

Imutelan osaluettelon luominen 3DExperience ympäristössä

Olli Tuikka

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä(t) Tuikka, Olli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi Imutelan osaluettelon luominen 3DExperience ympäristössä		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Antti Henell, Janne Lappi		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Valmet Technologies on tutkinut mahdollisuuksia tuotetiedon hallintajärjestelmien uudistamiseksi ja vanhan järjestelmän korvaamiseksi. Pääasiallinen vaihtoehto oli Dassault systemsin 3DExperience-järjestelmä, joka toimii alustana useille tuotesuunnittelusovelluksille, kuten Valmetin pääasiallisille 3D-suunnittelutyökaluille kuten Catia.</p> <p>Tavoitteena oli tutkia, miten valmistuksen osaluettelo valmistetaan imutelalle 3DExperience-ympäristössä, ja mitä toimenpiteitä imutelan valmistuksen osaluettelon luominen 3DExperience-alustalle vaatii.</p> <p>Tutkimusmenetelmä oli toimintatutkimus, sillä tutkimuksessa pyrittiin vaikuttamaan tutkitavaan kohteeseen.</p> <p>Toteutus tapahtui vertailemalla 3D-rakennetta vanhaan valmistuksen osaluetteloon ja tutkimalla, mitä ongelmia tulee ratkaista osaluettelon luomiseksi.</p> <p>Todettiin, että valmistuksen osaluettelo on mahdollista luoda 3DExperience-ympäristöön, ja että imutelan rakenne vaatii merkittäviä muutoksia, jotta valmistaminen on mahdollista.</p> <p>Arvioitiin, että 3DExperencen osaluettelointiin siirtyminen vaatii merkittäviä muutoksia myös 3Dsunnittelun osalta, ja että siirtyminen vaatii muutoksia organisatorisella tasolla. Lisäksi havaittiin, että menetelmien sisällyttämiseksi työympäristöön tulisi suorittaa jatko-tutkimusta koskien koko järjestelmän kulkua aina 3D-mallista ERP-järjestelmään.</p>		
Avainsanat (asiasanat) CAD, EBOM, ERP, imutela, MBOM, PDM, PLM, puurakenne		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Tuikka, Olli	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 43	Permission for web publication: Yes
	Title of publication Creation of bill of materials for a suction roll on 3DExperience platform	
Degree programme Bachelor, mechanical engineering.		
Supervisor(s) Henell, Antti, Lappi, Janne.		
Assigned by Valmet Technologies Oy		
Abstract <p>Valmet Technologies had been researching possibilities for a new product data management solution to replace their old system. Their primary focus was on 3DExperience platform provided by Dassault Systemes, which was a platform for their primary design tools at the time, including Catia.</p> <p>The goal was to research how manufacturing bill of materials is constructed for a suction roll in 3DExperience-platform, and what actions are required for creation of manufacturing bill of materials in 3DExperience-platform.</p> <p>Research method used was a form of action research, as the research aimed to affect the subject of the research.</p> <p>The research was realised by comparing 3D-structure to the old manufacturing bill of materials and researching what problems are to be solved to create the manufacturing bill of materials.</p> <p>It was established, that it is possible to create the manufacturing bill of materials in 3DExperience-platform and the 3D-structure of the suction roll requires significant changes so the creation of bill of materials is possible.</p> <p>It was evaluated, that moving to 3DExperience-platform regarding manufacturing bill of materials requires significant changes in 3D-modeling, and that the transfer requires changes on organisatory level. It was also established, that to integrate these methods to the working environment further research is to be conducted regarding the flow of the process from 3D-modeling to ERP-system.</p>		
Keywords/tags (subjects) CAD, EBOM, ERP, suction roll, MBOM, PDM, PLM, tree structure		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Valmet Technologies	6
1.2	Työn tausta ja tavoitteet	7
2	Tietoperusta	8
2.1	Mitä ovat PLM ja PDM?	8
2.2	EBOM ja MBOM ja niiden käyttötarkoitukset	9
2.3	3DExperience-ohjelmisto	10
2.3.1	Catia	11
2.3.2	Enovia	11
2.3.3	Delmia	11
2.3.4	Instance ja Reference työn merkityksessä	12
2.4	Top-to-down-suunnittelu	12
3	Työn toteutus	13
3.1	Tutkimusasetelma	13
3.2	Tutkimusaineisto	14
4	Nykytilanne	14
5	Tutkimuksen eteneminen	15
5.1	Suunnitelma tutkimuksen toteuttamisesta	15
5.2	MBOM:n simulointi	16
5.2.1	MBOM ja automaattinen generointi	16
5.3	Rakenteen analysointi	20
5.3.1	Tapaus 1: Nimike puuttuu MBOM:sta	21
5.3.2	Tapaus 2: MBOM:ssa oleva komponentin nimike on ylimääräinen 23	
5.3.3	Tapaus 3: MBOM:ssa olevan tason nimike on ylimääräinen	29
5.3.4	Tapaus 4: Useita instansseja samasta nimikkeestä saman tason alla 31	
5.3.5	Tapaus 5: Nimike väärässä paikassa MBOM-rakenteessa	32
5.3.6	Tapaus 6: Puuttuvat nimikkeet multibodymallin bodyina	34

	2
6 Tulokset ja arviointi	37
6.1 Automaattinen generointi.....	37
6.2 Malli-MBOM:n käyttö.....	39
6.3 Arviointi	40
7 Pohdinta.....	41
7.1 Tutkimustulosten luotettavuus	41
7.2 Tutkimusmenetelmien sopivuus	42
7.3 Tavoitteet ja niiden saavuttaminen sekä haasteet työssä.....	42
Lähteet	43

Kuviot

Kuvio 1. Valmetin logo (Valmet 2020).....	6
Kuvio 2: 3DExperience-kompassi englanninkielisine selitteineen (Dassault Systemes).....	10
Kuvio 3: Manufactured Item Definition -sovelluksen kuvake.	16
Kuvio 4: Create/Update Manufacturing Assembly.....	17
Kuvio 5: Create/Update Manufacturing Assembly - Step 1	18
Kuvio 6: Create/Update Manufacturing Assembly - Step 2	18
Kuvio 7: Create/Update Manufacturing Assembly - Step 3	19
Kuvio 8: Create/Update Manufacturing Assembly - Report.....	19
Kuvio 11: Nimikkeen lisääminen EBOM:iin	22
Kuvio 12: Nimikkeen lisääminen MBOM:iin	23
Kuvio 13: Puurakenne ennen toimenpiteitä.....	24
Kuvio 14: Enovia Collaborative Lifecycle Management	25
Kuvio 15: Customer Extensions	26
Kuvio 16: Instanssille lisättävä NotMBOM-attribuutti	26
Kuvio 17: Referenssi puolen Not_In_MBOM. Huomioi aktiiviseksi valittu Switch to reference -kenttä.....	27
Kuvio 18: Aktiiviset Customer Extensions -attribuutit.....	28
Kuvio 19: Not_In_MBOM -attribuutti nimikkeen tiedoissa.....	28

	3
Kuvio 20: MBOM-rakenne attribuutin lisäämisen jälkeen	29
Kuvio 21: Phantom Customer Extensions -attribuutti.....	30
Kuvio 22: Esimerkki multibodymallin puurakenteesta	35
Kuvio 23: Multibodymallin rakenne Delmia Manufactured Item Definition- sovelluksessa	35
Kuvio 9: Nimikkeet MBOM:ssa	38
Kuvio 10: Nimikkeiden sijainti MBOM:ssa.....	39

Taulukot

Taulukko 1: Esimerkki tutkimuksessa käytetystä taulukosta	20
---	----

Käsitteet

CAD

Eng. Computer Aided Design. Lyhenne käsitteelle tietokoneavusteinen suunnittelu. Pitää sisällään kaiken tietokoneella tapahtuvan tuotesuunnittelun, pääasiallisesti käytetään 3D-mallinnuksen yhteydessä. (Radhakrishnan, P. Subramanyan, S. Raju, V. 2008)

EBOM

Eng. Engineering Bill Of Materials. Lyhenne käsitteelle suunnittelun osaluettelo. Suunnittelun apuna käytettävä osaluettelo, työn yhteydessä käsitteellä viitataan Catia-sovelluksen puurakenteeseen. (Valmetin yleinen suunnitteluohje, 2020)

ERP

Eng. Enterprice Resource Planning. Lyhenne käsitteelle yrityksen resurssisuunnittelu. Ohjausmenetelmät yrityksen fyysisien resurssien käytölle. (Samara, T. 2015)

Imutela

Paperikoneen tela, joka alipaineen avulla luotavalla imulla vaikuttaa valmistettavan paperin kulkuun koneen lävitse. (Valmet, 2020.)

MBOM

Eng. Manufacturing Bill Of Materials. Lyhenne käsitteelle valmistuksen osaluettelo. Valmistuksen osaluettelo on lista komponenteista, joita tuotteen valmistamiseen käytetään. (Valmetin yleinen suunnitteluohje, 2020)

PDM

Eng. Product Data Management. Lyhenne käsitteestä tuotetiedon hallinta. Tuotetiedon hallinta on menetelmät hallita dokumentteja, jotka pitävät sisällään tuotteen valmistukseen ja elinkaareen liittyvät tiedot. (Stark, J. 2011.)

PLM

Product Lifecycle Management. Lyhenne käsitteelle tuotteen elämänkaaren hallinta. Tuotteen elinkaaren hallinta käsittää kaikki toimenpiteet tuotteen suunnitteluksi, valmistamiseksi sekä siihen liittyvät palvelut mukaan lukien tuotteen hävityksen. (Stark, 2011.)

Positionumero

Valmistuksen osaluettelossa käytettävä numero, jonka avulla jokainen valmistuksen käyttämä komponentti yksilöidään valmistusta varten. (Valmetin yleinen suunnitteluohje, 2020)

Puurakenne

Ohjelmissa käytettävä käyttöliittymä, jossa esitetään yhdenaikaisesti monitasoinen rakenne. (Valmetin yleinen suunnitteluohje, 2020)

1 Johdanto

1.1 Valmet Technologies



Kuvio 1. Valmetin logo (Valmet 2020)

“Valmet on maailman johtava teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Valmetin visiona on tulla maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa. Valmetin liikevaihto vuonna 2019 oli noin 3,5 miljardia euroa. Yli 13 000 ammattilaistamme ympäri maailmaa työskentelee lähellä asiakkaitamme, sitoutuneina asiakkaidemme menestyksen edistämiseen - joka päivä. Valmetin pääkonttori sijaitsee Espoossa ja sen osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä.” (Valmet 2020)

Näin Valmetin johto kuvailee toimintaansa ja yrityksen nykytilannetta kotisivuillaan. Onkin kiistämätön fakta, että Valmet on yksi suomalaisen teollisuuden suurnimistä.

Valmet lyhenteenä tulee sanoista valtion metallitehtaat, mikä kertookin yrityksen valtio-omisteisesta syntyperästä. Valtion metallitehtaat perustettiin vuonna 1946 kun useita valtio-omisteisiä metallitehtaita yhdistettiin saman nimen alle. Nimeä Valmet Oy on käytetty ensimmäisen kerran vuonna 1951, vaikka yrityksen perustamiseen johtaneet pienet yritykset juontavatkin juurensa jo 1750-luvulle.

Valmet Oy:n tuotevalikoimaan kuuluivat mm. Laivat, lentokoneet, aseet, veturit, traktorit, laivamoottorit, hissit ja paperikoneet.

Vuonna 1999 Valmet Oy fuusioitui Rauma Oy:n kanssa muodostaen Metso Oyj:n. Vuosien 2000 ja 2009 välillä Valmet osana metsoa teki suuria investointeja massa-, paperi- ja voimantuotantoliiketoimintoihin sekä osti Tamfelt Oyj:n, joka on yksi maailman suurimmista teknisten tekstiilien toimittajista.

Metso jakautui vuonna 2013 muodostaen Valmet Oyj:n ja Metso Oyj:n. Jakautumisen myötä Valmetille sovittiin kuuluvan entisen Metso Oyj:n Massa, paperi ja voimantuotanto, ja Metso Oyj muodostui Kaivos, maarakennus sekä automaatioliiketoiminnasta, joista Valmet osti itselleen Metson prosessiautomaatiojärjestelmät vuonna 2015.

Nykypäivänä Valmetilla onkin siis neljä liiketoimintalinjaa, Palvelut, paperit, sellu ja energia sekä automaatio.

Valmet Technologies Oyj, jolle työ toteutetaan, on osa Valmetia ja toimii Valmet Automation Oyj:n kanssa Jyväskylän Rautpohjassa, missä toteutetaan sekä suunnittelua, tuotekehitystä että tuotantoa.

1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Työn tavoitteena on jatkaa tutkimusta telojen osaluetteloinnille imutelojen osalta. Työssä halutaan selvittää, miten 3DExperiencen puurakenteesta luodaan suunnittelun osaluettelo 3DExperiencen Enovia-sovellukseen, sekä kartoittaa kuinka suuri työ vaaditaan imutelan rakenteen muuttamiseksi sopivaksi MBOM:n luomista varten. Aihetta on aiemmin jo sivuttu useamman opinnäytetyn ja diplomityön muodossa, mutta osaluettelon valmistaminen on uusi osa-alue, jota tällä työllä halutaan tutkia.

Tällä hetkellä tuotannon osaluettelointi toteutetaan syöttämällä rakenteeseen tarvittavat osat ja materiaalit manuaalisesti valmetin tuotetiedonhallintajärjestelmään, PDM:n. PDM on erityisesti Valmetin tarpeisiin räätälöity järjestelmä, joka alkaa olla

toiminnaltaan jo vanhentunut, ja työssä alustetaan myös mahdollisuutta PDM:stä luopumiseksi.

Työ on tarpeellinen koska Valmet pyrkii eroon PDM:stä ja työssä selvitetään mahdollisuutta MBOM:n luomiseksi suoraan 3DExperience 2018x -ohjelmiston sisäisesti.

