

Metsäkoneen 3D-mallin muun- taminen Inventorille sopivaan muotoon

Tomi Mäkinen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Ajoneuvotekniikka
Työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ajoneuvotekniikka
Työkonetekniikka

MÄKINEN TOMI:

Metsäkoneen 3D-mallin muuntaminen Inventorille sopivaan muotoon

Opinnäytetyö 49 sivua
Huhtikuu 2019

Opinnäytetyö tehtiin Nisula Forest Oy:lle. Yrityksellä oli eräs metsäkoneen 3D-malli, joka oli tehty SolidWorksillä. Heillä oli myös valmis prototyypikone, joka valokuvattiin tarkasti. Tämä 3D-malli muunnettiin Inventorille sopivaksi, koska se on nykyisin käytettävä ohjelma yrityksessä. Joidenkin osien ja kokoonpanojen muuntamisessa oli ongelmia. Inventor ei pystynyt muuntamaan kaikkia osia ja kokoonpanoja. Muunnetusta mallista tehtiin myös kevyt malli, jotta se pyörii sujuvasti tietokoneella ja siihen on silloin helppo sovitella lisävarusteita, kuten puutavaranosturia. Kevyemmästä mallista jätettiin pois ohjaussylinterit ja kuor-
matilan lisäpankko. Varaosakuvantoja tehtiin vain pääkokoonpanoista. Vara-
osakuvannoista tehtiin räjäytyskuva, joka siirrettiin piirustusohjelmalle. Tähän ku-
vaan lisättiin osanumerointi ja osaluettelo. Työssä käytettiin tietokonetta, 3D-
hiirtä ja Inventor Professional 2019 -ohjelmistoa. Työ tehtiin kevään 2019 ai-
kana Nisula Forestin tiloissa ja laitteilla. Työssä on myös luottamuksellista tie-
toa, kuten kuvat prototyypikoneesta, 3D-mallista ja kevyemmistä malleista
sekä varaosakuvannot. Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta rapor-
tista.

3D-malli muunnettiin, mutta siihen jäi joidenkin osien yhteensopivuusongelmia, mutta tärkeintä oli saada 3D-malli muunnettua. Kevyempiä malleja tehtiin kolme: etu- ja takapää sekä ohjaamo. Nämä kolme yhdistettiin yhdeksi kokoonpanoksi. Myös varaosakuvannot tehtiin. Varaosakuvantoja tehtiin neljä kappaletta pääku-
vannoista.

Yrityksellä on joidenkin osien työkuvia, mutta puuttuvat työkuvat ja kokoonpa-
nokuvat tulee vielä tehdä. 3D-mallin muuntaminen olisi onnistunut paremmin,
jos se olisi ollut Step-tiedostona.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Vehicle Engineering
Industrial Vehicle Engineering

MÄKINEN TOMI:

Conversion of Forest Machine 3D-model to Inventor Format

Bachelor's thesis 49 pages
April 2019

This thesis was made for Nisula Forest Ltd. The company had a forest machine 3D-model which is made by SolidWorks. They also had one prototype machine. This 3D-model was converted for Inventor, because it is the program they use today. There were problems in the conversion of some parts and assemblies. Inventor was not able to convert all parts and assemblies. From the converted model also made a light model, because it runs easy on the computer and it matches options. In the light model were left out steering cylinders and load spaces extra bunk. Spare part views were made only from the head assemblies. The exploded view was moved on the base drawing. On this view were added parts numbers and lists. In this work were used computer, 3D-mouse and Inventor Professional 2019. The work was made during the spring 2019 in Nisula Forests premises and by their devices. This work contains confidential information, like pictures of prototype machine, 3D-model and light model together with spare part views. Confidential information cannot be published.

The 3D-model was converted, but there are still left some parts compatible problems. The most important thing was to convert the 3D-model. Three light models are made: the front- and rearframe and the cabin. One assembly is made of these three units. Four spare part views were made only.

The company have drawings of some parts, but some are missing. Accordingly the assembly drawings must be made. The 3D-model conversion would have succeeded better, if it had been available as a step-file.

Key words: inventor, forest machine, 3d-model

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	NISULA FOREST	7
3	3D-MALLINTAMINEN	10
	3.1 Historia	11
	3.2 Vaatimukset	13
	3.3 Hyödyt	14
	3.4 Parametrinen piirremallinnus	15
	3.5 Mallinnusmenetelmät	18
	3.6 Geometriset mallit	19
	3.6.1 3D-rautalankamalli	20
	3.6.2 3D-pintamalli	21
	3.6.3 3D-malli	21
	3.6.4 2D-piirustus	22
4	TYÖVÄLINEET	24
	4.1 Laitteet	24
	4.2 Inventor Professional 2019	25
	4.2.1 Osien kiinnitysehdot	26
	4.2.2 Grounded	28
	4.2.3 Valintaruudut ja Demote	29
	4.2.4 Räjätyskuvat ja piirustus pohja	32
5	3D-MALLIN MUUNTAMINEN INVENTORILLE	36
	5.1 Kokoonpanojen ja osien muuntaminen	36
	5.2 Kevyempi malli	42
	5.3 Varaosakuvannot	43
6	POHDINTA	47
	LÄHTEET	49

LYHENTEET JA TERMIT

3D-hiiri	3Dconnexionin hiiri CAD-ohjelmille
.iam	Inventorin kokoonpanon tiedostomuoto
.idw	Inventorin piirustuksen tiedostomuoto
.ipn	Inventorin esityksen tiedostomuoto
.ipt	Inventorin osan tiedostomuoto
.SLDASM	SolidWorksin kokoonpanon tiedostomuoto
.SLDPRT	SolidWorksin osan tiedostomuoto
Grounded	Osat on ankkuroitu toisiinsa
Plane	Aputaso

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä muunnetaan erään metsäkoneen 3D-malli Inventorille sopivaksi ja työ tehdään Nisula Forest Oy:lle. Metsäkone on 8-pyöräinen puiden ajokone runko-ohjauksella. Työssä käytetään Autodesk Inventor Professional 2019 -ohjelmaa, joka on uusin versio. Alkuperäinen malli on tehty SolidWork-sillä. Yrityksellä on tarve saada metsäkoneen 3D-malli Inventorille, koska heillä on kyseinen ohjelma käytössä. Samalla tutustutaan laitteen kokoonpanoihin ja rakenteisiin.

Työn tavoitteena on saada olemassa oleva 3D-malli käytössä olevalle ohjelmalle hyödynnettäväksi. Yleisin virhe muunnetuissa kokoonpanoissa on pulttien ja reikien keskinäinen sijainti. Muunnettuja osia ei muokata kovin paljoa. Jos osia muokataan, niin myös alkuperäinen osa jätetään kokoonpanoon piilotettuna. Muunnettua mallia kevennetään, jotta sen käsittely tietokoneella on sujuvampaa. Lopuksi tehdään varaosakuvannot. Työ toteutetaan yrityksen laitteilla ja yrityksen tiloissa kevään 2019 aikana.

Nisulan internetsivuja sekä yhden omistaja jäsenen haastattelua voidaan pitää luotettavana lähteenä sekä uusimpana tietona asiasta. Muut internetsivut ovat pääasiassa valmistajien omia sivuja, joten niitä voidaan pitää myös luotettavina. Teorian lähteenä on pääasiassa eri kirjoja ja yleisesti ottaen kirjat ovat luotettavia lähteitä. Työ sisältää myös luottamuksellista tietoa, kuten prototyyppikoneen valokuvat, muunnettu ja kevennetty 3D-malli metsäkoneesta sekä varaosakuvannot. Nämä kaikki on poistettu julkisesta versiosta.

2 NISULA FOREST

Nisula Forest Oy:n perustivat Ali ja Seppo Nisula 1978 Kuorevedellä suvun maatilalla. Sieltä siirryttiin vähän isompiin tiloihin, joissa yksi kone mahtui halliin ja toinen katokseen. Näissä tiloissa oltiin n. 15 vuotta. Nykyiselle toimipaikalle Jämsän Halliin se muutti 1993/1994 vuodenvaihteessa. Näitäkin toimitiloja on laajennettu ja muutettu nykyajan vaatimukseen 2002, -08, -15 ja -16 vuosina. Nykyäänkin lisätilalle olisi tarvetta tuotannossa ja varastoinnissa. Työntekijöitä on vähän alle 30, joista 5-6 on toimihenkilöitä ja loput ovat tuotannossa. Pienikokoisessa yrityksessä monet työntekijät tekevät erilaisia työtehtäviä. (Nisula 2019.) Kuvassa 1 on Nisula Forestin pääsisäänkäynti.



KUVA 1. Nisula Forest Oy

Yrityksen toimialana oli aiemmin koneellinen puunkorjuu, nykyisin koneellisen puunkorjuun laitteiden suunnittelu ja valmistus. Omia metsäkoneita oli urakointikäytössä parhaimmillaan kymmenen, josta siirryttiin laitevalmistukseen. Yritys tekee suunnittelua ja tuotekehitystä sekä valmistaa näitä koneita ja laitteita. Suunnittelun ja tuotekehityksen tukena on käytännön kokemusta kymmeninen vuosien ajalta. (Nisula Forest Oy 2019.)

Yrityksen liikevaihto on n. 7 M€. Työtilanne sekä tilauskanta ovat hyvät tällä hetkellä. Tärkeimpiä tuotteita ovat hakkuupäät, N5 harvennuskone, energiakourat sekä muut metsäkoneisiin liittyvät tarvikkeet ja varustelut. Esim. kaivureiden ja maataloustraktoreiden varustelut. Lisäksi tehdään vielä jarruriipukkeita, ketjunpitimiä, telan kiristimiä, nostureita ja ohjausjärjestelmiä. N5 harvennuskoneita tehdään 10-20 vuodessa, muita koneita varustellaan hakkuupäillä, nostureilla ja ohjausjärjestelmillä muutamia kymmeniä vuodessa. Hakkuupäitä ja energiakouria tehdään yhteensä muutama sata vuoden aikana. (Nisula 2019.)

Yritys on tehnyt suunnittelua ja tuotteita monille muille saman alan yritykselle historiassa sekä nykyään. Suurin piirtein kaikki tehdään itse, pintakäsittelyä lukuun ottamatta. Koneita huolletaan tehtaalla ja myös asiakkaan luona. (Nisula 2019.) Kuvassa 2 on Nisula Forestin aula, jossa on joitakin tuotteita esillä.



KUVA 2. Nisula Forestin aula

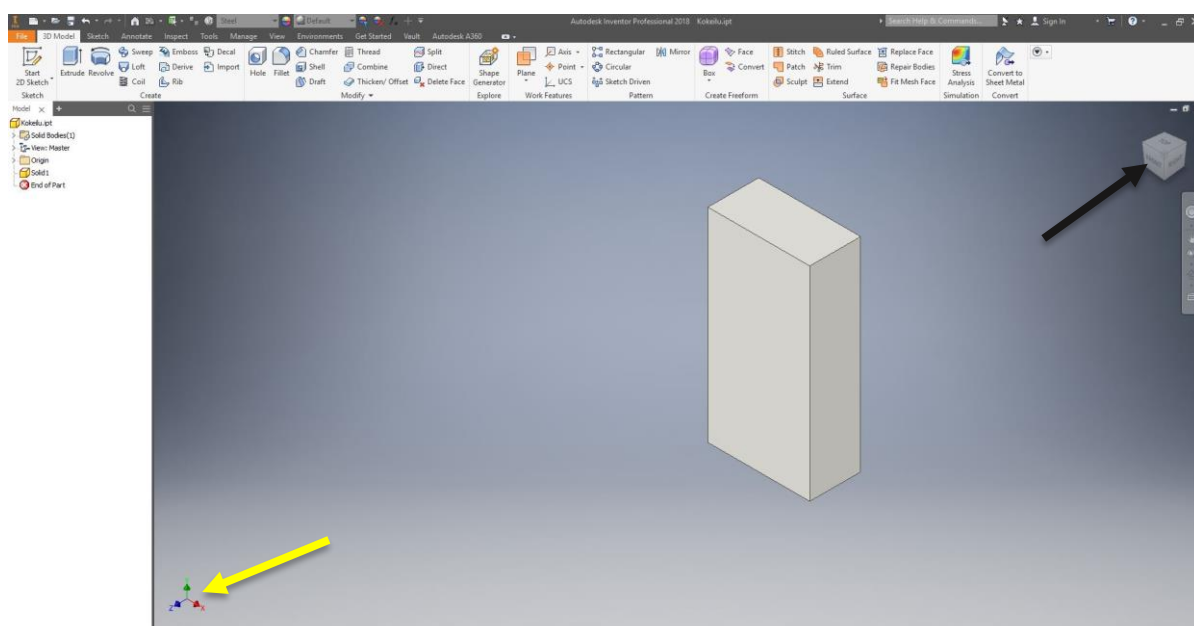
Laatu ja tuotanto/valmistusmenetelmät ovat kehittyneet vuodesta 1978 nykyisen kaltaisiksi. Tuotannonohjauksessa on oma joustava järjestelmä, joka on tehty omaan tuotantoon sopivaksi. Pääasiassa käytetään kestävämpiä materiaaleja, jotka vaativat omat tuotantomenetelmät. Nämä käytössä olevat tuotantomenetelmät on käytännön kautta havaittu hyviksi. Esim. hitsarin koulutus kestää jokuksen vuoden, että hän on omaksunut Nisulan menetelmät ja laatuvaatimukset. Tällä varmistetaan tuotteiden laatu ja osaavat tekijät. (Nisula 2019.)

Kotimaassa Hankkija myy pienimpiä energiakouria ja muut tuotteet myydään itse. Ulkomailla myynnin hoitavat viralliset jälleenmyyjät, joita on n. 25 pääasiassa Euroopassa. Viennin osuus on 60 - 70 %. Kotimaan markkinointi hoidetaan sähköisesti, ammattilehdissä, erilaisissa näyttelyissä sekä näytöskierteilla, joissa on työnäytöksiä. Ulkomaan markkinointi hoidetaan tapauskohtaisesti jälleenmyyjien kanssa. Asiakkaina ovat metsäkoneurakoitsijat ja metsäasioiden parissa toimivat maataloudet. (Nisula 2019.)

Opinnäytetyön kohteena oleva metsäkone on 8-pyöräinen puiden ajokone. Eturungossa on ohjaamo, moottori sekä hydraulijysäiliö ja takarungossa on kuorutilan lisäksi polttoainesäiliö. Koneen pituus on vähän yli 9 m, leveys n. 2,8 m ja korkeus n. 3,7 m. Kauimmaisten akselien väli on n. 6,3 m. Liitteessä 1 on kuva metsäkoneen prototyypistä, salainen.

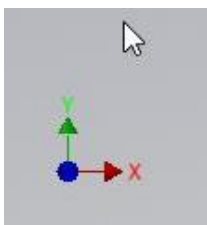
3 3D-MALLINTAMINEN

3D-mallinnus tarkoittaa tuotteen suunnittelua kolmiulotteisesti. Kappaleet, osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet, jotka oikealla tuotteellakin on. Suunnittelu toteutetaan kolmiulotteisessa avaruudessa, jossa on x-, y-, ja z-koordinaattiakselit. (Tuhola & Viitanen 2008, 17.) Kuvassa 3 kappaleen asento näkyy Inventorin oikeassa yläkulmassa olevassa kuutiossa (musta nuoli) ja koordinaattiakselit näkyvät vasemmassa alakulmassa (keltainen nuoli).



KUVA 3. Osan asento.

Tietokoneen näytöllä x-koordinaattiakseli on alareunansuuntainen, y-koordinaattiakseli vasemman reunan suuntainen ja z-koordinaattiakseli osoittaa näytöstä ulospäin kohti suunnittelijaa (kuva 4). Nämä suunnat ovat näiden koordinaattiakselien positiiviset suunnat. Isoimmassa osassa 3D-mallinnusohjelmia käytetään oikeankäden suorakulmaista koordinaatistoa. (Tuhola & Viitanen 2008, 17.)



KUVA 4. Koordinaattiakselit

”X- ja y-koordinaattiakselin kulman positiivinen kiertosuunta on kohti suunnittelijaa eli positiivisen z-koordinaattiakselinsuuntainen. Z-koordinaattiakselin kulman positiivinen kiertosuunta on alaspäin eli negatiivisen y-koordinaattiakselin suuntainen.” (Tuhola & Viitanen 2008, 19.)

