

Arttu Härmänmaa

# **CAD-järjestelmät ja tuotetiedon hallinta**

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Koneautomaatio tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Arttu Härmänmaa

Työn nimi: CAD-järjestelmät ja tuotetiedon hallinta

Ohjaaja: Markku Kärkkäinen

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 46

---

Työn tarkoituksena oli tehdä opetuskäyttöön soveltuva käyttöohje Siemens Teamcenteristä sekä NX-ohjelmistoista sekä tutustua tuotetiedon hallintaan ja CAD-järjestelmiin. Tämä opinnäytetyö tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun toimeksiannosta.

Käyttöohjeen tarkoitus on antaa opiskelijoille hyvät perustiedot ohjelmistojen käytöstä. Näin parannetaan valmiutta opetella ohjelmistoja lisää.

Työssä kerrotaan yleisesti tuotetiedon hallinnasta ja eri CAD-järjestelmistä. Lisäksi kerrotaan käyttöohjeen teossa huomioitavista asioista. Työn tuloksena tehtiin käyttöohje, jonka avulla opiskelija voi itseopiskeluna opetella ohjelmistojen käyttöä.

Avainsanat: tuotetiedon hallinta, tietokoneavusteinen suunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation engineering

Specialisation: Machine automation

Author: Arttu Härmänmaa

Title of thesis: CAD-structures and product data management

Supervisor: Markku Kärkkäinen

Year: 2017

Number of pages: 41

Number of appendices: 46

---

The purpose of this thesis was to make a Siemens Team Center and NX software manual appropriate for educational purposes. Another aim was to introduce product data management and CAD systems. This study was commissioned by Seinäjoki University of Applied Sciences.

The purpose of the manual is to provide students with a good basic knowledge of the software use. This will improve students' capability to master different kind of software.

The thesis gives an overview of product data management and different CAD systems. In addition it gives information about the things which should be taken into account when creating manuals. The result of the work was a manual which allows the students to study the software independently.

Keywords: product data management, computer aided design

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	2
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Työn tausta.....	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne.....	9
<b>2 TUOTETIEDON HALLINTA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Mitä tuotetieto ja sen hallinta tarkoittaa.....	10
2.2 Mihin tuotetiedon hallintaa tarvitaan.....	11
2.3 PDM-järjestelmäarkkitehtuuri.....	11
2.4 Nimikkeet.....	12
2.4.1 Luokittelu.....	13
2.4.2 Nimikkeiden tunnisteen.....	13
2.4.3 Nimikekuvaus ja spesifikaatio.....	14
2.4.4 Nimiketyypit, attribuutit ja tyyppihierarkiat.....	15
2.4.5 Nimikeversiot, revisiot ja variantit.....	16
2.5 Nimikkeiden hallinta.....	17
2.6 Dokumentit.....	18
2.6.1 Dokumenttiversiot.....	18
2.6.2 Dokumenttien rakenne.....	19
<b>3 CAD-JÄRJESTELMÄT.....</b>	<b>20</b>
3.1 Computer Aided Design.....	20
3.2 Computer-Aided Engineering.....	21
3.3 Computer Aided Manufacturing.....	23
3.4 Siemens NX.....	24
3.4.1 Mechatronics Concept Designer.....	25
3.5 Finite Element Analysis.....	26

3.6 Siemens Solid Edge.....	27
3.7 Parametrinen piirremallinnustekniikka.....	27
3.8 Synkroninen mallinnustekniikka .....	28
4 TEAMCENTER .....	30
5 KÄYTTÖOHJEEN TEKO .....	33
5.1 Käyttöohjeen teossa huomioitavaa .....	33
5.2 Ohjeiden tekeminen .....	33
6 POHDINTA JA YHTEENVETO .....	36
LÄHTEET .....	38
LIITTEET .....	41

