyllyt on merkitty helppolukuisin koodein, joten niiden tunnuksot jäävät pääosin entiselleen.

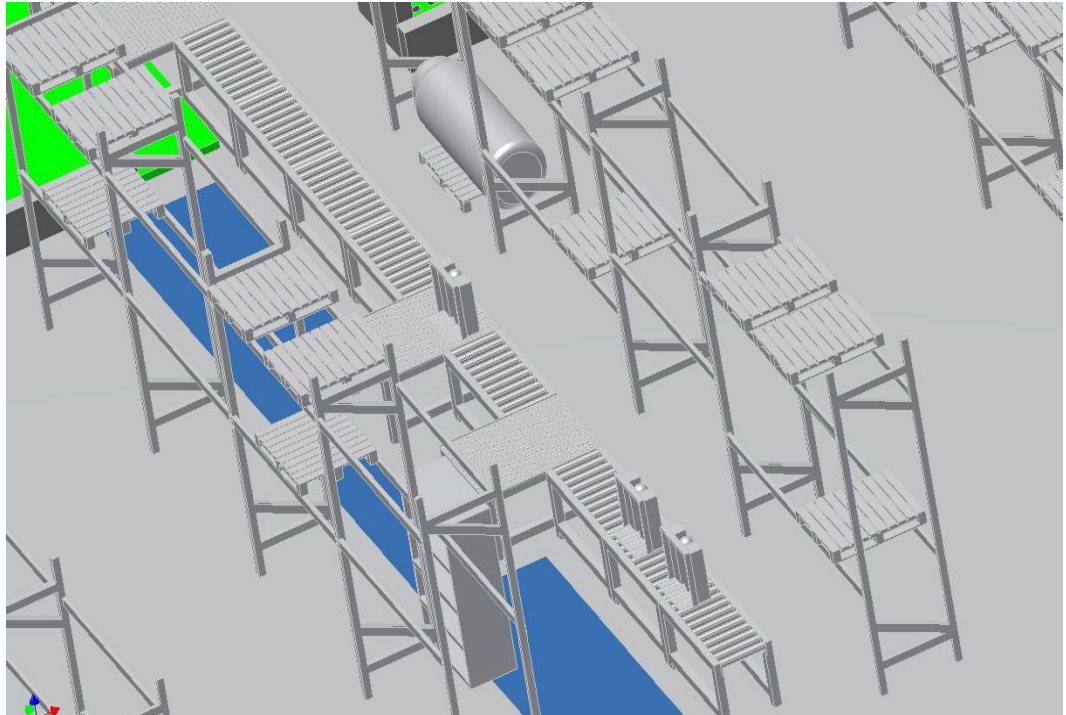
Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy:n käytössä on kehittynyt tuotannonohjausjärjestelmä. Järjestelmän avulla laaditaan viikkosuunnitelma valmistettavista koneista ja sen perusteella tehdään tilaukset tarvittavista komponenteista. Järjestelmä tarkkailee jo myytyjä valmistettavaksi tulevia koneita sekä varaston saldoa. Järjestelmän avulla varastoon sidotun pääoman määrää on saatu pienennettyä huomattavasti.

Yksityiskohtainen tarkastelu

Halli on jaettu kolmeen alueeseen kirjaimin A, B ja C. Kompressorisyksiköiden valmistus tapahtuu alueella C ja kompressorisyksikön pellitys alueen A alussa. Varaajavarustelu sijoittuu B-alueelle, jossa sijaitsee myös varaajien välivarasto. Yhdistäminen, sähköistys ja pellitys tehdään alueella A.

Hyllyjen nimikkeitä on tarkasteltu 17.2.2010 tulostetun ”varasto SLP hyllykartan”-dokumentin avulla. Työssä on huomioitu hyllyille varastoidut tuotteet. Pientarvikehyllyille varastoituja tuotteita ei ole huomioitu tuotekoodein eikä nimikkein, mutta mallikuvissakin esiintyy nykyisen kaltaisia pientarvikehyllyjä. Hyllyjä tarvitaan myös tulevaisuudessa, niissä sijaitsevat nimikkeet pysyvät ennallaan ja hyllyjä lisätään pisteisiin, joita laajentuva mallisarja vaatii. Nimikkeet ovat ainoastaan vakiotuotteiden komponentteja.