Kaikki 3D-mallinnusohjelmat olettavat, että kulma annetaan positiiviseen suuntaan ja tästä johtuen ohjelma tekee pyörähdysksen positiiviseen suuntaan. Jos suunnittelija ei tiedä kappaleen pyörähdyssuuntaa eri tilanteissa, joutuu hän tekemään ylimääräisiä työvaiheita ja se vie aikaa. Kappaletta liikuttaessa tai sen asentoa muutettaessa kolmiulotteisessa avaruudessa koordinaattiakselien suunnat muuttuvat vastaavasti. (Tuhola & Viitanen 2008, 18-19.)

3D-mallinnus on prosessi, joka koostuu lähtötietojen kartoittamisesta, esivalmisteluista ja varsinaisesta mallinnuksesta. Mallia pitää tarkastella mallintamisen aikana eri tavoin, näin varmistutaan, että tuote on laadukas ja suunnitelmien mukainen. Mallinnus sisältää usein muutos- ja korjausvaiheita lujuus- ja törmäystarkastelujen jälkeen. Kaikilla tarkasteluvaiheilla varmistutaan lähtötietojen oikeellisuudesta ja paikkansapitävyydestä. Lisäksi lopullisesta tuotteesta saadaan toimiva kokonaisuus, joka vastaa annettua toimeksiantoa. (Tuhola & Viitanen 2008, 20.)

3.1 Historia

Mekaniikkasuunnittelua tehtiin käsin piirtämällä vielä 1970-luvulla. Tietokoneita oli käytetty erilaisissa mallinnustehtävissä jo 1960-luvulla. 1980-luvun alussa markkinoille tulivat ensimmäiset henkilökohtaiset PC-tietokoneet, jolloin tietokoneella tehtävä mallinnus tuli jokaisen suunnittelijan saataville. AutoCad levisi nopeimmin vasta 1990-luvun alkupuolella myös mekaniikkasuunnittelijoiden

käyttöön. 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa CAD-systeemissä ollut tietokone oli 16-bittinen, siinä oli maksimissaan 512 kt keskusmuistia ja 20 - 300 Mt levytilaa. Tämän järjestelmän hinta oli noin 125 000 dollaria. (Hietikko 2013, 14.) Järjestelmät olivat hyvin kalliita verrattuna nykyisiin järjestelmiin, joissa tietokoneen tehot ovat moninkertaisia ja piirustusohjelmat ovat paljon monipuolisempia.

Suunnitteluohjelmien alkuvaiheessa pyrittiin matkimaan piirustuslautojen käytäntöjä, mistä johtuen voitiin puhua oikeastaan tietokoneavusteisesta piirtämisestä, ei suunnittelusta. Piirtäminen suoritettiin kaksiulotteisena ja projektiolla ei ollut kytkentää toisiinsa. Osapiirustukset voitiin kopioida kokoonpanoihin, mutta samalla menetettiin yhteys niiden väliltä. Mahdolliset muutokset piti pahimmillaan tehdä osapiirroksen ja kaikkiin kokoonpanoihin, joissa osaa oli käytetty. (Hietikko 2013, 14-15.) Nykyisin tiedostot on linkitetty toisiinsa, mistä johtuen muutokset päivittyvät työkuviin sekä kokoonpanoon.

3D-suunnittelua kokeiltiin jo 1980-luvulla, mutta tulokset olivat aika huonoja. Tuolloin järjestelmät olivat erittäin suljettuja ja tiedon siirtäminen järjestelmästä toiseen ei oikeastaan onnistunut mitenkään. (Hietikko 2013, 15.) ”Joissakin tapauksissa jopa hankittiin kolmiulotteisia järjestelmiä, mutta niistä luovuttiin muutamana vuoden jälkeen ilman että saatiin aikaan ensimmäistäkään kolmiulotteista mallia.” (Hietikko 2013, 15.)

Avions Marcel Dassault asetti tiimilleen tavoitteen kolmiulotteisen vuorovaikutteisen ohjelmiston kehittämisestä vuonna 1977. Ohjelmisto sai nimen CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application). Ohjelman ensimmäinen versio saatiin valmiiksi noin viiden vuoden kehityksen jälkeen, vuonna 1982. Samana vuonna perustettiin Autodesk, joka on vaikuttanut merkittävästi CAD-maailmaan. Autodeskin liikeideana oli kehittää henkilökohtaisessa tietokoneessa toimiva CAD-ohjelma, joka maksaisi n. 1 000 dollaria. Ensimmäisen parametrin piirremallinnusohjelmiston kehittäjän pidetään Parametric Technology, sen julkaistua Pro/ENGINEER-tuotteensa vuonna 1988. Nämä ohjelmistot toimivat UNIX-työasemissa, mistä johtuu pitkään Windows-versioissa käytössä ollut valikkorakenne. Pro/E:stä julkistettiin ensimmäinen Windows NT -versio

vuonna 1995. Samana vuonna julkistettiin ensimmäinen SolidWorks, jonka Windows-tyyppinen ja helppokäyttöinen käyttöliittymä herättivät ihastusta. (Hietikko 2013, 15.)

Vuonna 2003 tehdyn tutkimuksen mukaan 3D-mekaniikkasuunnittelusta tehtiin

- 28 % AutoCAD:lla
- 20 % Pro/E:lla
- 11 % Autodeskin Mechanical Desktop:lla
- 10 % SolidWorks:llä
- 9 % CATIA:lla. (Hietikko 2013, 15-16.)

Tutkimus on vanha, tämän opinnäytetyön tekijä arvelee, että nykyisin SolidWorks:n prosenttiosuus on todennäköisesti suurempi.

3.2 Vaatimukset

Suunnittelun eri vaiheita voidaan toteuttaa osittain rinnakkain, jolloin puhutaan simultaanisuunnittelusta. Suunnittelu on ryhmätyötä, jota tehdään myös eri paikoissa. Tästä johtuen tuotetiedon tärkeys on korostunut entisestään. Tuotteeseen liittyvää tietoa on pystyttävä tallentamaan soveltuvaan muotoon, tällöin on kyse tuotemallista. Lisäksi tietoa pitää pystyä editoimaan, levittämään ja käyttämään uudelleen. Tuotetieto on mukana yrityksen liiketoimintaprosesseissa tuotetiedon tarvitsijoille, jotka ovat eri alojen asiantuntijoita, mistä johtuen he edustavat erilaista näkökulmaa tuotteeseen. Usein tuotetiedon tarvitsijat haluavat tietää vain heille relevantin osan tuotetiedosta. He voivat myös muokata ja päivittää mallia, joten tuotetiedoissa on oltava viimeisin versio. (Laakko, Sukuvaara, Simolin, Konkola, Kaikonen, Borgman, Björkstrand & Tuomi 1998, 9.)

Geometrian lisäksi mallissa tarvitaan myös muun tyyppistä tuotetietoa, kuten toleranssit, mitat, materiaalitiedot ja pinnanlaatu. Laaja kokoonpantava tuote voi olla laiva, lentokone tai hissi. Tämänlaisen tuotteen 3D-mallintamiseen riittävä tuki asettaa paljon lisähaasteita tuotesuunnittelijalle ja CAD-järjestelmälle. (Laakko ym. 1998, 9.)

3.3 Hyödyt

3D-suunnittelulla saavutettavat hyödyt voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: suorat hyödyt ja epäsuorat hyödyt. Suorille hyödyille on helppo laskea taloudellinen arvo. Epäsuoria hyötyjä ovat esimerkiksi yrityksen reagoitokyky kilpailutilanteeseen tai joustavuuden lisääntyminen. (Laakko ym. 1998, 32.)

”3D-suunnittelussa voidaan tunnistaa ainakin seuraavia hyötyjä:

- nopeampi suunnitteluprosessi
- vähemmän suunnitteluvirheitä
- vähemmän suunnitteluvirheistä aiheutuvia viivästyksiä tuotannossa
- parempi muutosten hallinta
- kerran luodun tiedon parempi hyödyntäminen
- parantunut tiedon jakaminen
- parempi visuaalisuus.” (Laakko ym. 1998, 32.)

3D-suunnittelu ei välttämättä ole 2D-suunnittelua nopeampaa, vaikka suurista parannuksista on raportoitu. Suunnitteluprosessin selvä nopeutuminen näkyy tuoteperheiden suunnittelussa, jolloin samasta mallista voidaan tehdä erikokoisia ja eri komponenteilla varustettuja versioita. (Laakko ym. 1998, 32.)

3D-suunnittelu mahdollistaa tehokkaat prototyypitekniikat. Pikavalmistustekniikat tulevat tilavuusmallinnuksen kylkiäisenä. Prototyyppien valmistusaika saadaan muutamaa päivään, kun ennen se oli muutamia viikkoja. Suunnitteluvirheiden havaitseminen entistä aikaisemmin helpottuu, koska prototyyppien laatu on huomattavasti parempi. Nopeammin tehdyt prototyypit mahdollistavat suunnitteluprosessin lyhentämisen ja useampien iterointikierrosten käymisen, jolloin samassa ajassa on mahdollista saada entistä valmiimpi tuote. (Laakko ym. 1998, 33.) Iterointi tarkoittaa samojen työvaiheiden toistoja, kunnes haluttu tulos saavutetaan (Tilastokeskus 2019).

Markkinoitiin ja dokumentointiin saadaan entistä laadukkaampaa kuvamateriaalia. Visualisointiohjelmilla saadaan tehtyä korkeatasoista kuvamateriaalia tuot-

teista, joita ei ole edes valmistettu. Asiakkaalle 3D-suunnittelu näkyy parempi-laatuiseina tuotteena. Lisäksi tuote vastaa paremmin asiakkaan tarpeita. (Laakko ym. 1998, 33-34.)

"Feldhusen ja Lashin [23] ovat esitelleet raportissaan, joka käsittelee CAD-tekniologian käyttöönottoa raitiovaunusuunnittelussa, laskentatavan tekniologian käyttöönoton tuomiin suoriin hyötyihin. Raportissa on tunnistettu kolme erillistä mitattavaa hyötyä.

1. Aikasäästöt suunnitteluosastolla

$$\text{Säästöt} = SK \cdot \text{ajansäästö} \cdot \eta_{3D/2D} \cdot \eta_{3D}$$

SK = Suunnittelukustannukset, todellinen suunnitteluun kulunut aika

ajansäästö = 3D:n käytöllä saavutettavissa oleva ajansäästö (%)

$\eta_{3D/2D}$ = 3D-suunnittelun osuus kaikesta suunnittelusta (%)

η_{3D} = 3D:tä käyttävien henkilöiden siihen käyttämä aika kokonaissuunnitteluajasta (%)

2. Suunnitteluvirheiden väheneminen

$$\text{Säästöt} = SK \cdot T_1 \cdot E_1 \cdot E_2$$

T_1 = tuotemuutoksiin ja revisioihin kulunut aika (%)

E_1 = suunnitteluvirheiden osuus tuotemuutoksista

E_2 = suunnitteluvirheiden väheneminen 3D-suunnittelun ansiosta

3. Suunnitteluvirheiden vähenemisestä saavutettavat aikasäästöt tuotantossa

$$\text{Säästöt} = RK \cdot E_1 \cdot E_3 \cdot E_2 \cdot \eta_{3D/2D} \cdot \eta_{3D}$$

RK = Revisioista ja korjauksista aiheutuneet kustannukset

E_3 = tuotantoon vaikuttavien virheiden osuus." (Laakko ym. 1998, 34-35.)

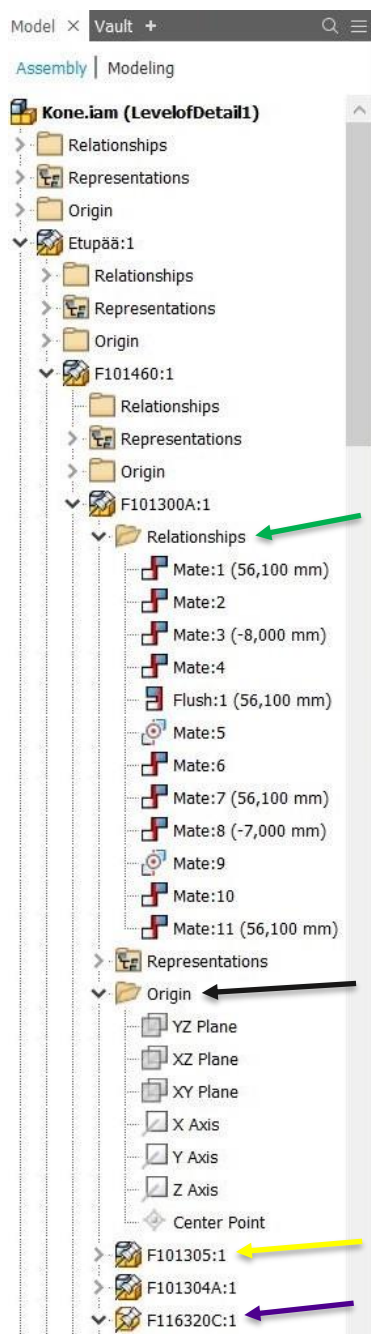
3.4 Parametrinen piirremallinnus

Parametrisellä piirremallinnuksella tarkoitetaan tietokoneavusteista suunnitteluohjelmistoa, jonka avulla suunniteltava kohde mallinnetaan kolmiulotteista

geometriaa apuna käyttäen. 3D-tuotemallia pystytään hyödyntämään paljon tehokkaammin kuin 2D-piirustusta, esimerkiksi mekaanisen laitteen toimintaa tutkittaessa. Tästä johtuen mm. osien törmäykset toisiinsa saadaan helposti esille. Parametrisella piirremallinnuksella tehdään nykyisin jopa yli 90 % kaikesta mekaniikkasuunnittelusta. (Hietikko 2013, 23, 25.)

Parametrisuudella tarkoitetaan käytännössä sitä, että kohteessa olevia mittoja pystytään muuttamaan missä tahansa mallinnuksen vaiheessa, samalla kohteen geometria muuttuu vastaavasti. Tämä helpottaa mallinnusta, koska suunnittelun alkuvaiheessa ei välttämättä tiedetä suunniteltavan kohteen mittoja tarkasti. Ne tarkentuvat suunnittelun edetessä. Mallissa oleviin mittoihin voidaan muodostaa relaatioita, esimerkiksi laitetaan kaksi mitta yhtä suuriksi. Jolloin toista mitta muutettaessa, muuttuu myös toinen mitta. Mittojen välillä pystytään myös rakentamaan matemaattisia yhteyksiä, esimerkiksi jokin mitta voi olla puolet toisesta mitasta. Lisäksi malliin pystytään määrittämään erilaisia ehtoja kuten symmetria, samankeskeisyys tai yhdensuuntaisuus. (Hietikko 2013, 23,25.)

Piirremallinnus tarkoittaa kohteen mallinnusta piirteistä. Aluksi tehdään peruspiirre, johon lisätään uusia piirteitä siten, että lopuksi saadaan aikaiseksi kohteen tarkka malli. Piirteet tulevat näkyviin malliin sekä ns. piirrepuuhun, josta on helppo valita piirre muutosten tekemistä varten. (Hietikko 2013, 23.) Kuvassa 5 on piirrepuu, joka näkyy Inventorin vasemmassa laidassa. Vihreä nuoli osoittaa Relationships-kansiota, jossa on kaikki F101300A-kokoonpanon kiinnitysehdot toisiin kokoonpanoihin ja osiin. Musta nuoli osoittaa Origin-kansiota, jossa on F101300A-kokoonpanon kolme planea sekä kolme akselia ja keskipiste. Keltainen nuoli osoittaa kokoonpanoa ja sininen nuoli yksittäistä osaa.