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Esimerkkikuva 2D-CAD piirrustuksesta (Enggservices2india. [Viitattu 31.1.2017].).....	21
Kuva 2. Esimerkkikuva CAD-kokoonpanomallista. (Cad cam Engineering WorldWide [Viitattu 18.1.2017].) .....	22
Kuva 3. Esimerkkikuva CNC-työstökoneesta. (EMS Recruitment International. [Viitattu 23.2.2017].).....	23
Kuva 4. Esimerkkikuva FEA-ohjelmistolla rasiusten tutkimisesta tuulettimesta (Comsol. [Viitattu 18.1.2017].).....	26
Kuvio 1. Esimerkki PDM-järjestelmän rakenteesta. (Perustuu Peltonen yms. 105.) .....	12
Kuvio 2. Tyyppihierarkiat. (Perustuu Martio 2015, 61.) .....	15
Kuvio 3. Uuden dokumenttirevision luonti sisäänkuittauksen yhteydessä. (Perustuu Martio 2015, 103.).....	19
Kuvio 4. Dokumentti- ja osarakenne. (Martio 2015, 108.) .....	19
Taulukko 1. Esimerkkejä nimikekuvauksista PDM-järjestelmässä (Perustuu Martio 2015, 59.).....	14

## Käytetyt termit ja lyhenteet

CAD	Computer-aided design eli tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAE	Computer Aided Engineering eli tietokoneavusteinen laskenta.
CAM	Computer Aided Manufacturing eli tietokoneavusteinen valmistus.
CE	Concurrent Engineering eli rinnakkaissuunnittelu.
CMM	Coordinate Measuring Machine eli koordinaattimittauskone.
DFMA	Design For Manufacturing and Assembly. Pyritään suunnittelemaan tuote siten että se olisi mahdollisimman yksinkertainen ja virheetön.
EDM	Electronic/Engineering Data/Document Management eli tuotetiedon hallinta
ERM	Enterprise Resource Management eli toiminnan ohjaus järjestelmä.
ERP	Enterprise Resource Planning eli toiminnanohjaus järjestelmä.
FEA	Finite Element Analysis eli elementti analyysi.
FEM	Finite Element Method eli elementti menetelmä.
G-koodi	Standardoitu matalan tason komentokieli, jolla ohjataan CNC-sorvia.

MCD	Mechatronic Concept Designer on Siemens NX-ohjelmiston sovellus, jolla voidaan simuloida kappaleiden ja kokonaisuuksien toimintaa virtuaalisesti ja reaaliaikaisesti.
NC	Numeerinen ohjaus eli työstökoneen tai muun koneen ohjaamista yksiselitteisillä symboleilla.
NX	Siemens PLM softwären kehittämä 3D-suunnitteluohjelmisto tuotekehitykseen, suunnitteluun ja valmistukseen.
PC	Personal Computer eli henkilökohtainen tietokone.
PDM	Product Data Management eli tuotetiedon hallinta.
PIM	Product Information Management eli tuotetiedon hallinta.
PLM	Product Lifecycle Management eli tuotteen elinkaaren hallinta.



# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin koulun toimeksiannosta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua Siemens TeamCenter- ja NX-ohjelmistoihin ja laatia käyttöohje TeamCenterin- sekä NX-ohjelmistojen käytöstä.

## 1.1 Työn tausta

Seinäjoen Ammattikorkeakoululla haluttiin lisätä tuotetiedon hallinnan koulutusta. Tuotetiedon hallintaa käytetään kasvavasti teollisuudessa, ja käytännössä yksikään isompi tehdas tai yritys ei pärjää markkinoilla ilman toimivaa tuotetiedonhallintajärjestelmää. Nykyisellään opetusta tuotetiedonhallinnasta on hyvin niukasti, ja opetusmateriaalia ei juuri ollenkaan. Koululla oli käytössä TeamCenter-ohjelmisto, mutta opetuksessa sitä käytettiin korkeintaan pintaraapaistuna. TeamCenter-ohjelmiston käyttöohjeella saataisiin helposti opetettua opiskelijoille perusteet TeamCenterin käytöstä, jolloin olisi hyvät perustat lähteä oppimaan lisää ohjelmistosta. Siemens NX-cad -ohjelmiston opetusta on tehty hyvin vähän. NX-cad on hyvin monilla yrityksillä käytössä sen monipuolisten ominaisuuksien johdosta. Tämän takia on hyvä käydä opetuksessa läpi NX-cad -ohjelmiston käyttöä. Koulun opetuksessa on käytössä Siemens Solid Edge -ohjelmisto, joka on yksinkertaisempi, ja ominaisuuksiltaan suppeampi ohjelmistokokonaisuus kuin Siemens NX -ohjelmisto. Solid Edgen opetus antaa hyvän pohjan lähteä opettelemaan NX-cad -ohjelmistoa.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli tutustua Siemensin TeamCenter- ja NX-cad -ohjelmistoihin, ja laatia niiden käytöstä ja toiminnoista käyttöohje. Käyttöohjeessa tuli olla käytynä läpi TeamCenterin ja NX-cadin toimintaperiaatteet. Lisäksi tulee käydä läpi niiden käyttöä sekä toimintoja. Ohjeessa esitellään TeamCenterin käyttöliittymän toimintoja sekä kerrotaan tarkemmin, mitä käyttöliittymän alla tapahtuu. Ohjeen lukija piirtää

