

**Tapani Nikkilä**

**TEHDASHALLIN LAYOUTIN 3D-MALLINNUS JA  
UUELLEENSUUNNITTELU**

**Opinnäytetyö**

**KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Tuotantotalous**

**Huhtikuu 2010**

## TIIVISTELMÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Huhtikuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Tapani Nikkilä
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> Tehdashallin layoutin 3D-mallinnus ja uudelleen suunnittelu		
<b>Työn ohjaaja</b> DI, lehtori Heikki Salmela		<b>Sivumäärä</b> [37 + 15]
<b>Työelämäohjaaja</b> Insinööri Harri Visuri		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Maaselän kone Oy:n toimeksiannosta.</p> <p>Työn tarkoituksena oli Maaselän koneen Haapajärvellä sijaitsevan tehdashallin 3D-mallinnus sekä uuden layoutin suunnittelemine. Tehtävänä oli saada aikaan mahdollisimman selkeä pohjapiirros, josta näkee mitä halli sisältää. Layoutin suunnittelun päätavoitteena oli luoda layout malli joka vähentää turhaa liikkumista sekä selkeyttää tilojen käyttöä.</p> <p>Mallinnus päätettiin suorittaa Leican skannaus ohjelmalla. Tämän jälkeen saatu tieto siirrettiin AutoCad suunnitteluohjelmaan uuden layoutin suunnittelua varten. AutoCadiin siirron jälkeen tutkittiin ja suunniteltiin uusia layout-malleja yhteistyössä Maaselän koneen Harri Visurin kanssa sekä valittiin yrityksen tarpeisiin sopivin layoutmalli.</p> <p>Malleista löydettiin hyvä layoutvaihtoehto, joka tullaan toteuttamaan Maaselän koneella tulevaisuudessa, mahdollisesti seuraavana kesänä. Annetut tavoitteet täytettiin kohtuullisen hyvin, joten lopputulos oli onnistunut ja palvelee yritystä.</p>		
<b>Asiasanat</b> Layout		

ABSTRACT

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> April 2010	<b>Author</b> Tapani Nikkilä
<b>Degree programme</b>  Industrial management		
<b>Name of thesis</b>  3D-Modeling of mill halls layout and re-modeling of it		
<b>Instructor</b> Master of engineering, lecturer Heikki Salmela		<b>Pages</b> 37 + 15
<b>Supervisor</b> Engineer Harri Visuri		
<p>This thesis was commissioned by Maaselän kone ltd.</p> <p>The purpose of the thesis was to make a 3D-modeling of Maaselän kone's mill hall located in Haapajärvi and to plan a new layout. The task was to build up as a clear layout picture as possible, where you can see what is in the hall. The main purpose of the layout planning was to build up a layout model which reduces useless movements and clarifies the use of space.</p> <p>The modeling was decided to be made with Leica scanning program. After that, the information obtained from scanning was transported to AutoCad modeling program for the planning of the new layout. Investigating and planning of the new layout and deciding the best layout model for the needs of Maaselän kone was made after the transporting in co-operation with Harri Visuri from Maaselän kone ltd.</p> <p>A good alternative of the new layout was found from the models, which is going to be in Maaselän kone in future, maybe next summer. The target's given were reached quite well, so the result was successful and will serve the company well.</p>		
<b>Key words</b> Layout		

## ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö lähti liikkeelle Maaselän koneen esityksestä, jonka Heikki Salmela esitti minulle. Työtä tehtiin sekä koululla, että Maaselän koneen tehtaalla ja yhteistyötä tehtiin paljon.

Tahtoisin kiittää erityisesti lehtori Heikki Salmelaa opinnäytetyön aiheen etsimisestä ja avustuksesta, Centrian palkkaamaa insinööri Tero Kahlosta, jonka avulla työtä saatiin eteenpäin sekä Maaselän konetta ja eritoten sieltä insinööri Harri Visuria mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyöstä. Suurin kiitos menee vanhemmilleni, joiden avulla pystyin suorittamaan opinnot Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulussa.

TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
ESIPUHE  
SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Yritysesittely .....	1
1.2 Ongelma ja suoritussuunnitelma .....	3
1.3 Työn rajaukset.....	4
2 TEORIA.....	5
2.1 Leica Cyclone keilausjärjestelmä .....	5
2.1.1 Mittausten suunnittelu .....	6
2.1.2 Puitteet.....	7
2.1.3 Olosuhteet .....	8
2.1.4 Suunnitelmat.....	9
2.1.5 Keilaus .....	10
2.1.6 Rekisteröinti .....	10
2.1.7 Mallinnus.....	12
2.2 Layoutsuunnittelu .....	13
2.2.1 Tuotantolinjalayout.....	13
2.2.2 Funktionaalinen layout .....	14
2.2.3 Solulayout .....	16
2.2.4 Tuotetehtaat ja verstaat .....	17
2.2.5 Layoutin valinta .....	17
2.2.6 Layoutin suunnittelu .....	19
2.3 Solutuotanto .....	20
2.3.1 Solutuotannon synty .....	21
2.3.2 Solutuotannon ominaisuuksia .....	23
2.3.3 Solutuotantoon siirtyminen Maaselän koneella .....	25
3. LÄHTÖTILANNE JA TAVOITTEET .....	26
4. TOTEUTUS.....	27
4.1 Yhteensopivuuden tarkistaminen .....	27
4.2 Skannauksen suunnittelu ja skannaus .....	27
4.3 Mallinnus .....	29
4.4 Tuotantosolujen suunnittelu.....	29
4.5 Layoutin suunnittelu .....	30
4.6 Yhteenveto malleista ja layoutin valinta.....	34
5. Yhteenveto.....	36
5.1 Ongelmat.....	36
5.2 Loppusanat.....	37
LÄHTEET .....	
LIITTEET: .....	

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Yritysesittely

Maaselän kone Oy on vuonna 1983 perustettu yritys. Haapajärvellä Pohjois-Pohjanmaalla sijaitseva metalliteollisuuden yritys valmistaa pääasiassa koneita maa- ja metsätalouden tarpeisiin. Pääajatuksena on suunnitella, valmistaa ja markkinoida teknisesti mahdollisimman yksinkertaisia sekä toimintavarmoja työkoneita maa- ja metsätalouden käyttöön. Päätuotteena Maaselän koneella on polttopuiden valmistuksessa käytettävät klapikoneet. (Kuva 1.)

Tuotannossa Maaselän koneella on nykyaikaiset vuonna 1999 ja 2000 valmistetut tuotantohallit lähellä Haapajärven keskustaa. Hallit sijaitsevat erillään toisistaan, joten kuljetusta hallien välillä tapahtuu parin tunnin välein. Tuotanto on jaettu siten, että toisessa hallissa tehdään metallityöt ja toisessa kokoonpanotyöt. Yritys työllistää noin 110 työntekijää, joten voidaan puhua keskisuuresta metallipajasta. Tuotanto toimii yleensä kahdessa vuorossa.

Yrityksellä on käytössään tietokoneohjattu suunnittelujärjestelmä, plasmaleikkuri, täydellinen tietokoneohjattu koneistamo, jonka uusin kone on syksyllä 2007 hankittu tietokoneohjattu DahLin työstökeskus, hitsausrobotit sekä muut korkean laadun varmistavat koneet ja laitteet, joten yrityksen konekanta on nykyaikainen ja toimiva. Lisäksi uusi maalaamo otettiin käyttöön vuonna 2006, joten myös korkea pinnanlaatu on taattua. Käytössä on myös Maaselän koneelle räätälöity tuotannonohjausjärjestelmä, mikä tehostaa prosessin toimintaa.

(<http://www.maaselankone.fi/?sivu=esittely>.)



Kuva 1. Hakki pilke big X klapikone

## 1.2 Ongelma ja suoritussuunnitelma

Tämä työ tehdään Maaselän kone Oy:n toimeksiannosta. Työn tarkoituksena on Haapajärven Valimotiellä sijaitsevan tehdashallin 3D-mallinnus sekä layoutin uudelleen järjestäminen.

Työn ensimmäinen osa on mallintaa halli ja sen layout 3D-muotoon. Tehtävä voidaan suorittaa kahdella tavalla: Ensimmäinen on mittojen hankkiminen käsityönä sekä tämän jälkeen mallin luominen tietyllä mallinnusohjelmalla. Toisena vaihtoehtona on hallin skannaaminen, joka tarkoittaa mittojen ja mallien selvittämistä koululla olevalla Leican skannerilla. Skannaus tapahtuu keilaamalla tehdashalli lasersäteillä, keilaamisesta saatavaa tietoa kutsutaan pistepilveksi, josta sitten voidaan muokata 3D-malli. Tässä työssä valitsimme suoritustavaksi skannauksen, koska se tuntui nopeammalta ja järkevämmältä tavalta.

3D-mallinnuksen jälkeen vuorossa on layoutin muokkaaminen. Tarkoituksena on järjestää kokoonpano-osat solumuotoon sekä hyllyjen järjestäminen keräilyvarastoksi. Hallissa sijaitsevia koneistus- hitsaus ja maalausosastoja sekä muutamaa muuta pientä osaa hallin layoutista ei muuteta, joten muokattavana oli noin puolet hallin kokonaisalasta. Keräilyvaraston on tarkoitus olla keskellä hallia, koska Maaselän koneella on sekä pienkone- sekä suurkonesoluja, joten tarkoituksena on pitää koneiden osat mahdollisimman lähellä kaikkia kokoonpanosoluja. Tehtävänä on suunnitella sekä pien- että suurkonesolut sekä niiden paikat layoutissa. Lisäksi täytyy suunnitella mahdollisimman monta erilaista esitystä layoutista, jotta nähtäisiin kokonaisuudet mahdollisimman laajasti.



### 1.3 Työn rajaukset

Aluksi työn rajaukseksi tuli hallin 3D-mallinnuksen tekeminen. Työn edetessä kokonaiskuva tehtävästä laajeni ja näin ollen myös rajaukset muuttuivat. Loppujen lopuksi työn tärkeimpänä osana tuntuisi olevan layoutin ja solujen uudelleen suunnittelu. Näiden suunnittelu ja muokkaaminen oli kohtuullisen tarkasti määrätty ja näin ollen ratkaisuvaihtoehtoja ei tullut montaa. Maaselän koneen vaatimukset ja heidän hallinsa koko asetti layoutin ja solujen suunnittelulle ja piirtämiselle kohtuullisen tarkat rajat, joiden mukaan työ täytyi tehdä.

## 2 TEORIA

### 2.1 Leica Cyclone keilausjärjestelmä

Keilausjärjestelmällä suoritetaan todellisten kohteiden mittauksia. Mittauksesta saadaan ulos suuri pisteaineisto eli pistepilvi, josta voidaan myöhemmässä vaiheessa tehdä 3D-mallinnus. Pistepilvet ja mallit voidaan siirtää yleisimpiin mallinnusohjelmiin, kuten Solid Works. Keilausjärjestelmää voidaan käyttää mm. rakennusmittauksissa, prosessiteollisuudessa, tunneleissa ja kaivoksissa, vaarallisissa ja historiallisissa kohteissa sekä virtuaalisissa malleissa.

([http://www.leica.fi/Geo/Ohjelmistot\\_Cyclone.html](http://www.leica.fi/Geo/Ohjelmistot_Cyclone.html).)

Mittaus keilausjärjestelmällä voidaan suorittaa jopa 100 metrin päästä kohteesta koskematta siihen. Mittaustarkkuus on <5mm ja siitä tehtävän mallinnuksen tarkkuus on <2mm. Tarkkuus ei ole riippuvainen kohteen mittauksen etäisyydestä. Kohteiden yksityiskohtaisuutta ja tarkkuutta parannetaan lisäämällä pistetiheyttä. Mittausnopeutena Leica Cyclone ohjelmassa on 1000 mittausta sekunnissa. Tämä varmistaa sen, että kohde mitataan samalta kojeasemalta samoissa olosuhteissa, jolloin sisäinen pistetarkkuus pysyy hyvänä. Kuvauksen aikana keilain voi olla missä asennossa tahansa kunhan se pysyy vakaana kuvauksen ajan. Tämä mahdollistaa lähes kaikkien kohteiden kuvauksen.

Keilauksesta tulevat tiedot voidaan arkistoida sähköiseksi tietokannaksi. Kohteen tuhouduttuakin se voidaan palauttaa mittaushetkellä olleeseen muotoonsa. Perinteisillä tavoilla mittaaminen voi olla hankalaa, vaarallista tai jopa mahdotonta. Julkisivujen suurten pistemäärien mittaus takymetrillä tai fotografisin menetelmin on aikaa vievää ja kallista verrattuna keilaukseen. Jokainen mitattu piste saa 3 koordinaattia. Tämän lisäksi pisteet saavat oman intensiteettinsä mukaisen sävyarvon tai digitaalikuvan mukaisen todellisen sävyarvon.

Mittaukset Leica Cyclonella voidaan suorittaa lähes kaikissa valaistusolosuhteissa pimeästä päivänvaloon. Toisaalta kirkkaiden tai mustien kohteiden mittaus saattaa olla hankalaa, koska ne joko peilaavat, palauttavat suurella teholla tai eivät mahdollisesti palauta sädettä ollenkaan. Suuret paineen ja lämpötilan muutokset antavat pisteille mitoiltaan ja kulmiltaan virheellisiä tuloksia. Keilauksella voidaan mitata vain keilaimelle näkyviä kohteita. Lumi- tai vesisade, vesihöyry, pöly ja savu hankaloittavat mittauksia. Jos näitä elementtejä havaitaan kohteessa, saattaa keilaaminen olla jopa mahdotonta tai tulokset virheellisiä. (Leica Nilomark Oy 2005, 1-1.)



Kuva 2. Leican keilaimia

### 2.1.1 Mittausten suunnittelu

Keilausprojekti voi itsessään viedä koko päivän tai jopa päiviä, joten suunnittelu on keilausprojektin, kuten monen muunkin projektin, merkittävin osa. Jotta työ saadaan vietyä läpi joustavasti ja taloudellisesti, täytyy suunnitelma tehdä huolellisesti. Suunnitelmalla selvitetään projektin laatu, laatuvaatimuksen ja niihin vaikuttavat tekijät. Huolellisuus on tärkeää suunnittelussa sillä sen kattavuus tarjouksen ja projektin toteutuksen yhteensopivuuden. Tärkeää on ottaa huomioon kaikki työhön ja hinnoitteluun vaikuttavat tekijät jo tarjoustusta laadittaessa, jotta virhearvioinneilta ja näiden aiheuttamilta lisäkustannuksilta vältyttäisiin. (Leica Nilomark Oy 2005, 2-1.)

Kohdetta selvitettäessä on otettava huomioon itse kohde ja sen erityispiirteet. Lisäksi täytyy selvittää mitä asiakas haluaa aineistolta ja mikä sen käyttötarkoitus tulee olemaan. Mittaajan on siis tärkeää tietää vastaako keilausaineisto asiakkaan vaatimuksia sekä se saavutetaanko aineistoilla haluttu lisäarvo. Tällä saadaan aikaan asiakkaan ja mittaajan välille yhteisymmärrys, joka takaa projektille hyvän hyötyasteen. Aineiston formaatti on merkittävin osa jatkokäsittelyä varten. Tämän vuoksi mittaajan tulee tietää mitä aineistolla halutaan tehdä, halutaanko se siirtää johonkin tiettyyn ohjelmaan ja vaatiiko se tiettyjä käsittelyvaiheita sekä se, että käsitelläänkö aineistoa 3D- vai 2D- aineistona. Lisäksi täytyy tietää haluaako asiakas pelkän pistepilven vai tehdäkö hänelle valmis malli aineistosta tai aineiston osasta. (Leica Nilomark Oy 2005, 2-1.)

### **2.1.2 Puitteet**

Puitteiden avulla määritellään keilattava alue sekä selvitetään aineiston tarkkuuden. Puitteiden määrittelyn avulla voidaan poistaa asiakkaalle tarpeettomia mittaus- ja mallinnustasoja. Tarkoituksena on määrittää mitattavat kohteet ja ne osat ympäristöstä, joiden halutaan aineistosta löytyvän. Loppuaineistoon voidaan valita esimerkiksi tietyn kokoiset putket ja kaikki osat mistä ei tarvita tarkkaa tietoa voidaan rajata pois.

Mittauskohteen tärkeät ja halutut yksityiskohdat määritetään tarkasti. Selvitetään esimerkiksi putkien kiinnikkeiden mallinnustarpeet ja mietitään riittääkö pelkkä putkien sijainnin määrittely. Jos asiakas haluaa näiden tarkkojen yksityiskohtien näkyvän mallissa, täytyy ottaa selvää mihin hän niitä tarvitsee. Liian yksityiskohtaisen mallin tekeminen on kallista, joten sellaisen tekemistä kannattaa välttää.

Tarkkuuden taso määrittää mittausten toleranssin. Tällä on suurta vaikutusta mittaus-tilanteiden joustavuuteen. Yleensä keilattujen pisteiden tarkkuus on <5mm ja niistä tehdyn mallin tarkkuus <2mm. Joissakin tilanteissa tarkkuus saattaa olla vain 1-2cm, jolloin kohteiden sijainnin vaatimukset tulee täytettyä.

Mitattavaan kohteeseen olisi hyvä tutustua hyvin, jotta selvyys kohteesta ja sen vaatimuksista selviäisi. Mittaajan olisi hyvä nähdä kohteen pohjapiirros ja tutustua siihen. Mikäli pohjapiirrosta ei ole saatavilla, voidaan suurpiirteinen piirros laatia esimerkiksi etäisyysmittarilla mitatuilla suurten linjojen kartoituksella. Suunnitelmaa varten olisi hyvä käydä kuvaamassa kohdetta kameralla. Kameran kuvista varmistetaan tarpeellinen tietous mallinnettavasta kohteesta. Lisäksi kuvat helpottavat keilauksen suunnittelua. Pohjapiirrokseen olisi hyvä mallintaa kuvauksen kohta ja suunta. (Leica Nilomark Oy 2005, 2-2.)

