

Mikko Parvinen

# KOMPONENTTIKIRJASTON LUOMINEN INVENTORILLA

Opinnäytetyö  
Kone- ja tuotantotekniikka


Helmikuu 2010




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>	
<b>Tekijä(t)</b>  Mikko Parvinen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Kone- ja tuotantotekniikka	
<b>Nimeke</b>  Komponenttikirjaston luominen ja ohjeistaminen Autodesk Inventor -ohjelmaan		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämä työ on tehty Imatralla sijaitsevalle Insinööritoimisto Metsolle, joka on osa Comatec -konsernia. Insinööritoimisto Metso tarjoaa erilaisia suunnittelu- ja kunnossapitopalveluita teollisuuden yrityksille.</p> <p>Työn tarkoituksena oli luoda komponenttikirjasto yrityksen käyttämään Autodesk Inventor Professional 2008 - ohjelmaan. Työ sisälsi osien piirtämisen lisäksi niiden esittelyt sekä erilaisia ohjeistuksia ohjelman käyttöön. Mallinnukseen en tehnyt ohjeita, sillä niitä löytyy alan kirjallisuudesta sekä Inventorin ohjeesta. Poikkeuksena on niin sanotun älykkään osaperheen luominen, sillä siitä tuli tärkeä osa piirtämiäni osia.</p> <p>Osakirjasto mahdollistaa suunnittelutöiden nopeutumisen, sillä sen ansiosta vähenee standardiosien piirtäminen. Ohjeiden ansiosta suunnittelijat voivat tulevaisuudessa itse tehdä lisää älykkäitä osaperheitä standardiosista sekä muokata ja lisätä kirjastoja Inventoriin.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Autodesk Inventor, mallintaminen, tekninen piirustus		
<b>Sivumäärä</b> 39	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Risto Ruuskanen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Insinööritoimisto Metso Oy	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s)		Degree programme and option	
Mikko Parvinen		Mechanical engineering	
Name of the bachelor's thesis			
Component library creation and documentation of the Autodesk Inventor programme.			
Abstract			
<p>I made this thesis to the Insinööritoimisto Metso. Insinööritoimisto Metso offers a variety of planning and maintenance services to industrial companies.</p> <p>The main purpose of this thesis was to create a component library to the Autodesk Inventor program which Insinööritoimisto Metso uses. The thesis consisted of pictures of its components and presentations how to use it. Creation an intelligent part family was also important part of this thesis.</p> <p>Component library will accelerate planning operational. Thanks to it designer can avoid modelling the same part many times if part is not in the Inventors own Content Center. An instruction allows designers to future self to make intelligent part families and edit and add libraries in Inventors Content Center.</p>			
Subject headings, (keywords)			
Autodesk Inventor, modelling, mechanical drawing			
Pages	Language	URN	
39	Finnish		
Remarks, notes on appendices			
Tutor		Bachelor's thesis assigned by	
Risto Ruuskanen		Insinööritoimisto Metso	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	2
2	ESITTELYT .....	3
2.1	Yrityksen esittely .....	3
2.2	Autodesk Inventorin esittely .....	3
3	TYÖNKUVAUS .....	4
3.1	Työn taustat ja työvälineet .....	4
3.2	Työn aiheen rajaus ja sisällön määrittely .....	5
4	PARAMETRISEN KIRJASTON LUOMINEN .....	5
4.1	Kirjasto .....	6
4.2	Kirjaston lisääminen Content Centeriin.....	6
4.2.1	Kansion lisääminen Content Centeriin .....	8
4.2.2	Osan lisääminen Content Centeriin .....	11
4.3	Älykäs osaperhe .....	15
4.3.1	Osaperheen laatiminen.....	16
5	KIRJASTON OSIEN KUVAUKSET .....	24
5.1	Nivelvarsi - JAF.....	24
5.2	Kierretanko .....	26
5.3	Irtolaippa.....	27
5.4	Kaulus .....	28
5.5	Laippatiiviste .....	28
5.6	Tikkaat .....	29
5.7	Palloventtiilit .....	29
5.8	Putkisanka.....	30
5.9	Liukukannatin .....	31
5.10	Tasojen kaiteet .....	32
6	MAHDOLLISET ONGELMAT KIRJASTON LUOMISESSA.....	36
7	TULOSTEN TARKASTELU .....	37
8	YHTEENVETO .....	38
	LÄHDELUETTELO .....	39

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty imatralaiselle Insinööritoimisto Metsolle. Insinööritoimisto Metso on erilaisia teollisuuden suunnittelutöitä Imatralla ja sen lähialueilla tekevä insinööritoimisto. Työn aiheena oli tehdä erilaisia osia sisältävä komponenttikirjasto yrityksen suunnittelijoiden käyttöön Autodesk Inventor -ohjelmaan.

Yritykselle piirretyt osat löytyvät luvusta 5. Muita osa-alueita oli tehdä erilaisia ohjeistuksia liittyen osakirjastoon. Osien piirtämiseen liittyvä ohjeistus on älykkään osaperheen eli samanmuotoisten mutta erikokoisten osien luominen, josta enemmän luvussa 4.3 (ks. s.15). Lisäksi ohjeistin Inventorin Content Centerin eli ohjelman sisäisen kirjaston muokkaamisen ja uusien kirjastojen luomisen.

Ennen tämän työn aloittamista en omannut minkäänlaisia kokemuksia Autodesk Inventorin käytöstä. Tärkeä vaihe työtä oli siis ohjelman käytön opetteleminen. Tässä työssä en käsittele itse piirtämistä, vain siihen liittyviä aputoimintoja, sillä piirtämisestä löytyy hyviä ohjekirjoja erikseen. Inventorin omasta ohjeesta on paljon apua piirtämisen opetteluun.

Työ koostuu pääasiassa kuvilla ohjeistetuista ohjeista liittyen osakirjaston tekemiseen. Kuvat olen koostanut kahdesta eri versiosta Inventoria, mutta ne toimivat täysin samoin molemmissa versioissa. Joitakin valikkojen tai ikkunoiden kuvia olen saattanut jättää laittamatta, mutta niistä on mainittu tekstissä, jolloin kuvien lisääminen ei ole ollut tarpeen. Tämän työn ohjeiden avulla Autodesk Inventoriin pystyy helposti lisäämään ja muokkaamaan kansioita sekä tekemään osia, jotka soveltuvat osakirjasto käyttöön.

## **2 ESITTELYT**

Tässä osiossa esitellään työhön liittyvät perusasiat. Yritys jolle työ on tehty, esitellään sekä konserni, johon se kuuluu. Työssä käytetyn ohjelman, Autodesk Inventorin esittely on myös sisällytetty tähän osioon.

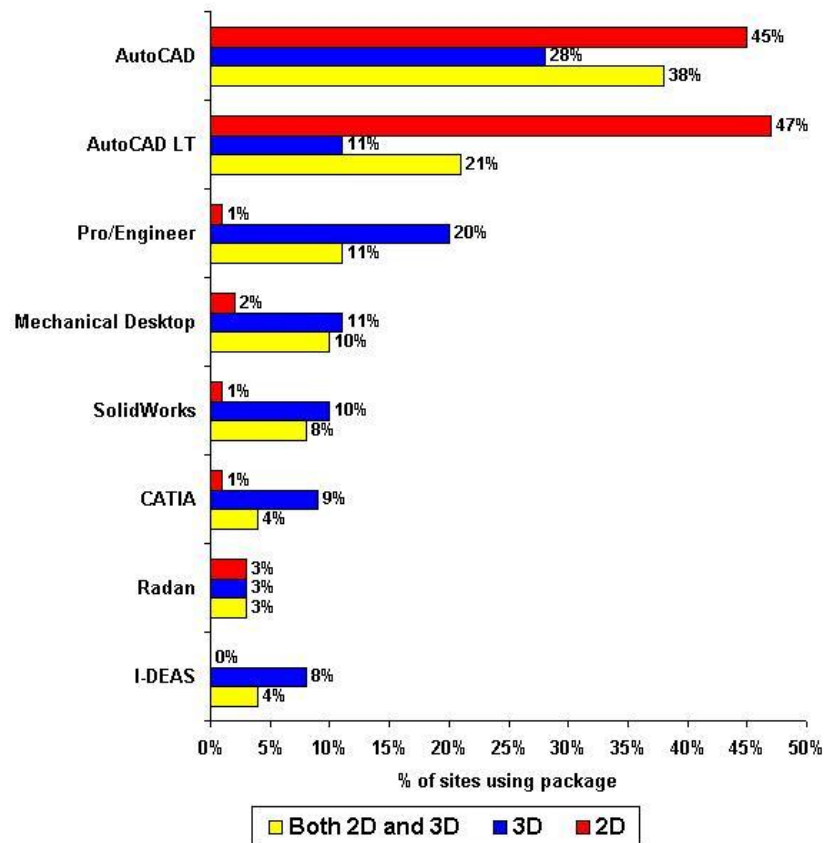
### **2.1 Yrityksen esittely**

Insinööritoimisto Metso on Imatralla sijaitseva, vuonna 1981 perustettu insinööritoimisto. Toimialana on erilaiset teollisuuden sähkö-, automaatio ja mekaniikkasuunnittelut. Lisäksi yritys suorittaa kunnossapitosuunnittelua ja erilaisia asennusvalvonta tehtäviä. Toimeksiantajina ovat Imatran ja lähialueen prosessi- ja konepajateollisuuden yritykset, julkisen sektorin organisaatiot ja rakennusliikkeet. Vuonna 2007 Insinööritoimisto Metso siirtyi Insinööritoimisto Comatecin omistukseen, jatkaen kuitenkin itsenäisenä suunnittelutoimistona. /1/

Insinööritoimisto Comatec Oy on perustettu vuonna 1986 Tampereella. Konsernilla on seitsemän toimipaikkaa ja se työllistää noin 350 henkeä. Toimialaan kuuluu liikkuvat työkonet, liikennevälineet, tuotantolaitteet ja teollisuusautomaatio sekä painelaite- ja kattilasuunnittelua. /2/

### **2.2 Autodesk Inventorin esittely**

Autodesk Inventor on vuonna 1982 perustetun Autodesk ohjelmistovalmistajan parametrinen piirremallinnusohjelma. Inventorilla voidaan mallintaa sekä 2D että 3D – piirustuksia ja se on yhteensopiva AutoCADin kanssa. Valmiit AutoCAD piirustukset voidaan hyödyntää Autodesk Inventorissa, jossa niiden avulla voidaan luoda 3D-malleja. Tutkimuksesta vuodelta 2003 /6/ nähdään että Autodeskin tuotteet ovat suosituimpia mallinnustyökaluja. Kaaviossa 1 näkyvistä tuotteista Autodeskin tuotteita ovat AutoCAD, AutoCAD LT ja Mechanical Desktop. /3; 4; 5/



**KAAVIO 1. CAD-ohjelmistot käytön mukaan. /6/**

### 3 TYÖNKUVAUS

Työnkuvauksessa käydään läpi työhön ja sen suorittamiseen liittyvät asiat. Työn taustat sekä käytetyt työvälineet ja työn tarkoitus esitellään seikkaperäisesti.

#### 3.1 Työn taustat ja työvälineet

Olin etsinyt opinnäytetyön aihetta pitkän kesän ja alkusyksyä 2009. Syyskuussa 2009 sain tietoon Insinööritoimisto Metsolta, että olisi mahdollista saada opinnäytetyönaihe liittyen 3D-mallinnukseen. Sain Insinööritoimisto Metson toimitusjohtajan yhteystiedot ja sovimme, että tekisin yritykselle komponenttikirjaston Autodesk Inventor – ohjelmaan. Aikaisempaa kokemusta Inventorilla mallintamisesta minulla ei ollut, joten ohjelman käytön opiskelemisesta tuli yksi osa työtäni.

Työvälineenäni oli Autodesk Inventor Professional 2008, jolla piirsin tarvittavat osat. Tiedot osista joita kirjastossa tarvittaisiin, sain yrityksen suunnittelijoilta, sekä myö-

hemmässä vaiheessa, tutustuttuani suunnittelutöihin, joita suunnittelijat tekivät pystyin myös itse ehdottamaan muutamia osia joita voisin tehdä. Osien mitat ja muodot sekä muut tiedot sain yrityksen arkistoon kootuista alan standardeista. Muutamissa osissa käytin lisäksi pohjana yrityksen AutoCAD kuvia.

### **3.2 Työn aiheen rajausta ja sisällön määrittely**

Työn aiheeksi rajattiin laatia osakirjasto, josta löytyisi tarpeellisia osia suunnittelijoiden käyttöön. Inventor oli ollut Insinööritoimisto Metson käytössä jo jonkin aikaa, joten minun ei ollut tarpeen tehdä yrityskohtaisia asetuksia tai piirustusohjelmia, vaan keskittyä osakirjastoon. Aiheen rajausta oli siis melko vapaa ja sain itse päättää kuinka laajaksi kirjaston tekisin ja mitä muuta siihen osien lisäksi sisällyttäisin. Opetellessani ohjelman käyttöä ja käyttäessäni sitä huomasin, että jonkinlainen käyttöohje olisi paikallaan piirtämieni osien käytöstä sekä miten suunnittelijat voisivat itse tehdä myöhemmin samalla lailla toimivia osia kuin itse olin tehnyt.

Opinnäytteeseen sisällytin ohjeet kuinka tehdään älykäs osaperhe, kirjastoon osien lisäämisen sekä esittelyt ja ohjeet piirtämistäni osista. Älykkään osaperheen luomisesta tein seikkaperäisen selostuksen, jossa käydään läpi kohta kohdalta kuinka osaperhe tehdään. Esittelyt ja osien ohjeet ovat myös melko seikkaperäiset, jotta niiden käyttö olisi mahdollisimman selkeää ja helppoa. Molemmat edellä mainitut osiot ovat sisällytetty tähän raporttiin, ne eivät sisällä aivan kaikkia yksityiskohtia kuin yrityksen serverillä olevat, mutta ovat kuitenkin seikkaperäiset selostukset. Osien lisääminen Content Centeriin ei ole kovinkaan yksityiskohtainen, mutta se on sisällytetty, jos sen tarjoamille tiedoille on joskus yrityksessä käyttöä.

