

Arttu Nukarinen

Joustavan 3D-mallin luominen layoutsuunnittelun tehostamiseksi

Prima Power Oy

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Kone- ja tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Arttu Nukarinen

Työn nimi: Joustavan 3D-mallin luominen layoutsuunnittelun tehostamiseksi

Ohjaaja: Pasi Junell

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 52 Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehostaa layoutsuunnittelua löytämällä ratkaisu Prima Power -varastojärjestelmien eri korkeusvariaatioiden hallintaan. Pää tavoite oli löytää paras mahdollinen menetelmä, jolla kaikki eri korkeusvaihtoehdot saataisiin yhdistettyä yhteen moduuliin, josta korkeuden saisi vaihdettua helposti ja nopeasti. Menetelmän täytyi soveltua kaikkiin kolmeen varastomalliin. Yrityksen nykytilanne oli se, että varastojärjestelmistä ei oltu luotu 3D-moduulikirjastoon malleja, johtuen liian suuresta määrästä erilaisia variaatioita. Tästä syystä varastojärjestelmän sisältävistä layouteista ei oltu voitu tuottaa 3D-layoutteja. Varastojärjestelmien 3D-moduulien saatavuus lisää 3D-layouttien määrää huomattavasti, joten niiden tuottaminen täytyi tehdä alusta lähtien mahdollisimman nopeaksi.

Tavoitteiden saavuttamiseksi ratkaisua lähdettiin hakemaan erilaisista mallinnusmenetelmistä, jotka olivat parametrinen mallinnus, konfiguraatioiden käyttäminen ja manuaalisesti venyteltävä malli. Työssä perehdyttiin eri mallinnusmenetelmien mahdollisuuksiin ja rajoitteisiin, jonka jälkeen jokaista menetelmää kokeiltiin käytännössä. Työssä vertailtiin jokaista toimintamallia ja arvioitiin niiden soveltuvuutta yrityksen tarpeisiin. Ohjelmisto- ja menetelmävertailussa menetelmät jaettiin eri osaluokkiin, jotta kaikki menetelmät tuli arvioitua mahdollisimman monipuolisesti.

Lopputuloksena varastojärjestelmien korkeusvariaatioiden yhdistämiselle löydettiin menetelmä, joka vastasi sille määritetyjä tavoitteita ja vaatimuksia. Joustavan 3D-mallin myötä varastojärjestelmien moduulien lukumäärää saatiin supistettua merkittävästi. Alun perin lukumäärä olisi ollut 46 moduulia ja joustavan mallin jälkeen 6. Tämä nopeuttaa layoutsuunnittelun läpimenoa merkittävästi, kun varastojärjestelmät otetaan käyttöön 3D-layoutsuunnittelussa.

Avainsanat: Layoutsuunnittelu, Suoramallinnus, CAD-suunnittelu, Konfiguraatiot

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Arttu Nukarinen

Title of thesis: Creation of flexible 3D-model to make layout design more effective

Supervisor: Pasi Junell

Year: 2019 Number of pages: 52 Number of appendices: 0

The aim of the thesis was to improve layout design by finding a solution for managing the different altitude variations of the Prima Power storage systems. The main goal was to find the best method for combining all different altitude options into a single module, in which the height could be changed easily and quickly. The method had to be suitable for all three storage models.

The solution was found by seeking different modelling methods, such as parametric modelling, use of configurations, and a manually stretched model. The work explored the possibilities and constraints of different modelling methods. Then each method was tested in practice. In the software and method comparison, the methods were divided into sections, so that all methods were evaluated as widely as possible.

The result of the thesis was a flexible 3D-model which was able to combine all altitude variations of the storage systems. With the flexible 3D-model, the number of storage system modules was significantly reduced. Originally, the number would have been 46 modules, and with the flexible model, it was 6 modules. This significantly speeded up the layout design process.

Keywords: Layout design, Direct Modeling, CAD-design, configurations

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta ja tarkoitus	9
1.2 Tavoitteet	10
1.3 Työn rakenne	11
1.4 Prima Power	11
1.5 Prima Power varastojärjestelmät.....	12
1.5.1 Combo Tower	12
1.5.2 FL Storage	13
1.5.3 Night Train FMS.....	14
2 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU.....	16
2.1 Historia.....	16
2.2 3D-mallinnus lyhyesti	18
2.3 Parametrinen mallinnus	19
2.4 Suoramallinnus	21
3 LAYOUTSUUNNITTELU.....	23
3.1 Layouttyypit.....	23
3.2 Hukan minimointi	26
4 LAYOUTSUUNNITTELU PRIMA POWER OY:SSÄ	29
4.1 Nykytilanne	29
4.2 Tehdasohjat ja layoutit	31
4.3 Mekaniikkamallien keventäminen.....	37
5 OHJELMISTOJEN JA MENETELMIEN TUTKIMINEN	40
5.1 PTC Creo Parametric.....	40
5.2 PTC Creo Elements/Direct Modeling.....	41
5.2.1 Mallin venyttäminen manuaalisesti.....	41

5.2.2 Parametric	42
5.2.3 Configurations.....	44
5.3 Ohjelman ja menetelmän valinta	46
5.4 Ohjeiden laatiminen	47
6 TULOKSET	49
7 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	50
LÄHTEET	51

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Combo Tower.	13
Kuvio 2. FL Storage.	14
Kuvio 3. Esimerkki Night Train FMS -järjestelmän liitännäismahdollisuuksista.	15
Kuvio 4. Autocad 2.6, ensimmäinen 3D-rautalankamalli.	17
Kuvio 5. Esimerkkejä luonnosprofiiliin perustuvista operaatioista 3D-mallin luomisessa.	18
Kuvio 6. Suunnittelija luo rajoitteet muodolle, joka automaattisesti mukautuu suunniteltuun malliin. Ohjelma rakentaa historiapuun, joka seuraa kaikkia relaatioita ja parametrejä sekä arkistoi muutokset oikeaan kohtaan.	20
Kuvio 7. Kaksi esimerkkiä suoramallinnusmenetelmällä muokattavasta mallista. Niissä on valittu säilytettävät piirteet ja mallia on venytetty.	22
Kuvio 8. Tuotantolinjalayout.	24
Kuvio 9. Funktionaalinen layout.	25
Kuvio 10. Funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjalayoutin ominaisuuksia	25
Kuvio 11. Solulayout.	26
Kuvio 12. Viisi eri keinoa katteen parantamiseen.	27
Kuvio 13. 2D-tehdaspohja. Layoutpiirustukseen otetaan tehdaspohjasta vain alue, johon tilatun koneen piirteet ylettyvät.	31
Kuvio 14. Esimerkki käsin piirretystä tehdaspohjasta.	32
Kuvio 15. 3D-layout on tehty käyttäen 2D-tehdaspohjaa lattiatasona.	33
Kuvio 16. 3D-tehdaspohja.	34
Kuvio 17. Layoutpiirustus.	35

Kuvio 18. Asennuskuva.	36
Kuvio 19. Kuormituskuva.	37
Kuvio 20. Rautalankamalli kevennetystä ja alkuperäisestä levytyökeskuksen rungosta.	38
Kuvio 21. Varastolohkon alkuperäinen ja venytetty malli.....	42
Kuvio 22. Parametrisesti muutettava harjoitusmalli ja COMBO-varastolohko.....	43
Kuvio 23. Suunnitteluohjelman rakennepuu, jonka sisällä on konfiguraatio-valikko ja määritetyt pääkokoonpanot.	45
Kuvio 24. Kolme variaatiota varastojärjestelmän 3D-mallista, jonka korkeuskonfiguraatiot ovat lukittu eri korkeuksille.	46
Taulukko 1. Ohjelma- ja menetelmävertailu.	47

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D	Kolmiulotteinen (3-Dimensional)
2D	Kaksiulotteinen (2-Dimensional)
3D-Malli	Kolmiulotteinen virtuaalinen malli
Modulaarinen	Moduuleista koostuva rakenne
Mallintaminen	3D-mallin luominen
Layout	Tehdasasettelu
Relaatio	Sidosehto tai rajoite
Rautalankamalli	3D-malli, josta on näkyvillä vain piirteiden ääriviivat
PTC	Parametric Technology Corporation - ohjelmistovalmistaja
Piirre	Jokin yksittäinen muoto tai ominaisuus
Tehdas pohja	Pohjapiirustus tehtaasta/laitoksesta, jonka perusteella layoutsuunnittelu tehdään
Parametri	Mitoituksessa käytetty arvo tai sääntö
Moduuli	Itsenäinen osakokoonpano, joista koostuu pääkokoonpano
Moduulikirjasto	Tietokanta, johon moduulit ovat tallennettu
Rakennepuu	Ominaisuus suunnitteluohjelmassa, josta selviää osien ja alikokoonpanojen suhde pääkokoonpanoon

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tarkoitus

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Prima Power Oy. Layoutsuunnittelu on hyvin tärkeä osa-alue Prima Powerin myyntitoiminnassa. Yrityksen valmistamat tuotteet ovat suurikokoisia levyntyöstöjärjestelmiä, joten niiden sijoittaminen asiakkaan tiloihin vaatii tarkkaa suunnittelua. Kaikki tarjouspyynnöt ja tarjouskuvien suunnittelu eivät kuitenkaan johda kauppoihin, joten layoutsuunnittelu täytyy olla mahdollisimman tehokasta, jotta voidaan minimoida tuottamattoman työn määrä.

Layoutsuunnittelu on aikaisemmin tehty 2D-suunnitteluohjelmalla, mutta teknologian kehittyessä yritys on päättänyt siirtyä layoutsuunnittelussa vähitellen 3D-maailmaan. Pienempien järjestelmien 3D-layoutsuunnittelua on tehty jo muutaman vuoden ajan, mutta suuremmat järjestelmät tehdään edelleen käyttäen 2D-suunnittelua, johtuen puutteellisesta 3D-moduulikirjastosta. Suuret järjestelmät sisältävät usein varastojärjestelmän, eikä layoutsuunnittelijoilla ole tällä hetkellä käytössään varastojen 3D-moduuleja. Tarvittavien varastojärjestelmämoduulien luominen ja niiden ylläpitäminen vaatisi suuren työmäärän, eikä siihen ole ollut suunnittelijoilla aikaa.

Työn tarkoituksena oli mahdollistaa varastojärjestelmien käyttö 3D-layoutsuunnittelussa. Työn alle päätettiin ottaa kolme eri levyvarastotyyppiä, FL Storage, Combo Tower ja Genius-sarjan Night Train FMS. Varastomalleissa on 7-9 eri korkeusvaihtoehtoa, mikä tarkoittaa sitä, että pelkästään korkeusvariaatioiden takia erilaisia kokoonpanoja on yhteensä 23 kpl. Korkeusvaihteluiden lisäksi varastoissa on kaksi vaihtoehtoa levykoolle, mikä tuplaa variaatioiden määrän. Sulauttamalla kaikki eri korkeusvariaatiot yhteen kokoonpanoon, se supistaa 23 eri kokoonpanoa kolmeen, eli jokaiselle varastotyyppille jää yksi moduuli levykokoa kohden. Kun kaikki varastomoduulit lasketaan yhteen, niiden lukumääräksi saadaan 6, kun se alun perin olisi ollut 46. Kun mallisarja muuttuu tai tuotekehityksen myötä ratkaisevat mitat muuttuvat, on jokainen moduuli luotava uudestaan tai päivitettävä vanha moduuli vastaamaan uutta mallia. Moduulien lukumäärä on ratkaiseva tekijä 3D-moduulikirjaston ylläpitämisessä. Mikäli erilaisia moduuleja on paljon, suunnittelijalta kuluu paljon aikaa mallien rakentamiseen ja päivittämiseen.

1.2 Tavoitteet

Ennen opinnäytetyön aloittamista työlle laadittiin tavoitteeksi selvittää ja vertailla, millä ohjelmistolla ja menetelmällä yritys pystyisi luomaan eri varastomalleista kevennetyn 3D-mallin, joka sisältäisi kaikki eri korkeusvaihtoehdot tai se olisi helposti muokattavissa eri korkeuksille. Tavoitteena oli myös se, että samaa menetelmää voitaisiin soveltaa kaikkiin kolmeen varastojärjestelmään. Työlle asetettiin myös vaatimukseksi se, että 3D-mallin tiedostokoko ei saisi kasvaa merkittävästi alkupe- räiseen malliin verrattuna.

Lopputuloksena työssä esitettäisiin ajankäytöllisesti ja käyttäjäystävällisyyden kan- nalta mielekkäin tapa toteuttaa varastojen moduulit. Ennen työn aloittamista yritys antoi muutaman vertailtavan toimintatavan, jotka olivat parametrinen malli, suunnit- telumallin konfiguraatioiden käyttäminen ja manuaalisesti venyteltävä malli.

Lopulliselle mallille määritettiin vielä vaatimukset, jotka sen tulisi täyttää. Vaatimuk- set jaettiin kolmeen osioon: moduulin luomiseen, moduulin käytettävyyteen ja mo- duulin päivitettävyyteen. Moduulin luomiselle asetettiin vaatimus, että layoutsuun- nittelija pystyisi tekemään sen ohjeita seuraamalla. Toimenpide tapahtuu harvoin, joten ajankäyttö ei ollut tärkein kriteeri. Moduulin käytettävyydelle asetettiin vaati- mus, että sen pitäisi olla helppo ja nopea käyttää, koska toimenpide tapahtuu usein. Moduulin päivitettävyydelle asetettiin vaatimus, että malli on helposti päivitettävissä, mikäli mallisarjaan tulee muutoksia. Mikäli mallia ei pysty päivittämään, on moduulin luomisen oltava nopea toimenpide.

Opinnäytetyölle asetettiin aikaraja, että se on valmis huhtikuun 2019 loppuun men- nessä. Tavoitteena yrityksellä oli se, että työ olisi valmis ennen uuden varastojär- jestelmä mallisarjan julkaisua, jotta menetelmä voitaisiin ottaa käyttöön niiden layoutsuunnittelussa.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön johdanto-osuudessa käsitellään työn taustaa, tarkoitusta ja tavoitteita. Siinä kerrotaan myös yrityksestä, jolle opinnäytetyö tehtiin ja esitellään projektiin liittyvät varastojärjestelmät. Seuraavaksi käsitellään työhön liittyvää teoriaa, joka aloitetaan tietokoneavusteisesta suunnittelusta. Siinä kerrotaan, mistä se on saanut alkunsa ja kuinka tietokoneavusteinen suunnittelu on vuosien varrella kehittynyt. Lisäksi siinä kerrotaan myös eri mallinnusmenetelmistä ja kuinka ne eroavat toisistaan. Seuraavana pääaiheena on layoutsuunnittelu, jossa kerrotaan sen tarkoituksesta, tavoitteista ja erilaisista layouttityypeistä.

Työn käytännön osuudessa kerrotaan, mitä layoutsuunnittelu on Prima Power Oy:ssä sekä kartoitetaan layoutsuunnittelun nykytilannetta. Nykytilan kartoituksen jälkeen käsitellään erilaiset käytössä olevat tehdaspohjat ja layoutit sekä mekaniikkamallien keventäminen. Sen jälkeen tutkitaan kahta eri suunnitteluohjelmaa, joilla tutkimusongelman voisi ratkaista. Toinen suunnitteluohjelmista osoittautui monipuolisemmaksi, joten siitä tutkitaan kolmea erilaista menetelmää. Menetelmien tutkimisen jälkeen esitellään perusteet, joiden pohjalta yksi menetelmä valittiin parhaaksi vaihtoehdoksi. Ohjelmiston ja menetelmän valinnan jälkeen kerrotaan, millaiset käyttöohjeet yritys halusi ja kuinka ne laadittiin. Lopuksi esitellään työn tulokset ja yhteenveto.

1.4 Prima Power

Prima Power on italialaisomisteisen Prima Industrie S.p.A:n työkonedivisioona. Finn-Power Oy on Prima Power Oy:n tytäryhtiö. Finn-Power Oy:n toimipiste sijaitsee nykyisin Seinäjoella.