### **2.1.3 Olosuhteet**

Olosuhteilla on suuri merkitys keilauksen onnistumisen kannalta. Mitattavassa kohteessa olevat peilaavat, musta sekä kirkkaat kohteet on merkittävä, sillä niistä tehtävät keilaukset eivät välttämättä onnistu. Näiden kohteiden mahdollisesti tuomat virheet on huomioitava aineistoa käsiteltäessä. Lisäksi mahdolliset lumi- tai vesisateet yms. on otettava huomioon keilausta tehtäessä.

Etukäteen tehtävässä suunnitelmassa on otettava huomioon näkyvyyttä heikentävät kiinteät rakenteet ja laitteet. Hyvästä suunnittelusta huolimatta kohteessa saattaa tulla ongelmia hetkellisten esteiden, kuten trukit, vuoksi. Tämän vuoksi on varmistuttava, ettei keilausajankohtana ilmene kuvausta tai liikkumista häiritseviä tekijöitä. Lisäksi on varmistuttava siitä, ettei mahdollisten työkoneiden tärinä heikennä kuvauksen tarkkuutta. Joissakin kohteissa mittaamista ei ole mahdollista suorittaa kuin iltaisin viikonloppuisin tai seisokkien aikana. Tällaisissa kohteissa on työn suorittamisen ajankohta sovittava etukäteen, jotta keilauksesta tulisi mahdollisimman hyvä.

Keilauksen aikana on noudatettava työturvallisuutta koskevia määräyksiä sekä mitattavan kohteen omia määräyksiä ja säännöksiä. Mahdolliset työturvallisuutta koskevat vaarat on selvitettävä ja ennaltaehkäistävä mahdollisuuksien mukaan. (Leica Nilomark Oy 2005, 2-2 - 2-3.)

#### 2.1.4 Suunnitelmat

Toteuttamissuunnitelmaan kasataan kaikki kerätty tieto, joiden pohjalta suunnitelma ja aikataulu tehdään. Toteuttamisaikataulussa selvitetään koko projektin eteneminen valmistelusta valmiin loppuaineiston luovuttamiseen. Aikataulussa huomioidaan kerätty aineisto, jotta työt voidaan suorittaa joustavasti.

Mittaussuunnitelmassa huomioidaan haluttu koordinaatisto ja paljonko aikaa koordinaattien tuominen jonomittauslaitteen tähyksille vie. Tärkeää mittaussuunnitelmassa on huomioida mahdolliset tarpeellisen lisäkaluston hankinta, kaluston mittauskunnan tarkistus ja akkujen lataus.

Suunnitelmasta täytyy näkyä minne tähykset sijoitetaan alueelle. Tähysten tulisi olla siten, että ne on eripuolilla keilaussektoria hyvän geometrian saavuttamiseksi. Keilauksen suunnittelu kannattaa aloittaa miettimällä se, millä tavalla keilaus rekisteröidään, seuraavaksi täytyy sovittaa aikataulut muiden paikalla työskentelevien henkilöiden kanssa. Suunnitelmaan kannattaa tehdä selkeät paikat sille mistä kuvaus suoritetaan, jotta kuvaushetkellä työ on helppo tehdä. (Leica Nilomark Oy 2005, 2-3.)

Mallinnussuunnitelmassa on lähdettävä liikkeelle siitä, millä ohjelmalla mallinnus suoritetaan. Pistepilven mallinnus on mahdollista yleisimmillä mallinnusohjelmilla, kuten AutoCad ja SolidWorks. Mallinnussuunnitelmassa on hyvä määrittää vaadittava mallinnustarkkuus ja miten siihen päästään. Suunnitelmasta tulee ilmetä mitkä ovat kohteen ongelmakohdat sekä miten ne saadaan ratkaistuksi.

(Leica Nilomark Oy 2005, 2-4.)

### **2.1.5 Keilaus**

Keilauksen tavoitteena on kerätä mahdollisimman laadukkaita mittaustuloksia, joista myöhemmin tehdään mallinnuksia, erilaisia piirrustuksia tai tietokoneella tehtäviä mittauksia. Ennen keilauksen aloitusta on tehtävä mittausalueen- ja mittaustiheyden määrittely. Mittausalue määritellään kuvalla ja määrittystapa riippuu mittalaitteen mallista. Itse määrittystapoja on kaksi, suorakulmainen ja monikulmainen. Suorakulmaisessa tavassa mitataan juuri sen verran pisteitä kuinka paljon on aiemmin määritetty. Näiden pisteiden määrästä riippuu pistepilven tiheys. Monikulmaisessa tavassa pisteitä mitataan tietyn monikulmion maksimileveyden- ja korkeuden mukaan, mutta tallennetaan vain ne pisteet, jotka jäävät monikulmion sisään.

Mittaustuloksien laatu riippuu pitkälti mitattavien pisteiden tiheydestä. Mitä tiheämpi mitattava pistepilvi on, sitä tarkempi ja laadukkaampi mittaustulos on. Mitattavien pisteiden tiheyden määrittely riippuu siitä, miten tarkan kuvan työn tilaaja haluaa. Ellei asiakas vaadi, niin liian tarkkaa kuvausta ei kannata alkaa tekemään, mutta liian harvaan mitatusta pistepilvestä ei tule esille tarpeeksi yksityiskohtia. Mittaustiheyttä voidaan määrittellä joko määrittelemällä pisteiden määrä tietyllä alueella tai määrittelemällä pistetiheys tietyllä matkalla. Maksimi pisteiden määrä molempiin suuntiin on 1000, joten maksimi pistemäärä yhdessä kuvauksessa on miljoona pistettä. Vaaka- ja pystysuunnassa olevat pistetiheydet eivät välttämättä ole samat.

(Leica Nilomark Oy 2005, 3-1 – 3-11.)

### **2.1.6 Rekisteröinti**

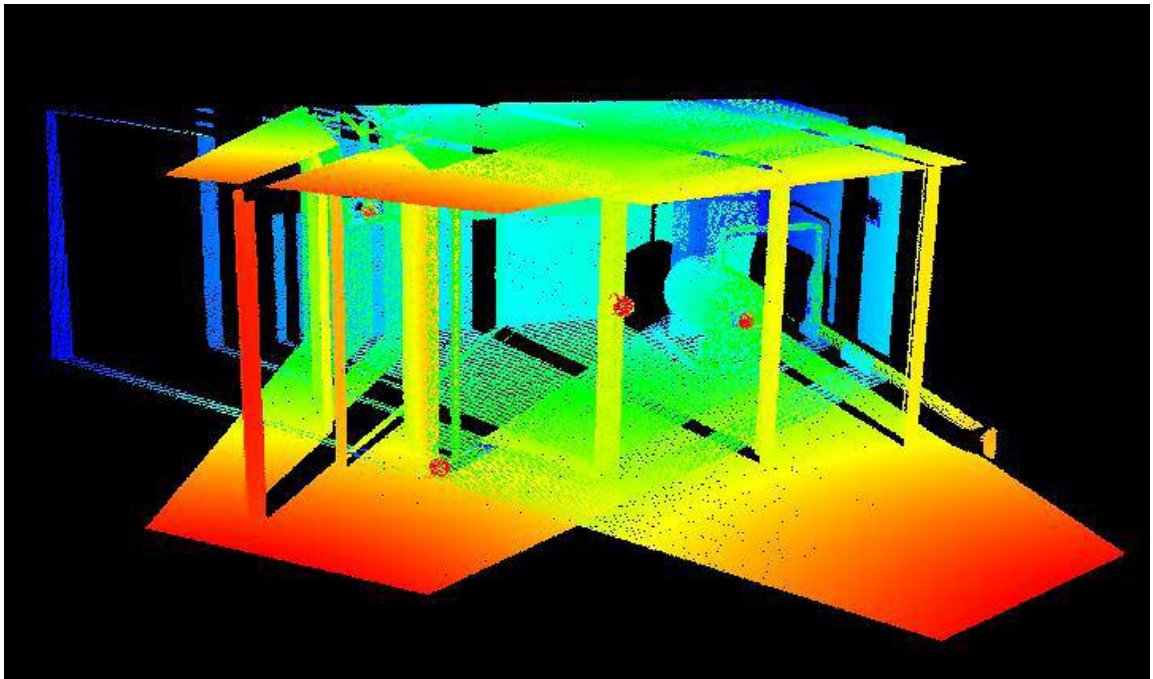
Kohteen rekisteröinnillä tarkoitetaan sitä, että kohteesta mitatut pistepilvet yhdistetään yhdeksi suureksi pistepilveksi ja kaikkien pisteiden siirtämistä samaan haluttuun koordinaatistoon.

Rekisteröinti aloitetaan valitsemalla yksi pistepilvi (Kuva 3.) kotipilveksi, johon kaikki muut pilvet yhdistetään. Näin ollen kaikkien yhdistettävien pistepilvien pisteet siirretään kotipilven koordinaatistoon.

Rekisteröinnissä voidaan käyttää erityyppiä kohteita, joita ovat tähykset, objektit sekä pistepilvet. Lisäksi on mahdollista käyttää myös näiden yhdistelmiä. Esimerkiksi on mahdollista yhdistää kaksi pistepilveä, jossa on kaksi yhteistä tähyistä ja yksi mallinnettu putki. Paras ja tarkin tulos pisteitä yhdistettäessä saadaan aikaan käyttämällä tähyksiä, mutta muutkin tavat ovat hyviä eivätkä jää paljoa tarkkuudessa tähyksen käyttöön verrattuna.

Tilanteen niin vaatiessa yhdistetty pistepilvi voidaan purkaa. Purkaminen tapahtuu tuhoamalla yhdistetty pistepilvi kokonaan ja pilven uudelleen rekisteröinnin jälkeen se luodaan uudelleen. Uudelleen luonnissa ohjelma voi löytää yhteiset tähykset eri pistepilvistä automaattisesti, joten tähyksien koodausta ei tarvita lainkaan.

(Leica Nilomark Oy 2005, 4-5 - 4-16.)



Kuva 3. Pistepilvi



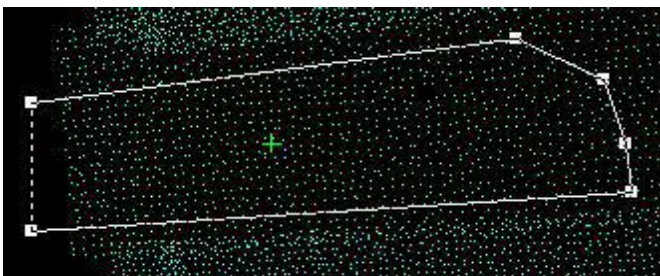
### 2.1.7 Mallinnus

Mallinnuksessa tarkoituksena on saada aiemmin mitatusta pistepilvestä kolmiulotteinen malli. Yleensä mallinnuksessa käytetään yhdistettyä pistepilveä. Tämä ei silti tarkoita sitä, että pisteet kuuluisivat samaan pistepilveen vaan sitä, että ne ovat samassa koordinaatistossa.

Pistepilven, varsinkin suuren, mallintaminen ei ole helppo työ. Suuri määrä pisteitä näytöllä häiritsee näkyvyyttä ja näin ollen mallinnusta. Siispä mallintamisessa on suositeltavaa ottaa pienempiä osia pistepilvistä mallinnettavaksi ja siirtää ne takaisin pistepilveen mallinnuksen jälkeen. Mallinnuksessa käytetyt pisteet katoavat pilvestä, joten niitä ei voida käyttää kahdesti. Eli sama piste ei voi olla samanaikaisesti esim. putken ja seinän osana. Mallinnuksen edistyessä pistepilvi muuttuu kevyemmäksi ja näin ollen kevyemmäksi käyttää.

Kohteiden mallinnusta (Kuva 4.) voidaan helpottaa tutkimalla etukäteen kohteiden standardeja ja yhdistämällä sovittamalla niitä mallinnettavaan kohteeseen. Kohteiden mallinuksissa tulee monesti pieniä virheitä, mutta yleensä kaikki kohteet ovat joidenkin standardien mukaisia, joten niistä voi hakea apua oikeiden mittojen saavuttamiseksi.

(Leica Nilomark Oy 2005, 5-1 - 5-6.)



Kuva 4. Mallinnettavan osan rajaus

## 2.2 Layoutsuunnittelu

Layout on käytäntöön ja teoriaan vakiintunut termi, joka tarkoittaa tuotantolinjalayoutin osien, kuten koneiden, laitteiden, kulkureittien ja varastopaikkojen järjestystä tehtaassa. Layouteissa on kolme päätyyppiä: tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout sekä solu layout, joihin layoutit jaetaan työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 475.)

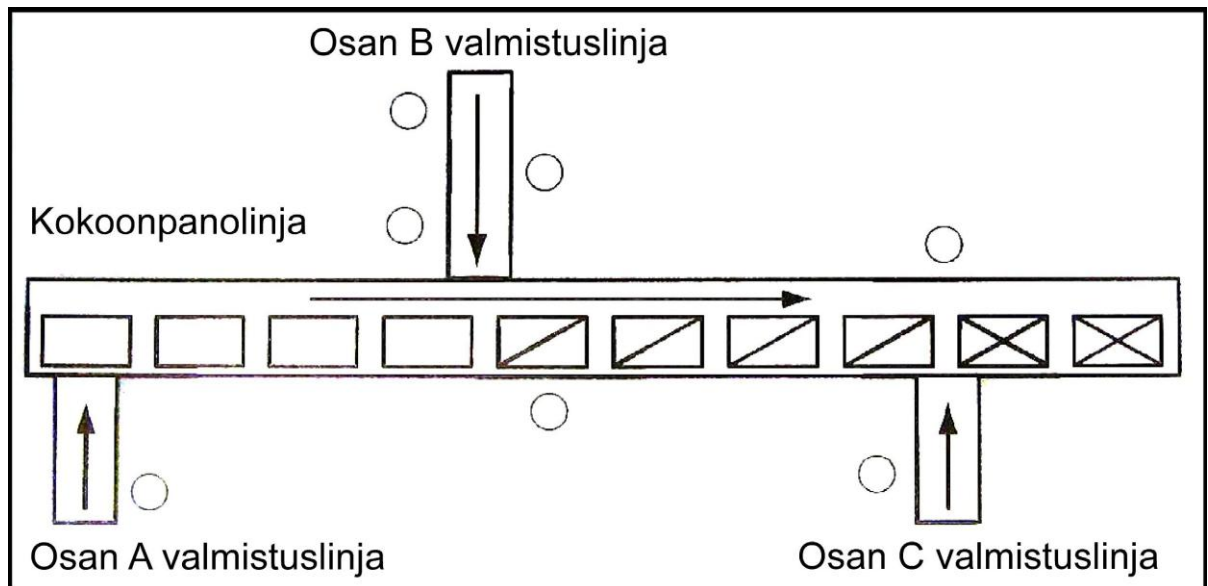
### 2.2.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjatyyppisessä layout mallissa koneet ja laitteet on järjestetty valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisesti. Yleensä tämä malli on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen. Kappaleiden valmistus ja käsittely on automatisoitua ja näin ollen tehokasta. Lisäksi etuina ovat selkeä työnkulku sekä se, että eri työvaiheiden välillä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia.

Keskeisiä asioita tuotantolinjalayoutille (Kuva 5.) ovat suuri volyyymi sekä korkea kuormitusaste. Koska valmistusmäärät ovat suuria, saadaan tuotteiden yksikkökustannukset alhaisiksi, vaikkakin tuotantolinja layoutin rakentamiskustannukset ovat korkeat. Huonona puolena tuotantolinjoissa on huono häiriökestävyys, sillä pienikin häiriö linjan alkupäässä aiheuttaa suuria ongelmia linjan loppupäässä ja näin ollen koko linjan tuottavuus heikkenee.

Tärkeää tuotantolinjatyyppisessä valmistuksessa on laadunvalvonta, sillä linja kykenee tuottamaan tehokkaasti myös virheellisiä tuotteita ja häiriöiden aiheuttamat kustannukset nousevat suuriksi. Vaikeuksia tuottaa myös kapasiteetin kasvattaminen linjan toteuttamisen jälkeen. Lisäksi tuotteen vaihtaminen on hankalaa, koska tuotantosarjat ovat usein pitkiä ja vaativat näin ollen pitkän asetusajan. Tuotantolinjatyyppisessä valmistusmenetelmässä tuotannonohjaus on helppoa, koska

siinä on selkeä työnkulku ja sitä ohjataan käytännössä yhtenä kokonaisuutena. (Haverila ym. 2005, 475-476.)