Alue C



Kuvio 10. Kompressorisyksikön kokoonpano.

Kompressorisyksiköiden valmistuksessa muutokset koskevat pääasiassa komponenttien sijoittelusta aiheutuvia muutoksia. Lisähyllytilan saamiseksi linjan vasemmalle puolelle on mahdollista asentaa yksi 284 cm leveä hylly lisää ja asentaa hyllyt peräkkäin ilman katkoksia. Linjan oikealla puolella on myös mahdollista asentaa yksi hylly varastotilan lisäämiseksi. Kylmäainesäiliö olisi mahdollista sijoittaa tämän hyllyn alle suojaan, mistä se on kuitenkin siirrettävissä trukilla tarvittaessa.

Hyllyjen nimikkeet pysyvät samoina, eli kokoonpanon käytössä ovat hyllyt C 08 A, C 08 B ja C 08 C. Hyllyihin sijoitetaan kaikki kompressorisyksikön kokoonpanossa tarvittavat komponentit.

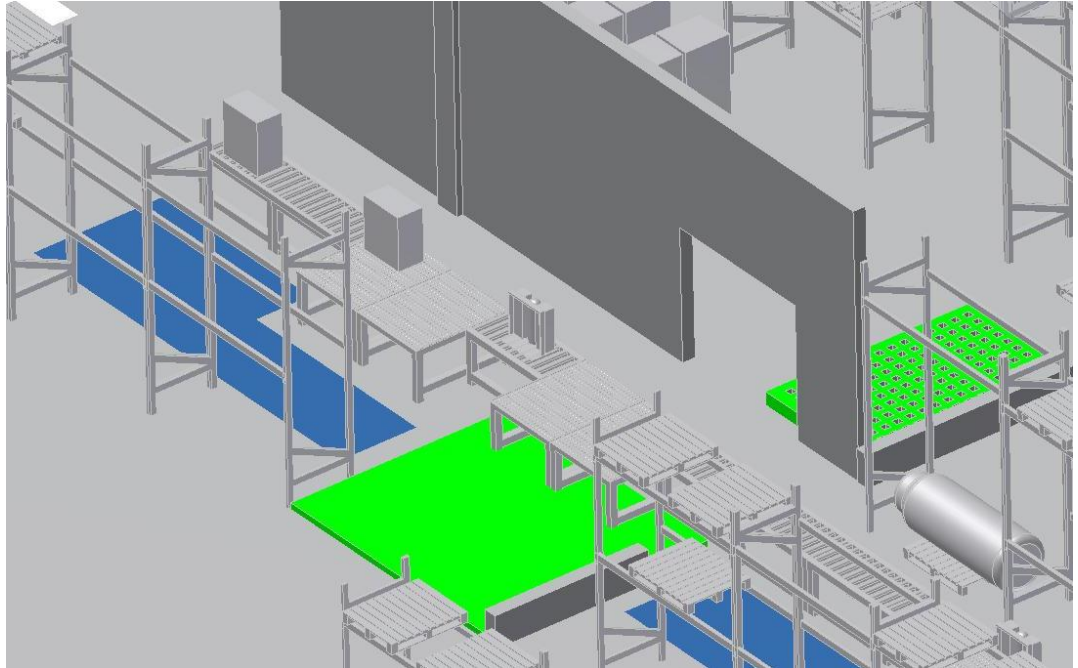
Koska laajentuva mallisarja vaatii yhtä paljon osia valmistukseen, hyllyille on sijoitettava omat nimikkeet myös laajentuvalle mallisarjalle. Laajenevalla mallisarjalla ja jo olemassa olevalla vakiotuotesarjalla on jonkin verran yhteneviä osia. Osien sijoittelu on hoidettava niin, että työpisteen ja

varastopaikan välinen matka olisi mahdollisimman lyhyt. Varapaikat tulisi sijoittaa varastoon mahdollisimman lähelle varsinaista varastopaikkaa, mutta kuitenkin niin, ettei varapaikka vie tilaa varsinaiselta kokoonpanolinjalta.