2 Tietoperusta

2.1 Mitä ovat PLM ja PDM?

PLM on lyhenne englannin kielen sanoista Product Lifecycle Management, mikä tarkoittaa tuotteen elinkaaren hallintaa. Käsitteenä PLM kattaa yrityksen tuotteiden tehokkaimman mahdollisen hallinnan tuotteen koko elinkaaren ajan, ensimmäisestä tuotteeseen liittyvästä ideasta aina tuotteen käytöstä poistoon ja hävittämiseen asti. (Stark, 2011) PLM pitää sisällään niin yksittäisen tuotteen elinkaaren hallinnan, kuin myös yrityksen koko tuoteportfolion hallinnan. PLM:n tavoitteena on lisätä tuotteiden tuottavuutta, vähentää tuotteisiin liittyviä kustannuksia, lisätä tuoteportfolion arvoa ja maksimoida nykyisten ja tulevien tuotteiden arvo niin asiakkaille kuin osakkeenomistajillekin.

Tuotteen elinkaarissa on viisi eri vaihetta:

- Idea
- Määrittely
- Toteutus
- Käyttö
- Hävitys

Ideavaiheessa varmistetaan, että tuotteen idea ymmärretään oikein ja se säilyy tuotteen toteutuksessa.

Määrittelyvaiheessa tuote määritellään, esimerkiksi varmistamalla, että tuotekehitys täyttää kaikki tuotteelle asetetut tavoitteet.

Toteutusvaiheessa hallitaan sitä, kuinka tuote valmistetaan, ja että valmistuksessa syntyvä tuote vastaa suunniteltua tuotetta.

Tuotteen käyttö pitää sisällään kaiken tuotteen käyttöön keskittyvän toiminnan, kuten huollon, asiakaspalvelun, reklamaatiot yms.

Hävitysvaiheessa varmistetaan tuotteen oikeaoppinen käytöstä poistaminen siten, että esimerkiksi mahdolliset tuotteesta syntyvät ongelmajätteet hävitetään asiaankuuluvalla tavalla.

Kuten jo PLM:n nimestä käykin ilmi, on kyse teoriasta, joka kattaa kaiken tuotteeseen liittyvän toiminnan valmistajan näkökulmasta.

PDM puolestaan tulee englannin kielen sanoista Product Data Management, joka tarkoittaa tuotetiedon hallintaa. Tuotetiedon hallinta pitää sisällään kaiken tuotteeseen liittyvän dokumentoinnin, kuten tuotteen piirustukset, osaluetteloinnin, sekä niiden varastointiin käytetyt menetelmät ja ohjelmat.

PDM on yksi tärkeimmistä suunnittelun työkaluista, ja hyvin toteutettu PDM säästää aikaa niin suunnittelussa kuin valmistuksessa, sekä helpottaa kommunikaatiota eri työvaiheiden välillä.

Tämän työn kontekstissa tulee ottaa huomioon, että PDM:llä tarkoitetaan myös Valmetin yksittäistä tuotetiedonhallintajärjestelmää, joka kulkee nimellä PDM.

2.2 EBOM ja MBOM ja niiden käyttötarkoitukset

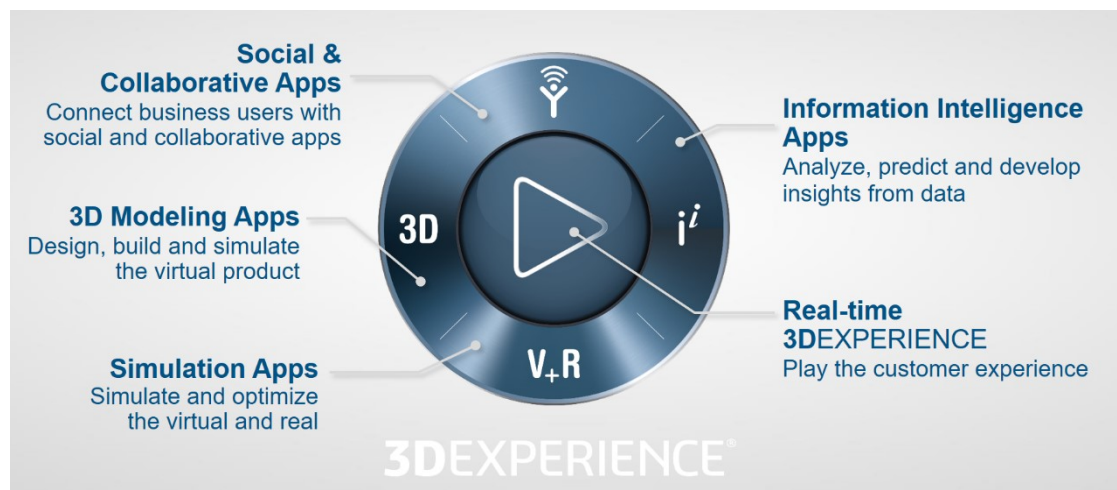
EBOM on lyhenne englannin kielen käsitteestä Engineering Bill Of Materials, mikä kääntyy suoraan suomeksi Suunnittelun osaluetteloksi. Suunnittelun osaluettelolla

tämän työn yhteydessä tarkoitetaan 3DEXPERIENCEN Catia puurakennetta ja sitä, miten osat ja osakokoonpanot jakautuvat pääkokoonpanon alle.

MBOM puolestaan tulee käsitteestä Manufacturing Bill Of Materials, joka tarkoittaa valmistuksen osaluetteloa. Valmistuksen osaluettelot valmistetaan Valmetilla PDM-järjestelmään manuaalisesti, sillä järjestelmät eivät keskustele keskenään. MBOM eroaa myös käyttötarkoitukseltaan EBOM:sta, sillä luonnollisesti järjestelmillä on eri tavoitteet.

2.3 3DEXPERIENCE-ohjelmisto

3DEXPERIENCE on ranskalaisen Dassault Systèmesin valmistama teolliseen käyttöön suunniteltu 3D-mallinnus, -suunnittelu ja tuotetiedon hallintajärjestelmä, joka toimii pilvipohjaisena kokonaisuutena (Dassault Systemes, 2020). 3DEXPERIENCEN sovellukset on jaettu neljään eri kategoriaan (Kuvio 2): 3D mallinnus, Simulaatio, Tieto- ja tiedonhankinta sekä sosiaalisuus ja yhteistoiminta.



Kuvio 2: 3DEXPERIENCE-kompassi englanninkielisine selitteineen (Dassault Systemes)

2.3.1 Catia

Catia on 3DEXPERIENCEN 3D-mallinnuspuoli, joka pitää sisällään 3D-mallien luomiseen ja muokkaamiseen vaadittavat työkalut. Catia koostuu sovelluksista kuten Part Design (osasuunnittelu), Assembly design (kokoonpanosuunnittelu), Bent Part Design ja Mechanical System Design. Se on kattava kokonaisuus erilaisten mekaanisen suunnittelun toiminnoille ja toimii päätyökaluna mekaanisessa suunnittelussa. Catia on 3DEXPERIENCE-alustan ydin ja muut ohjelmat ovat hyvin pitkälti työkaluja tämän hallintaan.

Työssä käytetään pääasiallisesti Catian Assembly Design ja Part Design -sovelluksia, joilla pystytään toteuttamaan 3DEXPERIENCEN 3D-suunnittelun perustoiminnallisuus.

2.3.2 Enovia

Enovia pitää sisällään yhteistoiminnan ja tuotteen hallinnan sovellukset, jotka mahdollistavat tuotetiedon hallinnan ja tuotteen elinkaaren hallinnan toteutuksen suoraan 3DEXPERIENCE-alustan sisällä. Se myös toimii yhdistävänä tekijänä pilvipohjaisessa suunnittelussa.

Työn yhteydessä käytetään Enovian Collaborative Lifecycle management -sovellusta, joka on keskittynyt tuotetiedon hallintaan sekä osittaiseen tuotteen elinkaaren hallintaan.

2.3.3 Delmia

Delmia on puhtaasti tuotteen elinkaaren hallintaan valmistettu 3DEXPERIENCE-alustaan integroitu sovellus, jolla on tavoitteena yhdistää suunnittelu muiden tuotannon osa-alueiden kanssa ja välittää valmistuksen, logistiikan sekä muiden mahdollisten tuotteen elinkaaren osa-alueiden tarvitsemat tiedot.

Työssä käytetään Delmian Manufactured Item Definition -sovellusta, joka on suunniteltu MBOM:n valmistamiseen ja hallintaan 3DEXPERIENCE-alustan sisäisesti.

2.3.4 Instance ja Reference työn merkityksessä

Työssä käytetään useasti termejä instanssi ja referenssi, mitkä tulevat englannin kielien sanoista instance ja reference (tapaus ja viittaus). Työtä tarkastellessa on tärkeää ymmärtää mitä instanssilla ja referenssillä tarkoitetaan 3DExperiencestä puhuttaessa. 3DExperiencen sisällä nimikkeitä voidaan käsitellä kahdella eri tasolla; instanssi- tai referenssitasolla.

Referenssitasolla nimikkeelle tehtävät muutokset ovat kyseiselle komponentille yleismaailmallisia ominaisuuksia, jotka vaikutukset näkyvät kaikissa rakenteissa, joissa nimikettä on käytetty. Referenssitasolla oleva tieto 3DExperiencessä onkin siis nimikkeen yleinen tieto, joka on riippumaton nimikkeen senhetkisestä käyttötarkoituksesta. Referenssitietoja ja ominaisuuksia ovat mm. nimikkeen 3D-muoto sekä sen yleiset nimiketiedot.

Instanssitaso puolestaan pitää sisällään kaiken tietyssä tarkoituksessa käytettävän nimikkeen tiedon, joka on tapauskohtaista käyttötarkoituksesta riippuen, jolloin samalla nimikkeellä voi olla useita instansseja, joilla on sama malli ja täten samat referenssitiedot, mutta eri instanssitiedot. Instanssitason tiedoilla ja ominaisuuksilla voidaankin siis yksilöidä saman nimikkeen eri versiot niiden käyttötarkoituksen tai muun vastaavan jaottelun mukaan. Instanssin tietoja ja ominaisuuksia ovat yleisesti nimikkeen yksilöllinen kuvaus sen käyttötarkoituksesta.

Lyhyesti ilmaistuna voidaan todeta, että yhdestä referenssistä voidaan tehdä useita instansseja, ja jokainen samasta nimikkeestä tehty instanssi pitää sisällään saman referenssitiedon.

2.4 Top-to-down-suunnittelu

Top-to-down-suunnittelu on Valmetin käyttämä suunnitteluperiaate, jossa suunnittelun toteutus on ajoitettu tuotantoa mukailevaksi siten, että tuotanto ja suunnittelu

voidaan toteuttaa limittäin yhdenaikaisesti, jolloin tuotteen läpimenoaika saadaan pidettyä pienempänä mikä tarkoittaa sitä, että asiakas saa tuotteen käsiinsä nopeammin kuin jos suunnittelu tehtäisiin loppuun ennen valmistuksen aloittamista.

Tämän työn kannalta on oleellista ymmärtää, että top-to-down-suunnittelu määrittää MBOM:n rakenteen ja suunnittelun työtehtävien järjestyksen, mikä tarkoittaa sitä, että rakenteeltaan määrätyn laisen MBOM:n tuottaminen on ensisijaisen tärkeää tutkimusta tehdessä sen sijaan, että rakennetta alettaisiin soveltamaan työmenetelmiin sopiviksi.

3 Työn toteutus

3.1 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelmana työlle on toimintatutkimuksen (eng. action research) muoto, jossa työssä pyritään vaikuttamaan tutkittavaan kohteeseen. Toimintatutkimus on itseohjautuva toiminnan kehittämisen menetelmä, jossa korostuu olemassa olevan tiedon ja asiantuntemuksen hyödyntäminen.

Toimintatutkimuksessa tutkija liittyy osaksi kohdeyhteisöä tutkimuksen ajaksi ja käyttää omaa teoreettista osaamistaan sekä kohdeyhteisön sisäistä ammattitaitoa ajan-kohtaisten ongelmien ratkaisemiseksi.

Toimintatutkimuksen prosessi etenee seuraavasti (Eskola 1973, 184): Tutkimus aloitetaan analysoimalla tilanne ja faktojen kartoittamisella. Seuraavaksi ongelma määritellään käsitteen ja teorian tasolla ja suunnitellaan toimenpiteet. Toimenpiteet toteutetaan, minkä jälkeen arvioidaan toimenpiteiden vaikutukset. Selvitetään tuottavatko

toimenpiteet muutoksia teoriaan, joka puolestaan voi tuoda muutoksia toimenpiteisiin, jolloin tutkimus etenee ikään kuin spiraalina toistaen teorian ja toimenpiteiden päivityksiä, kunnes löydetään realistinen ratkaisu.

3.2 Tutkimusaineisto

Tutkimuksen pääasiallinen aineisto koostuu määrätyn imutelan 3D-mallista, sen osaluettelosta PDM-ohjelman sisällä, Valmetin sisäisistä suunnitteluohjeista sekä tutkijan omasta työkokemuksesta 3DExperience-alustan parissa. Tutkija on itse toiminut työnsä puolesta Valmetin 3DExperience-ympäristössä sekä käyttänyt muita Valmetin suunnittelutyökaluja noin vuoden ajan, joten perusteet käyttöön on olemassa. Lisäksi työssä käytetään hyväksi asiantuntijoiden mielipiteitä ja kokemusta ratkaisujen luomiseksi ja tarkastuttamiseksi.

4 Nykytilanne

Tällä hetkellä Valmetilla MBOM luodaan täysin manuaalisesti PDM ohjelmaan, yleensä kopioimalla olemassa oleva mallinimike uudeksi nimikkeeksi. Mallinimike koostuu top-to-down suunnittelun mukaisesta osaluettelorakenteesta, jonka alemmille tasoille on liitetty telatyyppin tyyppilliset rakenteet ja komponentit useille eri telan koille ja sovelluksille. Kun uusi nimike on luotu, muokataan mallinimikkeen mukainen osaluettelo vastaamaan 3D-mallia ja sen vaatimia komponentteja joko poistamalla ylimääräiset nimikkeet, muuttamalla komponenttien määrää, liittämällä olemassa olevia komponentteja nimikkeeseen tai luomalla kokonaan uusia nimikkeitä alempien tasojen komponenteiksi.

Manuaalinen tapa valmistaa MBOM vie merkittävästi aikaa ja resursseja, kun lähes jokaista nimikettä on joko muokattava tai niiden määrää rakenteessa on muutettava, ja jokainen ylimääräinen komponentti rakenteessa on poistettava yksi kerrallaan ja jokainen puuttuva komponentti on lisättävä myös manuaalisesti.