KUVA 5. Piirrepuu

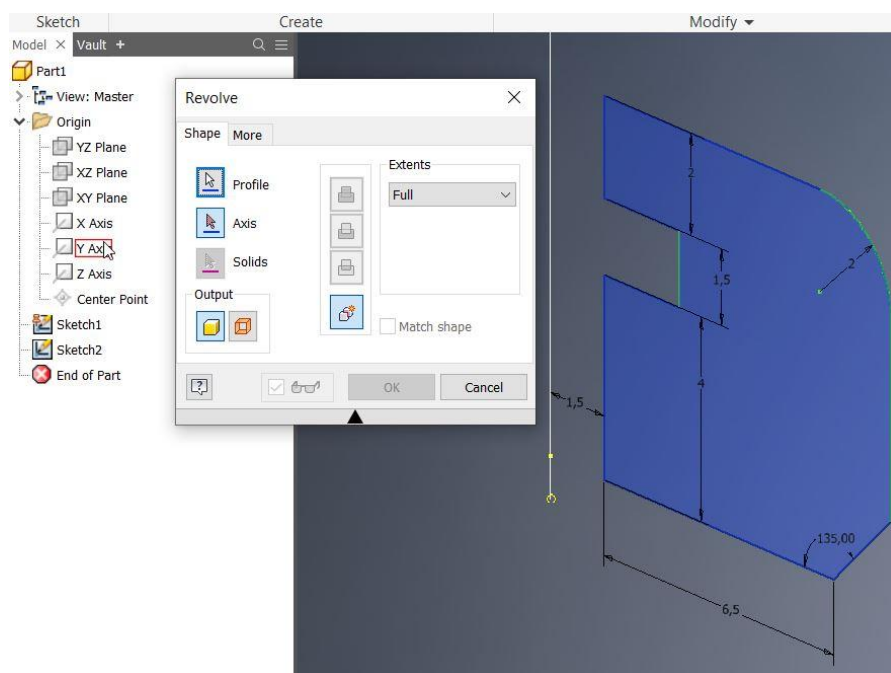
”Esimerkiksi kokoonpanon piirrepuussa näkyvät kaikki siihen kuuluvat osat, komponentit ja osakokoonpanot ja niihin kuuluvat piirteet, osat, kokoonpanot ja osakokoonpanot.” (Hietikko 2013, 23.)

Tärkeimmät ja osan toimintaa merkittävimmin vaikuttavat piirteet täytyy nimetä ja sijoittaa mahdollisimman ylös piirrepuussa. Enemmän ulkonäköön ja vähemmän toimintaan vaikuttavat piirteet sijoitetaan alas piirrepuussa. Fyysisesti lähellä toisiaan olevat piirteet tulisivat myös piirrepuussa sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan. (Hietikko 2013, 24-25.)

Mallin tekemisen aikana on jo varauduttava tulevaisuudessa tehtäviin muutoksiin. Kaikki piirteet on laadittava niin, että mallia muutettaessa alkuperäisen suunnittelun tarkoitus ei muutu ja malli käyttäytyy hallitusti. Esimerkiksi, jos kappaleen keskellä on reikä, sen on pysyttävä siinä, vaikka kappaleen mittoja muutettaisiin myöhemmin. (Hietikko 2013, 25.)

3.5 Mallinnusmenetelmät

3D-mallinnusmenetelmiä on kolmea päätyyppiä: kappalemallinnus, levymallinnus ja pintamallinnus. Kappalemallinnuksen toinen nimi on solidimallinnus. Kappalemallinnuksessa käytetään valmiita muotoja kuten ympyrä, neliö tai kolmio. Yleisimmät muokkaustavat ovat pursotus ja leikkaus. Pursotuksessa valmiiseen muotoon lisätään sopivan muotoisia kappaleita ja taas leikkauksessa siitä vähennetään sopivan muotoisia kappaleita. (Tuhola & Viitanen 2008, 26.) Usein kappaleen tekeminen aloitetaan aloitusketsillä, joka sitten pursotetaan halutun mittaiseksi. Kappale voidaan myös tehdä pyöräytysmenetelmällä. Silloin piirretään sketsi, jossa on poikkileikkaus halutusta kappaleesta ja sitten sketsi pyöräytetään valitun akselin ympäri. Kuvassa 6 valitaan profiili ja akseliksi Y-akseli, jonka ympäri valittu profiili pyöräytetään.



KUVA 6. Pyörähdyskappaleen tekoa

Levymallinnuksessa käytetään erilaisia levyjä. Jos levyn paksuus on 0,1 - 6 mm puhutaan ohutlevymallinnuksesta ja tätä paksummat levyt kuuluvat levymallinnukseen. Mallinnusohjelmissa molempia levymallinnuksia tehdään samoilla työkaluilla. (Tuhola & Viitanen 2008, 27.)

Suunnittelijan tulisikin osata laskea neutraaliakselin paikka levyn poikkipinnassa, sillä tämä vaikuttaa suoraan aihion oikaistun pituuden laskemiseen. Aihion oikaistu pituus taas määrittää sen, kuinka tarkasti kappale saavuttaa lopullisen muotonsa. Tästä syystä kyseinen mitta on oleellinen 3D-mallinnuksessa. (Tuhola & Viitanen 2008, 27-28.)

K-factor arvo määrää mallin neutraalitaso sijainnin aineessa särmäyssäteen funktiona. 3D-ohjelmaan kannattaa tehdä taivutustaulukko, jossa on aihion oikaistun pituuden laskentaan tarvittava DIN 6985 -standardin mukainen K-factor arvo. Jos taulukkoarvoja ei ole käytössä voi K-factor arvon laskeakin. (Tuhola & Viitanen 2008, 28, 145) Ohjelmissa on eri työkalut kappale- ja levymallinnuksiin.

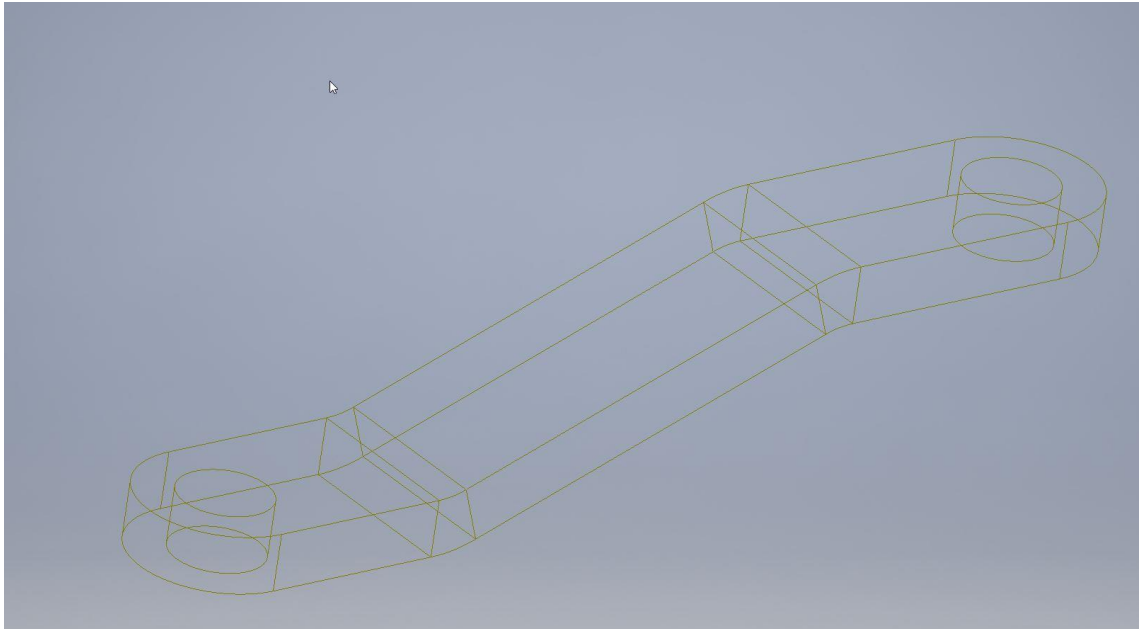
Pintamallinnuksessa mallia muotoillaan erilaisten pintojen avulla. Menetelmänä se on täysin erilainen kuin nuo kaksi edellä mainittua, mutta pintamallinnustyökaluja voi käyttää muuhunkin mallintamiseen. Pääasiassa pintamallinnusta käyttävät muotoilijat. (Tuhola & Viitanen 2008, 29.) ”Tyypillisesti sitä käytetään mallinnettaessa tuotteita, jotka valmistetaan valamalla ja erilaisia muovimuotteja sekä pursotustyökaluja käyttäen. Hyviä esimerkkejä tällaisista tuotteista ovat puhelimen kuori ja veneen muotti.” (Tuhola & Viitanen 2008, 29.) Pintamallin pystyy tekemään Excel taulukolla, jossa on x-, y- ja z-koordinaatit omilla sarakkeillaan. Tämä taulukko luetaan mallinnusohjelmaan ja pintamalli muodostuu sen mukaan.

3.6 Geometriset mallit

3D-mallien yleisimpiä tyyppiä ovat 3D-rautalankamalli, -pintamalli ja -malli. Inventorin View-välilehdeltä pystyy valitsemaan, että mitä tyyppiä käytetään. Lisäksi View-välilehdellä on enemmänkin 3D-mallien tyyppiä. Osien valmistuskuvat ovat 2D-piirustuksia.

3.6.1 3D-rautalankamalli

Rautalankamallissa on näkyvissä vain mallin ääriviivat. Tätä mallia käytetään silloin, kun halutaan valita särmiä mielivaltaisesti esim. viisteitä tehtäessä. (Tuhola & Viitanen 2008, 20.) Kuvassa 7 on rautalankamalli eräästä osasta.



KUVA 7. Rautalankamalli

”Rautalankamallin vahvuudet:

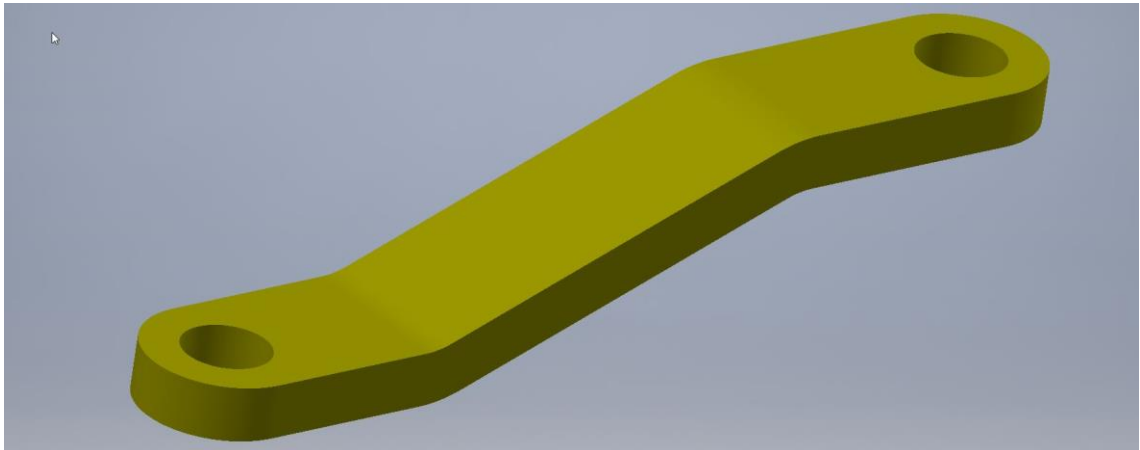
- Kohdistuspisteet ja -särmät voidaan määrittää tasojen läpi.
- Tartunta voidaan kohdistaa mihin tahansa rautalankamallin pisteeseen eri tasoista välittämättä.” (Tuhola & Viitanen 2008, 20.)

”Rautalankamallin heikkoudet:

- Mallista on mahdotonta erottaa, mitkä pinnat ovat takana ja mitkä edessä.
- Vaikea nähdä, missä suunnassa malli on.
- Vaikea hahmottaa, missä asennossa osa on.
- Vaikea tehdä sidoksia muihin malleihin.
- Kierteiden ja reikien esittäminen on hankalaa.
- Malli on esityksenä sekava ja epäkäytännöllinen.
- Malli ei ole havainnollinen.” (Tuhola & Viitanen 2008, 21.)

3.6.2 3D-pintamalli

Pintamallissa näkyy vain mallin pinnat. Tätä mallia käytetään valettavien ja pur-sotettavien tuotteiden suunnitteluun ja tästä johtuen mallinnustapaa koskevat ai-
van omanlaisensa säännöt. (Tuhola & Viitanen 2008, 21.) Kuvassa 8 on pinta-
malli eräästä osasta.



KUVA 8. Pintamalli

”Pintamallin vahvuudet:

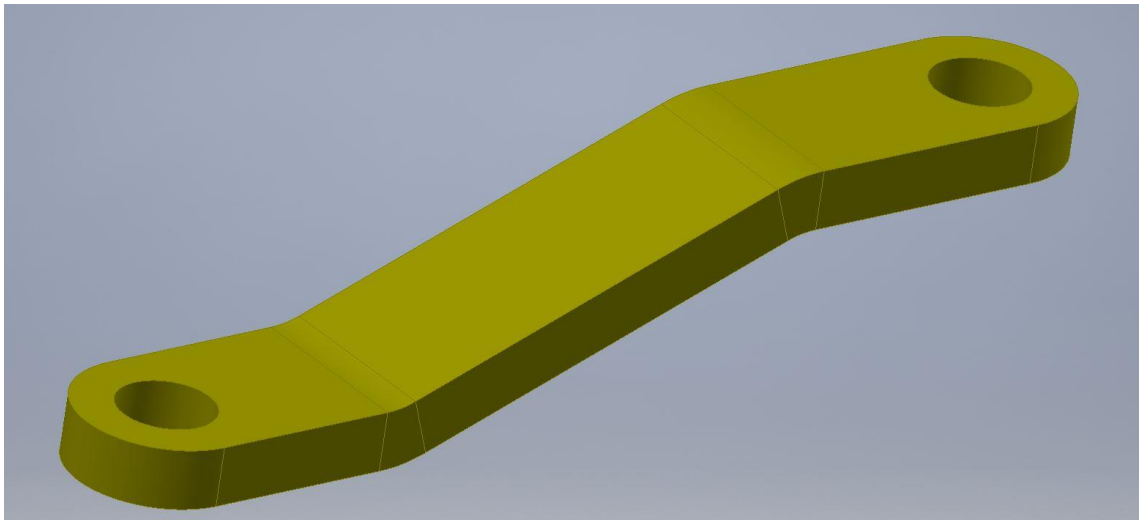
- Mallin tilavaikutelmaa saadaan hahmotettua.
- Kappaletta voidaan muotoilla vapaammin kuin pelkillä perustyökaluilla.”
(Tuhola & Viitanen 2008, 21.)

”Pintamallin heikkoudet:

- Voidaan työstää vain näkyvissä olevia pintoja.” (Tuhola & Viitanen 2008, 21.)

3.6.3 3D-malli

Kolmatta mallityyppiä kutsutaan myös solidimalliksi tai tilavuusmalliksi. Mallista näkee kaiken tiedon, josta malli koostuu. (Tuhola & Viitanen 2008, 22.) Kuvassa 9 on 3D-malli eräästä osasta.



KUVA 9. 3D-malli

”3D-mallin vahvuudet:

- Sisältää tiedon mallin ulkomuodosta sekä siitä, missä kohtaa mallissa on materiaalia ja missä ei.
- Esitystapana havainnollinen ja selkeä.
- Mallia voidaan tarkastella sellaisena kuin se todellisuudessa on.” (Tuhola & Viitanen 2008, 22.)