Työpisteen ja varastohyllyn tarvitsemien osien etäisyys ei saa olla liian suuri, sillä jokainen kauempaa noudettu osa vie aikaa kokoonpanolta. Varastopaikkoja täytyy pienempien komponenttien osalta käydä läpi ja varmistaa hyllypaikkojen riittävyys.

Kompressorisyksikön kokoonpanon jälkeen yksikkö siirtyy tyhjiöinnin ja kylmäaineen lisäyksen jälkeen koeajoon.

Alue A

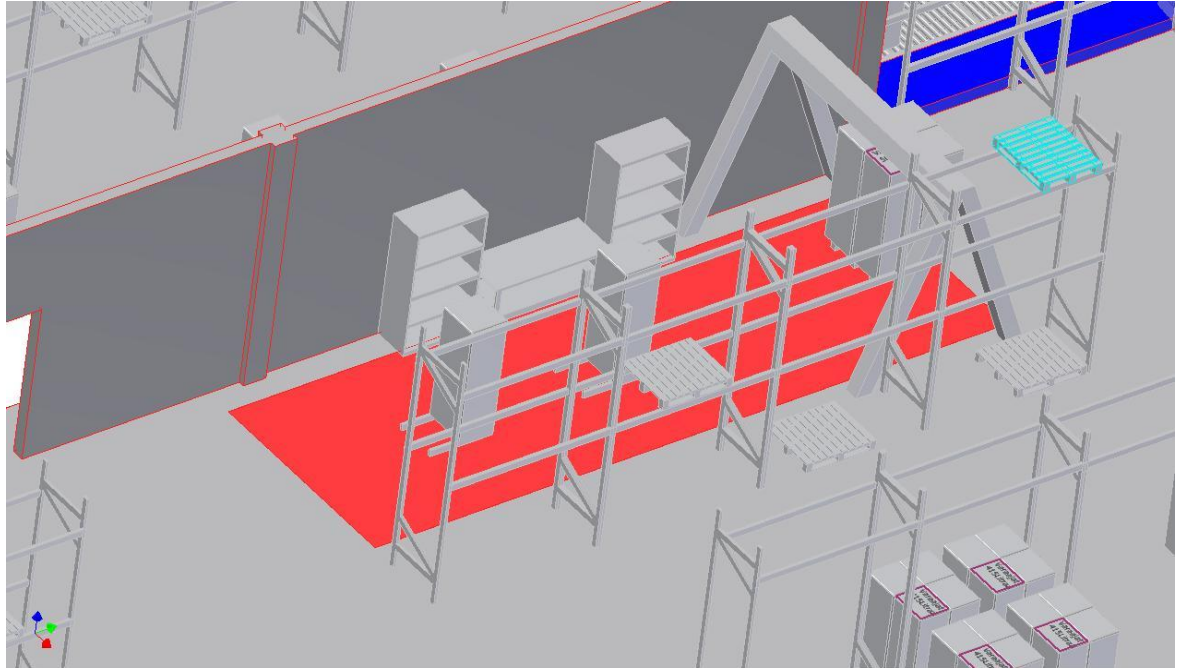


Kuvio 11. Koeajo ja kompressoriyksikön pellitys.

Koeajon jälkeen vakiotuotesarjan kompressoriyksiköt pellitetään äänieristetyllä pelleillä ja kompressorin päälle asennetaan huppu. Laajenevassa mallisarjassa ei ole pellitystyövaihetta. Laajenevan mallisarjan kompressoriyksikköön lisätään koeajon jälkeen kompressorin huppu.

Koeajo sijaitsee hallin osiossa A, minkä jälkeen hyllyjen numerointi muuttuu täsmäämään hallin osiota. Kompressoriyksiköiden pellityksen kohdalla hylly on A 01, yhdistys- ja sähköistyspaikalla A 02 ja pellityksessä A 03.