5 Tutkimuksen eteneminen

5.1 Suunnitelma tutkimuksen toteuttamisesta

Tutkimuksen toteuttaminen aloitetaan nykytilanteeseen tutustumisella perehtymällä telasuunnittelun käytäntöihin, top-to-down suunnitteluun, käytettäviin ohjelmiin kuten Catiaan, Enoviaan ja PDM:in. Kun ohjelmat ovat riittävän tuttuja ja käyttö onnistuu asiallisesti, siirrytään telan rakenteisiin tutustumiseen. On kriittisen tärkeää tuntea sekä Catian puurakenne, että PDM:n osaluettelorakenne työn valmistamiseksi.

Kun käytännöt ovat tuttuja, tehdään tarkempi analyysi Catian puurakenteesta ja PDM:n osaluettelorakenteesta. Tämä toteutetaan Excel-taulukkoon, jossa selvitetään nimike kerrallaan rakenteiden yhteneväisyydet, eroavaisuudet sekä puutteet.

Kun yhteneväisyydet on kartoitettu, selvitetään miten Catian puurakenteesta luodaan MBOM 3DExperiencen Enovia-sovellukseen. Samalla tutkitaan mitkä puurakenteen tiedot ja ominaisuudet tarvitaan Enovian MBOM:n luomiseksi.

Kun Enovian toiminta ja ominaisuudet on selvitetty, siirrytään tutkimaan mitä toimenpiteitä 3D-rakenteessa on tehtävä MBOM:n sujuvaksi luomiseksi, ja mikä olisi paras tapa toteuttaa nämä toimenpiteet.

Lopulta tutkimuksilla saavutettuja tuloksia analysoidaan ja pohditaan niiden merkitystä MBOM:n luomisen kannalta, valmistetaan näkemyksiä MBOM:n valmistuksesta ja sen käytännön toteutuksesta.

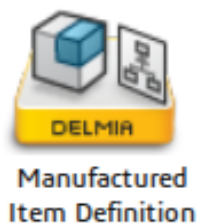
5.2 MBOM:n simulointi

MBOM:n simulointi toteutetaan 3DEXPERENCEN Delmia-ohjelman Manufactured item definition -sovelluksella, joka on suunniteltu tuotantoprojektien hallintaan. Sovelluksella on mahdollista luoda olemassa olevasta 3D-rakenteesta osaluettelo automaattisesti generoimalla. Lisäksi sillä voidaan muokata valmistettua osaluetteloa, luoda olemassa olevista nimikkeistä uusi osaluettelo, sekä luoda uusia nimikkeitä olemassa olevaan osaluetteloon.

Tällä hetkellä tavoitteena MBOM:n luomistavalle pidetään automaattisella generoinnilla syntyvää valmista osaluetteloa, johon ei tarvitsisi tehdä muutoksia generoinnin jälkeen. Toisin sanottuna MBOM:n rakenne tulisi määrittää jo 3D-mallin puolella ennen Delmian puolelle siirtymistä.

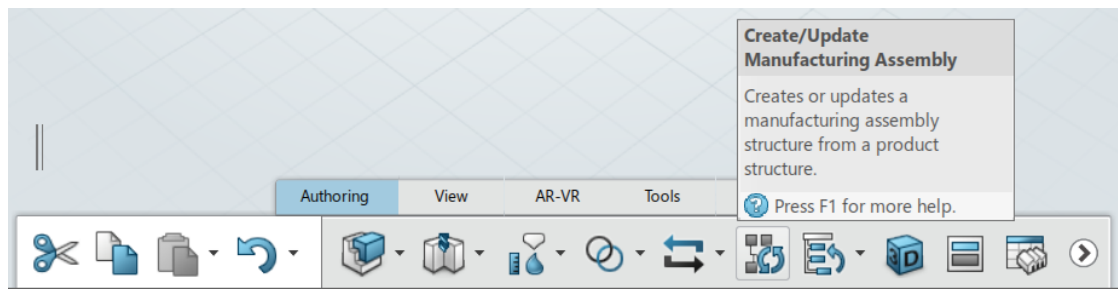
5.2.1 MBOM ja automaattinen generointi

Kun 3D-rakenne on todettu valmiiksi, Valitaan rakenne siltä tasolta, jonka alla oleva sisältö halutaan generoida MBOM:ksi. Tämän jälkeen valitaan 3DEXPERIENCE-kompassin simulation apps- välilehdeltä Manufactured item definition -sovellus (kuvio 3).



Kuvio 3: Manufactured Item Definition -sovelluksen kuvake.

Sovelluksen Authoring-välilehdeltä löytyy työkalu nimeltä: "Create/Update Manufacturing Assembly" (Kuvio 4), jota käytetään MBOM:n automaattisessa generoinnissa.



Kuvio 4: Create/Update Manufacturing Assembly

Kun työkalu käynnistetään, avaa se Valintaikkunan, jossa on kolme eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa (Kuvio 5) Valitaan objekti, jolle MBOM halutaan luoda sekä objekti johon MBOM luodaan. Nämä ovat siis Valmis 3D-rakenne ja sovelluksen alueella automaattisesti luotu Manufacturing Assembly -nimike. Tämän jälkeen painetaan: "Next" ja siirrytään seuraavan vaiheeseen.

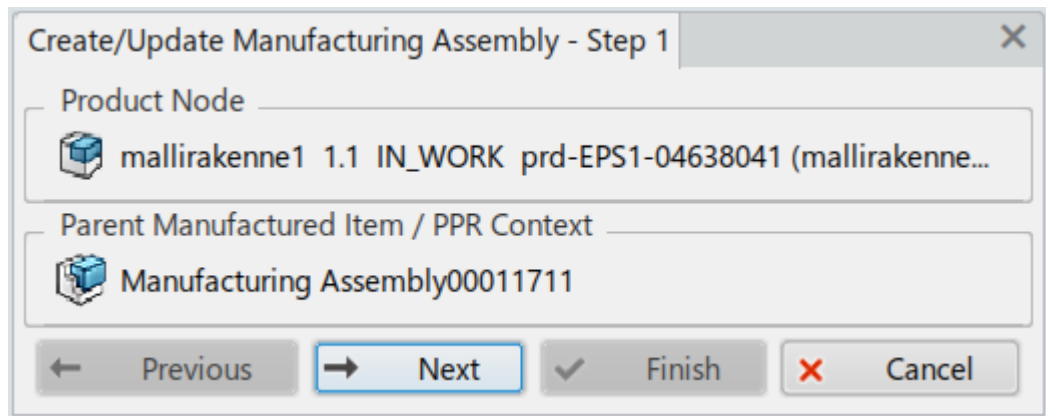
Toisessa vaiheessa (Kuvio 6) valitaan molemmat tarjotut vaihtoehdot aktiivisiksi, minkä jälkeen vahvistetaan valinta painamalla uudelleen: "Next" jolloin siirrytään viimeiseen vaiheeseen.

Viimeisessä vaiheessa (Kuvio 7) valitaan ainoa valittavissa oleva valinta: "Generate Provided Parts for Parts" -aktiiviseksi, minkä jälkeen painetaan: "Finish", joka käynnistää MBOM:n automaattisen generoinnin valitulle objektille.

Kun generointi on valmis, ilmestyy Ikkuna, joka pitää sisällään yksityiskohtaisen raportin käsitellyistä nimikkeistä ja niille tehdyistä toimenpiteistä ja luoduista scope-linkkeistä (Kuvio 8). Tämän raportin voi halutessaan tulostaa pdf-muodossa painamalla "Export report" -painiketta, tai vain sulkea, mikäli tietoa generoinnin tekemistä toimenpiteistä ei tarvita myöhemmin.

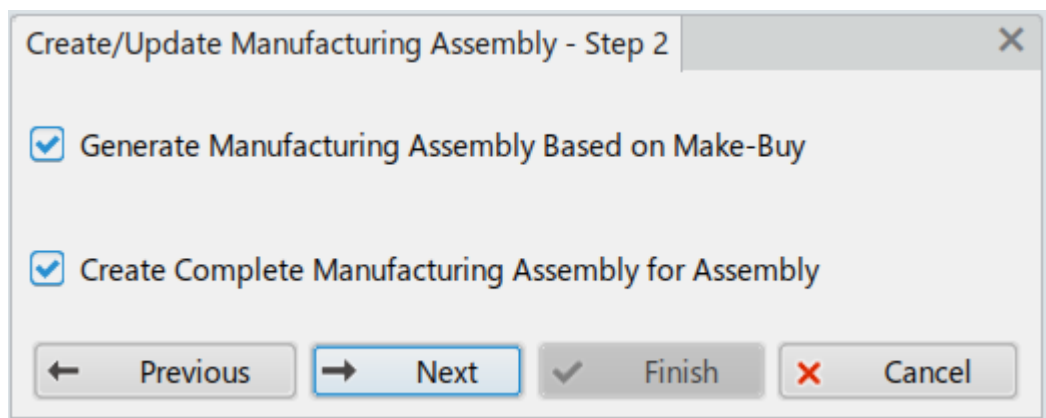
Tämän jälkeen on hyvä tarkistaa generoinnin tuottama Manufacturing Assembly -rakenne ja varmistaa, että luoduilla nimikkeillä on kaikilla Scope-linkit ja rakenne on muiltakin osin toivotunlainen. Oranssi rengas nimikkeen kuvakkeessa kuvaa nimikettä, jolla on Scope-linkki olemassa.

Scope-linkki yhdistää MBOM-rakenteessa olevan nimikkeen 3D-rakenteessa olevaan nimikkeeseen.



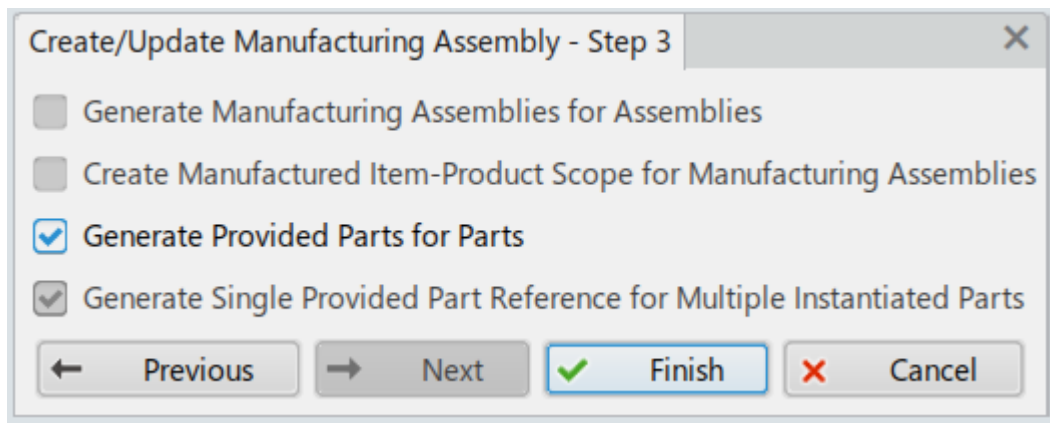
The screenshot shows a dialog box titled "Create/Update Manufacturing Assembly - Step 1". It contains two input fields. The first field, labeled "Product Node", contains the text "mallirakenne1 1.1 IN_WORK prd-EPS1-04638041 (mallirakenne...". The second field, labeled "Parent Manufactured Item / PPR Context", contains the text "Manufacturing Assembly00011711". At the bottom of the dialog, there are four buttons: "Previous" (disabled), "Next" (active), "Finish" (disabled), and "Cancel" (disabled).

Kuvio 5: Create/Update Manufacturing Assembly - Step 1

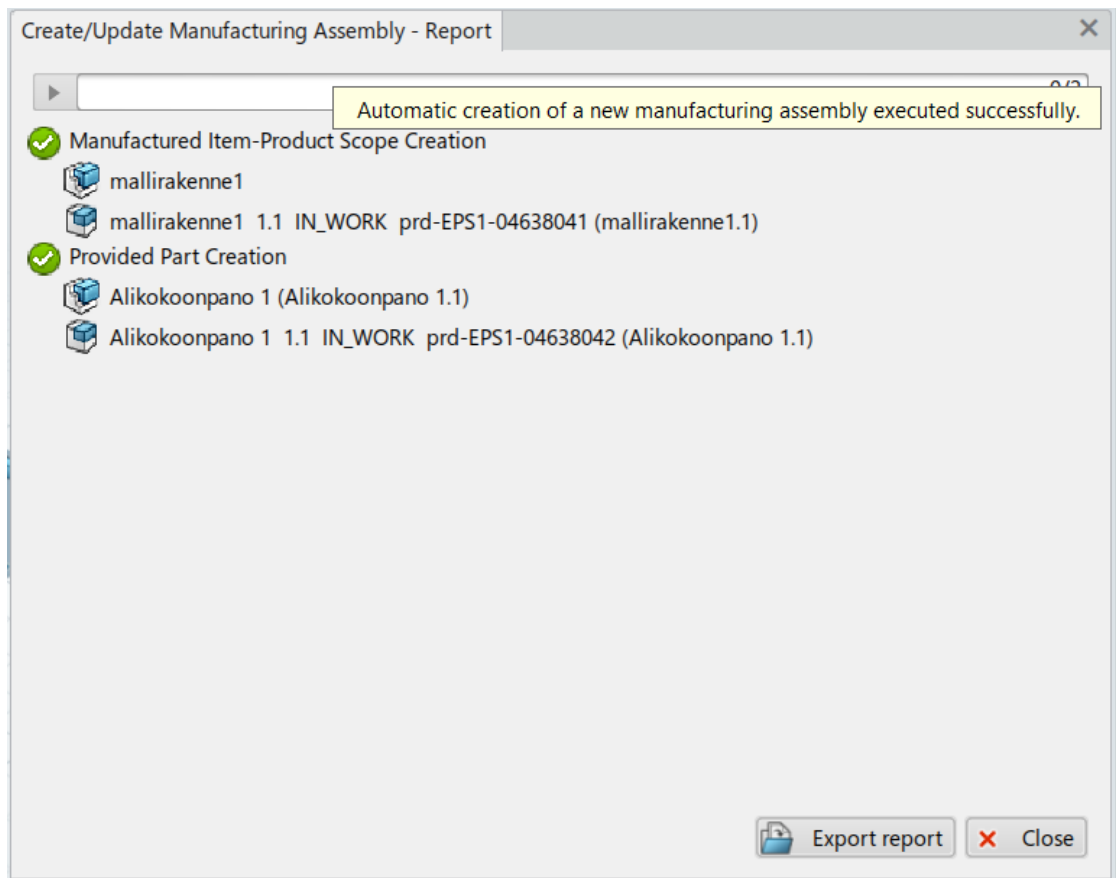


The screenshot shows a dialog box titled "Create/Update Manufacturing Assembly - Step 2". It contains two checked checkboxes: "Generate Manufacturing Assembly Based on Make-Buy" and "Create Complete Manufacturing Assembly for Assembly". At the bottom of the dialog, there are four buttons: "Previous" (disabled), "Next" (active), "Finish" (disabled), and "Cancel" (disabled).