## **4 PARAMETRISEN KIRJASTON LUOMINEN**

Parametriseen kirjaston luomiseen kuuluu kirjaston luominen ja tarvittavien kansioiden lisääminen sekä niihin liittyvät toimenpiteet. Käsitellyt asiat käydään läpi tarkasti, mutta kuitenkin liikaa yksityiskohtiin paneutumatta. Tämän ansiosta ohjeet ovat helpotajuisia henkilöillekin, jotka eivät ole ohjelmaa ennen käyttäneet.



## 4.1 Kirjasto

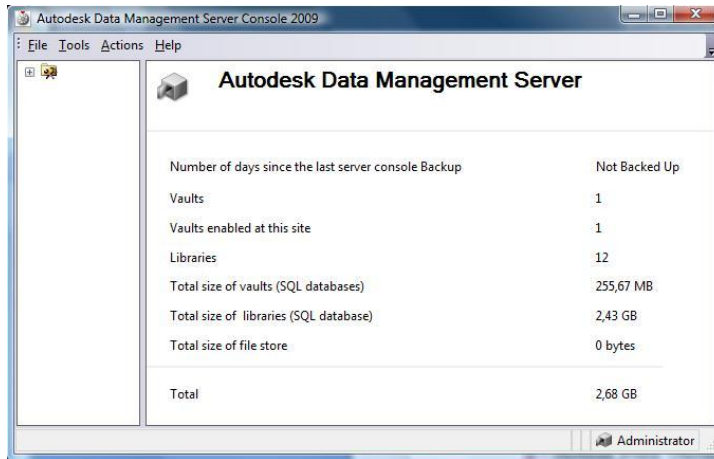
Inventor sisältää varaosakirjaston, (Content Center), joka sisältää useita erilaisia standardiosia, kuten pultteja, muttereita ynnä muita sellaisia. Joidenkin osien, kuten laakereiden, valmiita Inventor kuvia voidaan ladata omaan käyttöön valmistajien Internet-sivuilta. Usein on kuitenkin tarvetta osille, joita ei löydy valmiiksi piirrettynä, mutta joita tarvitaan useissa eri projekteissa. Tällöin voi olla järkevää tehdä omaan käyttöön yrityksen sisäinen kirjasto, josta löytyy tarvittavia osia ja kokoonpanoja.

Kirjaston toteutukseen on pari tapaa. Yksinkertaisin on tehdä esimerkiksi yrityksen omalle serverille kansio, johon kootaan valmiiksi piirrettyjä osia ja niitä voidaan kopioida työn alla olevan projektin kansioon käytettäväksi. Toinen vaihtoehto on lisätä oma kirjasto Inventorin Content Centeriin, johon lisätään osia, jolloin niitä voidaan käyttää samoin kuin siellä jo valmiiksi olevia osia. Content Centerin tehokas käyttäminen, etenkin jos yrityksessä on useita Inventoria käytäviä, vaatii sisäisen verkon tai toiminnanohjausjärjestelmän, johon kaikki Inventoria käyttävät koneet on yhdistetty. Yksittäiseen koneeseen toki voidaan lisätä Content Centeriin osia, mutta yrityksessä, jossa monet käyttävät samoja osia, on hyvin työlästä lisätä jokaiseen koneeseen manuaalisesti samat osat, etenkin jos osia on runsaasti.

Omassa työssäni käytin ensimmäistä vaihtoehtoa, koska toimeksiantajallani ei ole sisäistä verkkoa tai toiminnanohjausjärjestelmää, johon Inventor olisi liitetty. Piirtämäni osat on koottu yrityksen omalle serverille, josta niitä voidaan kopioida tarvittaviin projekteihin. Esittelen tässä kuitenkin lyhyesti, miten osat voidaan lisätä Content Centeriin. Kirjaston ja osien lisääminen Content Centeriin on tässä osiossa tehty Autodesk Inventor 2009 mallilla, kun taas muut ohjeet ovat 2008 mallilla tehtyjä, johtuen yrityksen Inventorista, jossa ei jostain syystä Content Centeriin lisääminen toiminut.

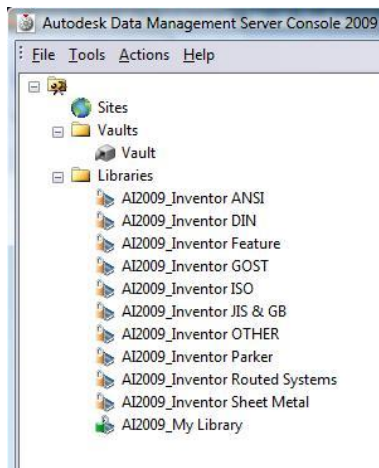
## 4.2 Kirjaston lisääminen Content Centeriin

Uusia kirjastoja lisätään Content Centeriin Autodesk Data Management Server Console – ohjelman avulla. Ohjelman käyttö vaatii Käytönvalvojan oikeudet, jota ohjelma kysyy ensin. Kirjautumisen jälkeen ohjelma näyttää ikkunan, jossa voidaan tutkailla Inventorin kirjastoja ja luoda uusia sekä uudelleen nimetä vanhoja.

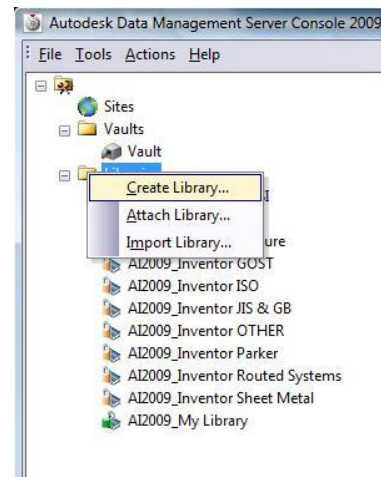


**KUVA 1. Autodesk Data Management Server Consolen perusnäkö /8/**

Uusi kirjasto lisätään vasemman puoleisen sarakkeen valikon Libraries valikosta. Painamalla hiiren oikeanpuoleista nappia Libraries – kansion päällä, aukeaa kuvan 1 mukainen valikko, jossa voidaan tehdä uusia kirjastoja sekä muita toimenpiteitä kirjastoille. Tässä voidaan myös vaihtaa kirjaston nimeä painamalla hiiren oikealla napilla halutun kirjaston päälle ja valitsemalla Edit display name.

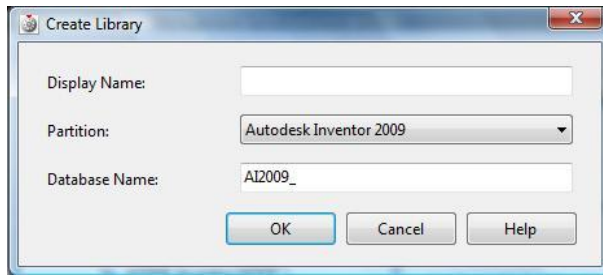


**KUVA 2. Libraries valikko /8/**



**KUVA 3. Create Library /8/**

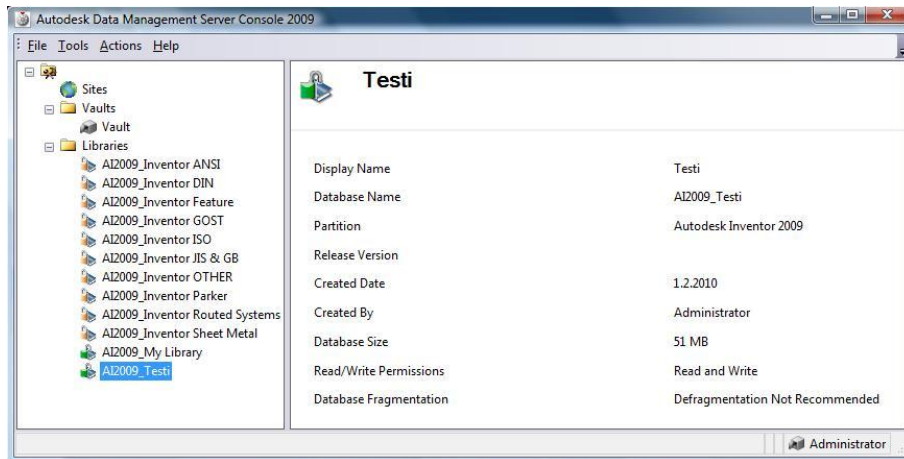
Painamalla Create Library aukeaa ikkuna, jossa valitaan haluttu nimi kirjastolle sekä haluttu tiedostomuoto (Kuva). Ok – napin painalluksen jälkeen ilmestyy ikkuna, joka ilmoittaa, että kirjasto on onnistuneesti luotu (kuva 5). Uusi kirjasto ilmestyy valikkoon (kuva 6).



**KUVA 4. Kirjaston nimeämiskuna /8/**



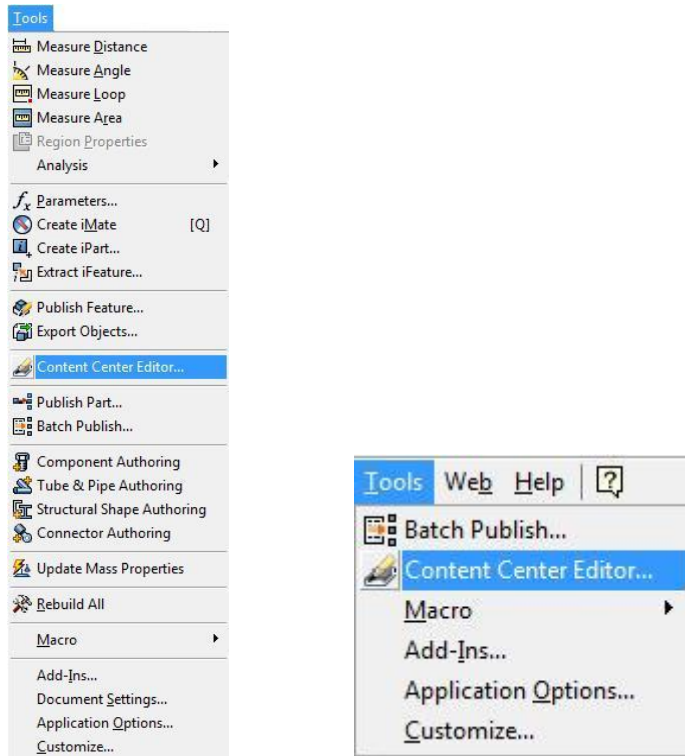
**KUVA 5. Kirjasto on onnistuneesti luotu /8/**



**KUVA 6. Uusi kirjasto valikossa /8/**

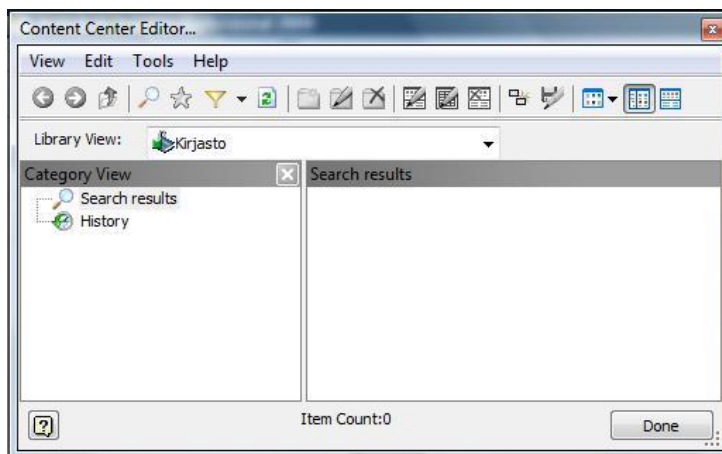
#### 4.2.1 Kansion lisääminen Content Centeriin

Content Centeriin lisätään kansioita Content Center Editorin kautta, joka löytyy joko pelkän Inventorin ollessa auki tai myös silloin kun jokin osa on käytössä. Content Center löytyy molemmissa tapauksissa Tools – valikosta (kuva 7).



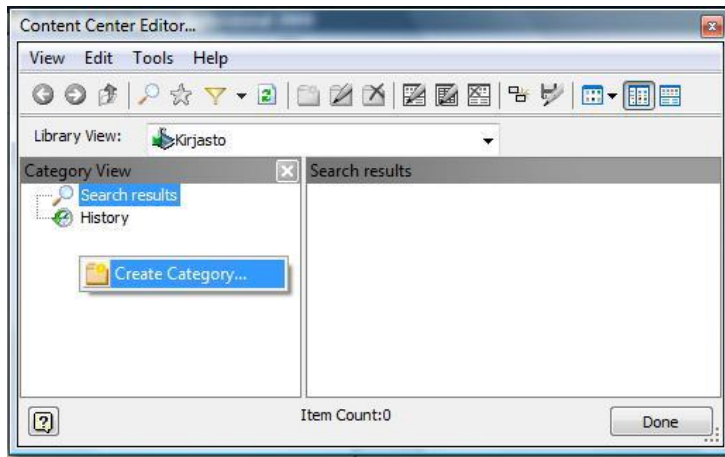
**KUVA 7. Content Center Editorin sijainti Tools –valikossa /8/**

Klikatessa Content Center Editoria avautuu seuraavanlainen ikkuna, jonka Library View valikosta voidaan valita haluttu kirjasto, johon kansio tehdään. Inventorissa on yleensä yksi valmis kirjasto nimellä My Library, joka on tässä tapauksessa vaihdettu Kirjasto – nimiseksi Autodesk Data Management Server Console -ohjelmalla.