Alue B



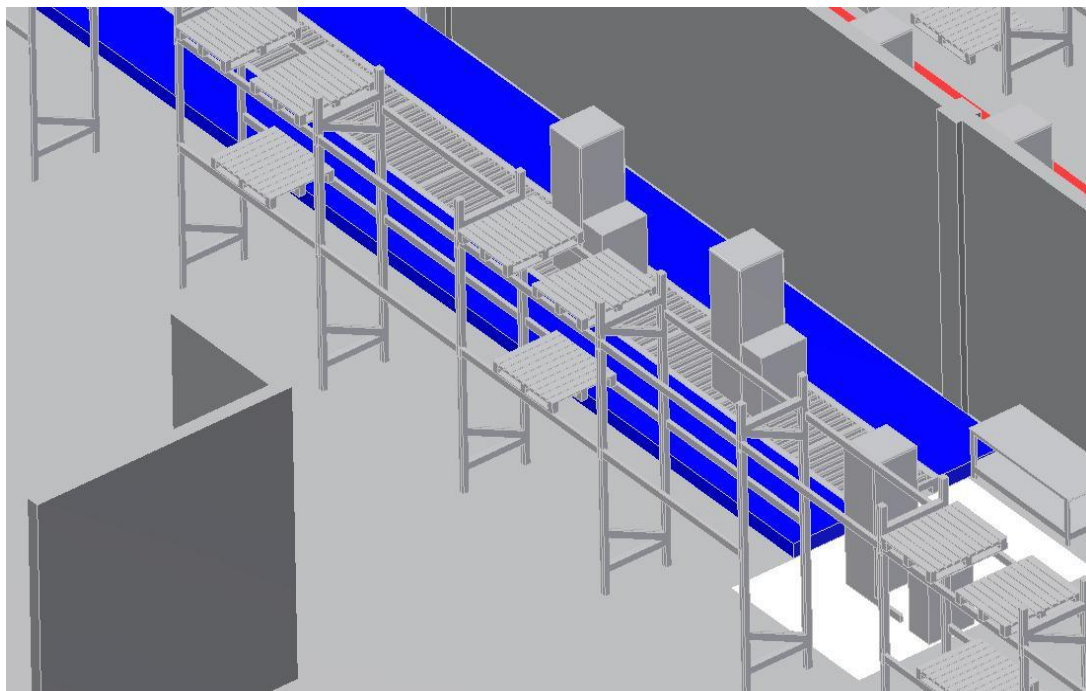
Kuvio 12. Varaajavarustelu.

Väliseinän oikea puoli on nimetty alueeksi B. Tällä alueella sijaitsee varaajavarustelu. Varaajavarustelu kokee suurimmat pohjapiirrosmuutokset, koska tuotantosuunta kääntyy vastakkaiseksi nykyiseen nähden ja varaajat tulevat kulkemaan virtana solun läpi

Varaajavarustelussa vakiotuotesarja ja laajentuva mallisarja liikkuvat samoin kun kompressoriyksikköjen valmistuksessa. Varaajia valmistetaan siinä järjestyksessä kuin viikko-ohjelmaan on merkitty. Varaajat poistetaan kuormalavalta ja niihin asennetaan pohjalevy ja kuljetusjalakset. Tämän jälkeen asennetaan muut tarvittavat komponentit. Työjärjestys on sama valmistettavasta varaajatyypistä riippumatta.

Kokoonpanolla on käytössään varaajavarustelun viereiset hyllyt alueelta B.