Kuvio 6: Create/Update Manufacturing Assembly - Step 2



Kuvio 7: Create/Update Manufacturing Assembly - Step 3



Kuvio 8: Create/Update Manufacturing Assembly - Report

5.3 Rakenteen analysointi

Rakenteen analyysi aloitettiin luomalla koko telan 3D-mallista MBOM Delmiaan, jota sen jälkeen verrattiin PDM:ssä olevaan valmiiseen osaluetteloon. Vertailu tehtiin PDM-rakenteen kaikille nimikkeille. Tuloksista luotiin Excel-taulukko, jonka avulla voidaan seurata kahden rakenteen yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia. Taulukossa (Taulukko 1) näkyy kaikki PDM-nimikkeen tiedot, sekä onko nimike MBOM:ssa, onko nimike oikealla paikallaan MBOM:ssa ja ovatko nimikkeen tiedot kunnossa MBOM:ssa. Numero 1 kuvastaa saraketta, joka pitää paikkansa kyseisellä nimikkeellä ja numero 0 saraketta, joka ei pidä paikkaansa. Esimerkki nimikkeellä 1 on siis kaikki kunnossa, ja nimike 2 puuttuu kokonaan rakenteesta, jolloin muita kenttiä ei tarvitse täyttää.

Taulukko 1: Esimerkki tutkimuksessa käytetystä taulukosta

						On MBOM:ssa	Ei ole MBOM:ssa	Oikealla paikallaan MBOM:ssa	Väärällä paikalla MBOM:ssa	Tiedot kunnossa	Tiedot ei kunnossa
T	Nro	Nimike	Kpl	Määrä	Yks	1	1	1	0	1	0
1	1	Esimerkki1				1	0	1	0	1	0
1	2	Esimerkki2				0	1				

PDM-rakenne pitää sisällään 523 nimikettä, kun taas EBOM, ja siitä generoitu MBOM, pitävät sisällään kokonaisuudessaan 2816 nimikettä. Tämä indikoi lähtökohdista tutkimukselle sitä, että EBOM ja MBOM rakenteet vaativat todennäköisesti merkittäviä muutoksia.

Taulukkoa täytettäessä kerättiin myös muistiinpanoja siitä, mikä rakenteessa oli puutteellista ja millä tavalla puutteet ilmenivät MBOM:ssa. Puutteista koottiin esimerkitapaukset, joille pohdittiin mahdollisia ratkaisuja, jotta MBOM:n automaattinen generointi onnistuisi. Tapauksia tarkastellessa tulee huomioida, että ne on kehitetty vanhaan rakenteeseen, joka halutaan muokata käyttämään Manufactured Item Definition-sovellusta. Mikäli luodaan uutta rakennetta, on sujuvan suunnitteluprosessin kannalta erittäin oleellista, että lopullinen tuoterakenne, joka halutaan MBOM:iin, otetaan huomioon jo 3D-mallia luodessa, jolloin MBOM:n luominen nopeutuu merkittävästi. Lähtökohtaisesti siis suunnittelun toteuttamien periaatteiden

tulee mukautua uuteen toimintatapaan, mikäli osaluettelointi siirretään PDM:n puolelta Delmiaan.

Tapauksia ja niiden ratkaisuja tarkastellessa tulee ottaa huomioon, että tilanteita on tutkittu 3DExperience 2018x -ohjelmaversiota käyttäen ja ne kuvastavat opinnäytetyön toteuttamisen aikaista näkemystä tilanteesta.

5.3.1 Tapaus 1: Nimike puuttuu MBOM:sta

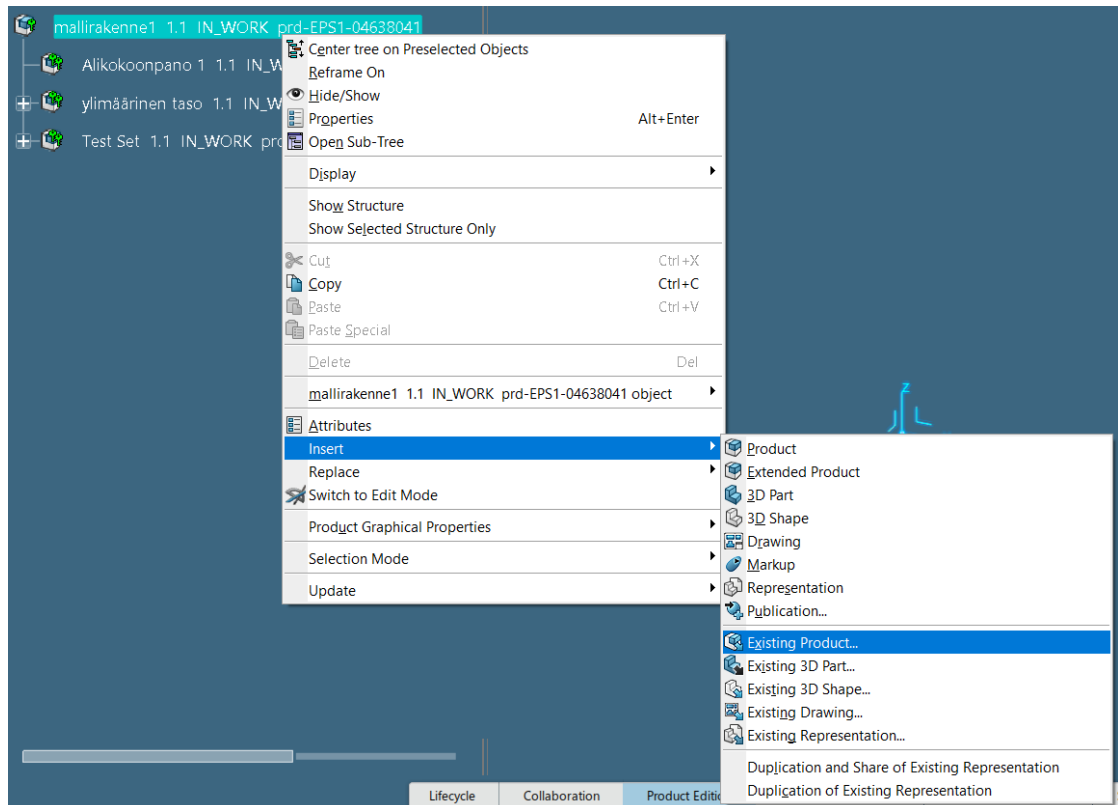
Nimikkeen puuttuminen MBOM:sta voi johtua seuraavista syistä:

- Nimikkeeseen viittaava tuote on huollossa tai kokoonpanossa käytettävä valmiste, jota ei mallinneta 3D-malliin, esimerkiksi liimat, voiteluaineet yms.
- Nimike on jätetty mallintamatta / lisäämättä rakenteeseen sen ollessa merkityksetön tuotteen kokonaisuuden kannalta 3D-malliin kevyenä pitämiseksi. Esim. pienet ruuvit ja niiden aluslevyt yms.
- Osan rakenne on epämääräinen tai muuttuva, tehden siitä vaikean mallinnettavan. Esim joustavat letkut.
- Nimike on valmistuksessa käytettävä raaka-aineen nimike, joka ei itsessään sisälly 3D-malliin.

Tilanteessa, jossa pyritään luomaan täysin valmis MBOM automaattisella generoinnilla, optimaalinen ratkaisu on lisätä puuttuvat nimikkeet jo EBOM:iin. Lisättävillä nimikkeiden on vastattava attribuuttitiedoiltaan täysin haluttua komponenttia, jotta automaattisen generoinnin jälkeen ei tarvitse korjata nimikkeen puutteita. Tästä syystä onkin ehdottoman tärkeää, että kaikista käytettävistä valmisosista on olemassa viralliset nimikkeet 3DExperience-ympäristössä, joita käytetään 3D-rakenteen luomiseen.

Nimikkeen lisääminen EBOM:iin tapahtuu seuraavanlaisesti: Ensin rakenne on avattava joko Enovia Collaborative Lifecycle Management -sovelluksessa, tai Catia Assembly Design -sovelluksessa. Tämän jälkeen valitaan taso, jolle nimike halutaan lisätä, jonka jälkeen tason kohdalta avataan valikko hiiren oikealla painikkeella, valitaan insert -> Existing Product tai Existing 3D Part. Tämän jälkeen valitaan lisättävä nimike

joko hakutyökalua käyttäen tai navigoimalla ikkunaan, jossa nimike on avattuna. Nimikkeen saa myös lisättyä rakenteeseen Ctrl+C ja Ctrl+V – kopioi ja liitä -näppäinyhdistelmiä käyttämällä.

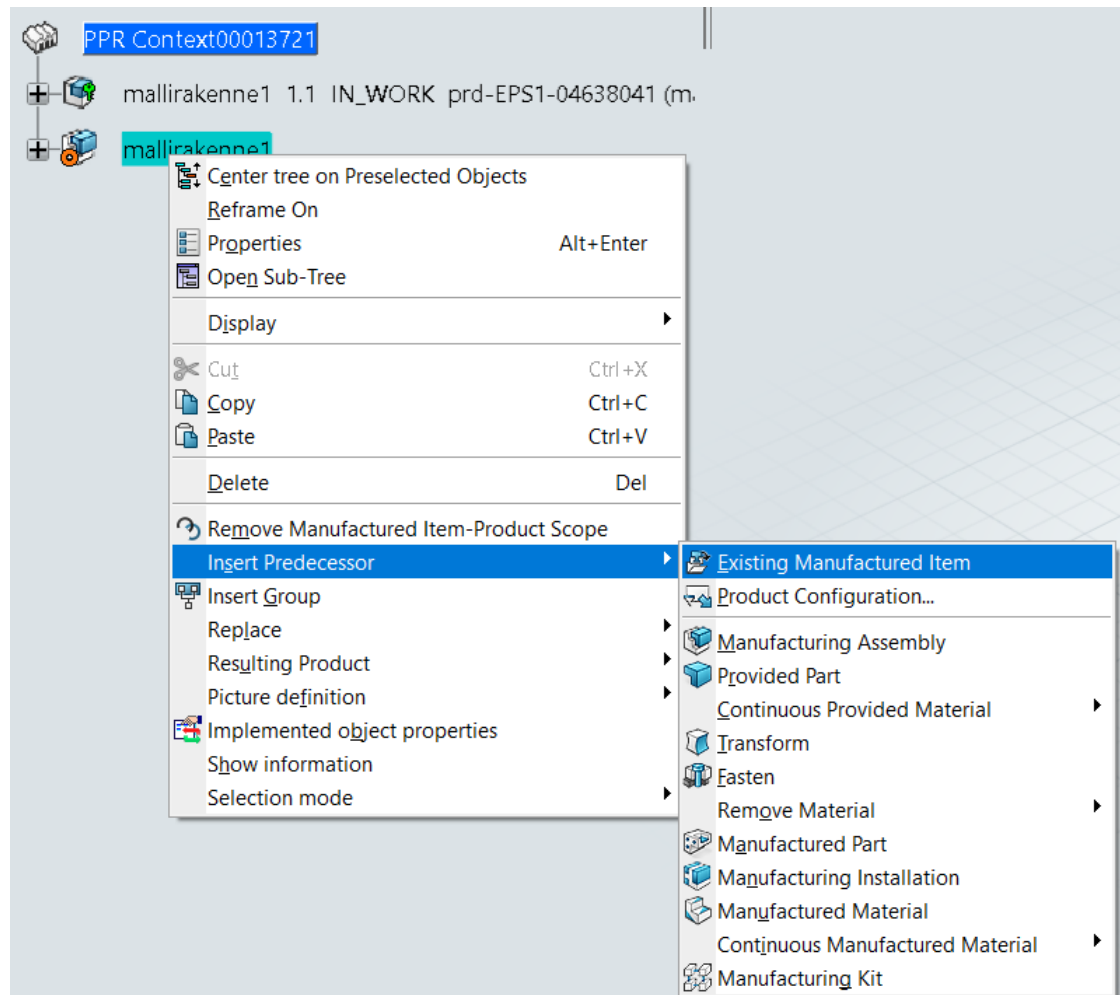


Kuvio 9: Nimikkeen lisääminen EBOM:iin

Tapauksessa, jossa nimike olisi luonnoltaan sellainen, että sitä ei olisi aiheellista esittää 3D-mallissa, voisi nimike olla 3D-part, jolla ei ole 3D-muotoja, jolloin sen sisältämät attribuuttitiedot välittyisivät MBOM:iin, mutta tuotteen 3D-rakenne säilyisi koskemattomana. Tällaisia nimikkeitä olisivat mm. osien raaka-aineet.

Mikäli nimike halutaan lisätä suoraan valmiiseen MBOM:iin (Kuvio 12), se voidaan toteuttaa painamalla oikealla hiiren painikkeella Manufacturing Assemblyssä sen tason kohdalta, johon nimike halutaan lisätä, valitaan insert predecessor ja avautuvasta valikosta valitaan ylin vaihtoehto, Existing Manufactured item. Tämän jälkeen etsitään lisättävä nimike joko hakutyökalua käyttäen tai navigoimalla ikkunaan, jossa se on avattuna, ja klikataan nimikkeen kohdalla, jolloin se lisätty rakenteeseen. MBOM:iin

nimikkeitä lisätessä tulee kuitenkin huomioida, että tämän jälkeen MBOM:n automaattinen päivitys tai automaattinen generointi eivät kykene tekemään muutoksia lisättyjen nimikkeiden osalta, joka puolestaan tekee rakenteen muokkaamisen haastavaksi teollisessa tuotantoympäristössä, jossa on useita suunnittelijoita saman projektin toteutuksessa.

