



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Rautakorpi

TUTKIMUS PARAMETRIEN
KÄYTÖSTÄ
VARASTONSUUNNITTELUSSA

Prima Power Oy

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Rautakorpi
Opinnäytetyön nimi	Tutkimus parametrien käytöstä varastonsuunnittelussa
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	38
Ohjaaja	Juha Hantula

Opinnäytetyö tehtiin Prima Powerin suunnitteluyksikköön Kauhavalle. Työn tarkoituksena on tutkia Night Train FMS-varaston suunnittelun automatisointimenetelmiä periaatetasolla. Varaston suunnitteluun uhrataan nykyisillä menetelmillä liian paljon kallisarvoista suunnittelu-aikaa, jota voitaisiin suunnata työn helpotuttua enemmän muille osa-alueille.

Työssä lähdettiin tutkimaan yleisesti Solid Edge –suunnitteluohjelmiston hyödyntämistä suunnittelun automatisoinnissa, sekä parametrien käyttöä osamallinnuksessa ja kokoonpanon ohjauksessa. Tutustumalla aiemmin käytettyihin automatisointimenetelmiin sekä haastattelemalla suunnitteluhenkilöstöä, löydettiin varaston suunnitteluun paljon uusia näkökulmia. Suunnittelupohjan mallintaminen ja parametrien ohjaustaulukon rakentaminen, sekä niiden välisen linkityksen luominen olivat suunnittelun automatisoinnin kannalta työn avainasemassa.

Työn lopputuloksena toimeksiantajalle saatiin luotua automatisoinnin esisuunnitelma sekä kehityskelpoinen testiympäristö. Parametrisen ohjaustaulukon sekä suunnittelupohjan avulla varastonsuunnittelu nopeutuu aiempiin menetelmiin verrattuna huomattavasti. Lisäksi työssä tutkitut menetelmät ovat käyttökelpoisia, sekä avoimia jatkokehitykselle.

ABSTRACT

Author	Antti Rautakorpi
Title	Research of parametric storage design
Year	2015
Language	Finnish
Pages	38
Name of Supervisor	Juha Hantula

This thesis was made for Prima Power design unit in Kauhava. The subject of this thesis was to research Night Train FMS automation systems of storage design in principle. Nowadays the storage design is taking too much time with the current methods, and the designing is also overly challenging. By using the new automation methods, the design work would be able to be directed also to other areas.

The work was started with general research of the design software Solid Edge and also the parametric utilization of part designing and assembly controlling. By getting familiar with the automation methods used earlier and also by interviewing Prima Power design employees plenty of new perspectives about storage automation methods were found. By modelling the design ground of the main storage assembly and creating the parametric control table, a driving connection between these two was created. That played the key role in this thesis.

As a final result, the preliminary plan of the storage automating was created for the client, as well as test environment with development potential. By using the parametric control table and the design ground, the storage design will be accelerated considerably compared to the previous methods. In addition, the tested work methods are very useful, as well as open to further development. The tested methods about this thesis are scheduled to the client use in the future.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	9
2	PRIMA POWER	10
	2.1 Prima Powerin historia lyhyesti	10
	2.2 Night Train FMS	12
3	TUOTESUUNNITTELU	14
	3.1 Tuote	14
	3.2 Tuotesuunnittelu	14
	3.3 Suunnitteluohjelmisto	15
4	PARAMETRINEN SUUNNITTELU	17
	4.1 Parametrinen piirremallinnus	17
	4.1.1 Parametri	17
	4.1.2 Parametrisuus	17
	4.2 Luurankomallinnus	18
	4.2.1 Referenssiluurangot	19
	4.3 Parametrien linkittäminen Excel-taulukkoon	19
5	VARASTON SUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI	22
	5.1 Esitutkimukset	22
	5.2 Suunnittelun lähtötiedot	22
	5.3 Työn luonnostelu	23
	5.3.1 Taustatutkimus	23
	5.3.2 Testiympäristön luonnostelu	24
	5.3.3 Parametrien ohjaustaulukon luonnostelu	24
	5.3.4 Linkityksen testaus komponenteilla	25
	5.3.5 Huomioitavaa	26
	5.4 Työn suunnitteluvaihe	27
	5.4.1 Esisuunnittelu	27
	5.4.2 Moduulien valinta	28

5.4.3	Hupilohkojen automatisointi.....	30
5.4.4	Varaston korkeuden automatisointi.....	32
5.4.5	Turva-aitojen automatisointi	33
6	YHTEENVETO	36
6.1	Työn tulokset	36
6.2	Kehitysehdotukset & jatkotoimenpiteet.....	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	

LYHENTEET JA KÄSITTEET

Solid Edge	suunnitteluohjelmisto
Parametri	numerovakio
CAD	computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu
ST	synchronous technology, suoramallinnustekniikka
FEM	finite element method, elementtimenetelmä
PLM	product lifecycle management, tuotteen elinkaaren hallinta
Sketch	mallinnuksessa käytetty luonnos
FMS	flexible manufacturing system, joustava valmistusjärjestelmä
Moduuli	itsenäiseksi yksiköksi irrotettava osa tai osakokoonpano
Excel	parametrien ohjauksessa käytetty taulukkolaskentaohjelma

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Finn Power Oy:n liikevaihto v.2009-2013	s. 10
Kuvio 2.	Night Train FMS-varasto sekä integroitu levytyökeskus	s. 12
Kuvio 3.	Night Train FMS-varastojärjestelmä	s. 13
Kuvio 4.	Opiskelukäyttöön lisensoitu Solid Edge ST7	s. 16
Kuvio 5.	Ohjausmallin linkitys	s. 19
Kuvio 6.	Parametrisolun linkityksen kopioiminen Excelistä	s. 20
Kuvio 7.	Linkityksen liittäminen Excelistä ohjaustaulukkoon	s. 21
Kuvio 8.	Esimerkki varaston layout-kuvasta	s. 23
Kuvio 9.	Esimerkki varaston kokoonpanosta, vakiokorkeus z	s. 23
Kuvio 10.	Varaston pohjan luonnos kokoonpanossa	s. 24
Kuvio 11.	Excel-taulukon parametrien ohjaus –luonnos	s. 25
Kuvio 12.	Luonnoskokoonpano	s. 26
Kuvio 13.	Varaston kokoonpanomalli	s. 27
Kuvio 14.	Moduulivaihtoehdot offset-mitoilla avaruudessa	s. 29
Kuvio 15.	Hupilohkon vaakapalkit	s. 30
Kuvio 16.	Parametrien ohjaustaulukko työn valmistuttua	s. 32
Kuvio 17.	Varaston turva-aidoitus	s. 34

LIITELUETTELO

Liitteitä ei julkaista salassapitovelvollisuuden vuoksi.

1 JOHDANTO

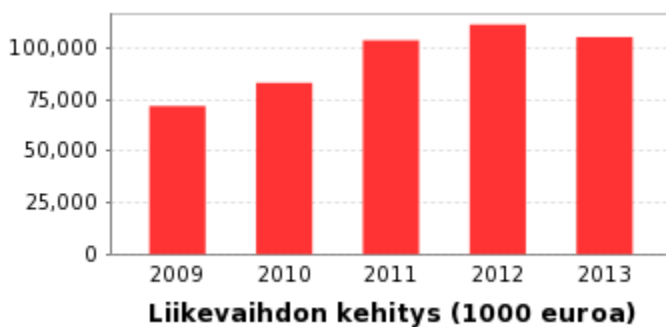
Opinnäytetyössä tutkitaan parametrien käyttöä Solid Edge – ohjelmaa apuna käyttäen, sekä mahdollisuuksia hyödyntää parametritaulukkoa varaston suunnittelu- ja piirtämisvaiheessa. Toimeksiantajalla ei ole nykyisellä piirustusmenetelmillä minkäänlaista suunnittelupohjaa, vaan jokainen varasto piirretään asiakkaiden toiveesta aina alusta loppuun uudestaan. Varaston suunnittelun automatisointi nopeuttaa suuresti suunnittelutyötä, sekä avaa enemmän uusia resursseja käytettäväksi muilla osa-alueilla.

Työn tehtävänä on automatisoida varaston kokoonpano ja osaluettelo, jolloin muutokset pystytään tekemään nopeasti parametritaulukon / excel-taulukon arvoja muuttamalla. Alustavana työtavoitteena on luoda toimeksiantajalle varaston suunnittelun esisuunnitelma / testiympäristö, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa varastoja suunniteltaessa. Lisäksi työssä katsotaan, voidaanko Solid Edge –ohjelmistolla rakentaa suunnitteluautomaatti, parametrinen CAD-malli, joka generoitaisiin lähtöarvojen mukaan. Opinnäytetyössä tutkitaan asioita ainoastaan periaatetasolla.

2 PRIMA POWER

Prima Power on maailman johtavia laser- ja levyntyöstötekniikan yrityksiä. Yhtiön päätoimipaikat sijaitsevat Suomessa ja Italiassa. Lisäksi yrityksellä on tytäryhtiöitä sekä jälleenmyyjä, jotka palvelevat asiakkaita yli 70 maassa. Prima Power kuuluu italialaisen pörssiyhtiön Prima Industrie s.P.A.:n ryhmään, jossa Prima Power toimii ohutlevytyöstön aloilla ja Prima Electro lasertekniikan aloilla. Prima Poweriin kuuluu myös kauhavalainen Finn-Power Oy, jolle tämä opinnäytetyö tehdään (**Kuvio 1.**) /3/.

Prima Powerin vahvuus on palveluiden monipuolinen tuottaminen ennen kaikkea ohutlevyteollisuudessa. Yrityksen tuotevalikoima koostuu laserleikkauksen, lävistyksen, kulmaleikkauksen sekä taivutuksen palveluista. Lisäksi yritys on erikoistunut kattaviin automaatiojärjestelmiin kaikilla automaatiotasolla, joita käytetään koneiden ja solujen automatisoimisessa aina asiakkaan halutulle tasolle asti /3/.