Kuva 5. Tuotantolinja layout

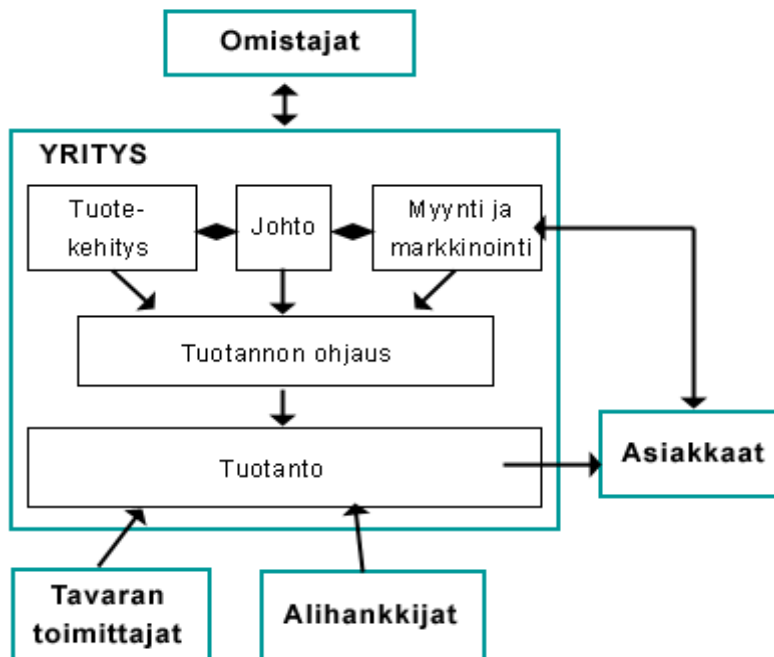
### 2.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisen layoutin (Kuva 6.) perusteena on järjestää koneet ja työpaikat tehtävien samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi tehdään kaikki hitsit ovat hitsaamossa ja sorvit sorvaamossa. Funktionaalisen layoutia kutsutaan myös teknologiseksi layoutiksi koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan järjestelyn vuoksi.

Funktionaalisisessa tuotantomallissa tuotantomäärien ja tuotetyyppien huomattavat vaihtelut ovat mahdollisia. Tämä on mahdollista, koska koneet ja laitteet ovat yleensä monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan suorittaa erilaisia työtehtäviä ja valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita. Valmistustyyppinä on yksittäis- tai sarjatuotanto. Automaation käyttö tämän valmistusmallin materiaalikulussa on hankalaa, koska työnkulut poikkeavat toisistaan huomattavasti.

Tuotannonohjauksen tehtävänä funktionaalisessa layoutissa on eri koneille jonottavien työtehtävien järjestely. Ongelmana voidaan pitää töiden ohjausta oikea-aikaisesti työvaiheesta toiseen. Pitkät jonot lisäävät keskeneräisen tuotannon määrää sekä pidentävät tuotannon läpimenoaikaa. Materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset ovat suuret, koska etäisyydet työpisteiden välillä ovat suuret. Tämän vuoksi työpisteiden välillä on välivarastoja, jotka vievät tilaa ja hankaloittavat laadunhallintaa.

Funktionaalinen layouttyyppi on helppo ja halpa toteuttaa ja kapasiteettia on helppo muokata samoin kuin erilaisten tuotteiden valmistusta. Huonona puolena ovat heikompi tuottavuus tuotantolinjatyyppiin verrattuna sekä matalammat kuormitusasteet. (Haverila ym. 2005, 476-477.)



Kuva 6. Funktionaalinen layout

### 2.2.3 Solulayout

Solutuotanto layout on itsenäinen, eri työpaikoista ja tuotantokoneista muodostettu ryhmä, jonka erikoistuminen on tiettyjen osien ja tuotteiden valmistaminen tai työvaiheen suorittaminen. Solu voidaan pitää tietynlaisena välimuotona funktionaalisen- ja tuotantolinjalayoutin välillä.

Soluille ominaista on huomattavan lyhyet läpäisyajat verrattuna funktionaaliseen layoutiin. Materiaalit virtaavat selkeästi eikä välivarastoja synny. Solu kykenee joustamaan niiden tuotteiden valmistuksessa mihin se on suunniteltu. Lyhyet asetusajat vaihdettaessa tuotteesta toiseen saavat aikaan sen, että solu on joustavampi kuin tuotantolinjalayout sekä tehokkaampi kuin funktionaalinen layout.

Tuotteiden valmistusmäärät ja eräkoot voivat vaihdella suuresti solutuotannossa. Valmistustapoina ovat yksittäistuotanto sekä piensarjatuotanto. Tuotannonohjauksellisesti solu on helppo, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen, jota on helppo seurata ja ohjata.

Laadunvalvonta on solutuotannossa helppoa, koska eri valmistusvaiheet suoritetaan peräkkäin tietyllä alueella. Näin ollen virheet on helppo löytää ja korjata. Solutuotannossa pääkuorma laitetaan yleensä suurimmalle koneelle ja tästä johtuen kuormitusvaihtelut ovat suuria. Keskimäärin kuormitukset ovat kuitenkin alhaisempia kuin tuotantolinjalla.

Solutuotantoon siirryttäessä muutosta perustellaan yleensä työntekijöiden motivaation sekä tuottavuuden nousulla. Solussa työskentelee yleensä 1-10 henkilöä, jotka vastaavat itsenäisesti tehtäviensä suunnittelusta sekä suorittamisesta. Näin ollen työntekijät saavat itse vaikuttaa työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen. Tämä saa aikaan sen, että työ tuntuu sopivan vaihtelevalta ja motivaatio säilyy. (Haverila ym. 2005, 477-478.)

#### **2.2.4 Tuotetehtaat ja verstaat**

Suurten tuotantotehtaiden mahdollisuutena on jakaa toimintaansa pienempiin tiettyyn tehtävään erikoistuneisiin yksiköihin, tuotetehtaisiin tai verstaisiin. Aikaisemmin käytetty termi verstaatus tarkoittaa tuotannon jakamista pienempiin yksiköihin. Nykyään useammin tavataan tuotetehtas-termiä, varsinkin silloin kun kyse on isommista sisäisistä toimittajista.

Tuotetehtas vastaa itse oman tuotteen tai kappaleen valmistuksesta ja on näin ollen itsenäinen organisaatioyksikkö. Tuotannon ja tehtävien jako tuotetehtaisiin tapahtuu tuotteen tai valmistustekniikan mukaan. Yleensä tuotetehtailla on oma johto ja lisäksi he vastaavat oman tuotannon sekä materiaalityönteiden suunnittelusta. Keskimäärin tuotetehtailla työskentelee noin 30- 100 henkilöä. Tuotetehtaiden tavoitteena on nostaa tuottavuutta sekä yksinkertaistaa tuotannon toiminnanohjausta. Tuottavuutta nostetaan erikoistumalla sekä säätämällä selvät vastualueet, kuten talous, tuottavuus ja laatu. Valmistustehtävien pysyessä samankaltaisina ja toistuvina tuotantoa voidaan automatisoida. Lisäksi tuotetehdasta on helppo ohjata, koska se on yritykselle sisäinen toimittaja, joka toimittaa tarvittavat tuotteet ja komponentit. (Haverila ym. 2005, 477-478.)

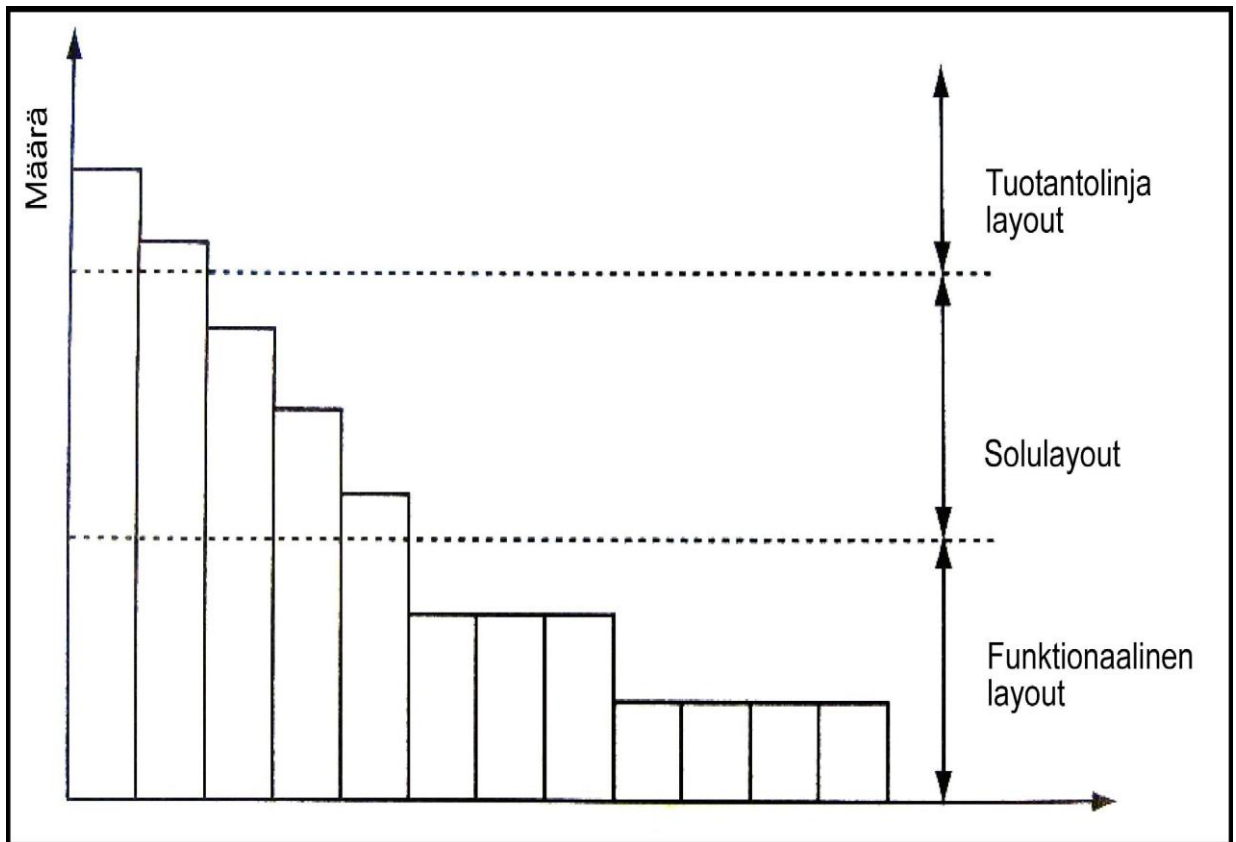
#### **2.2.5 Layoutin valinta**

Tärkeimpänä tietona layoutin valinnassa ovat tuotevalikoiman suuruus ja tuotettavien tuotteiden määrät. Tuotantolinjatyyppistä layoutia käytetään silloin, kun valmistetaan suuria määriä samanlaisia tuotteita. Tuotetyyppien vaihdellessa suuresti ja kun tuotantomäärät ovat pienet, on yleensä käytössä funktionaalinen layouttyyppi. Solulayoutin käyttökohteina ovat tehtaot, joissa tuotteita valmistetaan toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin suuria eräkokoja, jotta tuotantolinjaa kannattaisi muodostaa. Solujen etuna verrattuna linjatyyppiseen tuotantoon on joustavuus valmistaa erilaisia

tuotteita. Layoutin valinnassa voidaan käyttää apuna tuotemääräanalyysiä, josta nähdään minkälainen layoutmalli sopii tietyille valmistusmäärille. (Kuva 7.)

Yleensä tehtaiden layoutit muodostuvat erilaisista osalayouteista. Layoutin tyyppi voi vaihdella huomattavasti tuotantoprosessien vaiheiden mukaan. Esimerkiksi tuotteiden kokoonpano tehdään linjassa, mutta osat valmistetaan funktionaalisessa tai solu layoutissa. Funktionaalisen järjestelmän etuna on se, että osa tuotannosta voidaan organisoida soluiksi.

Nykyaikainen tuotantoautomaatio on lisännyt tuotteiden valmistuksen joustavuutta. Näin ollen tuotteiden asetusajat ovat lyhyempiä, joten erityyppisiä tuotteita voidaan valmistaa helposti samassa tuotantoprosessissa. Yhdistelemällä eri tuotteita samoihin valmistusprosesseihin saadaan aikaan riittävän suuret valmistusmäärät, jotta solutuotantolinja voidaan muodostaa. (Haverila ym. 2005, 479-480.)



Kuva 7. Tuotemääräanalyysi

### 2.2.6 Layoutin suunnittelu

Layoutin suunnittelu on pitkä ja monimutkainen prosessi, johon vaikuttaa monet asiat tehtaan sisällä ja jopa ulkopuolella. Layoutin valinta on aina kompromissiratkaisu vaihtoehtojen välillä, koska kaikille tuotannon osille sopivaa ja optimaalista ratkaisua on mahdoton löytää.

Uutta layoutmallia valittaessa voidaan arvioinnissa käyttää hyötyarvomatriisia. Siinä valitaan tiettyjä tekijöitä, joita painotetaan layoutia valittaessa ja joille annetaan jokin arvo. Näin ollen eri layout vaihtoehdoille annetaan pisteitä, jonka jälkeen tietyn kohdan pisteet kerrotaan kohdan painoarvolla. Tämän jälkeen pisteet lasketaan yhteen, jolloin siitä nähdään mikä vaihtoehdoista olisi paras tämän mukaan.

Layoutsuunnittelun lähtökohtana ja tavoitteena on suunnitella tehtaan materiaalivirrat mahdollisimman tehokkaaksi. Osastojen ja työpisteiden sijainnit suunnitellaan siten, että materiaalien ja tuotteiden kuljetuskerrat sekä –matkat saataisiin mahdollisimman pieniksi. Selkeä materiaalivirta helpottaa tuotannonohjausta ja toiminnan kehittämistä.

Hyvän layoutin ominaisuuksia:

- Selkeät materiaalivirrat
- Helppo ja joustava muunneltavuus
- Lyhyet kuljetus- ja siirtomatkat
- Tiettyjen erityisosaamista vaativien tuotteiden tai kappaleiden valmistus keskitetty yhteen paikkaan
- Sisäisten palveluiden sijainti lähellä käyttöpaikkaa
- Materiaalin käsittelyn, vastaanotto ja jakelu, helppous ja tehokkuus
- Tehokas kommunikaatio
- Tehtaan tilojen tehokas käyttö
- Työturvallisuuden ja tyytyväisyyden huomioonottaminen



Funktionaalisisessa layoutissa tehdas jaetaan eri osastoihin, joihin tietyn tyyppiset koneet, laitteet ja työpisteet sijoitetaan. Keskeisenä ideana tässä tyyppissä on osastojen välisten siirtomatkojen ja – kertojen vähentäminen minimiin. Tarkoituksena on saada aikaan mahdollisimman suuri joustavuus tuotannossa.

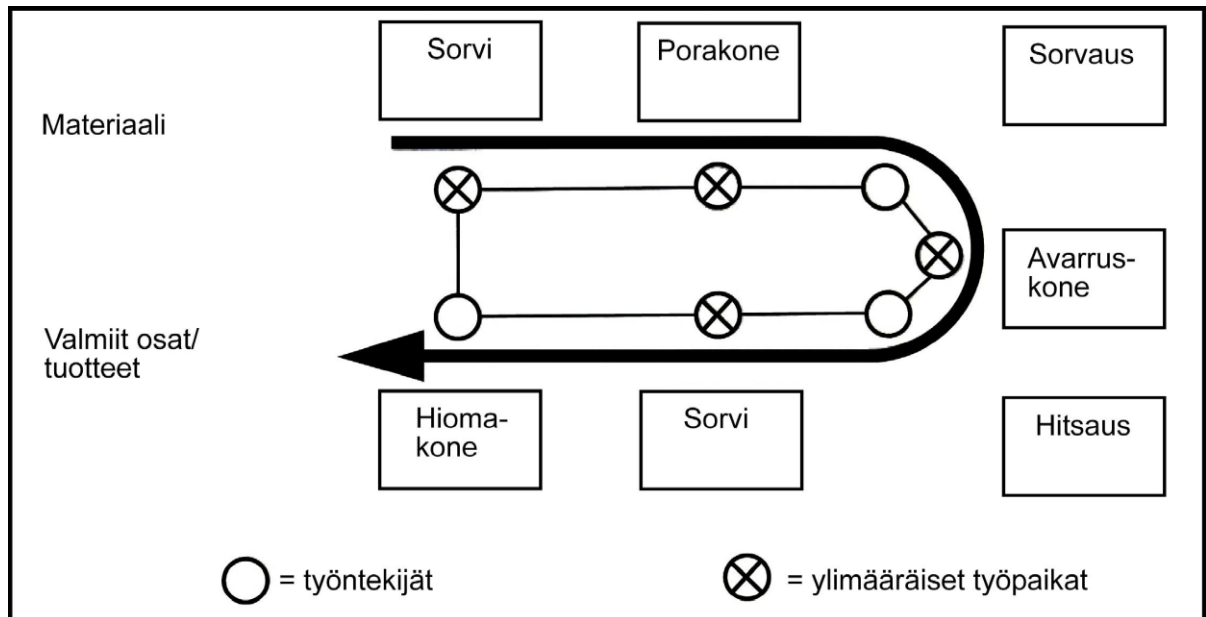
Kiinteiden koneiden ja laitteiden paikat kannattaa suunnitella siten, että layoutin muuttaminen on helppoa ja joustavaa tulevaisuudessa, koska mahdolliset tuotteiden ja tuotantotyölin muutokset vaativat layoutin muutosta tulevaisuudessa.

Tuotantolinja layoutissa koneet ja laitteet sijoitetaan nimensä mukaisesti linjaan työnkulun mukaiseen järjestykseen. Koska tuotantomäärät ovat suuret, täytyy suunnittelussa ottaa huomioon materiaalivirrat ja niiden tarkoituksenmukainen järjestely. Monesti ongelmaksi muodostuu eri työvaiheiden suunnittelu ja tuotantolinjan tasapainottaminen siten, että tuotanto on mahdollisimman joustavaa ja tuottavaa. Tasapainottamisen tavoitteena on vähentää mahdollista aikahäviötä, joka syntyy siitä, kun vaiheaika on lyhyempi kuin tahtiaika.