Alue A

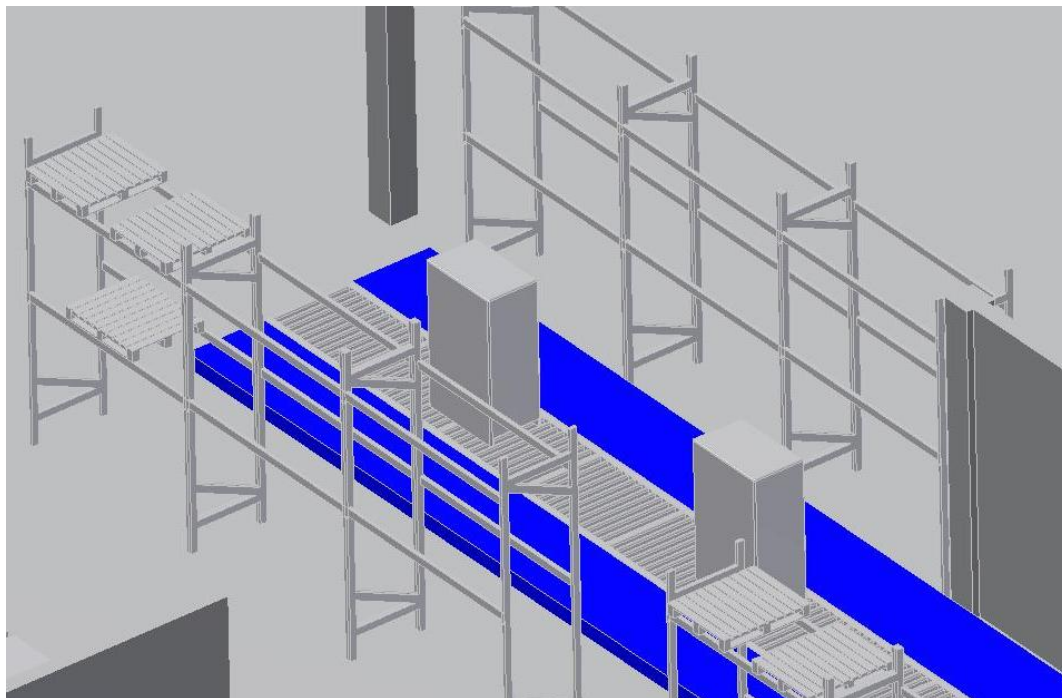


Kuvio 13. Yhdistäminen ja sähköistys.

Hallin A-puolella matalan rullaradan alussa tehdään koneikon ja varaajan yhdistys.

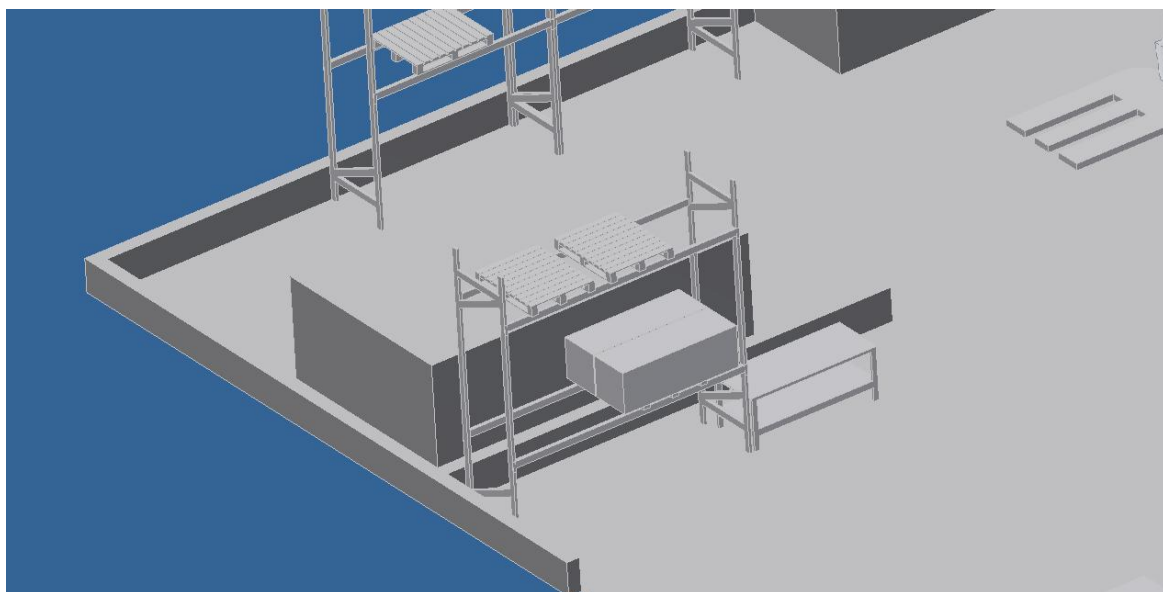
Yhdistyksen vaatimat komponentit varastoidaan hyllyn A 02 alkuun.

Sähköistys tehdään matalan rullaradan alussa, jossa tarvittavat komponentit sijaitsevat hyllyssä A 02 yhdistyksen vaatimien komponenttipaikkojen jälkeen.



Kuvio 14. Pellitys.

Viimeinen kokoonpanon vaihe on pellitys. Pellityksen käytössä on hylly A 03, johon on sijoitettu tarvittavat komponentit vakiotuotesarjaa varten. Laajentuvalle mallisarjalle on tehty oma hylly pellityspistettä varten. Hyllyn nimitys voisi olla A 04. Hyllyyn sijoitettaisiin kaikki uuden sarjan vaatimat pellit.