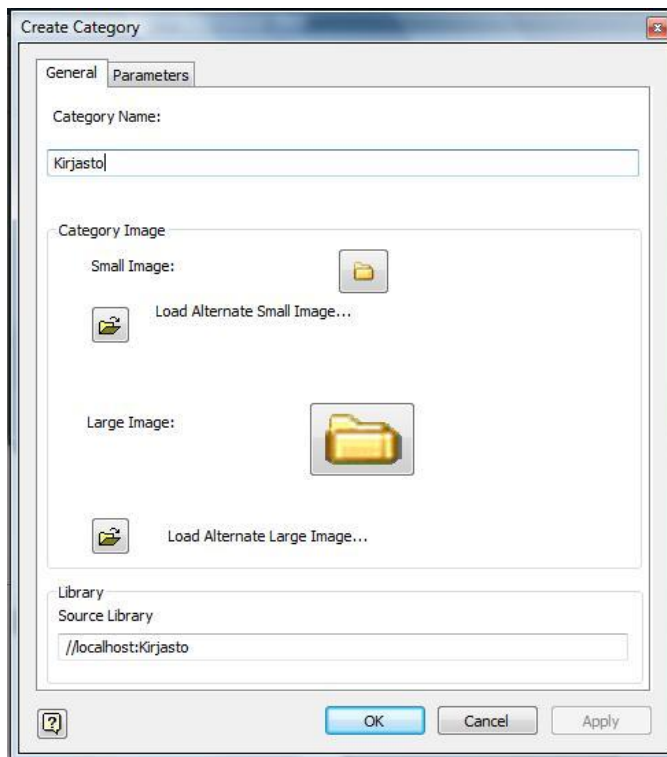
**KUVA 9. Content Center Editorin perusnäkö /8/**

Kirjastoon saadaan lisättyä kansio painamalla hiiren oikeaa nappia jossakin kohtaa Category View saraketta, jolloin aukeaa kuvan 10 kaltainen valikko.



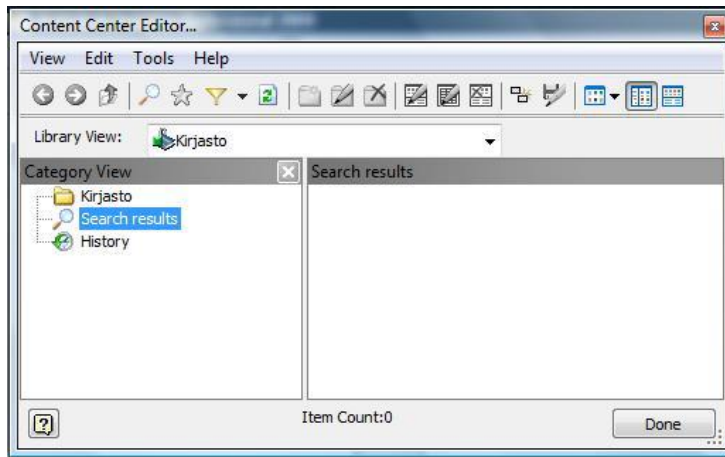
**KUVA 10. Create Category /8/**

Tätä painamalla aukeaa ikkuna, jossa voidaan valita kansiolle haluttu nimi.



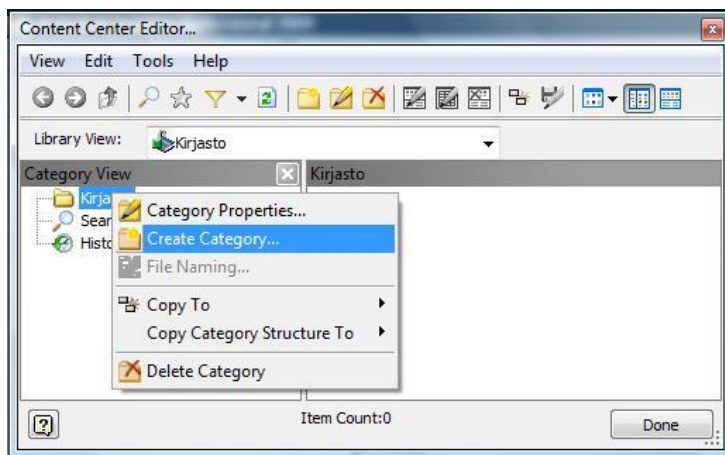
**KUVA 11. Create Category – valikon perusnäkö /8/**

Tämän jälkeen Inventor ilmoittaa, että kansio on onnistuneesti tehty ja kysyy halutaanko muutokset tallentaa serverille. Paina Kyllä, jolloin kansio ilmaantuu kirjastoon.



**KUVA 12. Valmis kansio /8/**

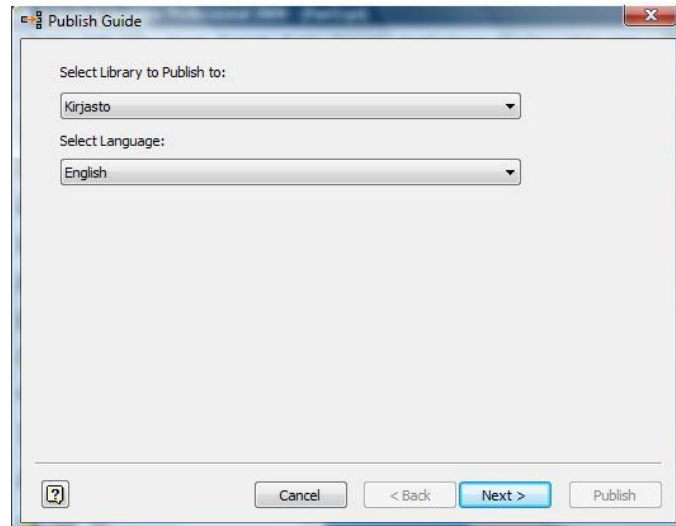
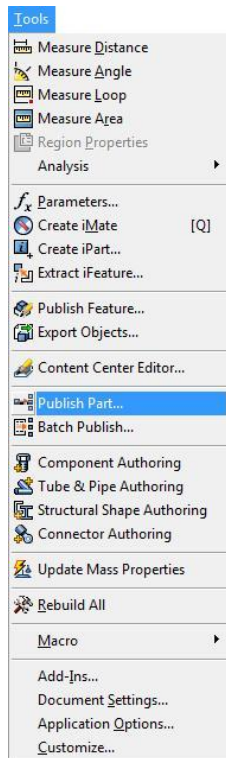
Kansiolle voidaan tehdä vielä alakansioita. Alakansion tekeminen aloitetaan klikkaamalla äsken tehdyn kansion päällä hiiren oikeaa nappia jolloin aukeaa valikko, josta voidaan muokata kansion asetuksia ja luoda uusia kansioita sekä poistaa niitä. Toimenpiteet uuden alakansion luomisessa ovat samat kuin edellä mainitussa kansion luomisessa.



**KUVA 13. Kansion valikko /8/**

#### 4.2.2 Osan lisääminen Content Centeriin

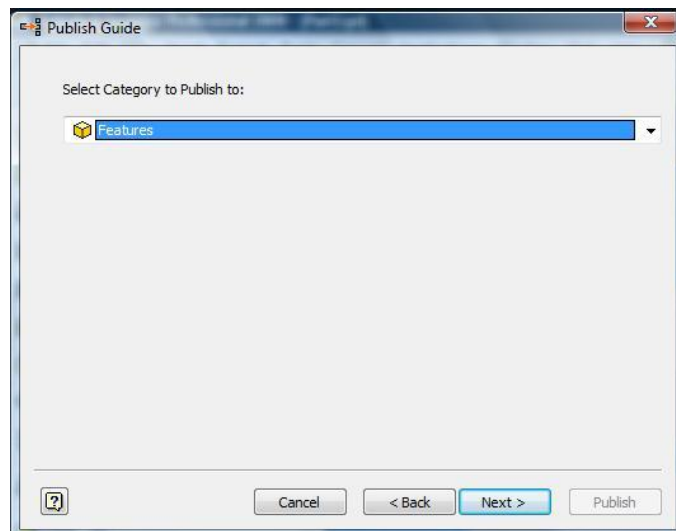
Osan lisääminen Content Centeriin tapahtuu lisättävän osan ollessa auki Tools – valikon kautta Publish Part työkalulla. Klikkaamalla Publish Part työkalua avautuu ikkuna, jossa valitaan haluttu kirjasto, johon osa halutaan sijoittaa.



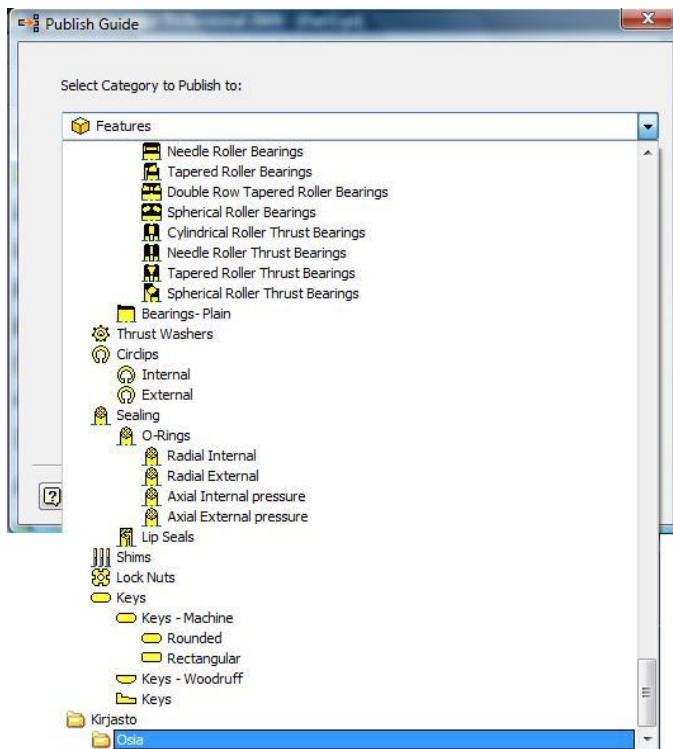
**KUVA 13. Publish Part /8/**

**KUVA 14. Kirjaston sijainnin valinta /8/**

Painamalla Next – nappia pääsee valikkoon, jossa valitaan kansio, johon osa sijoitetaan.

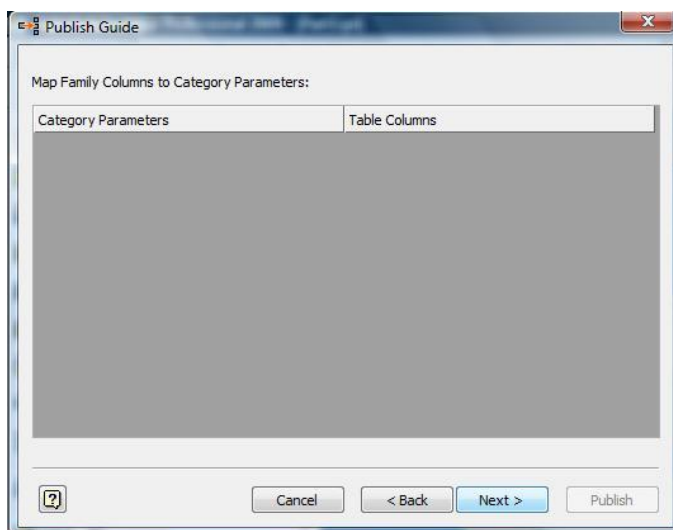


**KUVA 15. Osan kategorian valinta /8/**



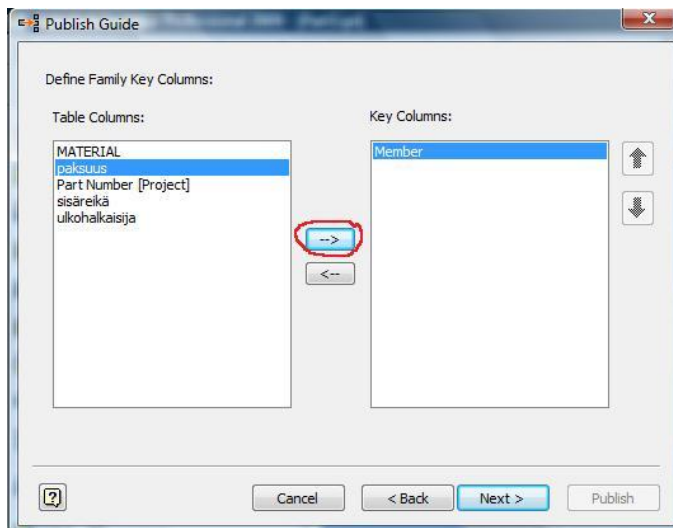
**KUVA 16. Luodun kansion valinta /8/**

Tämän jälkeen painetaan Next, jonka jälkeen avautuu kuvan 17 mukainen ikkuna, tästä pääsee eteenpäin painamalla Next. Seuraavaksi valitaan parametrit, jotka halutaan sisällyttää näkyviin ikkunaan, joka avautuu käytettäessä osaa Content Centerin kautta. Haluttu parametri valitaan vasemmalla olevasta Table Columns – sarakkeesta ja keskellä olevalla nuolella siirretään halutut kohdat Key Columns – sarakkeeseen (kuva 18).



