

LAB-ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka Lappeenranta  
Konetekniikan koulutus

Jeremias Leino

## **Säiliön 3D-mallin kehitystyö**

Opinnäytetyö 2020

## Tiivistelmä

Jeremias Leino

3D-mallien kehitystyö, 24 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Konetekniikan koulutus

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: Lehtori Simo Sinkko, LAB-ammattikorkeakoulu, Product manager

Jaakko Vähäsöyrinki, Andritz Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda helposti muokattava 3D-malli ja kehittää siitä tehtäviä päämittapiirustuksia yksinkertaisemmiksi ja nopeiksi päivittää. Opinnäytetyön aihe saatiin Andritz Oy:lta.

Tässä opinnäytetyössä käytettiin 3D-mallinnukseen ja piirustusten tekemiseen Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmistoa.

Opinnäytetyössä esitellään tapa luoda helposti muokattava 3D-malli. Tässä työssä ei esitellä Inventor-ohjelmiston perusteellista käyttöä.

Opinnäytetyön teoriaosassa kerrotaan tuotesuunnittelusta, 3D-mallinnuksesta ja teknisistä piirustuksista. Teoriaosuuteen käytettiin lähteinä kirjallisuutta ja internet-sivustoja.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi 3D-malli, jonka muokkaus on nopeaa ja helppoa. Lisäksi malli on varmatoiminen. Päämittapiirustusten päivittämisen tehostamiseksi löydettiin ratkaisuja ja niiden avulla pystytään lyhentämään piirustusten käsittelyyn kuluvaa aikaa.

Asiasanat: 3D-malli, Inventor

## **Abstract**

Jeremias Leino

The development of 3D models, 24 pages, 1 appendices

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Senior Lecturer Mr Simo Sinkko, LAB University of Applied Sciences, Product manager Jaakko Vähäsöyrinki, Andritz Oy

The purpose of this thesis was to develop 3D modeling of tanks and main dimensional drawings to be easily editable and quick to update. The topic of the thesis was obtained from Andritz Oy.

This thesis uses Autodesk Inventor design software for 3D modeling and drawing. The thesis presents a way to create an easily editable 3D model. This thesis does not introduce the thorough use of Inventor software. The theoretical part of the thesis deals with product design, 3D modeling and technical drawings. The data for the theoretical part were collected from books and from the internet.

The result of the thesis was a 3D model which is quick and easy to edit. The model is also very reliable. In order to improve the updating of the main dimensional drawings, solutions were found and they can be used to reduce the time required to process the drawings.

Keywords: 3D-model, Inventor

## Sisällys

1	Johdanto.....	6
2	Andritz .....	7
3	Tuotesuunnittelu, 3D-mallinnus ja tekninen piirustus .....	8
3.1	Tuotesuunnittelu .....	8
3.2	3D-mallinnus.....	8
3.3	Tekninen piirustus.....	9
3.4	Autodesk Inventor .....	10
4	Säiliön suunnittelu, vaatimukset ja reunaehdot .....	11
5	Säiliön 3D-mallinnus .....	11
5.1	Vanhojen mallien toimintaperiaatteet ja ongelmat .....	11
5.2	Uuden mallin luonti ja ideologia .....	14
5.2.1	Osien mallinnus.....	14
5.2.2	Säiliön kokoonpano .....	18
6	Päämittapiirustus .....	20
7	Yhteenveto ja pohdinta .....	22
	Lähteet .....	24

Liitteet:

Liite1 Päämittapiirustus

## LYHENTEET JA TERMIT

Yhde = Yhdyskappale. Kappale, jolla kaksi tai useampi kaapeli, letku, putki ynnä muu sellainen, ynnä muuta sellaista yhdistetään toisiinsa.

Laippa = Putken tai muun sylinterimäisen kappaleen ympärillä oleva rengasmainen uloke, jolla kappale voidaan kiinnittää toisiin kappaleisiin.

0-malli = Osan tai kokoonpanon 3D-malli, joka kopioidaan uuden työn pohjaksi. Tunnetaan myös nimellä emämalli tai pohjamalli.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe sai alkunsa Andritz Oy:lla työyhteisössä, jossa luodaan 3D-malleja suurista selluteollisuuden säiliöistä ja tehdään niistä teknisiä piirustuksia. Säiliöistä tehdyistä 3D-malleista tehdään päämittapiirustukset, joiden avulla pyydetään tarjouksia säiliöiden toimituksista. Säiliöiden tekniset piirustukset ovat päämittapiirustuksia, joissa esitetään esimerkiksi mahdollisten yhteiden tiedot, säiliön materiaalit ja tietenkin säiliön muoto ja haluttu tilavuus. Mitään valmistusteknillisiä ratkaisuja ei normaalisti näissä piirustuksissa esitetä.

Säiliöitä mallintavan työyhteisön keskusteluissa tuskailtiin usein vanhojen 3D-mallien olevan kömpelöitä ja helposti rikkoutuvia. Myös harmiteltiin, ettei varsinaisia 0-malleja ollut olemassa, joita voitaisiin käyttää aina uuden työn pohjana. Vanhat säiliömallit ovat pääsääntöisesti mallinnettu skeleton-mallinnusmenetelmällä. Vanhojen skeleton-mallien kaikkia parametrejä ohjataan yhdellä Excel-tiedostolla. Vanhoissa säiliömalleissa oli ongelmia muokattavuuden ja varmatoimisuuden osalta. Vanhoja malleja ohjaavissa Excel-tiedostoissa oli myös paljon ylimääräistä tietoa. Säiliöistä tehtävistä päämittapiirustuksissa oli usein paljon päivitettävää tietoa ja vaati huomattavan paljon aikaa että piirustukset saatiin päivitettyksi. Piirustuksista ei ole ollut varsinaista pohjaa jota käyttää uuden projektin alkaessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda uudenlainen 3D-malli säiliöstä, josta tehtäisiin niin sanottu 0-malli. Uusi malli korvaisi vanhan säiliömallin. Työyhteisössä uuden säiliömallin avainasiana haluttiin olevan yksinkertaisuus, varmatoimisuus ja että malli on helposti omaksuttava. Näiden huomioiden perusteella aloitettiin kehittämään uudenlaista mallinnustapaa säiliömallille. Opinnäytetyön toisena tavoitteena on kehittää säiliöistä tehtäviä teknisiä piirustuksia. Piirustusten toivottiin olevan selkeitä ja nopeasti päivitettäviä. Toiveena oli, että piirustukset ovat mahdollisimman yksinkertaiset ja pelkistetyt. Kuitenkin piirustuksissa tulisi olla kaikki tarpeelliset tiedot säiliön tarjouspyynnön kannalta.