Kuvio 15. Ovien valmistus.

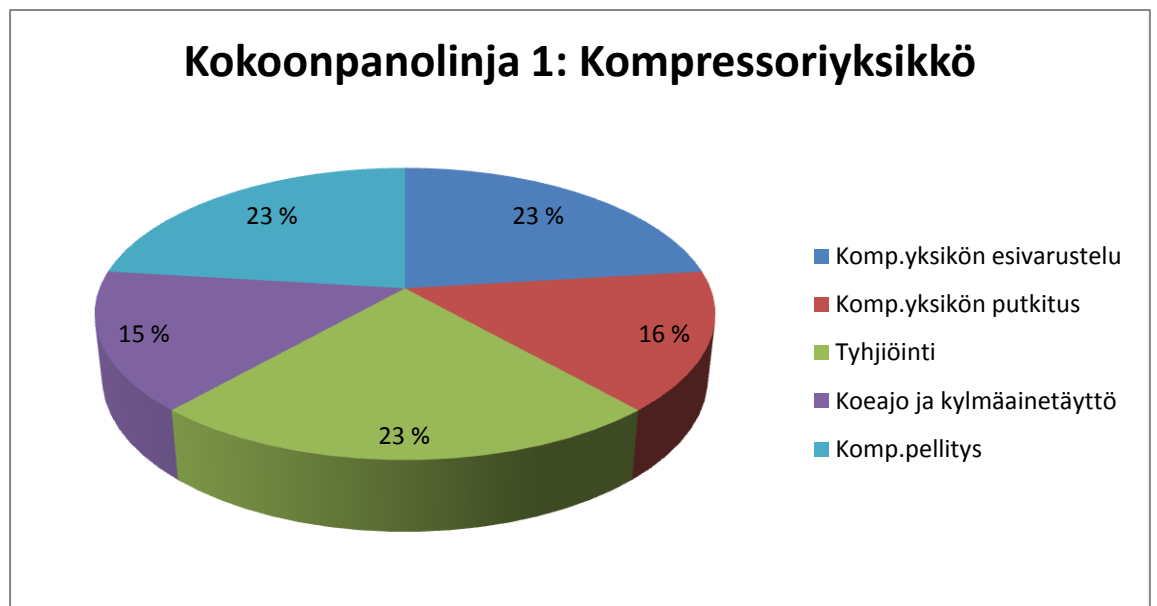
Koska hyllyn B 03 siirretään matalanrullaradan viereen palvelemaan pellityspistettä, ovien valmistuspiste on sijoitettava uudelleen. Uusi piste olisi lähettämön oven läheisyydessä. Pisteeseen asennettaisiin yksi 370 cm mittainen hylly väliseinää vasten sekä työtaso. Valmiit ovet siirrettäisiin linjalle mahdollisesti A-pukeilla naarmujen välttämiseksi. Tämä uusi hylly olisi nimikkeeltään A 05.

8. VALITUN RATKAISUN VAIHEAJAT

Valitun layoutmallin tueksi käydään läpi linjaston vaiheajoja. Vaiheajojen avulla pyritään selvittämään linjan kapasiteetti ja yksittäisissä kokoonpanopisteissä tuotteen valmistukseen kuluva aika.