NX-cad -ohjelmistolla erilaisia malleja ja kokoaa malleista kokoonpanon. Kokoonpanoon tulee liikkuvia osia ja kokoonpanon valmistuttua sitä simuloidaan Mechatronic Concept Designer -ohjelmistolla. Myöskin NX FEM -ohjelmiston fysiikkalaskenta ominaisuus käydään läpi. Malleista tehdään TeamCenter -ohjelmistolla uusia revisioita.

### 1.3 Työn rakenne

Luku 1 on työn johdanto, jossa käydään läpi opinnäytetyön taustat, tavoitteet sekä esitellään työn rakenne.

Luvussa 2 käsitellään tuotetiedon hallintaa. Luvussa selvitetään, mitä tuotetieto tarkoittaa, ja mihin sitä tarvitaan, sekä missä sitä käytetään. Luvussa keskitytään tuotetiedossa keskeisenä osana käytettäviin nimikkeisiin ja dokumentteihin, sekä niiden rakenteeseen.

Luvussa 3 käsitellään CAD-järjestelmiä. Aluksi esitellään ohjeessa käytetty Siemens NX CAD -järjestelmä ja sen ominaisuudet. Luvussa esitellään myös Siemensin Solid Edge CAD -järjestelmä. Sen eroavaisuuksia verrataan NX CAD -järjestelmään. Luvun lopussa käydään läpi yleisimpiä CAD-järjestelmien ominaisuuksia sekä erilaisia mallinnusmenetelmiä läpi.

Luvussa 4 käydään läpi TeamCenter-ohjelmiston toimintaperiaatetta sekä sen ominaisuuksia.

Luvussa 5 käydään läpi käyttöohjeen tekemisessä huomioitavia asioita, sekä käydään läpi itse käyttöohjeen tekoprosessi ja sekä asiat, mitä otettiin huomioon, ohjeen tekemisen aikana.

Luvussa 6 on työn yhteenveto ja pohdinta. Yhteenvedossa käydään läpi työn tavoitteet ja niiden toteutuminen. Lopuksi opinnäytetyön tekijä esittelee omia arvioitaan työstä sekä työn teon aikana esiintyneistä asioista.

## 2 TUOTETIEDON HALLINTA

Tässä luvussa paneudutaan tuotetiedon hallintaan. Tuotetiedon hallinta on lisääntynyt viimevuosina huomattavasti teollisuudessa. Sen käyttö on liki pakollista, jos yrityksessä tehdään suunnittelua ja halutaan toimia kilpailukykyisesti markkinoilla.

### 2.1 Mitä tuotetieto ja sen hallinta tarkoittaa

Tuotetiedolla tarkoitetaan kaikkia tuotteisiin liittyvää tietoa. Tuotteisiin liittyy valtava määrä erilaista tietoa, kuten esimerkiksi tuotteen 3D-kuvia, piirustuksia, teknisiä kuvauksia, nimikkeitä, käyttöohjeita, ominaisuuksien kuvauksia, markkinoinnillista tekstiä sekä muuta tuotteeseen liittyvää tietoa (e21 [Viitattu 8.11.2016]).