Työkuormituksia voidaan tasata siirtämällä työtehtäviä työpisteiltä toisille. Esimerkiksi kokoonpanossa työvaiheita voidaan siirtää pisteiltä toisille, jotta aikahäviö saataisiin minimoitua. Osavalmistuksessa työvaiheiden ja – tehtävien sisältö riippuu pisteellä olevien koneista ja laitteista. Osavalmistuksessa työvaiheiden siirtäminen on erittäin hankalaa, koska vaiheiden suoritusjärjestyksen on säilyttävä ennallaan. (Lapinniemi ym. 1997, 309-310.)

### **2.3 Solutuotanto**

Tuotantosolu on pieni itsenäinen valmistusyksikkö, jossa tapahtuu oman tuotteiston valmistaminen. (Kuva 8.) Soluilla tavoitellaan tilanteita, jossa määrätty osa tai tuote valmistetaan yhdessä siihen erikoistuneessa yksikössä yhdellä impulssilla. Näin ollen yksittäiset työvaiheet liittyvät yhdeksi vaiheeksi. (Lapinniemi ym. 1997, 85.)



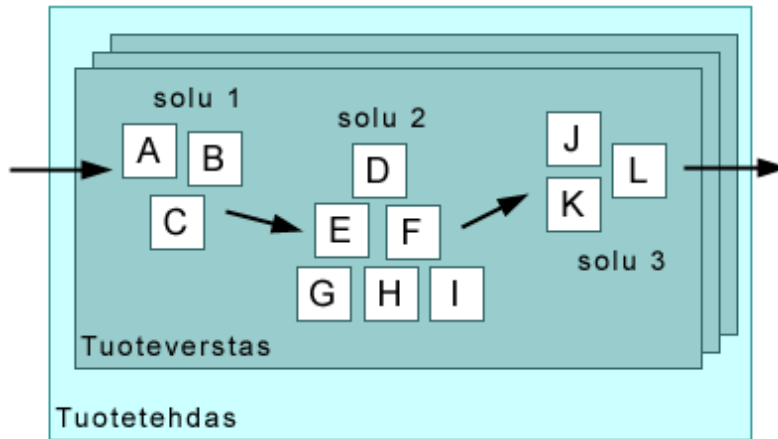
Kuva 8. Solutuotannon periaatekuva

### 2.3.1 Solutuotannon synty

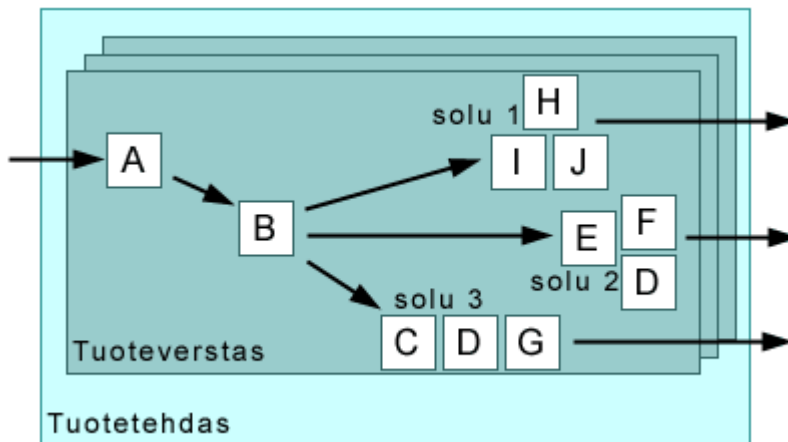
Tuotantosolut kehittyivät nopeasti ryhmäteknologisen valmistusjärjestelmien pohjalta, joita on solutuotantomenetelmässä viety vielä askel pidemmälle. Tarkoituksena on samankaltaisten osien tai tuotteiden valmistusta ja siihen tarvittavien koneiden pitäminen yhtenä ainoana kuormituspisteenä. Solussa toimivat työntekijät vastaavat joko itsenäisesti tai yhteistyössä työnjohtajien kanssa sopien työnjaosta ja töiden tekemisen järjestelyistä. Soluille ominaista on toimia mahdollisimman itsenäisesti ja on tavallista, että soluissa on enemmän koneita tai työpaikkoja kuin työntekijöitä, jotka voivat joustavasti siirtyä yrityksen sisällä tehtävästä toiseen tasaamaan kuormitusta.

Yleensä solussa on yksi ohjaava työvaihe tai kone, jonka kapasiteetin mukaan solulle annetaan kuormaa. Samalla logiikalla sekatuotanto voidaan myös jakaa tuoteverstaiksi, joilla on vastuu ja resurssit yksittäisen tuotteen tai osan valmistamiseksi. (Uku 2000.)

Ryhmäteknologinen valmistusjärjestelmä ei ollut tärkein syy solutuotantofilosofian kehittämiseen ja syntymiseen. Tärkeimpänä syynä pidetään huonoja kokemuksia monimutkaisista ohjausjärjestelmistä sekä tarpeita ihmisten työympäristön kehittämiseen. Solutuotanto järjestelmän on todettu parantavan työviihtyvyyttä ja työmotivaatiota, joten ainakin työympäristön parantamisessa on onnistuttu. (Kuvat 9. ja 10.) (Heikki Salmelan opintomateriaali.)



Kuva 9. Prosessiperusteinen solutuotanto



Kuva 10. Tuoteperusteinen solutuotanto

### 2.3.2 Solutuotannon ominaisuuksia

Poikkeavuuksia eri yritysten käyttämissä solutuotannon sovelluksissa on paljon, johtuen valmistuksen eroavaisuuksista ja luonteesta sekä henkilöstön ammattitaidosta ja koulutuksesta. Erilaisuuksien lisäksi myös joitakin yhteisiä piirteitä solujen kesken voidaan erottaa.

Solun tehtävänä on yhdistää useita työvaiheita yhdeksi tietyksi kuormituspisteeksi, jolloin tätä yhtä solua voidaan ohjata yhdellä työmääräimellä. Funktionaalisessa järjestelmässä jokainen kone tai työvaihe tarvitsee oman työmääräimensä. Solutuotannossa tuotannonohjaus suunnitellaan yhden, yleensä kalleimman koneen mukaan siten, että tämän koneen kuorma ja työllistyminen on mahdollisimman suuri, kun muita koneita käytetään silloin kun siihen on tarvetta. Solulla ja suunnittelulla ei yleensä ole suoraa keskinäistä vuorovaikutusta tuotannonohjauksessa.

Yksi selkeä yhtenäinen piirre soluilla on, että koneet ja työasemat on sijoitettu lähelle toisiaan. Työnkulku on järjestetty siten, että se olisi mahdollisimman yksisuuntainen ja kaikille yhteinen. Solun materiaalit sijaitsevat yhdessä pisteessä ja valmiit tuotteet jätetään yhteen pisteeseen.

Palkkausmuotona solutuotannossa käytetään yleensä ryhmäpalkkausta, joten palkkaus on sidottu koko solun suoritukseen. Tämä tapa lisää motivaatiota sekä ryhmähenkeä. Työntekijät vastaavat tuotantotehtävien ja töiden ajoituksen suunnittelun ohella myös erilaisista tukitehtävistä.

Solutuotantomalli on sopiva tilanteisiin, jossa muutoksia tapahtuu lyhyellä aikavälillä ja kun tarvitaan operatiivista joustavuutta. Mallissa on kuitenkin kehitettävää, jotta se saataisiin soveltumaan nykyisin tarvittavaan pitkän aikavälin taktiseen ja strategiseen joustavuuteen. (Uku 2000.)

Solutuotannon kehittämisen apuna voidaan käyttää myös lean- ajattelumallia. Tämän mallin periaatteen mukaan kehitettyä solua voidaan kutsua verkostosoluksi. Keskeistä tällaiselle solulle on, että se toimii sitä ympäröivän yrityksen sisäisten ja ulkoisten toimintojen verkoston osana. Tässä tapauksessa solun täytyy olla monitaitoinen ja ryhmähenkinen, jotta ongelmilta vältyttäisiin. Myös verkostosolu osallistuu suunnittelu- ja tukitehtäviin ja kehitystoimintaan.

Verkostosolussa työntekijät hallitsevat useita työvaiheita ja koneita. Tämä parantaa solun joustavuutta äkillisten muutosten, kuten kuormitusvaihteluiden ja poissaolojen, yhteydessä. Samalla työntekijöiden työnkuva vaihtelee ja motivaatio kasvaa. Lisäksi solulla on oma hallinto ja vastaava etumies, jonka tehtävänä on suunnitella solun kuormitusta sekä vastata solun seurannasta ja työjärjestelyistä. Solun on kiinteästi yhteydessä yrityksen organisaation ja sen tehtävänä on myös vastata tietyistä tukitoiminnoista, kuten kunnossapito, valmistuksen ohjaus, laadunhallinta sekä tuotesuunnittelu. Tämä tapahtuu osin yksin ja osittain yhteistyössä toimintojen henkilöstön kanssa.

Tärkeää solun toiminnassa on seurata tuotannon tapahtumia ja kirjata niitä ylös. Työntekijät tarkkailevat solun toimintaa ja kirjaavat tapahtumia ylös, jotta niitä voidaan yhdessä käsitellä. Tämä on tärkeää siksi, että solun toimintaa saadaan kehitettyä ja näin ollen toimintaa parannettua.

(Uku 2000.)

Solutuotannossa on myös omat hankaluutensa, joita ovat mm. solutuotantoon siirtyminen aiheuttaa kustannuksia, joitakin koneita käytetään vajaakuormituksella sekä muutosvastarinta ja sopeutumisvaikeudet ryhmässä työskentelevien välillä.

(Heikki Salmelan opintomateriaali.)

### **2.3.3 Solutuotantoon siirtyminen Maaselän koneella**

Maaselän koneella on valmistuksessa monen eri mallisia tuotteita. Tuotteiden kokoonpanot tapahtuvat samoilla pisteillä, joten joustavuutta tarvitaan. Tarkoituksena on kokoonpanna tuotteet mahdollisimman täydellisiksi yhdellä kokoonpanopisteellä. Lisäksi valmistuspisteiden kuormitukset vaihtelevat huomattavasti, jolloin työntekijöiden määrää joudutaan säätelemään. Yritys kokoonpanee myös tuotteisiin tulevia osia itse, joten näille täytyy löytää oma kokoonpanotilansa. Yrityksen toimitilat ovat kohtuullisen rajalliset, josta johtuen solutuotannon järjestäminen on paljon helpompaa kuin kokoonpanolinjan kokoaminen.

Edellä mainituista syistä, johtuen maaselän koneella päädyttiin solutuotantoon siirtymisestä. Tarkoituksena on myös siirtyä imuohjausta kohden, joten solutuotanto on helppo järjestää tämän ympärille. Kuten opinnäytetyössä kerrotaan, layoutin muutoksella on tarkoituksena vähentää työntekijöiden turhaa liikuntaa, jolloin työviihtyvyys paranee ja näin ollen tuloksetkin. Tämä saadaan aikaan solutuotantoon siirtymällä, koska silloin tuotteiden valmistus ja osat ovat lähellä toisiaan ja näin ollen liikuntamäärät vähenevät. Maaselän koneella uskotaan, että solutuotantoon siirtymisellä saadaan aikaan huomattavasti tuotannon tehostumista ja tuloksien paranemista. Tärkeänä syynä solutuotantoon on se, että siihen on helppo yhdistää tulevaisuudessa jonkinlaista automatiikkaa tuotteiden ja osien kuljetuksiin.

### 3. LÄHTÖTILANNE JA TAVOITTEET

Lähtötilanne Maaselän koneen kokoonpanohallissa on kohtuullisen sekava, sillä varaosavarastoja eli hyllyjä on lähes joka puolella hallia. (Liitteet 1 ja 2. pohjapiirros ennen muutosta). Osakokoonpanot tehdään keskellä hallia, joten tämä on kohtuullisen sopiva sijainti osien kuljetuksien kannalta. Ongelmana onkin pienten osien varastointi kaukana kokoonpanopaikasta, jonka vuoksi työntekijöille tulee turhaa liikkumista työpäivän aikana paljon.

Lähtökohtaisesti tarkoituksena on uuden layoutin suunnittelu ja piirtäminen. Maaselän koneella ei ole kunnollista pohjapiirrosta olemassa, joten ensimmäinen vaihe on sen tekeminen. Tarkoituksena on siis muuttaa layoutia, joten järkevää on tehdä pohjapiirros vanhasta layoutista ja lähteä muuttamaan hallin kuvaa sen pohjalta. Lisäksi yritykseltä puuttuu mallit kokoonpanosoluista, jotka on tarkoitus ottaa käyttöön layoutin muutoksen yhteydessä.

Tavoitteena työssä on nykyisen pohjapiirroksen mallintaminen. Pohjapiirros on yleensä 2D-muodossa, mutta Maaselän koneen toiveesta tässä tapauksessa malli tehdään 3D-muotoon. Tavoitteena on saada selkeä kuva sekä 2D-mallissa että 3D-mallissa. Lisäksi täytyy suunnitella tuotantosolut ja niiden sisältämät varusteet. Pohjapiirroksen ja tuotantosolujen mallinnuksen jälkeen tavoitteena on muuttaa hyllyjen ja solujen paikkoja ja järjestystä mahdollisimman järkeväksi, jotta turha liikkuminen saataisiin eliminoitua. Eli opinnäytetyön tavoitteena on saada Maaselän koneen tuotantotilat järjestettyä järkevämpään muotoon, jotta tuotanto tehostuisi.

## **4. TOTEUTUS**

Opinnäytetyön toteutuksessa oli viisi eri vaihetta. Ensimmäisenä tehtävänä oli yhteensopivuuksien tutkiminen ja tämän jälkeen suoritustavan valinta millä tavalla mallinnusta lähdetään suorittamaan. Valinnan jälkeen tehtävänä oli itse skannauksen suunnittelu ja skannaus, jonka jälkeen pistepilvestä tehtiin malli, joka siirrettiin Autocadiin muokattavaksi. Viimeisenä osana oli tuotantosolujen ja uuden layoutin suunnittelu ja mallintaminen.

### **4.1 Yhteensopivuuden tarkistaminen**

Tämän opinnäytetyön tekeminen aloitettiin tutkimalla yhteensopivuuksia Leica Cyclonen sekä muiden mallinnusohjelmien kanssa. Maaselän koneen vaatimuksena oli, että 3D-malli olisi saatavilla Solid Worksiin sopivana tiedostomuotona, joten tämä yhteensopivuus täytyi selvittää.

Yhteensopivuuden selvittäminen oli työn helpoin osa, sillä tässä tilanteessa ei tarvinnut kuin selvittää Leican ohjelman export- tiedostomuodot sekä Solid Worksin import- tiedostomuodot. Yhtenäisiä tiedostomuotoja löytyi useita, joten itse mallinnustyö pystyttiin tekemään Leican skannerilla.

([http://www.leica.fi/Geo/Ohjelmistot\\_Cyclone.html](http://www.leica.fi/Geo/Ohjelmistot_Cyclone.html))

### **4.2 Skannauksen suunnittelu ja skannaus**

Maaselän koneen tehdashallin skannaus saatiin sisällytettyä Centrian projektiin, joten kustannuksia tästä työmuodosta ei syntynyt yritykselle. Projektiin oli palkattu yksi henkilö, joka vastasi skannauksen suorittamisesta. Lisäksi ensimmäisenä skannauspäivänä mukana oli kaksi muuta henkilöä auttamassa sekä antamassa



neuvoja, jotta skannaus saatiin alulle ilman suurempia ongelmia. Skannauksen valmistelut aloitettiin hyvissä ajoin. Ensimmäinen tehtävä oli hankkia Maaselän koneelta suurpiirteinen pohjakuva, josta nähtiin hallin mittoja ja muotoja. Tämän avulla skannauspisteitä voitiin suunnitella etukäteen, jotta itse skannaus tapahtuisi kohtuullisen vaivattomasti. Seuraavaksi mietittiin kaikille projektiin osallistuneille sopivat ajankohdat, jolloin keilaus voitiin lähteä suorittamaan

Maaselän koneen hallin skannaus kesti kolme päivää. Keilauskohtia halliin tuli yhteensä kuusi, joista saadut pistepilvet koottiin myöhemmässä vaiheessa yhdeksi isoksi pilveksi, josta mallinnus voitiin tehdä.

Skannauksen valmistelut aloitettiin skannerin tasaamisella oikeaan asentoon. Tämän jälkeen skanneri käynnistettiin lämpeämään ja samalla tunnistamaan ilman lämpötilan, kosteuden yms. Skannerin lämmitessä oli samaan aikaan ohjelmassa tähyksien asettaminen. Tähyksien asennus on tärkeä osa skannauksen valmistelua, koska tähyksien näkyvyydestä riippuu skannauksen onnistuminen. Tähyksen paikat on tärkeää valita huolella, koska vähintään neljän kuvauspaikalla olleen tähyksen täytyy näkyä seuraavalla skannauspisteellä.

Itse skannaus alkaa skannauskohdan panoraamakuvauksella, jossa skanneri ottaa digitaalisia valokuvia kaikkialta ympäriltään. Skanneri kasaa nämä kuvat yhdeksi panoraamaksi, josta on helppo katsoa eri muotoja ja kappaleita mallinnusvaiheessa. Seuraavaksi vaiheena oli kohteen skannaus. Skannauksessa skanneri lähettää nopealla tahdilla lasersäteitä, jotka pintaan osuessaan heijastuvat takaisin tehden pisteen. Näitä pisteitä tulee, riippuen halutusta tarkkuudesta, skannauksessa paljon. Tässä tapauksessa pisteitä tuli noin miljoona skannausasemaa kohden. Skannerin tehtyä työnsä tapahtuu tietojen tallentaminen koneelle sekä aseman purku ja siirtyminen seuraavalle pisteelle. Yhden osan skannaus kestää noin tunnin, kun tähän lisätään valmistelu- sekä viimeistelytyöt kestää yhden skannauksen teko vähintään kaksi tuntia.