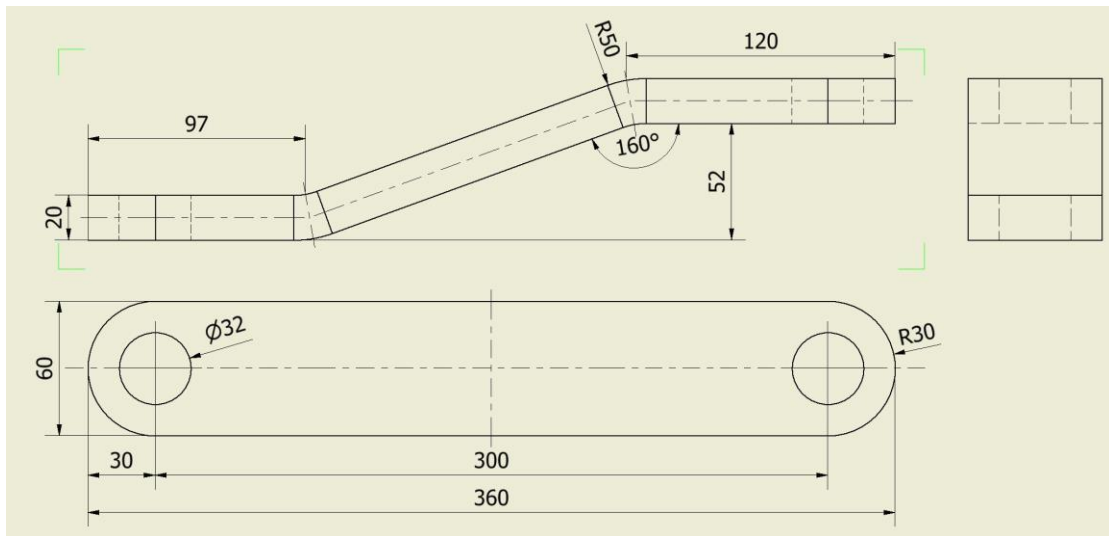
”3D-mallin heikkoudet:

- Voidaan valita vain ne pinnat ja tasot, jotka mallista voidaan osoittaa.
- Tartuntoja ei voida tehdä tasojen tai pintojen läpi, vaan malli täytyy aina pyöryttää siihen asentoon, jossa kyseiseen pintaan voidaan tarttua.” (Tuhola & Viitanen 2008, 22.)

3.6.4 2D-piirustus

2D-piirustus kannattaa lähettää eteenpäin dxf- tai dwg-kuvana, jos kuvan muokattavuus halutaan säilyttää. Käytetään pdf-muotoa, jos halutaan ettei kuvia voida muokata. 2D-piirustuksessa pitää olla tietoa mm. valmistusmateriaalista, pintakäsittelystä, koneistustoleransseista, koneistuksen pintamerkeistä sekä paikka- ja sijaintitoleransseista. Suunnittelijan pitää tietää millaista tarkkuutta tuotantolaitoksen yleistoleranssit vaativat. (Tuhola & Viitanen 2008, 31-32.)

Piirustukseen voi kirjoittaa ohjeita. Lisäksi pitää pyrkiä mahdollisimman selkeään esitystapaan. Käytännössä 2D-piirustus on ainoa dokumentti, mitä valmistajalla on tuotteen valmistamista varten, joten siinä on oltava kaikki ohjeistus valmistamiseen liittyvästä tiedosta, jotta ei jää sekavuutta ja epäselvyyttä. (Tuhola & Viitanen 2008, 32.) Kuvassa 10 on 2D-piirustus, jossa kappale on kuvattu eri suunnista katsottuna sekä siinä on myös kappaleen mitoitus.



KUVA 10. 2D-piirustus

4 TYÖVÄLINEET

Työ tehtiin pöytätietokoneella ja suurella näytöllä sekä lisäksi käytössä oli 3D-hiiri. Metsäkoneen alkuperäinen 3D-malli aikoinaan tehtiin SolidWorksillä, joka on 3D-suunnitteluohjelma. Tämä malli muunnettiin Inventor Professional 2019 -ohjelmalla, joka on myös 3D-suunnitteluohjelma ja tämä ohjelma on käytössä Nisula Forestilla.

4.1 Laitteet

Nisula Forest oli hankkinut tehtävää varten hyvän tietokoneen Windows 10 Pro -käyttöjärjestelmällä, prosessori oli Intel 3,6 GHz, keskusmuistia oli 32 Gt ja näytönohjain oli NVIDIA, jossa oli 8 Gt muistia. Tietokone täytti hyvin ohjelman valmistajan järjestelmävaatimukset. Prosessoriksi vaadittiin 2,5 GHz, keskusmuistia 8 Gt ja näytönohjain 1 Gt muistilla (Autodesk 2019). Ohjelma toimikin pääsääntöisesti sujuvasti. Näyttönä oli Samsungin 32-tuumainen näyttö. Iso näyttö oli hyvä, kun sai useamman ikkunan kerralla näyttöön. Tämä nopeutti työskentelyä, koska ei tarvinnut koko ajan siirtyä ikkunasta toiseen. Lisäksi yritys oli hankkinut 3D-hiiren, joka on kuvassa 11.



KUVA 11. 3D-hiiri

3D-hiiren valmistajan (3Dconnexion) mukaan tämä laite on kehitetty tuottamaan intuitiivinen, vaivaton ja tarkka 3D-navigointi CAD-sovelluksissa, joita ei voi kokea käyttämällä tavallista hiirtä ja näppäimistöä. Se on ihanteellinen työkalu nykyaikaisille insinööreille, arkkitehdeille ja suunnittelijoille, jotka voivat tarkastella 3D-malleja ja tutkia 3D-mallinnuksia. (3Dconnexion 2018.)

3D-hiirtä käytettäessä toinen käsi on vapaa samanaikaisesti käyttämään tavallista hiirtä valitsemalla, luomalla tai muokkaamalla mallia. Laitteessa on patentoitu kuuden vapausasteen -anturi, joka on suunniteltu käsittelemään digitaalista sisältöä tai kameran asemointeja alan johtavissa CAD-sovelluksissa. Ikonisen ja puhtaan muotoilun ansiosta laite on tarpeeksi pieni jokaiselle työpöydälle. Harjatun teräspohjan vuoksi laite on vakaa tarkkaan 3D-navigointiin. (3Dconnexion 2018.)

Laitteella pystyy zoomaamaan lähemmäksi ja kauemmaksi 3D-mallia/piirustusta. Lisäksi 3D-mallia pystyy kääntämään ja kiertämään näytöllä. Nopeutta pystyy säätämään ja nappeihin voi ohjelmoida haluttuja toimintoja. Verkkokauppa.com:ssa laite maksaa n. 200 € (Verkkokauppa.com 2019), joten se ei ole kovin kallis, kun huomioidaan laitteen hyödyt.

4.2 Inventor Professional 2019

Autodesk Inventor on 3D-mekaniikan kappalemallinnusohjelmisto, jolla voidaan luoda 3D-digitaalisia prototyyppejä. Sitä käytetään 3D-mekaniikan suunnitteluun, suunnittelun kommunikointiin, työkalujen luomiseen ja tuotesimulaatioon. Tämä ohjelmisto mahdollistaa käyttäjien tuottaa täsmällisiä 3D-malleja avustukseen suunnittelua, tuotteiden visualisointia ja simulointia ennen tuotteiden valmistamista. (Techopedia 2019.)

Tämä ohjelmisto sisältää integroidun liikkeen simuloinnin ja kokoonpanojen kuormitusanalyysin, missä käyttäjälle on annettu vaihtoehdot kuormituksille, dynaamisille komponenteille, kitkakuormille ja auttaa ajamaan dynaamisen simulaation tuotteen toimintaan oikeassa ympäristössä. Nämä simulaatio työkalut

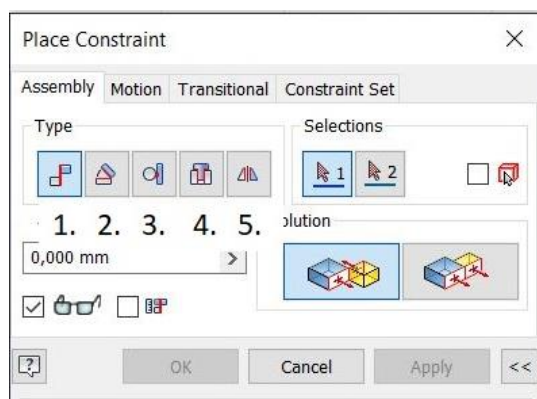
mahdollistavat käyttäjien suunnitella autoja tai niiden osia, esimerkiksi optimoida tuotteen lujuus ja paino, tunnistaa korkean kuormituksen alueet, tunnistaa ja vähentää ei toivotut värähtelyt, ja jopa moottorien koot auttavat vähentämään kokonaisenergian kulutusta. (Techopedia 2019.)

Autodesk Inventorin FEA-ominaisuus sallii käyttäjien valikoida komponenttisuunnittelua testaamalla osien suorituskykyä kuormitettuna. Optimointitekniikka ja parametriset opinnat antavat käyttäjille mahdollisuuden suunnitella parametrejä kokoonpanon kuormitusalueiden sisällä ja vertailla suunnitteluvaihtoehtoja. Sitten 3D-malli päivitetään perustuen näihin optimointiparametreihin. (Techopedia 2019.)

Autodesk Inventor käyttää erityisiä tiedostomuotoja osille, kokoonpanoille ja piirustuksille. Tiedostot tuodaan tai viedään DWG-muodossa. Kuitenkin, 2D ja 3D datan vaihto- ja tarkistusmuoto, jota Autodesk Inventor käyttää useimmiten on DWF. (Techopedia 2019.)

4.2.1 Osien kiinnitysehdot

Kuvassa 12 on kaikki Inventorin Constraintit eli ehdot, joilla osat ovat toisissaan kiinni.



KUVA 12. Osien kiinnitysehdot

Ensimmäinen ehto on Mate, jolla saadaan kahden osan pinnat vastakkain tai pinnat samanlinjaiseksi.

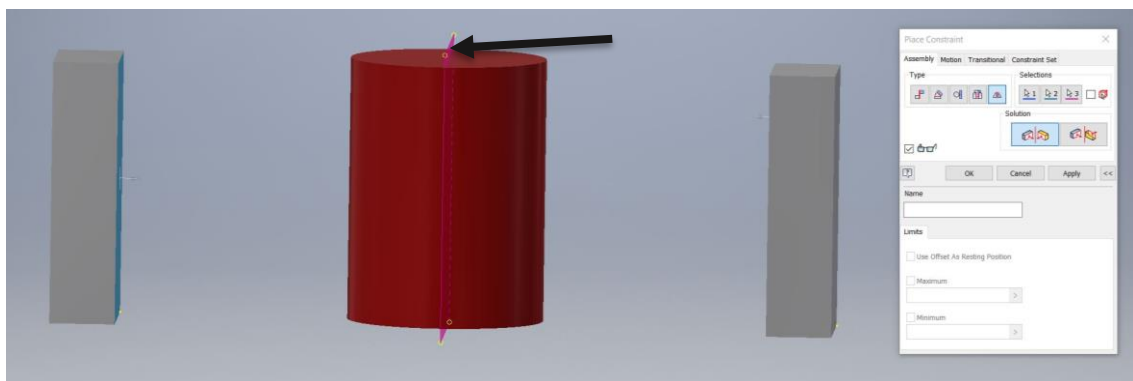
Toinen on ehto Angle, jolla saadaan haluttu kulma kahden osan/pinnan välille.

Kolmas on ehto Tangent, jolla saadaan pinnat tangentiaalisesti kiinni toisiinsa. Neljäs on ehto Insert, jolla saadaan kaksi pyöreätä osaa saman keskeiseksi. Lisäksi valitaan, mitkä pinnat ovat samanlinjaisia. Esim. tällä ehdolla saa hyvin renkaan yhdistettyä vanteeseen (kuva 13).



KUVA 13. Renkaan ja vanteen yhdistäminen

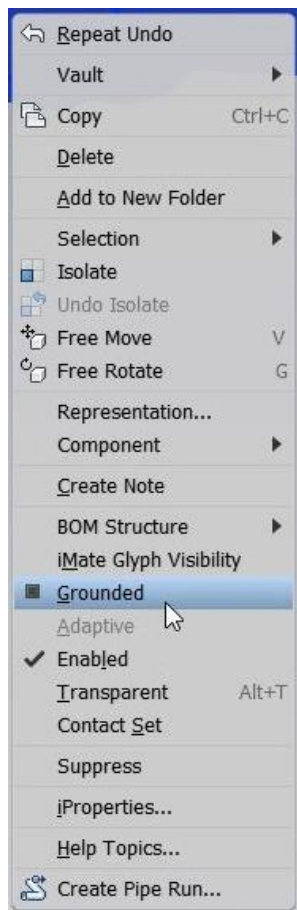
Viides ehto on Symmetry (kuva 14), jolla saadaan esimerkiksi kaksi osaa yhtä kauaksi planesta (musta nuoli).



KUVA 14. Symmetry ehto

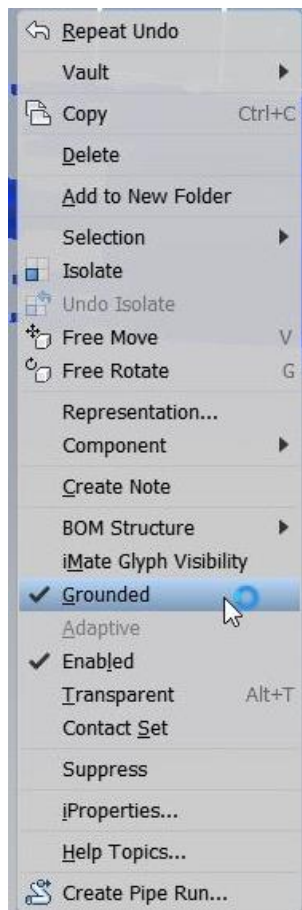
4.2.2 Grounded

Usein tiedostonsiirrossa ohjelmasta toiseen tarvitsee kokoonpanon osat ankkuroida toisiinsa eli laittaa ne Grounded. Tämä tehdään valitsemalla kaikki kokoonpanon osat ja valitsemalla Grounded. Kuvan 15 Grounded sanan edessä näkyvä neliö tarkoittaa, että osa valituista osista on Grounded, mutta ei kaikki.



KUVA 15. Osa osista Grounded

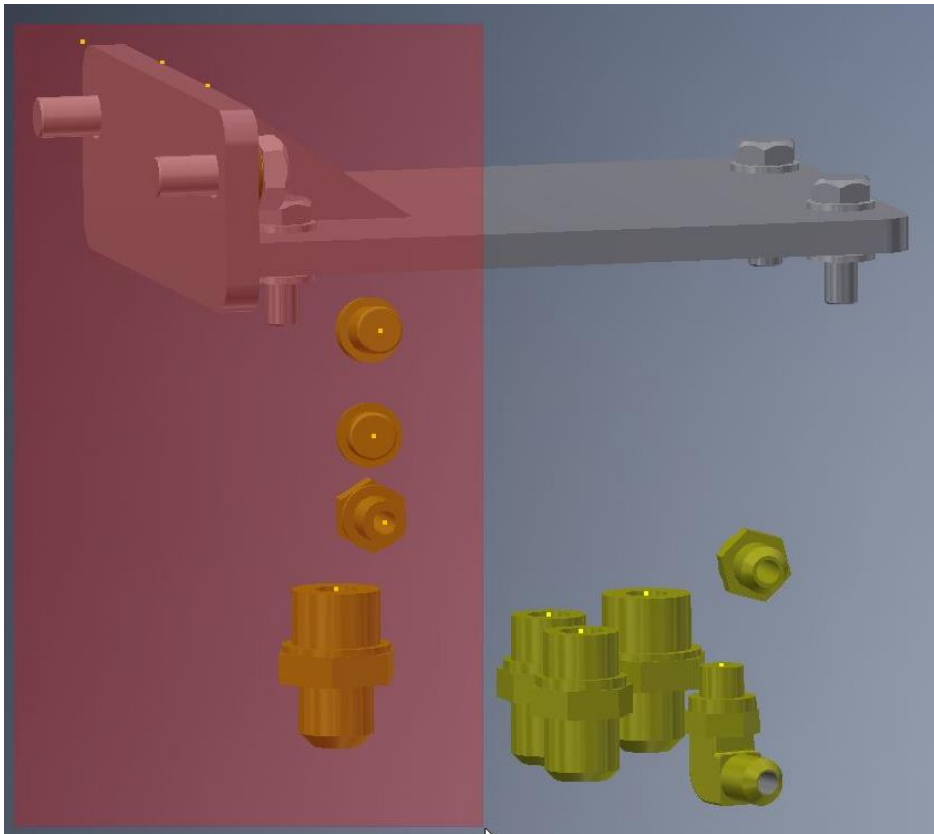
Kuvassa 16 kaikki valitut osat ovat Grounded. Tämä havaitaan siitä, että Grounded sanan edessä on oikein-merkki.