Prima Power on levytyökoneisiin ja -järjestelmiin erikoistuneiden yritysten kärkipäässä maailmassa. Yrityksen tuotevalikoima on alansa laajin ja se palvelee asiakkaitaan yli 70 maassa. Tuotantoyksiköt sijaitsevat Suomessa, Italiassa, Kiinassa ja Yhdysvalloissa, joista tuotteet toimitetaan ympäri maailmaa. Tähän mennessä yritys on toimittanut yli 10 000 konetta ja järjestelmää. Prima Powerin tuotevalikoima si-

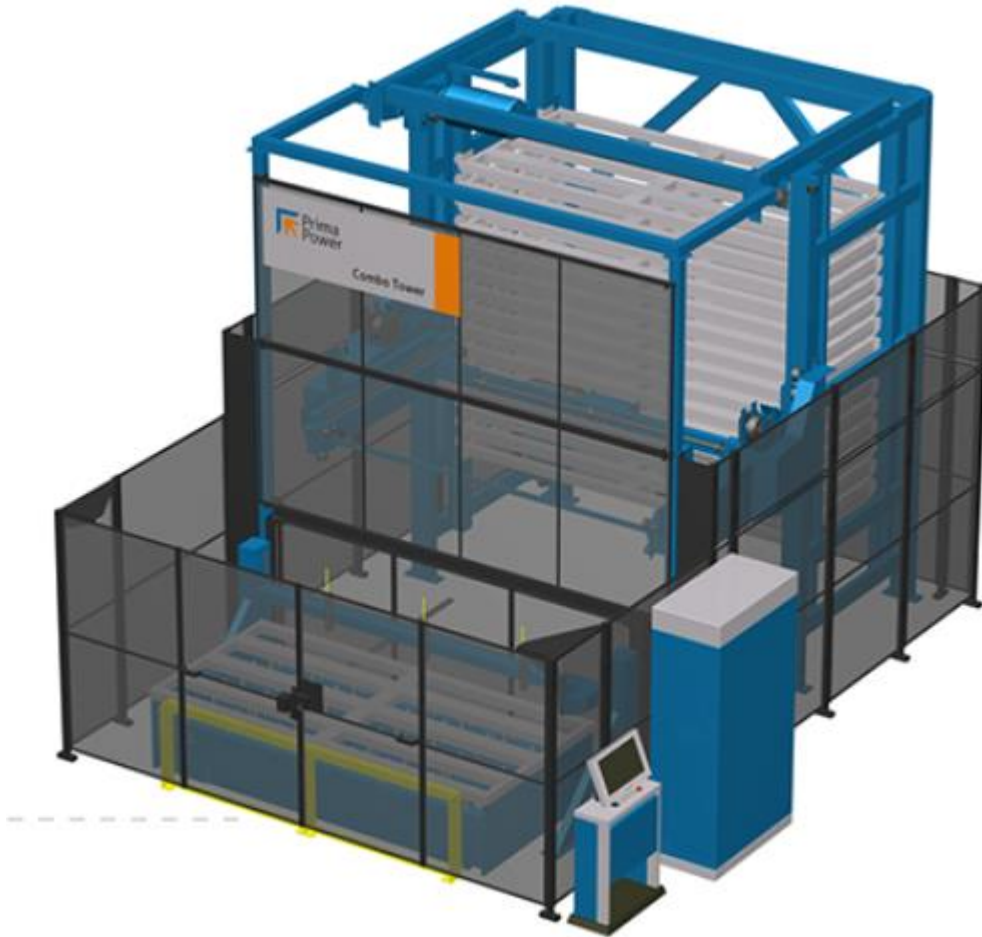
sältää laserleikkauksen, lävistyksen, kulmaleikkuun ja taivutuksen kaikilla eri automaatioasteilla aina yksittäisistä työstökoneista monipuolisiin valmistusjärjestelmiin. (Prima Power, [viitattu 14.2.2019].)

Prima Power on myös 3D-laserkoneiden valmistajien markkinajohtaja maailmassa sekä merkittävä toimija myös 2D-laser-sektorilla. Yrityksen erikoisvahvuutena ovat laaja palvelu sekä koneiden ja solujen automatisointi halutulle asteelle. Prima Powerin toimintafilosofia on saanut nimen *Green Means®*, joka tarjoaa käyttäjilleen korkeaa tuottavuutta ja kestäväen kehityksen mukaista tekniikkaa. (Prima Power, [viitattu 14.2.2019].)

1.5 Prima Power varastojärjestelmät

1.5.1 Combo Tower

Combo Tower (Kuvio 1.) on joustava materiaalinkäsittelyjärjestelmä ja varasto automaattiseen materiaalivirtaan. Se mahdollistaa tarvittaessa erilaisten materiaalien saatavuuden automaattisesti ilman viiveitä. Varasto voi myös toimia välivarastona keskeneräisille ja valmiille osille. Combo-varastossa voi olla yksi tai kaksi varastolohkoa ja valittavissa on 9 eri korkeusvaihtoehtoa. Varastoja on myös saatavilla eri kokoisille levyille. Prima Powerin Combo Tower -järjestelmää käytetään laajasti erilaisissa järjestelmissä, kuten Punch-, Laser-, Punch/Shear- ja Punch/Laser-ratkaisuissa. Kun tarvitaan nopeaa vasteaikaa materiaalin vaihdoille, järjestelmään on saatavilla lisävaruste, jolla voidaan lastata yksittäisiä levyjä suoraan tuotantolinjalle. Combo Tower -järjestelmä pystyy siis tuomaan levynippuja kasetilla tai tarvittaessa yksittäisiä levyjä, mikäli materiaalin vaihtuvuus on suurta. (Intra Prima Power, [viitattu 12.3.2019].)



Kuvio 1. Combo Tower (Intra Prima Power, [viitattu 12.3.2019]).

1.5.2 FL Storage

FL Storage (Kuvio 2.) on kustannustehokas ratkaisu, kun vaaditaan nopeaa materiaalinvaihtoa. FL Storage sisältää Fast Loading Device -järjestelmän, varastolohkon, Night Trainin levykasetit sekä turvajärjestelmän. Varastosta on saatavilla 7 eri korkeusvaihtoehtoa sekä 5-12 materiaalihyllyä. Varastolohkoon voidaan tuoda truckilla levynippuja suoraan hyllyihin. FLD (Fast loading device) -tarttuja pystyy poimiin levyn miltä tahansa kasetilta ja viemään sen suoraan liitetyle koneelle. Levyjä voidaan myös siirtää kasetilta toiselle, jotta välimatkat saadaan pidettyä mahdollisimman lyhyinä. FL Storage mahdollistaa erilaisen materiaalien nopean saatavuuden tuotantoon, jossa tuotantoerät ovat pieniä ja materiaali vaihtuu usein. Varasto

voidaan myös integroida Night Train FMS -järjestelmään. (Intra Prima Power, [viitattu 12.3.2019].)



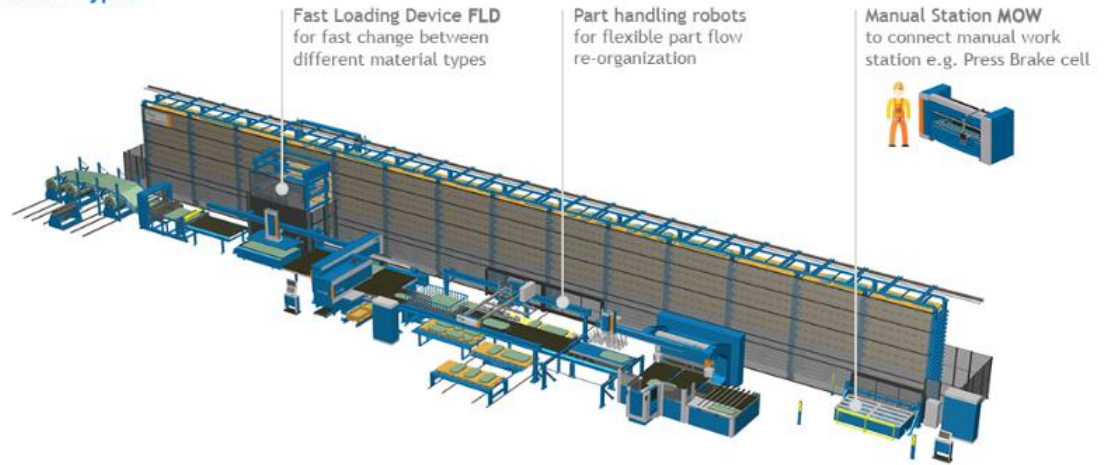
- 1 Fast loading device, FLD
- 2 Shelving unit
- 3 Night Train cassettes
- 4 Safety solution

Kuvio 2. FL Storage (Intra Prima Power, [viitattu 12.3.2019]).

1.5.3 Night Train FMS

Night Train FMS -järjestelmä (Kuvio 3.) automatisoi materiaalin ja tiedonkulun ja yhdistää yksilöllisiä valmistusvaiheita yhdeksi joustavaksi prosessiksi. Järjestelmät on räätälöity käyttämällä laajaa Prima Power -tuoteperhettä, jossa on korkean suorituskyvyn työstökoneet, integroidut solut, automaattinen materiaalinhallinta sekä ohjelmisto. Järjestelmän joustavuuden ja modulaarisuuden ansiosta optimaalinen ratkaisu löytyy kaiken kokoisille tuotantolinjoille. Night Train FMS -teknologian joustavuus ulottuu myös oman kone- ja solualueensa ulkopuolelle. Prima Power -standardiliitäntä mahdollistaa muidenkin laitevalmistajien koneiden liittämisen Night Train -järjestelmään. (Intra Prima Power, [viitattu 12.3.2019].)

Connection Types



Kuvio 3. Esimerkki Night Train FMS -järjestelmän liitännämahdollisuuksista (Intra Prima Power, [viitattu 12.3.2019]).

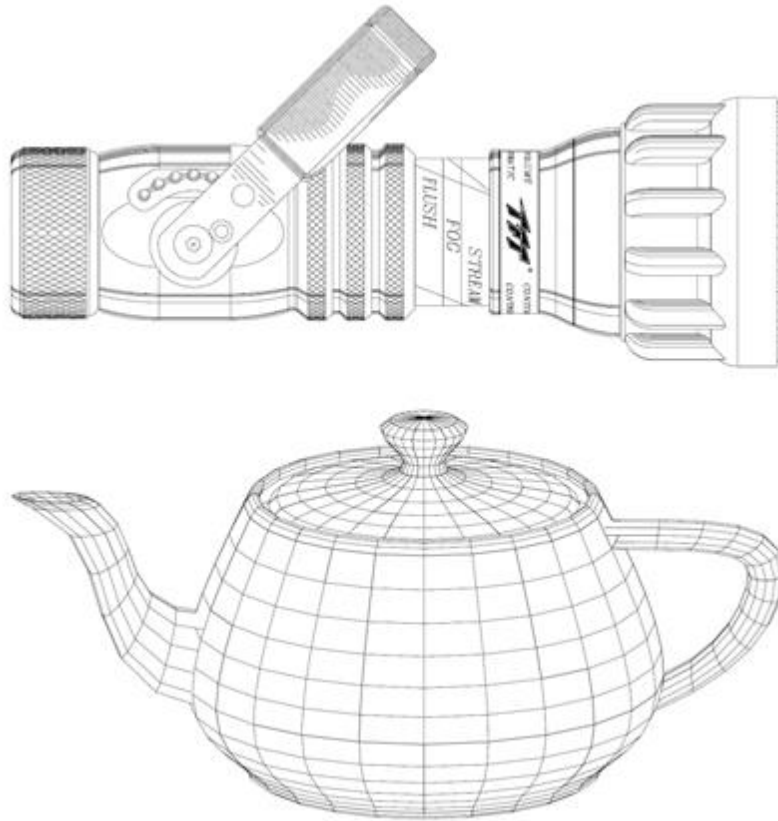
2 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer-Aided Design tai CAD) mekaanisessa suunnittelussa tarkoittaa tietotekniikan mahdollistamaa tapaa luoda tuotteen rakenne ja geometria virtuaalisessa ympäristössä. CAD-prosessien tarkoitus on luoda näkymä tuotteen geometriasta ja rakenteesta sekä sisällyttää siihen kaikki tarvittavat geometriaan ja rakenteeseen liittyvät muutostoimenpiteet. Sen lisäksi, että CAD-ohjelmistoilla luodaan geometriamalleja, niillä pystytään luomaan pohja muille insinöörin työtehtäville. (Lammi 2017, 3.)

Nykypäivän markkinoiden voimakas kilpailu on kasvattanut merkittävästi vaatimustasoa tuotteiden toiminnallisuudessa ja laadussa. Samaan aikaan monimutkaiset suunnitteluprosessit lisääntyvät, kun taas tuotekehitysaika vähenee. Tällaiset suunnittelutyön rajoitteet edellyttävät tehokkaita CAD-järjestelmiä ja mukautettuja CAD-menetelmiä. (Mourtzis, Doukas & Bernidaki 2014, 217.)

2.1 Historia

Tietokoneavusteinen suunnittelu on kehittynyt jatkuvasti siitä lähtien, kun se keksittiin 1960-luvun alkupuolella. Ensimmäiset vuosikymmenet kilpailu käytiin 2D-ohjelmistojen parissa eri ohjelmistovalmistajien kesken. Seuraava askel oli 2D-kuvien tuonti 3D-maailmaan, joka tarkoitti käytännössä sitä, että näkyvillä oli edelleen vain ääriviivat, mutta malli pystyttiin kuvaamaan mistä suunnasta tahansa. Tätä mallia kutsutaan rautalankamalliksi (wireframe representation). Rautalankamallien (Kuvio 4.) suurimpana ongelmana oli niiden epäselvyys, johtuen siitä, että kaikki muodot ja ääriviivat näkyivät samanaikaisesti. (Tornincasa & Di Monaco 2010, 1-4.)

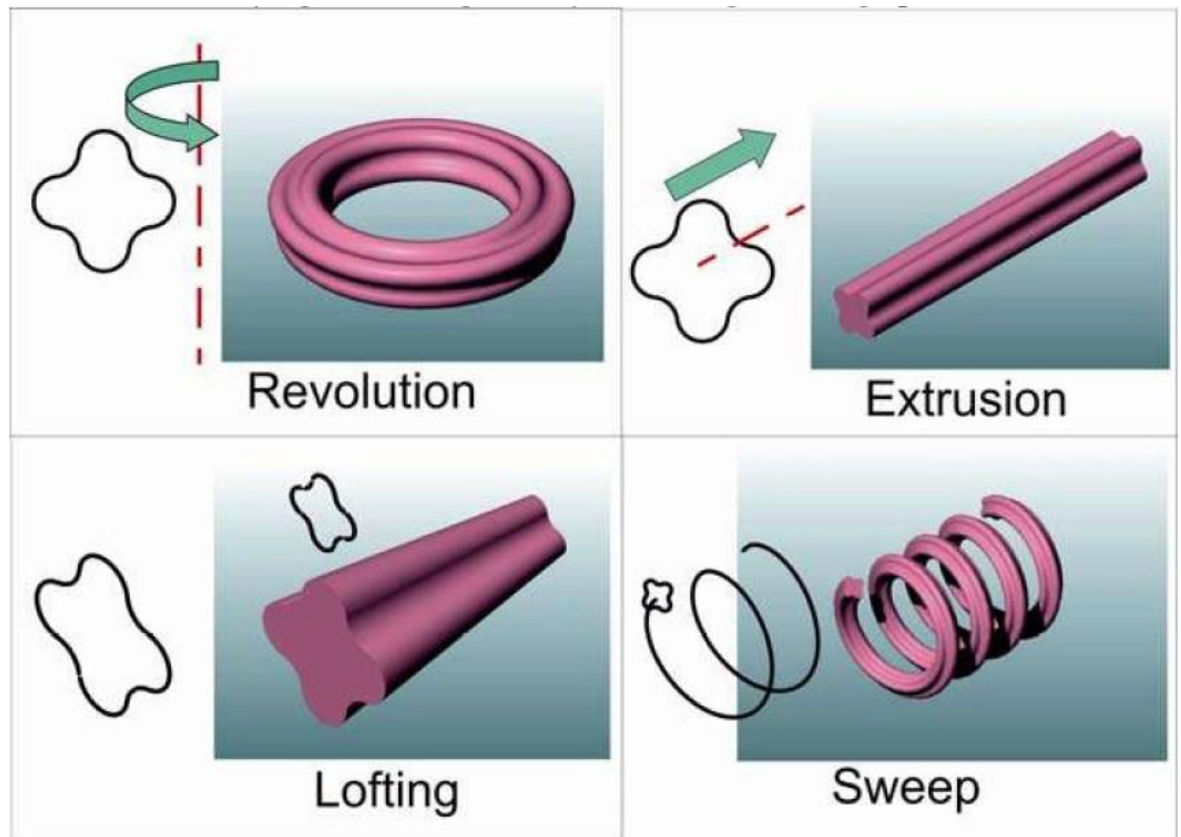


Kuvio 4. Autocad 2.6, ensimmäinen 3D-rautalankamalli (Tornincasa & Di Monaco 2010, 2).