Tuotetiedon hallinnalla eli PDM (Product Data Management) tarkoitetaan järjestelmällistä tapaa kontrolloida lähes kaikkia teollisuuden tuotteita. Yleensä kun puhutaan tuotetiedon hallinnasta, tarkoitetaan tuotetiedolla yleensä kuitenkin ennen kaikkea tuotteisiin liittyviä teknisiä tietoja. Useimmiten PDM-järjestelmät käsittelevät erityisesti tuotesuunnittelussa tuotettua tietoa, eikä juurikaan tai ollenkaan tilaus- ja toimitusprosessien tietoja. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 9.) Monilla yrityksillä on käytössä ERP- tai ERM-järjestelmät (Enterprise Resource Planning / Management). ERP-järjestelmä eroaa PDM-järjestelmästä siten että sen tavoitteena on hallita lähes kaikkia yrityksen tietoja. Useimmiten yritys tarvitsee silti erillisen PDM-järjestelmän ERP-järjestelmän rinnalle. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 11.)

Nykyisin usein käytetty termi on tuotteen elinkaaren hallinta eli PLM. Se käsittää koko tuotteen elinkaaren, lähtien tuotteen kehittämisestä päättyen tuotteen hävittämiseen. Se sisältää myös suunnittelun, valmistuksen ja huollon vaiheet. (Martio 2015, 9.)

Muita PDM-termiä vastaavia, mutta hieman tarkoitukseltaan eroavia termejä ovat PIM (Product Information Management), CPC (Collaborative Product Commerce) ja cPDm (Collaborative Product Definition Management). Edellämainittujen käsitteiden perusidea ja -toiminnallisuus ovat samat kuin vanhemmalla tuotetiedon hallinta kä-

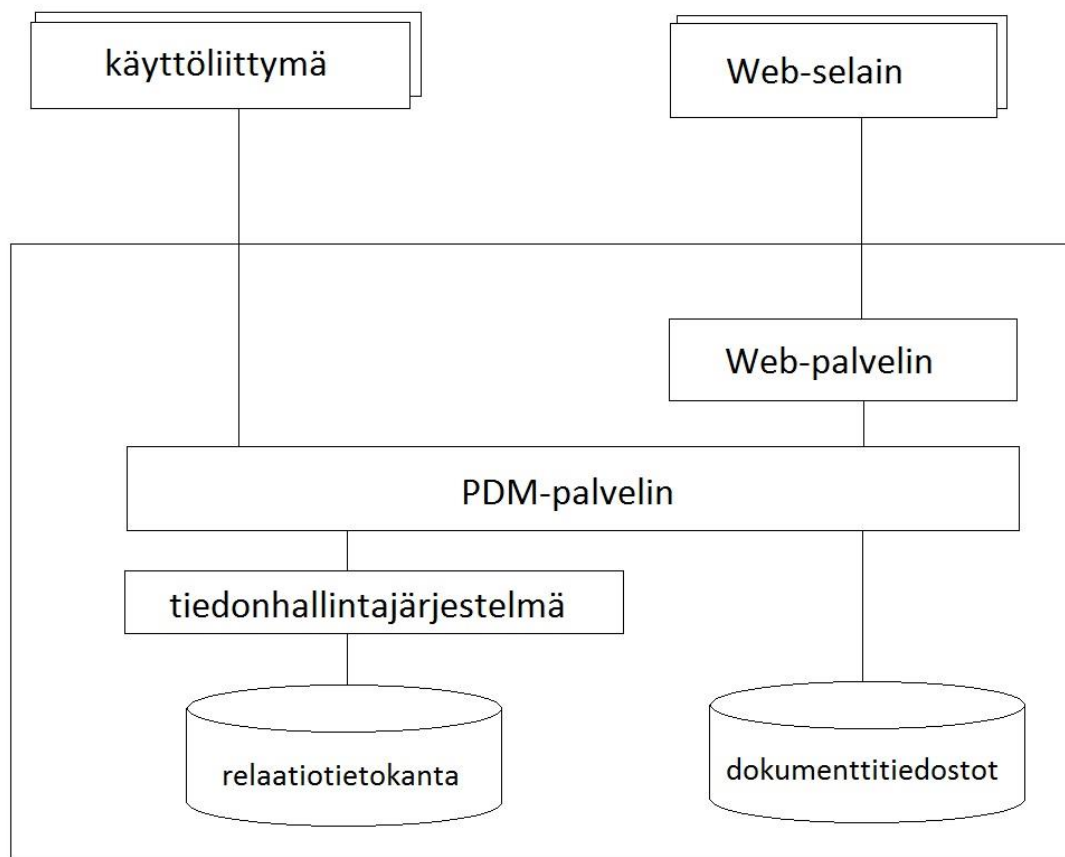
sitteellä, mutta sisältävät painotuseroja. Eroavat käsitteet ovat syntyneet kaupallisten paineiden seurauksena järjestelmätoimittajien ja konsulttien toimesta. (Martio 2015, 47.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään alkuperäiseen PDM-käsitteen tutkimiseen.