Kuvio 1. Finn Power Oy:n liikevaihto v.2009-2013

2.1 Prima Powerin historia lyhyesti

Prima Industrie s.P.A on italialainen pörssiyhtiö, jossa toiminta aloitettiin 1970-luvun loppupuolella. Yhtiö erikoistui alussa 3D-lasertekniikkaan, mutta kasvoi nopeasti yritysostojen avulla myös hitsaus- & robottitekniikan osa-alueilla. Samaan aikaan Jorma Lillbackan vuonna 1969 perustama Lillbackan Konepaja

kasvoi maailman johtavaksi hydraulisten letkupuristimien valmistajaksi. 1980-luvulla Prima Industrie kehitti tuotteen OPTIMO, millä se nousi maailmanlaajuisesti johtavaksi 3D-laserrobotiikan tuottajaksi. Yhtiö kasvatti asemaansa teollisuusyrityksenä perustamalla Saksaan tytäryhtiön sekä kehittämällä teollisen elektroniikan ja ohjelmistojen liiketoimintaa. Lillbackan Konepaja kasvatti myös liiketoimintaansa ja toi markkinoille letkupuristimien rinnalla hydraulisen levytyökeskuksen nimeltä Finn Power vuonna 1983. Yhtiö kasvatti maailmanmarkkinoitansa perustamalla ensimmäisen tytäryhtiönsä Yhdysvaltoihin vuonna 1985 /1/.

1990-luvulla Prima Industrien painopiste siirtyi levytyöstötekniikkaan. Prima Industrie osti sveitsiläisen Laserwork Ag –yrityksen, jonka ansiosta yhtiö pääsi käsiksi 2D-lasermarkkinoille. Lisäksi yhtiö perusti tytäryhtiöt Ranskaan, Isoon-Britanniaan ja Yhdysvaltoihin. Samaan aikaan Finn-Powerin konsepti teki maailmanlaajuisen läpimurron lävistys-kulmaleikkuu osa-alueella /1/.

1990-luvun lopussa Prima Industrie perusti ensimmäisen yhteisyrityksen Kiinaan ja listautui samalla Milanon pörssiin. Vuonna 1998 yhtiö esitteli ensimmäisen sähköservotekniikkaan perustuvan levytyökeskuksen, joka johti myöhemmin yhtiön Grean Means –konseptiin /1/.

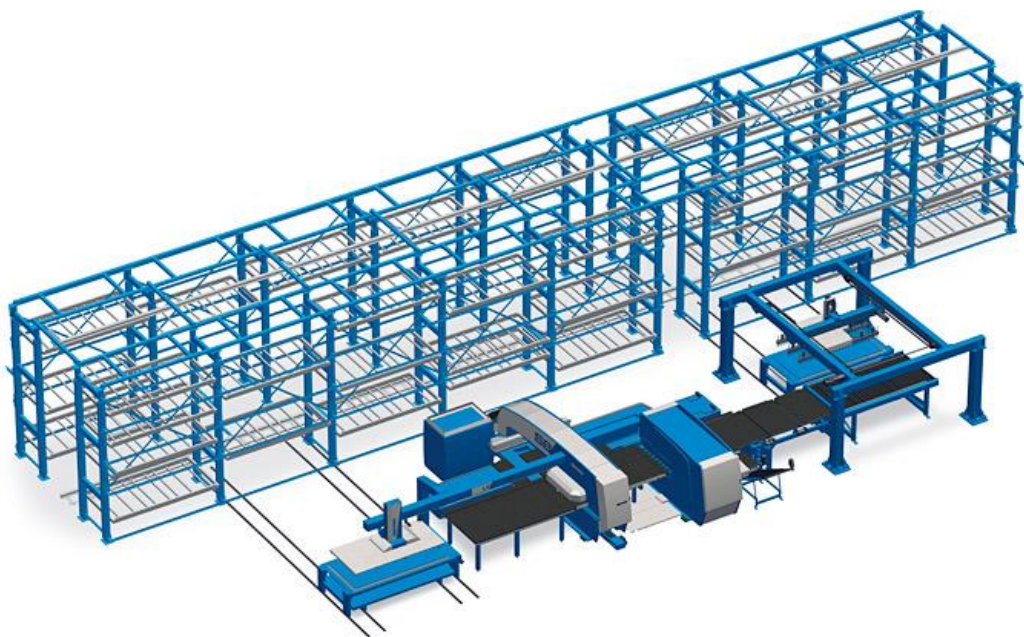
2000-luvulla yhtiön kansainvälistyminen jatkui, jolloin yhtiö perusti toisen yhteisyrityksen Kiinaan. Lisäksi yrityksen kasvua kehitettiin Euroopassa voimakkaasti. Vuonna 2008 yhtiössä tapahtui suuri muutos, jolloin Prima Industrie hankki omistukseensa Kauhavan Finn-Power Oy:n tytäryhtiöineen. Samalla yhtiö vahvisti merkittävästi asemiaan maailmalla levytyöstötekniikan osa-alueella /1/.

Vuonna 2011 yhtiössä tapahtui suuri globaalistuminen, jolloin kaikille palveluille ja tuotteille otettiin käyttöön uusi, yhteinen tunnus Prima Power. Yhtiön uudet tytäryhtiöt perustettiin Brasiliaan, Intiaan sekä Turkkiin, ja samalla yhtiön tuotetarjonta lisääntyi entisestään markkinoilla /1/.

2.2 Night Train FMS

Night Train FMS:n historia ulottuu 1990 alkupuolelle, jolloin ensimmäinen Night Train –järjestelmä asennettiin. Tämän jälkeen tuotteita on valmistettu ja asennettu useita satoja kappaleita eri puolelle maailmaa /6/.

Night Train FMS:n tarkoitus on automatisoida materiaali- ja tietojärjestelmä sekä yhdistää yksittäiset valmistusvaiheet yhdeksi joustavaksi prosessiksi. Järjestelmät ovat räätälöityjä käyttämään laajaa Prima Power-valikoimaa, joka koostuu korkealaatuisista työstökoneista, integroiduista soluista, automaattisista materiaalin käsittelyratkaisuista sekä ohjelmistosta (**Kuvio 2.**) /6/.



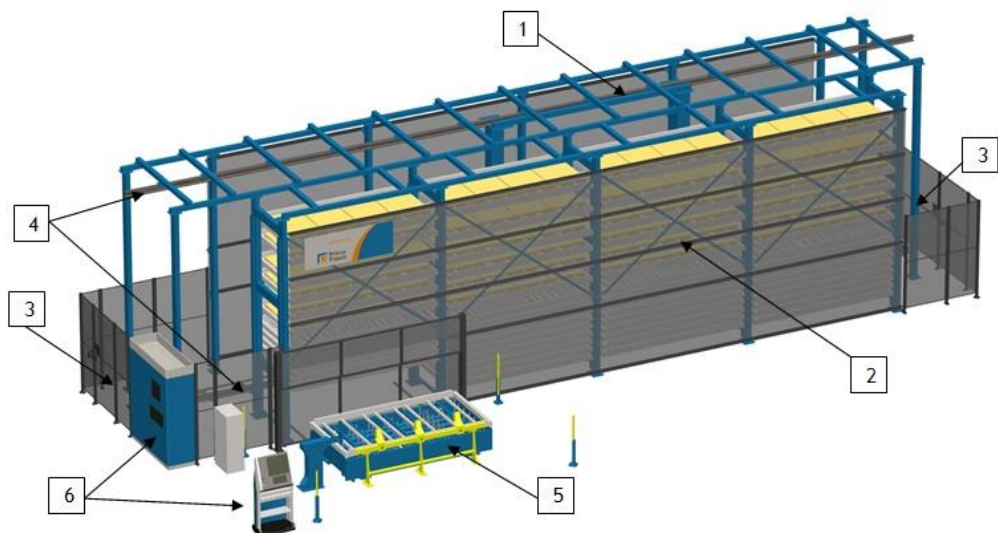
Kuvio 2. Night Train FMS-varasto sekä integroitu levytyökeskus

Night Train FMS on kokonaisratkaisu ohutlevytuotteita valmistavien yritysten tehtaisiin. Tuote on suunniteltu valmistuksen automaattista toimintaa varten, jolloin tuotetta käytetään materiaalin varastoinnissa, sekä valmiiksi työstettyjen ohutlevykappaleiden puskurivarastona. Varaston pituus sekä varastointipaikkojen määrä ovat määrittelemättömät, eli asiakkaalla on mahdollisuus määrittellä

varaston pituus haluamallaan tavalla. Night Train FMS-varastoja on myös mahdollisuus hankkia joko yksi- tai kaksipuolisena versiona /6/.

Night Train FMS varastojärjestelmän pääkomponentit ovat (**Kuvio 3.**):

- Night Train hyllystöhissi NTW
- hyllystön rakenne
- Night Train päätyvarustelu
- alempi & ylempi ohjainkisko sekä virtalähde
- materiaalin lataus- / purkuasema IOW
- FMS-varaston hallintapaneeli.



Kuvio 3. Night Train FMS-varastojärjestelmä

3 TUOTESUUNNITTELU

Tietokoneavusteinen suunnittelu on suunnitteluohjelmaa apuna käytettävää työtä, jossa ohjelman avulla suunnittelija luo uutta, sekä muokkaa ja analysoi aikaansaatuja tuotteita. Tietokoneavusteinen suunnittelu tunnetaan paremmin nimellä computer-aided design, eli CAD /2/.

3.1 Tuote

Suunniteltavalla tuotteella tarkoitetaan kohdetta, jonka yritys myy aikanaan asiakkaalleen ja joka hyvittää asiakkaan toivotun tarpeen. Tuote on myös prosessin tulos, jonka aikana asiakkaan tarpeen tyydyttämiseksi rakennettu idea muovautuu lopulliseksi tulokseksi, jota asiakas pystyy hyödyntämään. Tuote ei ole pelkästään kosketeltava tuote tai palvelu, vaan tuote sisältää monia eri tasoja, jotka yhdessä vaikuttavat asiakkaan näkemykseen tuotteesta. Tuotteen ydin on asiakkaan haluama toiminto, josta tuotteen keskeisin osa koostuu /5/.