Tavoitteena oli, että uutta säiliömallia ja piirustusta käytetään pohjamallina uusissa projekteissa. Aina uuden projektin alkaessa, 0-mallia ja sen

päämittapiirustusta käytetään pohjana ja niitä muokkaamalla tehdään asiakkaan tarpeiden mukainen säiliömalli sekä päämittapiirustus uusilla reunaehdoilla ja vaatimuksilla.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan yleisesti tuotesuunnittelusta, parametrisesta mallinnuksesta sekä teknisistä piirustuksista. Tässä opinnäytetyössä käytetään 3D-mallinnukseen ja piirustusten tekemiseen Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmistoa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena ei ole opettaa Inventor-ohjelmiston perusteellista käyttöä, vaan enemmän esitellä tapa luoda helposti muokattava 3D-malli säiliöstä.

## **2 Andritz**

Andritz Group on kansainvälinen teknologiakonserni, joka tarjoaa tehtaita, järjestelmiä, laitteita ja palveluita eri toimialoille. Yhtiö on yksi teknologian ja globaalien markkinoiden johtavista yrityksistä vesivoimateollisuudessa, massa- ja paperiteollisuudessa, metalli- ja terästeollisuudessa sekä erilaisten teollisuuden erottelulaitteiden parissa. Wienin pörssiin vuonna 2001 listautuneen konsernin pääkonttori sijaitsee Grazissa, Itävallassa. Andritz on perustettu vuonna 1852 ja tänä päivänä sillä on lähes 30 000 työntekijää yli 280 toimistossa yli 40 maassa. (Andritz 2020a.)

Andritz Oy on Andritz Groupin tytäryhtiö. Andritz Oy:n pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Lisäksi Andritz Oy:lla on tuoteosaamiskeskukset Lahdessa, Kotkassa, Lappeenrannassa, Savonlinnassa, Tampereella ja Varkaudessa. Yhtiön alaisuudessa työskentelee yli 1300 työntekijää. Andritz Oy:n teollinen toiminta perustuu Kone Woodin ja Ahlstrom Machinery Oy:n henkilöstöön ja tekniikoihin. Vuonna 2002 yrityksistä tuli osa Andritz Oy:ta yrityskaupan myötä. (Andritz 2020b.)

ANDRITZ PULP & PAPER toimittaa tekniikkaa ja palveluita sellun ja paperin tuotantoon. Yhtiö toimittaa valmiita tuotantolinjoja tai yksittäisiä komponentteja sellu- ja paperitehtaille. Andritz on yksi johtavista sellu- ja paperiteknologian toimittajista ja voi toimittaa täysin valmiita sellumassatehtaita, paperin, kartongin ja pehmopaperin tuotantolinjoja. (Andritz 2020c; Andritz 2020d.)

## **3 Tuotesuunnittelu, 3D-mallinnus ja tekninen piirustus**

### **3.1 Tuotesuunnittelu**

Tuotesuunnittelun tavoitteena on suunnitella tuote täyttämään asiakkaan tarpeet. Tuotteen suunnittelu alkaa kartoittamalla asiakkaan tarpeet. Kun näiden tietojen perusteella määritetään reunaehdot ja vaatimuksia, alkaa mielikuva halutusta tuotteesta muodostua. Mitä enemmän ja tarkemmin vaatimuksia ja reunaehdot on, sitä lähempänä ollaan valmista tuotetta. Useimmiten suunnittelussa käytetään pohjana jo aiemmin suunniteltua tuotetta ja sitä muokkaamalla pyritään vastaamaan sen hetkisiin asiakkaan tarpeisiin. (Hietikko 2007a, 12–13.)

On hyvä huomioida, ettei suunnittelua kannata aloittaa aina alusta, vaan on tehokkaampaa käyttää esimerkiksi jo olemassa olevien standardien määrittämiä komponentteja. Tuotesuunnittelussa valmiiden komponenttien käytössä voidaan säästää resursseja todella paljon. Tuotesuunnitteluvaiheessa ratkaistaan suurin osa tuotteen valmistuskustannuksista, sillä on arvioitu, että noin 80 % tuotteen valmistuskustannuksista määräytyy tässä vaiheessa. (Hietikko 2007b.)

### **3.2 3D-mallinnus**

Ensimmäiset 3D-mallinnusohjelmistot julkaistiin 1980-luvulla ja ensimmäisen kolmiulotteisen parametrinen piirremallinnusohjelmiston julkaisi Parametric Technology vuonna 1988. Ohjelma kantoi nimeä Pro/ENGINEER. Parametrisestä kolmiulotteisesta mallintamisesta tuli niin suosittua, että nykypäivänä suurin osa suunnitteluohjelmista toimii kyseisellä tavalla. (Hietikko 2015a.)

Parametrisessä piirremallinnuksessa kohde mallinnetaan erilaisten geometrinen piirteiden avulla. Piirremallinnuksessa kohde mallinnetaan luomalla piirteitä. Useita piirteitä lisäämällä saadaan rakennettua malli. Malleja toisiinsa yhdistelemällä saadaan aikaan kokoonpanoja, joita voidaan myös liittää toisiinsa, jolloin saadaan suuriakin kokonaisuuksia. Parametrisuudella tarkoitetaan sitä, että mallin mittoja voidaan muokata jälkikäteen tai kesken mallinnuksen missä järjestyksessä vain. Tästä johtuen mallinnettavan kohteen tarkkoja mittoja ei tarvitse tietää mallinnusta aloittaessa, vaan niitä voidaan tarkentaa jälkikäteen.



Parametrisuuden ansiosta muutosta tehtäessä ei tarvitse itse geometriaan puuttua, vaan pelkkää parametria muuttamalla geometria muuttuu. Yksi parametri voidaan yhdistää useisiin piirteisiin, jolloin kaikki siihen yhdistetyt geometriat muuttuvat sitä muokkaamalla. Piirteiden mittoihin voidaan myös luoda matemaattisia yhteyksiä, kuten jokin mitta on aina tietyn verran toista suurempi. (Hietikko 2007c.)

3D-malli on huomattavasti 2D-piirustusta käytännöllisempi. Kolmiulotteisia malleja yhdistäessä voidaan todeta, sopivatko mallit niille suunniteltuihin kohteisiin. Esimerkkinä, sopivatko laitteen osien kiinnitysreiät toisiinsa. Nykypäivänä myös mallinnetaan suuria ympäristöjä. Kolmiulotteiseen ympäristöön tuodaan tuotteen kolmiulotteinen malli, jolloin voidaan todeta sen sopivuus ympäristöön. Jos kolmiulotteisesta mallista tehdään tekninen piirustus, on mallin eri suunnista otetut projektiot helppo esittää teknisessä piirustuksessa. Myös isometrisen projektion lisääminen tekniseen piirustukseen on nopeaa kolmiulotteisesta mallista.