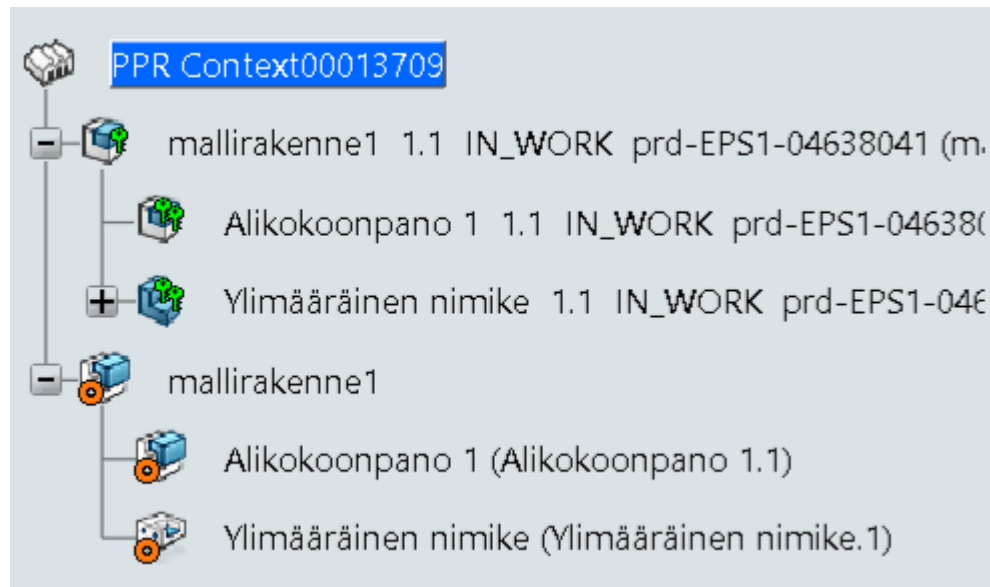


Kuvio 10: Nimikkeen lisääminen MBOM:iin

5.3.2 Tapaus 2: MBOM:ssa oleva komponentin nimike on ylimääräinen

Usein 3D-mallissa on myös nimikkeitä, joita ei haluta tuotteen osaluetteloon. Tällaisia nimikkeitä ovat mm. skeleton-tasot, jotka ovat 3D-Partteja, joilla autetaan määrittämään rakenteen muoto sketsin tasolla, eivätkä kuvasta mitään fyysistä rakennetta.

Oletetaan että kyseinen nimike on 3D-mallin kannalta oleellinen, jolloin sitä ei voida poistaa puurakenteesta kokonaan. Täytyy siis olla toimintatapa, jolla voidaan estää nimikkeen generoituminen 3D-puolelta MBOM:iin, jolloin nimikettä ei tarvitse jälkeinpäin käydä manuaalisesti poistamassa valmiiksi generoidusta MBOM:sta.



Kuvio 11: Puurakenne ennen toimenpiteitä

Kuten kuviosta 13 näkyy, mikäli rakenne luodaan ilman toimenpiteitä ylimääräisen nimikkeen generoinnin estämiseksi, ylimääräinen nimike luonnollisesti generoituu MBOM:iin. On siis määritettävä joku ohjelman tunnistama tunnistetieto nimikkeille, joita ei haluta MBOM:iin.

Tunnistetietojen luomiseksi on 3D-rakenne avattava Enovia Collaborative Lifecycle Management -sovelluksella (Kuvio 14), joka löytyy 3DExperience kompassin Social- & Collaborative Apps -valikosta.

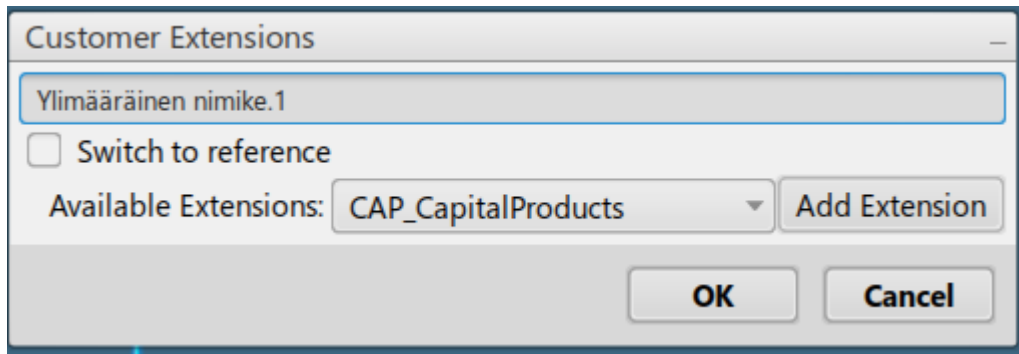


Kuvio 12: Enovia Collaborative Lifecycle Management

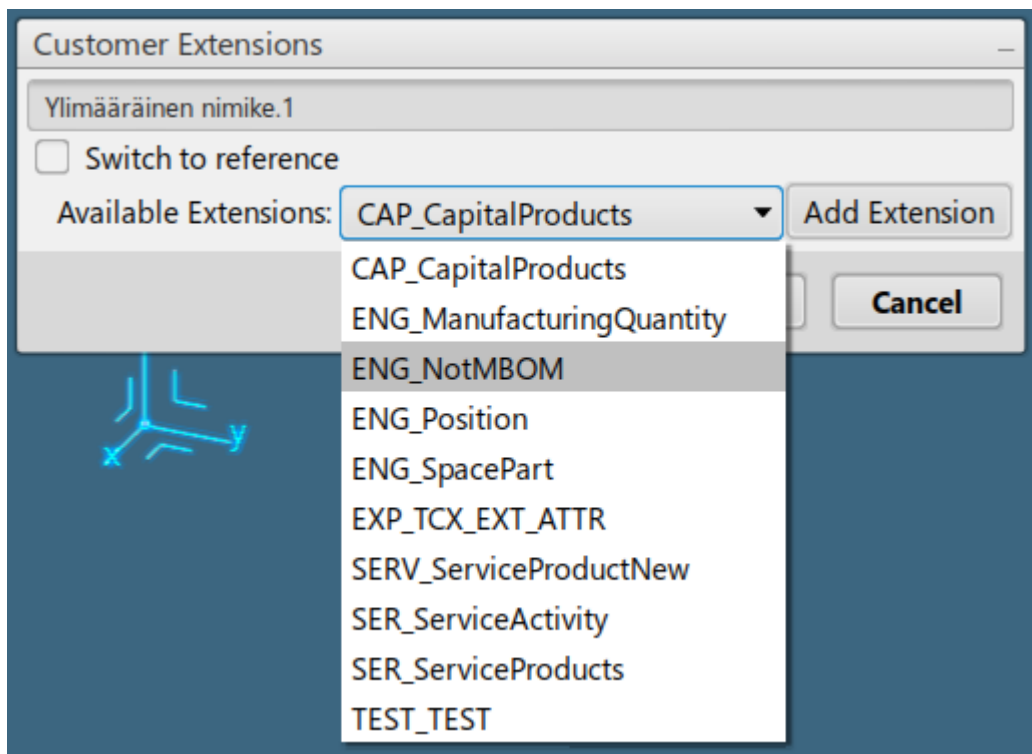
Sovelluksen ensimmäisellä työkaluvälilehdellä on työkalu nimeltä Customer Extension, jolla voidaan määrittää asiakkaan itse ohjelmoimia attribuuttitietoja. Valmetin tuotekehitysryhmä on kehittänyt useita eri tapauksiin sopivia attribuutteja.

Tässä tapauksessa käytämme attribuuttia Not_In_MBOM, joka on ohjelmoitu estämään nimikkeen generoituminen MBOM:iin automaattista generointia tai päivitystä käytettäessä. Tämä ominaisuus on ohjelmoitu erikseen sekä instanssille, että referenssille. Instanssille lisättäessä attribuutti estää vain kyseisen instanssin generoinnin, vaikka rakenteessa olisi useampiakin instansseja samasta nimikkeestä. Lisäksi instanssi vaikuttaa vain nimikkeeseen, jolle attribuutti lisätään. Referenssille lisättäessä attribuutti puolestaan vaikuttaa kaikkiin samasta nimikkeestä luotuihin instansseihin sekä kaikkiin kyseisen nimikkeen alle kytkettyihin nimikkeisiin.

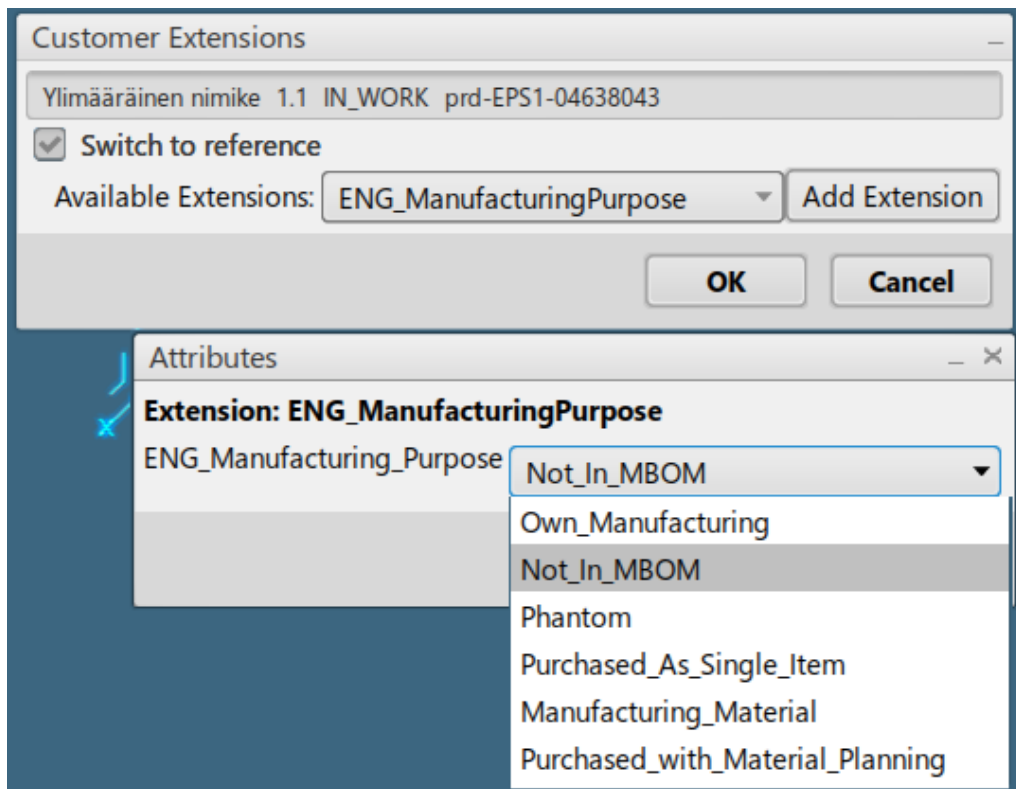
Itse attribuutin lisääminen tapahtuu yksinkertaisesti valitsemalla attribuutin listalta ja tarvittaessa tarkentamalla käyttötarkoitusta Add Extension -valikosta (Kuvio 17). Oletuksena attribuutit lisätään nimikkeen instanssin tietoihin (kuvio 15), mutta mikäli halutaan kytkeä attribuutti nimikkeen referenssietoihin, tulee valita kenttä "Switch to reference" aktiiviseksi, jolloin Customer Extensions näyttää vain referenssipuolelle määritetyt attribuutit. Instanssipuolen ja referenssipuolen attribuutit ovat erillisiä, joka tarkoittaa sitä, että mikäli samaa attribuuttia halutaan käyttää niin instanssi- kuin referenssipuolelle, tulee attribuutti määrittää erikseen molemmille.