Tuotteita näkyy arkielämässä kaikkialla ja niistä suurin osa on ajoitetun kehitysprosessin aikaansaannoksia. Tuotteet ovat muokkautuneet käsityöläisten ajoilta niin paljon, tuotteen kehitykseen ei riitä enää yhden ihmisen työpanos, vaan tuotekehitykselle tarvitaan useasta henkilöstä koostuva kehitystiimi. Kun nykypäivänä tuotteiden kehitys etenee yhä kiihtyvää tahtia ja samaan aikaan yritykset ovat siirtymässä standardituotteiden myynnistä asiakaskohtaisiin tarpeisiin, on tuotteen kehitysaika saatava samalla mahdollisimman pieneksi. Tämä on yritysten kilpailun kannalta suuri valttikortti kansainvälisessä kilpailussa /5/.

3.2 Tuotesuunnittelu

Tuotesuunnittelu on ehdottomasti näkyvin osa tuotekehitysprosessia. Tuotesuunnittelu on prosessin osa, joka alkaa konseptisuunnittelun loppuvaiheessa luoduista luonnoksista ja johtaa niiden kautta testaamista ja tuotettavuutta arvioitaviin generoituihin malleihin. Suunnittelun tavoitteena on

luoda valmistuksen tarvittavat dokumentit eli piirustukset, joiden avulla tuotanto pystyy valmistamaan vaaditut ja yhteensopivat osat sekä kokoonpanot /5/.

Suunnittelun kohteena on harvoin täysin uusi tuote. Useimmiten uudessa tuotteessa on käytetty jonkinverran samaa kuin edellisessä tuotteessa, jolloin tuotteeseen suunnitellaan muutoksia tai varianttia samaan tuoteperheeseen. Suunniteltava tuote jaetaan kokoonpanosta pienempiin osiin, eli osakokoonpanoihin, joita suunnitellaan erikseen omina kokonaisuuksina. Osakokoonpanoja kutsutaan teknisellä kielellä myös nimityksellä moduuli. Osakokoonpanot jaetaan myös vielä pienempiin palasiin, joita ovat yksittäiset osat /5/.

Tuotesuunnittelu on osittain myös päätösten tekemistä ja valintojen punnitsemista. Suunnittelun alkuvaiheessa on olemassa tietty määrä mahdollisuuksia, joihin suunnittelija voi luovuudellaan vaikuttaa. Tuotesuunnittelussa on tärkeää huomioida uudelleenkäytön periaate, jolloin valmiiksi suunniteltuja tuotteita ei kannata suunnitella uudelleen. Suunnittelijan on tärkeää hahmottaa standardiosien ja materiaalien käyttö tuotetta suunniteltaessa, jolloin suunnittelutyö helpottuu /5/.

3.3 Suunnitteluohjelmisto

Solid Edge ST7 on Siemens PLM Softwaren kehittämä 3D-suunnitteluohjelmisto suunnittelun, tuotekehityksen ja valmistuksen tarpeisiin. Solid Edge toimii Windows-ympäristössä sisältäen useita sovelluksia, joista tunnetuimmat ovat osamalli-, ohutlevy-, kokoonpano- ja työpiirustussovellukset. Solid Edge on niin sanottu modulaarinen tuote, johon tuotteen tilaaja voi valita haluamansa osat. Saatavilla olevia tuotemoduuleita ovat esimerkiksi Simulation, jossa on integroitu FEM-sovellus /4/.



Kuvio 4. Opiskelukäyttöön lisensioitu Solid Edge ST7

Solid Edgessä voidaan käyttää myös Product Lifecycle Management(PLM)-ohjelmistoa. Prima Powerilla on käytössä Siemens PLM Softwaren kehittämä Teamcenter PLM-järjestelmä, jolla voidaan hallita helposti koko tuotteen elinkaarta.

Solid Edge -ohjelmalla on kaksi eri mallinnustapaa, perinteinen mallinnus eli ordered-tyyli, sekä synchronous technology (ST) suoramallinnustekniikka. Mallinnustyyli eroavat suurimmalta osin siinä, että perinteisessä mallinnuksessa mallille syntyy aina historia, johon kaikki mallinnusvaiheet tallentuvat. Historiarakenne toimii siten, että jälkimmäisenä tehtävät mallinnusvaiheet pohjautuvat aina edellisiin vaiheisiin, ja mallia editoitaessa historiassa mennään myöhemmin taaksepäin siihen vaiheeseen, jota halutaan muokata. Suoramallinnustekniikasta historia puuttuu kokonaan. Synchronous-mallinnus etenee kuitenkin samaan tapaan kuin perinteinen mallinnus, jolloin aluksi piirretään sketchiin profiili, jota käytetään osan piirteiden luomisessa. Synchronous-mallinnus mahdollistaa helpomman muokattavuuden kuin perinteisessä mallinnuksessa, koska piirteet eivät rakennu aiemmin luotujen piirteiden päälle /4/.

4 PARAMETRINEN SUUNNITTELU

4.1 Parametrinen piirremallinnus

Parametrinen piirremallinnus tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua, jolloin suunniteltava tuote mallinnetaan 3D-geometriaa apuna käyttäen. Kolmiulotteista geometriaa voidaan käyttää huomattavasti tehokkaammin hyödyksi kuin kaksiulotteista, koska tällöin esimerkiksi osakokoonpanoissa esiintyvät osien päällekkäisyydet saadaan helpommin selville. Kolmiulotteisuuden avulla kokoonpanoissa esiintyvät yhteensopivuusvirheet pystytään jäljittämään myös vaivattomasti /5/.

Parametrisessa mallinnuksessa määritetyt mitat tulevat näkyviin suunnitteluohjelmiston parametritaulukkoon, jossa kaikkia mittoja pystytään muokkaamaan yhdestä paikasta. Mallin mittojen väliin voidaan muodostaa myös relaatioita ja riippuvuuksia lisäämällä parametritaulukkoon erilaisia funktioita. Funktioita ovat myös riippuvuussuhteet, joissa esimerkiksi kaksi mitta ovat aina yhtä suuria, tai toinen mitta voi olla aina kaksi kertaa niin kuuri kuin toinen /5/.

4.1.1 Parametri

Parametriaa kutsutaan matematiikassa numerovakioksi. Tietokonekielellä parametreille annettavat arvot tai funktiot saavat ohjelmassa aikaan tietyn tuloksen, joka voi olla esimerkiksi parametriin liitetyn piirteen muuttuminen tai riippuvuussuhde kahden muuttujan välillä.

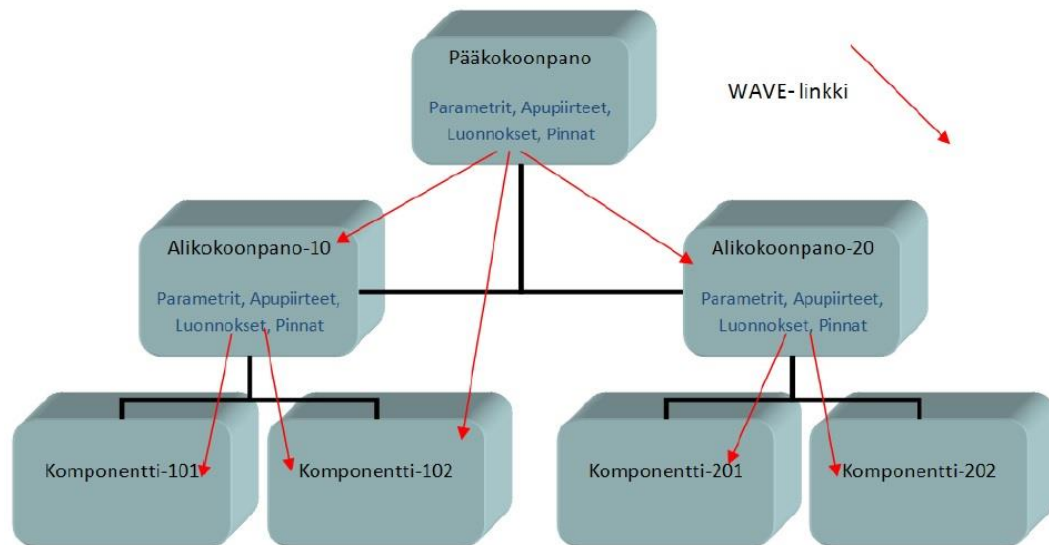
4.1.2 Parametrisuus

Parametrisuudella tarkoitetaan sitä, että mallinnuskohteeseen kytkettyjä mittoja voidaan muuttaa missä vaiheessa tahansa, jolloin kohteen piirteet muuttuvat vastaavasti mitoituksen mukana. Tämä helpottaa paljon suunnittelijan luonnostelutyötä, koska suunnittelun alkuvaiheessa harvoin tiedetään tarkasti suunniteltavan kohteen lopullista mitoitusta, vaan piirteet ja mitat tarkentuvat

vasta myöhemmin suunnittelun edetessä. Parametrisuudesta on ennen kaikkea apua muutosten tekemisessä jälkikäteen, jolloin kappaleen tai kokoonpanon geometriaan ei tarvitse puuttua, mikäli mittaa halutaan muuttaa. Parametreihin kytketyn geometrian ansiosta muutokset tapahtuvat kaikissa kohteissa yhtäaikaisesti, esimerkiksi osan parametrimittaa muuttamalla muutokset tapahtuvat myös sekä kokoonpanossa että piirustuksessa /5/.

4.2 Luurankomallinnus

Luurankomallinnus on Top-Down-suunnittelutyylisiin perustuva luurankomallinnustekniikka, jossa suunniteltavan kokoonpanon runkona toimii niin kutsuttu rautalankamalli eli ”luuranko”, jota käytetään kappaleiden referoinnissa luurangon muotoihin. Luurankomalliin valitaan yleensä rakennettavan kokoonpanon tärkeimmät geometriat, joita voidaan käyttää kappaleiden ja kokoonpanojen mallintamiseen. Luurankomallin geometriaan on mahdollista myös kiinnittää jo valmiiksi mallinnetut kappaleet ja kokoonpanot, jolloin kappaleet liikkuvat luurangon geometriaan tehtyjen muutosten mukana. Luurankomalliin rakennetun geometrian avulla pystytään minimoimaan kappaleiden mallinnusvirheet, sekä osien päällekkäisyydet. Luurankomallinnus koostuu työn alkuvaiheessa ns. mahdollisuuksien avaruudesta, josta vähitellen siirrytään kohti lopullista tuotetta parametriarvoja kiinnittämällä. Luurankomallia ohjataan yleensä parametritaulukon avulla, ja ohjaus toteutetaan parametritaulukosta kokoonpanoon sekä osakokoonpanoihin geometrian linkitysten avulla (**Kuvio 5**) /7/.