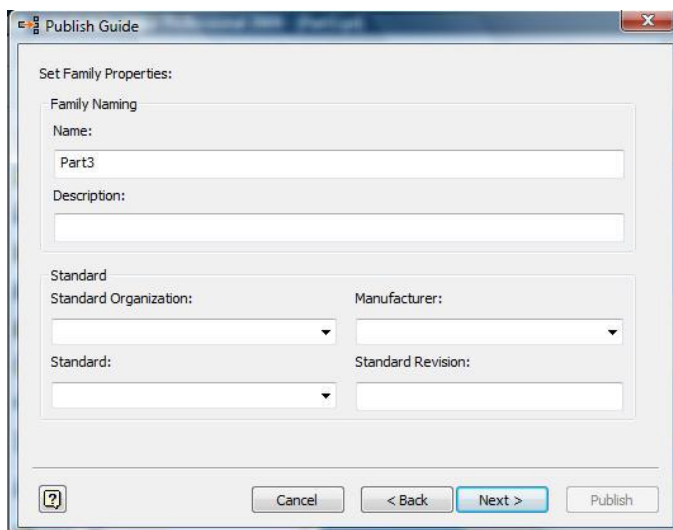
**KUVA 17. Publish Guide /8/**





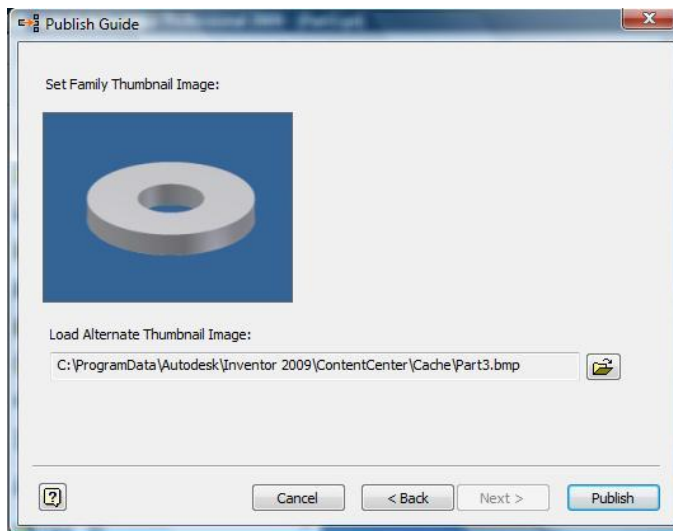
**KUVA 18. Parametrien valinta /8/**

Tämän jälkeen seuraavassa ikkunassa voidaan kirjoittaa haluttuja tietoja osasta, kuten nimi ja kuvaus. Osalle voidaan valita myös standardi, jonka mukaan se on tehty sekä muita tietoja.



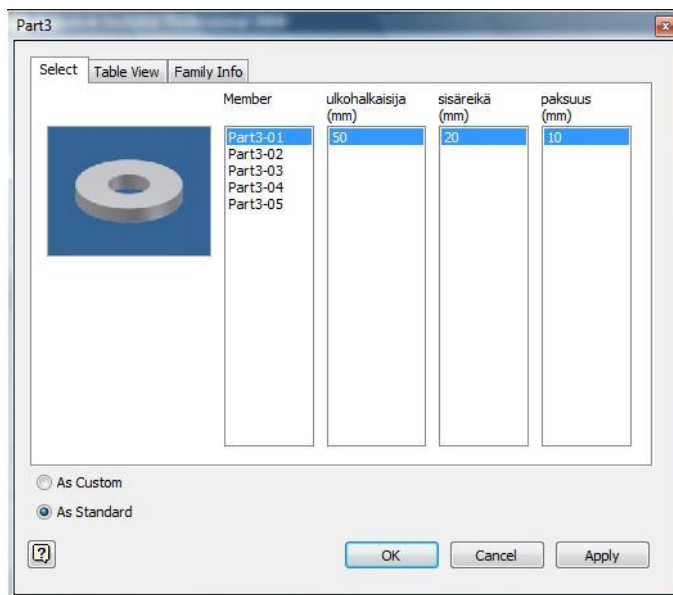
**KUVA 19. Osan nimeäminen /8/**

Viimeisessä ikkunassa ohjelma näyttää kuvan osasta ja Publish – painikkeella osa saadaan julkaistuksi kirjastossa.



**KUVA 20. Esikatselu /8/**

Lisättäessä osa kokoonpanoon, on valintaikkuna samanlainen kuin Inventorissa vakiona olevissa osissa.



**KUVA 21. Valintaikkuna /8/**

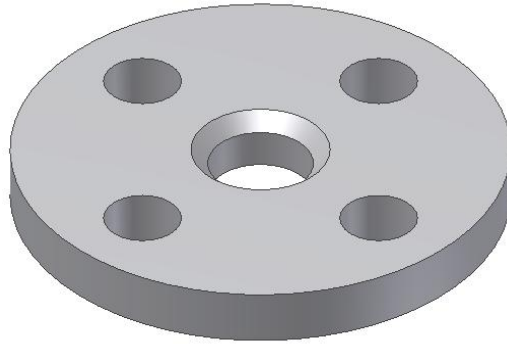
### 4.3 Älykäs osaperhe

Älykkäällä osaperheellä tarkoitetaan samanlaisista osista koostuvaa osakokonaisuutta joiden muoto säilyy, mutta mitat muuttuvat. Esimerkiksi standardisoidut osat ovat tällaisia. Inventorilla pystytään luomaan älykäs osaperhe helposti käyttämällä IParts -nimistä työkalua. Osaperheitä voidaan tehdä sekä yksittäisistä osista, että kokoonpanoista.

### 4.3.1 Osaperheen laatiminen

Osaperheen laatiminen aloitetaan tarvittavan osan piirtämisellä.

Tässä tapauksessa on piirretty laippa.



**KUVA 22. Laippa /7/**

Piirtämisen jälkeen täytyy osalle määrittää mitat. Osan mitat löytyvät Tools -valikosta kohdasta Parameters (kuva 23). Parameters - valikon alta löytyy ikkuna, jossa näkyvät kaikki kappaleen mitat (kuva 24).



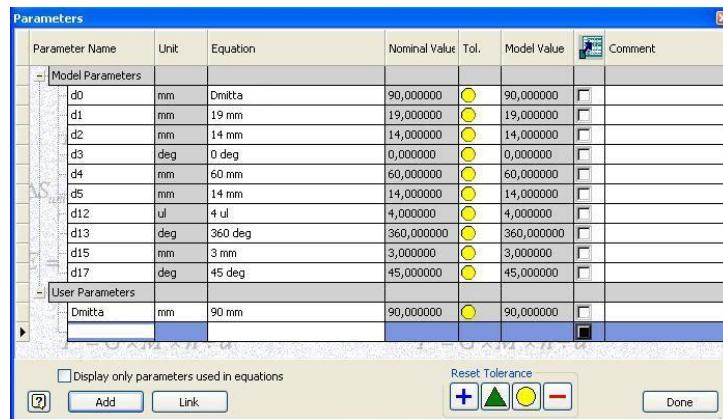
Parameter Name	Unit	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Comment
Model Parameters						
d0	mm	90 mm	90,000000	●	90,000000	
d1	mm	19 mm	19,000000	●	19,000000	
d2	mm	14 mm	14,000000	●	14,000000	
d3	deg	0 deg	0,000000	●	0,000000	
d4	mm	60 mm	60,000000	●	60,000000	
d5	mm	14 mm	14,000000	●	14,000000	
d12	ul	4 ul	4,000000	●	4,000000	
d13	deg	360 deg	360,000000	●	360,000000	
d15	mm	3 mm	3,000000	●	3,000000	
d17	deg	45 deg	45,000000	●	45,000000	
User Parameters						

$$F = G \times M \times n + d^2$$
 Display only parameters used in equations
 
 Reset Tolerance  
 + ▲ ● -

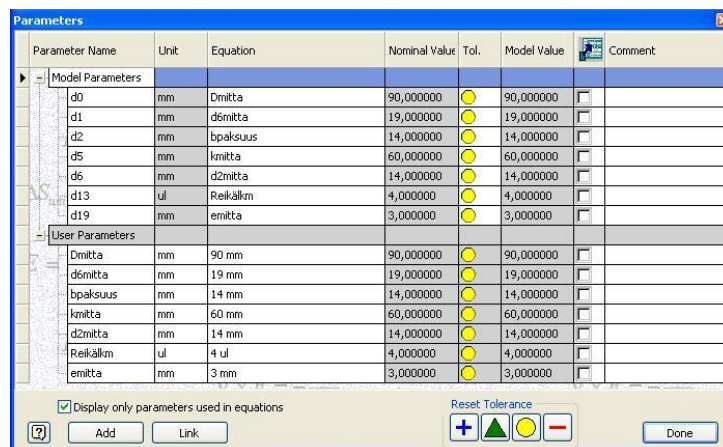
**Kuva 23. Parameters /7/**

**KUVA 24. Parameters -ikkuna /7/**

Add – painikkeella voidaan lisätä omia mittoja. Omat mitat täytyy liittää piirustukseen vaihtamalla siinä oleva mitta omaan mittaan. Kohdassa d0 oleva mitta on vaihdettu omaan mittaan nimeltä Dmitta (kuva 25). Vaihtaminen tapahtuu yksinkertaisesti klikkaamalla vaihdettavaa mittaa ja kirjoittamalla siihen haluttavan mitan nimi.



**KUVA 25. Mitan lisääminen /7/**

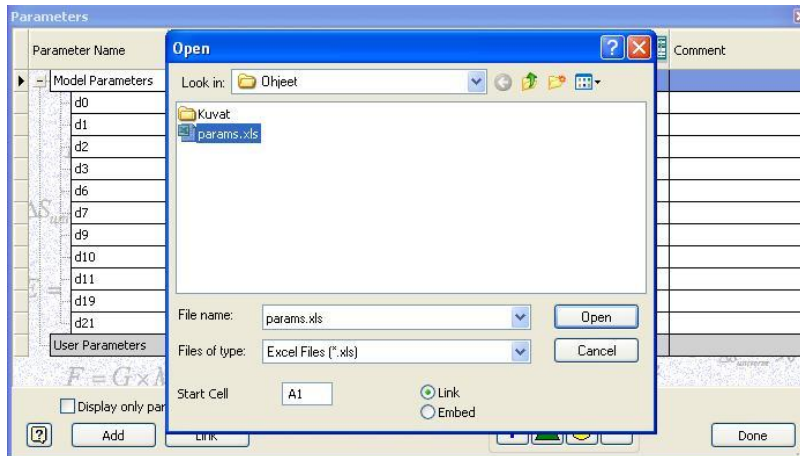


**KUVA 26. Valmis Parametes -ikkuna /7/**

Link – painikkeella voidaan lisätä mitat Excel – taulukon avulla. Avaa taulukkolaskenta ohjelma ja kirjoita muuttujien nimet ja arvot aloittaen A1-solusta (kuva 27). Linkityksen aloitus solu Inventorissa voidaan kuitenkin muuttaa kuvassa 28 näkyvästä Start Cell – ruudusta. Arvot voidaan kirjoittaa myös kaavoina tai lisätä valintalistan, johon voidaan merkitä useita vaihtoehtoja mitoille.

	A	B	C
1	Sisähalkaisija	19	
2	Ulkohalkaisija	89,3	
3	Reikä	14	
4	Paksuus	14	
5	Viiste	3	
6	Reikä_ettäisyys	30	
7			

**KUVA 27. Excel -taulukko /9/**

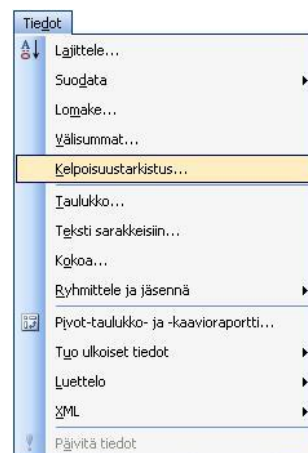


**KUVA 28. Link -valikko /7/**

Valintalista tehdään Microsoft Excel -ohjelmassa siten että kirjoitetaan halutut arvot johonkin kohtaan taulukkoa (kuva 29). Mittojen nimet tulee valita sellaisiksi, ettei niissä esiinny välilyöntejä, sillä Inventor ei hyväksy parametrin nimissä välilyöntejä. Tämän jälkeen klikataan hiirellä soluun, johon halutaan valikon tulevan ja valitaan Tiedot – valikosta kohta Kelpoisuustarkistus (kuva 30).

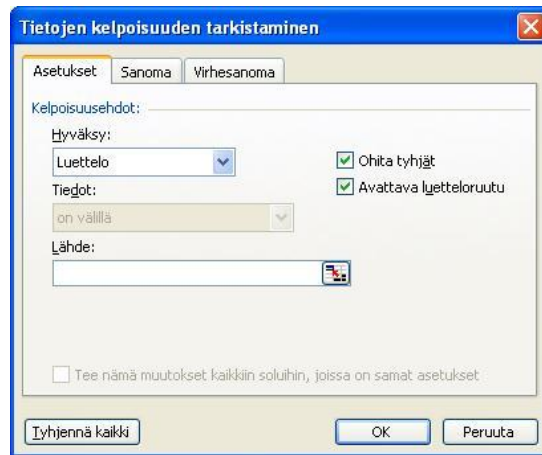
	A	B	C
1	Sisähalkaisija	19	
2	Ulkohalkaisija	90	
3	Reikä	14	
4	Paksuus	14	
5	Viiste	3	
6	Reikä_ettäisyys	30	
7			
8		19	
9		21	
10		23	
11		25	
12			

**KUVA 29. Valitut solut /9/**



**KUVA 30. Kelpoisuustarkistus /9/**

Avautuvan ikkunan (kuva 31) Asetukset välilehden Hyväksy – valikosta valitaan kohta Luettelo, klikataan Lähde -kohdan alapuolella olevaa laatikkoa ja valitaan Excel – taulukosta halutut arvot. Tämän jälkeen painetaan OK – painiketta, jolloin ilmaantuu valikko, josta voidaan valita haluttu arvo (kuva 32.)