## **2.2 Mihin tuotetiedon hallintaa tarvitaan**

Yritykselle on elintärkeää, että tuotteisiin liittyvät tiedot ovat ajan tasalla, oikeellisia ja nopeasti saatavilla. Tuotetiedon hallinnalla onkin tarkoituksena saada parannusta kaikilla näillä osa-alueilla. (Martio 2015, 49.) Tuotetiedonhallinnan (PDM) tarkoitus on luoda ja säilyttää tietoa yrityksen valmistamista tuotteista siten, että tiedon uudelleen käyttö, jakelua ja löytäminen on vaivatonta (Sääksvuori & Immonen 2002, 13). Tuotetiedon hallintajärjestelmään kerätään yhdenmukaisessa muodossa tietoa eri kohteista ja järjestelmistä (e21 [Viitattu 8.11.2016]). PDM-järjestelmällä pyritään edistämään kommunikointia yritysten työntekijöiden välillä, se onkin yksi koko järjestelmän tärkeimmistä tehtävistä (Peltonen ym. 2002, 14).

## **2.3 PDM-järjestelmäarkkitehtuuri**

Yleensä PDM-järjestelmä perustuu asiakas-palvelin-rakenteeseen ja se rakennetaan lähestulkoon aina relaatiotietokannan päälle. Tällöin käyttäjän näkemä graafinen käyttöliittymä lähettää palvelupyynnön keskitetylle PDM-palvelimelle, joka käsittelee kaikkea tietokantaan talletettua tietoa. (Martio 2015, 265.) Tämä mahdollistaa sen, että asiakas tai työntekijä voi olla missä tahansa, mutta pääsee yrityksen tietokantaan käsiksi tunnuksillaan. Tämä tapa mahdollistaa sen, että yrityksellä voi olla tuotekehitystoimipisteitä ympäri maailmaa. Tyypillisesti tietoa järjestelmästä hakevia käyttäjiä on paljon enemmän kuin tietoa järjestelmään tuottavia ja varsinkin isoissa yrityksissä tiedon tuottajien ja lukijoiden suhde voi olla esimerkiksi 1:100 (Martio 2015, 265).



Kuvio 1. Esimerkki PDM-järjestelmän rakenteesta. (Perustuu Peltonen yms. 105.)

## 2.4 Nimikkeet

PDM-järjestelmillä nimikkeiden hallinta on koko järjestelmien kulmakivi. Yrityksillä tulee olla selkeä nimikkeiden hallintastrategia. Jos selkeä strategia puuttuu, ei tuotetiedon hallintaa voida saada toimimaan tehokkaasti. (Martio 2015, 49-50.)

Nimikkeiksi voidaan luokitella kaikki sellaiset elementit, joita käytetään toistuvasti, tai joihin viitataan tuotteisiin liittyvässä prosesseissa. Yleisesti ottaen nimike voi olla mikä tahansa itsenäinen ”yksilö”. Tällaisia ovat esimerkiksi tuotteet, materiaalit, dokumentit, resurssit ja aktiviteetit. Eri yritykset määrittelevät nimikkeiksi määriteltävät asiat eri tavalla, riippuen yrityksen tuotantostrategiasta. Toiset määrittelevät tietyt asiat nimikkeiksi ja toiset eivät. Esimerkiksi liimat, maalit, öljyt ja hitsaustarvikkeet ovat useasti tällaisia asioita, joita toiset luokittelevat nimikkeiksi ja toiset eivät. (Martio 2015, 51-52.)