Kuvio 5. Ohjausmallin linkitys

4.2.1 Referenssiluurangot

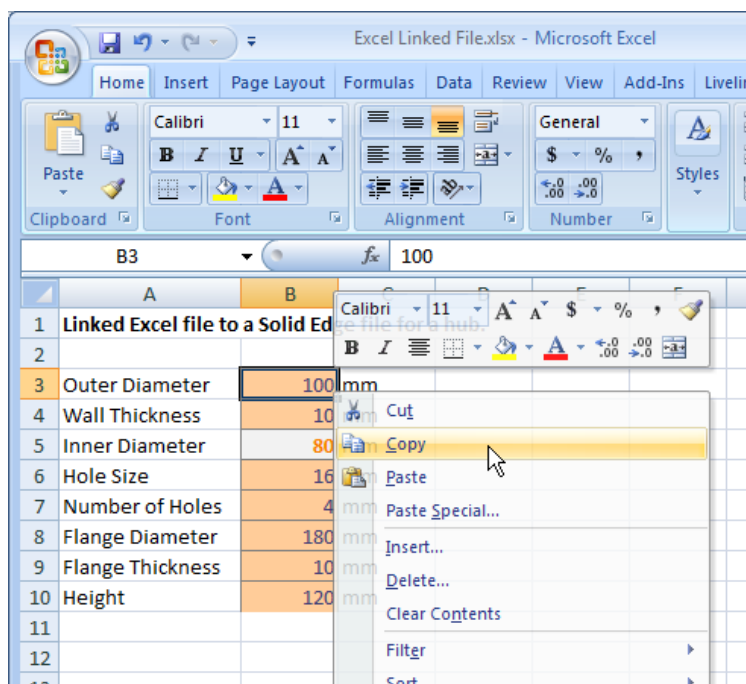
Referenssiluurangot ovat niin kutsuttuja muokkaussketchejä, joita käytetään tuotteen kokoonpanon alkusuunnittelussa. ”Referenssiluurangolla tarkoitetaan sketchiä, jolla muodostetaan esim. tuotteen rungon sisältämät nivelpisteet ja akseligeometriat ennen kuin tuotteesta on olemassa tarkkaa runkoa. Runko suunnitellaan vasta, kun referenssiluurangon mukaiset geometriat on tutkittu”. /8, 74/.

4.3 Parametrien linkittäminen Excel-taulukkoon

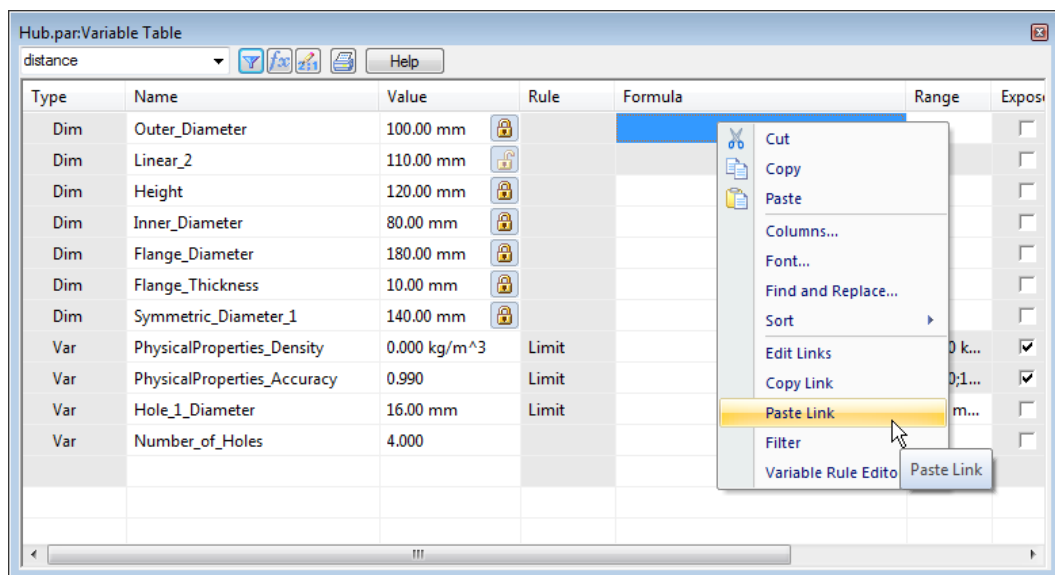
Joissain suunnitteluohjelmistoissa parametrien ohjaustaulukkona pystytään käyttämään myös ulkoista parametritaulukkoa suunnittelun helpottamiseksi. Tässä tapauksessa ulkoisena parametrien ohjaustaulukkona on käytetty Excel-taulukkolaskentaohjelmaa, jonka käyttöjärjestelmä on monille tietotekniikan käyttäjille entuudestaan tuttu. Parametrien linkityksessä lähdetään liikkeelle mallinnettavan luonnoksen mitoituksesta, jolloin suunnitteluohjelmiston parametrien ohjaustaulukkoon ilmestyy mittojen nimet sekä mitta-arvot. Mittojen nimeämisen jälkeen avataan Excel-taulukkolaskentaohjelmaan uusi tiedosto,

johon nimetään suunnittelun helpottamiseksi taulukon mitta-arvoja vastaavat nimitykset.

Kun Excelin solut on saatu nimettyä järkevästi, aloitetaan linkityksen muodostaminen Excelin ja suunnitteluohjelmiston parametrien ohjaustaulukon välille. Linkitys muodostetaan kopioimalla Excelistä haluttua mittayksikköä vastaava solu komennolla copy ja liittämällä solu suunnitteluohjelmiston parametrien ohjaustaulukon vastaavan mittayksikön funktiosoluun komennolla paste link. Tämän jälkeen toistetaan sama tapahtuma myös muille mittayksiköille, jonka jälkeen linkitykset on rakennettu valmiiksi. Linkityksen toimivuutta kannattaa testata muuttamalla Excel-taulukosta halutun mittasolun arvoa, jolloin muutokset pitäisi tapahtua suunnitteluohjelmistossa lähes reaaliajassa (**Kuvio 6 & 7.**)



Kuvio 6. Parametrisolun linkityksen kopioiminen Excelistä



Kuvio 7. Linkityksen liittäminen Excelistä ohjaustaulukkoon

5 VARASTON SUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI

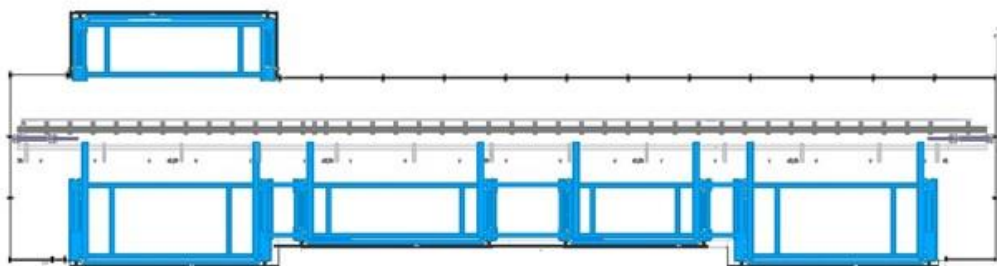
Työ suoritetaan raportoimalla varastonsuunnittelun automatisointia ja siihen liittyvää tutkimusta. Työssä keskitytään käyttämään pelkästään Solid Edge ST7-suunnitteluohjelmistoa sekä Microsoft Excel 2010 –ohjelmistoa parametrien ohjauksessa. Lähtökohtana on tehdä esitutkimus automatisoinnin mahdollisuuksista varaston suunnittelussa. Lisäksi tarkoituksena on tutkia periaatetasolla, onko Solid Edge –ohjelmistolla mahdollista rakentaa suunnitteluautomaatti, parametrinen CAD-malli, joka generoitaisiin lähtötietojen mukaan.

5.1 Esitutkimukset

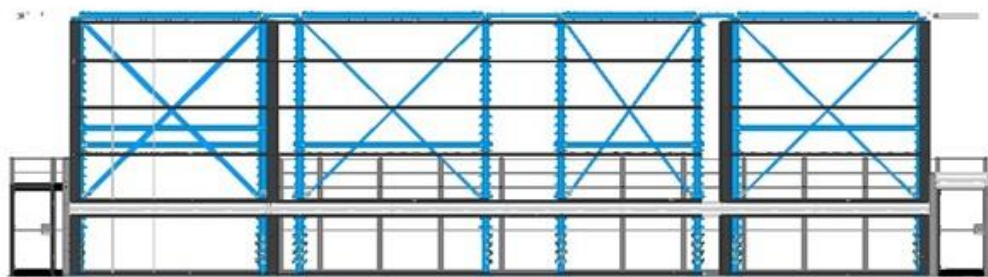
Työssä haastateltiin aluksi Prima Powerin suunnitteluhenkilöstöä ja kyseltiin heidän kokemuksia varaston suunnittelusta. Suunnittelijoiden kokemuksista tuli ilmi, että nykyiset menetelmät varaston suunnittelussa ovat liian työläitä, sekä suunnittelu-aika on liian pitkä. Näiden toimenpiteiden helpottamiseksi olisi kehitettävä uusia, parempia ratkaisuita. Esitutkimuksissa tutkittiin myös suunnitteluohjelmistoa, joka oli työntekijälle entuudestaan täysin vieras ohjelmisto. Haastattelujen jälkeen jatkettiin aihealueen taustatutkimuksilla sekä selvitettiin aiemmin käytettyjä automatisointitekniikoita.