### **3.3 Tekninen piirustus**

Lähes kaikista teknisistä tuotteista tehdään ennen sen valmistusta tekninen piirustus. Teknisessä piirustuksessa kerrotaan tuotteen valmistuksen kannalta tärkeitä reunaehtoja, vaatimuksia ja mitoituksia. Teknisiä piirustuksia on todella monenlaisia ja niitä käytetään kaikilla tekniikan aloilla esimerkiksi konesuunnittelun, arkkitehtisuunnittelun, erilaisten sähkö- ja LVI-suunnittelun mukaan.

Konesuunnittelussa käytetään usein päämitta-, valmistus- ja kokoonpanopiirustuksia. Valmistuspiirustuksissa esitetään tuotteen valmistuksen kannalta kaikki tiedot, niin että tuote voidaan valmistaa yksiselitteisesti. Jos tuote sisältää useita erilaisia osia, on niiden toisiinsa liittämiseksi syytä tehdä kokoonpanopiirustus. Kokoonpanopiirustuksissa selviää miten ja millä osat liitetään toisiinsa ja mitä osia kokoonpano pitää sisällään. Päämittapiirustus on usein suunnittelun alkuvaiheen ensimmäinen piirustus. Päämittapiirustuksissa esitetään esimerkiksi tuotteen päämitat ja päämateriaalit. Päämittapiirustus toimii monesti asiakirjana, kun lasketaan tuotteelle hankinta- tai tarjoushintaa. Kaikki

tekniset piirustukset eivät aina kerro suoraan miten tuote valmistetaan, vaan ne saattavat kertoa vain tiettyjä reunaehtoja ja näin ollen jättävät tuotteen valmistajalle avoimet kädet tuotteen lopulliseen suunnitteluun sekä valmistukseen. Liitteessä 1 esimerkki päämittapiirustuksesta.

3D-mallista tehdään tekninen piirustus tuomalla 2D-kuvantoja eli projektioita piirustus pohjalle. Tällainen projektio on tavallaan kuvakulma tietystä suunnasta 3D-mallia. Piirustukseen tuodaan tarvittava määrä projektioita, jotta piirustuksesta saa kattavan ja selkeän kuvan esitettävästä tuotteesta. Kun mallia muokataan, päivittyvät muutokset myös kaikkien piirustusten projektioihin missä se esiintyy.

### **3.4 Autodesk Inventor**

Autodesk Inventor on Autodesk-ohjelmistoyrityksen julkaisema 3D-suunnitteluohjelmisto. Ensimmäinen versio Inventorista julkaistiin vuonna 1999 ja siitä lähtien ohjelmistosta on julkaistu päivitetty versio vähintään vuoden välein. Inventor sisältää useita erilaisia toimintoja ja ominaisuuksia. Inventor soveltuu ominaisuuksiltaan tuote- ja mekaniikkasuunnitteluun. Ominaisuuksista käytetyimmät ovat parametrinen mallinnus, kokoonpanon luominen ja teknisen piirustuksen luonti. Inventorilla on myös mahdollista simuloida tuotteita ja luoda 3D-malleista realistisen näköisiä kuvia eli renderoida. Inventorin tiedonhallintaohjelmana toimii Autodesk Vault. Vault toimii myös muiden Autodesk-tuoteperheen ohjelmien tiedonhallintaohjelmana. Autodesk-tuoteperheeseen kuuluu myös Inventorin lisäksi muun muassa AutoCAD-ohjelmistot, joista voi tuoda suoraan Inventoriin 2D-tiedostoja. (Heikkilä 2012; Autodesk 2020.)

## **4 Säiliön suunnittelu, vaatimukset ja reunaehdot**

Säiliön suunnittelu alkaa tarpeesta säilyttää jotain. Avainkysymys on, mitä säiliön sisältö tulee olemaan. Säiliön sisältö määrää ehdot säiliön valmistusmateriaalille, joka on ratkaiseva asia säiliön kokonaiskustannuksesta. Selluteollisuudessa käytetään vahvoja emäksiä ja happoja, jotka vaikuttavat säiliön materiaalivalintaan olennaisesti. Lämpötila ja sen suuret muutokset vaikuttavat myös säiliön valmistusmateriaaliin. Kuinka paljon ainetta halutaan säiliön sisältävän, eli kuinka suuri tilavuudeltaan säiliön on oltava ja onko säiliön muodolle annettu vaatimuksia. Myös olennainen tieto on, tuleeko säiliön olla paineeton vai paineellinen. Suunnitteluvaiheessa on myös hyvä tietää minne säiliötä suunnitellaan. Säiliön sijoituskohteessa voi olla rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä, esimerkiksi maanjäristyksiä ja kovia tuulia. Valmistuksen kannalta on tärkeää, valmistetaanko säiliö jonkin standardin mukaisesti. Edellä mainittujen vaatimusten asettaminen luo pohjan säiliön suunnittelulle ja valmistukselle. Nämä vaatimukset ja reunaehdot ovat esitettävä teknisessä piirustuksessa.

Työyhteisömme tehtävä ei ole suunnitella säiliöiden tarkkoja valmistuksellisia ratkaisuja, vaan antaa säiliön toimittajalle tarvittavat tiedot, joilla voidaan valmistaa säiliö, joka täyttää asettamamme vaatimukset. Tästä lisää päämittapiirustus-osiossa.

## **5 Säiliön 3D-mallinnus**

3D-mallia tarvitaan teknisen piirustuksen luontiin. Kolmiulotteinen malli nopeuttaa teknisen piirustuksen luontia ja sen muokkaamista.

### **5.1 Vanhojen mallien toimintaperiaatteet ja ongelmat**

Säiliöiden vanhempien 3D-mallien toiminta perustui yhteen Excel-ohjattuun skeleton-malliin. Tämän tyypisessä mallinnustavassa luodaan ns. rautalankamalli eli skeleton, jota ohjataan siihen yhdistetyllä Excel-tiedostolla. Tätä voidaan pitää tietynlaisena suunnitteluautomaattina. Tällaisen mallinnustavan paras ominaisuus on sen ohjattavuus yhdellä tietyllä Excelillä,