### **4.3 Mallinnus**

Maaselän koneen valimotiellä sijaitsevan hallin mallinnus tapahtui Leica Cyclone ohjelmistolla. Kuten aiemmin mainittiin, kohde käytiin skannaamassa ja tästä saatiin pistepilvi. Tästä pistepilvestä oli tarkoituksena mallintaa itse 3D-kuva. Mallinnus tehtiin Leican omalla mallinnusohjelmalla ja mallinnuksen jälkeen saatu tiedosto siirrettiin export- import toiminnolla Autocad- ohjelmistoon.

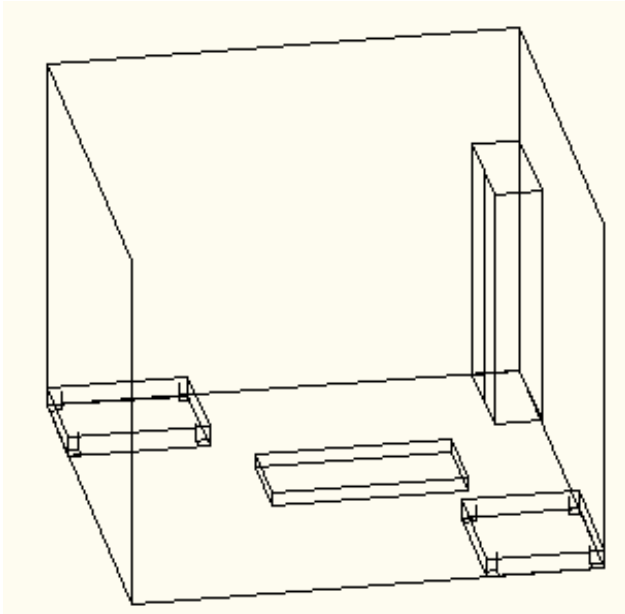
Mallinnus tapahtui yhteistyössä Centrian palkkaaman projektihenkilön kanssa. Työ suoritettiin koululla sijaitsevassa tuotantotalouden laboratoriossa olevalla tietokoneella. Itse mallinnus tapahtuu valitsemalla muotoja, kappaleita tms. pistepilvestä panoraamakuvaa apuna käyttäen. Tätä tiettyä kohtaa pistepilvestä tarkennetaan ja näin ollen siitä pystytään hahmottelemaan kappaleen ääriviivat sekä muodot. Tällä toiminnolla saadaan aikaan yksinkertainen rautalankamalli, josta jatkotoimenpiteet ovat helppo suorittaa. Mallinnus tehdään pienissä osissa, esimerkiksi yksi kone mallinnetaan yksinään, joista sitten kootaan yksi valmis malli, tässä tapauksessa kokonainen tehdashalli.

Kaikkia hallissa olevia osia ei pystytty mallintamaan skannauksesta saadun tiedon avulla, koska jotkin koneet estivät näkyvyyttä taaksensa. Tämän seurauksena muutamia osia, kuten osa sähkökaapeista, jouduttiin mittaamaan ja mallintamaan perinteisellä tavalla Auto Cadissa.

### **4.4 Tuotantosolujen suunnittelu**

Tuotantosolujen suunnittelun tein Auto Cad- mallinnusohjelmalla. Tarkoituksena oli siis suunnitella malli kokoonpanosolusta, joka olisi sopiva Maaselän koneen tarpeisiin. Solun suunnittelussa oli kohtuullisen tarkat rajat, koska kokoonpanossa tarvittavat työkalut ovat samat lähes jokaisessa solussa. Soluja tuli suunnitella kahden kokoisia, sillä tehtaassa suoritetaan kokoonpanoa niin pienkoneille kuin

suurkoneillekin. Tarkoista rajoista johtuen erilaisia soluehdotuksia ei tullut paljoa. Yhteensä tein neljä erilaista solumallinehdotusta, kaksi molemmille kokoonpanosille, joissa vaihtelua oli vain mitoissa. (Kuva 11.)



Kuva 11. Piensolu rautalankamallina

Lisäksi tehtävänä oli suunnitella kokoonpanosoluissa varusteet. Tärkeimpänä varusteena solussa on nostopöytä, jonka päällä kokoonpano tapahtuu. Nostopöytien lisäksi soluun täytyy sopia kaappi, jossa säilytetään kaikkia tarvittavia työkaluja sekä yksi tai kaksi lavaa joilla koneeseen asennettavat osat tuodaan soluun.

#### 4.5 Layoutin suunnittelu

Layoutin suunnittelun lähtökohtana oli tuotannon muuttaminen solutuotannoksi sekä hyllykköjen järjestäminen keräilyvarastoksi keskelle hallia. Suunnittelun pohjana oli Leican skannerilla tehty 3D-malli, joka oli siirretty Auto Cadiin. Malli oli tehtaan nykyinen layout rautalankamallina, josta muokkaaminen oli helppo tehdä.

Layoutin suunnittelu alkoi hyllymittojen määrittelemisellä. Aiemmin tehdyssä 3D-mallissa ei huomioitu hyllyjen eriäviä mittoja, joten tehtävän oli määrittää kuinka monta ja minkä mittaista hyllyä hallissa on. Hyllyjä oli kahta eri mitta: 3,5 metriä sekä 2,4 metriä. Pääasiassa hyllyt olivat 3,5 metriä pitkiä, joten keräilyvarastot päätettiin koota niistä. Yhteensä hyllymittaa näistä pitemmistä hyllyistä syntyi noin 150 metriä.

Tarkoituksena oli tehdä malli siitä, kuinka hyllyt ja tuotantosolut kannattaa järjestää. Tähän järjestelyyn oli kohtuullisen tarkat rajat, koska tilaa oli hallissa rajoitetusti ja tarkoitus oli saada se käyttöön mahdollisimman tehokkaasti. Yhteistyötä Maaselän koneen Harri Visurin kanssa tehtiin koko tämän suunnittelun ajan.

Alkuun sain Maaselän koneelta tiedot mihin solut ja hyllyt oli tarkoitus sijoittaa. Näiden tietojen avulla suunnittelin ensiksi yhden layout mallin, jota sitten tutkittiin Visurin kanssa. Tämä tutkinta sai aikaan uusia ideoita, joiden pohjalta suunnittelin ja piirsin viisi erilaista layoutin mallia, joissa käytin aikaisemmin suunnittelemani soluja. Näissä malleissa käytin kolmea eri solujen järjestelymallia sekä kahta erilaista esitystä hyllyjen sijoittamista.

Hyllyjen järjestämiseen oli olemassa selvät rajat. Hyllyt järjestettiin kahden hyllyn pareihin, näitä pareja tehtaaseen mallinnettiin kaksi, koska tilaa leveydellisesti ei ollut enempää. Tarkoituksena oli että hyllyparin väliin jätetään vain pieni väli noin 1 metri, jotta keräilijän on helppo kerätä haluamansa osat hyllyistä. Hyllyparien väliin ja ulkopuolelle täytyi suunnitella suurempi tila, jotta ne voidaan täyttää trukeilla. Ongelmaksi muodostuivat keskellä hallia olevat pylväät, jotka saattavat haitata hyllyjen täyttöä. Yhteismittaa näillä hyllyillä on siis 150 metriä, joten yhden hyllyn mitaksi tulee noin 38 metriä.

Suunniteltuja layout malleja on viisi kappaletta. Erot eri mallien välillä ovat kohtuullisen pieniä, mutta kuitenkin merkittäviä. Tarkoituksena oli suunnitella mahdollisimman monipuolisia malleja, jotta niistä olisi mahdollista nähdä suuria kokonaisuuksia ja täten löytää paras mahdollinen vaihtoehto hallin layoutiksi. Lisäksi

tarkoituksena oli saada vähennettyä turhaa liikkumista, joten solut ja hyllyt tuli suunnitella mahdollisimman lähelle toisiaan. Tarkkojen rajojen vuoksi suuria eroja mallien liikuttelumatkoissa ei tullut. Kaikista malleista on olemassa 3D-kuva. Liitteinä on kaikkien mallien 2D-kuvat sekä 3D-kuvat.

### **Malli 1**

Ensimmäisessä layout mallissa käytin suurempia solumalleja, joista suurempi on 7x7 metriä ja pienempi 5x6 metriä. Tässä mallissa solut on asetettu 45 asteen kulmaan verrattuna hallin pitkiin sivuihin. Soluja halliin saataisiin mahtumaan 4 isoa sekä 6 pienempää. Hyllyt tässä mallissa on järjestetty rinnakkain hallin keskellä olevien tolppien sivulle. Hyllyt ovat kahden hyllyrivin pareissa. Parissa olevien hyllyjen välillä on matkaa metri ja kahden hyllyparin välillä on neljä metriä vapaata tilaa.

Tässä mallissa hyvää on solujen suuri koko ja sijoittelu, koska näissä soluissa on varmasti tarpeeksi tilaa ja niiden asettelu on suotuisaa tuotteiden liikuttelun kannalta. Solujen hyvä kulma helpottaa valmiiden tuotteiden siirtoa trukeilla varastoon. Huonona puolena voidaan mainita solujen suuri tilantarve hallissa sekä hyllyjen asettelu. Hyllyjen asettelu ei ole paras mahdollinen, koska kaikkiin ei voida lisätä osia ja tuotteita tarpeen mukaan, koska keskellä olevat tolpat sekä sähkökaapit estävät tämän. (Liitteet 3 ja 4)

### **Malli 2**

Toisessa mallissa käytössä on myös suuret solut, mutta ne on aseteltu loivempaan kulmaan, 23 astetta, hallin seiniin verrattuna, joten niitä mahtuu halliin yhdet enemmän molemmille puolin. Hyllyköt on järjestetty hallin keskilinjan molemmille puolille siten, että yksi hylly on toisella puolen ja kolme hyllyä toisella. Hyllyjen välit ovat muuten samat, eli hyllyparien välissä on neljä metriä, mutta tolppien ja hyllyjen välissä on metrin tila, jotta keräily on mahdollista.

Tämä malli on mielestäni paras tilankäytön ja tuotteiden liikuttelun kannalta, koska soluja mahtuu halliin enemmän kuin ensimmäisessä mallissa ja hyllyt ovat kaikki täysin käytettävissä. Lisäksi solut ovat suuria, joten tilaa myös niissä on. (Liitteet 5 ja 6)

### **Malli 3**

Kolmannessa mallissa halli suunniteltiin pienempien solujen mukaan, joista suurkonesolut ovat 6x6 metriä ja piensolut 4x4 metriä. Nämä solut on aseteltu samoin kuin ensimmäisessä mallissa eli 45 asteen kulmaan pitkien sivujen mukaan. Hyllyt on asennettu juuri samoin kuten ensimmäisessä mallissa.

Hyvänä puolena voidaan mainita se, että soluja mahtuu halliin todella paljon, joten tuotantokapasiteetti saadaan suureksi, sekä tuotteiden liikuttelun helppous. Ongelmana on mahdollinen koneiden liian suuri koko soluihin nähden, jolloin kokoonpano on vaikeaa. Lisäksi tässä mallissa on samat ongelmat hyllyjen kanssa kuin ensimmäisessä mallissa. (Liitteet 7 ja 8)

### **Malli 4**

Mallissa 4 käytettiin myös pieniä soluja, kuten kolmannessa mallissa. Nämä solut asetettiin eri kulmaan seiniin verrattuna, kuin kolmannessa mallissa. Tämän ansiosta tilaa säästettiin ja tuotantokapasiteettia saatiin lisää. Hylly järjestettiin kuten toisessa mallissa, eli yksi hylly keskivälin toiselle puolen.

Hyvänä puolena on loistava tilan hyödyntäminen sekä hyllyjen hyvä sijainti ja solujen suuri määrä, jolla saadaan aikaan suuri tuotantokapasiteetti. Huonona taasen solujen pieni koko, kuten kolmannessa mallissa. (Liitteet 9 ja 10)

## **Malli 5**

Malli 5 tehtiin, jotta saatiin lisää eri mahdollisuuksia. Tässä tapauksessa solut järjestettiin 90 asteen kulmaan, avoin seinä hallin keskusta päin, pitkiin sivuihin verrattuna. Lisäksi hyllyt ovat keskilinjan toisella puolen, kuten mallissa 1 mutta muokkaus mahdollisuus on olemassa.

Tässä mallissa suuria soluja saadaan mahtumaan paljon halliin ja osien tuonti keräilyvarastosta on helppoa. Huonona puolena on valmiiden tuotteiden vaikea hallinta, sillä trukkikuski joutuu hakemaan tuotteet vaikeasta kulmasta. (Liitteet 11 ja 12)

### **4.6 Yhteenveto malleista ja layoutin valinta**

Kaikki mallit ovat helposti muokattavissa tarpeen vaatiessa, joten yhden ainoan valitseminen ei ole välttämätöntä. Nämä mallit ovat vain suuntaa antavia ja keskustelua parhaasta voidaan käydä. Mielestäni kuitenkin malli 2 on lähimpänä haluttua mallia, koska se on hyvä monella tapaa katsottuna. Mallit suunniteltiin kuitenkin kohtuullisen yksinkertaisina, koska layoutin suunnittelu ei ollut päätehtävä tässä opinnäytetyössä.

Parhaan layoutin valinta tehtiin yhteistyössä maaselän koneen henkilöiden kanssa. Annoin suunnittelemani mallit heille 2D-tulosteina, jotta he pystyivät tarkastamaan ne ja miettimään etukäteen mikä niistä olisi heidän mielestään paras. Tämän jälkeen kävimme keskustelua malleista ja valitsimme heidän tarpeensa parhaiten täyttävän mallin.

Toteutettavaksi malliksi valitsimme suunnitellun mallin 2, mutta siihen täytyi tehdä vielä pieniä muutoksia, jotta se täytti vaatimukset tarpeeksi hyvin. Suunniteltuun layoutiin lisättiin osakokoonpanosolu, keräilyvarasto sekä runkojen puskurivarasto ja

paikka rungoille maalauksen jälkeen. Lisäksi materiaalivirtauksen suunnat piirrettiin malliin. (Liite 14 Materiaalivirtojen merkkien selvitykset)

Solujen paikat ja koot olivat hyvät, joten niille ei tehty muutoksia. Sen sijaan hyllyjen paikkaa muutettiin hiukan. Parina olevat hyllyt siirrettiin toisiaan vasten ja kahden hyllyparin välille jätettiin 5 metrin väli. Näin ollen tuotteiden keräily tapahtuu hyllyjen ulkoreunoilta. (Liite 13 Valittu layout)



## 5. Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli mallintaa Maaselän koneen valimotiellä sijaitsevan hallin layoutin 3D-mallinnus. Lisäksi tehtävänä oli hallista saadun layoutin uudelleen suunnittelu sekä halliin tulevien solujen suunnittelu.

Loppujen lopuksi työ onnistui kohtuullisen hyvin. Hallista saatiin aikaan selkeä 3D kuva, josta näkee selvästi aloitustilanteen ongelmat ja parannuskohdat. Muokattu layout saatiin tehtyä yhteistyössä Maaselän koneen henkilöiden kanssa sellaiseksi kuin se haluttiin ja tulostetuista kuvista ja annetuista tiedostoista on hyötyä yritykselle tulevaisuudessa. Todennäköisesti valittu malli tullaan toteuttamaan Maaselän koneen halliin tulevaisuudessa, ehkä jo ensi kesänä, joten saadut tulokset olivat hyviä

### 5.1 Ongelmat

Suurimmat ongelmat tässä opinnäytetyössä tuli siitä, että käytössä oli kohtuullisen uutta tekniikkaa, jonka käyttö oli vielä hiukan harjoitteluasteella. Tämän vuoksi joistain hallin osista ei saatu kunnollista pistetietoa ja mallinnus oli näin ollen hankalaa. Lisäksi henkilökohtaisesti itselleni tuotti ongelmia opetella näitä uusia ohjelmia ilman hyvää pohjatietoa. Erityisesti Auto Cadin käyttö alussa oli hankalaa, mutta sen oppiminen oli kuitenkin kohtuullisen helppoa ja nopeaa, joten työn tekeminen onnistui. Ongelmaksi muodostui tiedoston siirto Auto Cadista Solid Worksiin. Tämä johtui luultavasti siitä, ettei Solid Works tunnistanut tilavuuksia tiedostosta. Tämä ongelma saatiin korjattua helposti tekemällä kokonaan uusi malli Solid Worksissa Auto Cad-tiedoston pohjalta. Uuden malli tekeminen oli helppoa, koska kaikki mitat ja etäisyydet olivat tiedossa, joten niitä ei tarvinnut suunnitella uudelleen.

## 5.2 Loppusanat

Kaiken kaikkiaan työ oli todella mielenkiintoinen tehdä, johtuen uusista tavoista ja ohjelmista. Henkilökohtaisesti opin Leican ohjelmiston perusteita ja käyttöä. Opinnäytetyö olisi ollut paljon vaikeampi tehdä vanhoilla tavoilla, joten Centrian koneesta ja työntekijöistä oli suuri apu tässä työssä.

## LÄHTEET

Kouri, I., Haverila, M. & Miettinen, A. Uusi-Rauva, E. 2005. Teollisuustalous. Tampere. Tammer-Paino Oy. 510 s. ISBN 951-96765-5-4.