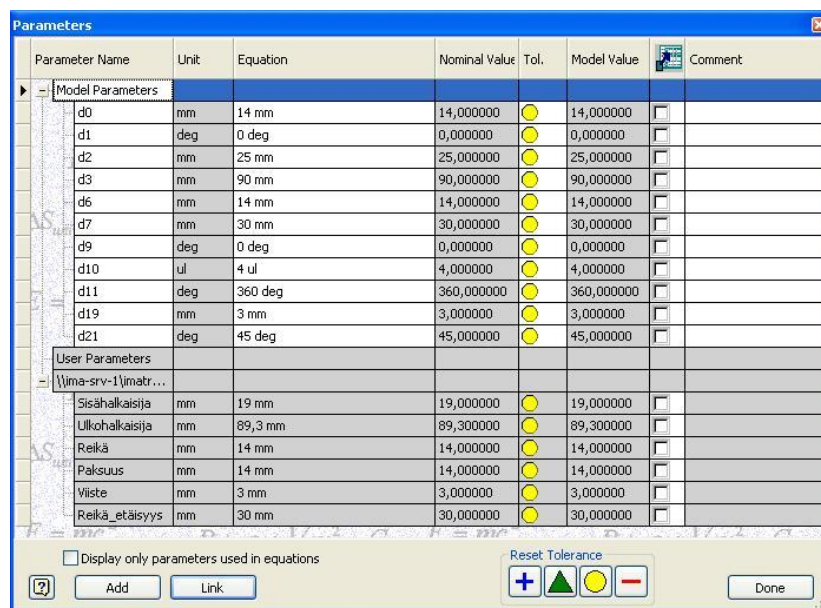


	A	B	C
1	Sisähalkaisija	19	
2	Ulkohalkaisija		
3	Reikä	21	
4	Paksuus	23	
5	Viiste	25	
6	Reikä_etäisyys	3	
7			
8		19	
9		21	
10		23	
11		25	
12			

**KUVA 31. Kelpoisuustarkistus ikkuna /9/**

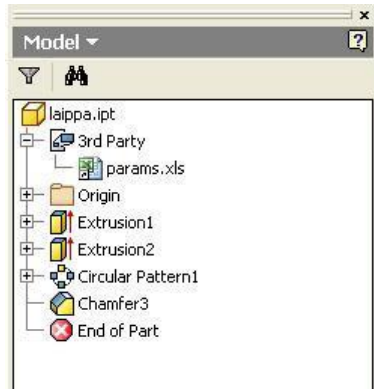
**KUVA 32. Valmis valikko /9/**

Tämän jälkeen tulee taulukko tallentaa mieluiten samaan projektikansioon kuin osa, johon linkitys tehdään. Inventorin Parameters – valikossa on Link – painike (esimerkiksi kuva 33), jolla lisätään Excel – taulukon arvot osalle (kuva 28). Valitaan Excel – tiedosta ja painetaan Open -painiketta, jolloin taulukon sisältämät arvot tulevat Parameters – ikkunaan (kuva 33).



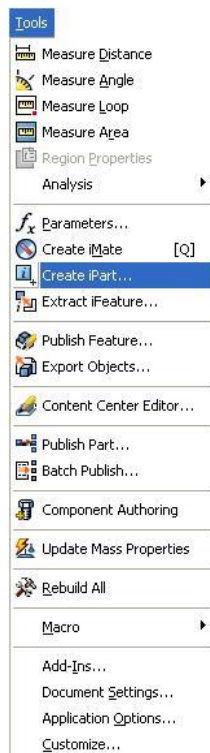
**KUVA 33. Mitat liitettynä Parameters -ikkunaan /7/**

Tämän jälkeen täytyy vielä mitat linkittää halutuille paikoilleen samalla lailla kuin Add – painikkeen kanssa toimittaessa. Linkitetty taulukko näkyy osan Model – piirrepuun 3rd Party – valikon alta (kuva 34). Taulukkoa pääsee muokkaamaan tätä kautta. Taulukkoon tehdyt muutokset saa näkyviin osassa painamalla Inventorissa olevaa Update – painiketta, kun muutokset on tallennettu.



**KUVA 34. Model -valikko /7/**

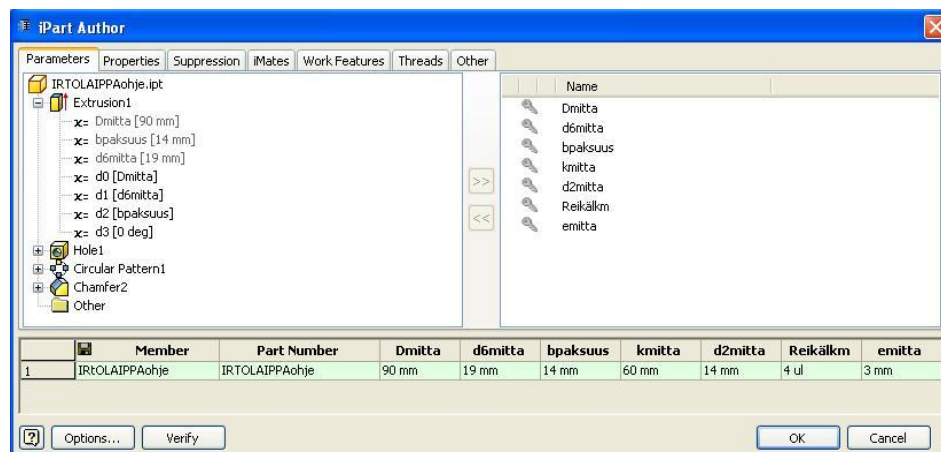
Kun kaikki tarvittavat mitat on syötetty Parameters – taulukkoon, voidaan osaperhe tehdä. Osaperhe luodaan Tools -valikosta löytyvällä Create iPart – työkalulla.



**KUVA 35. Create iPart /7/**

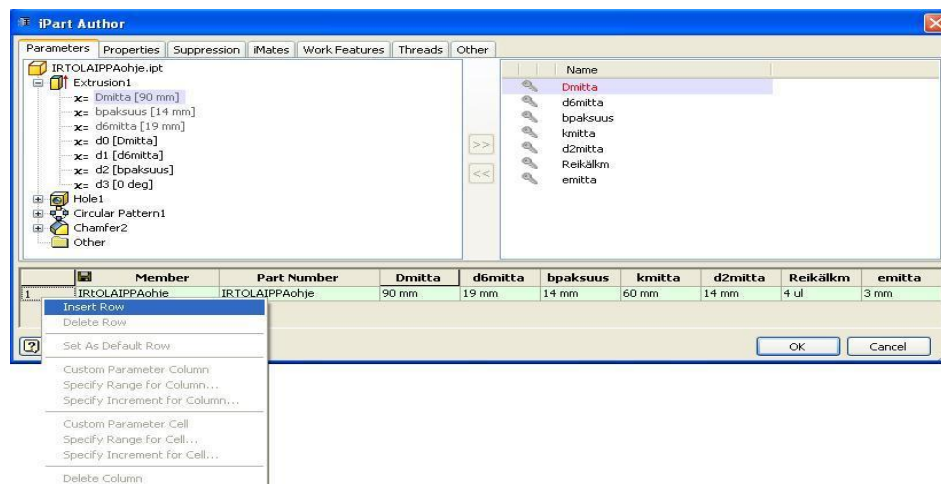


Create iPart – valikon alta löytyy ikkuna, jonka avulla luodaan osaperhe.



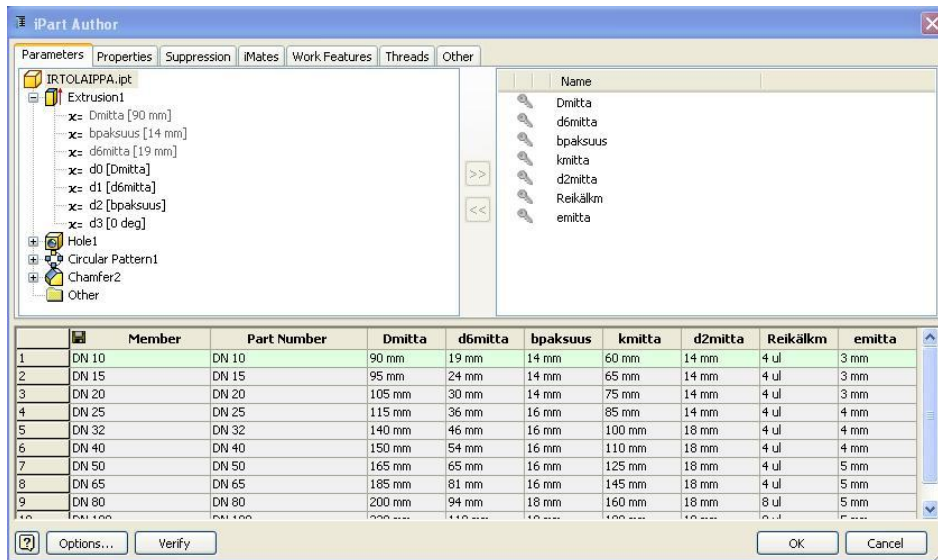
**KUVA 36. iPart Author /7/**

Ikkunassa näkyvät kaikki Parameters – ikkunassa määritellyt mitat, lisäksi näkyvät muuta kappaleeseen vaikuttavia mittoja yms. Muutettavia mittoja voidaan lisätä valitsemalla haluttu mitta vasemmasta sarakkeesta ja klikkaamalla sarakkeiden välissä olevaa nuolta, jolloin mitta siirtyy oikeaan sarakkeeseen ja alasarakeeseen, jossa sitä voidaan muokata. Kappaleen nimeä, osanumeroa ja mittoja voidaan muokata yksinkertaisesti klikkaamalla niitä ja kirjoittamalla tarvittavat tiedot. Lisää osia perheeseen saadaan painamalla hiiren oikeaa nappia kappaleen numeroa näyttävän osion päällä ja valitsemalla Insert Row, jolloin ilmestyy uusi osa valikkoon, jonka mittoja voidaan muokata.



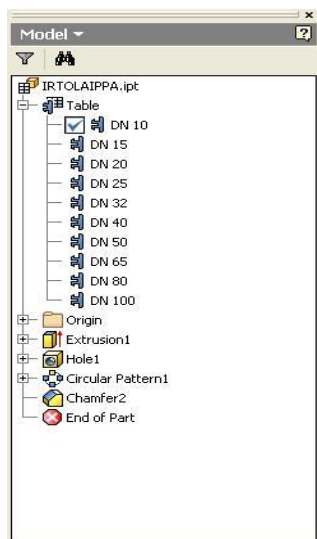
**KUVA 37. Insert Row /7/**





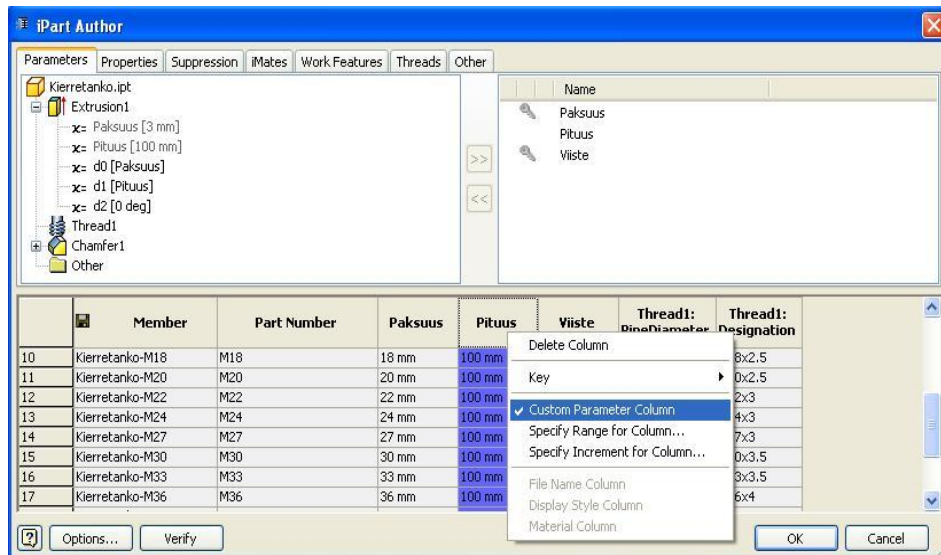
**KUVA 38. Valmis taulukko /7/**

Osaperheen jäsenet löytyvät Model – piirrepuun Table – valikon alta.



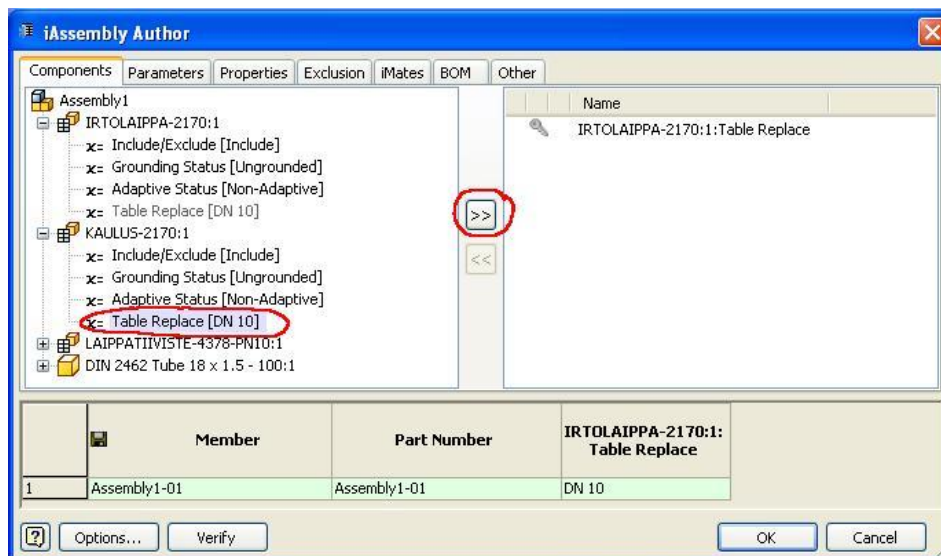
**KUVA 39. Osaperhe Model - valikossa /7/**

Osaperheen jäsenille voidaan tehdä muuttuvia mittoja, joita voidaan vapaasti muokata osaa käytettäessä. Halutun mitan päällä klikataan hiiren oikeaa nappia ja valitaan Custom *Parameter Column*, jolloin mitta on vapaasti muokattavissa.