### 2.4.1 Luokittelu

Eri nimikkeiden etsimisen helpottamiseksi, nimikkeet luokitellaan erilaisiin ryhmiin. Nimikkeitä voidaan luokitella esimerkiksi niiden käyttötarkoituksen mukaan. Luokittelu helpottaa suunnittelijaa löytämään tarvittavia osia. Esimerkiksi jos suunnittelija etsii tietynlaista tappia, eikä tapeille ole luokiteltu omaa ryhmää, eikä suunnittelija löydä tällöin tappia, niin hän suunnittelee uuden. Jonkun ajan päästä saman tyyliä tappeja on useampia, vaikka oltaisiin pystytty hyödyntämään jo aikaisemmin suunniteltua. Nimikkeiden luokitteluun voi olla monta tapaa, eikä ole olemassa yhtä tiettyä oikeaa. Tämän takia yrityksellä täytyy olla sekaannusten ja päällekkäisten nimikkeiden takia tietty luokittelusääntö. Yksi nimikkeiden luokittelutapa voi olla vaikkapa nimikkeen käyttötarkoitus. Sama nimike voidaan usein myös luokitella useampaan eri ryhmään. (Peltonen ym. 2002, 27-32.)

### 2.4.2 Nimikkeiden tunnisteet

Jokaisella nimikkeellä pitää olla yksikäsitteinen, yleensä suhteellisen lyhyt määrämuotoinen tunniste. Nimikkeen tunniste on pysyvä, ja sen muuttaminen myöhemmin on vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Nimikkeen tunniste voi olla luokitteleva, jolloin tunniste kertoo nimikkeen ominaisuuksista. Luokittelevia tunnisteita käytettäessä täytyy kuitenkin varoa, ettei tunnisteissa käytä sellaisia nimikkeen ominaisuuksia, jotka voivat nimikkeen elinkaaren aikana muuttua. Martion (2015, 55) mukaan esimerkiksi seuraavia tietoja ei tule sisällyttää tunnisteeseen osiksi:

- ostettava vai itse valmistettu komponentti
- valmistuspaikka
- tuote, jossa komponenttia käytetään
- rakennetaso, jossa komponentti käytössä
- komponenttityyppi.

Kaikki edellä mainitut tiedot on parempi sisällyttää nimikkeen attribuutteihin tai nimikkeen rakenteisiin. Tällöin niitä voidaan muuttaa tunnisteeseen kajoamatta.

Luokittelevan tunnisteiden vaihtoehtona on täysin mielivaltainen tunniste, esimerkiksi juokseva numero. (Martio 2015, 54-55.)

### 2.4.3 Nimikekuvaus ja spesifikaatio

Nimikekuvaus on selväkielinen selostus nimikkeestä. Kuvausta tarvitaan usein jollei nimikkeen tunnisteesta ei sellaisenaan selviä minkälaisesta nimikkeestä on kysymys. Nimikekuvauksen tulee olla nimikettä mahdollisimman hyvin kuvaava sekä mahdollisimman lyhyt. Monesti kuvaus on esitetty tarvittaessa myös useammalla kielellä. Tästä syystä kuvauksessa tulee käyttää standardeissa käytettyä terminologiaa, jotta käännökset onnistuvat mahdollisimman vaivattomasti. (Martio 2015, 58-59.)

Spesifikaatio on tarkempaa teknistä tietoa sisältävä attribuutti, joka annetaan sellaisessa muodossa, että sitä ei tarvitse kääntää, kuten esimerkiksi mittoja ja koodeja (Martio 2015, 59).

Pitkä kuvaus on muuta tärkeäksi tiedettyä tietoa, joka voidaan lisätä pitkän kuvauksen kenttään vapaana tekstinä. (Martio 2015, 59).