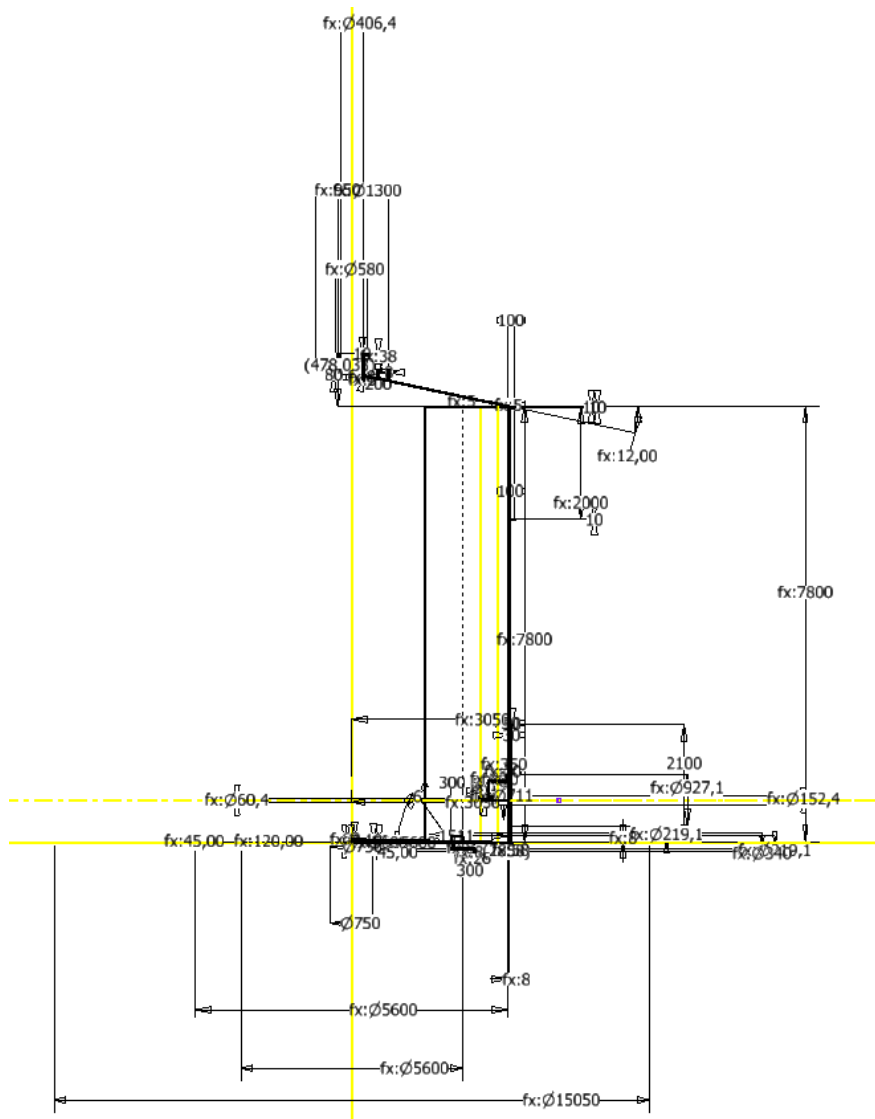
josta mallin kaikki parametrit voidaan määrittää. Eli käytännössä päivittämällä yhteen Exceliin kaikki säiliön rakenteeseen vaikuttavat mitat, muokkaantuu koko 3D-malli ja sen myötä myös tekninen piirustus. Tällainen ideaalinen toimintoketju ei valitettavasti useinkaan toimi. Ongelmana on päivitettävien tietojen määrä, erilaiset normeista poikkeavat muutokset, sekä skeleton-mallin rikkoutuminen ja näistä johtuvat erilaiset yhteyskatkokset.

Yhdessä säiliömallia ohjaavassa Excelissä on parhaimmillaan yli 200 ohjaavaa parametria. Niin usean parametrin hallinta yhdessä tiedostossa tuottaa helposti sekasortoa. Säiliömallin eri osia varten on tehty ja on tehtävissä omia välilehtiä Excel-tiedostoon, sekä "Valinta"-välilehtiä parametrien hallintaa varten. Varsinaisesti parametrien määrä ei tuota ongelmaa, vaan niiden nopea löytäminen muokkaamista varten. Vaikka muokattavat parametrit olisivat helposti löydettävissä Excelistä tietyltä välilehdeltä, ongelmia tulee niiden muodostamien linkkien välillä. Muokattavat parametrit kulkevat usean linkin kautta Excelin sisällä ja sen lisäksi yhteys jatkuu 3D-malliin. Jos jossain kohtaa yhteys katkeaa, sen korjaaminen kestää usein turhauttavan kauan.

Skeleton-mallissa yksittäisen osan normeista poikkeava muokkaus on hidasta ja ongelmallista. Esimerkiksi säiliön yhteitä muokataan normaalisti vain muuttamalla niiden kokoa ja paikkaa eli korkeutta ja suuntaa. Tällaiset muokkaukset ovat normaaleja muokkauksia, joita tehdään usein ja johon Excel-ohjattu skeleton-malli on varsin toimiva. Kun tulee normeista poikkeavia ennakoimattomia muutoksia, esimerkiksi yhteen halutaankin olevan tietyssä kulmassa vaakatasoon nähden tai niitä tahdotaankin olevan useampia, niin skeleton-mallin kankeus tulee esiin. Kun jokin yhde on mallinnettu ja mitoitettu tietyllä tavalla skeletoniin ja sitä ohjataan Excelistä, ovat sen suuret rakenteelliset muokkaukset työläitä.

Yksittäisten osien uudelleenmallinnus vaaditulla tavalla ja niiden parametrien ohjausten muodostaminen Excel-tiedostoon vie aina oman aikansa ja tällaista uudelleenmallinnusta täytyisi välttää. Uusien parametrien lisääminen Exceliin vie aikaa, joten monesti se jää tekemättä. Kiire saada malli ja piirustus valmiiksi aiheuttaa monesti sen, että mallinnetaan nopeasti vain esimerkiksi yhde malliin niin, että se näyttää piirustuksessa hyvältä, eikä sille tehdä Excel-ohjausta. Kun

3D-malli sisältää Excelistä ohjattavia parametrejä, sekä erikseen skeleton-mallissa ohjattavia parametrejä, vie tietyn parametrin etsiminen välillä turhauttavan paljon aikaa. Kuvassa 1 Skeleton-mallin geometria.



Kuva 1. Skeleton-mallin geometria

Edellä mainittujen ongelmien lisäksi vanhoissa skeleton-malleissa on ongelmia ns. rikkoutumisen kanssa. Muokattaessa mallia tulee vastaan tilanteita, jossa eri osien parametrit ovat yhteydessä toisiinsa. Kun tehdään muokattavaan osaan muutoksia, voidaan vahingossa muokata siihen yhteydessä olevaan toiseen osaan muutoksia, jotka eivät ole toivottavia. Tällöin voidaan joutua kierteeseen, jossa mallin yhden osan parametrin muutos aiheuttaa useiden osien korjaustyön.

## 5.2 Uuden mallin luonti ja ideologia

Tavoitteena on luoda vanhojen skeleton-mallien tilalle uudenlainen säiliömalli, jota käytetään niin sanottuna pohjamallina eli 0-mallina. Yksinkertaisuus, helposti omaksuttavuus ja varmatoimisuus olivat lähtökohtana uuden säiliömallin suunnittelussa. Pyrkimyksenä on päästä eroon skeleton-mallista ja yhdestä mallin kaikkia parametrejä ohjaavasta Excel-tiedostosta. Tavoite on yksinkertaistaa mallia niin, että parametrien muokkaus on nopeampaa eikä tulisi tilanteita joissa etsitään satojen parametrien joukosta tiettyä parametrin ohjausta Excelistä sekä skeleton-mallista.