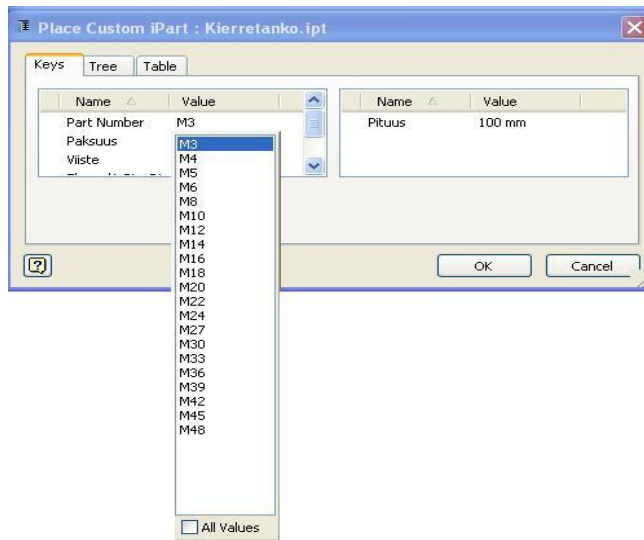
**KUVA 40. Custom Parameter Column /7/**

Kokoonpanoistakin voidaan tehdä osaperheitä. Osaperheen tekoprosessi on muuten samanlainen kuin yksittäisen osan kohdalla, lukuun ottamatta muutamia eroavaisuuksia. Kokoonpanossa iPart – valikon tilalla on iAssembly – valikko ja osien mittojen tilalla on valikko, josta valitaan haluttu osa kokoonpanoon.



**KUVA 41. iAssembly Author /7/**

Avattaessa osaa ilmestyy ikkuna, jossa voidaan valita halutut mitat, valikko löytyy myös Table – valikon kautta.



**KUVA 42. Osan valikko /7/**

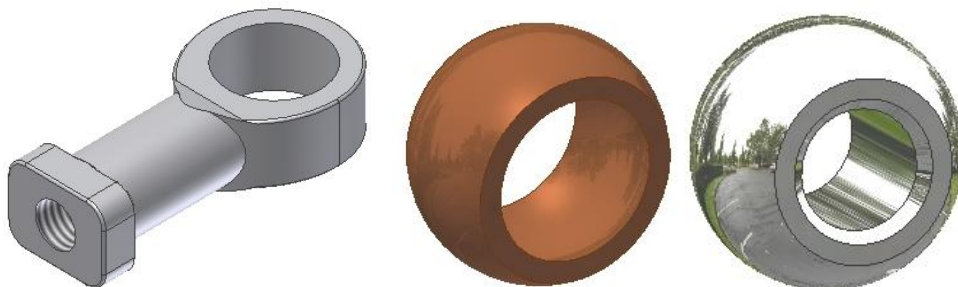
Esimerkin muokattavat mitat ovat Paksuus ja Pituus, joka on vapaasti muokattavissa.

## 5 KIRJASTON OSIEN KUVAUKSET

Nämä osien kuvaukset käsittelevät piirrettyjä osia tyyppikohtaisesti. Osia voi olla monta samankaltaista yhdessä osatyyppissä, kuten esimerkiksi palloventtiilien tai irto-laippojen tapauksissa. Osatyypejä on piirretty kymmenen erilaista, joihinkin sisältyy useita osia ja lähes kaikista on tehty älykäsosaperhe, jonka ansiosta kirjasto sisältää kaikkiaan 275 osaa.

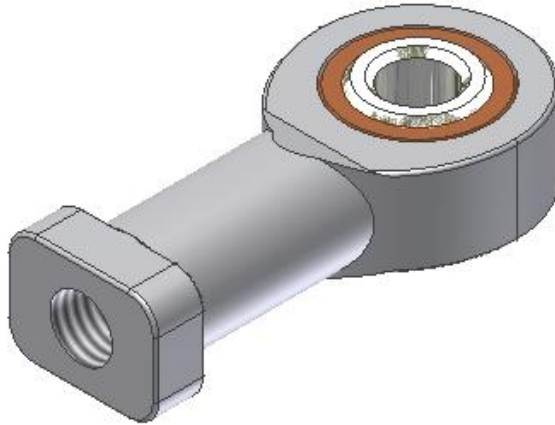
### 5.1 Nivelvarsi - JAF

Nivelvarsi - JAF on ASAHI Laakeriryksiköt – kuvaston mitoilla tehty sisäkierteellinen nivelvarsi. Nivelvarsi koostuu kolmesta osasta; rungosta, välirenkaasta ja sisärenkaasta.



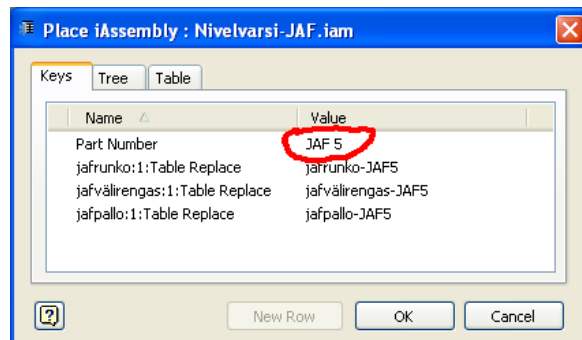
**KUVA 43. JAF 5 -nivelvarren osat /7/**

Jokaisesta osasta on tehty iParts – työkalun avulla osaperheet, jotka sisältävät JAF 5:stä JAF 30:een mitoitettut osat. Osista on koottu kokoonpano, josta on tehty iAssembly – työkalulla osaperhe, joka sisältää nivelvarret JAF 5 – JAF 30.



**KUVA 44. JAF 5 – nivelvarsi /7/**

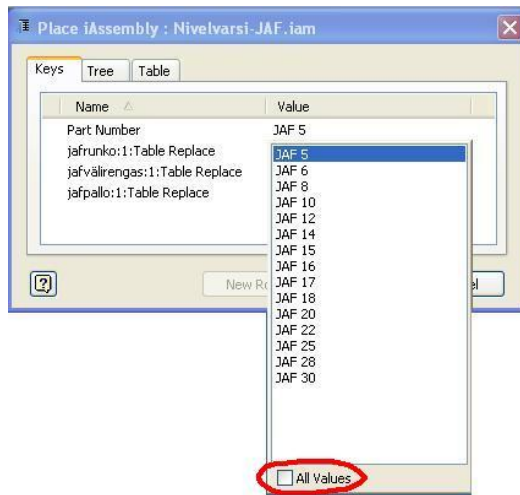
Lisättäessä osa kokoonpanoon, avautuu seuraavanlainen ikkuna.



**KUVA 45. Nivelvarren valikko /7/**

Ikkunassa voidaan valita haluttu koko Value – sarakkeesta, Part Number – rivistä.

Ikkunassa näkyy muitakin valikkoja, mutta ne eivät sisällä valittavia arvoja, vaan niissä näkyvät osat, joista kokonaisuus koostuu.



**KUVA 46. Nivelvarren koon valitseminen /7/**

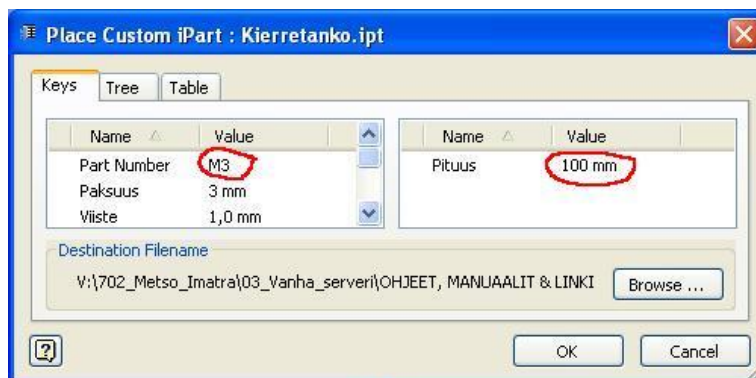
## 5.2 Kierretanko

Kierretanko on metrisellä kierteellä varustettu, pituuden osalta vapaasti muokattavissa oleva osa. Kierteet ovat kokoa M3 – M48.



**KUVA 47. Kierretanko /7/**

Lisättäessä kierretanko kokoonpanoon avautuu seuraavanlainen ikkuna, jossa voidaan valita haluttu kierrekoko ja pituus.

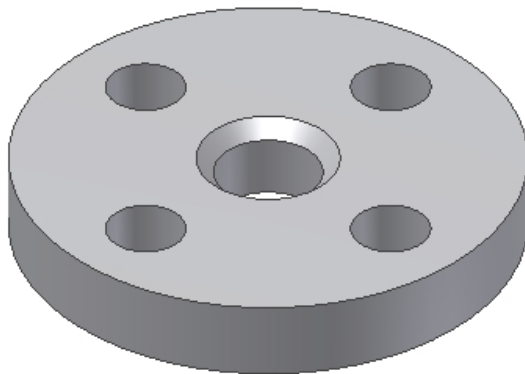


**KUVA 48. Kierretangon valikko /7/**

Haluttu kierre valitaan Part Number – rivin Value – sarakkeesta, jossa kuvassa lukee M3. Pituus määritellään klikkaamalla kuvassa näkyvän Pituus -valikon Value - saraketta, jossa kuvassa lukee 100 mm.

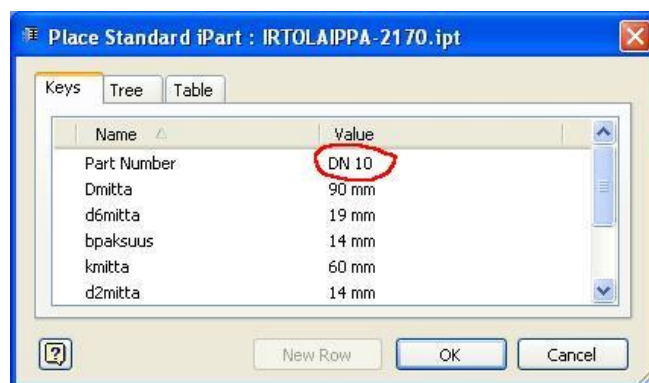
### 5.3 Irtolaippa

Irtolaippoja on neljä erilaista, standardien SFS2170, SFS4171, SFS4172 ja SFS4173 mukaisia. Kokoja on DN10 – DN500, paitsi SFS4173, jossa on koot DN10 – DN400.



**KUVA 49. Laippa SFS2170 /7/**

Lisättäessä mikä tahansa laippa kokoonpanoon avautuu seuraavanlainen ikkuna, josta voidaan valita haluttu laippa.

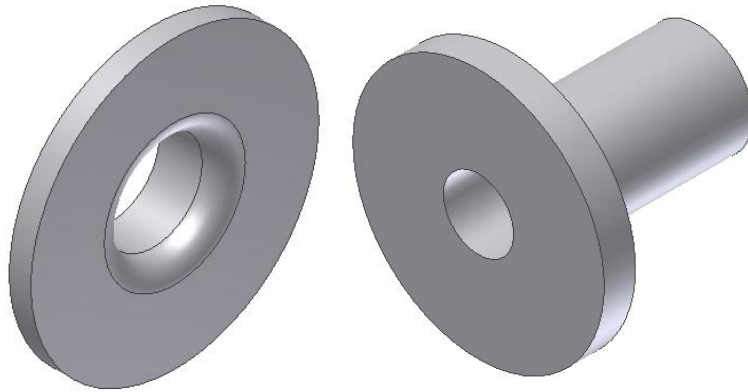


**KUVA 50. Laipan valikko /7/**

Halutun koon saa valittua Part Number – rivin Value – sarakkeen kohdasta, jossa kuvassa lukee DN 10.

## 5.4 Kaulus

Laippakauluksia on viisi erilaista, standardien SFS2170, SFS4167, SFS4168, SFS4169 ja SFS4170 mukaisilla mitoituksilla.

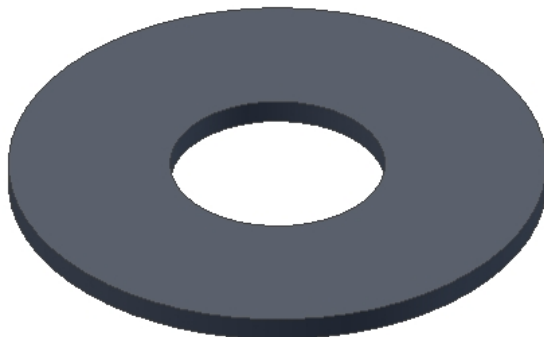


**KUVA 51. Laippakaulukset SFS2170 ja SFS4167 /7/**

Lisättäessä mikä tahansa laippakaulus kokoonpanoon avautuu samankaltainen ikkuna kuin laippojen tapauksessa. Samoin halutun kappaleen valinta on samanlainen kuin laippojen tapauksessa.

## 5.5 Laippiiviste

Laippiiviste on standardin SFS4378 mukaisesti mitoitettu tiiviste, josta löytyvät koot DN10 – DN500. Paksuudeltaan kaikki tiivisteet ovat 2 mm.