5.2 Suunnittelun lähtötiedot

Prima Powerilta kerättiin aloituspalaverin aikana vaatimuslista, josta selviää tuotekehitykseen kohdistuvat vaatimukset. Palaverissa oltiin yksimielisiä siitä, että varaston muutokset toteutetaan parametritaulukon avulla. Lisäksi tarkoituksena oli ottaa kaikki mahdolliset varastoon liittyvät moduulit käyttöön, että nähtäisiin, miten laajamittaisesti varaston automatisointi voisi onnistua. Suunnittelun lähtökohtana voitaisiin pitää myös sääntöä, että jokaisesta päämitasta tehtäisiin oma parametri. Suunnittelun tuli lähteä liikkeelle jostain varaston nurkasta, jolloin parametrien muutokset seuraavat toisiaan. **(Kuvio 8 & 9.)**



Kuvio 8. Esimerkki varaston layout-kuvasta



Kuvio 9. Esimerkki varaston kokoonpanosta, vakiokorkeus z

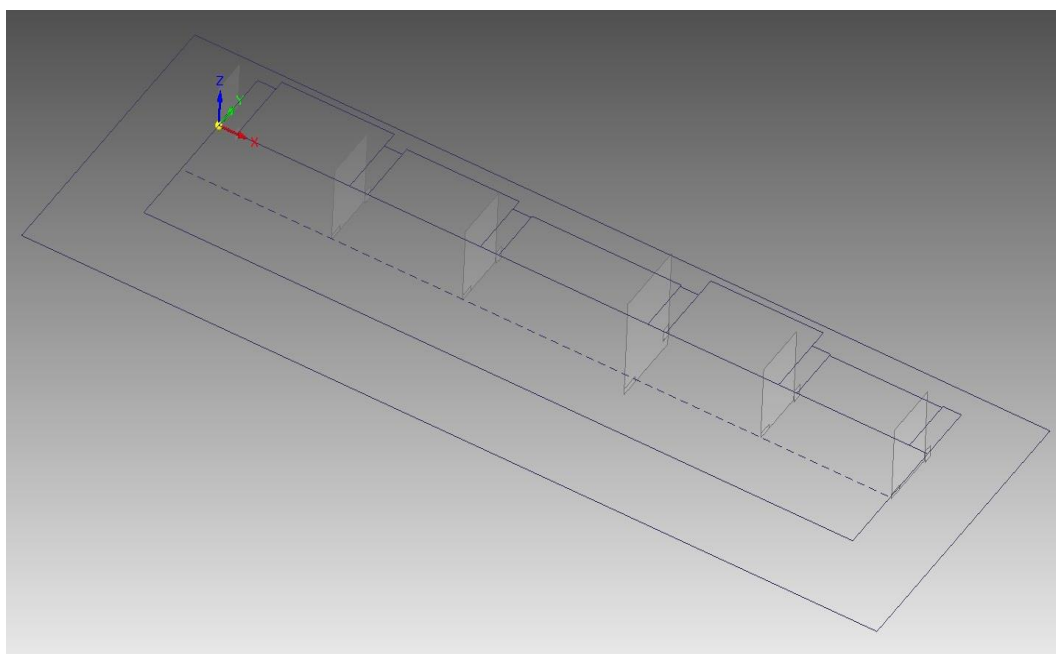
5.3 Työn luonnostelu

5.3.1 Taustatutkimus

Työn alussa lähdettiin liikkeelle varaston muuttuvista komponenteista. Kun suunnittelun alkuvaiheessa oli selvää, miten varasto oli tarkoitus moduloida ja mitkä osat liikkuvat yhteen, oli paljon helpompi lähteä tutkimaan suunnittelun vaihtoehtoja. Lisäksi ohjelmistoa tutkimalla selvisi, että parametrien ohjauksessa voitaisiin käyttää ohjelmiston parametritaulukon sijaan korvattua Excel-taulukkoa, jolloin suunnitteluohjelmiston parametritaulukon mittoja ohjattaisiin Excel-taulukon kautta. Excel-taulukossa tehtyjen arvojen muutokset näkyvät reaaliajassa myös suunnitteluohjelmistossa, mikäli linkitykset ohjelmien välillä on tehty oikein.

5.3.2 Testiympäristön luonnostelu

Esisuunnitelmien jälkeen alettiin suunnittelemaan varaston testiympäristöä Solid Edge –ohjelmistolla, jolloin hahmoteltiin varaston pohja kokoonpanoon sketchillä. Sketchiin liitettiin aputaso jokaisen pituusmuuttujan väliin, jolloin varaston moduulit pystyttäisiin rajoittamaan niihin kiinni. Lisäksi sketchiin luonnosteltiin laatikoita, jotka vastaavat varaston moduulien layoutia (**Kuvio 10.**)



Kuvio 10. Varaston pohjan luonnos kokoonpanossa

5.3.3 Parametrien ohjaustaulukon luonnostelu

Kun sketch oli saatu luonnosteltua, siirryttiin Excel-taulukon parametriohjauksen rakentamiseen. Tarkoituksena oli, että Sketchin jokaista mittaä pistytään ohjaamaan Excel-taulukon arvoja muuttamalla. Parametriohtaus toteutettiin siten, että varaston puolet jaettiin A- ja B-puoliin, jolloin A-puolta käytetään aina varastoa suunniteltaessa ja B-puolta myös tarvittaessa, jos varasto on kaksipuolinen. Varastopalikoiden määrä on taulukossa rajoittamaton, eli palikoita

voidaan rakentaa lisää niin paljon kuin on tarvetta, jolloin taulukon arvot muuttuvat välillä A01, A02, ... , An sekä B01, B02, ... , Bn (**Kuvio 11.**)

Parametriohjauksessa varaston korkeus on kaikille moduuleille vakio. Lisäksi nosturin pituus muuttuu varaston kokonaispituuden mukaan. Varaston kokonaispituus määräytyy parametripalikoiden yhteenlasketusta pituudesta (**Kuvio 11.**)

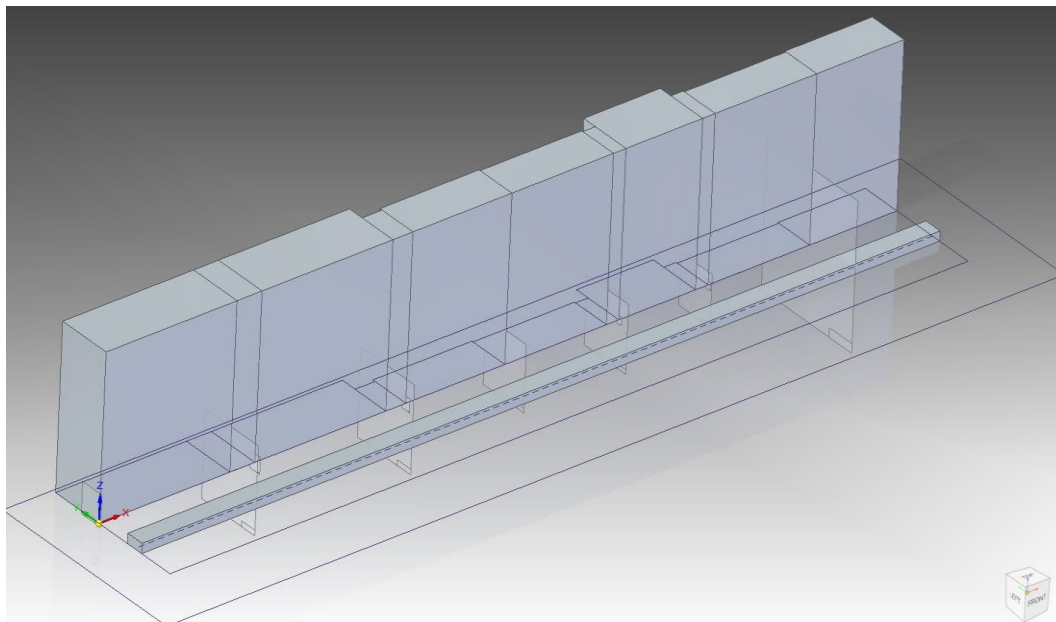
Parametrien ohjaus														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
				A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11
1														
2														
3			Pituus	500	3074	500	3074	500	4074	500	3074	500	3074	500
4	A-Puoli		Leveys	1815	2085	1615	1815	1515	1565	1515	2085	1565	1515	1565
5			Korkeus	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
6														
7				B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10	B11
8														
9			Pituus	500	3074	500	3074	500	3074	500	3074	500	3074	500
10	B-Puoli		Leveys	1515	1565	1515	2500	1515	1565	2085	1565	1565	1565	1565
11			Korkeus	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
12														
13	Varaston korkeus	5000												
14									Kasetti 5	Kasetti 6	Kasetti 8	Kasetti 8-24	H-jalka Lyh	H-jalka Pit
15			Pituus	19370				Pituus	2500	3000	4000	4000	500	500
16	Nosturin kisko ylä		Leveys	1570				Leveys	1500	1500	1500	2000	1500	2000
17			Korkeus	500										
18														
19			Pituus	19370										
20	Nosturin kisko ala		Leveys	700										
21			Korkeus	300										
22														
23	Nosturialueen leveys	3500												
24	Nosturialueen pituus	19370												
25														
26	Aidan leveys	8070												
27	Aidan pituus	23370												

Kuvio 11. Excel-taulukon parametrien ohjausluonnos

5.3.4 Linkityksen testaus komponenteilla

Kun parametriohtaus saatiin ohjaustaulukon ja sketchin välillä toimimaan, päätettiin kokeilla ohjauksen toimivuutta mallinnettavilla moduuleilla. Koska parametritaulukkoon oli luotu 11 varastopalikkaa / puoli, päätettiin mallintaa yhtä monta moduulia sekä liittää ne kokoonpanoon. Moduulit rajoitettiin kokoonpanoon siten, että sketchin pohjapinta ja moduulin pohjapinta kohdistettiin keskenään, sketchin koordinaatiston x-akseliin piirretty viiva ja moduulin reuna kohdistettiin keskenään sekä sketchin aputaso ja moduulin pääty kohdistettiin keskenään. Moduulit nimettiin A01-A11, sekä Moduulien parametritaulukoiden

mittasarakkeet nimettiin uudelleen ja linkitettiin ohjaustaulukon sarakkeisiin oikeille paikoille (**Kuvio 12.**)