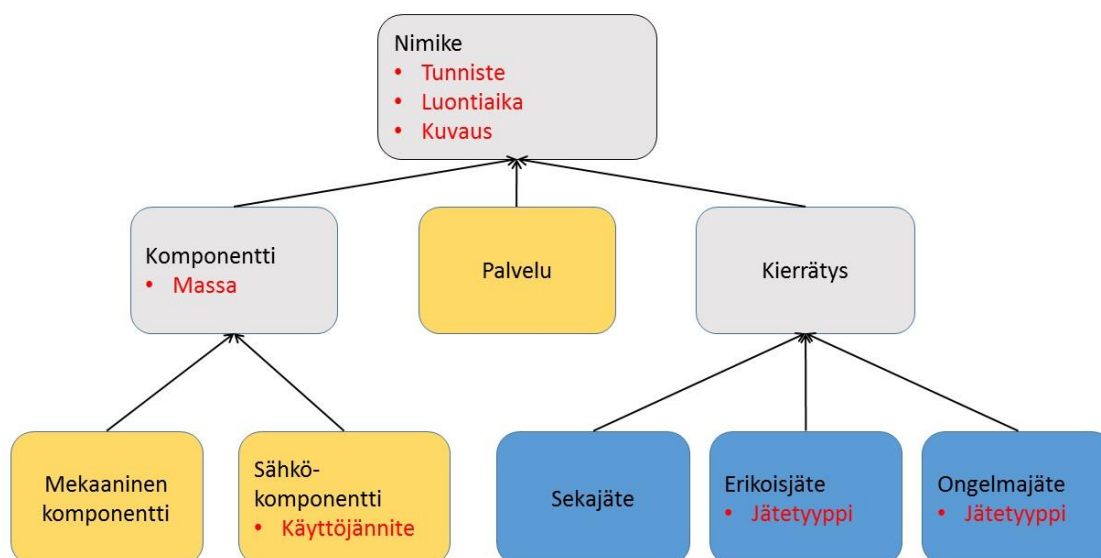
Taulukko 1. Esimerkkejä nimikekuvauksista PDM-järjestelmässä (Perustuu Martio 2015, 59.)

Kuvaus PDM:ssä			
Tunniste	18956	28733	31005
<b>Kuvaus</b> (enint. 30 merkkiä, valitaan listasta)	fi: Ruuvi, torx kupukanta en: Screw, torx pan head	fi: Päätylevy en: End plate	fi: Vastus, metallikalvo en: Resistor, metal film
<b>Spesifikaatio</b> (enint. 30 merkkiä vapaata tekstiä)	M6x50, ST8.8, ISO14583	400x1200x1,5 AISI304	1W,619R,1%,0207,MELF
<b>Pitkä kuvaus</b> (enintään 300 merkkiä vapaata tekstiä)	fi: Kupukant, torx ruuvi en: Hexalobular socket pan head screw	fi: Aihio 440x1320x1,5 en: Flat pattern 440x1320x1,5	fi: lämpötilakerr. TC50 en: temp. Coeff. TC50

## 2.4.4 Nimiketyypit, attribuutit ja tyyppihierarkiat

Kullakin nimikkeellä on joukko määrämuotoisia tietoja, joita kutsutaan attribuuteiksi. Näitä tietoja voidaan joskus kutsua joissakin yhteyksissä myös metadataksi. Yleensä PDM-järjestelmä määrittelee aina nimikkeille joitain attribuutteja, kuten tunniste ja kuvaus, jotka luodaan monissa järjestelmissä automaattisesti kaikille nimikkeille. Useissa järjestelmissä on mahdollista luoda erilaisia nimiketyyppejä, jolloin kaikilla nimikkeillä on tietyt yhteiset attribuutit, mutta lisäksi kullakin nimikkeellä on myös muita tyyppistä riippuvia attribuutteja. Esimerkiksi nimikkeillä voi kaikilla olla attribuutteina tunniste, kuvaus ja luontipäivämäärä. Lisäksi nimikkeillä joiden tyyppi on 'kuva', voi lisäksi olla attribuutti 'kuvan koko'. (Martio 2015, 60.)

Tyyppihierarkioiden perustehtävänä on järjestellä nimikkeille yhteisiä ominaisuuksia. Saman attribuutin omaavat nimikkeet kuuluvat samaan tyyppiin, tai tyyppeihin. Esimerkiksi kuvassa 2 jokainen sähkökomponentti on yhdenlainen komponentti samalla kun se on myöskin yhdenlainen nimike. Esimerkiksi yhtenä attribuuttina sähkökomponentilla on käyttöjännite ja lisäksi komponenttien ja nimikkeiden kaikki yleiset attribuutit.



Kuvio 2. Tyyppihierarkiat. (Perustuu Martio 2015, 61.)



Martio (2015, 61) on kuviossa 2 havainnollistanut tyyppihierarkioita. Harmaalla pohjalla olevat laatikot ovat abstrakteja tyyppejä, niihin ei voida liittää nimikkeitä. Keltaisella pohjalla olevat laatikot ovat konkreettisia tyyppejä, niillä voi olla nimikkeitä. Sinisellä pohjalla olevat laatikot ovat täydentäviä tyyppejä, niihin liitetyn nimikeen täytyy olla myös jotain muuta konkreettista tyyppiä.