Kuvio 13: Customer Extensions

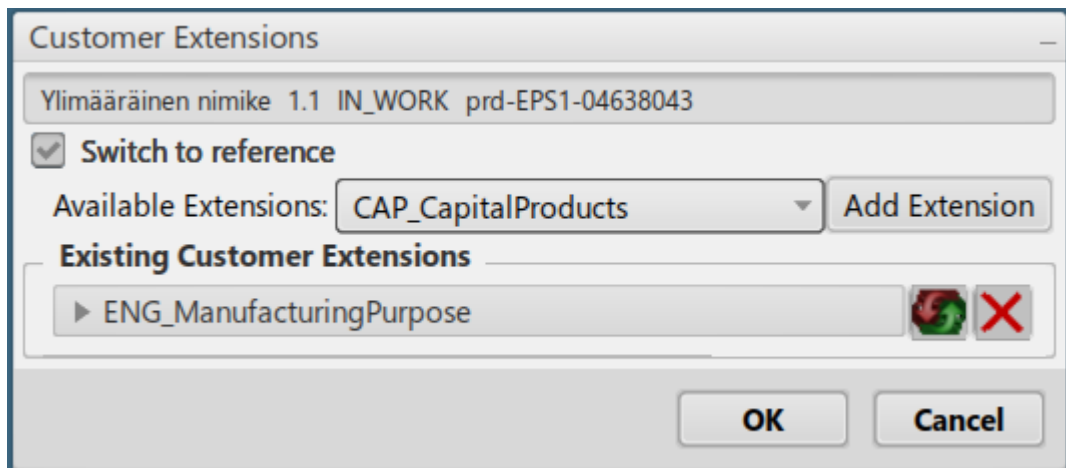


Kuvio 14: Instanssille lisättävä NotMBOM-attribuutti

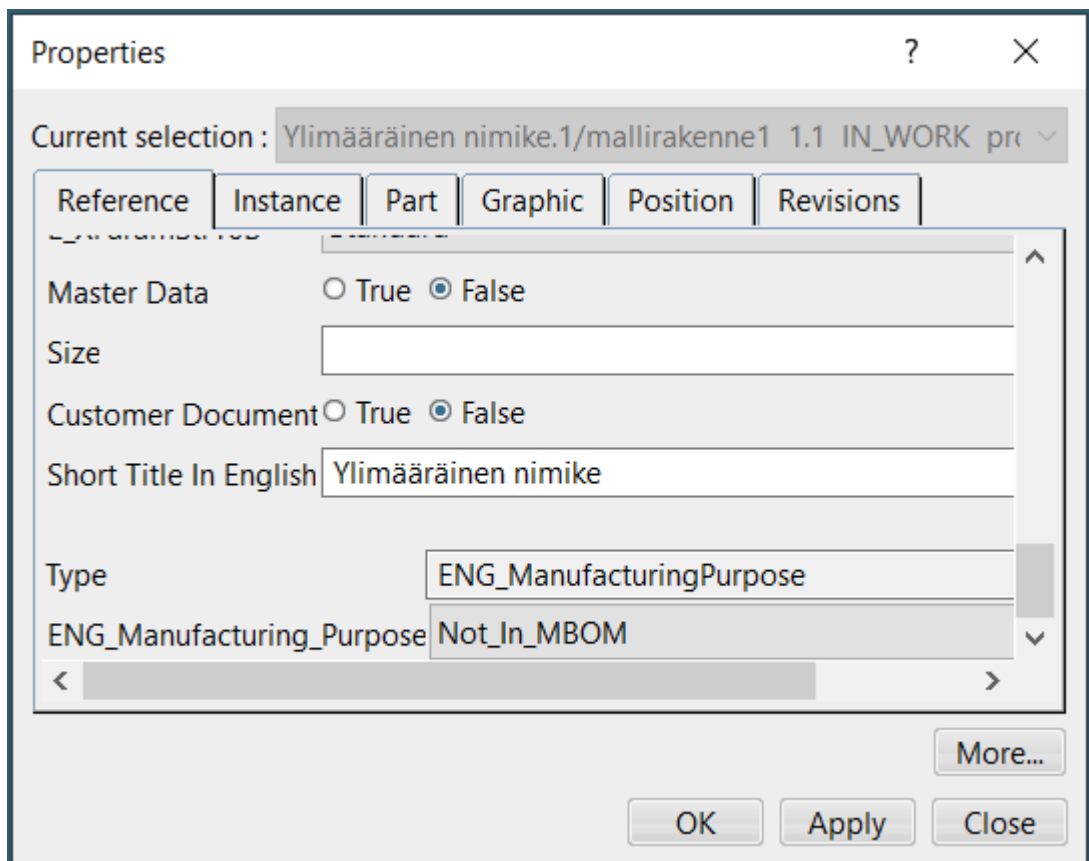


Kuvio 15: Referenssi puolen Not_In_MBOM. Huomioi aktiiviseksi valittu Switch to reference -kenttä.

Kun attribuuttitieto on lisätty nimikkeelle, Customer Extensions näyttää aktiiviset attribuutit kohdassa Existing Customer Extensions (Kuvio 18). Aktiiviset attribuutit näkyvät myös nimikkeen tiedoissa (oikea hiiren painike, properties) (Kuvio 19) joko Reference- tai Instance-välilehdellä, riippuen siitä onko attribuutti määritetty referenssi- vai instanssitasolle.

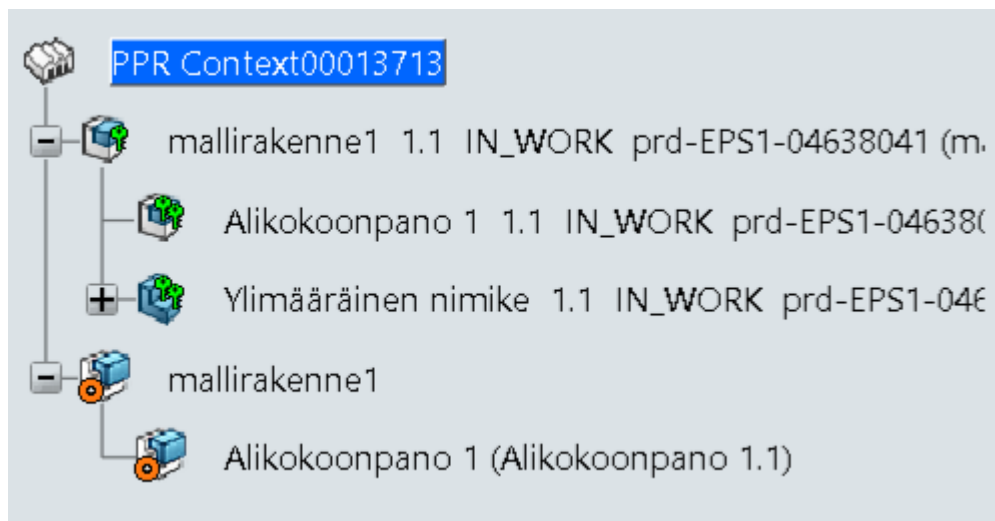


Kuvio 16: Aktiiviset Customer Extensions -attribuutit



Kuvio 17: Not_In_MBOM -attribuutti nimikkeen tiedoissa

Kun attribuuttitieto on lisätty, nähdään kuvioista 20 attribuutin vaikutus. 3D-puura-
 rakenne pitää edelleen sisällään ylimääräisen nimikkeen, kun taas automaattinen
 MBOM:n generointi ei ole sille luonut nimikettä MBOM:iin.



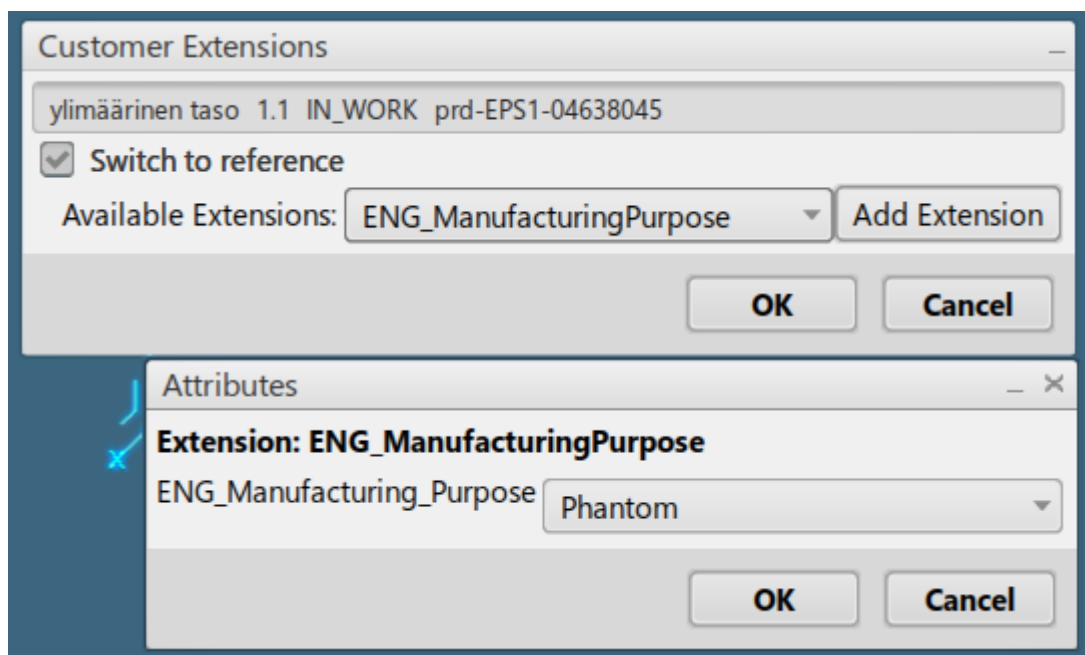
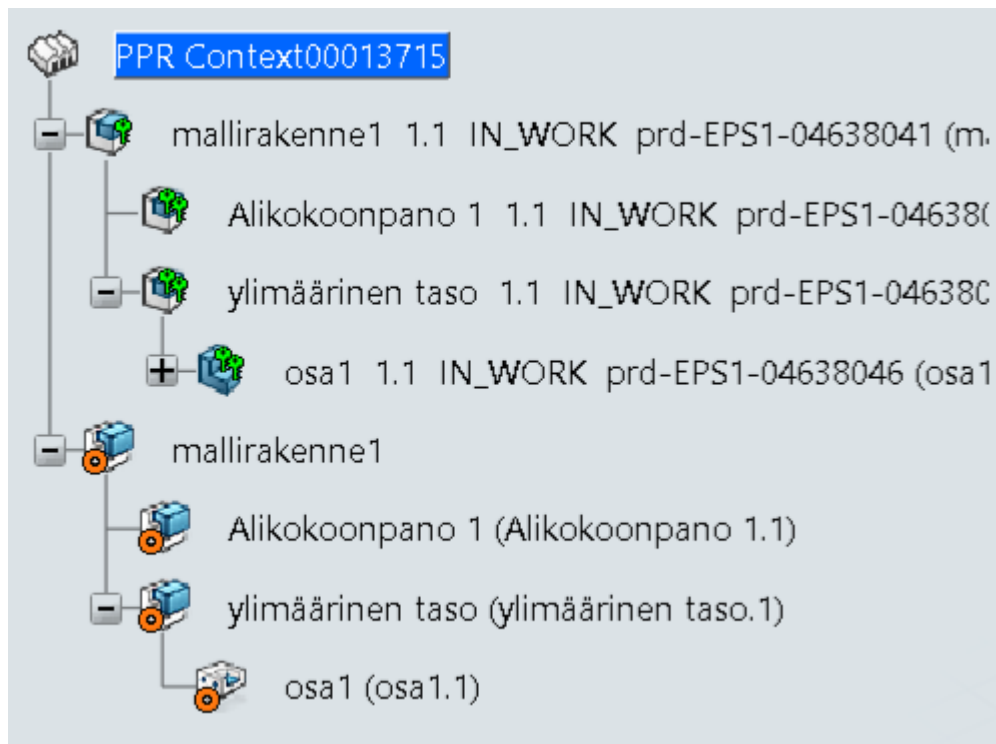
Kuvio 18: MBOM-rakenne attribuutin lisäämisen jälkeen

5.3.3 Tapaus 3: MBOM:ssa olevan tason nimike on ylimääräinen

Tässä tilanteessa on olemassa nimiketaso, jonka alla olevien nimikkeiden kuuluisi olla ylemmällä tasolla. Tavoitteena on siis siirtää kaikki ylimääräisen nimikkeen alla olevat nimikkeet ylimääräisen nimikkeen sisältävälle tasolle ja saada ylimääräinen nimike poistumaan rakenteesta.

Tätä tilannetta varten on luotu myös oma Customer Extensions -attribuuttinsa, nimeltä Phantom. Phantom tekee nimikkeestä näkymättömän MBOM:ssa, mutta säilyttää nimikkeen alla olevat nimikkeet MBOM-rakenteessa myös referenssitasolla, kun aiemmin tutkittu Not_In_MBOM -attribuutti poistaa myös nimikkeen jolle attribuutti on määritetty alle liitetyt nimikkeet MBOM:sta.

Työn toteutushetkellä Phantom-attribuutti ei ollut toiminnassa 3DEXperiencen tuotekehityksestä johtuen, joten siitä ei ole esittää suoraa esimerkkiä 3DEXperiencen sisällä.



Kuvio 19: Phantom Customer Extensions -attribuutti

5.3.4 Tapaus 4: Useita instansseja samasta nimikkeestä saman tason alla

Kyseisessä tilanteessa on olemassa useita instansseja samasta nimikkeestä, jotka generoituvat jokainen yksittäiseksi MBOM-nimikkeeksi, vaikka useat samat komponentit samalla tasolla tulisi esittää yhtenä nimikkeenä, jolla on olemassa attribuuttitieto kyseisellä tasolla olevien komponenttien kokonaislukumäärästä. Esimerkkinä tällaisesta tilanteesta ovat mm. ruuvit ja niiden aluslevyt, mutterit ja lukituslaatat.

Tällä tavoin pidetään MBOM-rakenne selkeänä ja mahdollistetaan selkeiden piirustusten valmistaminen samojen komponenttien ollessa samalla positionumerolla, mikä puolestaan mahdollistaa tuotteen sujuvan kokoonpanon ja tehokkaan tuotteen elämänkaaren hallinnan.

Ongelma on haastava, sillä Manufactured Item Definition -työkalu ei osaa automaattisesti yhdistää saman nimikkeen eri instansseja yhdeksi riviksi, jolla olisi määritetty tietokenttään instanssien kokonaismäärä. Lisäksi kyseessä on erittäin merkittävä ongelma, sillä 3D-mallin kannalta on usein oleellista esittää jokainen instanssi kokonaisuuden toteuttamiseksi, joten ongelmaa ei voi ratkaista vain suunnittelutapaa muuttamalla ja lisätä vain yhtä instanssia 3D-malliin, jolle annettaisiin arvo, joka kertoisi tarvittavan komponenttien kokonaismäärän. Kyseessä on siis merkittävä rajoite ohjelman sisällä, joka täytyisi pystyä kiertämään.

Paras mahdollinen ratkaisu ongelmaan olisikin ohjelman valmistajan toimittama ohjelmistopäivitys, joka mahdollistaisi edellä mainitun toiminnallisuuden. Tämän ollessa tällä hetkellä mahdotonta, on pohdittava käytäntöjä, joilla ohjelman puutteellinen toiminnallisuus voidaan ohittaa. Työn tekohetkellä ei ole tietoa toimivasta ratkaisusta, ja vaihtoehtoja pohditaan ja vertaillaan koko ajan.

Pohdittuja vaihtoehtoja ongelman ratkaisemiseksi on useita, mutta mitkään eivät valitettavasti ole tässä vaiheessa vielä kovin käyttäjäystävällisiä ja uusia ratkaisuja etsitään edelleen.

Yksi ratkaisu, joka tuottaa halutunlaisen MBOM-rakenteen automaattisella generoinnilla olisi seuraava: Luodaan Physical Product -kokoonpanonimike, johon kerätään kaikki samat nimikkeet. Tälle uudelle nimikkeelle annetaan kaikki alkuperäisen osan tiedot, annetaan attribuuttitietona osien lukumäärä nimikkeen alla ja alkuperäisille nimikkeille määritetään Not_In_MBOM-attribuutti, jolloin vain uusi Physical Product -nimike generoituu MBOM:iin mukanaan tieto komponenttien lukumäärästä. Tällä tavalla luotu MBOM-rakenne vastaisi nykyistä PDM-rakennetta, jossa monet samat osat on esitetty vain yhdellä rivillä. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan ole 3DExperiencen kehitystiimin mukaan suositeltava, sillä siinä joudutaan käyttämään järjestelmää tavalla, jolla sitä ei ole tarkoitettu käyttämään, ja tämä aiheuttaa ongelmia mm. rakenteen massan laskemisessa.