Lapinniemi, Kuppinen Torvinen, kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät WSOY 1997

Heikki Salmelan opintomateriaali

[www.maaselankone.fi](http://www.maaselankone.fi)

[http://www.leica.fi/Geo/Ohjelmistot\\_Cyclone.html](http://www.leica.fi/Geo/Ohjelmistot_Cyclone.html)

[http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1\\_2tuotannollinen\\_yritys.htm](http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm)

1 HDS\_2006\_cyclone.pdf

2 HDS\_2006\_Mittausten suunnittelu.pdf

3 HDS\_2006\_keilaus.pdf

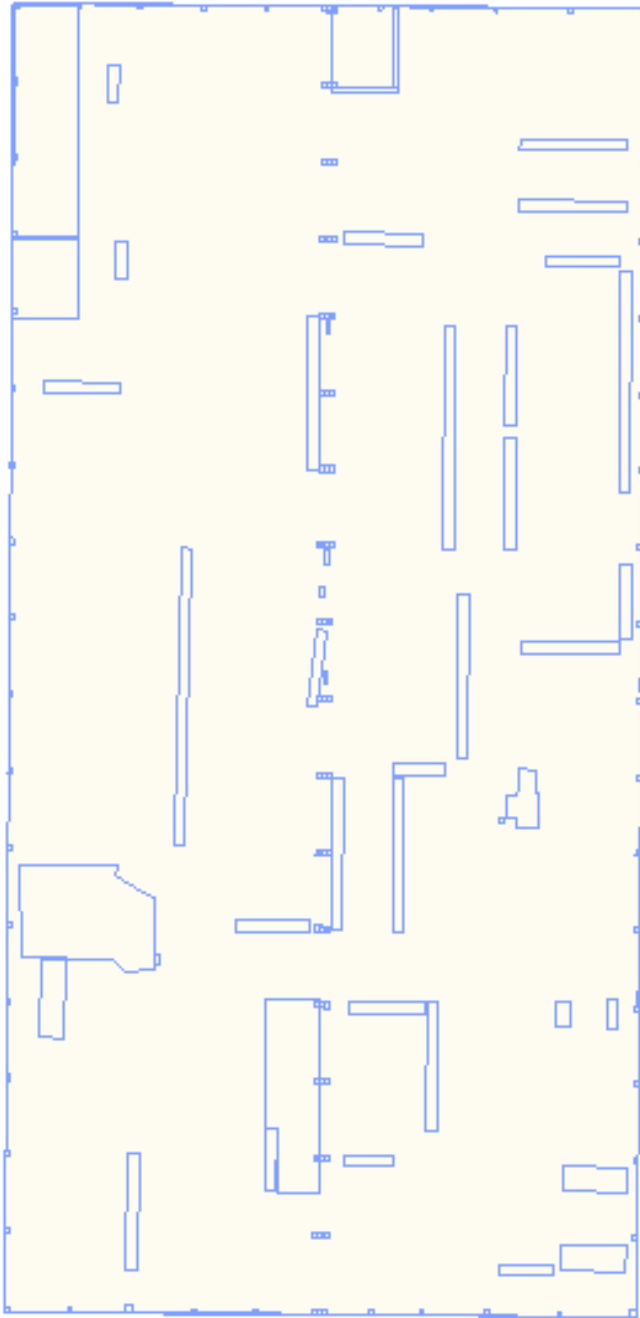
4 HDS\_2006\_rekisterointi.pdf

5 HDS\_2006\_mallinnus\_mm.pdf

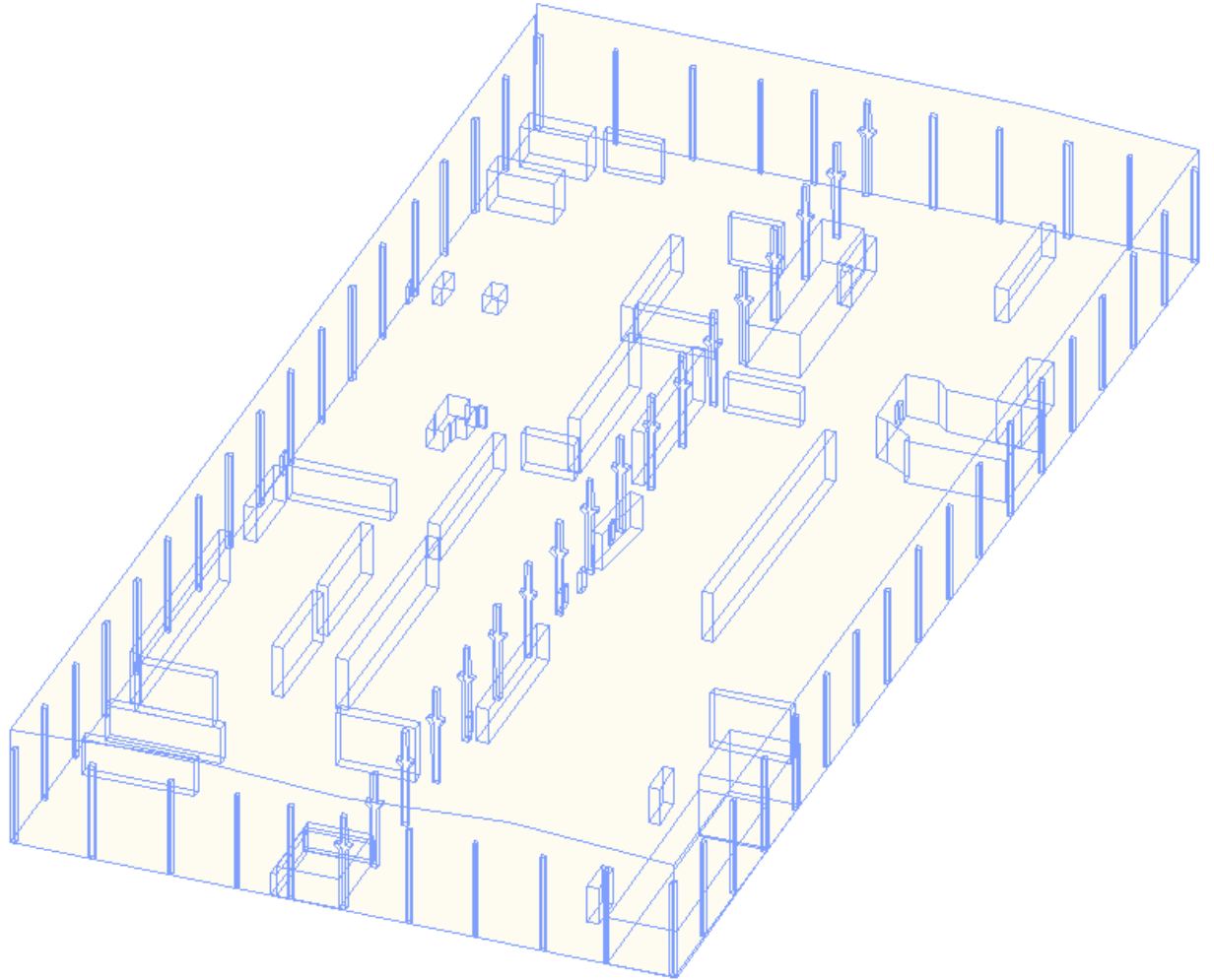
**LIITTEET:**

**LIITE 1**

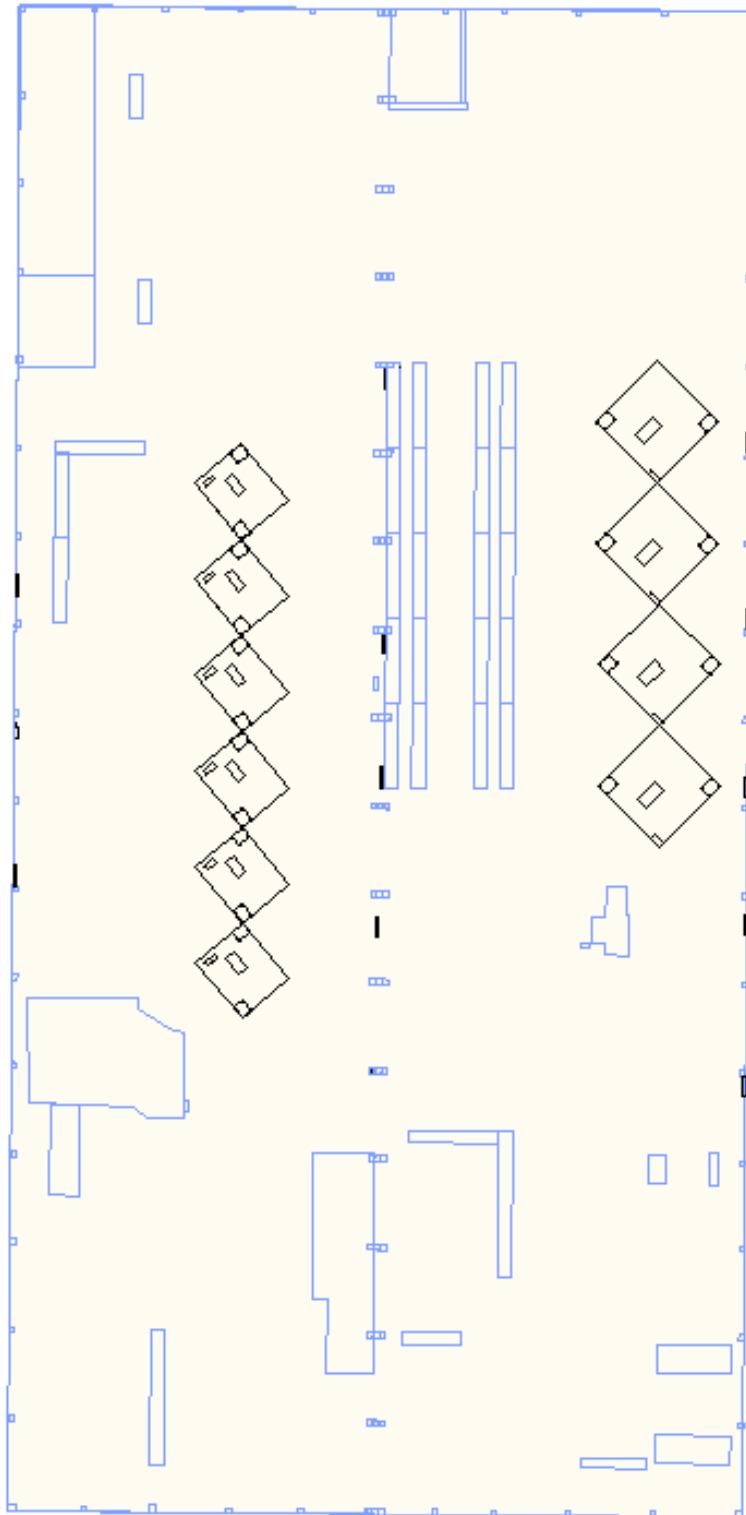
Liite 1 Maaselän koneen layout ennen muutoksia 2D-muodossa



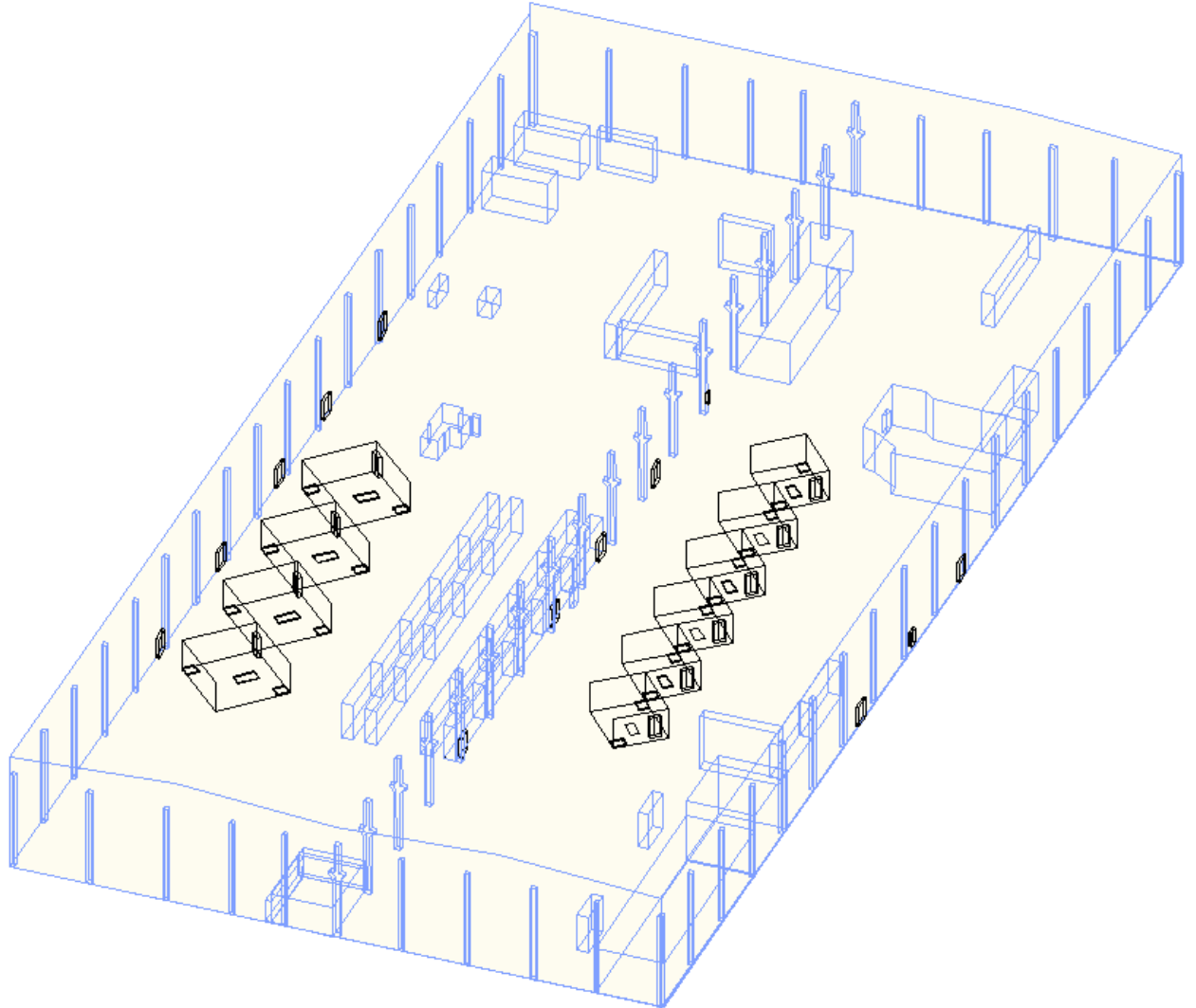
Liite 2 Maaselän koneen layout ennen muutoksia 3D-muodossa



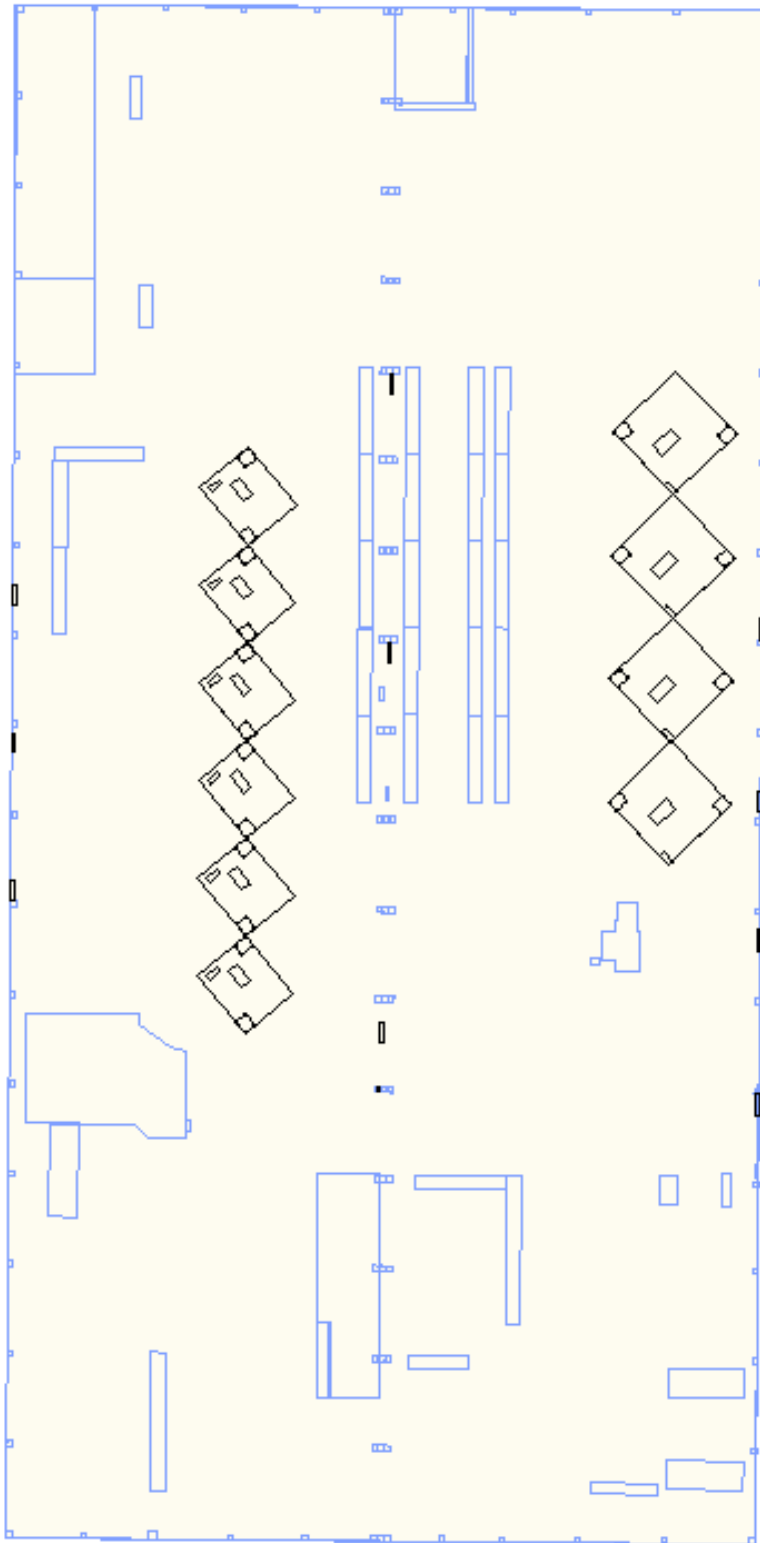
Liite 3 Ensimmäinen layout malli 2D-muodossa