Kuvio 12. Luonnoskoonpano

Kun parametritaulukkoon oli linkitetty sekä sketchin mitat että moduulien ulkomitat, moduulien ja sketchin mitat seurasivat toisiaan reaaliajassa, mikäli muutoksia tehtiin parametritaulukossa. Jos moduulin pituutta halutaan mahdollisesti muuttaa, muut moduulit seuraavat muutosta järjestelmällisesti siten, ettei palikat mene päällekkäin, eikä palikoiden väliin jää myöskään rakoa (**Kuvio 12.**)

5.3.5 Huomioitavaa

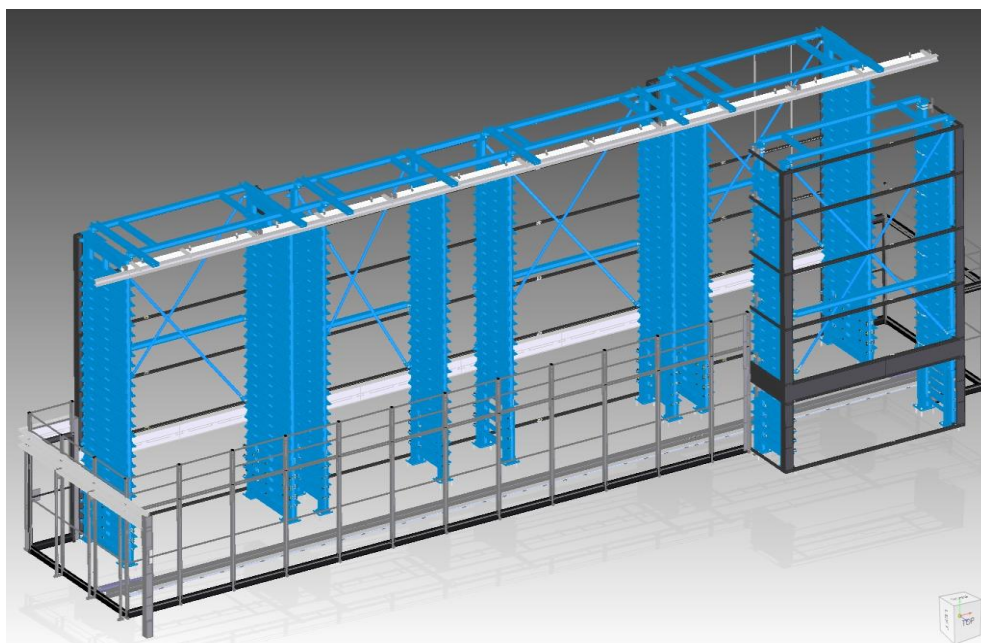
Parametritaulukon arvoja muutellessa kävi ilmi, että parametrien mitoituksessa Solid Edgen sketch ei tunnista arvoa nolla, vaan mittana täytyy käyttää esimerkiksi arvoa 0,1 tms. Lisäksi vierekkäisten parametrien leveydet eivät saa olla täysin samat, vaan jos ensimmäinen parametrin leveysmitta on 2000 ja seuraavan leveys tulee olla sama, on käytettävä esimerkiksi arvoa 2000,01 tms. Kyseinen ongelma johtuu siitä, että Solid Edgen järjestelmä on käytännössä liian

viisas, jolloin se haluaa yhdistää kaksi vierekkäistä mitta samaksi mitaksi, mikä ei tässä tapauksessa ole toivottu tyyli. Ongelma ei kuitenkaan ole käytännön tasolla suuri, sillä mittaan lisättävät desimaalit voidaan pyöristää kokoonpanon piirustusvaiheessa täysiin lukuihin, jolloin mitat näyttävät lopulta samaa lukemaa.

5.4 Työn suunnitteluvaihe

5.4.1 Esisuunnittelu

Varaston luonnosteluvaiheen jälkeen pidettiin välipalaveri Prima Powerin tiloissa Kauhavalla sekä keskusteltiin automatisoinnin jatkokehityksestä. Tällä hetkellä luonnosmallilla pystyttiin rakentamaan varaston layout helposti parametritaulukon arvoja muuttamalla sekä sijoittamaan valmiit moduulit paikalleen manuaalisesti. Palaverissa nousi esille paljon uusia näkökulmia varaston automatisointimahdollisuuksista, ja näitä ideoita oli tarkoitus lähteä selvittämään tarkemmin käytännön tasolla. Palaverissa sovittiin myös, että luonnosmoduulien lisäksi testaukset suoritettaisiin vastaisuudessa myös oikeilla moduuleilla (**Kuvio 13.**)

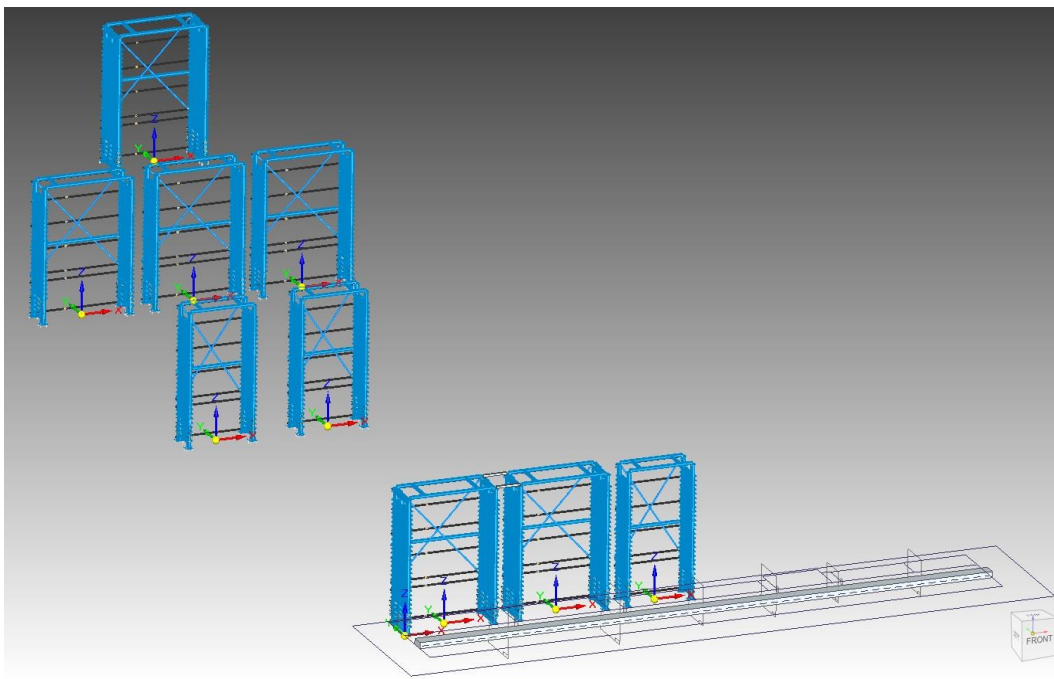


Kuvio 13. Varaston kokoonpanomalli

Palaverin jälkeen alettiin tutkimaan varastomoduurien liittämistä ohjausmalliin, jolloin huomattiin, että moduurien koordinaatitot tulee rakentaa samoin päin kuin ohjausmallin sketchin koordinaatisto. Koordinaatistojen muuttamisen jälkeen moduurin koordinaatisto ja ohjausmallin koordinaatisto oli helppo yhdistää keskenään, jolloin moduuli saatiin sijoitettua kokoonpanoon juuri niin päin kuin oli haluttu.

5.4.2 Moduurien valinta

Kun koordinaatitot oli saatu rakennettua moduurikohtaisesti oikein, niiden rajoittaminen ohjausmallin sketchiin tapahtuu juuri samalla tyylillä kuin mitä käytettiin luonnosvaiheen testikappaleiden rajoittamisessa. Uutena asiana moduurien rajoittamisessa käytettiin offset-mittaa joka liittyi rajoitteeseen, jossa sketchin koordinaatiston x-akseliin piirretty viiva ja liitettävän moduurin reuna kohdistettiin keskenään. Tällöin jokaiselle moduurille annettiin oma offset arvo, jonka on tarkoitus olla esimerkiksi nolla tai 20000 riippuen siitä, tuleeko kyseinen moduuli olemaan suunniteltavassa varastossa vaiko ei. Jokaiselle moduurille määritettiin omat offset-arvot, jolloin moduulit sijaitsevat avaruudessa tietyn välimatkan päässä toisistaan peräkkäin (**Kuvio 14.**)