Uutta 0-mallia mallintaessa suunnitellaan sen parametrien ohjaus, niin että se tehtäisiin tietyistä helposti avattavista käyttöliittymistä. Tällaisen niin sanotun suunnitteluautomaatin tarkoituksena on vähentää aikaisemmin mallinnukseen sidottuja resursseja ja vapauttaa niitä muihin tehtäviin.

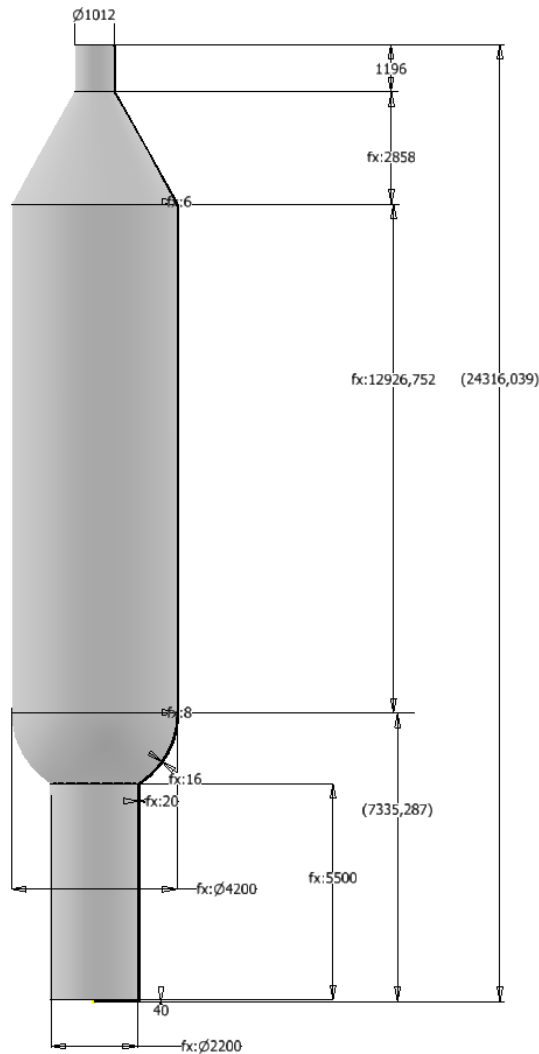
### 5.2.1 Osien mallinnus

Uusi säiliömalli jaetaan omiin osakokonaisuuksiin niin, että säiliön vaippa on oma osansa, säiliön pohja ja jalustan osat ovat yksi kokonaisuus ja kaikki muut pienemmät osat liitetään myös omina osina kokoonpanoon. Muita osia ovat muun muassa erilaiset yhteet, tukirakenteet ja tarkastusluukut.

Kaikki osat mallinnetaan niin, että koordinaatiston x-, y- ja z-akselit ovat saman suuntaiset jokaisessa osassa. Origo toimii kaikkien osien nollapisteenä ja mitoituksen perustana. Y-akseli kuvaa pystysuuntaa, x-akseli toimii vaakasuunnan kuvaajana ja z-akseli kuvaa syvyysakselia. Tämä auttaa kokoonpanoa tehdessä.

Säiliömallia tehdessä on otettava huomioon, mitkä asiat vaikuttavat säiliömalliin eniten. Merkittävimmät tiedot ovat säiliön haluttu muoto sekä tilavuus. Näillä tiedoilla voidaan muodostaa säiliön vaipan malli. Jos vaippa on epäsäännöllisen muotoinen, joudutaan sitä ohjaamaan omalla Excel-tiedostolla. Tässä tapauksessa se on välttämätöntä, mutta tarkoituksena on pitää muokattavien parametrien määrä mahdollisimman pienenä ja sitä kautta pitää vaipan

muokattavuutta yksinkertaisena ja helposti omaksuttavana. Kuvassa 2 Excel-ohjattu säiliön vaippa. Säiliön ollessa muodoltaan esimerkiksi yksinkertaisen lieriön muotoinen ohjataan sitä parametreilla Inventorista ilman Excel-tiedostoa.



Kuva 2. Excel-ohjattu säiliön vaippa

Yleisin säiliöön liitettävä asia on yhde. Yhde sisältää normaalisti putken jonka päässä on laippa ja toinen pää on säiliön vaipassa. Yhdemallin geometriaan piirretään ympyrä, joka kuvaa säiliön halkaisijaa, tällä geometrialla ohjataan yhdemalli aina säiliön vaipan pinnalle. Yhteen suuntaa ohjataan xz-tasolle piirretyllä geometrialla. Yhteen korkeuden säätö tehdään Move bodies -komennolla. Kaikki mallin mitat eli parametrit näkyvät Inventorin Parameters-listalla. User Parameters -kohtaan lisätään rivejä, jotka nimetään esimerkiksi "Suunta", "Korkeus" ja "Säiliön\_halkaisija". Tämän jälkeen näihin niin sanottuihin

käyttäjäparametreihin kytketään geometriassa olevat parametrejä. Kuvassa 3 Inventorin Parameters-lista.

Parameter Name	Consumed	Unit/T	Equation	Nominal Value	Driving Rule	Tol.	Model Valu	Key	Comment
<b>Model Parameters</b>									
<b>User Parameters</b>									
Kulma	d2	deg	0 deg	0,000000		●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Korkeus	d44	mm	24 m	24000,000000		●	24000,0...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Säiliön_halkaisija	d0	mm	4200 mm	4200,000000		●	4200,00...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaato	d9	deg	0 deg	0,000000		●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kulma_säteestä_poikkeava	d42	deg	0 deg	0,000000		●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yhteen_etäisyys_säiliön_pinnasta	d15	mm	400 mm	400,000000		●	400,000...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laippa		Text	Laippa					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Embedding 5</b>									
OD	d17	mm	1060,45 mm	1060,450000		●	1060,45...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ID	d8	mm	813 mm	813,000000		●	813,000...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
THK	d19	mm	32 mm	32,000000		●	32,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HD	d46, d32	mm	41,148 mm	41,148000		●	41,148000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BCD	d18	mm	977,9 mm	977,900000		●	977,900...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BQ	d39	ul	28 ul	28,000000		●	28,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