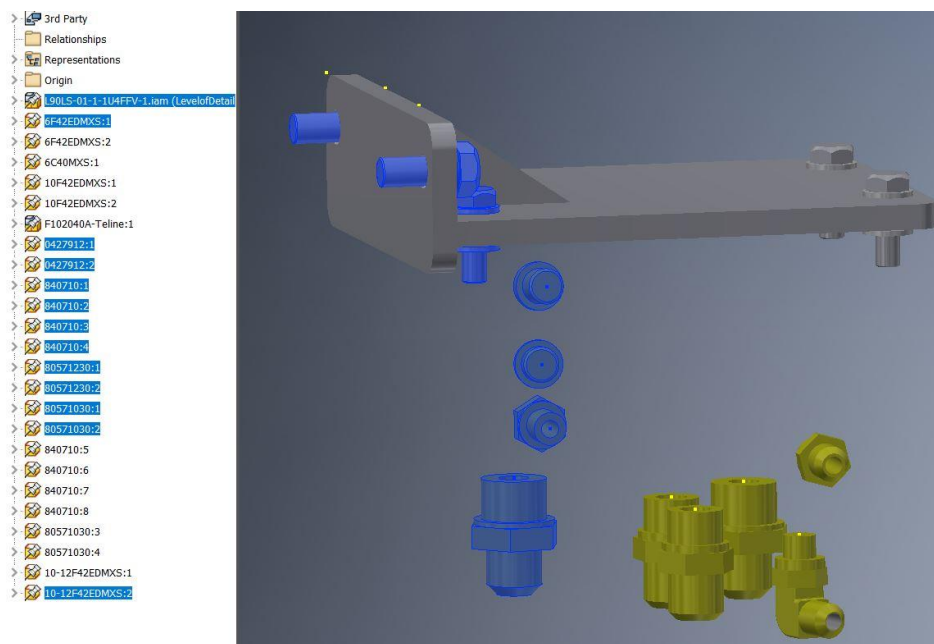
KUVA 16. Kaikki osat Grounded

4.2.3 Valintaruudut ja Demote

Hiirellä vedettäessä vasen nappi pohjassa vasemmalta oikealla, niin näyttöön tulee punainen ruutu (kuva 17) ja näin saadaan valittua vain ne osat, jotka jäävät kokonaan punaisen ruudun sisälle. Kuvassa 18 näkyy valitut osat sinisenä piirrepuussa sekä kokoonpanossa.

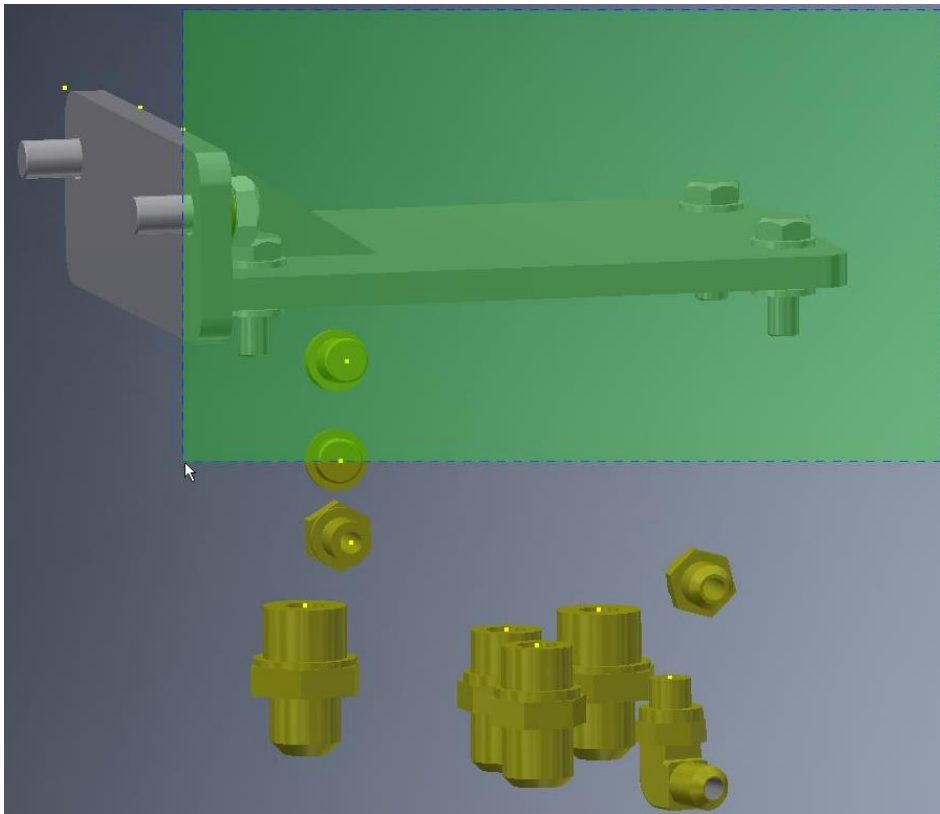


KUVA 17. Punainen valintaruutu

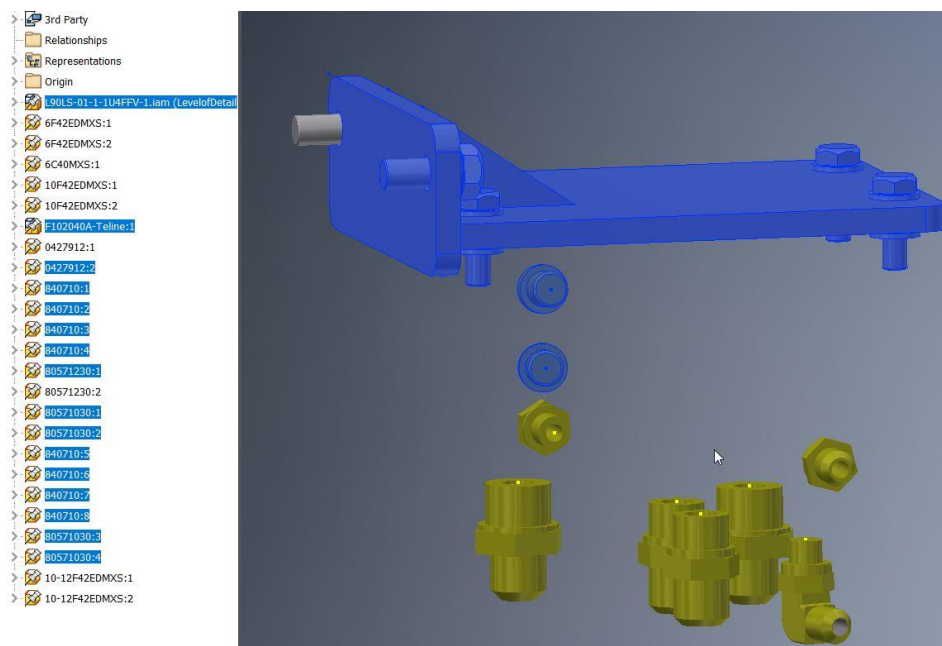


KUVA 18. Punaisella valintaruudulla valitut osat

Hiirellä vedettäessä vasen nappi pohjassa oikealta vasemmalle näyttöön tulee vihreä ruutu (kuva 19) ja näin saadaan valittua ne osat, jotka jäävät edes osittain vihreän ruudun sisälle. Kuvassa 20 näkyy valitut osat sinisenä piirrepuussa sekä kokoonpanossa.

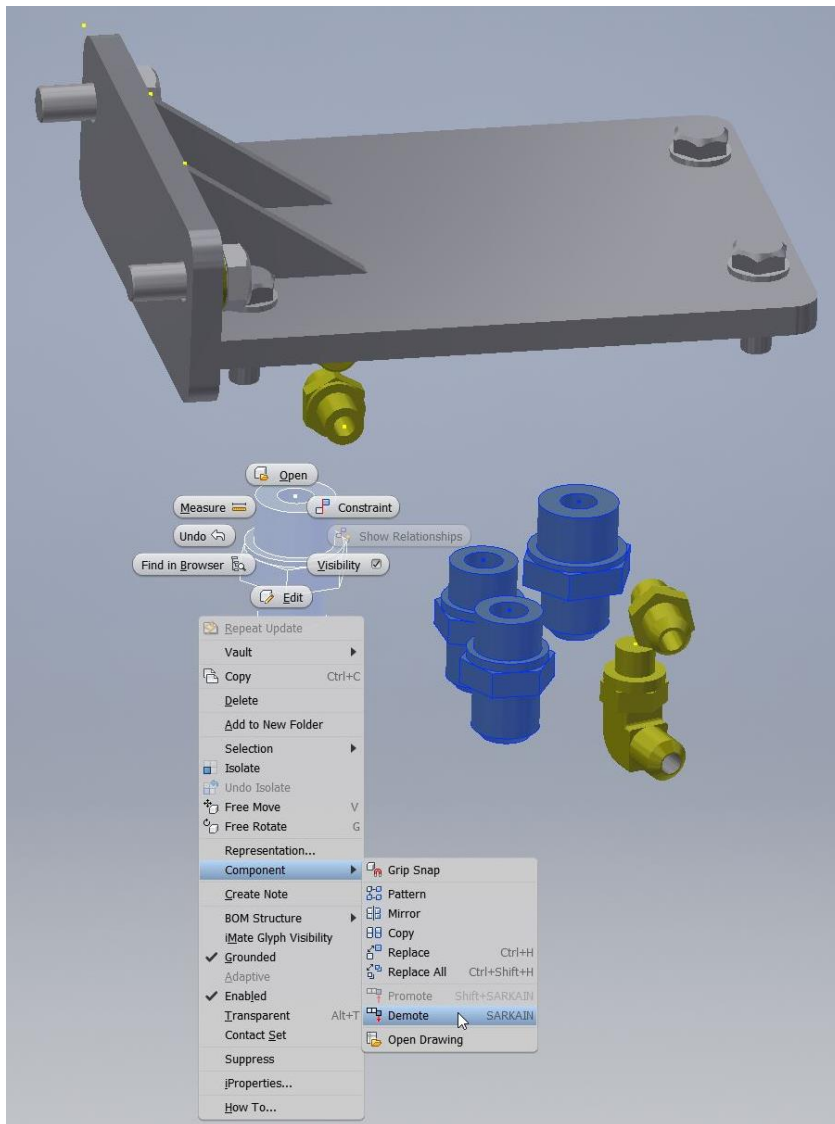


KUVA 19. Vihreä valintaruutu



KUVA 20. Vihreällä valintaruudulla valitut osat

Valituista osista pystyy tekemään oman kokoonpanon. Osien valitsemisen jälkeen valitaan Demote-komento (kuva 21). Aukeavassa ikkunassa nimetään uusi kokoonpano ja valitaan tallennuspaikka. Nyt valitut osat ovat piirrepuussa omana kokoonpanonaan.

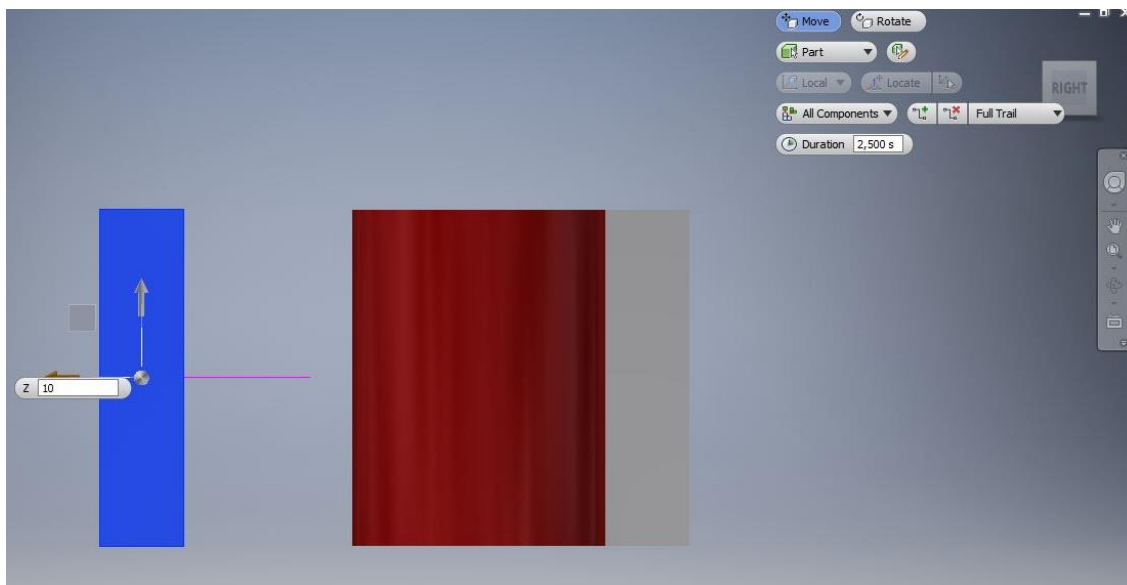


KUVA 21. Demote-komento

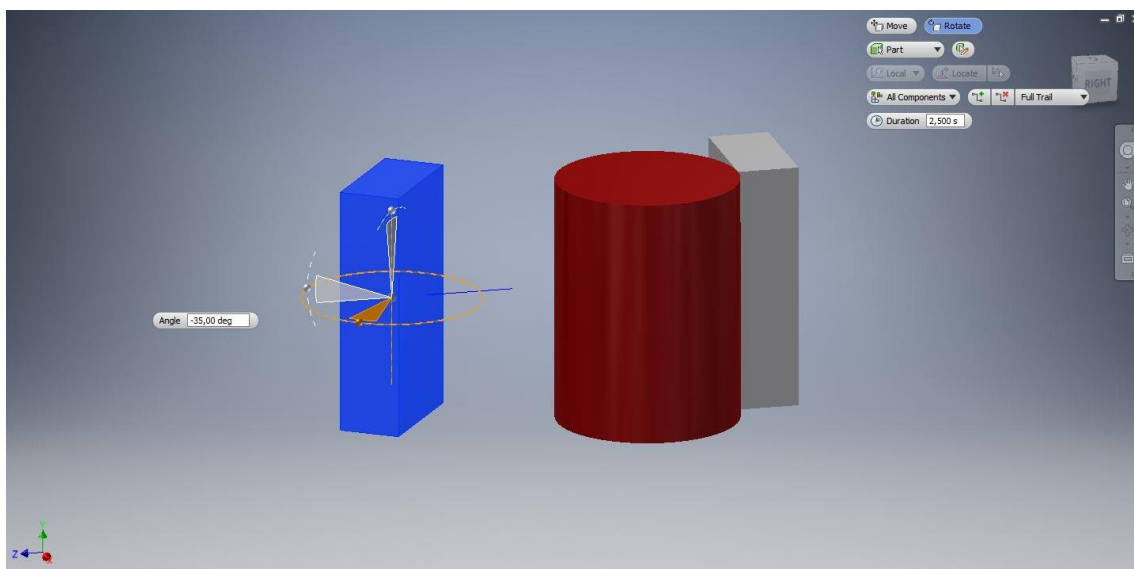
4.2.4 Räjätyskuvat ja piirustusohja

Räjätyskuvan tekeminen aloitetaan tekemällä uusi esitystiedosto, jonka tiedostonuoto on ipn. Avautuvasta ikkunasta valitaan haluttu kokoonpano, josta tehdään räjätyskuva. Räjätyskuvassa osia voidaan siirtää jokaisen x-, y- ja z-akselin suuntaan sekä osaa voidaan myös kääntää näiden kolmen akselin ympäri. Joissakin tapauksissa osien kääntämisellä saadaan havainnollistettua tietyn osan paikkaa kokoonpanossa. Osat siirretään tai käännetään käyttämällä Tweak Component -komentoa. Duration aika tarkoittaa, kuinka kauan osan siirtäminen tai kääntäminen kestää, jos räjätyskuvasta tehdään video. Kuvassa 22

osaa on siirretty 10 mm z-akselin suuntaan. Kuvassa 23 osaa on käännetty 35° y-akselin ympäri.