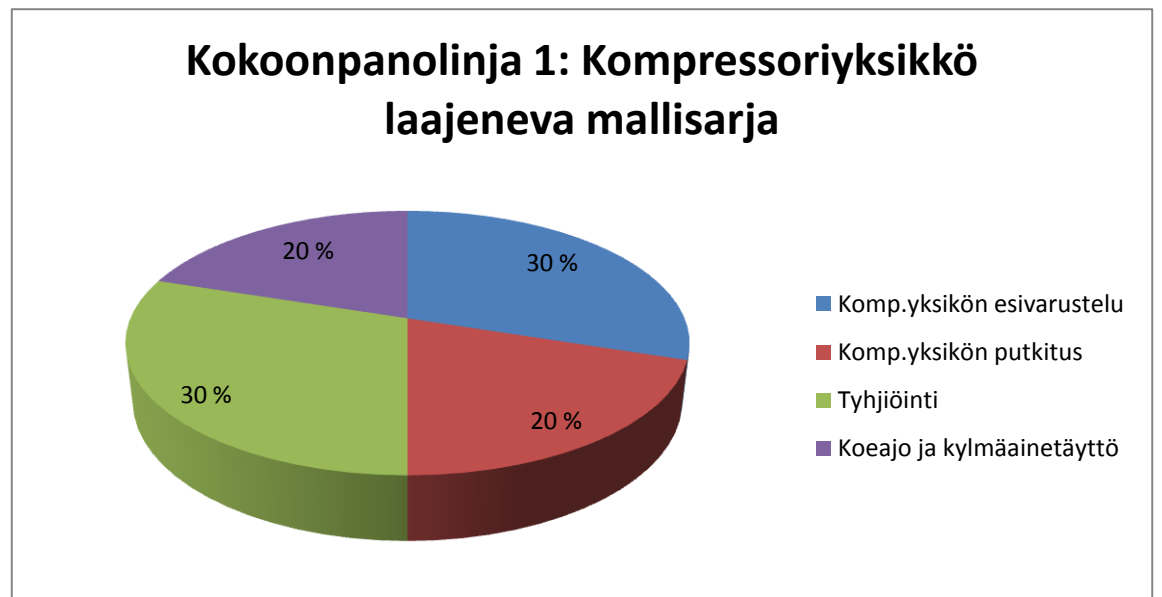
TAULUKKO 1. Läpäisyajat kokoonpanolinja 1

Kokoonpanolinja 1: Kompessoriyksikkö			
Vaihe	Aika per vaihe (%)	Työpisteitä (kpl)	Läpimenoaika (%)
Komp.yksikön esivarustelu	7	1	23
Komp.yksikön putkitus	9,4	2	15,5
Tyhjiöinti	55,2	8	23
Koeajo ja kylmäainetäyttö	3	3	15,5
Komp.pellitys	2	2	23



Kuvio 16. Vakiotuotesarjan vaiheajat.

Taulukkoon 1 perustuva kuvio 16 esittää vakiotuotesarjan vaiheajoja. Laajeneva mallisarja poikkeaa yllä olevasta kompressoriyksikön pellityksen osalta.



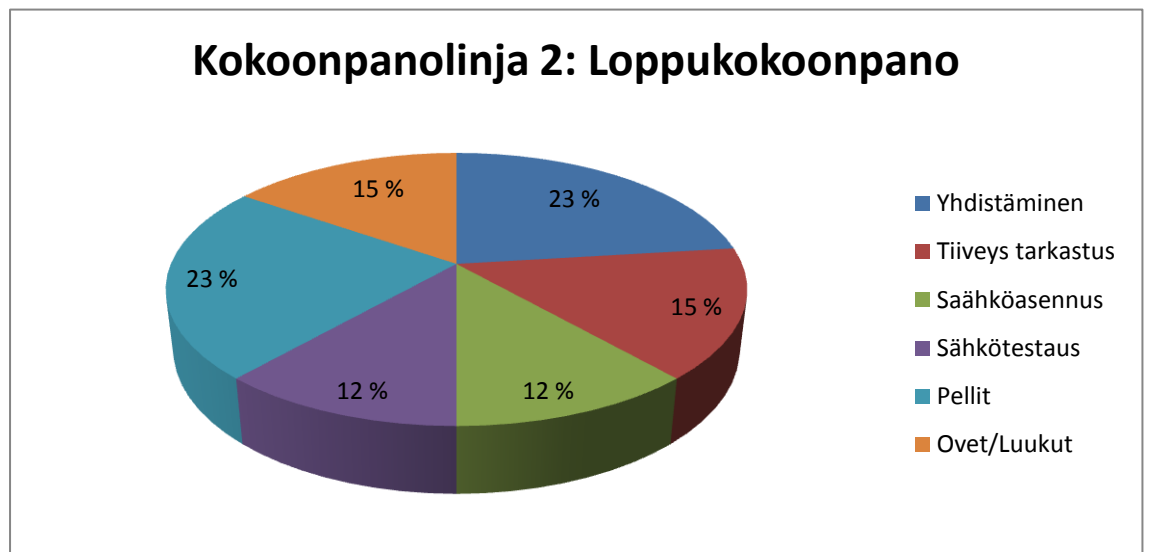
Kuvio 17. Laajenevan mallisarjan vaiheajat.