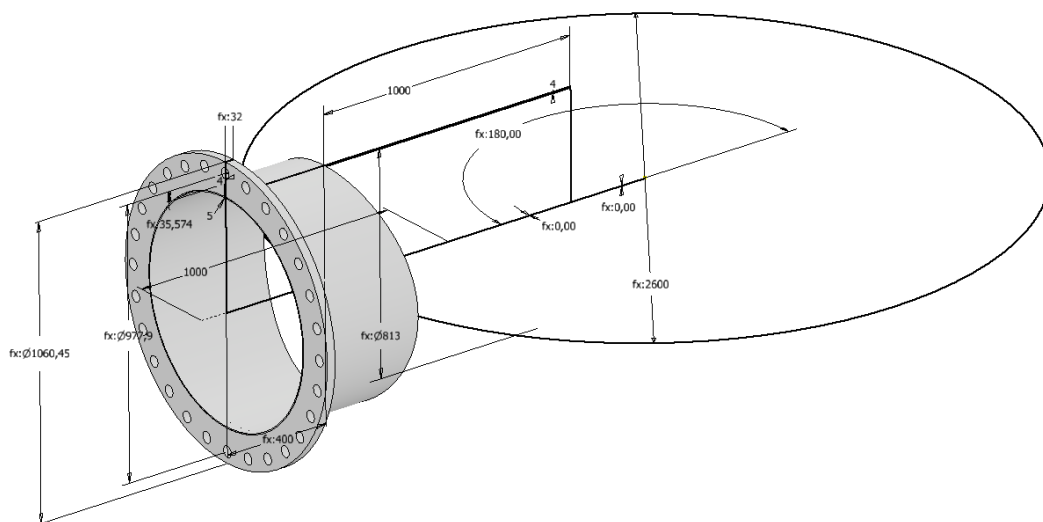
Kuva 3. Parameters-lista.

Yhteiden kokoa ja laipan parametrejä ohjataan Excel-tiedostolla, joka on yhdistetty malliin. Kuvan 3 Parameters-listassa kohdassa Embedding 5 näkyvät Excelistä tuodut parametrit. Jokainen yhde sisältää oman Excel-tiedoston, jossa on Valinta-välilehti sekä välilehti laippojen mitoille. Kuvassa 4 Yhteen valinta tapahtuu harmaapohjaisista sarakkeista, jossa on alasvetovalikko. Ensin valitaan vaadittu standardi, jonka jälkeen alemmasta alasvetovalikosta voidaan valita tämän standardin mukainen paineluokka. Kun standardi ja paineluokka ovat valitut, antaa kolmas alasvetovalikko vaihtoehtoiksi aikaisempien valintojen mukaisia laipallisia yhteitä. Oikeankokoisen yhteen valittua, alasvetovalikoiden alapuolella olevaan tietokenttään päivittyvät mitat, jotka ohjaavat yhdemallin geometriaa. Kuvassa 5 yhdemalli ja sen geometriat.



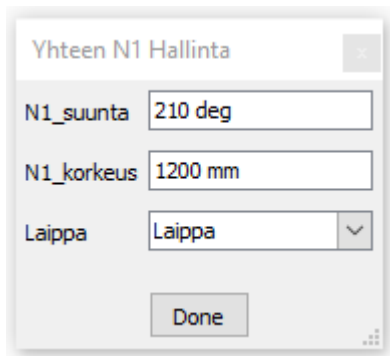
VALINTA:			
Standardi:	ASME		
Paineluokka:	150		
Yhde:	ANSIB16.47 Class150 32"		
Säiliön ylälaippa (purkulaippa)	ANSIB16.47 Class150 32"		Unit/type
Ulkohalkaisija	OD	1060,45	mm
Sisähalkaisija	ID	813	mm
Laipan paksuus	THK	32	mm
Reiänkoko	HD	41,148	mm
Reikäpiirin halkaisija	BCD	977,9	mm
Reikien lukumäärä	BQ	28	ul

Kuva 4. Yhteen laipan valinta ja laipan parametrit



Kuva 5. Yhdemalli ja geometriat

Inventor sisältää iLogic-ohjelmointityökalun, jolla voidaan luoda sääntöjä. iLogic-aliohjelmalla voidaan muun muassa muuttaa mallien värejä, parametrejä ja tarvittaessa poistaa piirteitä näkyvistä. iLogic sisältää myös Form-käyttöliittymän, jonka avulla voidaan muokata mallin parametrejä. Kuvan 6 Form-käyttöliittymällä ohjataan mihin suuntaan yhde osoittaa säiliöstä kohdasta N1\_suunta. 0-aste on aina pohjoinen. Kohtaan N1\_korkeus annetaan yhteen haluttu korkeus säiliön pohjasta. Valittavissa on, myös onko yhteessä laippa vai pelkkä putki.



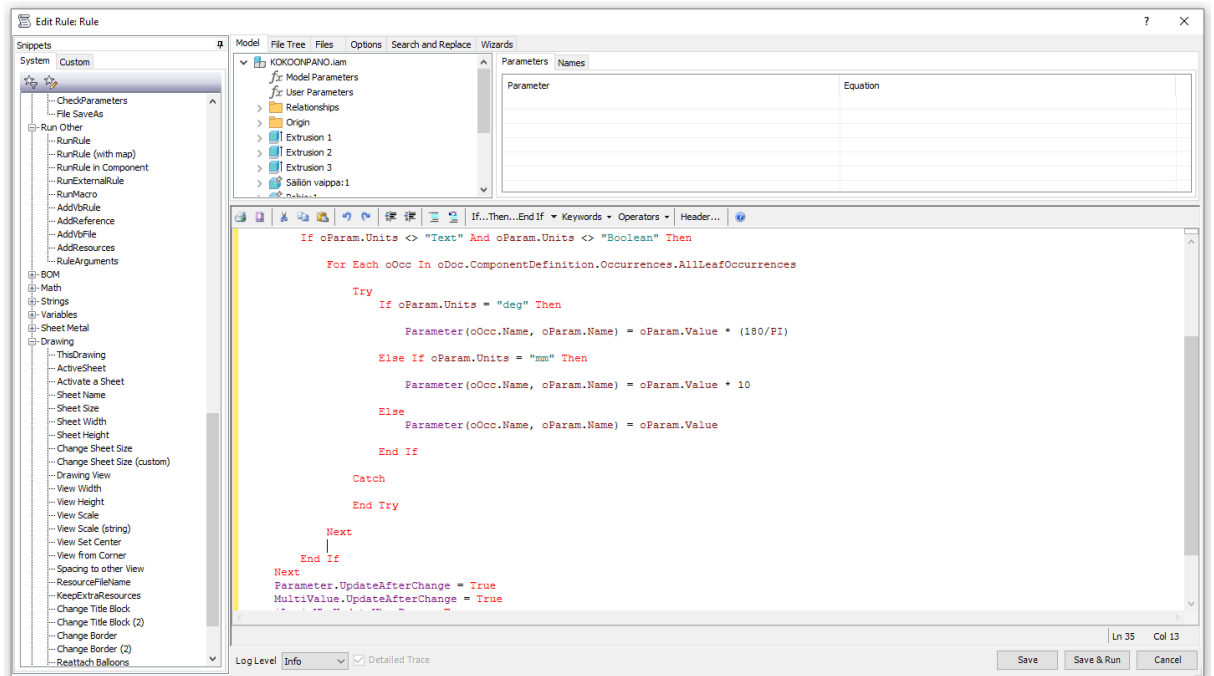
Kuva 6. Yhteen Form-käyttöliittymä.