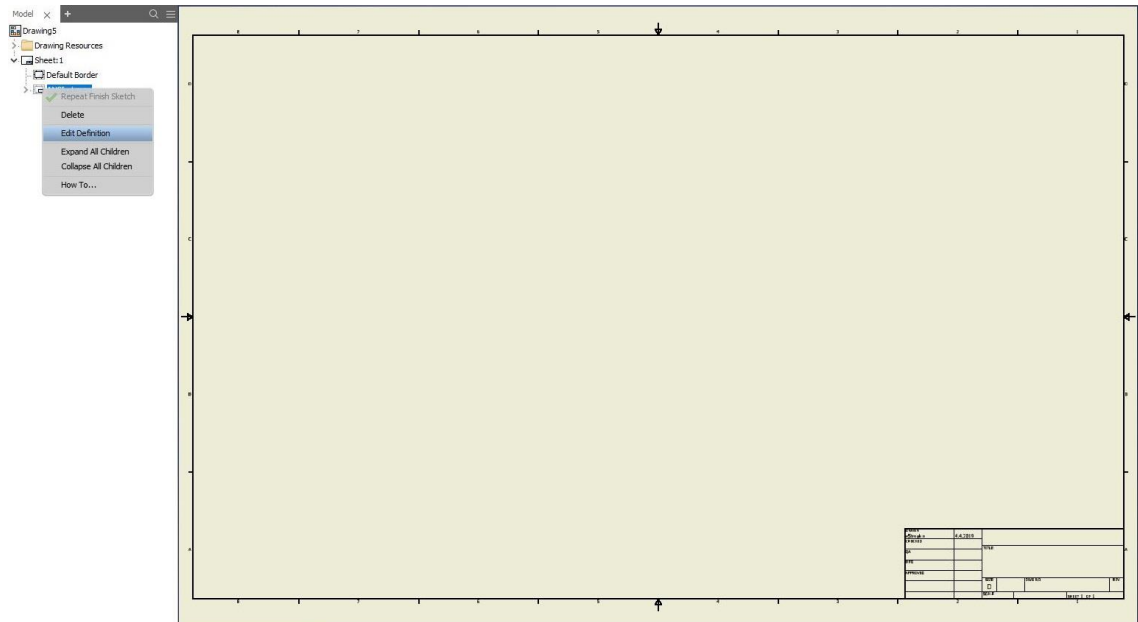
KUVA 22. Osan siirtäminen z-akselin suuntaan



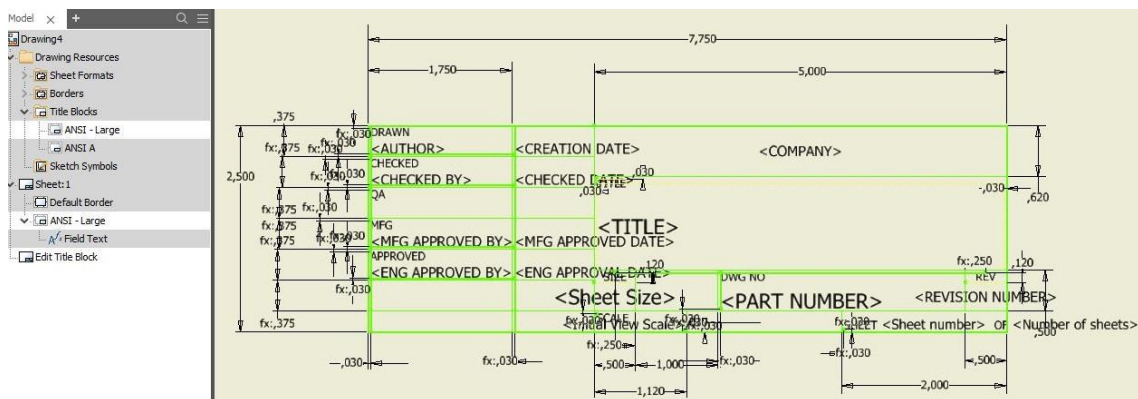
KUVA 23. Osan kääntäminen y-akselin ympäri

Räjätyskuvasta pystyy tekemään myös videon Video-painikkeesta. Videolle valitaan resoluutio, nimi, tallennuspaikka ja formaatti. Videon avulla pystytään hyvin havainnollistamaan monimutkaisia kokoonpanoja ja siitä saadaan myös hieno mainosvideo. Videon voi tehdä myös toisinpäin eli räjäytyksestä kokoon.

Piirustusohjan tekeminen kannattaa aloittaa avaamalla jokin valmis piirustusohja. Osoitekenttää pääsee muokkaamaan Edit Definition -kohdasta (kuva 24). Kuvassa 25 ollaan muokkaamassa osoitekenttää. Siihen voi lisätä esimerkiksi yrityksen logon.

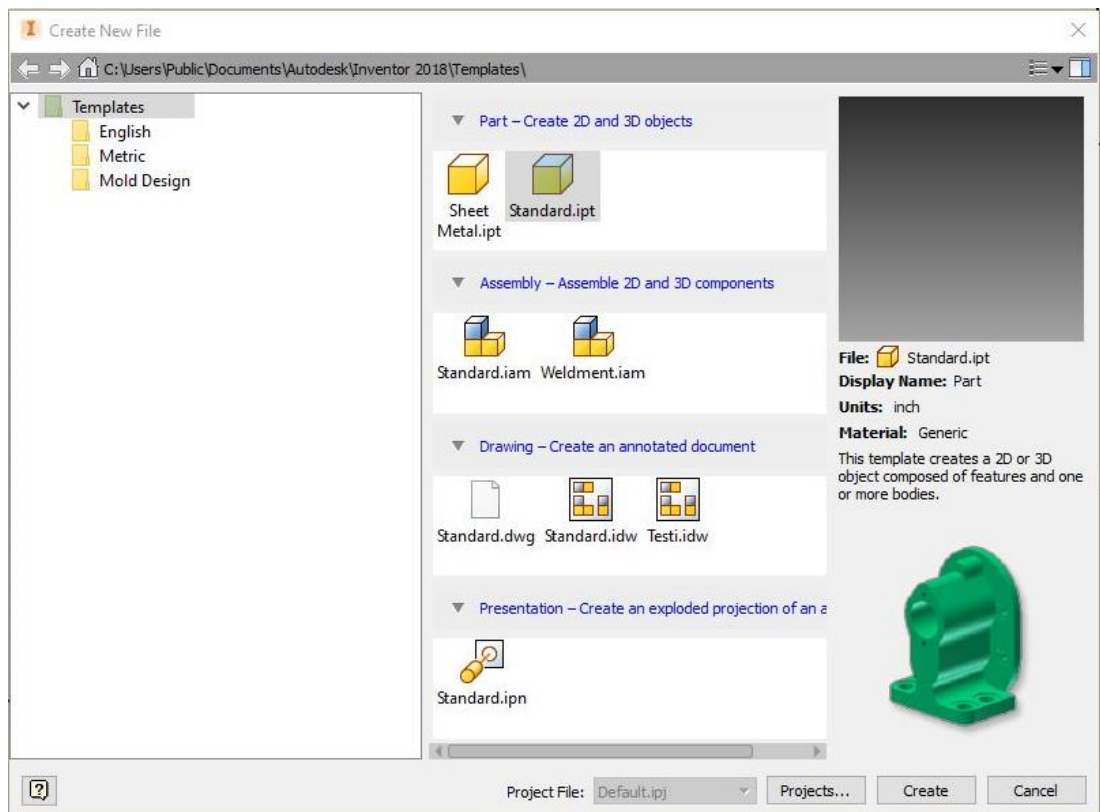


KUVA 24. Piirustusohjan muokkaamisen aloitus



KUVA 25. Osoitekentän muokkausta

Muutoksien teon jälkeen piirustusohja tallennetaan idw-muodossa samaan kansioon, missä ovat muutkin piirustusohjat. Nyt tehty piirustusohja löytyy muiden mallien joukosta. Tehty piirustusohja näkyy Testi nimellä kuvassa 26.



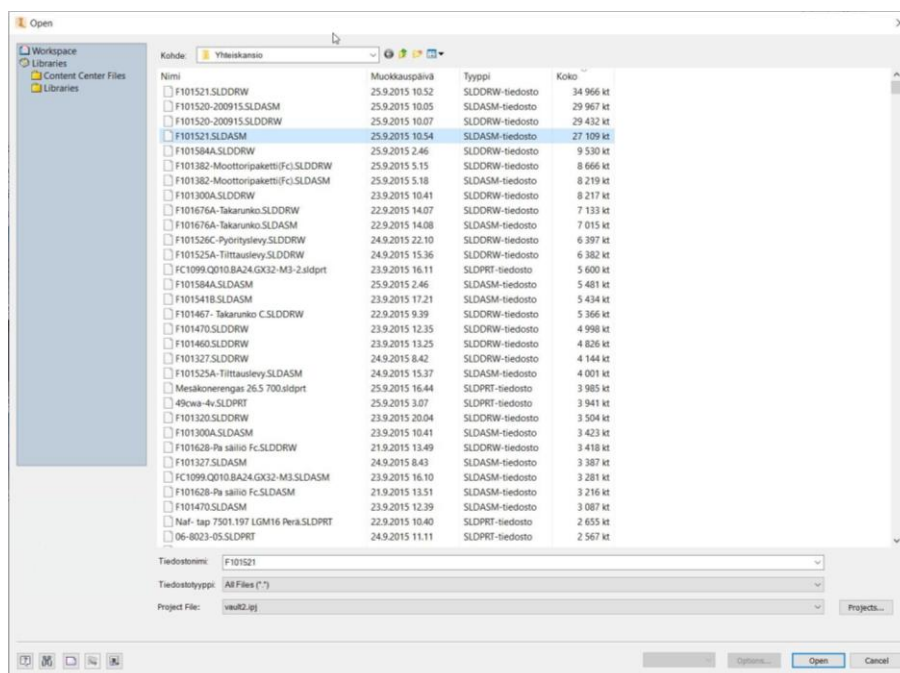
KUVA 26. Tehty piirustus pohja muiden piirustus pohjien joukossa

5 3D-MALLIN MUUNTAMINEN INVENTORILLE

Metsäkoneesta oli tehty myös yksi prototyyppi, joka valokuvattiin tarkasti ja siitä otettiin mittoja. Alkuperäisessä 3D-mallissa metsäkone oli jaettu kolmeen isompaan kokoonpanoon, jotka ovat rungon etuosa ja takaosa sekä ohjaamo. Ensin muutettiin runko ja sen jälkeen ohjaamo. Rungon ja ohjaamon kokoonpanon muuntaminen aloitettiin yhdestä isoimmasta kokoonpanosta, joka muunnettiin iam-muotoon. Koska siinä tuli muunnettua samalla pienempiäkin kokoonpanoja, näin säästettiin aikaa, ettei kaikkea tarvinnut yksitellen muuntaa. Alkuperäinen malli oli SLDASM-muodossa. Työn edetessä Exceliin kirjattiin suurimpien kokoonpanojen nimikkeet sekä osien mahdolliset muutokset. Lisäksi kirjattiin nimikkeet, joita ei ole missään kokoonpanossa, mutta jotka ovat alkuperäisessä mallissa. Osista ja kokoonpanoista pysyi paremmin selvillä, kun ne kirjattiin ylös.

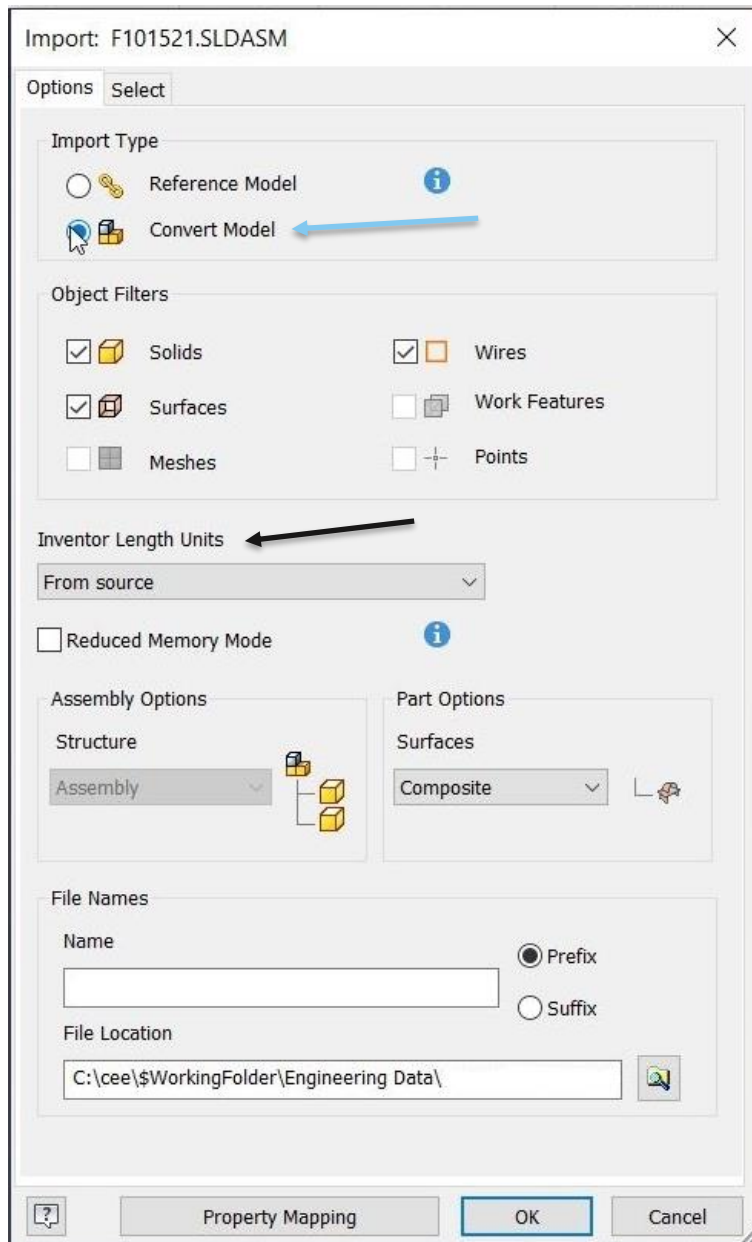
5.1 Kokoonpanojen ja osien muuntaminen

Inventorissa klikattiin Open-painiketta ja valittiin haluttu tiedosto, joka oli tyypiltään tässä tapauksessa SLDASM (kuva 27).



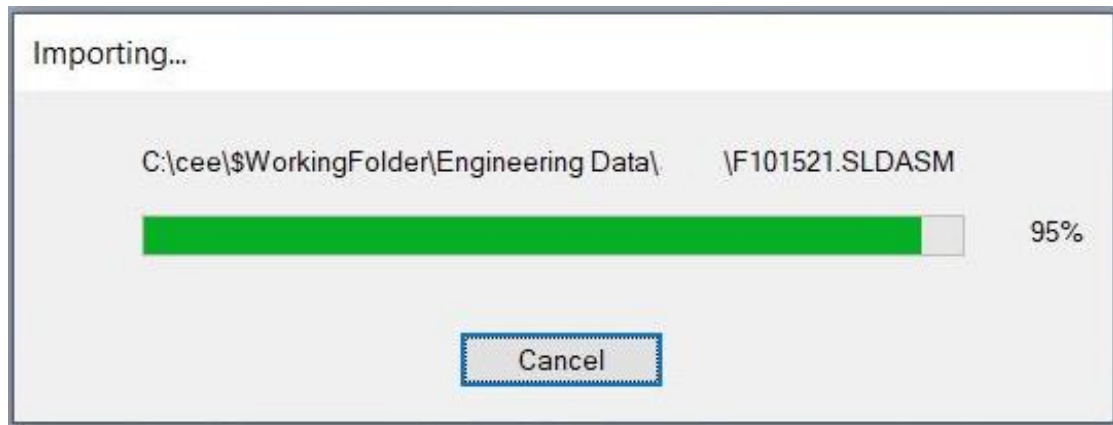
KUVA 27. Tiedoston valinta

Aukeavasta Import-ikkunasta voitiin valita tuontiasetuksia (kuva 28). Valittiin malli kaikkine osineen (sininen nuoli) ja mitat otettiin lähteestä (musta nuoli). Malli muunnettiin kaikilla osilla, koska jokainen osa tarvittiin mahdollisimman tarkasti.



KUVA 28. Tiedoston tuonnin Import-ikkuna

Inventor muunsi kyseisen tiedoston (kuva 29). Jos tiedosto oli hyvin suuri niin sen muuntamisessa meni noin 5 min aikaa.



KUVA 29. Tiedoston muuntamisen edistyminen

Inventor teki muuntamisesta raportin (kuva 30). Kuvassa on vain osa raportista, koska koko raportti on 20-sivuinen. Raportista näkee, kuinka osien muuntaminen onnistui. Joidenkin osien muuntamisessa tapahtui virhe, mutta suurin osa meni oikein ja joistakin osista tuli varoitus.