Seuraava merkittävä vaihe 3D-mallinnuksen historiassa oli se, kun rautalankamalleihin luotiin pinta, tätä menetelmää kutsutaan nimellä Boundary Representation tai B-Rep. Tässä mallinnusmenetelmässä pintaelementit muodostavat ”ilmatiiviin” kokonaisuuden kolmiulotteisessa avaruudessa. B-Rep-menetelmä kuitenkin eroaa tavanomaisesta pintamallinnuksesta, koska sillä on aina suljettu tilavuus, riippumatta geometrian muutoksista. (Tornincasa & Di Monaco 2010, 4.)

Todellinen CAD-järjestelmien innovaatio ja kehitysaskel syntyi 1990-luvulla, kun Parametric Technology Corporation (PTC) julkaisi Pro/Engineer (ProE) -ohjelmiston. ProE erosi aikaisemmista CAD-ohjelmista siten, että ohjelma perustui luonnoksiin perustuvaan käyttöympäristöön, joka mahdollisti rajoitukset ja mitoitukset luonnosvaiheessa. Mallin muokkaamiseen liittyvät aikaisemmat operaatiot korvattiin uusilla operaatioilla (Kuvio 5.), kuten pursotus (extrude), pyöräytys (revolve), lisäys (protrude) ja leikkaus (cut). Tästä syntyi CAD-suunnittelun viides sukupolvi, jossa kappale kuvattiin sen ominaisuuksien perusteella. Tämän järjestelmän joustavuus

mahdollisti 3D-mallinnuksen kehittämisen erilaisilla parametrisuuksilla ja variaatioilla. Tämä herätti kiinnostuksen geometriseen mallinnukseen ja loi pohjan nykyaikaisille 3D-mallinnusohjelmille. (Tornincasa & Di Monaco 2010, 5-6.)



Kuvio 5. Esimerkkejä luonnosprofiiliin perustuvista operaatioista 3D-mallin luomisessa (Tornincasa & Di Monaco 2010, 6).

2.2 3D-mallinnus lyhyesti

3D-mallinnus suunnittelun apuvälineenä on kasvattanut suosiotaan merkittävästi viime vuosina. Suuri osa yrityksistä on jo vuosia sitten siirtynyt 3D-mallinnusohjelmien käyttöön, koska ne ovat huomattavasti tehokkaampia ja monipuolisempia kuin 2D-suunnitteluohjelmat. Lisäksi 3D-mallinnusohjelmat tarjoavat useita ominaisuuksia ja etuja, joihin 2D-ohjelmat eivät kykene. (Tuhola & Viitanen 2008, 13.)

Monipuolisuuden ja suuremman tehokkuuden lisäksi 3D-mallinnukseen siirtyminen mahdollistaa pitkällä aikavälillä merkittäviä kustannussäästöjä esimerkiksi uusien tuotteiden ja niiden prototyyppien suunnittelussa ja valmistuksessa. 3D-mallinnus-

ohjelmat soveltuvat erinomaisesti monimuotoisten osakuvien luomiseen, mutta merkittävin hyöty niistä saadaan, kun mallinnettuja osia sovitetaan yhteen ja niistä tehdään kokoonpanoja yhteensopivuuden ja rakenteen toimivuuden varmistamiseksi. Mallia voidaan käyttää myös tehokkaasti lujustarkastelumallin luomiseen ja lujuusanalyysien pohjatietona. (Tuhola & Viitanen 2008, 13.)

3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden kolmiulotteista suunnittelua. Tämä tarkoittaa suunnittelijan näkökulmasta sitä, että suunniteltavan tuotteen kappaleet, osat ja kokoonpanot vastaavat visuaalisesti oikeaa tuotetta sekä niille annetaan kaikki fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettavalla tuotteella todellisuudessa on. Tuote suunnitellaan kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu x-, y- ja z-koordinaattiakseleista. (Tuhola & Viitanen 2008, 17.)

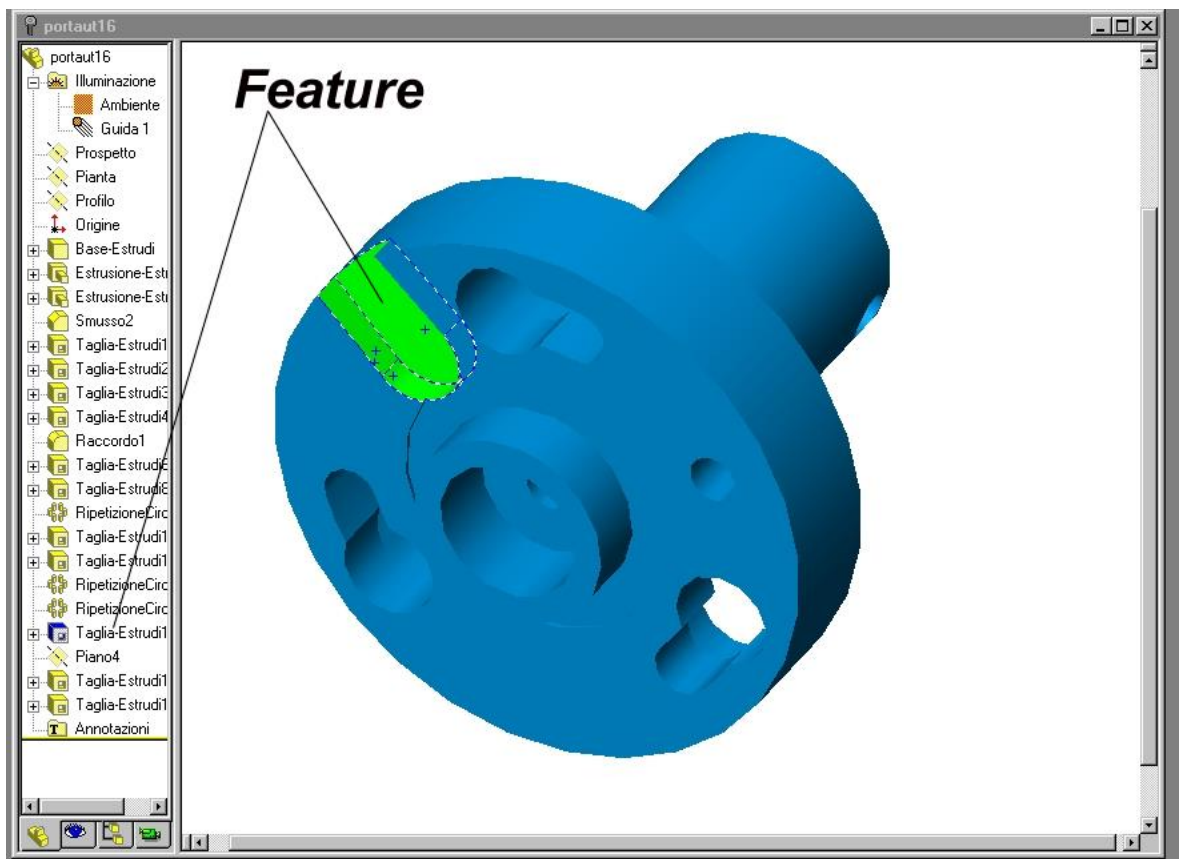
Kun tarvittavat osat on mallinnettu, voidaan siirtyä kokoonpanovaiheeseen. Kokoonpano on kokonaisuus, johon on tuotu ydinosan lisäksi muita siihen liittyviä osia. Tavallisesti osat luodaan erikseen, mutta mikäli osan suunnittelu riippuu kokoonpanosta, voidaan se luoda suoraan kokoonpanon yhteydessä. Kun tehdään osia ja kappaleita, ne eivät yleensä ole vain yksittäisiä osia, vaan ne liittyvät johonkin suurempaan kokonaisuuteen. Kokoonpanossa osien välille määritetään relaatioita, eli sidosehtoja, jotka yhdistävät kappaleet halutulla tavalla. (Tuhola & Viitanen 2008, 98.)

2.3 Parametrinen mallinnus

Nykypäivänä yleisin CAD-ympäristö on parametrinen suunnittelu. Parametrinen historiatietoihin perustuva CAD-menetelmä esiteltiin jo 1980-luvun puolivälissä. Tyypillisesti 3D-mallit on luotu käyttäen pursotus- ja pyöräytysmenetelmää luonnosten pohjalta. Luonnokset eli sketsit ovat lukittu paikalleen mitoituksien ja rajoitteiden avulla. Uudet toiminnot viitataan jo olemassa oleviin toimintoihin ja ominaisuuksiin, joten mallista koostuu verkosto erilaisia relaatioita. Parametrinen malli tarkoittaa sitä, että mallin lähtöarvoja muuttamalla saadaan automaattisesti erilainen lopputulos. (Hakala 2015, 15.)

Parametrisen mallintamisen etuna on se, että mallin modifiointi voidaan tehdä antamalla uusi mitoitusarvo jollekin mallin ominaisuudelle. Parametrinen mallinnus on parhaimmillaan erittäin tehokas työkalu mallin luomisessa. Siinä on kuitenkin myös joitain heikkouksia. Vain ominaisuudet, jotka on määritetty parametrien avulla, voidaan helposti muuttaa. Siksi suunnittelijan on tärkeää ymmärtää mallin rakenteen ja sen toimintojen historia. Tästä syystä mallia luotaessa on oltava alusta alkaen käsitys, mitä ominaisuuksia mallista aiotaan myöhemmin muuttaa ja mitkä ominaisuudet ovat riippuvaisia toisistaan. (Hakala 2015, 15.)

Kun parametrinen malli luodaan, CAD-ohjelma luo historiapuuta (Kuvio 6.) jokaisesta tehdystä piirteestä ja toiminnosta siinä järjestyksessä, kun niitä tehdään. Ohjelma tallentaa käyttäjän luomat relaatiot ja parametrit historiapuuhun, joka toimii eräänlaisena ”reseptinä” mallin muodostumiselle. Mikäli suunnittelija muuttaa mallista jotain aiempaa piirrettä, ohjelma rakentaa kaikki sen jälkeen luodut piirteet uudelleen seuraten annettuja parametrejä ja rajoitteita. (Tornincasa & Di Monaco 2010, 6–7.)



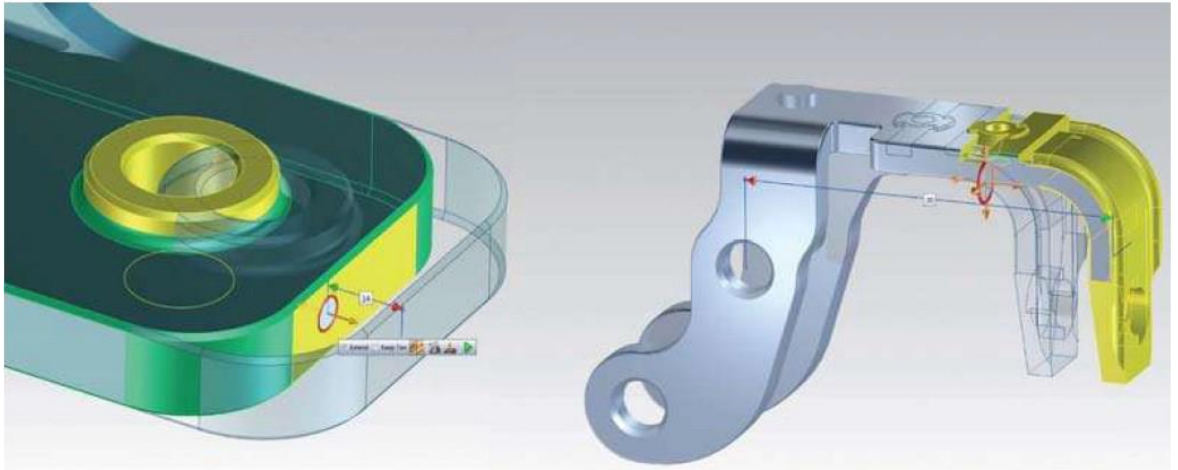
Kuvio 6. Suunnittelija luo rajoitteet muodolle, joka automaattisesti mukautuu suunniteltuun malliin. Ohjelma rakentaa historiapuun, joka seuraa kaikkia relaatioita ja

parametrejä sekä arkistoi muutokset oikeaan kohtaan. (Tornincasa & Di Monaco 2010, 7.)

2.4 Suoramallinnus

Suoramallinnus tarkoittaa CAD-ohjelman kykyä tunnistaa ja reagoida muutoksiin mallin pintojen, piirteiden, reunojen, osien ja kokoonpanojen kanssa suunnitteluprosessin aikana. Suoramallinnuksessa mallinnushistoria ei vaikuta mitenkään mallin muokkaamisprosessiin. Se tarkoittaa sitä, että CAD-järjestelmä tunnistaa mallin piirteet, eikä mallin geometrian tarvitse olla ”älykäs”. Suoramallinnuksessa mallin geometriaa voidaan muuttaa tuntematta sen historiaa, eli missä ja miten malli on alun perin luotu. CAD-järjestelmän työkalut kykenevät tunnistamaan mallin piirteet ja käyttämään tätä tietoa hyväksi mallia muokattaessa. Tämän vuoksi suoramallinnustyökaluja voidaan käyttää tapauksissa, joissa muokataan esimerkiksi toisella suunnitteluohjelmalla alun perin tehtyä mallia tai mikäli mallin historiapuusta on muodostunut liian monimutkainen. Suoramallinnus ei kuitenkaan ole välttämättä paras menetelmä uuden mallin suunnitteluun, vaan toimii parhaiten valmiin geometrian muokkaamiseen. (Hakala 2015, 16.)

Yksinkertaisesti suoramallinnus on CAD-menetelmä, joka antaa suunnittelijalle mahdollisuuden muokata mallia suoraan välittämättä geometrian rikkoutumisesta. Se tarkoittaa sitä, että mallin mittoja ja muotoja voidaan työntää, venyttää ja vääntää (Kuvio 7.). Toimintamenetelmä on erilainen parametriseen mallintamiseen verrattuna, jossa kappaleen geometria pitää rakentaa vaihe vaiheelta, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Suoramallinnustyökalujen kyky luoda monimutkaisia muotoja ”lennosta” on muuttamassa suunnittelijoiden tapaa luoda 3D-malleja. Muissa mallinnusmenetelmissä monimutkaisten muotojen luominen edellyttää monia sketsejä, jotka ovat linkitetty toisiinsa. Suoramallinnuksessa pintojen venyttäminen ja vääntäminen onnistuu helposti, joka mahdollistaa mallin muovaamisen mihin tahansa muotoon. Näin ollen tuotteelle voidaan esimerkiksi kokeilla nopeasti erilaisia muotoja, jotta tuote saataisiin mahdollisimman ergonomiseksi. (Rudeck 2013.)



Kuvio 7. Kaksi esimerkkiä suoramallinnusmenetelmällä muokattavasta mallista. Niissä on valittu säilytettävät piirteet ja mallia on venytetty (Tornincasa & Di Monaco 2010, 8).