**Kuva 52. Laippakaulus SFS4378 /7/**

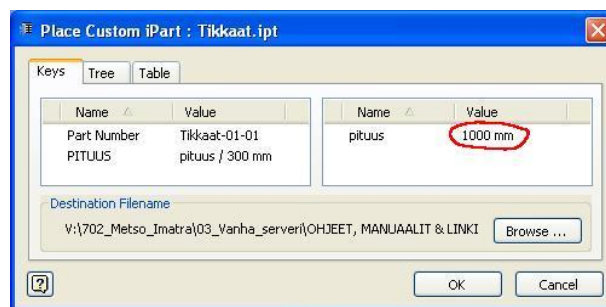
## 5.6 Tikkaat

Tikkaat on piirretty standardin SFS4713 mukaisesti. Tikkaiden puolien välimatka ja leveys ovat kiinteät, mutta pituutta voidaan muokata. Pituuden ollessa muu kuin puolien välimatkan eli 300 mm jaollinen, tulee ylimenevä osa tikkaiden yläpäähän.



**KUVA 53. Tikkaat SFS4713 /7/**

Lisättäessä tikkaat kokoonpanoon avautuu kuvan 12 mukainen valikko, josta valitaan pituus – valikon Value – sarakkeeseen haluttu mitta.

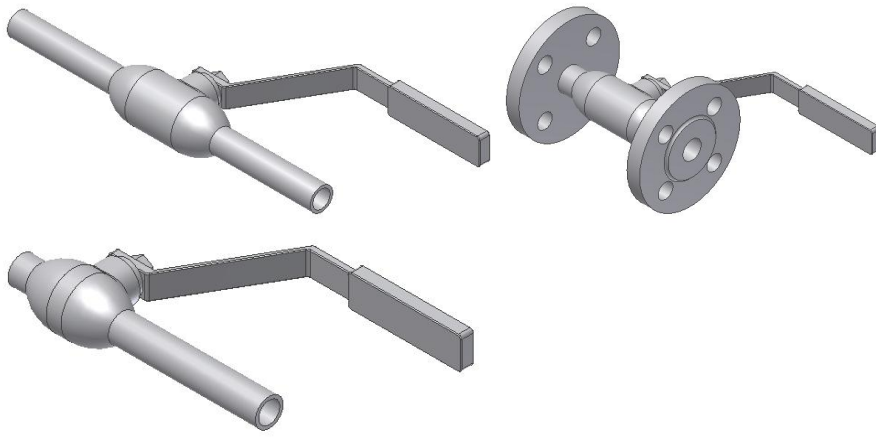


**KUVA 54. Tikkaiden valikko /7/**

## 5.7 Palloventtiilit

Palloventtiilit on piirretty Navalin kuvaston mukaan. Palloventtiilejä on kolmea erilaista; hitsattava kahvalla, laipallinen kahvalla ja sisäkierteellinen - hitsattava kahvalla. Hitsattava kahvalla ja sisäkierteellinen – hitsattava kahvalla -venttiilejä on mitoissa DN10 – DN 100 ja laipallista DN 15 – DN 100. Kaikissa venttiileissä on liikuteltava kahva. Kahvan asento muutetaan avaamalla venttiilin tiedosto ja liikuttamalla kahvaa haluttuun asentoon ja tämän jälkeen tallennetaan tiedosto.





**KUVA 55. Palloventtiilit /7/**

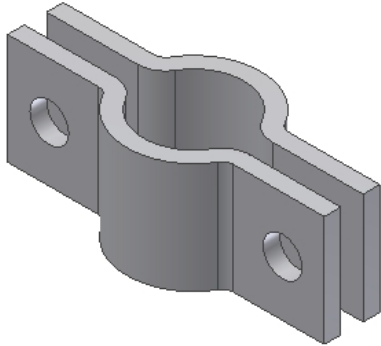
Lisättäessä kokoonpanoon mikä tahansa palloventtiili avautuu kuvan 14 kaltainen valikko, josta valitaan halutun kokoinen venttiili. Valinta tapahtuu samantapaisesti kuin muillakin osilla eli Part Number – rivin Value – sarakkeesta.



**KUVA 56. Palloventtiilien valikko /7/**

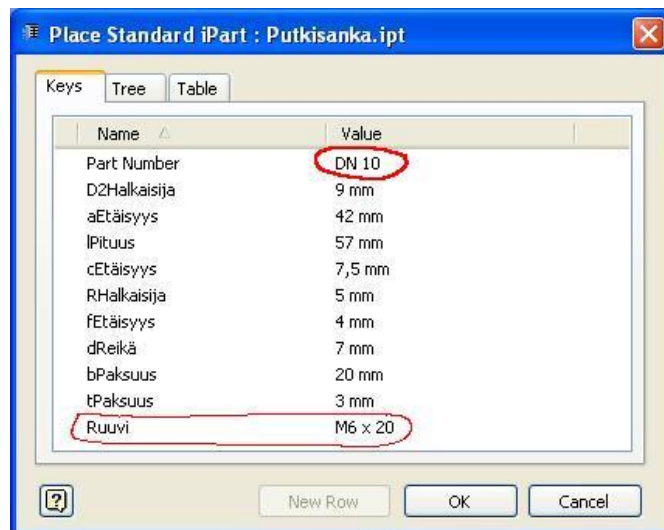
## 5.8 Putkisanka

Putkisanka on piirretty standardin SFS5370 mukaan. Kokoja on DN10:stä DN500:an.



**KUVA 57. Putkisanka /7/**

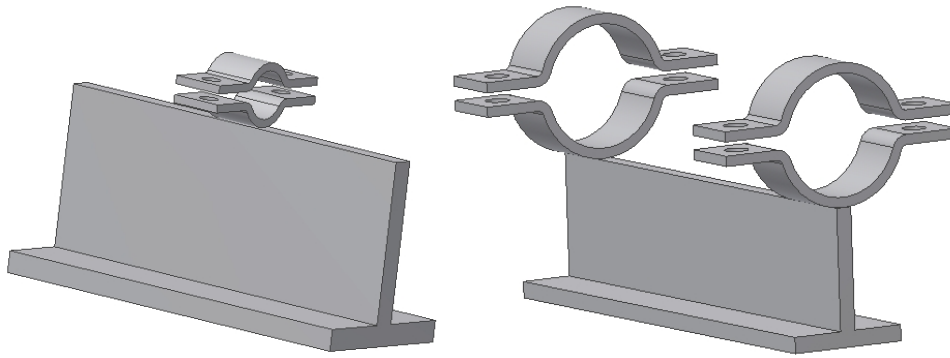
Lisättäessä Putkisanka kokoonpanoon ilmestyy ikkuna, jossa valitaan haluttu koko. Lisäksi ikkunasta nähdään millainen ruuvikoko kuuluu kyseessä olevaan putkisankaan. Käytettäessä Putkisankaa siihen tarvittavat ruuvit on lisättävä manuaalisesti.



**KUVA 58. Putkisangan valikko /7/**

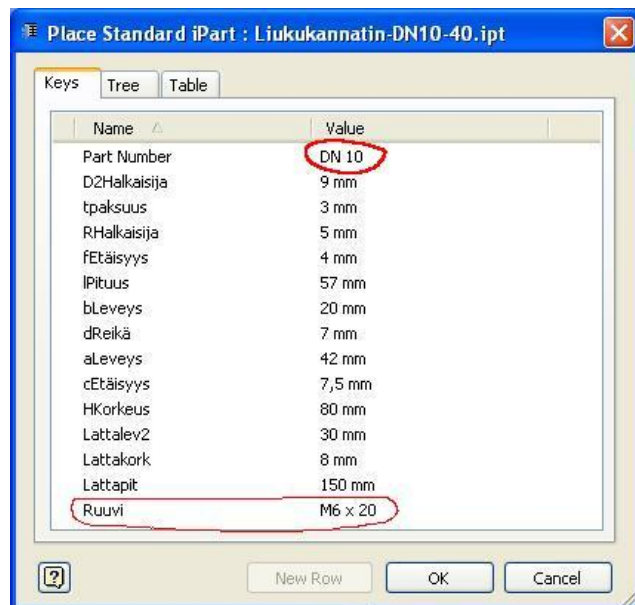
## 5.9 Liukukannatin

Liukukannattimet on piirretty standardin SFS5373 mukaan ja niitä on kaksi erilaista. Koot DN10 – DN40 ovat yhdellä putkisangalla ja DN50 – DN150 kahdella.



**KUVA 59. Liukukannattimet DN10 – 40 ja DN50 – 150 /7/**

Kuten Putkisangassakin, näkyy Liukukannattimien valintaikkunassa tarvittavat ruuvit valikon lopussa. Liukukannattimeen täytyy lisätä ruuvit manuaalisesti, aivan kuten Putkisankaankin.



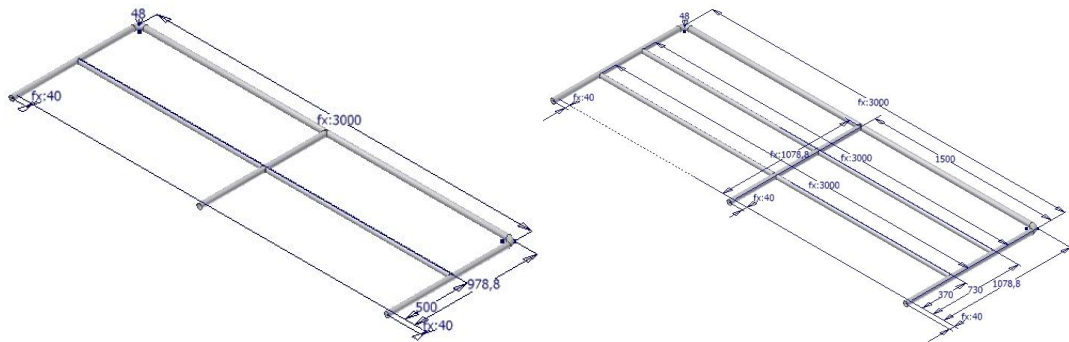
**KUVA 60. Liukukannattimien valikko /7/**

## 5.10 Tasojen kaiteet

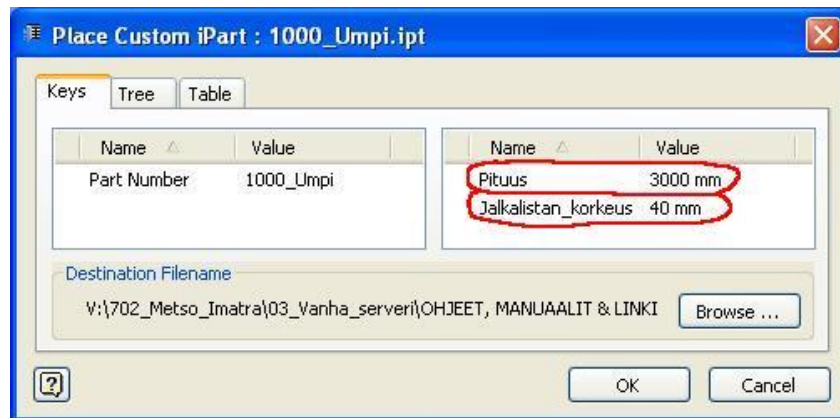
Kaiteet on piirretty standardin SFS4441 mukaan. Kaiteita on kahta erilaista: normaali kaide, joka on korkeudeltaan 1000 mm ja korkea kaide, korkeudeltaan 1100 mm. Kaiteet on piirretty siten, että vaikka kuvissa näkyvät mitat näyttävät kaiteet lyhyemmiksi kuin standardi, ovat ne oikean korkuisia. Kaiteita on kahdentyyppisiä; suorat kaiteet, joiden pituutta voidaan muokata, sekä kulmapalat, jotka ovat kiinteitä. Kaikkien kai-

teiden alapäässä on oletusarvoltaan 40 mm pitkä jalkalistan korkeuden määrittävä jatkos, jota voidaan muokata vapaasti.

1000 Umpi ja 1100 Umpi ovat pituuden osalta vapaasti muokattavia kaiteita, joihin piirtyy automaattisesti uusia pystyputkia 1500 mm välein. Kaiteet ovat molemmista päistä umpinaisia. Kokoonpanoon lisättäessä kuvassa 15 näkyvät mitat häipyvät. Lisättäessä kaiteet kokoonpanoon tulee näkyviin kuvan 16 mukainen ikkuna, josta muokataan kaiteen pituus sekä jalkalistan korkeus.

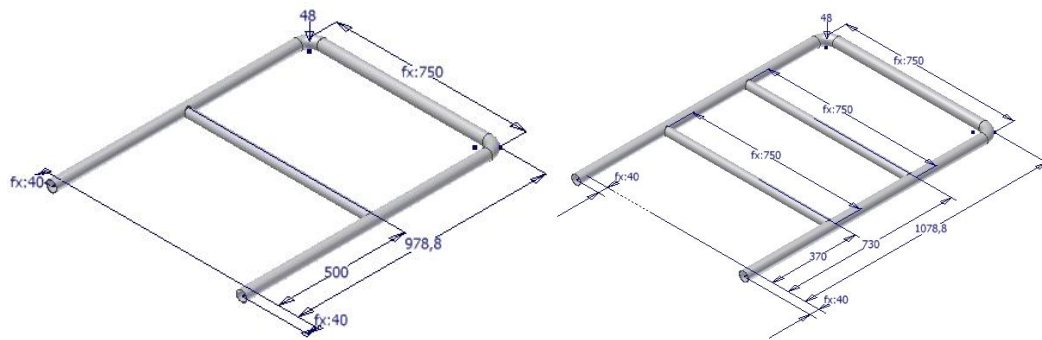


**KUVA 61.** Kaiteet 1000 umpi ja 1100 umpi /7/



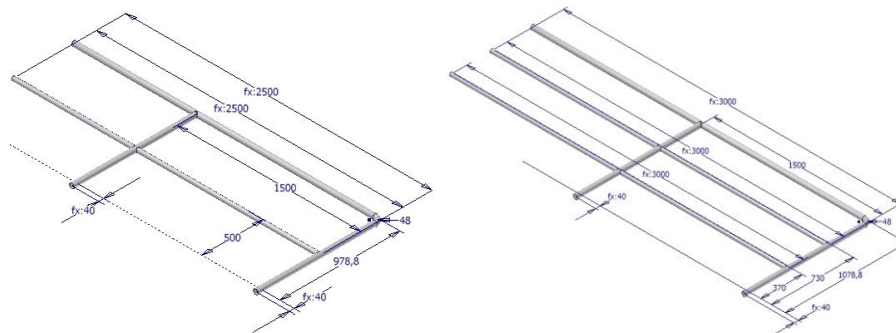
**KUVA 62.** Kaiteiden valikko /7/

1000 Umpiväli ja 1100 Umpiväli ovat muuten samanlaisia kuin edellä olevat kaiteet, mutta eivät sisällä päätyputkien välissä olevaa pystyputkea. Valikot ovat myös samanlaisia kuin edellisissä kaiteissa.