Autodesk Inventor Translation Report

tiistai 26. helmikuuta 2019 (10:01)

Source File: C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ F101521.SLDASM
 Translator Type: SolidWorks Sending System: SolidWorks 2004
 Author: Translation Time: 00:03:01

Options

Import Type: Converted model
 Entity Types to Import: Solids, Surfaces, Wires
 Assembly Structure: Assembly
 Part Surfaces: Single Composite Feature
 New document units: millimeter

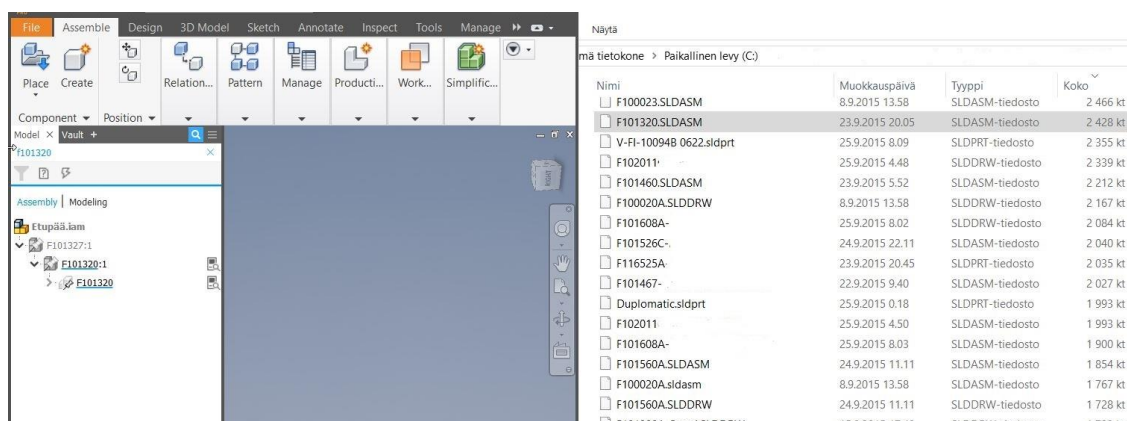
Components

The following table lists the parts and assemblies created in Inventor:

+/-	Name	Inventor File	Status
[+]	F101521	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F101521.iam	Warning
[]	F101460	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F101460.iam	Successful
[]	F101300A	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F101300A.iam	Successful
[]	F101305	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F101305.iam	Successful
[]	F116315A	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F116315A.ipt	Successful
[]	F116316A	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F116316A.ipt	Successful
[]	F116408	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F116408.ipt	Successful
[+]	F116323AL	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F116323AL.ipt	Warning
[+]	F116323R	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F116323R.ipt	Warning
[+]	D:\UUSI PIIRUSTUS KANSIO\F101381.SLDASM		Error
[+]	D:\UUSI PIIRUSTUS KANSIO\F101396.SLDASM		Error
[+]	D:\UUSI PIIRUSTUS KANSIO\F101442R.sldasm		Error
[+]	D:\UUSI PIIRUSTUS KANSIO\F101583.sldasm	C:\cee\\$WorkingFolder\Engineering Data\ Yhteiskansio\F101521.iam	Error
[+]	D:\UUSI PIIRUSTUS KANSIO\F101608.SLDASM		Error
[+]	D:\UUSI PIIRUSTUS KANSIO\F101710.sldasm		Error

KUVA 30. Katkelma tiedoston muuntoraportista

Muutetut kokoonpanot katsottiin läpi, mutta niihin ei tässä vaiheessa tehty muutoksia. Kaikki kokoonpanot muunnettiin ensin ja sen jälkeen osia alettiin sovittaa kokoonpanoihin. Suuremmista kokoonpanoista edettiin pienempiin kokoonpanoihin ja lopulta vielä yksittäisiin osiin, jotka olivat SLDPRT-muodossa. Niitäkin löytyikin muutama ja ne muunnettiin ipt-muotoon edellä esitetyllä tavalla. Alkuperäisten ja muunnettujen tiedostojen määrää verrattiin keskenään ja niitä oli melkein yhtä paljon. Jos jonkun kokoonpanon muuntaminen ei onnistunut, sitä koitettiin muuntaa vielä pelkästään pintamalla, mutta usein tämä ei onnistunut sen paremmin. Mikäli kokoonpanon muuntaminen ei onnistunut pintamallinakaan, niin se jätettiin tekemättä. Inventorin piirrepuusta oli hyvä hakea osia, kunhan tiesi vain osan nimen (kuva 31). Kyseinen kokoonpano löytyi muunnettusta kokoonpanosta.

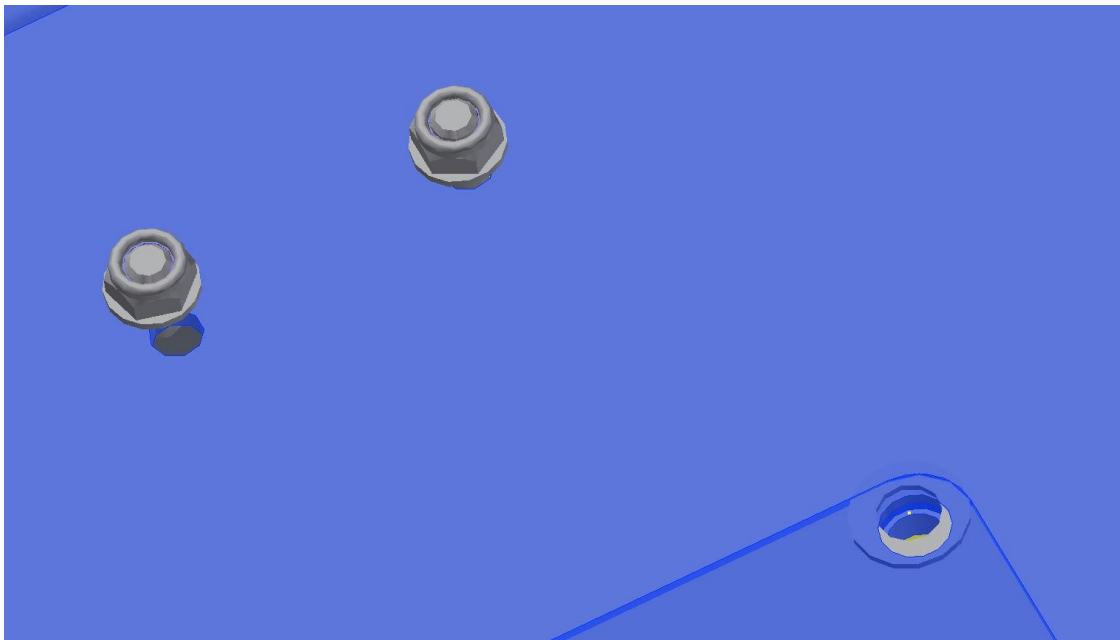


KUVA 31. Kokoonpanojen tarkastus

Kaikki kokoonpanon osat laitettiin Grounded, koska niin ne pysyivät varmasti paikallaan. Näin muunnettu malli vastasi mahdollisimman tarkasti alkuperäistä mallia. Kaikki alikokoonpanot avattiin ja taas valittiin kaikki osat laittaen ne Grounded. Tämä sama tehtiin taas uudestaan seuraavan muunnetun tiedoston kohdalla, edeten aina viimeiseen kokoonpanoon asti.

Tehtiin uusi kokoonpano Etupää, jossa oli osat nokasta runkoniveleen asti pois lukien ohjaamo ja pyörät. Selkeyden ja hallittavuuden vuoksi 3D-malli jaettiin kolmeen isompaan kokoonpanoon, samoihin kuin alkuperäinenkin 3D-mallikin. Etupää-kokoonpanoon kerättiin näitä muunnettuja kokoonpanoja. Samalla myös katsottiin, että kaikki on suurin piirtein paikallaan ja jos eivät olleet, ne siirrettiin paikoilleen. Joitakin osia jouduttiin muokkaamaan, mutta niistä säilytettiin myös

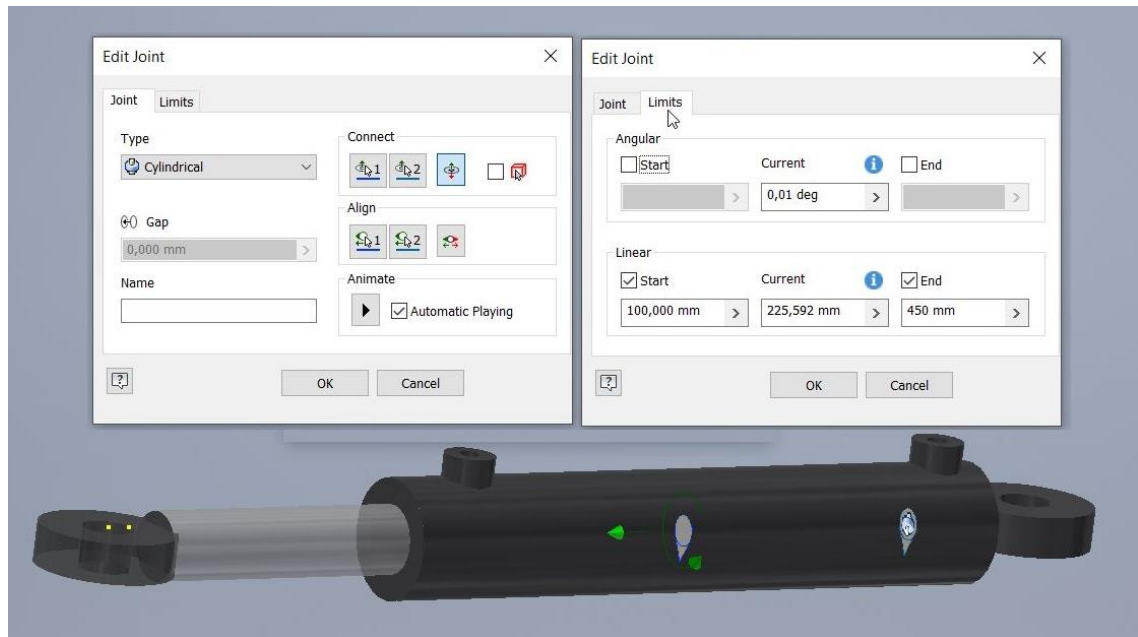
alkuperäinen osa, joka piilotettiin kokoonpanosta. Tämä oli yrityksen pyyntö. Yleisimpiä virheitä, mitä muunnosta jäi, olivat pulttien ja niiden reikien sijainti sekä joidenkin osien paikka. Kuvassa 32 näkyy vasemman pultin virheellinen sijainti.



KUVA 32. Vasemman pultin virheellinen sijainti

Kyseisistä pulteista otettiin Grounded pois ja annettiin niille uudet ehdot tuohon kiinnitykseen. Jos pulteissa oli kiinni useampi erillinen osa, niin nämä kaikki osat kannatti tehdä omaksi kokoonpanoksi Demote-komennolla. Näin saatiin muut osat liikkumaan pulttien mukana, kun pultille laitettiin uudet kiinnitysehdot.

Tämän jälkeen tehtiin kokoonpano Takapää, jossa oli osat runkonivelestä kuorimantilan loppuun asti pois lukien pyörät. Tämän kokoonpanon kanssa edettiin edellä esitetyllä tavalla. Kun nämä molemmat kokoonpanot oli saatu valmiiksi, tehtiin uusi kokoonpano Kone. Siinä oli etu- ja takapää runkonivelestä yhdistettynä, mutta esim. kääntösyntereitä ei voitu vielä laittaa kokoonpanoon, koska niistä oli muunnoksessa tullut vain pintamalli, joten kääntösyntereitä jouduttiin muokkaamaan. Synterit tehtiin kaksiosaisiksi: mäntä ja männänvarsi sekä synteriputki. Syntereitä ei tehty kovin tarkasti, koska tarvittiin vain suuntaa antava malli. Kuvassa 33 näkyy synterin liikematkan rajoitus. Tämä tehdään sen takia, että männän varsi ei tule ulos synteristä.

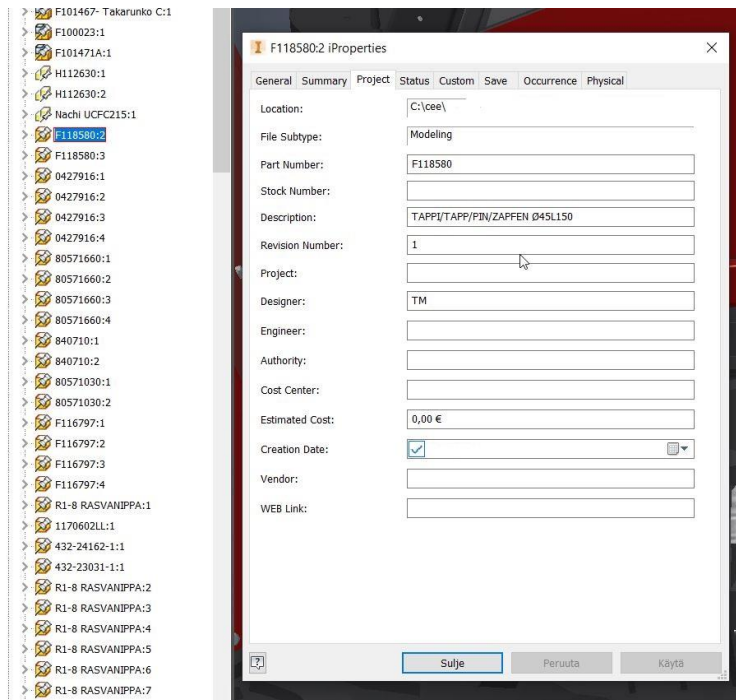


KUVA 33. Sylinterin liikematkan rajoitus

Sylinterit laitettiin paikoilleen, koneen kummallakin puolelle yksi. Kahdella sylinterillä saadaan enemmän voimaa koneen kääntämiseen. Liikutettaessa takarunkoa toisen sylinterin männänvarsi liikkuu ulospäin ja toisen sisäänpäin.

Viimeiseksi tehtiin kokoonpano Ohjaamo, johon lisäiltiin paljon kokoonpanoja ja osia. Protokoneesta otetut kuvat olivat hyödyllisiä osien sijoittamisessa paikalleen. Ohjaamo alkoi kasaantua, kun osia aikansa pyöriteltiin sekä katsottiin valokuvia. Ihan kaikille osille ei löydetty paikkaa. Ne jätettiin irralliseksi kokoonpanossa ja ne myös piilotettiin. Ne on helppo laittaa paikalleen, jos niille löytyy paikka. Ettei tarvitse lähteä kansioista etsimään puuttuvia osia. Valmis Ohjaamo lisättiin Kone-kokoonpanoon ja asetettiin paikoilleen. Tähän Kone-kokoonpanoon lisättiin vielä pyörät.

Etu- ja takarungossa oli enemmän osia sekä kokoonpanoja paikallaan kuin ohjaamossa, jossa oli oikeastaan vain runko paikallaan, joten siihen jouduttiin lisäämään paljon osia. Lisäksi monesta osasta oli vain pelkkä sarjanumero, mikä ei auttanut yhtään sen paikan löytämisessä. Osan ominaisuuksista näki joitakin lisätietoja (kuva 34).



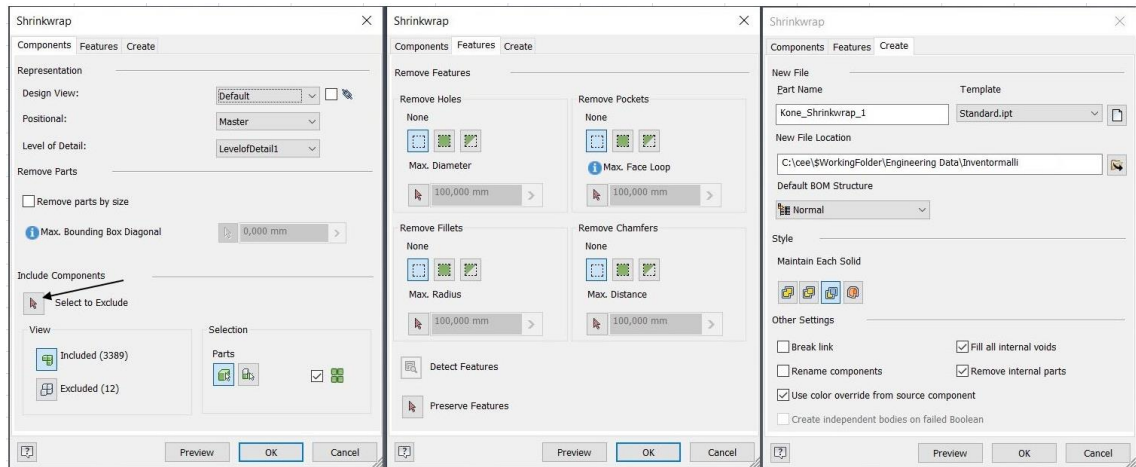
KUVA 34. Osan ominaisuudet

Esimerkiksi tiivisteitä ei oltu eritelty, lisäksi joillakin kokoonpanoilla ja osilla oli sama nimi, tämä vaati käyttäjältä tarkkuutta. Joskus peräkkäiset sarjanumeron osat olivat samassa kokoonpanossa/asiayhteydessä.