Keskusteluissa tuotekehitystiimin jäsenten kanssa ilmeni, että voi olla mahdollista, että vaikka MBOM:ssa kappalemäärät ilmoitettaisiinkin jokainen omana instanssinaan, ne voidaan MBOM:ia ERP-järjestelmään siirrettäessä kerätä omille riveilleen. Tämä tarkoittaisi sitä, että ei ole välttämätöntä saada useasti esiintyviä kappaleita kaikkia samalle riville MBOM:ssa, koska ohjelman on mahdollista yhdistää nämä komponentit ERP-järjestelmään siirryttäessä. Voidaankin siis todeta, että mikäli tämä toiminnallisuus saadaan toimimaan ennustetulla tavalla, tämän ongelman ratkaiseminen jää merkityksettömäksi, ja siirrytäänkin MBOM:n muotoon, jossa jokainen komponentin instanssi on ilmoitettuna omana rivinään.

5.3.5 Tapaus 5: Nimike väärässä paikassa MBOM-rakenteessa

Tässä tapauksessa komponentin nimike on väärässä paikassa alikokoonpanon alla. Tavoitteena on saada nimike alikokoonpanon kanssa rinnakkain samalle tasolle.

Tapausta ei voida korjata vain Customer Extension-työkalulla, eikä se tuoterakenteen kannalta olisikaan todennäköisesti paras mahdollinen ratkaisu. Tilanne voidaan korjata joko EBOM:n puolella, tai vasta MBOM:n puolella.

Ensisijainen ratkaisu tässä tapauksessa on korjata rakenne jo EBOM:n puolella, jolloin MBOM:n automaattinen generointi luo MBOM:n lopulliseen muotoonsa, kuten tällä hetkellä on tavoitteena. Jotta rakennetta voidaan muokata, on varmistettava, että mikään muuttuvista nimikkeistä, joihin kuuluvat ylempi kokoonpano johon nimike halutaan tuoda sekä alempi kokoonpano, josta nimike halutaan siirtää pois, ei ole reserved-tilassa muille käyttäjille. On myös vahvasti suositeltavaa, että toimenpiteen toteuttaja varaa kyseiset nimikkeet itselleen toimenpiteen ajaksi. On myös huomioitava, että monimutkaisissa rakenteissa siirto EBOM:n puolella ei välttämättä ole ylipäätään mahdollinen, tai se vaatii niin suurta muokkausta, ettei se ole kannattava.

Itse toimenpide tapahtuu seuraavasti: Valitaan ylempi kokoonpano aktiiviseksi, mikä jälkeen se laajennetaan, samoin kuin alikokoonpano, josta nimike halutaan siirtää pois. Tämän jälkeen tartutaan hiiren vasemmalla painikkeella siirrettävään nimikkeeseen ja vedetään se alikokoonpanon alta ja vapautetaan ylemmän kokoonpanon nimikkeen kohdalla. Mikäli kokoonpanoissa on käytetty engineering connectioneja, siirto todennäköisesti rikkoo linkit, joilla engineering connectionit on määritetty, jolloin ne joudutaan joko poistamaan, tai siirrettyyn nimikkeeseen viittaavat linkit on ohjattava uudestaan. Itse siirrettävän kappaleen pitäisi kuitenkin säilyä 3D-rakenteessa samassa kohdassa kuin missä se oli ennen siirron tapahtumista.

Siirto voidaan myös toteuttaa MBOM:n puolella, mutta tällöin tulee ottaa huomioon, että mikäli tuoterakennetta muokataan tämän jälkeen, MBOM:n puolella tehdyt rakenteelliset muutokset eivät säily, mikäli käytetään rakenteen automaattista päivitystä, jolloin muutokset täytyy korjata MBOM:iin manuaalisesti joka kerta kun se päivitetään.

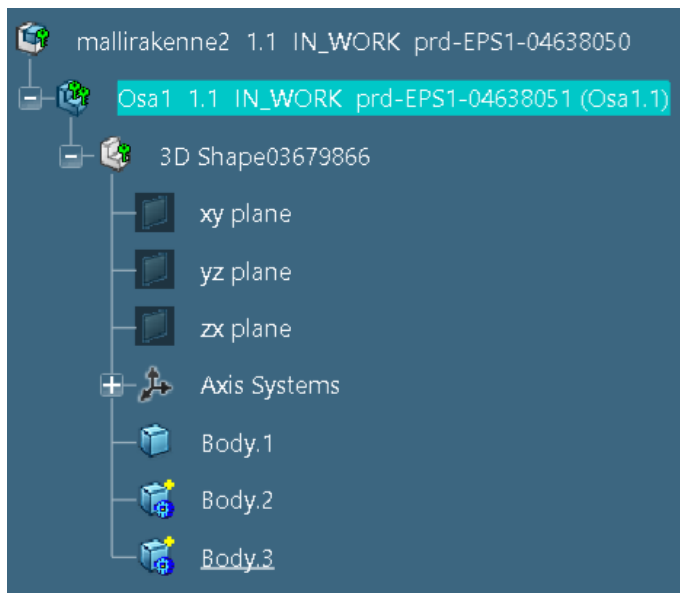
Mikäli näin toimittaisi, toimenpide tapahtuu siten, että siirrettävästä nimikkeestä poistetaan scope-linkki, jolloin sen siirtäminen onnistuu. Tämän jälkeen nimike siirretään drag-and-drop -toiminnolla samalla tavalla kuin EBOM puolella toimittaessa. Kun tämä on tehty, voidaan scope-linkki luoda uudessa sijainnissa olevan MBOM-nimikkeen ja EBOM-nimikkeen välille.

Molempia toimintatapoja voidaan käyttää, ja paras vaihtoehto olisi se, että EBOM luotaisiin valmiiksi rakenteeltaan muotoon, jossa MBOM halutaan esittää, jolloin näitä toimenpiteitä ei vaadittaisi lainkaan. Mutta mikäli puhutaan olemassa olevasta rakenteesta, yksinkertaisissa rakenteissa voidaan suosia muutosta EBOM:n puolella, jolloin automaattisen generoinnin jälkeen jää vähemmän tehtävää ja rakenne on selkeämpi. Mutta monimutkaisissa rakenteissa, joissa EBOM:ssa tapahtuva siirtäminen ei ole joko mahdollista tai kannattavaa, voidaan hyvin käyttää MBOM:n puolella tapahtuvaa siirtoa.

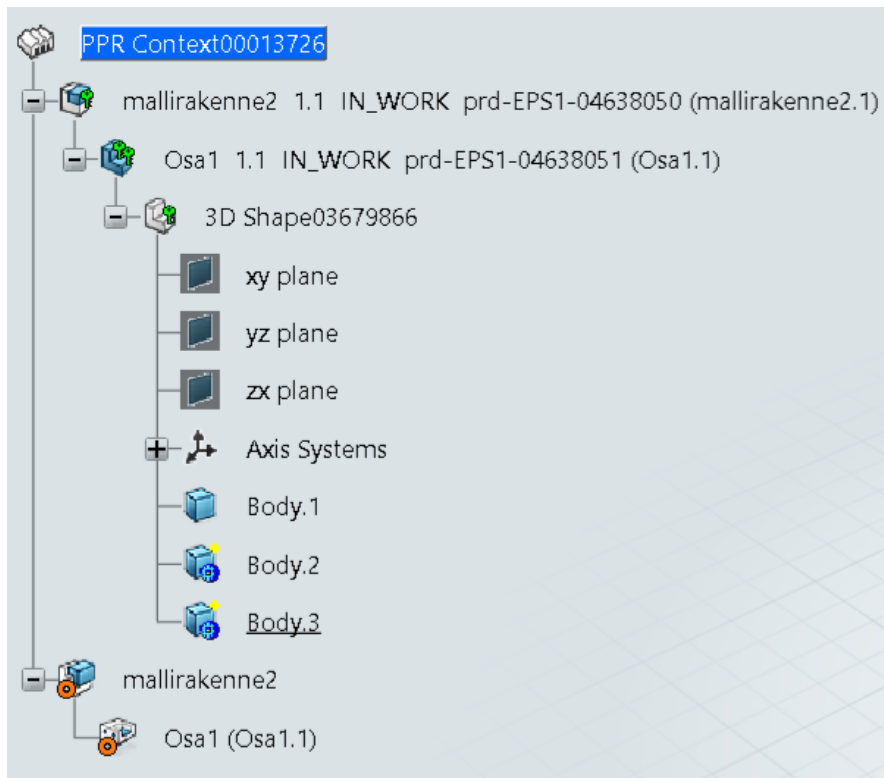
5.3.6 Tapaus 6: Puuttuvat nimikkeet multibodymallin bodyina

Usein hitsatut osakokonaisuudet on rakennettu 3D-puolelle multibodymalleina, eli 3D-part -malleina, joissa kokonaisuuden eri osat on tehty yhteen 3D-Part:iin eri bodyihin. Tässä kontekstissa body tarkoittaa omaa erillistä kokonaisuuttaan, johon vaikuttaa vain siihen liitetyt piirteet, joka tekee useista erillisistä paloista valmistettavien komponenttien esittämisen yhtenä 3D-parttina mahdollista.

MBOM:n valmistamisen kannalta tämä mallinnustekniikka kuitenkin esittää uusia ongelmia, joista ei aiemmin ole tarvinnut välittää MBOM:n ollessa täysin erillinen kokonaisuus EBOM:sta. Manufactured Item Definition -sovellus, jolla MBOM valmistetaan 3DExperience-ympäristöön, ei pysty luomaan Partbodyja MBOM:iin. Toisin sanottuna kokonaisuudet, joissa on päätetty käyttää multibodymallia, tulevat näkyviin MBOM:ssa vain yhtenä nimikkeenä (kts. Kuvio 23) sen sijaan että jokaiselle bodylle olisi oma nimikkeensä.



Kuvio 20: Esimerkki multibodymallin puurakenteesta



Kuvio 21: Multibodymallin rakenne Delmia Manufactured Item Definition-sovelluksessa

Ongelman ratkaisu uutta rakennetta luodessa on yksinkertainen: osia, jotka halutaan esittää MBOM:ssa, ei mallinneta multibodymalleihin. Mutta miten toimitaan, kun on

valmis rakenne, joka halutaan muokata MBOM:n valmistamiseen sopivaksi? Käytännössä työn tekohetkellä ratkaisu olisi muuttaa multibodymallien bodyt omiksi 3D-parteiksi, jolloin ne muodostuisivat automaattisesti MBOM:iin.

Bodyn muuttaminen 3D-partiksi tapahtuu seuraavasti: Aloitetaan luomalla kokonaan uusi 3D-part, jolle annetaan bodylle kuuluvat attribuutit. Tämän jälkeen avataan sekä alkuperäinen multibodymalli että juuri luotu uusi tyhjä 3D-partti Part Design -sovelluksella omiin ikkunoihinsa. Tämän jälkeen voidaan yksinkertaisesti kopioida ja liittää haluttu body multibodymallista luotuun 3D-parttiin. Tämä toistetaan jokaisen bodyn kohdalla, joka halutaan näkyviin MBOM:iin. Jotta puurakenne saadaan pysymään haluttuna, on luotava myös Physical Product -kokoonpanomalli, jolle annetaan kaikki alkuperäisen multibodymallin tiedot, ja sen alle kerätään kaikki luodut 3D-partit ja kootaan niistä alkuperäisen multibodymallin mukainen 3D-malli Catia Assembly Design -sovelluksella. Kun uusi Physical Product on valmis ja vastaa 3D-malliltaan alkuperäistä multibodymallia, korvataan alkuperäisessä rakenteessa multibodymalli valmistetulla Physical Product -kokoonpanolla.

Toimintatapa on melko työläs, etenkin suurista malleista puhuttaessa, mutta työn toteutushetkellä ei ole tiedossa parempaakaan toimintatapaa, jolla päästäisiin tyydyttäviin tuloksiin. Toki multibodymalliin voisi manuaalisesti lisätä puuttuvat materiaalit MBOM:ssa, mutta se ei vastaa tämänhetkisiä tavoitteita, ja tämä jouduttaisiin tekemään joka kerta kun multibodymallia käytetään uudessa rakenteessa, näin ollen on pitkällä juoksulla kannattavampaa käyttää hieman enemmän aikaa uuden kokoonpanomallin kokoamiseen kuin joka kerta kun kyseistä rakennetta halutaan käyttää joutua lisäämään manuaalisesti puuttuvat komponentit. Tällä tavoin vähennetään myös virheen riskiä MBOM:n valmistuksessa sen muodostuessa automaattisesti.

6 Tulokset ja arviointi

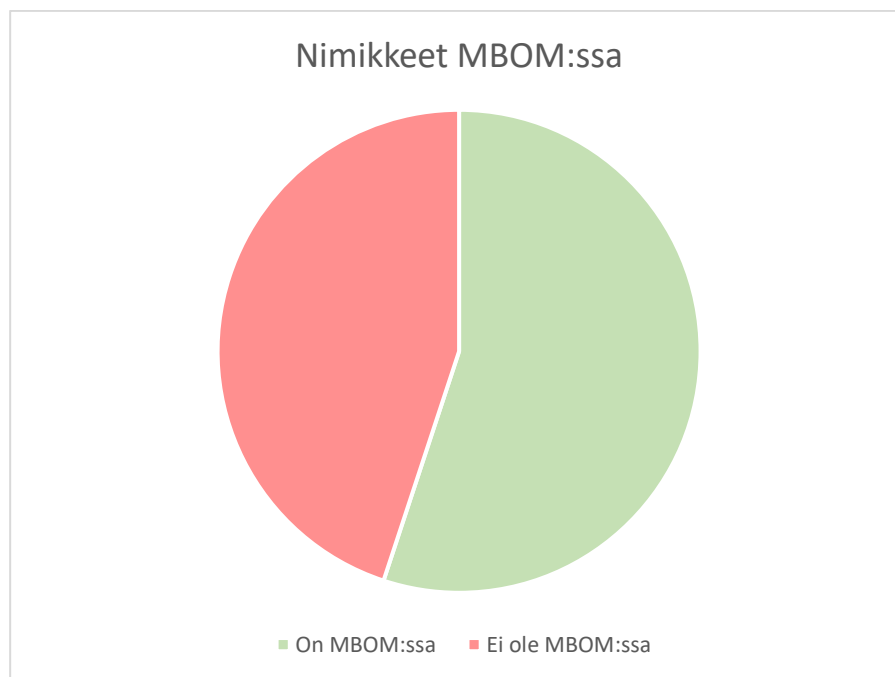
6.1 Automaattinen generointi

Vertailussa havaittiin, että 55% tutkituista nimikkeistä löytyy MBOM:sta, joista 57% on myös oikealla paikallaan MBOM:ssa. Tämä käytännössä tarkoittaa, että MBOM:n sujuvaksi luomiseksi automaattista generointia käyttäen olisi puuttuvat nimikkeet luotava 3D-rakenteeseen sekä väärillä paikoilla olevat nimikkeet on siirrettävä 3D-rakenteessa oikealle paikalleen, tai luotava ohjaus nimikkeille siten, että MBOM:ia luodessa nimikkeet generoituisivat oikeille paikoilleen huolimatta niiden väärästä sijainnista 3D-rakenteessa.