Näin mallinnetun yhteen etuna skeleton-mallissa tehtyyn yhteeseen on, ettei yhteitä tarvitse mallintaa uudestaan, vaan kerran mallinnettua yhdettä pidetään ns. 0-mallina, joka kopioidaan aina tarvittaessa eri kokoonpanoihin. Huomioitavaa on, että liitettävä osa on aina nimettävä sitä kuvaavalla nimellä, jotta ne olisivat tunnistettavissa helposti.

### 5.2.2 Säiliön kokoonpano

Kun säiliön osat ovat mallinnettu samansuuntaisesti koordinaatistossa, tämä mahdollistaa sen, että osat tuodaan säiliömallin kokoonpanoon Place Grounded at Origin -komennon kautta. Tällöin osa ankkuroituu kokoonpanoon koordinaatistojen suhteessa ja korkeus säätyy y-akselin suuntaisesti.

Säiliön osien korkeus ja suunta määritetään Form-käyttöliittymän kautta muokkaamalla osien parametrejä, mutta osien paikoitus säiliön vaipan pinnalle tapahtuu Inventorin iLogic-aliohjelmalla. Kaikissa osissa niin säiliön vaipassa kuin pienemmissäkin osakokonaisuuksissa on säiliön vaipan halkaisijaa kuvaava geometria. Tämän geometrian parametri nimetään samalla tavalla kaikissa osissa. Tässä tapauksessa parametreille annetaan nimeksi Säiliön\_halkaisija. Säiliömallin kokoonpanoon lisätään myös parametri nimeltä Säiliön\_halkaisija. Tälle kokoonpanossa olevalle parametrille asetetaan arvoksi säiliön haluttu halkaisija. iLogic-aliohjelmalla luodaan kokoonpanoon sääntö, joka etsii kaikista kokoonpanon sisältämistä osista samannimisiä parametrejä, joita itse kokoonpanon Parameters-listalla on. Kun samanniminen parametri löytyy, muuttaa iLogic sen arvon samaksi, joka on kokoonpanon vastaavan niminen parametri. Kuvassa 7 iLogic-aliohjelman käyttöliittymä.



Kuva 7. iLogic-käyttöliittymä

Kokoonpanon Parameters-listalle lisätään kaikki parametrit, joita halutaan ohjata kokoonpanosta. On huomioitavaa, että jos kokoonpanosta halutaan ohjata esimerkiksi usean yhteen korkeutta ja suuntaa, on niiden nimien poikettava toisistaan. Kokoonpanon parametreja ohjataan kuvan 8 Form-käyttöliittymällä. Tässä tapauksessa yhteen on nimetty N1, N2 ja niin edelleen.

Parameter Name	Value
N1_korkeus	1200 mm
N1_suunta	180 deg
N2_korkeus	1000 mm
N2_suunta	140 deg
N3_korkeus	1000 mm
N3_suunta	100 deg
Instrumenttiyhde_korkeus	500 mm
Instrumenttiyhde_suunta	190 deg
N6_suunta	100 deg

Kuva 8. Kokoonpanon Form-käyttöliittymä

## 6 Päämittapiirustus

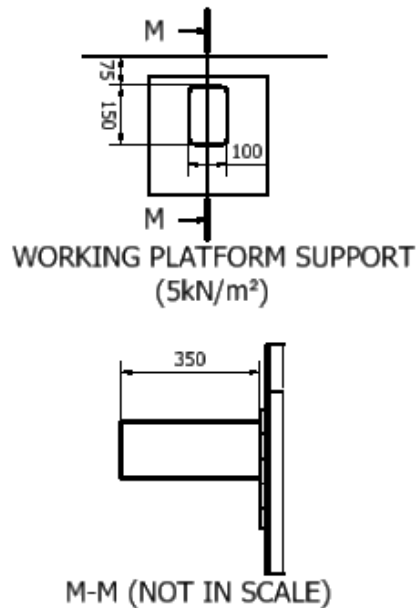
Säiliöistä tehdään päämittapiirustukset säiliöiden tarjouspyynnön tueksi. Näissä päämittapiirustuksissa ei ole tarkoituksena näyttää suoraan miten säiliö tulee valmistaa, vaan piirustusten tehtävä on kertoa mitä ominaisuuksia säiliöltä haluamme jotta mahdollinen säiliön toimittaja voi laskea säiliön toimituksesta tarjouksen. Työyhteisössä huomattiin useissa päämittapiirustuksissa olevan paljon ylimääräistä tietoa, jota myös joudutaan päivittämään aina projektien aikana.

Aina uuden projektin alkaessa säiliöiden piirustusten muokkaaminen vie yllättävän paljon resursseja suunnittelulta. Tämän vaiheen läpimenoaikaa halutaan nopeuttaa ja samalla virhealttiutta vähentää. Huomioitavaa on myös, ettei piirustusten tekemiseen ole ollut minkäänlaisia yhteistä linjausta työyhteisössä. Tästä johtuen piirustusten eri tekijöiden välillä on erilaisia käytäntöjä ja tapoja, jotka sotkevat helposti piirustusten selkeyttä varsinkin silloin, kun joudutaan muokkaamaan toisen työntekijän piirustusta. Toivottavaa on siis, että piirustusten yhdenmukaisuutta työyhteisön sisällä parannetaan.

Piirustusten päivittämisen nopeuttamiseksi yksinkertaisin ratkaisu on vähentää päivitettäviä asioita. Kun mitoituksia esitetään piirustuksen kuvannoissa eli projektioissa, säiliömallin muokkaamisen jälkeen yleensä myös kuvannon mitoituksia, merkkiviivoja ja muita samankaltaisia tietoja joudutaan korjaamaan ja sijoittelemaan uudelleen. Kaiken tämänkaltaisen ylimääräisen päivittämisen minimointi säästäisi huomattavasti resursseja.

Säiliöissä on joitain asioita, jotka valmistetaan aina samalla tavalla ja tällaisten tietojen päivittäminen kuvannoissa projektista toiseen on turhaa. Inventorissa on mahdollisuus lisätä piirustuksiin symboleja, Inventorissa nimellä Sketch Symbols. Nämä ovat yksinkertaisia ns. tarroja joita voidaan tallentaa Symbols-kirjastoon ja liittää sieltä eri piirustuksiin. Tällaiset symbolit eivät ole yhteydessä piirustuksen varsinaiseen malliin mitenkään. Kuvan 9 symboli esittää säiliöön tulevan hoitotason kannakkeiden mitoituksen. Kun hoitotason kannakkeiden mitoitus esitetään piirustuksessa symbolina, niitä ei tarvitse päivittää ollenkaan, sillä niiden mitat ja tekstit ovat osa itse symbolin geometriaa. Kaikki vastaavat asiat

jotka ovat useissa säiliössä aina samalla tavalla, esitetään jatkossa tällaisina symboleina.