3 LAYOUTSUUNNITTELU

Layoutsuunnittelulla tarkoitetaan tässä tapauksessa laitossuunnittelua (Facility layout planning). Se viittaa rakennussuunnitteluun koskien rakennukseen sijoitettavien laitteiden ja koneiden sijaintia. Layoutsuunnittelu on monipuolista tietoa ja osaamista vaativa tehtävä, jolla on erittäin tärkeä rooli isojen laitteistovalmistajien myyntitoiminnassa. Pysyäkseen maailmanlaajuisessa kilpailussa mukana yritysten täytyy pystyä suunnittelemaan layoutteja tehokkaasti. Tehdaslayouttien kysyntä on kasvanut paljon johtuen tarjonnan kasvamisesta ja siitä, että asiakkaat vaativat yhä enemmän yritykseltä. Yrityksiltä vaaditaan joustavuutta ja kykyä vastata muutoksiin tarjouspyynnöissä ja suunnitella niitä vastaava layout asiakkaan tiloihin. (Mourtzis ym. 2014, 220.)

Stevensonin (2009) mukaan huono layoutsuunnittelu voi vaikuttaa järjestelmän suorituskykyyn. Perustavoite layoutsuunnittelussa on saada laitokseen tai tehtaaseen mahdollisimman sujuva työn, materiaalin ja tiedon kulku koko järjestelmässä. Hyvän layoutsuunnittelun keskeisinä tavoitteina on

- parantaa tuotteen tai palvelun laatua

- käyttää työntekijöitä ja tilaa tehokkaasti

- välttää pullonkauloja prosessissa

- minimoida materiaalinkäsittelykustannukset

- poistaa tarpeettomat työntekijöiden ja materiaalin liikkeet

- minimoida läpimenoaika tai asiakaspalveluun kuluva aika

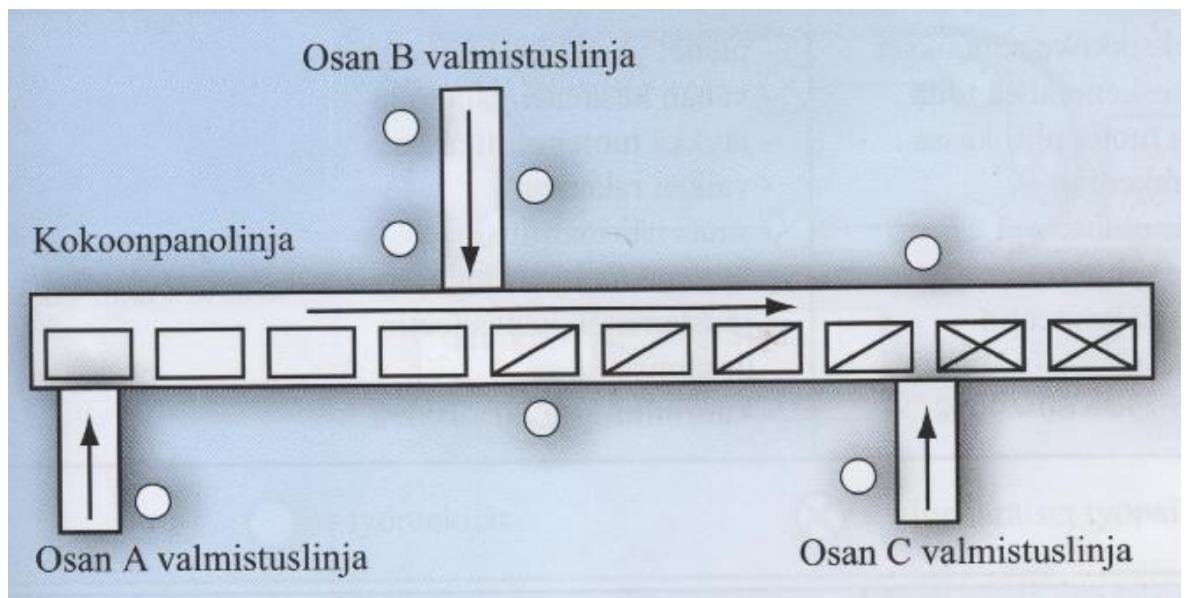
- lisätä turvallisuutta. (Stevenson 2009, 249, 250.)

3.1 Layouttyypit

Layout tarkoittaa tuotantojärjestelmän eri fyysisten osien, kuten laitteiden, koneiden, kulkureittien ja varastopaikkojen sijoittelua tehtaassa. Tuotantolaitteiden sijoittelun

ja työnkulun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, solulayoutiin ja funktionaaliseen layoutiin. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475.)

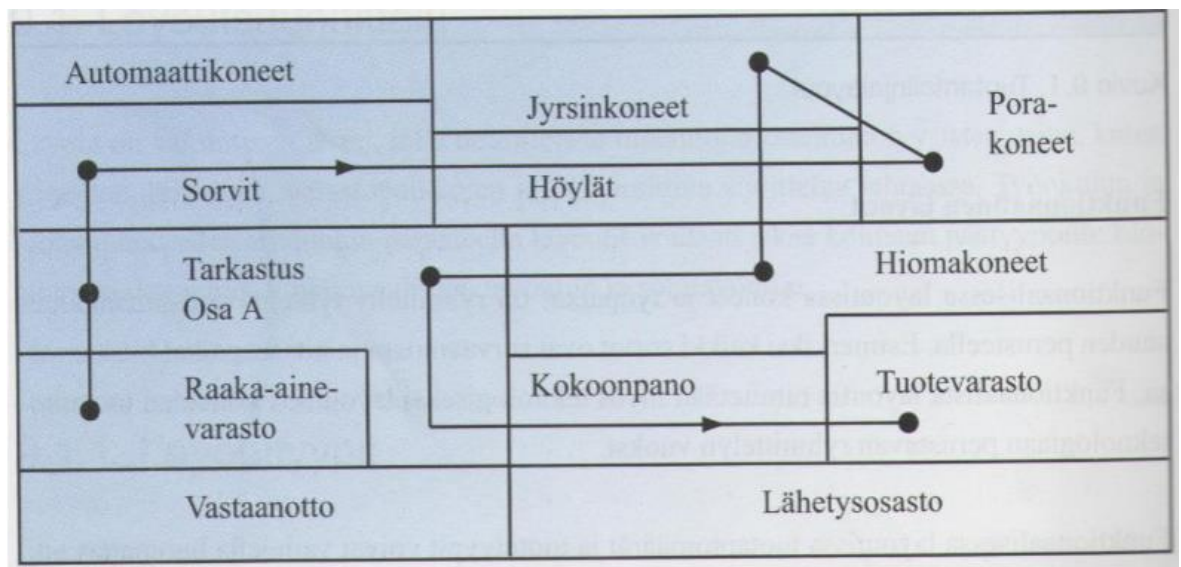
Tuotantolinjalayoutissa (Kuvio 8.) koneet ja laitteet ovat sijoitettu tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinja on erikoistunut valmistamaan tiettyä tuotetta. Osien valmistus ja käsittely on myös tehokasta ja automatisoitua. Työnkulku on hyvin selkeää ja työvaiheiden välillä voidaan käyttää kuljettimia. Tuotantolinjalayoutille keskeisiä edellytyksiä ovat suuri volyymi ja korkea kuormitusaste. Näin ollen kappaleiden yksikköhinta saadaan alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakentamisen kustannukset olisivat suuret. Selkeä työnkulku tekee tuotannonohjauksen helppoksi, kun linjaa voidaan ohjata yhtenä kokonaisuutena. Haittapuolena on kuitenkin se, että linja sietää huonosti häiriöitä. Pienikin häiriö voi johtaa koko linjan tuottavuuteen merkittävästi, joten laadunvalvonta on erittäin tärkeää. (Haverila ym. 2009, 475, 476.)



Kuvio 8. Tuotantolinjalayout (Haverila ym. 2009, 476).

Funktionaalaisella layoutilla (Kuvio 9.) tarkoitetaan sitä, että koneet ja työpisteet on sijoitettu samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi hitsauspaikat ovat hitsaamossa ja sorvit sorvaamossa. Tätä layouttia nimitetään myös teknologiseksi layoutiksi, koska sen ryhmittely perustuu koneiden tuotantoteknologiaan. Tuotantomäärät ja tuotetyypit voivat vaihdella paljon. Tavallisesti koneet ovat monipuolisia

koneita, joilla voidaan tuottaa erilaisia tuotteita hyvin joustavasti. Tuotteita valmistetaan yksitellen tai sarjoissa. Funktionaalisessa layoutissa on ominaista toisistaan poikkeavat työnkulut, joten materiaalinkäsittelyn automaatiota voidaan soveltaa hyvin rajallisesti. Tuotannonohjaus perustuu eri koneille järjesteltyihin työjonoihin. Töiden oikea-aikainen ohjaus voi olla hankalaa, joka johtaa työjonojen kasvamiseen ja tuotannon läpäisyajojen pidentymiseen. Eri työpisteiden väliset etäisyydet voivat kasvattaa materiaalinkäsittelykustannuksia sekä mahdolliset välivarastot hankaloittaa laadunhallintaa. Funktionaalisen layoutin toteutus on kuitenkin helppo ja edullinen ratkaisu tuotantolinjaan verrattuna (Kuvio 10.). Erilaisten tuotteiden valmistaminen ja kapasiteetin kasvattaminen onnistuvat joustavasti. (Haverila ym. 2009, 476.)

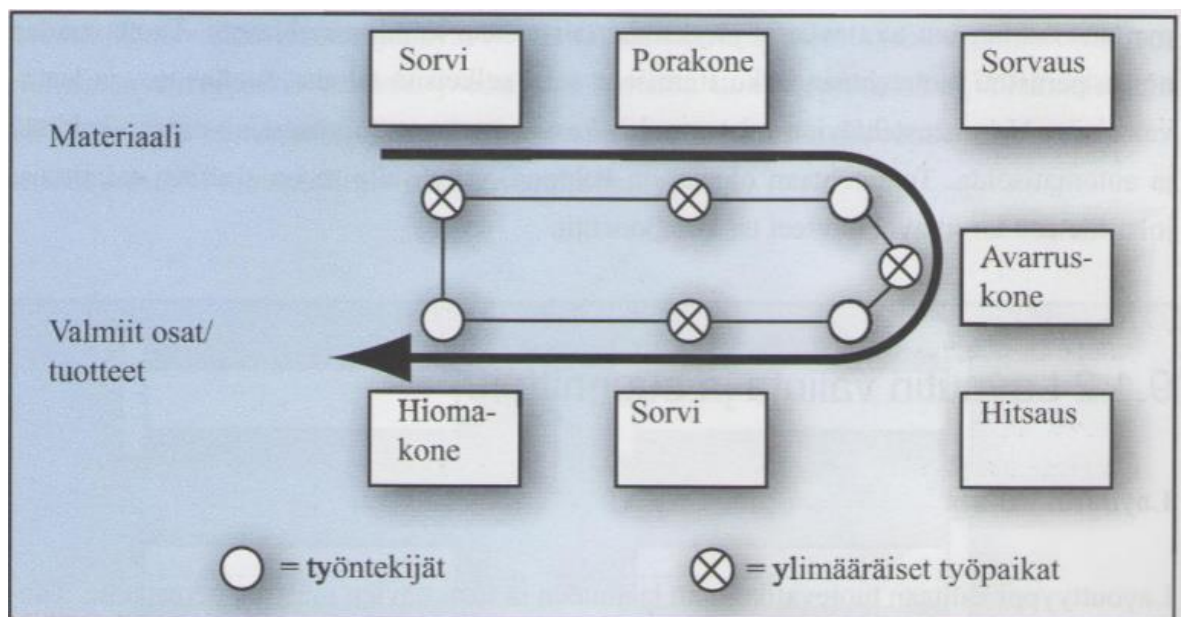


Kuvio 9. Funktionaalinen layout (Haverila ym. 2009, 477).

Funktionaalinen layout	Tuotantolinjalayout
<ul style="list-style-type: none"> - suuret yksikkökustannukset - paljon keskeneräisiä töitä - joustava tuotepolitiikassa - helppo rakentaa - pieni häiriöalttius - tuotannonohjaus vaikeaa - joustava kapasiteetin lisäämisessä - kuormitusaste 60 - 90% 	<ul style="list-style-type: none"> - pienet yksikkökustannukset - vähän keskeneräisiä töitä - jäykkä tuotepolitiikassa - vaikea rakentaa - suuri häiriöalttius - tuotannonohjaus helppoa - joustamaton kapasiteetin lisäämisessä - kuormitusaste 80 - 100%

Kuvio 10. Funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjalayoutin ominaisuuksia (Haverila ym. 2009, 477).

Solulayout (Kuvio 11.) tarkoittaa itsenäistä, koneista ja työpisteistä koostuvaa ryhmää. Se on erikoistunut tiettyjen työvaiheiden suorittamiseen ja tiettyjen osien valmistukseen. Sitä kuvataan myös eräänlaisena välimuotona funktionaalisesta ja tuotantolinjalayoutista. Solujen läpimenoajat ovat huomattavasti lyhyemmät kuin funktionaalisessa layoutissa ja tuotantolinjassa. Materiaalivirta on selkeä, eikä siinä tarvita välivarastoja. Solussa pystytään valmistamaan joustavasti tuotteita, joiden valmistamiseen se on suunniteltu. Asetusajat pystytään pitämään lyhyinä siirryttäessä tuotteesta toiseen. Oman tuoteryhmänsä puitteissa solulayout on tehokkaampi kuin funktionaalinen layout ja joustavampi kuin tuotantolinjalayout. (Haverila ym. 2009, 478.)



Kuvio 11. Solulayout (Haverila ym. 2009, 478).

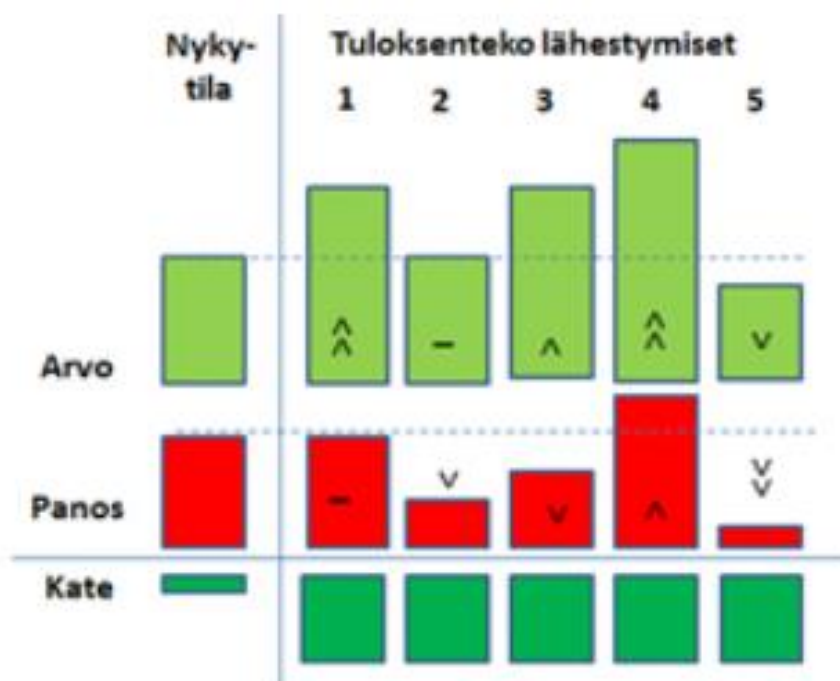
3.2 Hukan minimointi

Lean-filosofiassa tuottamaton työ pyritään minimoimaan parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Lean on prosessijohtamisen filosofia, jossa keskitytään parantamaan asiakkaan kokemaa arvoa joko kasvattamalla keskimääräistä prosessin virtausta eli läpimenoa tai poistamalla sen läpimenoa tai arvon muodostumista estävää hukkaa. Läpimenoa kasvattaminen ja arvon lisääminen kuvataan tavoitteeksi, kun taas hukka on keino saavuttaa se. Arvolla tarkoitetaan asiaa tai tekijää, josta

asiakas on valmis maksamaan enemmän kuin sen tuottaminen maksaa. Arvon ja tuotteen kustannuksien erosta syntyy yritykselle kate. (Piirainen 2014.)