Kuvio 17 kuvaa uuden sarjan vaiheajoja kokoonpanolinjan 1 osalta.

Kokoonpanolinjalla 1 eroavaisuudet kohdistuvat linjan loppuun, missä sijaitsee pellityspiste.

TAULUKKO 2. Läpäisyajat kokoonpanolinja 2

Kokoonpanolinja 2: Loppukokoonpano			
Vaihe	Aika per vaihe (%)	Työpisteitä (kpl)	Läpimenoaika (%)
Yhdistäminen	25	2	23
Tiiveys tarkastus	16,65	2	15,5
Saähköasennus	12,5	2	11,5
Sähkötestaus	12,5	2	11,5
Pellit	25	2	23
Ovet/Luukut	8,35	1	15,5



Kuvio 18. Loppukokoonpano.

Laajenevassa ja vakiotuotesarjassa ei ole kokoonpanopisteiden eroja kokoonpanolinjalla 2, joten läpäisyajoja voidaan tutkia samasta kuviossa. Molempien sarjojen tuotteet läpäisevät jokaisen kokoonpanopisteen, joten linjan erot rajoittuvat komponentteihin ja niiden asennustapaan.

9. YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia laajentuvan mallisarjan vaatimia muutoksia vakiokokoonpanossa.

Lähtökohtana oli tutustua nykyiseen kokoonpanolinjaan ja havaita ne kokoonpanopisteet, jotka vaativat toimenpiteitä suunniteltaessa laajentuvan mallisarjan tarpeita. Alkuvaiheessa oli suunniteltava erilaisia pohjapiirrosratkaisuja tuotannon toteuttamiseen. Suunnittelussa oli otettava huomioon tuotannon kulkuun ja varaston käyttöön vaikuttavat tekijät, kuten etäisyydet varaston ja kokoonpanopisteen välillä, varastopaikkojen riittävyys, liikkeiden pituudet ja tuotteiden sujuva liikkuvuus.

Karkeasuunnittelun jälkeen valittiin odotukset täyttävä ja tämänhetkistä tilannetta parhaiten vastaava pohjapiirrosratkaisu. Vaihtoehto 3 valittiin tarkemman tarkastelun kohteeksi, ja sen vaatimia muutoksia käytiin läpi vaihe vaiheelta.

Tarkasteltaessa valittua toteutusratkaisua käytettiin apuna läpäisyajojen tarkastelua. Sen avulla voitiin määrittää mahdolliset ongelmakohdat, jotka vaativat toimenpiteitä esimerkiksi kokoonpanopisteiden määrän lisäämistä.

Valittu layoutmalli on toteutettavissa lyhyessä ajassa ilman mittavia investointeja ja pienten pohjapiirrosmuutosten ansiosta. Viikkosuunnitelmaan perustuvan tuotannonohjausjärjestelmän ansiosta kokoonpanolinja vaatii lisää hyllytilaa ainoastaan pellityspisteen osalta.

LÄHTEET

Jussila, R. 2003. Lämpöässä: Kaksi vuosikymmentä. Lapua: Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy.

Hurskainen, J., Byman, M., Kauppinen, V., Kurikka, A., Leskinen, E., Olkkonen, T. & Salo, M. 1984. MET TEKNINEN TIEDOTUS (24). JOT – juuri oikeaan tarpeeseen -tuotannon koulutusaineisto. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Kurikka, A., Lapinleimu, I., Björklund, L., Päckilä, E. & Ahola, M. 1982. Tuotantosolut: Solurakentajan aakkoset. Helsinki: Insinööritieto Oy

Levänen, T. 1988. Työpaikan suunnittelu. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Malmberg, K. 1987. Manuaalisen kokoonpanon tehostaminen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy

Suomen Lämpöpumpputekniikka. 2009. [Powerpoint –esityksiä]. Lapua. Suomen Lämpöpumpputekniikka. [12.2.2010] Saatavissa: SLP intranet. Vaatii käyttöoikeuden.