Kuva 9. Symboli

Asioiden esittäminen standardin tai muun tekstin avulla on myös usein tehokkaampaa, kuin tehdä siitä kuvantoa. Ohjeteksteillä voidaan vähentää kuvannoissa esitettäviä tietoja ja jossain tapauksissa myös kuvanto voidaan korvata kokonaan tekstillä. Valmistusteknillisten asioiden esittäminen on monesti tehokkaampaa esittää muutamalla lauseella, kuin esittää ne kuvannoissa. Yhteiden laippojen koko, paineluokka ja tyyppi esitetään yhdelistalla tekstinä. Myös laippojen standardi esitetään piirustuksessa. Näillä tiedoilla säiliön valmistaja osaa valmistaa oikeanlaisen laipan, eikä näitä tietoja kannata esittää piirustuksissa kuvantoina.

Piirustuksiin kaivattua yhdenmukaisuutta saataisiin, jos piirustusten tekemiseen olisi yhteiset ohjeet tai jonkinlainen ohjelista mitä kaikkea missäkin tapauksessa on syytä kuvissa esittää. Myös osaksi valmiiksi täytetyt piirustus pohjat auttaisivat yhdenmukaisuuteen.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda helposti muokattava 3D-malli säiliöstä ja kehittää niistä tehtäviä teknisiä piirustuksia.

3D-mallin osalta tavoitteet saavutettiin kohtalaisesti. Yksinkertaisen lieriön muotoisen säiliömallin muokkaus on helppoa ja malli on varmatoiminen eikä rikkoudu helposti. Mallin yhteiden suunnan ja korkeuden muokkaus onnistuu nopeasti ja helposti. Uusien yhteiden ja osien tuominen mallin kokoonpanoon toimii hyvin ja niiden 0-mallit toimivat eri säiliöissä erinomaisesti.

Ongelmia ilmeni siinä vaiheessa, kun säiliön muoto ei ollut vain pelkästään lieriön mallinen. Tällaisten säiliöiden muodon ohjaamiseen tarvitaan useita parametrejä jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Esimerkiksi tilanteessa, jossa säiliö on sarjoitettu niin, että tiettyjen yhteiden koko ja korkeus seuraa säiliön kokoa. Niiden muokkaus täytyi tehdä Excel-tiedostolla ja sekin toimi hyvin, mutta mieluummin muokkaus tapahtuisi kokonaan Form-käyttöliittymällä. Mitä useammasta käyttöliittymästä mallia joudutaan muokkaamaan, sitä sekavammaksi sen käyttö menee, kun joudutaan vaihtelevaan eri käyttöliittymien välillä. Ajanpuutteen vuoksi Excel-tiedoston ja mallin parametrien molempiin suuntiin toimivan yhteyden mahdollisuutta ei ehditty tutkia. Säiliömallien todellinen käytännöllisyys todetaan varmasti vasta, kun niitä käytetään todellisissa projekteissa. On varmaa, että niiden kehitys jatkuu vielä ja niitä muokataan käyttökokemusten karttuessa.

Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli myös kehittää päämittapiirustuksia, niin että niiden muokkaus olisi tehokkaampaa. 3D-mallien kehittäminen oli niin aikaavievää, ettei päämittapiirustusten kehittämiseen jäänyt kovinkaan paljon aikaa. Kuitenkin yksinkertaisilla ratkaisuilla onnistuttiin nopeuttamaan piirustusten päivittämistä.

Vähentämällä piirustuksissa esitettäviä kuvantoja ja korvaamalla ne symboleilla säästetään aikaa piirustusten päivittämisessä. Piirustuksissa symbolien käyttöä yleistettiin ja tästä edes niitä tallennetaan yhteiseen paikkaan josta niitä voi jokainen piirustusten tekijä liittää kuviinsa. Tällaisen laajan niin sanotun symboli-

kirjaston luontiin menee kuitenkin paljon aikaa ja onkin järkevää, että symboleja luodaan sitä mukaa kun niiden tarpeellisuus havaitaan.

Yhdenmukaisuutta piirustuksiin saadaan panostamalla ohjeistukseen ja käymällä näitä asioita työyhteisön kanssa läpi. Myös piirustuksissa muokattavien asioiden määrällä on suora vaikutus piirustusten yhtenäisyyteen. Mitä vähemmän päivitettäviä asioita, sitä vähemmän niitä tehdään erilaisilla tavoilla. Yhteisiä toimintatapoja voidaan kehittää ohjeistuksilla ja uusien projektien alkaessa keskustelemalla yhteisistä linjauksista. Yhteiset toimintatavat näkyvät piirustusten selkeytenä ja tasaisena laatuna.

Opinnäytetyön kokonaisuutta ja laajuutta ajatellen uskon tästä tutkielmasta ja uudesta 3D-mallista olevan hyötyä tulevaisuudessa. Vaikka opinnäytetyön muutamat kehitysideat jäivät toteuttamatta rajallisen ajan vuoksi, niin se herätti huomiota moneen asiaan niin suunnittelusta, mallinnukseen ja piirustusten luontiin. Uskon että tämän tutkielman herättämä keskustelu ohjaa seuraavissa projekteissa tehokkaampaan työskentelyyn ja parempaan laatuun.

## Lähteet

Andritz Group. 2020a. About us. <https://www.andritz.com/group-en/about-us>.  
Luettu 23.04.2020

Andritz Oy. 2020b. Pulp & Paper. <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/andritz-oy>. Luettu 22.04.2020

Andritz Oy. 2020c. Pulp production. <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/pulp-production> Luettu 20.04.2020

Andritz Oy. 2020d. Paper production. <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/paper-production> Luettu 20.04.2020

Autodesk. 2020. Ominaisuudet.  
<https://www.autodesk.fi/products/inventor/features> Luettu 19.04.2020

Hietikko, E. 2007a. AutoDesk Inventor. Jyväskylä. Gummerrus Oy Kirjapaino. 12-13.

Hietikko, E. 2007b. AutoDesk Inventor. Jyväskylä. Gummerrus Oy Kirjapaino.

Hietikko, E. 2015a. SolidWorks. Helsinki. BoD – Books on Demand.

Hietikko, E 2007c. AutoDesk Inventor. Jyväskylä. Gummerrus Oy Kirjapaino.

Heikkilä, T 2012. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opiskelijan Inventor-opas.