Piiraisen (2014) mukaan läpimenolla tarkoitetaan keskimääräistä valmistumisnopeutta pitkällä aikavälillä. Nopeutta mitataan tavallisesti tapahtumaa tai kappaletta aikayksikköä kohden. Esimerkkinä läpimenosta voisi olla tuotettujen palveluiden tai kappaleiden määrä 8 tunnin aikana. Läpimenon kasvaessa resurssien pysyessä samoina voidaan kannattavuutta kasvattaa viidellä erilaisella keinolla (Kuvio 12.):

1. Enemmän arvoa (hintaa) samoilla panoksilla (samoilla kustannuksilla).
2. Sama arvo pienemmillä kustannuksilla.
3. Enemmän arvoa pienemmillä kustannuksilla.
4. Paljon enemmän arvoa hieman kasvavilla kustannuksilla.
5. Vähemmän arvoa paljon vähemmillä panoksilla. (Piirainen 2014.)



Kuvio 12. Viisi eri keinoa katteen parantamiseen (Piirainen 2014).

Lean-ajatusta perustellaan Leania käsittelevissä kirjoissa usein seuraavanlaisesti: Kokonaisjaksoaika = Arvoa lisäävä aika + Ei arvoa lisäävä aika. Kaava kertoo, mistä kokonaisjaksoaika koostuu, mutta se ei kerro koko totuutta. Kaavasta saa sellaisen

kuvan, että ei arvoa lisäävän ajan poistaminen johtaa automaattisesti parempaan lopputulokseen. Todellisuudessa näin ei kuitenkaan aina ole. Kaavassa on ainakin kaksi ongelmakohtaa. Ensimmäinen on se, että oletetaan, että ei arvoa lisäävän ajan poistaminen siirryy suoraan arvoa lisääväksi ajaksi. Toinen ongelma on se, että kaava ei ohjaa siihen, mitä toimintoja pitäisi tehdä ei arvoa lisäävän ajan poistamiseksi. ”Väittäjä on sama kuin laatuohjeeksi sanoisi, tee vain hyviä tuotteita, koska virheelliset tuotteet + virheettömät tuotteet ovat kokonaistuotantomäärä. Keskeinen kysymys on: kuinka tuotetaan hyviä tuotteita ja mihin parannus tulee toteuttaa.” (Piirainen 2014.)

4 LAYOUTSUUNNITTELU PRIMA POWER OY:SSÄ

Layout eli tehdasasettelu tehdään jokaiselle asiakkaalle tarjous- ja myyntivaiheessa koskien levyntyöstökoneita ja niihin liitettäviä laitteita. Tarjousvaiheessa asiakkaalta pyydetään tehdaspohja, jonka hän lähettää yritykselle. Yleensä lähetetyt tehdaspohjat ovat joko liian suuria tai epäselviä, jolloin layoutsuunnittelija yksinkertaistaa ja tekee siitä sopivan layoutsuunnittelua varten. Suunnittelija tekee tarjouslayoutin sommittelemalla asiakkaan tarpeita vastaavat laitteistot tehdaspohjaan, jonka jälkeen layout lähetetään asiakkaalle hyväksyttäväksi. Kun tarjous hyväksytään, suunnittelija tekee varsinaisen layoutin, joka sisältää kattavammat mitoitukset ja laitekohdaiset sähkö-, internet-, kaasu ja paineilmakytKentäpisteet. Layoutkuvan lisäksi tehdään asennus- ja kuormituskuva, joiden perusteella asiakas voi valmistella tehtaan asennusvalmiiksi. (Ylihärsilä 2015, 11.)

Prima Powerilla 3D-moduulien tekeminen voidaan lokeroida ei arvoa lisääväksi toiminnaksi. Yrityksessä on pyritty tekemään moduuleja säännöllisesti muun työn ohella, jotta moduulikirjasto pysyisi ajan tasalla. Mikäli moduuleja ei olla ehditty tehdä, on asiakkaalle tehty layoutsuunnittelu 2D-moduuleja käyttämällä. 3D-layoutit tuovat lisäarvoa myyntiin, koska asiakkaat saavat laadukkaamman kuvan yrityksestä, mikä johtaa useampiin kaappoihin. Asiakas myös ymmärtää 3D-kuvista helpommin, millaista järjestelmää hän on ostamassa, mikä pienentää ostokynnystä. Moduulien tekemisen lisäksi myös tarjouslayouttien teko on osittain ei- arvoa-lisäävää toimintaa. Jokainen tarjouslayout ei välttämättä johda kaappoihin, joten tähän kuluneesta ajasta yritys ei saa korvausta. Tästä syystä layouttien tekeminen pyritään tekemään mahdollisimman nopeaksi, joka tarkoittaa sitä, että 3D-moduulikirjaston on oltava kattava. Pelkästään kattava moduulikirjasto ei kuitenkaan riitä, vaan moduulien täytyy olla nopeakäyttöisiä sekä helppoja päivittää.

4.1 Nykytilanne

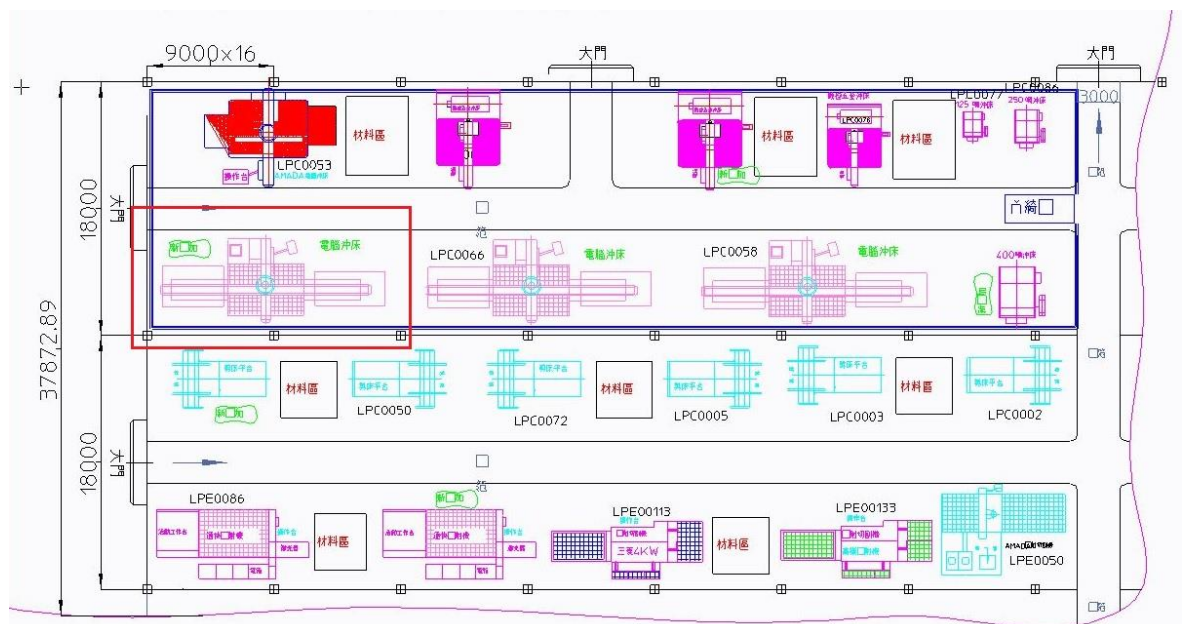
Prima Power on jo pitkään tuottanut 3D-layoutteja. Layoutit tehdään käyttämällä moduulikirjastoa, johon on tallennettu tuotteiden kevennetyt 3D-mallit. Layouttia teh-

dessä suunnittelija etsii kirjastosta tarvittavat moduulit ja avaa ne suunnitteluohjelmaan. Layoutsuunnittelijalla on vapaus muokata moduuleita tarvittaessa, mikäli muutos on mahdollista toteuttaa asennustyömaalla. Esimerkiksi koneiden suojavaerokotukset usein muokataan sopimaan asiakkaan tehdaspohjaan mahdollisimman hyvin. Moduulien sijainnit on tallennettu ohjelman koordinaatistoon, joten niitä ei tarvitse erikseen määrittää kokoonpanoa tehtäessä. Kun tarvittavat moduulikokoonpanot on koottu ja layout on tarkastettu, voidaan siirtyä ohjelman piirustuspuolelle, jossa tapahtuu mitoitus 2D-kuvantoihin. Kun layout on valmis, asiakas saa kuvat 2D- ja 3D-muodossa. 3D-layoutit helpottavat huomattavasti kuvien ymmärtämistä, kun niitä tarkasteltaessa asiakas näkee heti, miltä se tulee todellisuudessa näyttämään. Lisäksi 3D-layoutista lähetetään pdf-tiedosto, jossa sitä voi pyöritellä ja tarkastella halutusta suunnasta. Layoutit vaikuttavat myös myyntitoimintaan. Mikäli myyjä pystyy näyttämään 3D-layoutteja asiakkaalle, sen esitleminen on huomattavasti helpompaa kuin 2D-layouttien. Kaikilla asiakkailla ei välttämättä ole kokemusta 2D-kuvien hahmottamisesta ja vaikka olisikin, monimutkaisten ja suurien 2D-kuvien tulkitseminen voi aluksi tuottaa vaikeuksia.

Vaikka Prima Power on siirtynyt 3D-layouttien käyttöön jo aikaa sitten, muutos on tapahtunut vähitellen. Yhä suuri osa layouteista tehdään 2D-layoutteina, koska 2D-moduulikirjasto on ollut kattavampi. Moduulien luominen vaatii aikaa, eikä niitä olla ehditty tekemään muiden töiden ohella tarpeeksi. Suurin ongelmakohta on ollut varastojärjestelmien puuttuminen 3D-moduulikirjastosta. Monissa tilatuissa tuotantolinjoissa on joku Prima Powerin levyvarastojärjestelmä, joka aiheuttaa sen, että niistä tilauksista ei voida toteuttaa 3D-layoutteja. Yritys halusi pystyä tuottamaan 3D-layoutteja kaikista tilauksista, mikä tarkoitti varastojärjestelmien tuontia 3D-moduulikirjastoon. Tähän asti ongelmana oli ollut varastojen useat eri variaatiot. Varastoja on muun muassa eri korkeuksilla ja levykoolla sekä niiden lastaus- ja purkupisteen sijainti voi vaihdella. Ennen kuin jokaisesta variaatiosta lähdettiin keventämään omia kokoonpanoja moduulikirjastoon, päätettiin luoda jonkinlainen muokattava moduuli, josta saisi helposti kaikki eri korkeudet. (Rintaniemi 2019.)

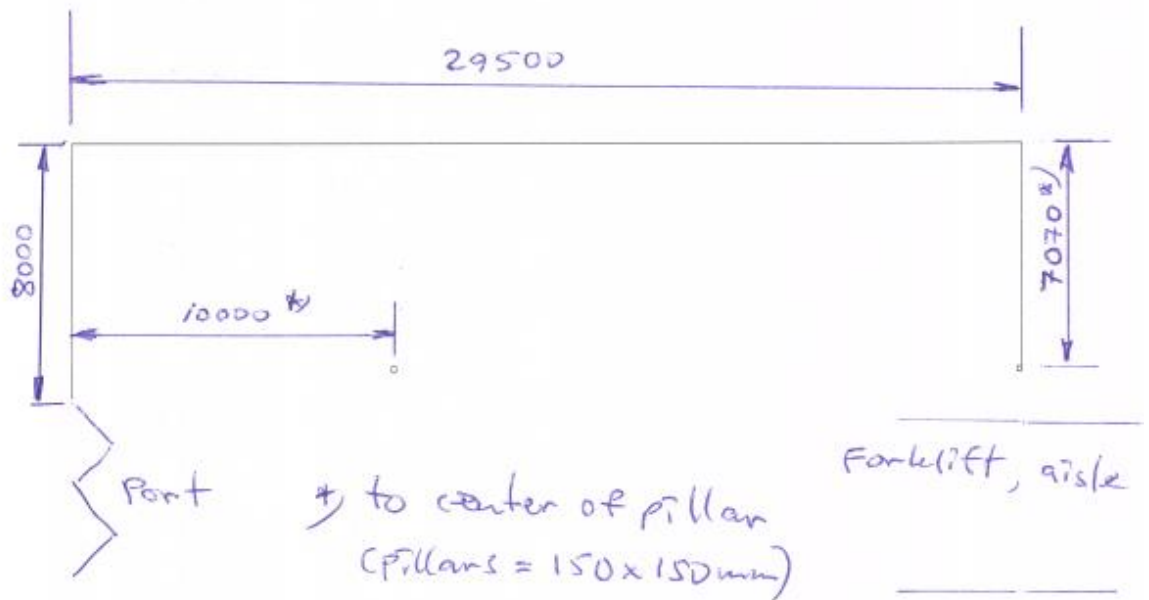
4.2 Tehdasohjat ja layoutit

Useimmissa tapauksissa Prima Power saa asiakkailtaan tehdaspohjat 2D-informaatiota sisältävänä tiedostona. Yleisimmin käytetty tiedostomuoto 2D-tehdaspohjissa (Kuvio 13.) on dxf- tai dwg-formaatti, jotka ovat yhteensopivia layoutsuunnitteluohjelmien kanssa, joten asiakkaan pohjapiirustuksen informaatio saadaan helposti otettua käyttöön. Asiakkaan lähettämä piirustus sisältää yleensä tarpeetonta tietoa, mikä tarkoittaa sitä, että layoutsuunnittelijan on rajattava piirustusta. Suunnittelija rajaa piirustuksesta näkyviin vain sen alueen, johon tilatun layoutin piirteet ylettyvät. Näin layoutpiirustuksesta saadaan mahdollisimman yksinkertainen ja helppolukuisen. (Ylihärsilä 2015, 17.)



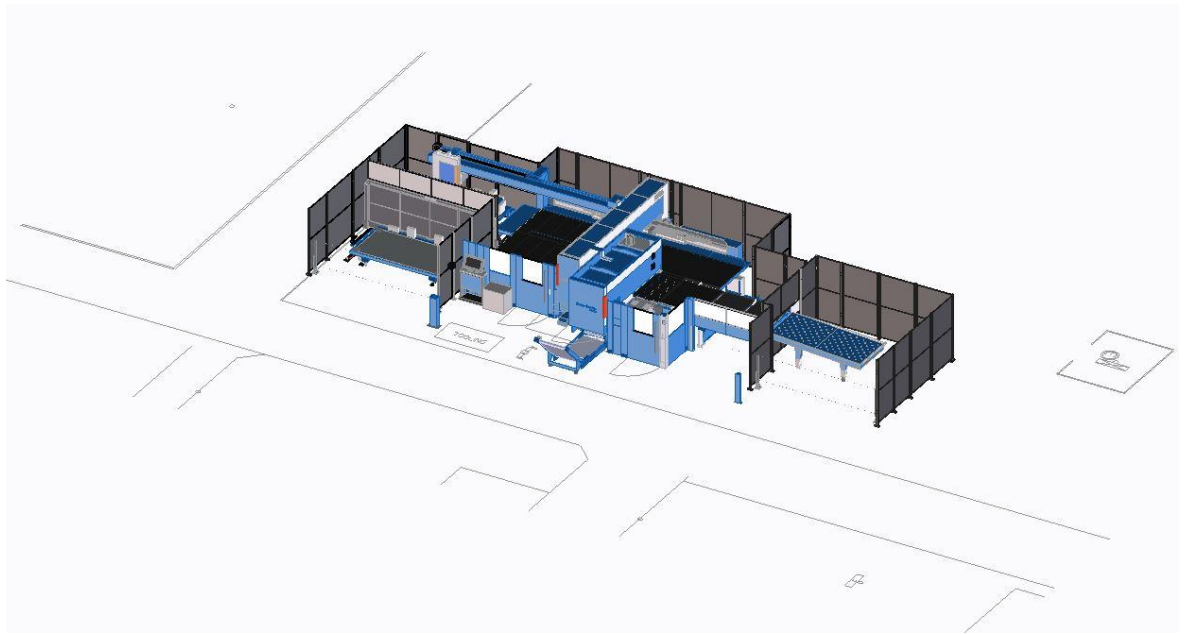
Kuvio 13. 2D-tehdaspohja. Layoutpiirustukseen otetaan tehdaspohjasta vain alue, johon tilatun koneen piirteet ylettyvät (Intra Prima Power, [viitattu 20.2.2019]).