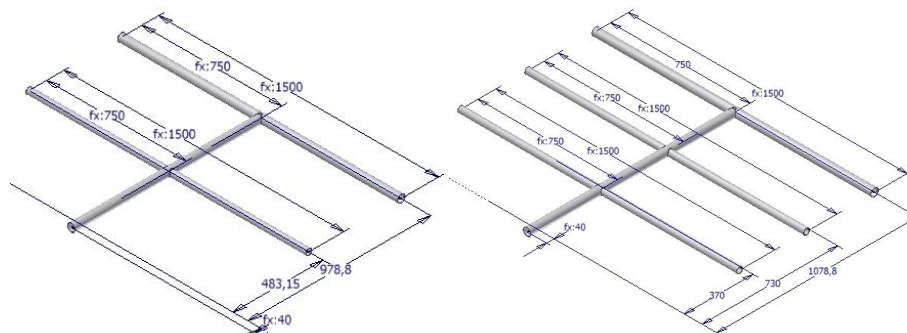
**KUVA 63. Kaiteet 1000 Umpiväli ja 1100 Umpiväli /7/**

1000 Avoin ja 1100 Avoin ovat vapaasti pituuden osalta muokattavissa olevia, toisesta päästä avoimia ja toisesta päästä umpinaisia kaide-elementtejä. Lisättäessä valikot ovat samanlaisia kuin aikaisemmissakin kaiteissa.



**KUVA 64. Kaiteet 1000 Avoin ja 1100 Avoin /7/**

1000 Avoinväli ja 1100 Avoinväli ovat vapaasti pituuden osalta muokattavia, molemmista päistä aukinaisia kaide-elementtejä. Lisäksi kaiteissa voidaan muokata kuvassa 19 olevaa valikkoa Jatko pituus, jolla määritetään kaiteen toisen puoliskon pituus.

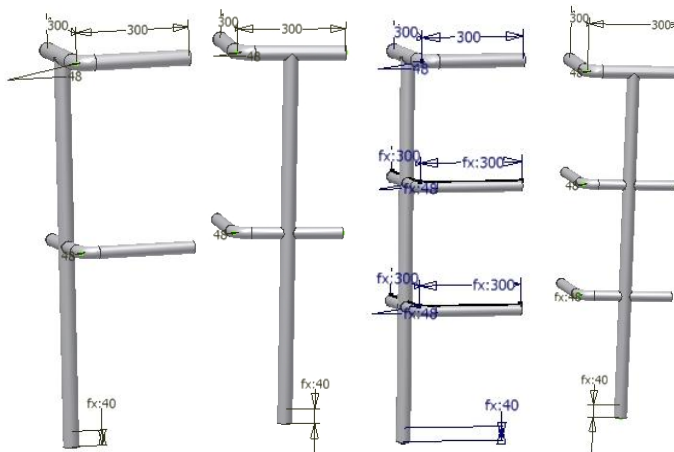


**KUVA 65. Kaiteet 1000 Avoinväli ja 1100 Avoinväli /7/**

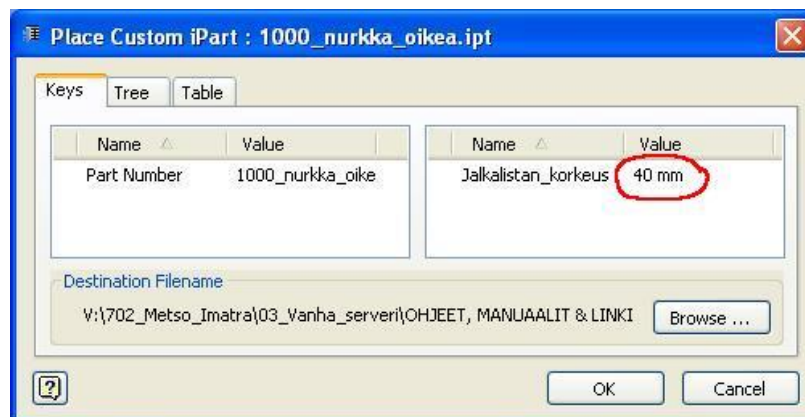


**KUVA 66. Kaiteiden jatkon pituuden muokkaus /7/**

1000 nurkka oikea ja vasen sekä 1100 oikea ja vasen ovat kiinteitä, 300 mm molemmista päistä pitkiä nurkkaelementtejä. Näistäkin osista voidaan muokata pohjassa olevaa jalkalistan korkeutta.



**KUVA 67. Kaiteet nurkka 1000 ja 1100 /7/**



**KUVA 68. Jalkalistan korkeuden muokkaus /7/**

## 6 MAHDOLLISET ONGELMAT KIRJASTON LUOMISESSA

Varsinaisia ongelmia ei itse kuvien piirtämisessä ollut kovinkaan paljoa. Suurin osa piirrettävistä osista oli rakenteeltaan melko yksinkertaisia. Suurimmat ongelmat piirtämisen osalta olivat Nivelvarsi – JAF:n kohdalla, sillä se oli ensimmäinen osa, jonka piirsin kirjastoon, joten siitä johtuneet ongelmat johtuivat pääasiassa tottumattomuudesta ohjelman käyttöön. Tästä johtuen Nivelvarsi – JAF ei ole aivan yhtä selkeä ja yksinkertainen, esimerkiksi Parameters -valikkoa tarkastellessa kuin myöhemmin vastaavalla tavalla piirretyt osat, esimerkiksi Palloventtiilit.

Toinen osakokonaisuus, joka aiheutti melko paljon ongelmia, olivat kaiteet. Kaiteiden ongelmat johtuivat suurimmaksi osaksi Inventorin ominaisuuksista ja omasta tietämättömydestäni sen toiminnasta. Kaiteet on piirretty siten, että ensin on piirretty luuranko, jonka päihin on piirretty halutun kokoisia putkia kuvaavat ympyrät, jotka on pursoitettu luurangon mukaisesti. Tämän jälkeen on Rectangular Pattern – työkalun avulla toteutettu kaiteen väliputkien lukumäärän lisääminen kaiteen pituuden suhteen. Alkuun yritin saada tämän toimimaan .iam muotoisella pohjalla eli kokoonpanolla, käyttäen hyväksi Frame Generator –työkalua. Kokoonpanossa ei kuitenkaan pysty muokkaamaan osaa, avaamalla itse osaa joka on osana kokoonpanoa, joten kaiteiden pituuden muokkausta ei saanut toimimaan. Piirtämällä osat tavallisina kuvina sain ne toimimaan siten kuin olin suunnitellut.

Kirjaston luomisen suurin ongelma oli se, ettei yrityksellä ole käytössään verkkoa tai toiminnanohjausjärjestelmää, johon Inventor olisi kytketty. Tämän takia en pystynyt toteuttamaan kirjastoa, joka olisi liitetty Inventorin omaan Content Centeriin. Tästä johtuen kirjaston käyttäminen on melko hidasta, koska jokainen tarvittava osa on käytävä kopioimassa yrityksen omalta serveriltä ja tallennettava käytössä olevan projektin kansioon. Konserniin johon yritys kuuluu, on kuitenkin todennäköisesti joskus tulevaisuudessa tulossa toiminnanohjausjärjestelmä, jonka takia sisällytin Content Centeriin lisäämisen tähän raporttiin.

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Ensimmäisiä tehtäviä työssä oli Inventorin käytön opetteleminen. Ohjelman käyttö oli kuitenkin melko helposti opittavissa, etenkin kun käytössäni oli hyvä ohjekirja sekä jonkin verran kokemusta 3D-mallinnuksesta. Inventorin monien lisäominaisuuksien, kuten älykkään osaperheen laatiminen iParts – työkalulla tai Frame Generatorin käyttö, olivat myös melko helposti omaksuttavissa selkeiden ohjeiden avustuksella sekä yksinkertaisesti kokeilemalla mitä mistäkin toiminnosta tapahtuu.

Inventor on ollut yrityksen käytössä jo jonkin aikaa, joten mitään piirustus pohjia tai yrityskohtaisia asetuksia minun ei ollut tarvetta tehdä, joten pystyin keskittymään pelkästään kirjaston luomiseen. Osakirjaston laatimisessa oli hieman vaikeuksia keksiä mitä kaikkia osia siihen sisällyttäisi. Itselläni ei ole kokemusta teollisuuden suunnittelutöistä, joten lähes kaikki osat, jotka sisältyvät kirjastoon, ovat yrityksen suunnittelijoiden toiveita. Suunnittelijat olivat kuitenkin tyytyväisiä kirjaston laajuuteen, vaikka itse olisin toivonut siihen jokusen osan lisää. Nykyisessä laajuudessaankin kirjasto on melko kattava yrityksessä usein tarvittavien osien osalta. Osat yritin piirtää mahdollisimman yksinkertaisiksi, mutta kuitenkin mahdollisimman paljon aidon näköisiksi, standardit helpottivat tätä työtä oleellisesti, koska niistä sai kaiken tarvittavan informaation osan mitoista ja muista ominaisuuksista. Vaikken saanutkaan kirjastoa lisättyä Inventorin Content Centeriin, toimii se nykyisessä sijainnissaankin melko hyvin, vaikka tuottaa hieman enemmän työtä.

Tekemäni ohjeet, kuten älykkään osaperheen laatiminen, auttavat yrityksen suunnittelijoita tulevaisuudessa itse tekemään usein tarvitsemistaan standardikokoisista osista samalla lailla toimivia, kuin minun tekemäni osat. Piirtämistäni osista tein ohjeet, joissa selostan osien toiminnan sekä kuinka ne käyttäytyvät kokoonpanoon lisättäessä. Näiden ohjeiden toivon helpottavan suunnittelijoita Inventorin käytössä sekä innostavan niitä, jotka eivät vielä ole aloittaneet käyttämään Inventoria suunnittelutöissä.



## 8 YHTEENVETO

Komponenttikirjasto tällaisessa muodossa, on hyvin yksinkertainen toteuttaa ja käyttää. Parempiakin toteutustapoja on olemassa, mutta tässä tapauksessa niitä ei voinut toteuttaa. Kirjasto tulee aikaa myöten nopeuttamaan suunnittelutöitä, kun vältetään sellaisten standardiosien piirtämiseltä, joita ei löydy Inventorin omasta kirjastosta tai valmistajien sivuilta.

Kirjastossa ei ole kaikkia mahdollisia osia, joita saatetaan tarvita, mutta kirjastoon voivat muutkin lisätä tarpeellisia osia. Annettujen ohjeiden avulla voi itse kukin tehdä piirtämistään osista standardien mukaisia osaperheitä. Content Centeriin voidaan tarvittaessa lisätä osat ohjeiden mukaan, tarpeellisten verkkojen tai järjestelmien käyttöönoton jälkeen. Ohjeet eivät ole tältä osalta aivan täydellisen tarkkoja, mutta niiden ja Inventorin omien ohjeiden avustuksella saadaan kuitenkin osat lisättyä Content Centeriin.

Piirtämilleni osille ja tekemilleni ohjeille on varmasti käyttöä tulevaisuudessa. Niiden avulla voidaan nopeuttaa suunnittelutöitä sekä luoda uusia osia. Yritys sai haluamansa kirjaston sekä ohjeistuksen siihen, joten mielestäni työn tavoitteet ovat täyttyneet kaikilta osa-alueiltaan.

**LÄHDELUETTELO**

- /1/ Insinööritoimisto Metso Oy. Yrityksen internetsivut. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 1.2.2010. Saatavissa <http://www.insmetso.fi>
- /2/ Insinööritoimisto Comatec Oy. Yrityksen internetsivut. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 1.2.2010. Saatavissa: <http://www.comatec.fi>
- /3/ Hietikko, Esa, Autodesk Inventor – Readme.fi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2007
- /4/ Autodesk. Yrityksen internetsivut. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 3.2.2010. Saatavissa:  
<http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/index?siteID=448412&id=12510918>
- /5/ CADi Group. Yrityksen internetsivut. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 3.2.2010. Saatavissa  
<http://www.cadigroup.fi/index.php/tuotteet/mekaniikkasuunnittelu/autodesk-inventor/1685>
- /6/ Cad digest. Cad Research – CAD in the Mechanical Engineering Sector. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 3.2.2010. Saatavissa  
[http://www.caddigest.com/subjects/research/select/cadspaghetti\\_mech\\_eng.htm](http://www.caddigest.com/subjects/research/select/cadspaghetti_mech_eng.htm)
- /7/ Autodesk Inventor Professional 2008 – ohjelma
- /8/ Autodesk Inventor Professional 2009 – ohjelma
- /9/ Microsoft Office Excel 2007 – ohjelma