5.2 Kevyempi malli

Valmiista 3D-mallista tehtiin muutama kopia ennen kuin aloitettiin tekemään kevyempiä malleja. Tämä sen takia, jos kevyempien mallien teossa tapahtuu jokin, mitä ei pitäisi. Kevyemmässä mallissa on oikeastaan kokoonpanoista vain pintamallit. Tästä johtuen malli latautuu Inventoriin nopeammin ja se myös pyörii sujuvammin näytöllä. Aluksi koko metsäkoneen 3D-malli muunnettiin kevyemmäksi malliksi. Kone-kokoonpanosta tehtiin 3 erillistä kevyempää mallia: etu- ja takarunko sekä ohjaamo. Ne osat piilotettiin, mitä ei haluttu kevyempään malliin. Pois jätetyt osat olivat ohjaussyliinterit, takarungon portaat ja kuormatilan lisäpankko. Kevyemmistä mallista pois jätetyillä osilla ei ole merkitystä, jos koneeseen sovitetaan esim. puutavaranosturia. Lisäksi saatiin kevyempää mallia vielä kevyemmäksi. Kevyempi malli tehtiin Shrinkwrap-komennolla. Kuvassa 35 on kyseisen komennon kaikki kolme välilehteä, joissa voi valita erilaisia asetuksia kevyemmän mallin tekoon. Select to Exclude -komennolla voi valita osat,

joita ei tule kevyempään malliin (musta nuoli). Kevyemmistä malleista tehty kokoonpano on liitteessä 3, salainen, suurin ero 3D-malliin on (liite 2), että ohjaimon lasit eivät ole läpinäkyvät.



KUVA 35. Shrinkwrap

Tietokone teki kevyempää mallia muutaman minuutin. Kun nämä kaikki kolme mallia oli tehty, tehtiin uusi kokoonpano, jossa nämä kolme mallia yhdistettiin yhdeksi kokoonpanoksi. Koko koneesta tehdyssä kevyessä mallissa rungon kääntö ei toimi, näin se saatiin toimimaan.

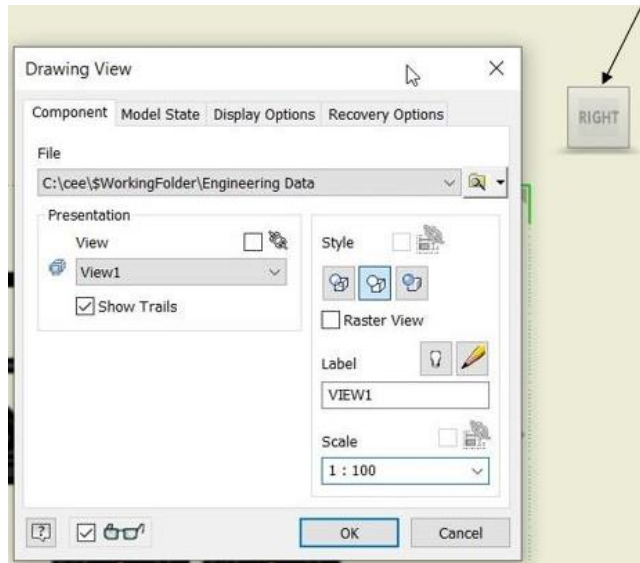
Rungon kääntö toteutettiin vastaavalla tavalla. Runko kääntyy 35° koneen keskiliinjasta kummallakin puolelle. Oikeassa mallissa runko kääntyy n. 27°, mutta teknistä estettä ei ole 35° kääntymiseen. Liitteessä 4, salainen, on kuva kevyemmästä malista, jossa runko on käännetty maksimimäärän vasemmalle.

5.3 Varaosakuvannot

Varaosakuvantoja tehtiin kaikkiaan neljä kappaletta: Koko kone, etupää, takapää ja ohjaamo. Näistä neljästä kokoonpanosta tehtiin ensin räjäytyskuva 4.2.4 kappaleessa selostetulla tavalla.

Kun räjäytyskuva oli saatu valmiiksi, se siirrettiin piirustusohjalle Create Drawing View -komennolla. Aukeavasta ikkunasta valittiin piirustusohja ja siihen tuotiin ensimmäinen kuvanto ja tässä tapauksessa myös ainoa. Kuvassa 36 on

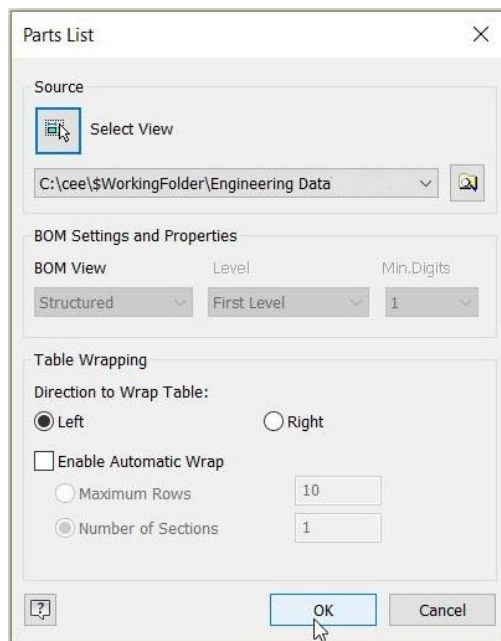
valittu, mistä suunnasta kuvanto otetaan (musta nuoli) ja mikä on mittakaava sekä mikä on kuvannon tyyli. Mittakaava valittiin sen mukaan, että koko kokoonpano mahtuu piirustuspaperille.



KUVA 36. Kuvan tuontiasetukset piirustus pohjaan

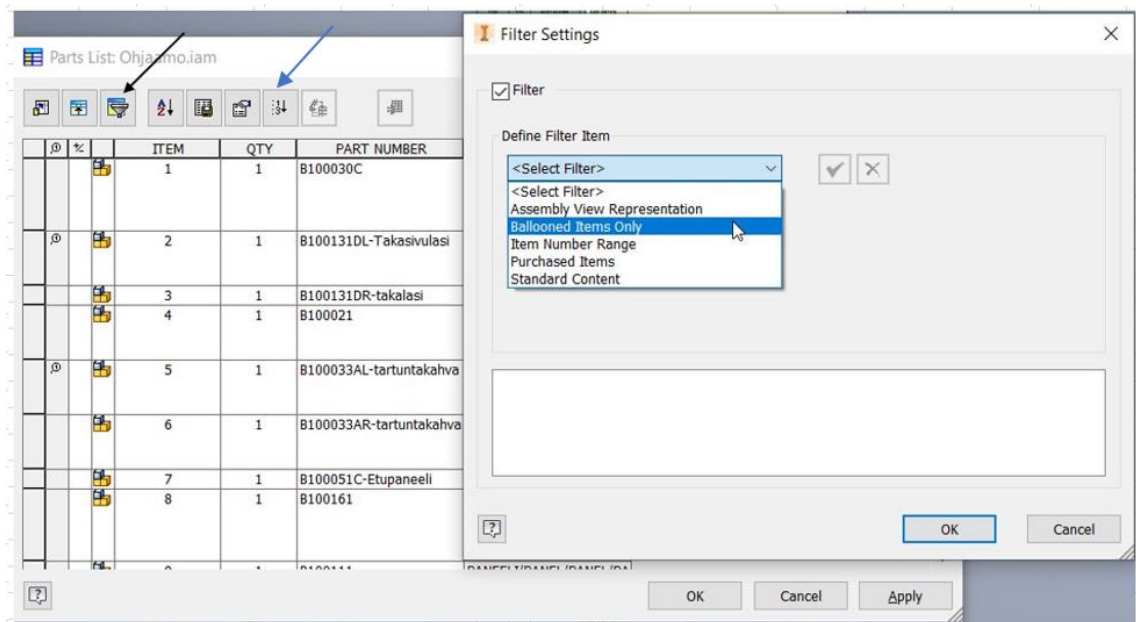
Varaosakuvannoissa käytettiin työpaikan valmista piirustus pohjaa. Nisula Forrestin käytännön mukaan varaosakuvanto laitettiin paperiarkille ja osaluettelo paperiarkin viereen. Näin he saivat varaosakuvannot parhaiten siirrettyä varaosakirjoihinsa. Kuvat tehtiin mustavalkoisina, koska mallia muokatessa ei tarvitse välittää väreistä.

Annotate-välilehdeltä valittiin kohta Balloon, näin saatiin sijoitettua osanumerot kuvaan. Osaluettelo tehtiin Part List -komennolla, jossa valittiin kuvanto, mistä osaluettelo tehtiin (kuva 37).



KUVA 37. Osaluettelon luonti

Oletuksena osaluetteloon tulee osanumero, kappalemäärä, osan nimike ja kuvaus osasta. Kaksoisklikkaamalla osaluetteloa, pääsee muokkaamaan sitä. Omaisuuksia pystyy lisäämään ja poistamaan sekä laittamaan ne haluttuun järjestykseen. Kuvassa 38 Filteristä saa valita suodatusperusteet osaluettelolle (musta nuoli). Valitsee alasvetovalikosta *Ballooned Items Only*. Nyt osaluettelo tehdään vain numeroiduista osista. Joidenkin kokoonpanojen kohdalla Inventor teki osaluettelon kaikista osista ja tämä ei ollut tarpeellista tässä kohtaa, kun oli kyse pääkokoonpanoista. Osaluettelon saa järjestettyä, vaikka osanumeron mukaan. Osaluettelon numeroinnit pystytään tekemään uudestaan (sininen nuoli). Lisäksi pystytään valitsemaan, onko osaluettelo ylös- vai alaspäin kasvava. Osien tiedot kannattaa muuttaa osan *iproperties*-kohdassa, silloin ne näkyvät myös osaluettelossa. Ne osat, jotka otetaan ohjelman kirjastoista, joudutaan muuttamaan vasta osaluettelossa. Liitteissä 5-8, salaisia, on kaikki neljä varaosakuvantoa.



KUVA 38. Osaluettelon muokkausta

6 POHDINTA

Metsäkoneen 3D-malli muunnettiin Inventorille sopivaksi, mutta siihen jäi joitakin osien yhteensopivuusongelmia, esimerkiksi kaikki osat eivät ihan mahdu konepellin alle. Muunnetusta mallista puuttuu kokonaan moottorin 3D-malli. Ei ole tietoa siitä, oliko SolidWorksillä tehdyssä mallissa moottoria, kun sitä ei saanut auki. Monista osista puuttuu vielä työkuvat, varaosakuvat ja kokoonpanoista kokoamisohjeet. Lisäksi kone tarvitsee käyttö- ja huolto-ohjeet.

Kevyemmät mallit sekä muutama varaosakuvanto tehtiin myös. Kevyempiin malleihin on hyvä sovittaa esimerkiksi puutavaranostimia. Siinä on ihan turha käyttää tarkkaa 3D-mallia, koska kevyt mallikin riittää. Ennen 3D-mallin muuntamista piti Inventorilla aina avata joku kolmesta kokoonpanosta. Se oli hidasta, kun Inventor joutui, joka kerta muuntamaan kyseisen tiedoston. Tässä opinnäytetyössä on päässyt tekemään konetta, jota ei ole tuotannossa, jolloin ollaan kehityksen kärjessä.

Itse työn tekemiseen kului noin 100 tuntia. Kaikkiaan kokoonpanoja ja osia tuli yhteensä n. 1 400 tiedostoa, josta rungossa oli n. 1 000 ja ohjaamossa n. 400. Joten työn aikana tuli myös tutustuttua metsäkoneen rakenteisiin ja kokoonpanoihin. Ohjaamossa oli paljon vähemmän osia paikallaan kuin runko-osassa, mikä teki ohjaamon kokoamisesta vaikeampaa kuin rungosta. Ohjaamosta oli oikeastaan vain runko paikallaan. Kuvat protokoneesta oli suureksi avuksi ohjaamo koottaessa.

Suunnitteluohjelmiston edistyksellinen käyttö vaati aika pitkä kokemuksen. Ja sitä ei saa lukemalla vaan tekemällä. Suunnittelu on aikaa vievää ja usein hidasta sekä kallista, kun pyritään minimoimaan virheet. Mitä aiemmin virhe huomataan, sitä halvemmaksi se tulee. Ideasta valmiiseen tuotteeseen on pitkä matka. Metsäkoneessakin on paljon eri osa-alueita: esimerkiksi sähkö, ohjelmointi, hydraulikka ja mekaniikka, joten suunnitteluun tarvitaan monen eri osa-alueen osaajia. Kaikki komponentit pitää saada mahdollisimman pieneen tilaan, jotta esim. näkyvyys ohjaamosta on hyvä. Huolto on suunniteltava mahdollisimman helpoksi. Esimerkiksi, jos joku rasvanippa on vaikeassa paikassa, niin se

kohde jää helposti rasvaamatta. Koneen käyttäminen on myös suunniteltava helpoksi.

Suunnittelun käytettävän tietokoneen tulee olla tarpeeksi tehokas, ajankäyttö on tehokasta. Näytön kannattaa olla iso, jotta siihen saa monta eri ikkunaa samanaikaisesti. 3D-hiiri on käytännöllinen suunnittelussa, koska sillä pystyy kääntämään ja kiertämään sekä zoomaamaan kappaletta.

Osien kiinnitysehtoja kannattaa nimetä, niin ne on helpompi löytää piirrepuusta. Työ olisi onnistunut paremmin, jos tiedostot olisivat olleet step-muodossa tai muussa välimuodossa, kun siirretään tiedostoja ohjelmasta toiseen. Koska step on standardi tiedonsiirtoon esim. 3D-mallinnusohjelmien välillä. Muunnetut kokoonpanot kannattaa kirjata ylös tarkasti, niin ei mene aikaa etsimiseen. Tietää onko kyseinen kokoonpano jo muunnettu.

LÄHTEET

3Dconnexion. 2018. SpaceMouse Compact. Luettu 23.2.2019.

https://www.3dconnexion.eu/spacemouse_compact/eu/

Autodesk. 2019. Inventor. Luettu 18.3.2019. <https://www.autodesk.fi/products/inventor/free-trial>

Hietikko, E. 2013. SolidWorks: Tietokoneavusteinen suunnittelu. 6. uudistettu painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Laakko, T., Sukuvaara, A., Simolin, T., Konkola, M., Kaikonen, H., Borgman, J., Björkstrand, R. & Tuomi, J. 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Helsinki: WSOY.

Nisula Forest Oy. 2019. Yritys. Luettu 28.2.2019. <https://www.nisula-forest.com/yritys/>

Nisula, E. Tuotekehitys. 2019. Haastattelu 27.2.2019. Haastattelija Mäkinen, T. Jämsä.

Techopedia. 2019. Autodesk Inventor. Luettu 7.4.2019. <https://www.techopedia.com/definition/24055/autodesk-inventor>

Tilastokeskus. 2019. Tietoa tilastoista: Käsitteet. Luettu 20.4.2019. <https://www.stat.fi/meta/kas/iterointi.html>

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. 1. painos. Tampere: Tammertekniikka.

Verkkokauppa.com. 2019. 3DConnexion SpaceMouse Compact -ohjain. Luettu 24.2.2019. <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/12750/kcndd/3DConnexion-SpaceMouse-Compact-ohjain?list=OZ-ZnbzhOGhKMgjXEhx6KvMCta2Mgjh15iQt8OjqBD587iDz>