Liite 4 Ensimmäinen layout malli 3D-muodossa

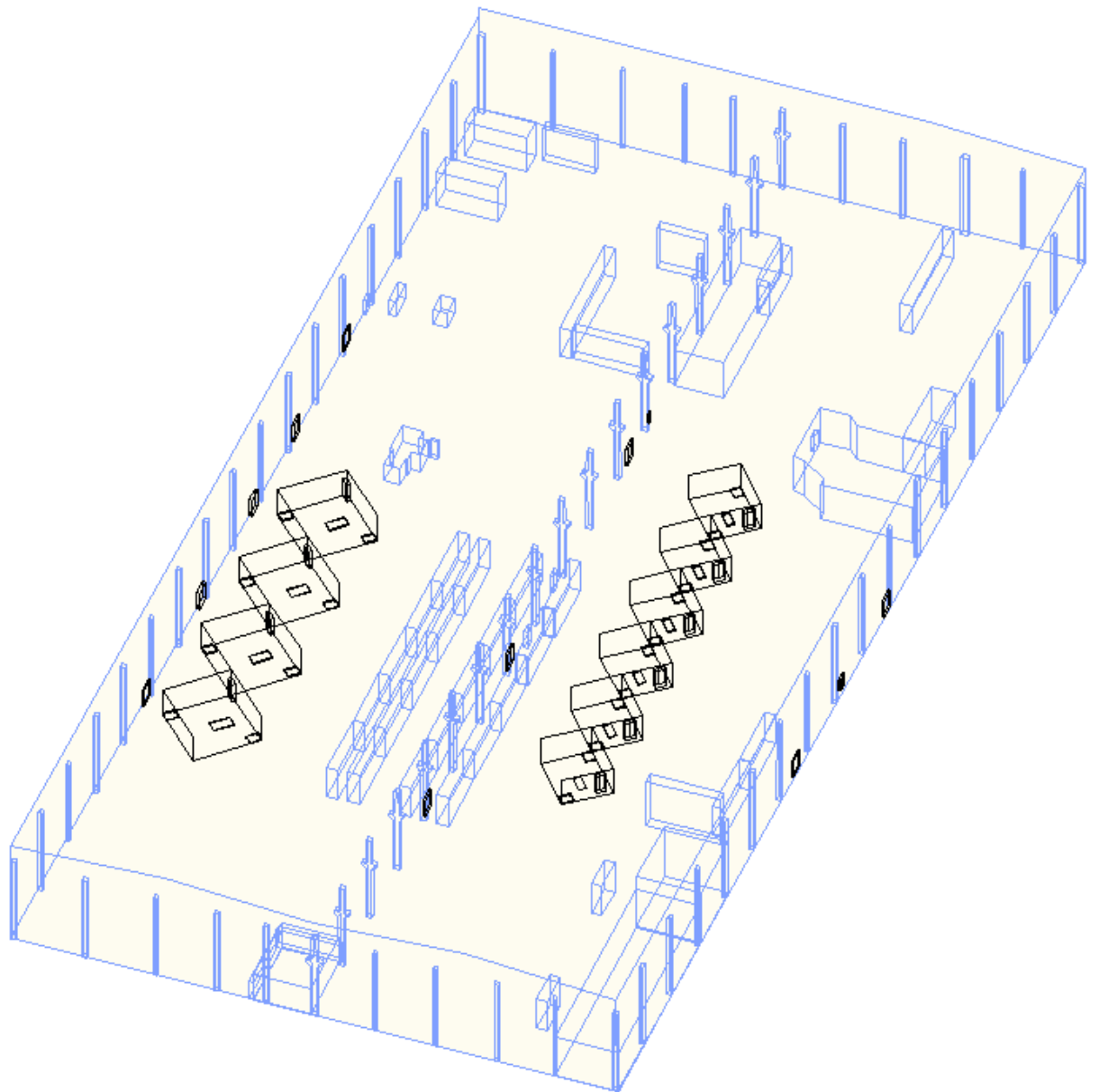


Liite 5 Toinen layout malli 2D-muodossa

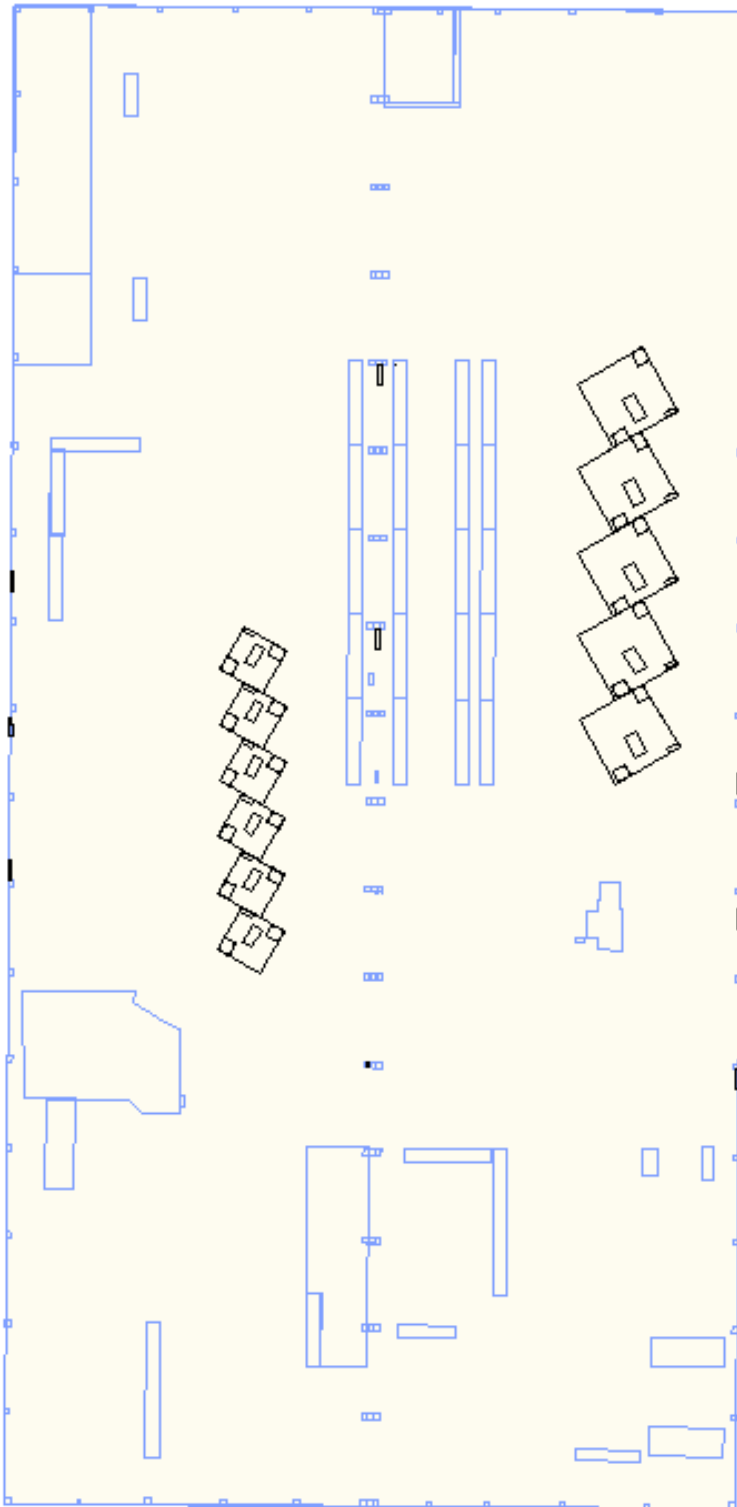




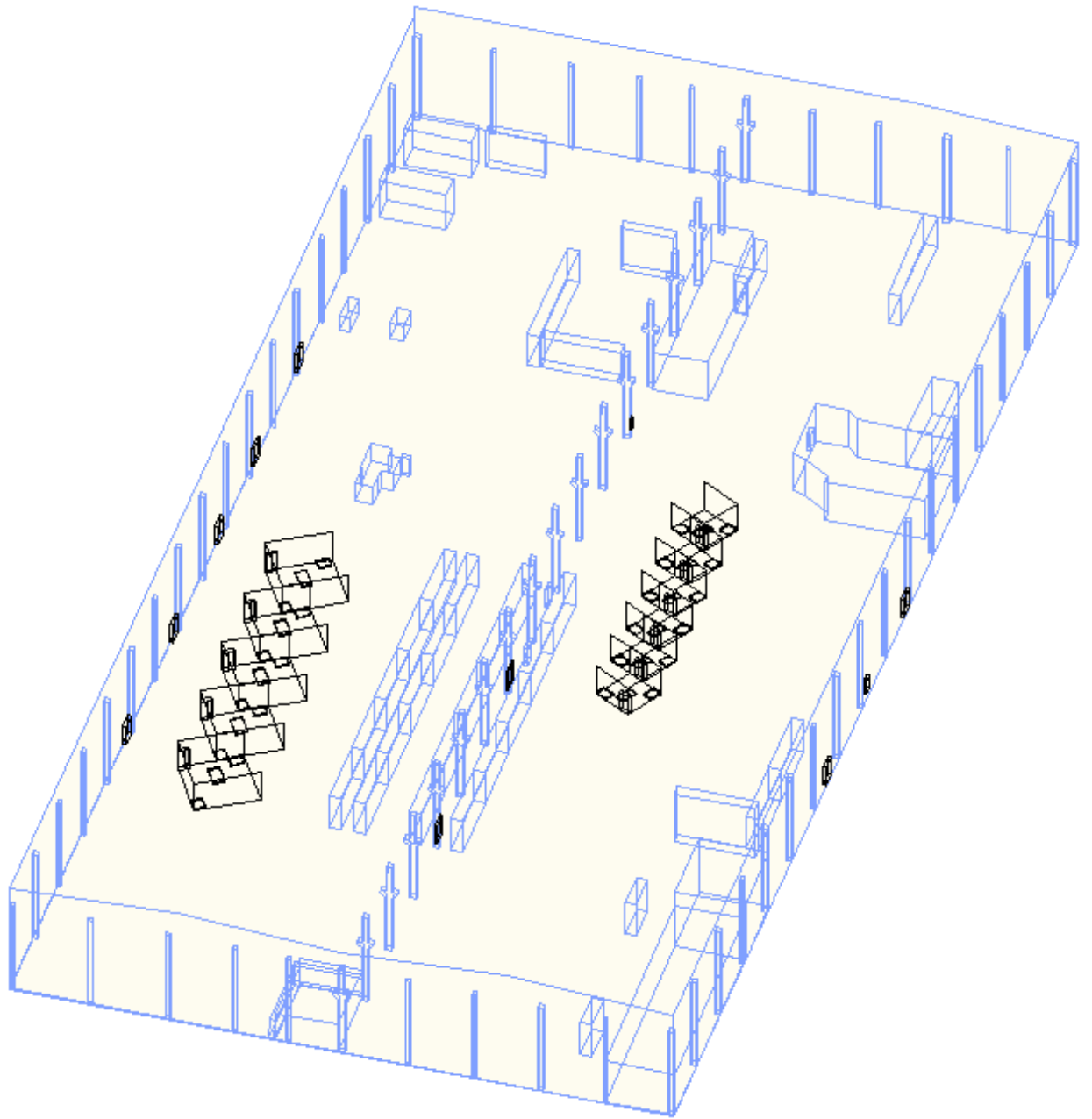
Liite 6 Toinen layout malli 3D-muodossa



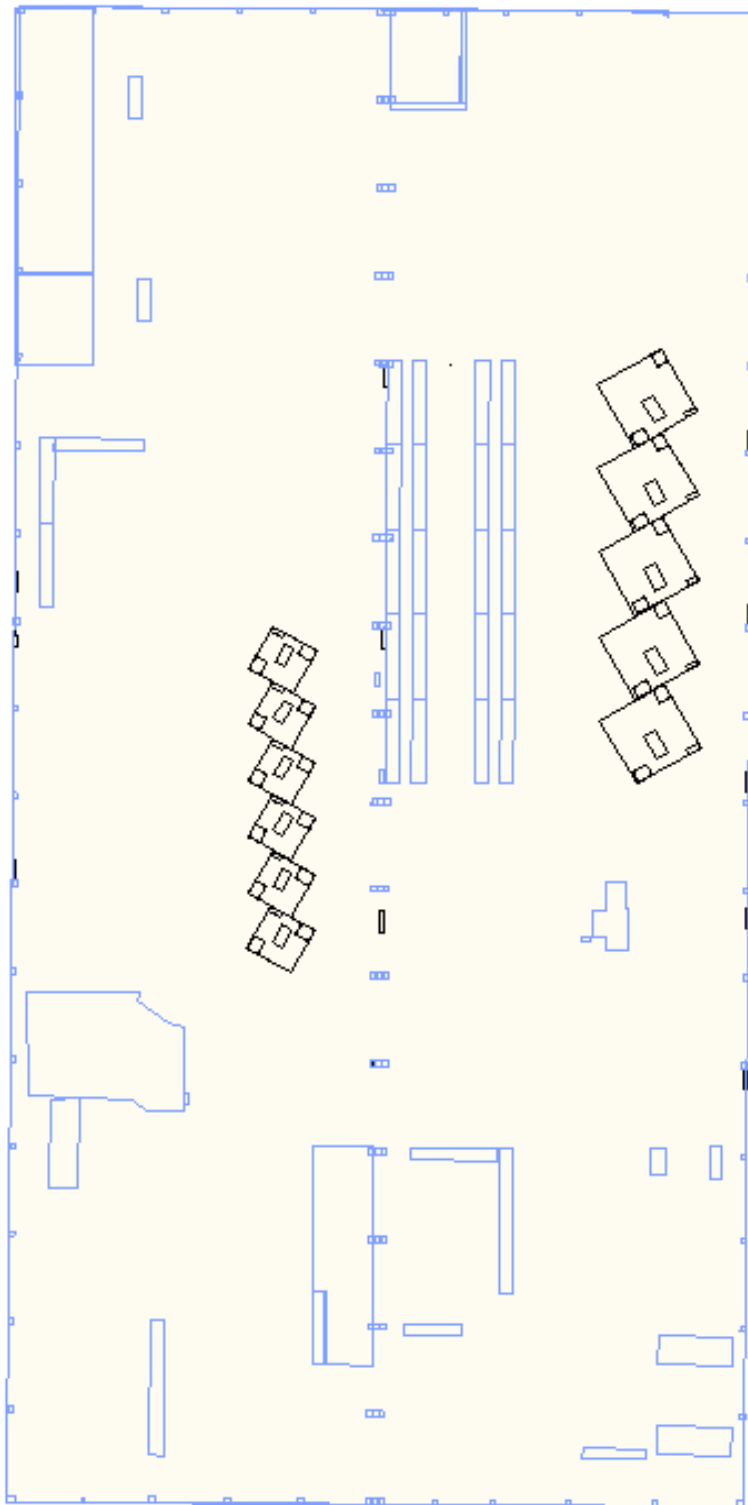
Liite 7 Kolmas layout malli 2D-muodossa



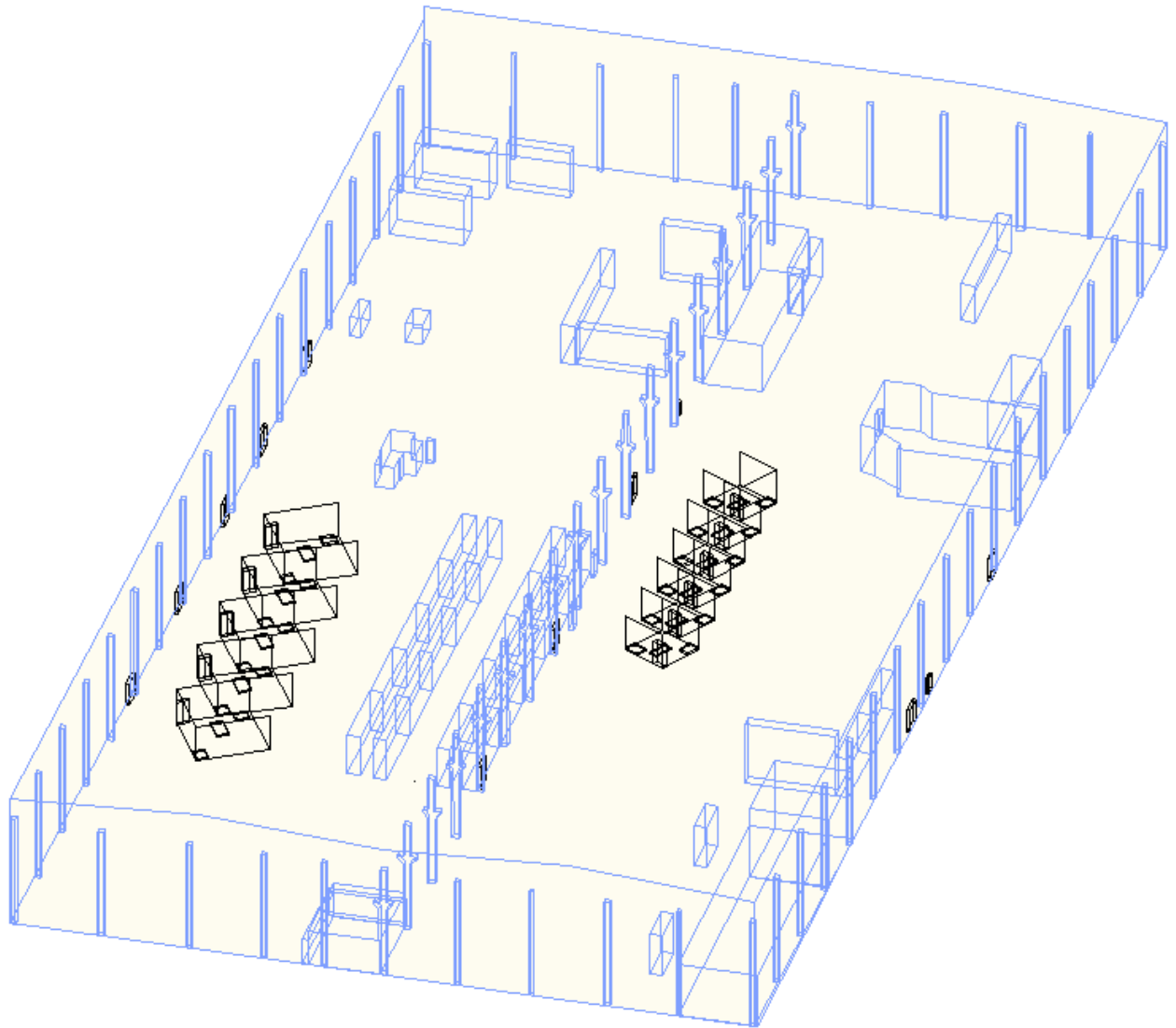
Liite 8 Kolmas layout malli 3D-muodossa



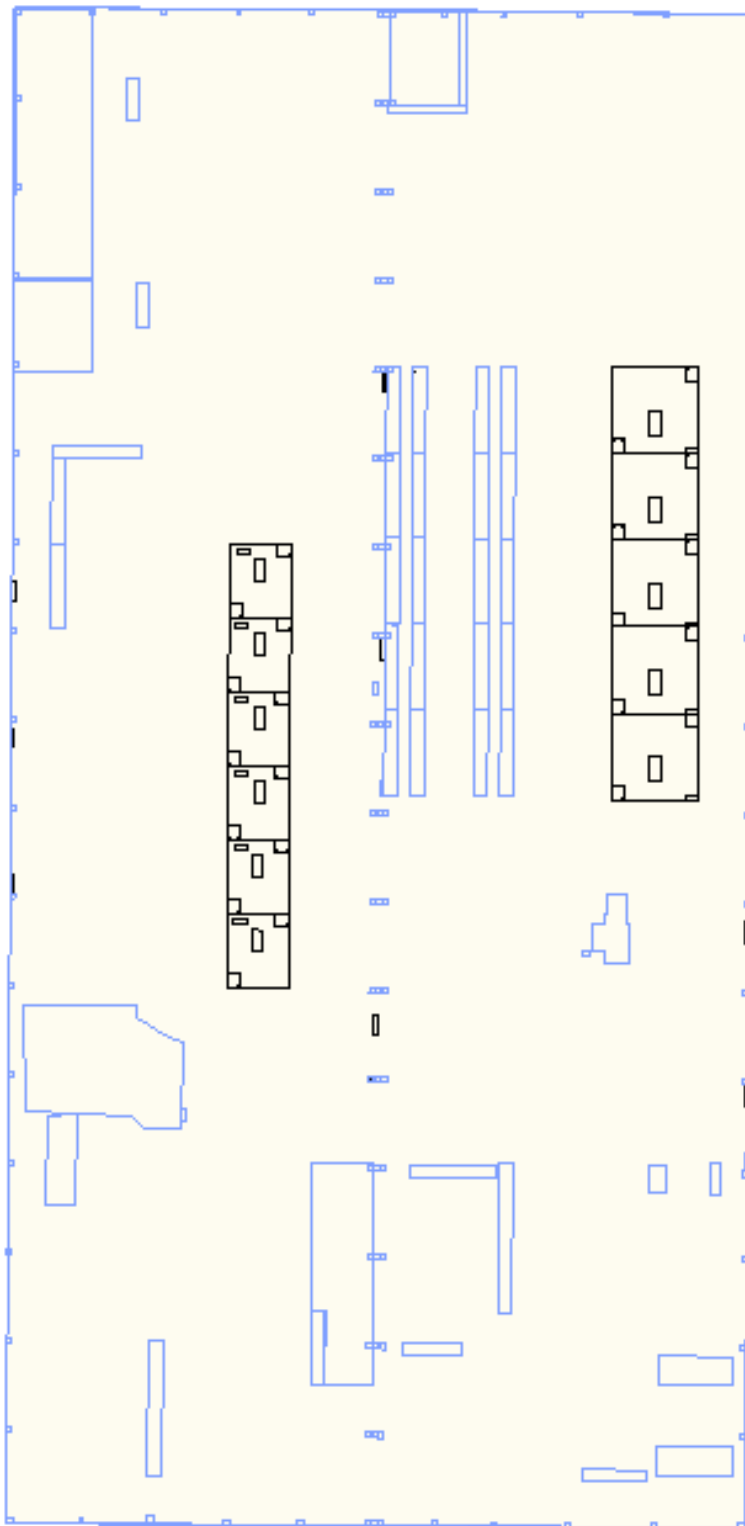
Liite 9 Neljäs layout malli 2D-muodossa



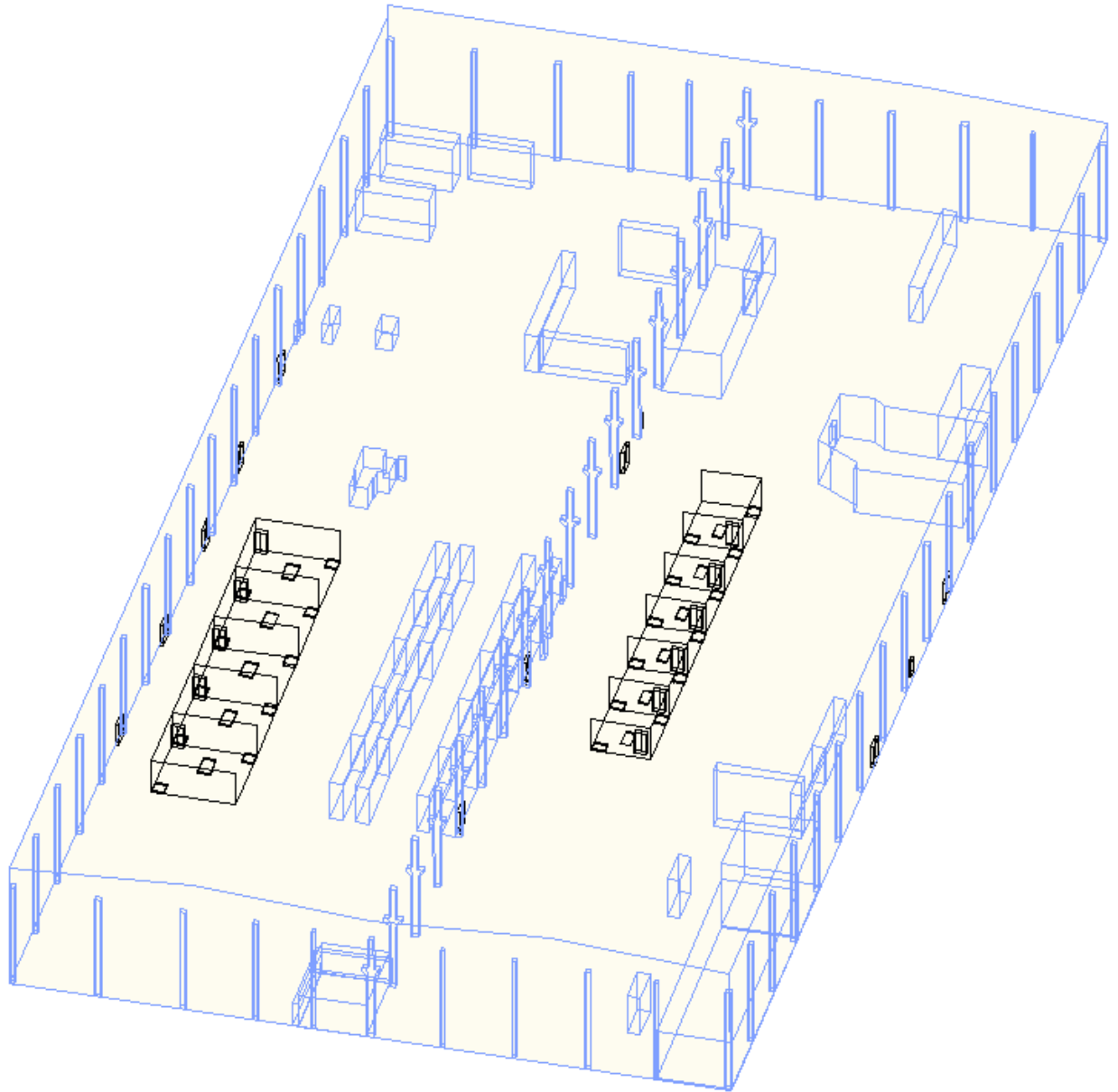
Liite 10 Neljäs layout malli 3D-muodossa



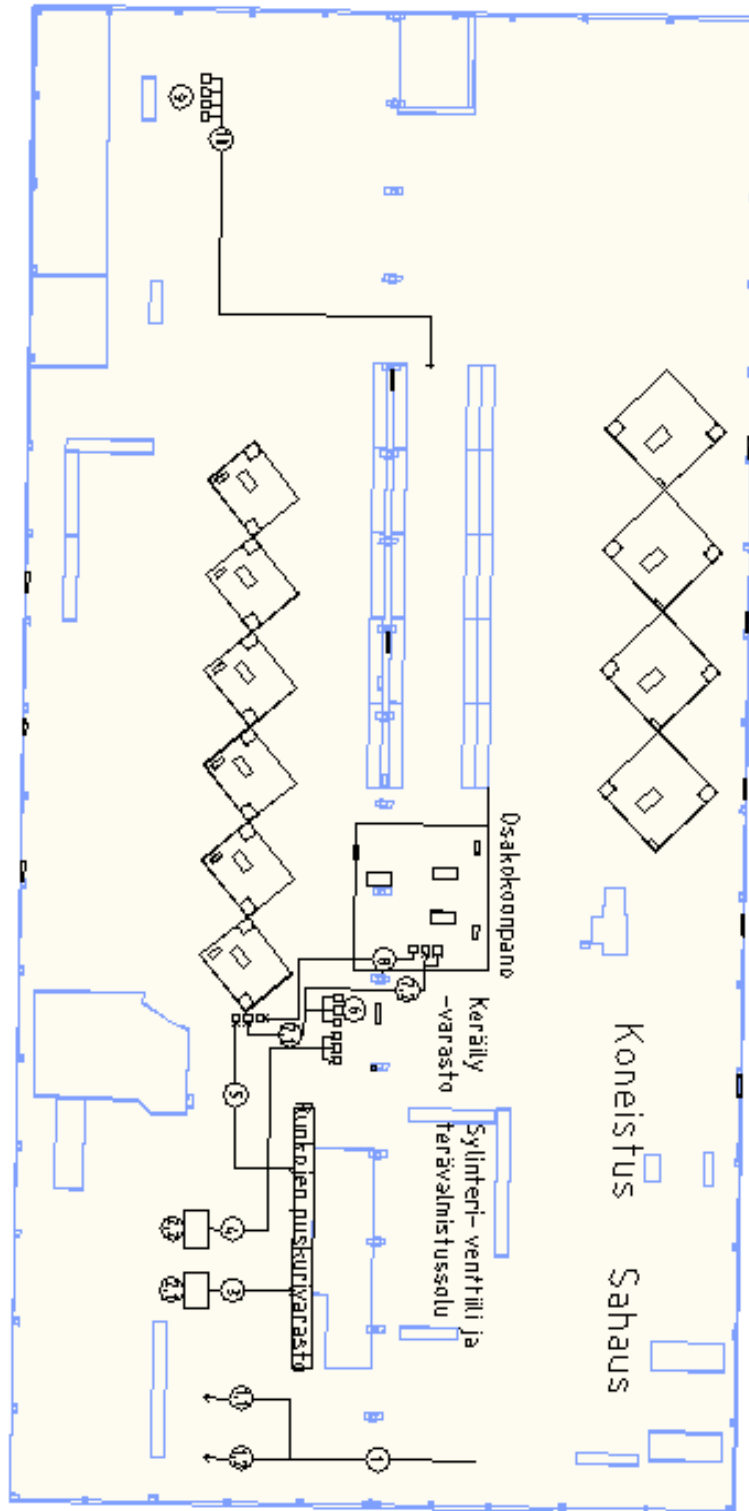
Liite 11 Viides layout malli 2D-muodossa



Liite 12 Viides layout malli 3D-muodossa

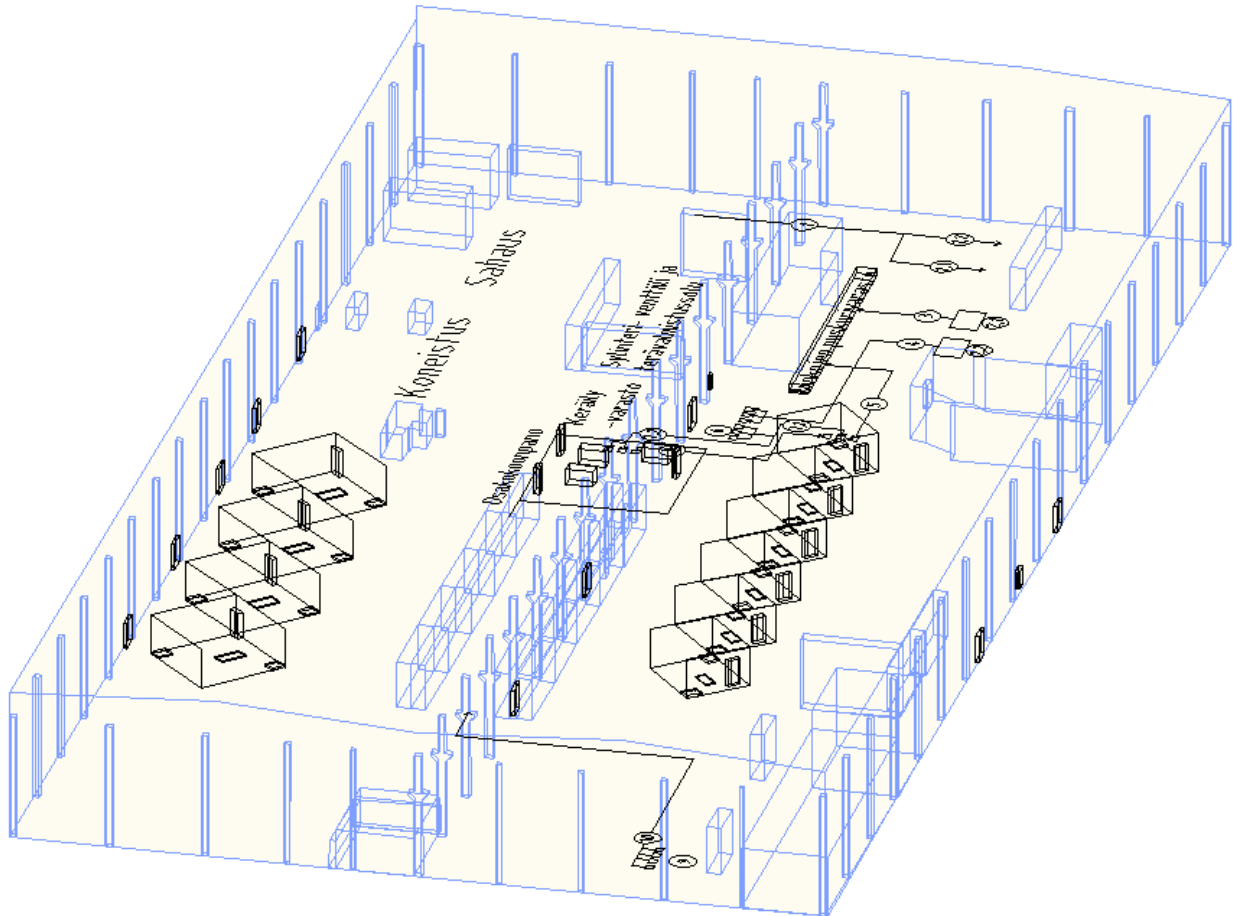


Liite 13 Valittu layout malli 2D-muodossa





Liite 14 Valittu layout malli 3D-muodossa



## Liite 15 Materiaalivirtojen symbolien merkitykset

1. Rajakadun metallipajalta maalaukseen
  - 1.1 Suoraan ripustettavat kappaleet
  - 1.2 Esiripustettavat kappaleet
2. Purku maalauksen jälkeen automaattitrukille
  - 2.1 Runkojen paikat
  - 2.2 Keräilyvarastoon menevät tuotteet
3. Runkojen varastointi puskurivarastoon
4. Tuotteiden siirto keräilyvarastoon
5. Runkojen siirto keräilyvarastosta asennussolun vastaanottopaikalle
6. Tuotteiden keräily asennussoluun toimittamista varten
7. Siirto asennussolun vastaanottopaikalle
  - 7.1 Kokoonpanosoluun
  - 7.2 Esikokoonpanosoluun
8. Esikokoonpantujen tuotteiden siirto kokoonpanosoluun
9. Ulkopuolelta hankittujen osto-osien vastaanotto ja purku keräilyvarastoon siirtoa varten
10. Paikassa 9 käsiteltyjen tavaroiden siirto keräilyvarastoon