Joissain tapauksissa asiakkailta saattaa tulla tehdaspohja, joka on piirretty paperille käsin (Kuvio 14.). Mikäli piirustus sisältää tarvittavat tiedot tehtaan mitoista, layoutsuunnittelija piirtää niiden perusteella uuden tehdaspohjan 2D-suunnitteluohjelmalla. Jos taas näyttää siltä, että kaikkia tarvittavia mittoja ei ole ilmoitettu tehdaspohjassa, asiakkaalta kysytään tarkentavia tietoja. 2D-informaatiota sisältävät tehdaspohjat soveltuvat luontevasti 2D-layouttien tekemiseen. Tehdaspohjat voidaan avata suoraan 2D-layoutsuunnitteluohjelmaan, jossa voidaan tehdä tarvittava rajaaaminen ja yksinkertaistaminen sekä sijoitella tarvittavat 2D-moduulit layouttiin. (Ylihärsilä 2015, 17, 18.)



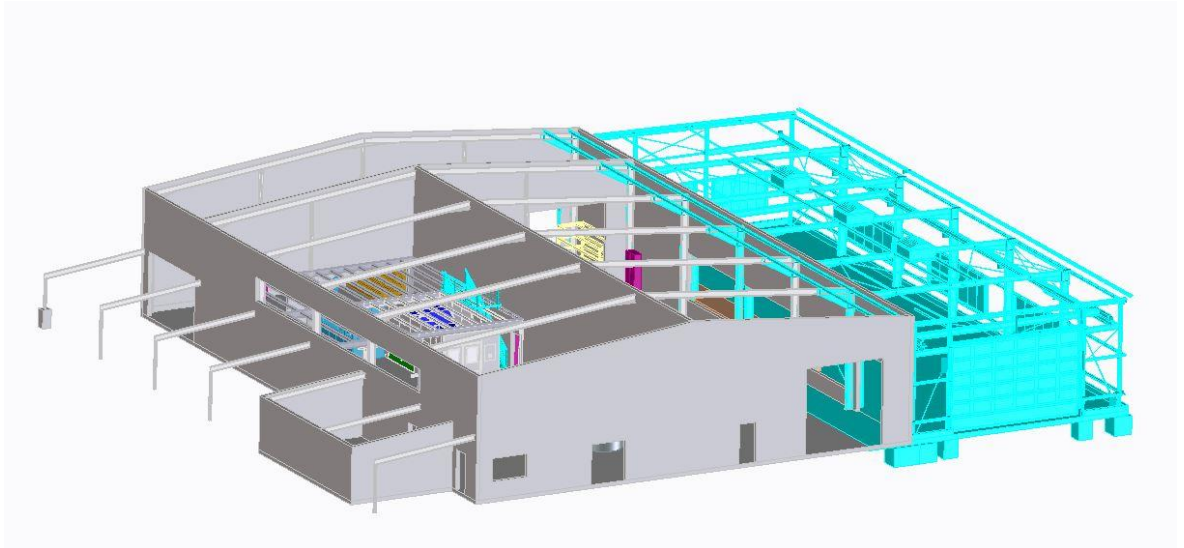
Kuvio 14. Esimerkki käsin piirretystä tehdaspohjasta (Intra Prima Power, [viitattu 20.2.2019]).

Suurin osa 3D-layouteistakin tehdään 2D-tehdaspohjaan. Kun kyseessä on 2D-tehdaspohja, sen muokkaamiseen paras ohjelma on 2D-suunnitteluohjelma. Tehdaspohja yksinkertaistetaan ja rajataan sopivaksi, jonka jälkeen se tallennetaan omaksi tiedostoksi. Sen jälkeen se voidaan avata 3D-suunnitteluohjelmalla, johon se tuodaan lattiatasoksi (Kuvio 15.) 3D-layoutsuunnittelua varten. Useimmissa tapauksissa 2D-tehdaspohjaan tehty 3D-layout on paras vaihtoehto yrityksen ja asiakkaan näkökulmasta, koska se on nopea toteuttaa ja kaikki asiakkaalle uusi informaatio on esitetty 3D-muodossa.



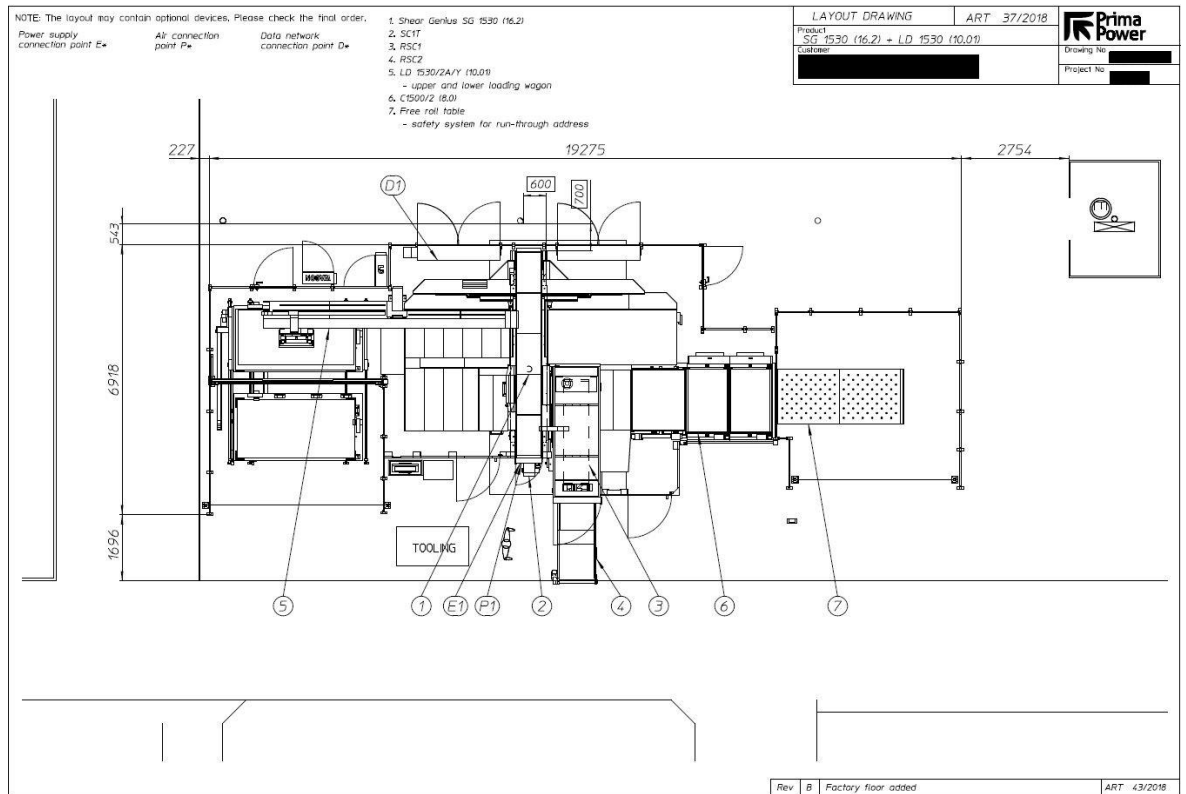
Kuvio 15. 3D-layout on tehty käyttäen 2D-tehdaspohjaa lattiatasona (Intra Prima Power, [viitattu 20.2.2019]).

Vaikka 3D-layouttien tekeminen on jo yleistä, 3D-tehdaspohjien (Kuvio 16.) käyttö on kuitenkin melko vähäistä. Jotkut asiakkaat saattavat lähettää tehdaspohjan 3D-muodossa, jolloin layoutsuunnittelu tehdään asiakkaan lähettämään 3D-tehdasmalliin. Joissain tapauksissa asiakas saattaa haluta 3D-layoutin 3D-tehdaspohjaan, vaikka hänen lähettämänsä tehdaspohja olisi ollut 2D-muodossa. Näissä tapauksissa layoutsuunnittelija voi muokata tehdaspohjaa 3D-suunnitteluohjelmassa venyttämällä tehdastolppia ja muita rakenteita pohjapiirustuksen perusteella. (Rintaniemi 2019.)



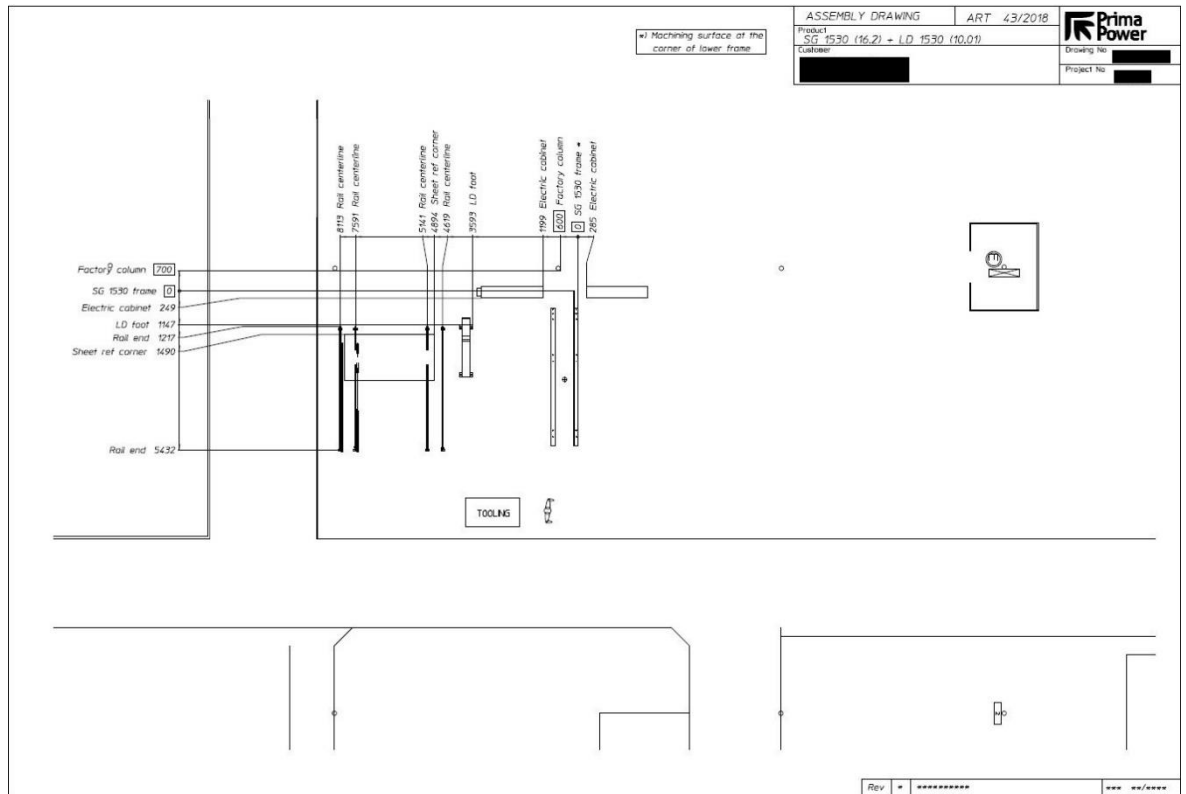
Kuvio 16. 3D-tehdaspohja (Intra Prima Power, [viitattu 20.2.2019]).

Riippumatta siitä, onko kyseessä 2D- vai 3D-layout, myydystä levytyöstokeskuksesta lisälaitteineen tehdään layoutpiirustus, asennuskuva ja kuormituskuva. Layoutpiirustuksessa (Kuvio 17.) moduulien kaikki osat ovat näkyvissä. Kun järjestelmän kokoonpano on valmis, siitä luodaan piirustus ottamalla siitä yläkuvanto ja sivukuvanto. Mikäli layout on tarpeeksi pieni, piirustukseen lisätään isometrinen kuvanto, eli eräänlainen kolmiulotteinen kuvanto, joka helpottaa kokonaisuuden hahmottamista. Isoihin layoutteihin, joissa on esimerkiksi monta työstökoneita, tehdään piirustusteknisistä syistä vain yläkuvanto. Mikäli kyseessä on 2D-layout, käytössä on luonnollisesti ainoastaan yläkuvanto.



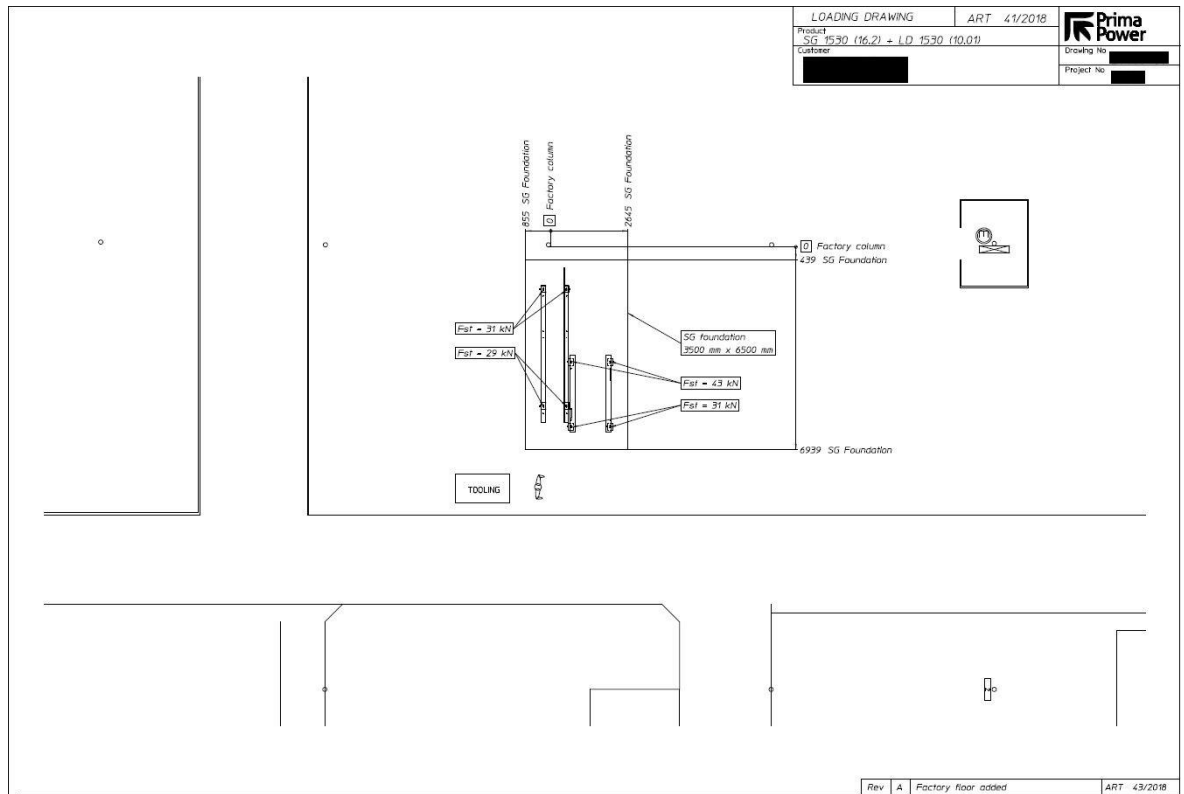
Kuvio 17. Layoutpiirustus.

Asennuskuvassa (Kuvio 18.) moduuleista valitaan näkyville vain mitoitukseen liittyvät kohteet, joita ovat esimerkiksi jotkut runkopalkit ja jalkalaput. Jokaista tuotetta kohden on sovittu asennusryhmän kanssa yhteiset ohjeet, joiden mukaan asennuskuvat toteutetaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelija piilottaa moduulista tarpeettomat osat, jolloin piirustukseen näkyviin jää vain tarpeelliset piirteet, jotka mitoitetaan koordinaattimitoituksella.



Kuvio 18. Asennuskuva.