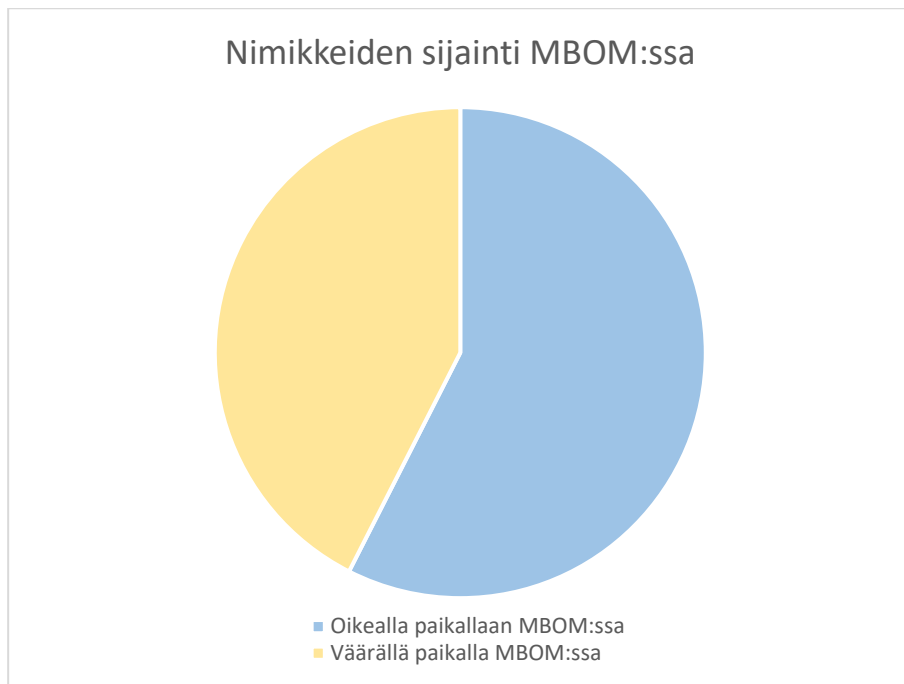
Yhteensä siis ainakin 357 nimikettä on lisättävä tai siirrettävä/ohjattava oikealle paikalleen, jotta MBOM voidaan muodostaa EBOM:n pohjalta, joka vastaa noin 68% kaikista PDM-nimikkeistä. Sen lisäksi että ainoallakaan nimikkeellä ei ollut positionumeroa, joka tulee olla MBOM:n ja piirustusten vertaamisen mahdollistamiseksi, 64% kaikista MBOM:ssa olevista nimikkeistä oli myös muuta virheellistä tai puutteellista nimiketietoa, jonka perusteella voidaan keskiarvallisesti päätellä, että mikäli 64% oikealla paikallaan MBOM:ssa olevista nimikkeistä on tiedoiltaan virheellisiä, noin 89% PDM:n tulevista nimikkeistä vaatii toimenpiteitä positionumeroiden lisäämisen lisäksi. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että tarkastelussa tutkittiin vain PDM:n näkökulmasta nimikkeitä, ja EBOM pitää sisällään myös paljon nimikkeitä, jotka eivät ole nykyisessä PDM-rakenteessa. Kun otetaan huomioon, että EBOM pitää sisällään 2816 nimikettä, ja PDM pitää sisällään vain 523 nimikettä, voidaan arvioida, että on myös merkittävä määrä nimikkeitä, jotka halutaan määrittää MBOM:sta pois jätettäväksi.

Suurin osa puuttuvista nimikkeistä koostuu osien valmistamiseen käytettävistä raaka-aineiden nimikkeistä, joita ei ole 3D-malliin lisätty niiden ollessa täysin tarpeettomia 3D-muodon luomisessa. Näiden lisääminen 3D-rakenteeseen voi osoittautua paikoittain työlääksi, sillä monet nimikkeet, jolle materiaali tulisi lisätä ovat 3D-Part-nimikkeitä, joiden alle ei voida lisätä toista 3D-Part-nimikettä, jolla saataisiin raaka-aine generoitumaan MBOM:iin.

Korjattavien nimikkeiden suuresta määrästä huolimatta työ rakenteen muokkamiseksi ei välttämättä ole kuitenkaan aivan yhtä suuri kuin mitä voisi puhtaasti prosenttiosuuden perusteella odottaa. Useat muokattavat nimikkeet ovat instansseja yhdestä nimikkeestä, jolloin tietoja ei tarvitse korjata kuin yhden kerran referenssille. Lisäksi merkittävän suuri osa väärällä paikallaan olevista nimikkeistä koostuu ruuvipiireistä, joissa on sama nimike useaan kertaan, jotka voidaan tapaukselle 4 (kts. ”Tapaus 4: Useita instansseja samasta nimikkeestä saman tason alla”) käytettävästä ratkaisusta riippuen mahdollisesti käsitellä kokonaisuuksina.



Kuvio 22: Nimikkeet MBOM:ssa



Kuvio 23: Nimikkeiden sijainti MBOM:ssa

6.2 Malli-MBOM:n käyttö

Vaihtoehtona automaattisen generoinnin käyttämiselle harkittiin malli-MBOM:n valmistamista, jolla olisi tyypilliselle projektille kuuluva MBOM-rakenne ja joka pitäisi sisältää rakenteessa käytettävät vaihtoehtoiset komponenttiratkaisut, jolloin uudelle rakenteelle MBOM:ia luodessa kopioitaisiin uusi PPR-context-nimike, jolle luotaisiin linkit uuteen EBOM-rakenteeseen. Tämän jälkeen MBOM-rakenne muokattaisiin vastaamaan suunniteltua rakennetta. Tämä jouduttaisiin tekemään manuaalisesti, sillä rakenteen automaattinen päivitys ei poista ylimääräisiä nimikkeitä MBOM:sta, eikä tässä tapauksessa valmistettu EBOM myöskään olisi riittävän tarkka automaattiselle päivitykselle tai generoinnille.

Tällä tavalla valmistettu MBOM vastaisi työmäärältään nykyistä PDM-ohjelmaan muodostettavaa rakennetta. sen etuina automaattisesti valmistettavaan MBOM:iin on EBOM:n valmistamisen helppous, kun ei välttämättä tarvitse käyttää resursseja tismalleen oikean nimikkeen lisäämiseen rakenteeseen, vaan voidaan keskittyä vain 3D-muodon luomiseen.

Malli MBOM:n käyttö on tuotu esille jo aiemmassa opinnäytetyössä (Sjöberg, 2019) jossa on tarkasteltu sen käytännön toimintaa tarkemmin.

6.3 Arviointi

Arvioinnissa otetaan huomioon se, että tutkimus 3DExperiencen osaluettelointiin siirtymiseksi on vielä erittäin varhaisessa vaiheessa, ja mitään toimintatapaa ei ole lyöty lukkoon ja kaikki työn käsittelemät osa-alueet ovat alttiina muutoksille. Arviointi kuvastaakin vain työn toteutushetkellä olevaa tilannetta niin kuin työn tekijä sitä tulkitsee.

Arvioinnissa keskitytään pohtimaan tutkimuksessa esille nousseiden kahden eri osaluettelointimenetelmän sopivuutta yksinomaisesti kyseiselle imutelarakenteelle, ja muita rakenteita tarkastellessa tarkastelu tulee suorittaa niiltä lähtökohdilta, jotka rakenne tarjoaa, joten muita rakenteita tarkastellessa tutkijan tulee itse tuntea rakenteen lähtökohdat MBOM:n luomiseksi.

Automaattisella generoinnilla valmistettava osaluettelo, kuten tuloksissa jo todettiin, vaatii merkittävän suuria muutoksia EBOM:n perusrakenteeseen, ja on työmäärällisesti todennäköisesti moninkertaisesti suurempi kuin malli-MBOM:ia käyttävä tapa, mikäli muutosta tarkastellaan vain yksittäisen rakenteen kannalta. Mutta mikäli uusi suunnittelutapa saadaan osaksi suunnittelun käytäntöjä, ja mallit valmistetaan suoraan yhteensopiviksi MBOM:n valmistamiseksi, saadaan suunnitteluprosessia selkeytettyä ja standardisoitua, joka voi pitkällä aikavälillä nopeuttaa ja selkeyttää suunnitteluprosessia. Ongelmaksi nousee vanhat rakenteet ja niiden MBOM:n valmistaminen uuteen järjestelmään, sekä suunnittelijoilta vaadittava osaamisen tason nousu, EBOM:n valmistamisen ollessa huomattavasti tarkempaa kuin ennen. Toisaalta yhdenmukaisten käytäntöjen käyttäminen myös EBOM:n puolella helpottaa useiden henkilöiden yhdessä suunnitteleman rakenteen tulkintaa.

Yhteenvetona tästä voidaan pitää, että mikäli halutaan valmistaa vain kyseisen imutelan MBOM, eikä muita uusia rakenteita, työmäärällisesti on helpompi luoda käsin

erillinen MBOM, joka linkitetään vanhaan muokkaamattomaan EBOM:iin, kuin muokata vanha rakenne sopimaan automaattiselle generoinnille. Todennäköisesti myös, mikäli halutaan käyttää automaattista generointia, on käytännöllisempää valmistaa kokonaan uusi kokoonpano, joka luodaan alusta asti MBOM:n mukaiseksi kuin alkaa muokkaamaan vanhaa rakennetta. Mutta mikäli halutaan tuoda organisatorisella tasolla muutosta suunnitteluun, automaattinen generointi standardisoi suunnitteluperiaatteita, mutta on haastava yhdistettävä nykyiseen suunnitteluympäristöön ja vaatii enemmän osaamista suunnittelijoilta.

7 Pohdinta

7.1 Tutkimustulosten luotettavuus

Vertailun perusteella saadut tulokset ovat lähes täysin luotettavia, niiden ollessa kiinteää faktatietoa vailla tulkinnanvaraa. Virheitä tarkasteluun on voinut syntyä inhimillisistä tutkijasta johtuvista virheistä, mutta näiden osuus on varmasti merkityksetön otannan koon huomioon ottaen.

Työmäärän ja työn tekniikoiden arvioinnissa on isompi virhemarginaali, sillä työssä pyritään ennustamaan tapahtumia, joihin kaikkia vaikuttavia tekijöitä ei vielä täysin tunneta. Saavutettu arvio työmäärien suhteesta toisiinsa on kuitenkin uskottava, vaikkakin on vaikea tässä kehitysvaiheessa todeta hyötyjen ja haittojen lopullisia mittasuhteita.

Tutkimuksen tulokset luovat kuitenkin pohjan jatkokehitykselle ja antavat luotettavan ymmärryksen tarvittavien toimenpiteiden mittakaavasta käsitellyssä rakenteessa, johon voi viitata jatkossa työtä rakenteen sovittamiseksi jatkettaessa.

7.2 Tutkimusmenetelmien sopivuus

Toimintatutkimus osoittautui erittäin sopivaksi lähestymistavaksi tämän työn toteuttamiseksi. Se antoi tutkijalle vapauden vaikuttaa tutkittavaan kohteeseen ilman valitun tutkimustekniikan rajojen rikkomista. Se myös auttoi määrittämään selkeät toimenpiteet ja järjestyksen niiden toteuttamiseksi.

7.3 Tavoitteet ja niiden saavuttaminen sekä haasteet työssä

Työn tavoitteet saavutettiin niiltä osin kuin ne oli määritetty työtä aloittaessa, ja työn aikataulu piti alkuperäisen suunnitelman mukaisena. Haasteita työhön aiheutti COVID-19-pandemian keväällä 2020 aiheuttama etätyöskentelysuositus Valmetilla, mistä johtuen myös tämä työ toteutettiin melko suurelta osin itsenäisenä etätyöskentelynä. Työn tuloksiin tämä tuskin vaikutti merkittävästi työn luonteen huomioon ottaen, ja digitaalisten kommunikaatiokanavien toimiessa normaalisti koko työn ajan.

Lähteet

- Crnkovic I. Asklund, U. Persson, A. 2003. Implementing and integrating product data management and software configuration management. E-kirja, Books 24x7. Viitattu 30.1.2020
- Dassault Systemes, 2020. 3DExperience portfolio. Dassault Systemesin portfolio 3DExperience-alustalle. Viitattu 28.2.2020. <https://www.3ds.com/products-services/>
- Eskola, A. 1973. Sosiologian tutkimusmenetelmät 1. s. 184. Viitattu 12.2.2020.
- Radhakrishnan, P. Subramanyan, S. Raju, V. 2008. CAD/CAM/CIM. E-kirja, Proquest E-book central. Viitattu 23.2.2020.
- Sjöberg, S. 2019. Telan osaluettelo PLM-ympäristössä. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, theseus.fi. Viitattu 16.1.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/169067>
- Stark, J. 2011. Product lifecycle management. E-kirja, books24x7. Viitattu 16.1.2020.
- Samara, T. 2015. ERP and Information Systems: Integration or Disintegration. E-kirja, Proquest E-book central. Viitattu 22.2.2020.
- Valmet, 2020. Valmetin kotisivut. Viitattu 16.1.2020. <https://www.valmet.com/>
- Valmet, N/d. Valmetin yleinen suunnitteluohje. Viitattu 22.2.2020.