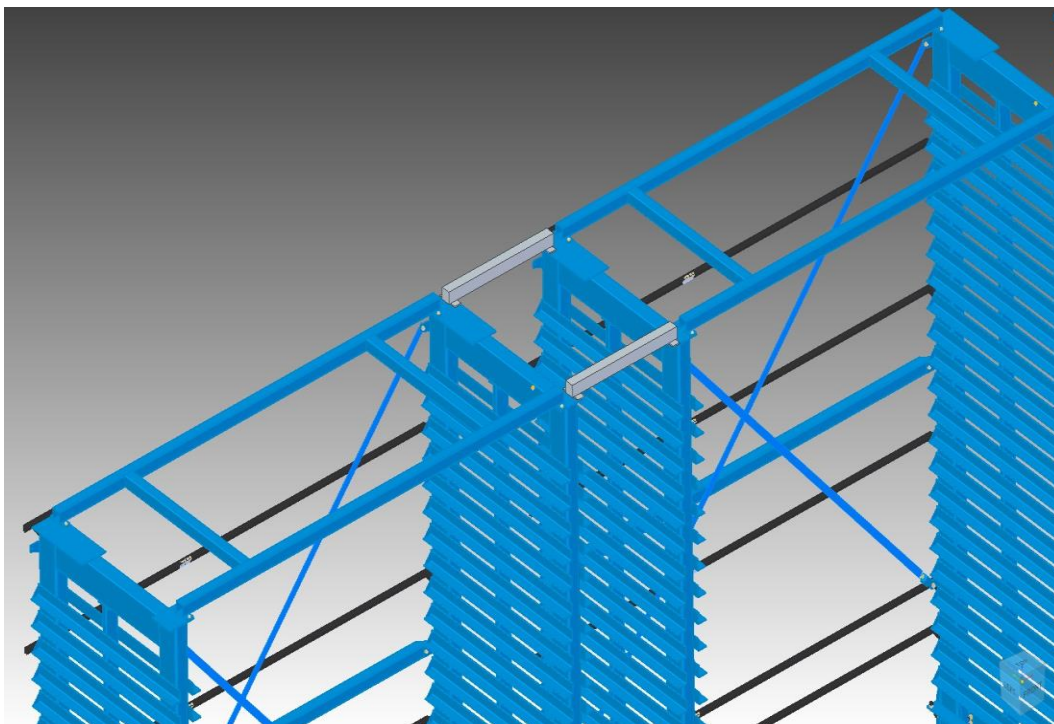


Kuvio 14. Moduulivaihtoehdot offset-mitoilla avaruudessa

Moduuleille annetut offset-arvot tulevat näkyviin myös ohjausmallin parametritaulukkoon, jolloin ne pystytään nimeämään uudelleen, sekä niiden mitta pystytään linkittämään myös Exelin ohjaustaulukkoon (**Kuvio 16.**) Moduulien valinta avaruudesta ohjausmallin sketchiin olisi hyvä olla automatisoitu, joten Excel-taulukkoon kehitettiin säännöt moduuleiden offset-arvojen muuttumiselle. Säännöt on määritetty siten, että moduulikohtainen offset-arvo on nolla, mikäli parametrilaatikoiden A1, A2 ... An sekä B1, B2 ... Bn ulkomitat vaihdetaan moduulin ulkomittoja vastaaviksi. Koska sketchin vierekkäisten parametrilaatikoiden leveydet eivät saaneet olla yhtä suuret, säännöille on määritetty mittavirherajat +- 1mm suuntaansa. Tämä tarkoittaa sitä, että laatikoita mitoitettaessa mittojen tulee olla +-1mm sisällä moduulin todellisista ulkomitoista, että ohjaus osaa hakea ohjausmallin sketchiin piirrettyä laatikkoa vastaavan moduulin avaruudesta.

5.4.3 Hupilohkojen automatisointi

Vaatuslistan mukaan seuraava automatisoitava kohde oli hupilohkojen vaakapalkkien pituuksien automatisointi. Hupilohkot ovat varaston kokoonpanossa käytettyjä ns. tyhjiä lohkoja, joita käytetään varastolohkojen tasauksessa. Hupilohkon vaakapalkit sijaitsevat kahden vierekkäisen lohkon välissä, ja ne on kiinnitetty varastossa käytettäviin lohkoihin. Hupilohkojen sijainti varastossa on määrittelemätön, eli hupilohkon paikka voi olla missä tahansa varastoa. Hupilohkojen määrä varastoa kohden on myös rajoittamaton **(Kuvio 15.)**



Kuvio 15. Hupilohkon vaakapalkit

Hupilohkojen automatisoinnissa parametrien ohjaustaulukkaan lisättiin hupilohkon vaakapalkkien automatisointiin tarkoitetut parametrit. Ohjaustaulukossa vaakapalkkien numerointi lähtee järjestyksessä vasemmalta oikealle, jolloin varaston A-puolen ensimmäisen hupilohkon vaakapalkkien

parametrit löytyvät lokerosta A1, toisen lokerosta A2 jne. B-puolen hupilohkon vaakapalkkien numerointi tapahtuu samalla tyylillä kuin A-puolella (**Kuvio 16.**)

Hupilohkon vaakapalkkeja on tarkoitus mallintaa automatisoinnin toimivuuden kannalta niin monta, kuin parametrien ohjaustaulukon vaakapalkkien numeroinnissa on käytetty sarakkeita. Jokainen vaakapalkki on kopioitavissa alkuperäisestä mallista, mutta vaakapalkkien pituusmitat täytyy linkittää osien parametritaulukosta ohjaustaulukon sarakkeisiin oikeille paikoille, jolloin jokaisen vaakapalkin pituutta pystytään muuttamaan erikseen halutulla tavalla. Hupilohkon vaakapalkkien automatisointiin tarkoitettujen parametrimitat linkitetään aina sketchin layoutin parametreista, jolloin kokoonpanosketchiin rajoitettujen vaakapalkkien pituudet muuttuvat samalla, jos sketchiin tehdään jälkikäteen muutoksia. Vaakapalkkeihin linkitetyt pituusmitat nopeuttavat erityisesti piirustusten tekemistä, sillä pituudet ovat nopeasti muutettavissa parametritaulukon avulla, sekä samoja osia voidaan käyttää aina uudelleen ja uudelleen uusia varastoja suunniteltaessa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1				A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	Parametrit vasemmalta oikealle järjestyksessä!
2				Lohko	Hupi	Lohko	Hupi	Lohko	Lohko	Hupi	Lohko	Hupi	Lohko	Lohko	
3				Leveys	2140	2140,1	2140	1516	1620	1565	1515	2085	1565	1515	1565
4	A-Puoli sketchin			Korkeus	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	Layout-parametrien vierekkäiset leveydet eivät saa olla samoja, ettei sketch sekoai!
5	Layout														Layout-parametrit eivät tunne arvoa nolla, mutta esimerkiksi 0,1 käy!
6				B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10	B11	
7				Lohko	Hupi	Lohko	Hupi	Lohko	Lohko	Hupi	Lohko	Hupi	Lohko	Lohko	
8				Leveys	700	3074	500	3074	500	3074	500	3074	500	3074	500
9	B-Puoli sketchin			Korkeus	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	Rakennetaan ensin Layout, sen jälkeen Hupilohkot, vaakapalkit yms!
10	Layout														
11															
12															
13	Varaston korkeus	5000													Rajoitetaan vaakapalkki laipan sisäpinnasta apuatasoon + offset 50!
14															
15				Pituus	31992										
16	Nosturin kisko ylä			Leveys	1570										Varaston korkeus aina vakio!
17				Korkeus	5000										
18															
19				Pituus	31992										Nosturialueen pituus sama, kuin parametrien yhteenlaskettu pituus!
20	Nosturin kisko ala			Leveys	700										
21				Korkeus	300										Nosturialueen leveys, aidan leveys sekä aidan pituus linkitetty exelistä sketchiin!
22															
23	Nosturialueen leveys	3500													
24	Nosturialueen pituus	31992													
25															
26	Aidan leveys	8070													
27	Aidan pituus	35992													
28															
29	Vaakapalkki A-Puoli	A1	A2	A3	A4	A5	A6								Vaakapalkin numerointi vasemmalta oikealle järjestyksessä. Käytetään niin monta, kuin on tarve! Taulukot linkitetään vaakapalkin pituusparametriin, jolloin vaakapalkin pituudet seuraavat sketchin muutoksia!
30	Pituus-Otetaan layoutista oikeasta kohdasta +300	1300	1100	800	800										
31	(Esim =(E3+300))														
32															
33															
34	Vaakapalkki B-Puoli	B1	B2	B3	B4	B5	B6								
35	Pituus-Otetaan layoutista oikeasta kohdasta +300														
36	(Esim =(F9+300))														
37															
38															
39				Lohko S	Lohko SR	Lohko M	Lohko MR	Lohko L	Lohko LR	Lohko XL	Lohko XLR				Offset-vakiot sketchistä avaruuteen:
40	Offset-linkitys: A-Puoli	A01	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	0	80000			Lohko S: 10000
41	Moduulit avaruudesta	A02	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko SR: 20000
42	(R)-Riisuttu, ilman	A03	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko M: 30000
43	toista H-Jalkaa	A04	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko MR: 40000
44		A05	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko L: 50000
45	Kun moduuli saa arvon nolla, sen paikka näkyy parametrissa, sekä moduuli liikkuu kokoonpanossa oikealle paikalle!	A06	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko LR: 60000
46		A07	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko XL: 70000
47		A08	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			Lohko XLR: 80000
48		A09	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			
49		A10	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			
50		A11	10000	30000	50000	70000	90000	110000	130000	150000	170000	190000			

Kuvio 16. Parametrien ohjaustaulukko työn valmistuttua

5.4.4 Varaston korkeuden automatisointi

Varaston automatisoinnissa tärkeä suunnittelun yksityiskohta oli myös varaston korkeuden automatisoiminen. Suunnittelun lähtötietojen mukaan varaston korkeus on aina kaikissa tapauksissa vakio, eli varastokohtaisesti lohkomoduulit ovat aina kaikki yhtä korkeita. Varastoja suunniteltaessa tuotteen tilaajalla on mahdollisuus valita varaston korkeus neljästä eri vakiokorkeusluokasta. Varaston automatisoinnin kannalta työssä perehdyttiin kahteen erilaiseen automatisointivaihtoehtoon.