Kuormituskuvassa (Kuvio 19.) esitellään koneen perustukseen liittyvät tiedot. Kuten asennuskuvasa, myös kuormituskuvasa näkyviin jätetään vain oleelliset tiedot. Jokaisen perustusta vaativan koneen moduuliin on lisätty perustuksen ääriviivat, jotka valitaan näkyviin muiden mitoitettavien piirteiden lisäksi. Kuormituskuvaan lisätään koneen jalkojen kohdalle lattiaan kohdistuvat voimat sekä vaadittavan perustuksen mitat.



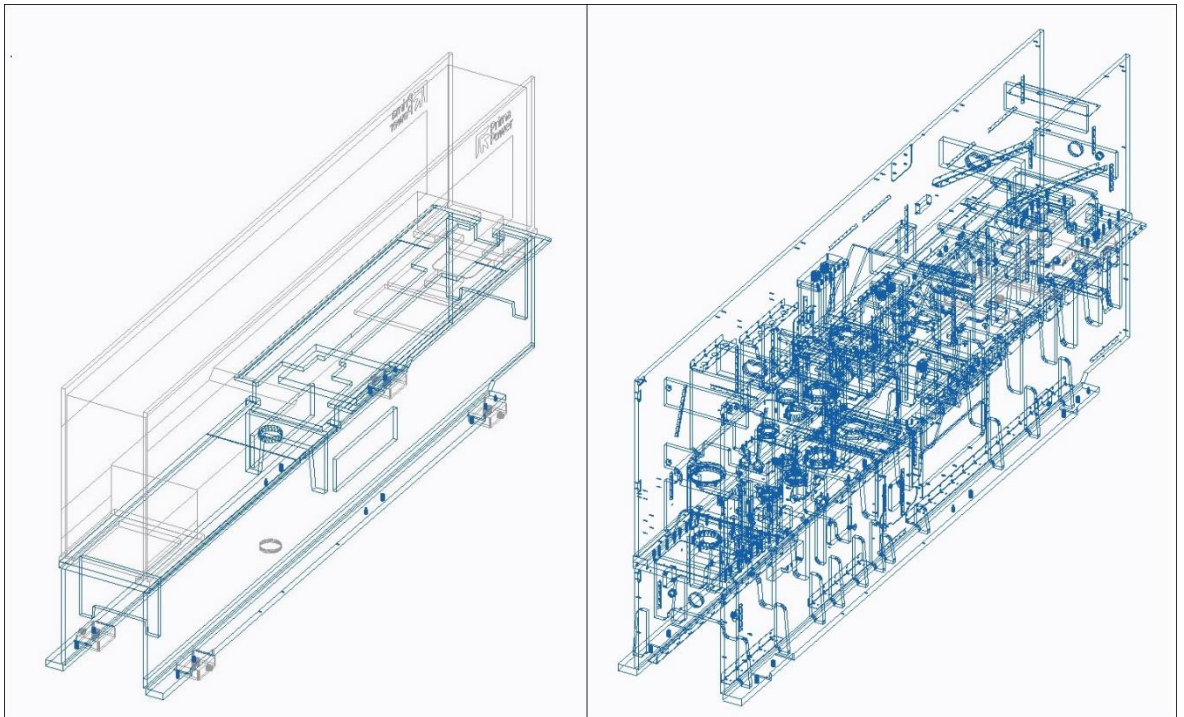
Kuvio 19. Kuormituskuva.

4.3 Mekaniikkamallien keventäminen

Mekaniikkamallien keventäminen tarkoittaa 3D-mallien yksinkertaistamista. Prima Power Oy:ssä jokainen 3D-layout kootaan erilaisista moduuleista ja moduulit muodostuvat kevennetyistä mekaniikkamalleista. Mekaniikkamalli on tarkka malli tuotteesta. Malli on täydellinen kokoonpano, joka sisältää kaikki tuotteeseen sisältyvät komponentit, osat, ruuvit ja mutterit. Moduulien yksi tärkeä ominaisuus on niiden tiedostokoko. Se täytyy olla tarpeeksi pieni, jotta ohjelma pyörii kevyesti, kun moduulien määrä layoutissa kasvaa. Tästä syystä mekaniikkamallit eivät kelpaa suoraan moduuleiksi, vaan ne täytyy keventää. Toinen syy keventämiseen on se, että kun malli on kevennetty yksinkertaiseksi moduuliksi, siinä ei ole tuotteen valmistamiseen liittyviä tarkkoja tietoja. Näin ollen se voidaan lähettää turvallisesti asiakkaalle, eikä tarvitse pelätä sen joutumista väärin käsiin.

Keventäminen tapahtuu siten, että mekaniikkamalli tuodaan STEP-tiedostona suunnitteluohjelmaan. Tämä siksi, koska mekaniikkasuunnittelijoilla on käytössään eri

ohjelma kuin layoutsuunnittelijoilla. Kun malli tuodaan STEP-tiedostona suoramallinnusohjelmaan, ohjelma hävittää mallin historiapuun ja sitä voidaan muokata vapaasti välittämättä muutosten vaikutuksesta sen rakenteeseen. Suoramallinnusohjelma antaa siis vapaudet poistaa mitä tahansa piirteitä, osia tai komponentteja, eikä mallin näennäinen ulkomuoto koe radikaaleja muutoksia. Mekaniikkamallista poistetaan kaikki layoutsuunnitteluun tarpeettomat osat ja piirteet, esimerkiksi ruuvit, mutterit ja osien nurkkien pyöristykset. Kokoonpanosta poistetaan myös kaikki ne osat, jotka sijaitsevat rakenteen sisällä, eli ovat päältä päin tarkasteltaessa piilossa. Joistakin osista voidaan poistaa muotoiluja ja reikiä, mikäli ne eivät vaikuta layoutpiirustusten mitoitukseen. Mallia kevennettäessä suurin huomio kannattaa kiinnittää pyöreisiin muotoihin, koska ne sisältävät moninkertaisen määrän piirteitä verrattuna suoraan pintaan. Kevennyksen jälkeen rautalankamallista (Kuvio 20.) tarkastetaan, onko piiloon jäänyt turhia osia tai pyöreitä muotoja, jotka voitaisiin poistaa. Kun moduuli on valmis, se tallennetaan moduulikirjastoon kaikkien layoutsuunnittelijoiden käyttöön.



Kuvio 20. Rautalankamalli kevennetystä ja alkuperäisestä levytyökeskuksen rungosta.

Keventämisessä suurimpana haasteena on se, että suunnittelijalla on oltava selkeä käsitys siitä, mitä osia ja muotoja ei saa poistaa. Mikäli suunnittelija poistaa kriittisen osan, sen takaisin tuominen vie aikaa. Hänen täytyy avata alkuperäinen STEP-malli,

etsiä sieltä haluttu osa, tallentaa se erilliseksi tiedostoksi ja tuoda se kevennetyn mallin kokoonpanoon. Tästä syystä suunnittelijan täytyy etukäteen tietää, miltä mallin tulee näyttää kevennyksen jälkeen. Yleensä kiinnityspisteet jätetään keventämättä, ettei käy niin, että koneen kiinnitykseen liittyvät osat muuttuvat. Tämä voisi aiheuttaa ongelmia asennuskuviin, joiden perusteella laitteet asennetaan asiakkaan tiloihin.

5 OHJELMISTOJEN JA MENETELMIEN TUTKIMINEN

Yksi tavoitteista oli löytää oikea ohjelmisto joustavan 3D-mallin luomiseen. Yrityksellä on käytössään useita suunnitteluohjelmia, mutta koska menetelmä piti kehittää layoutsuunnittelun tehostamiseksi, lähdettiin liikkeelle layoutsuunnittelijoille tutuista ohjelmistoista. Oikeaa ohjelmistoa kartoittaessa oli pidettävä mielessä se, että se olisi tarpeeksi helppokäyttöinen. Varastojärjestelmien tuominen 3D-layout tarjontaan tulee lisäämään 3D-layouttien määrää huomattavasti, joten prosessi oli pidettävä mahdollisimman yksinkertaisena.

5.1 PTC Creo Parametric

Ensimmäisenä vaihtoehtona haluttiin kokeilla PTC Creo Parametric -suunnitteluohjelmaa, jotta saataisiin hieman vertailupohjaa eri ohjelmista. Ohjelmistovalmistaja oli ennestään tuttu suunnittelijoille ja sen tarjoamat parametriset suunnitteluominaisuudet vaikuttivat sopivilta projektiin. Ohjelmaan hankittiin kokeilulisenssi, jotta sen ominaisuuksiin päästiin tutustumaan.

Ohjelman ulkoasu ja käyttöliittymä oli kuitenkin hyvin erilainen verrattuna totuttuun Creo Elements/Direct Modeling -ohjelmaan. Aluksi täytyi perehtyä ohjelman käyttöön yksinkertaisilla esimerkkimallilla, jonka osille annettiin parametrit ja tarvittavat relaatiot. Parametrisen suunnitteluohjelman suurin ongelma oli siinä, että jo mallia luodessa täytyi olla tiedossa, mitä arvoja tullaan myöhemmin muuttamaan ja mitkä muuttuvat suhteessa toisiin. Tämä ominaispiirre vaikutti ongelmalliselta, koska varastojärjestelmien mekaniikkamallit ovat mallinnettu toisella suunnitteluohjelmalla, eikä niitä ole mallinnettu parametrisesti.

Yksinkertaisen mallin luominen tuotti jo alkuvaiheessa vaikeuksia. Menetelmä olisi vaatinut uusien mallintamismenetelmien opettelua, joten tämä ohjelmistovaihtoehto päätettiin hylätä projektista.

5.2 PTC Creo Elements/Direct Modeling

5.2.1 Mallin venyttäminen manuaalisesti

Creo Elementsin puolelta ratkaisua lähdettiin hakemaan helpoimmasta ja yksinkertaisimmasta menetelmästä, eli mallin venyttämisestä (Kuvio 21.). Koska kysessä on suoramallinnusohjelma, se pystyy muokkaamaan mallia ilman rajoitteita huolimatta siitä, kuinka malli on alunperin luotu. Menetelmä on erittäin nopea ja sopivilla tuotteilla se on paras tapa muokata yhdestä mallista eri pituus/korkeus variaatioita.

Kuitenkin jo alkuvaiheessa havaittiin, että varastolohkon korkeuden muuttamiseen se ei ollut välttämättä paras mahdollinen työkalu. Mitä enemmän lohkon korkeutta kasvatti venyttämällä, sitä enemmän se menetti yhdennäköisyyttään mekaniikkamalliin verrattuna. Layoutsuunnittelussa varaston 3D-moduulin ulkomittojen paikansäilyvyys oli tärkein kriteeri ja tällä menetelmällä pystyttiin se täyttämään. Kuitenkin tietty yhdennäköisyys mekaniikkamallin kanssa haluttiin säilyttää. Tässä menetelmässä oli myös haittapuolena se, että korkeuksia ei pystynyt ennalta määrittämään ja tallentamaan malliin, vaan korkeudelle oli manuaalisesti annettava joka kerta haluttu arvo.



Kuvio 21. Varastolohkon alkuperäinen ja venytetty malli.

5.2.2 Parametric

Seuraava vaihe oli perehtyä käytössä olevan suoramallinnusohjelman uusiin ominaisuuksiin. Yrityksellä oli ollut jo pitkään kyseinen suunnitteluohjelma käytössä, mutta sen tarjoamat mahdollisuudet eivät olleet täysin tiedossa. Ensimmäiseksi otettiin yhteyttä PTC-ohjelmistojen asiantuntijaan ja otettiin selvää, olisiko ohjelmassa mahdollisuuksia 3D-mallin parametrisen muokkaamiseen. Koska kyseessä oli toisella suunnitteluohjelmalla alun perin luotu 3D-malli, oli suoramallinnusohjelma sen muokkaamiseen luontevin vaihtoehto. Varastojärjestelmät ovat isoja kokoonpanoja, joissa historiapuut ovat monimutkaisia ja pitkiä. Suoramallinnusohjelman ansiosta historiapuusta ei tarvinnut välittää.

Ohjelmaan oli saatavilla lisäosa, joka mahdollisti parametrien ja relaatioiden käyttämisen suoramallinnuksen rinnalla. Lisäosa tarjosi mahdollisuuden muokata mallia parametrisesti historiapuusta välittämättä. Otimme kokeilulisenssit lisäosiin ”parametric” ja ”advanced assembly”. Parametric-lisäosa tarjosi mahdollisuuden määrittää parametrejä ja relaatioita 3D-malliin, joka oli tuotu ohjelmaan ulkopuolelta.

Ensimmäisenä täytyi opetella uusien toimintojen käyttö. Huono puoli tässä suunniteluohjelmassa oli se, että opetusvideoita mallintamisesta ei ollut saatavilla. PTC:llä oli kuitenkin joitain toimintaohjeita ohjelman sisäisessä ohjevalikossa, joiden pohjalta lähdettiin luomaan yksinkertaista harjoitusmallia. Kun harjoitusmalli saatiin toimimaan halutulla tavalla, eli muuttamaan korkeutta ja hyllyjen lukumäärää syötettyjen parametrien perusteella, päätettiin siirtyä muokkaamaan COMBO-varastolohkon kevennettyä mekaniikkamallia (Kuvio 22.).



Kuvio 22. Parametrisesti muutettava harjoitusmalli ja COMBO-varastolohko.

Koska suoramallinnusohjelma oli hävittänyt aikaisemman historiapuun, oli malliin määritettävä relaatiot eli sidosehdot, jotta osat ja kokoonpanot pysyivät oikeilla paikoillaan korkeutta säädettäessä. Seuraavaksi määritettiin parametrit muuttuville osille, jonka jälkeen niiden parametreihin sidottiin muutoksista riippuvaiset osat. Varaston korkeutta lisäämällä hyllyjä tarvittiin lisää, joten hyllyrakenteiden lisäämiseen määritettiin parametrinen ehto *pattern*-työkalulla. Nyt oltiin päästy tilanteeseen, jossa varastolohkon kokoonpanolle voitiin määrittää korkeus antamalla haluttu arvo korkeusparametrille. Tarvittavat muutokset tapahtuivat automaattisesti, kun kaikki korkeudesta riippuvat muutokset oli linkitetty jotain kautta korkeusparametriin.

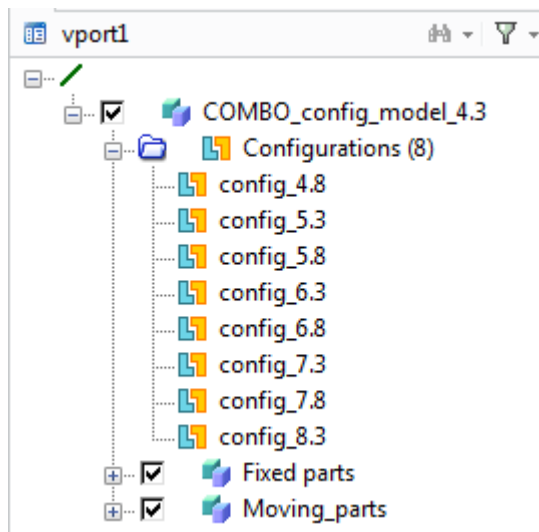
Lopputuloksena saatiin ensimmäinen ulkoisesti mekaniikkamallia vastaava toimiva vaihtoehto joustavan 3D-mallin luomiseen, mutta se ei vastannut täysin projektille annettuja tavoitteita. Parametrisen mallin luominen vaati huomattavan paljon osaamista 3D-mallien kokoonpanojen tekemisestä, lisäksi sen rakentamiseen liittyvät toimenpiteet olivat vieraita suurimmalle osalle layoutsuunnittelijoista. Prosessi oli myös liian paljon aikaa vievä, joten kynnyks siirtyä vanhasta tavasta uuteen olisi ollut liian korkea.