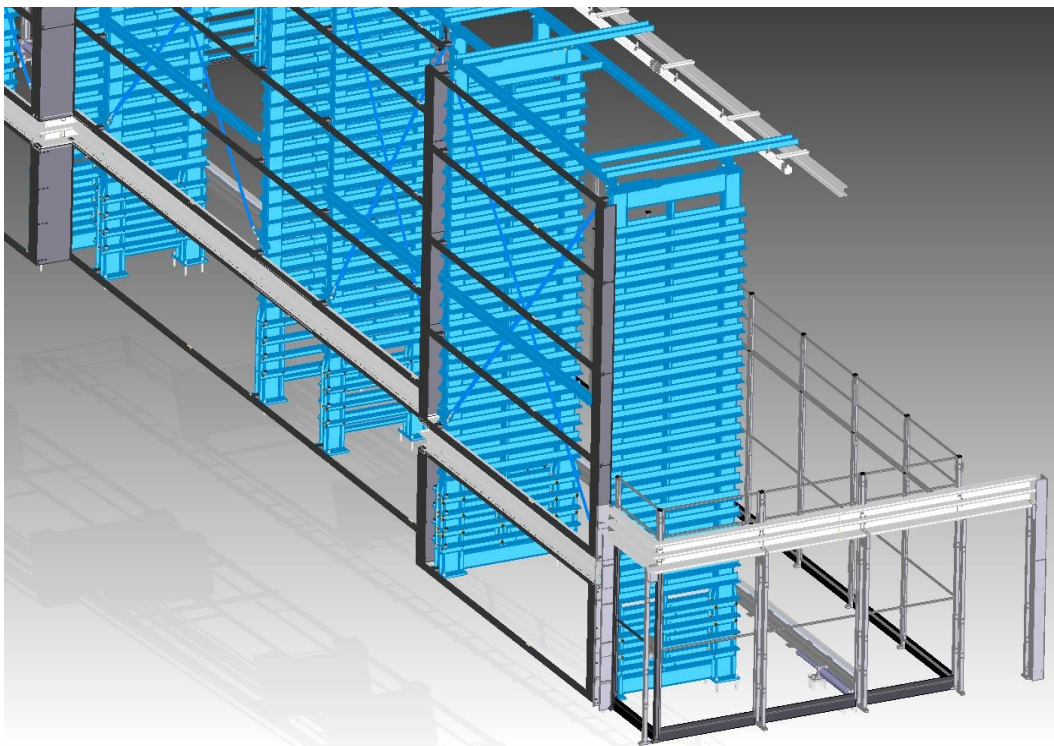
Ensimmäisessä vaihtoehdossa suunnittelijalla on käytössä yksi ja sama suunnittelupohja sekä parametritaulukko varaston rakentamiseen. Varaston korkeuden vaihtelu tapahtuisi vaihtoehdoisella komponentin luomisella, jolloin kaikille varaston suunnittelupohjan lohkomoduuleille luodaan neljä eri

vaihtoehtoista komponenttia, yksi jokaisesta vakiokorkeusluokasta. Kun suunnittelija saa varaston layoutin luonnosteltua ja oikeat moduulit valittua, muutetaan jokainen valittu lohkomoduuli oikean korkuiseksi komponentin vaihtotyökalun avulla, jolloin komponenttien koko vaihtuu suoraan vaihdettavan komponentin tilalle. Tämä säästää huomattavasti suunnittelu-aikaa, sillä vaihdettavia komponentteja ei tarvitse rajoittaa enää uudelleen.

Toisessa vaihtoehdossa suunnittelijalla on käytössä neljä eri suunnittelupohjaa sekä parametritaulukkoa, jolloin jokaiselle vakiokorkeusluokalle on annettu omat suunnittelutyökalut. Varastojen korkeuden vaihtelua ei tässä tyyliässä sinänsä tapahdu, vaan jokainen suunnittelupohja rakennetaan omista moduulikorkeuksista. Kyseinen tekniikka on mielestäni kaikkein nopein tyyli korkeuden automatisoinnissa, sillä valituksi tulleiden lohkomoduuleiden korkeuksia ei tarvitse muuttaa uudelleen. Vaihtoehdon huono puoli on pikemminkin suunnittelupohjien sekä parametritaulukoiden työläs rakentaminen ennen käyttöönottoa, jota ei vastaavasti tapahdu ensimmäisessä vaihtoehdossa.

5.4.5 Turva-aitojen automatisointi

Varaston suunnittelussa turva-aitojen automatisointi oli kaikkein hankalin tutkimuskohde, sillä aitojen rakentamiseen ei ole olemassa tiettyjä sääntöjä, ja aidat rakennetaan aina varastokohtaisesti tilankäytön sekä varaston layoutin ehdoilla. Alustavana vaatimuksena aitojen sijoittamisella varastoon on, että aitaverkkojen tulee kiertää lohkomoduulit kokonaan, sekä aidan ja lohkon turvavälin tulee olla vähintään 200 mm. Lisäksi varaston tulee olla täysin aidattu alue, jonka poistumisreitit sijaitsevat varaston molemmissa päädyissä. Aitaelementtien määrä sekä verkon pituudet tulee olla myös mahdollisimman vähäiset turvallisuudesta tinkimättä, jolloin sekä yrityksen että asiakkaan investointikustannukset pysyvät mahdollisimman alhaisina (**Kuvio 17.**)



Kuvio 17. Varaston turva-aidoitus

Turva-aidoituksen automatisoinnin tutkimisessa liikkeelle lähdettiin aitavariaatioiden tarkastelusta. Tarkastelusta selvisi, että aitavariaatioiden vaihtoehdot koostuivat lohkomoduuleiden ympärille noin paristakymmenestä eri variaatiosta jokaista korkeusluokkaa kohden, joten määrällisesti aitavariaatioiden linkitys avaruuteen on hieman liian työläs prosessi. Ehdotukseni aitavariaatioiden liittämistä suoraan moduulikokoonpanoon ei tällä hetkellä ole myöskään mahdollista. Tarkastelun loppuksi päätettiin liittää moduulikokoonpanoon verkon kiinnikkeet valmiiksi, ja mahdollisesti jättää lohkomoduulien suojaverkko tulevaisuudessa kokonaan pois varaston kokoonpanokuvasta, sillä verkotuksesta on tarkoitus laskea ainoastaan materiaalmäärä, joka onnistuu pienellä jatkokehityksellä Excel-taulukkoon liitettävällä laskurilla.

Varaston päätyaidoitus on varastoja suunniteltaessa yleensä lähes vakio muutamia poikkeuksia lukuunottamatta. Päätyaidoitus olisi järkevä liittää suunnittelupohjaan vakiokokoisena ja rajoittaa aidoitus suunnittelupohjan sketchiin, jolloin

useimmissa tapauksissa päädyt olisi rakennettu kokoonpanoon valmiiksi. Poikkeustapauksissa päätyjä käsiteltäisiin tapauskohtaisesti vähemmän automatisoituna, jolloin muutokset tehtäisiin alustavasti manuaalisesti. Varaston päätyjen automatisointi on ehdottomasti myös yksi tuleva jatkokehityskohde, johon tulee keskittyä laajemmalla aikataululla.

6 YHTEENVETO

6.1 Työn tulokset

Työn toteutus onnistui aikataulun sallimissa puitteissa erittäin hyvin. Aihealue oli heti alusta alkaen sopivan haastava sekä samalla todella mielenkiintoinen, mikä vaikutti positiivisesti työhön perehtymiseen. Opinnäytetyön tuloksena varaston suunnittelulle saatiin suunniteltua alustavan testiympäristön kokoonpanomallipohja, jota voidaan jatkossa päivittää sekä muokata haluamalla tavalla. Lisäksi työn tuloksena saatiin rakennettua toimiva parametrinen ohjauksen Excel-taulukko, jota voidaan käyttää tulevan suunnitteluautomaatin ohjaustaulukon mallina. Työssä rakennetulla ohjausmallilla pystytään automatisoimaan selkeästi suurin osa varaston rakentamisen suunnittelutyöstä.

Työn valmistuttua varaston suunnittelulle saatiin kartoitettua esisuunnitelma, joka oli opinnäytetyön alusta saakka työn päätarkoitus. Työssä onnistuttiin tutkimaan suunnitteluohjelmiston mahdollisuuksia varaston automatisoinnissa, jolloin saatiin kerättyä tulevan suunnitteluautomaatin rakentamisen kannalta tärkeää tietoa erilaisista automatisointitekniikoista. Työssä kerätyt tutkimustiedot tulevat helpottamaan varaston suunnittelua sekä nopeuttamaan varaston kokoonpanomallin rakentamista. Opinnäytetyön suurimmat haasteet painottuivat suunnitteluohjelmiston toimivuuteen sekä uuden ohjelmiston käytön opetteluun. Lisäksi aikataulussa pysyminen tuotti hieman haasteita, sillä aikataulu oli työn alusta saakka erittäin tiukka.

6.2 Kehitysehdotukset & jatkotoimenpiteet

Varaston suunnittelun automatisoinnin kannalta jatkotoimenpiteet painottuvat ohjausmallin ja parametritaulukon käyttökoulutukseen, sekä mallien kopioimiseen suunnittelukäyttöön. Kun ohjausmalli on saatu rakennettua suunnitteluosaston käyttöön, moduulit liitetään yksitellen ohjausmalliin, sekä parametrien linkitykset rakennetaan Excel-taulukon kanssa toimiviksi. Tämän jälkeen varaston

ohjausmalli on mahdollista ottaa käyttöön, sekä automaatin päivitys voidaan aloittaa.

Parametrisen ohjausmallin kehitysehdotukset painottuvat turva-aitojen automatisoinnin parantamiseen sekä Excel-taulukon päivittämiseen. Excel-taulukkoon on mahdollista suunnitella laskuri, joka laskee ohjausmalliin liitettyjen aitaelementtien määrän. Laskurin ansiosta varastoista on helpompi tehdä tarkat materiaalilaskelmat ennen asiakkaille lähetettäviä tarjouksia. Oikeinrakennettu laskuri helpottaa myös suunnittelutyötä, jolloin varaston suunnittelu nopeutuu entisestään huomattavasti.

LÄHTEET

/1/ <http://www.primapower.com/fi/about-us/history/> . Viitattu 2.4.2015

/2/ <http://www.kotus.fi/index.phtml?s=2149/>. Viitattu 2.4.2015

/3/ <http://www.primapower.com/fi/about-us/company/>. Viitattu 2.4.2015

/4/ http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/solid-edge/index.shtml. Viitattu 9.4.2015

/5/ Hietikko, E. 2013. Solidworks, tietokoneavusteinen suunnittelu 2014. 6. uud. painos. Helsinki. Books on Demand.

/6/ Prima Power Night Train® NT6 5.x FMS storage, technical quotation

/7/ [http://m.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/4096_tcm1224-5052.pdf/](http://m.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/4096_tcm1224-5052.pdf). Solid Edge structural frames and weldments. Siemens PLM Software. Viitattu 10.5.2015

/8/ Tuhola, E & Viitanen, K. 2008. 3D- mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere. Tammertekniikka. 74