5.2.3 Configurations

Kun parametrisen mallin luominen todettiin liian haastavaksi, päätettiin tutkia konfiguraatioiden käyttöä. Työkalua on yrityksessä aikaisemmin käytetty layoutsuunnittelussa muun muassa suojaovien asennon muuttamiseen, jotta on voitu tarvittaessa avata tai sulkea ovi piirustuksia tehdessä. Toiminto on kuitenkin ollut vähäisellä käytöllä, eikä sen muihin käyttömahdollisuuksiin oltu perehdytty. Konfiguraatiot ovat suunnitteluohjelman oma työkalu, jolla voidaan määrittää osien tai kokoonpanojen paikoitukselle toinen tai useampi sijainti. Työkalulla voidaan siis määrittää esimerkiksi yhdelle osalla kolme sijaintia, jotka voidaan aktivoida rakennepuuhun rakentavasta konfiguraatiovalikosta. Kun joku konfiguraatioista aktivoidaan, suunnitteluohjelma luo automaattisesti lyhyen animaation ja siirtää määritetyn osan määritettyyn sijaintiin.

Suunnitteluohjelmassa pystyy luomaan rakennepuuhun (Kuvio 23.) kokoonpanoja, jotka toimivat eräänlaisina tiedostokansioina, joiden alle voi siirtää vapaasti osia toisista kokoonpanoista. Tämän ominaisuuden ansiosta rakennepuusta voi rakentaa itselleen mahdollisimman selkeän. Sovellettaessa konfiguraatioita varastolohkojen korkeussäätöön oli ensin tutkittava, mitkä osat ja kokoonpanot pysyvät paikallaan korkeusvaihtelusta huolimatta, jotta rakennepuusta saataisiin rakennettua tarpeeksi selkeä jatkotoimenpiteitä varten. Kun paikallaan pysyvät osat oli saatu määritettyä, niille luotiin pääkokoonpano "Fixed parts", jonka alle ne siirrettiin. Sen jälkeen luotiin pääkokoonpano "Moving Parts", jonka alle jäljelle jääneet osat siirrettiin. Jotkut osat,

muun muassa pystytolpat, kopioitiin molempiin kokoonpanoihin ja ne jätettiin päällekkäin. Tämä tehtiin siitä syystä, että saatiin luotua näennäisesti korkeutta kasvavia osia.



Kuvio 23. Suunnitteluohjelman rakennepuu, jonka sisällä on konfiguraatio-valikko ja määritetyt pääkokoonpanot.

Kun rakenne oli saatu kuntoon, seuraava vaihe oli luoda jokaiselle korkeuskonfiguraatiolle liikkuvien osien sijainnit. Niiden määrittämiseen käytettiin apuna mekaniikkamalleja jokaisesta korkeusvariaatiosta. Korkeuksien luominen aloitettiin matalimmasta 4,3 m varastomallista, joka jäi malliin lähtökorkeudeksi. Korkeuden kasvaessa yli kaksinkertaiseksi, limittäisten osien pituudet eivät riittäneet kattamaan koko matkaa, joten osa kopioitiin ja siirrettiin sopivaan sijaintiin. Korkeuksien vaihdellessa kopiointia ja osien siirtämistä tehtiin tarvittava määrä, jotta malli vastasi päällisin puolin mekaniikkamallia.

Kun jokainen konfiguraatio saatiin määritettyä, lopputuloksena oli yksi malli, josta pystyi tuplaklikkauksella valita haluamansa korkeuden. Malli oli melko helppo luoda, eikä konfiguraatioiden määrittämisen opetteluun tarvinnut käyttää paljoa aikaa. Tässä menetelmässä oli myös hyötynä se, että kalliita lisäosia ei tarvinnut käyttää, koska konfiguraatiot kuuluvat ohjelman perustyökaluihin.

Kun mallin käytettävyyttä kokeiltiin, havaittiin ongelma layouteissa, jotka sisälsivät enemmän kuin yhden varastojärjestelmän. Ohjelma salli ainoastaan yhden aktiivisen konfiguraation. Esimerkkitapauksessa layouttiin tuli yksi 5,8 m ja yksi 7,8 m va-

rastomalli. Kun toisen varaston korkeuskonfiguraatio aktivoitiin, toisen varaston korkeus nollautui lähtökorkeuteen, joka oli 4,3 m. Ongelma ratkaistiin tutkimalla työkalujen eri ominaisuuksia, joista löydettiin tapa lukita mallin konfiguraatio haluttuun korkeuteen. Se mahdollisti useamman eri korkuisen varastojärjestelmän sijoittamisen layouttiin (Kuvio 24.).



Kuvio 24. Kolme variaatiota varastojärjestelmän 3D-mallista, jonka korkeuskonfiguraatit ovat lukittu eri korkeuksille.

5.3 Ohjelman ja menetelmän valinta

Ohjelmiston ja menetelmän valinnasta laadittiin taulukko (Taulukko 1), joka kertoo parhaan menetelmän varastomallien toteuttamiselle. Taulukossa annettiin jokaiselle ominaisuudelle arvosana 1-5. Lopuksi yhteenlaskettu pistemäärä ratkaisi parhaan vaihtoehdon, joka oli Creo Elements/Direct modeling -ohjelmalla toteutettu konfiguraatiomalli. Koska Creo Parametric -ohjelmalla ei päästy mihinkään lopputulokseen, se sai arvosanan 1 jokaiseen kohtaan.

Taulukko 1. Ohjelma- ja menetelmävertailu.

1 = huono, 5 = erinomainen	Ohjelma- ja menetelmävertailu			
Ohjelma	Creo Parametric	Creo Elements	Creo Elements	Creo Elements
Menetelmä	Parametrinen	Venytetty	Parametrinen	Konfiguraatio
Mallin luomisen nopeus	1	5	2	4
Mallin luomisen helppous	1	5	2	4
Mallin käytettävyys	1	3	4	5
Mallin päivitettävyys	1	4	2	4
Mallin ulkonäkö	1	3	5	5
Ohjelman/Lisäosan kustannus	Lisäkustannus	Ei lisäkustannusta	Lisäkustannus	Ei lisäkustannusta
Yhteensä	5	20	15	22

Käytännössä vertailu siis käytiin Creo Elements-menetelmien välillä. Parametrinen malli osoittautui liian hankalaksi luoda, sekä relaatioiden määrittämisen takia päivitettävyys kärsi. Lisäksi se olisi vaatinut ohjelmaan lisäosan, mistä olisi tullut lisäkustannuksia yritykselle.

Manuaalisesti venytettävä malli olisi ollut helppo ja nopea ratkaisu, mutta sen käytettävyys ja ulkonäkö teki siitä huonomman vaihtoehdon. Venytettävän mallin käytettyydessä oli ongelmana se, että siihen ei saanut tallennettua toimintoja. Aina mallia muutettaessa olisi täytynyt määrittää haluttu korkeusmuutos, joka olisi pitänyt tarkistaa taulukosta. Lisäksi aina muutoksen ohessa hyllyjä ja rakenteita olisi pitänyt lisätä, jotta mallin ulkonäkö olisi pysynyt halutuissa rajoissa.

Konfiguraatiomalli saatiin toimimaan halutulla tavalla ja vaadituilla kriteereillä. Mallin luominen vaati hieman enemmän aikaa, mutta sen käyttö oli helppoa ja nopeaa. Lisäksi vaihtoehto oli edullinen, koska se ei vaatinut lisäosia ohjelmaan.

5.4 Ohjeiden laatiminen

Prima Power halusi varastojen 3D-mallille ohjeet sen luomiseen ja käyttöön. Kriteerinä uudelle 3D-mallille oli se, että sen pystyisi toteuttamaan ohjeita seuraamalla, vaikka kyseisestä ohjelmasta ei olisi paljoa kokemusta. Käyttöohjeet jaettiin kahteen osioon, mallin luomiseen ja sen käyttämiseen. Vaikka prosessi lähtee käyntiin siitä, että mekaniikkamalli on ensin kevennettävä, siitä ei laadittu ohjeita, koska yrityksellä on jo mallien keventämiseen tarvittavat ohjeet.

Mallin luomiselle tehtiin yksityiskohtaiset ohjeet alusta loppuun. Kaikki layoutsuunnittelijat eivät käytä päivittäin kyseistä ohjelmaa, joten ohjeissa täytyi olla kerrottu, mistä jokainen tarvittava työkalu löytyy ja mitä toimintoja ne vaativat. Ohjetta kirjoitettaessa mallin luomisprosessi aloitettiin alusta, jotta jokainen liike ja toiminto tuli varmasti kirjattua ylös. Toimintaohjeeseen kirjattiin kolme päätoimenpidettä, jotka olivat osien jakaminen kahteen pääkokoonpanoon, konfiguraatioiden määrittäminen ja mallin tallentaminen.

Mallin käyttäminen oli erittäin yksinkertaista, joten se ei vaatinut niin laajaa käyttöohjetta kuin mallin luominen. Ohjeessa kerrottiin, kuinka mallin korkeutta pystyi muuttamaan rakennepuun konfiguraatiovalikosta. Lisäksi ohjeessa kerrottiin yksityiskohtaisesti, kuinka korkeuden pystyy lukitsemaan, mikäli layoutissa on useampi kuin yksi varastojärjestelmä. Käyttöohjetta testattiin useaan otteeseen eri suunnittelijoilla. Ohjetta jouduttiin yksityiskohtaistamaan ja siihen tehtiin lisäyksiä, jotta kaikki epäselvyydet saatiin pois.

6 TULOKSET

Lopputuloksena löydettiin vertailuista menetelmistä paras ratkaisu varastojärjestelmien korkeusvaihtoehtojen yhdistämiselle. Jokaista menetelmää kokeiltiin ja eri osa-alueille annettiin pisteytys, kun ohjelmaa ja menetelmää valittiin. Parhaimman pistemäärän sai konfiguraatiomalli, joka oli helppokäyttöinen ja mieleinen kaikille layoutsuunnittelijoille.

Työn päätavoitteena oli selvittää ja vertailla, millä ohjelmistolla ja menetelmällä yritys pystyisi luomaan eri varastomalleista kevennetyn 3D-mallin, joka sisältäisi kaikki eri korkeusvaihtoehdot tai se olisi helposti muokattavissa eri korkeuksille. Toinen tavoite oli se, että samaa menetelmää voitaisiin soveltaa kaikkiin kolmeen varastojärjestelmään. Opinnäytetyö saavutti sille laaditut tavoitteet ja valittu toimintamenetelmä vastasi ennalta laadittuja vaatimuksia. Moduulin tiedostokokoo ei kasvanut juurikaan, joten sekin vaatimus saatiin täytettyä.

Työ oli haastava, sillä yrityksessä ei ollut kokemusta säädettävistä/muokattavista 3D-moduuleista. Työ vaati laajaa taustatutkimusta varastojärjestelmien rakenteesta sekä suunnitteluohjelman uusista työkaluista ja mahdollisuuksista. Lopputulos oli erittäin hyvä, sillä varastojärjestelmien moduulien määrää saatiin merkittävästi vähennettyä. Työn alla olleista varastojärjestelmistä erilaisia moduuleita olisi alunperin ollut 46 kpl, johtuen korkeusvariaatioista ja kahdesta eri levykoosta. Konfiguraatiomallin myötä moduulien lukumääräksi tuli 6 kpl, koska korkeusvariaatiot saatiin sulautettua samaan moduuliin. Tämä tulee nopeuttamaan moduulien luomisprosessia huomattavasti. Moduulien lukumäärän ollessa pieni niiden päivittäminen on myös paljon nopeampaa. Opinnäytetyön myötä yritys sai käyttöönsä uuden toimintatavan moduulien hallintaan, mistä voi olla hyötyä myös muiden tuotteiden kanssa.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyö oli haastava ja mielenkiintoinen, koska siinä piti kehittää täysin uusi toimintatapa ja moduulirakenne layoutsuunnittelun käyttöön. Työn teki haastavaksi se, että kenelläkään suunnittelijalla ei ollut aikaisempaa kokemusta tutkittavista menetelmistä. Projekti pysyi mielenkiintoisena alusta loppuun, koska siinä tavoiteltiin merkittävää hyötyä yrityksen layoutsuunnitteluun. Myös henkilökohtainen mielenkiinto suunnitteluteknisiin asioihin teki työstä mieleisen.

Työ onnistui erinomaisesti, sillä kaikki tavoitteet ja vaatimukset täyttyivät. Lisäksi se mahdollistaa varastojärjestelmien 3D-moduulien nopean tuottamisen ja päivittämisen, mikä taas mahdollistaa sen, että varastojärjestelmät saadaan 3D-malleina järjestelmämyyjien käytettäväksi. Opinnäytetyö pysyi ennalta sovitussa aikataulussa.

Menetelmävertailussa venyteltävä malli olisi voinut olla myös hyvä ratkaisu. Se on ennestään tuttu toiminto suunnittelijoille, eikä se olisi vaatinut uuden asian opettelua. Konfiguraatiomalli meni manuaalisesti venytettävän mallin edelle lähinnä sen ulkonäön ja käytettävyyden takia. Ulkonäköongelman olisi voinut ratkaista yksinkertaisella hyllyrakenteiden kopioinnilla, mutta se aiheuttaisi lisätyötä aina layouttia tehdessä. Lisäksi venytys-menetelmässä huono puoli oli se, että korkeus muutokset täytyi aina manuaalisesti syöttää ohjelmaan. Mikäli manuaalisen venyttämisen ja konfiguraatiot olisi yhdistänyt samaan malliin, siitä olisi voinut saada nopeasti luotavan ja helppokäyttöisen. Toisaalta malli, jossa on yhdistetty eri toimintamalleja, olisi voinut aiheuttaa sekaannuksia, eikä se olisi ollut enää niin käyttäjäystävällinen. Mielestäni valitsemani konfiguraatio-menetelmä oli paras mahdollinen. Mallin käytettävyys on erittäin hyvä, sillä oikean korkeusvaihtoehdon voi valita hiirenpainalluksella. Vaikka konfiguraatio-mallin luominen on hitaampaa kuin manuaalisesti venyttämällä, se on kuitenkin nopeampi prosessi kuin alkuperäinen, jossa jokainen korkeusvariaatio olisi kevennettävä erikseen.

LÄHTEET

- Hakala, P. 2015. Direct modeling in global CAD environment. [Verkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 30.1.2019]. Saatavana: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201502181085>
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. uud. p. Tampere: Infacs Oy.
- Lammi, K. 2017. Suoramallinnus CAD-järjestelmissä. [Verkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö. [Viitattu 31.1.2019]. Saatavana: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201711222193>
- Mourtzis, D., Doukas, M. & Bernidaki, D. 2014. Simulation in Manufacturing: Review and Challenges. [Verkojulkaisu]. CIRP Sponsored DET 2014 Conference. [Viitattu 1.2.2019]. Saatavana: <https://doi.org/10.1016/j.pro-cir.2014.10.032>
- Piirainen, A. 19.2.2014. Lean ja hukka – Muda, Mura ja Muri. [Verkkoartikkeli]. Lahti: Six Sigma Quality Knowhow Karjalainen Oy. [Viitattu 14.2.2019]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri/>
- Prima Power Oy. Ei päiväystä. Yritys. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.2.2019]. Saatavana: <https://www.primapower.com/fi/yritys/>
- Intra Prima Power Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.3.2019]. [Yrityksen sisäiseen käyttöön].
- Rintaniemi, A. 2019. Sales and Support manager, Prima Power Oy. Haastattelu 6.2.2019.
- Rudeck, E. 9.5.2013. What CAD Users Need to Know About Direct Modeling. [Verkkoartikkeli]. Concurrent Engineering. [Viitattu 12.2.2019]. Saatavana: <http://www.concurrent-engineering.co.uk/Blog/bid/93709/What-CAD-users-need-to-know-about-direct-modeling>
- Stevenson, W. J. 2009. Operations Management. 10. edition. New York: McGraw-Hill Companies.
- Tornincasa, S. & Di Monaco, F. 2010. The Future and the Evolution of CAD. [Verkojulkaisu]. 14th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2010, Mediterranean Cruise. [Viitattu 31.1.2019]. Saatavana: <http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2010/Keynote-Tornincasa.pdf>

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Ylihärsilä, T. 2015. 3D-Layoutin luominen. [Verkojulkaisu]. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [Viitattu 26.2.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-20160309298>