#### **2.4.5 Nimikeversiot, revisiot ja variantit**

Nimikkeidenhallinnan tärkeimpiä alueita on versiointi, se löytyykin jokaisesta PDM-järjestelmästä vähintään jossain muodossa. Nimikkeellä voi olla revisioita, jotka ovat nimikkeen ajallisen kehitystä kuvaavia, sekä variantteja, jotka ovat rinnakkaisia ja toisistaan poikkeavia. Kun nimikkeestä tehdään uusi revisio, se korvaa vanhemman tietyn ylimenojakson kuluttua, kun taas uuden variantin kehittäminen ei vaikuta vanhaan varianttiin, vaan se tulee vanhan rinnalle. (Martio 2015, 79.)

Nimikkeestä syntyy uusi revisio, kun nimikettä muutetaan siten, että uusi versio korvaa vanhan version. Revisioilla käytetään tunnistena yleensä peräkkäisiä numeroita tai kirjaimia. Tunniste voi olla esimerkiksi 1.3, jossa 1 on päärevision numero ja 3 alirevision numero. Kun tehdään uusi revisio ja siirrytään revisiosta 1.3 revisioon 1.4, luodaan tällöin uusi alirevisio, jossa muutos on ”pienempi”. Kun siirrytään 1.3 revisiosta 2.1 revisioon, jolloin luodaan uusi päärevisio, muutos on tietyllä tapaa ”isompi”. Uutta revisiota tehdessä se tehdään edeltävän revision pohjalta ainakin jollaintapaa, jonka vuoksi sen jälkeen, kun revisiolle on tehty seuraaja, edellistä revisiota ei yleensä enää muuteta. Esimerkiksi, jos on tehty revisio 1.5, niin revisiota 1.4 ei enää muuteta. (Martio 2015, 80-81.)

Variantit kuvaavat nimikkeen erilaisia vaihtoehtoja, jotka poikkeavat hieman toisistaan esimerkiksi värin, kokoonpanon, koon tai pakkauksen suhteen. Usein nimikkeen variantit kuvataan yhdellä dokumentilla, joka sisältää kaikille varianteille yhteiset osat sekä eri varianttien väliset erot. Usein esimerkiksi jokin komponentti on esitetty yhdellä piirustuksella, johon on merkitty eri varianttien vaihtuvat koot. (Martio 2015, 83-84.)

## 2.5 Nimikkeiden hallinta

Martion (2015, 95-96) mukaan nimikkeiden hallinta on yksi tärkeimmistä yrityksen prosesseista. Hänen mukaansa siihen sisältyvät seuraavat seikat:

- Päätunnisteen käyttö (vain yhden päätunnisteen käyttö on tärkeää), sivutunnisteiden käyttö on myös mahdollista
- Kuvaus ja tarkempi tekninen spesifikaatio havainnollistavat nimikettä. Nämä tulee tehdä yrityksen sovitun esitystavan mukaisesti.
- Prosessi on määritelty nimikkeiden ylläpidolle.
- Kaikki nimikkeet ovat joidenkin tyyppien ilmentymiä. Attribuutit määritellään tyyppien nimikkeiden mukaan.
- Valintalistaista valitaan mahdollisimman suuren attribuuttijoukon arvot.
- Nimikkeiden määrittely on tehty sillä tarkkuudella, kuin se on käytön kannalta tarpeellista. Nimikkeeseen on liitetty yhteyksien avulla tarpeelliset piirustukset, spesifikaatiot ja ohjeet.
- Toimittajat ja valmistajat erotellaan toisistaan nimikkeissä. Valmistajat jotka ovat hyväksytyjä, rekisteröidään nimikekohtaisesti. Vaihtoehtoisilta valmistajilta tallennetaan tuotteista vähintään testausstatus.
- Ylläpitojärjestelmällä mahdollistetaan nimikkeiden ryhmäpäivitys. Nimikeryhmiä voidaan muodostaa nimikehaun avulla. Nimikeryhmien tietty ominaisuus, yhteys tai attribuutti, pystytään muuttamaan yhtenä operaationa. Tämä on hyvin tärkeä ominaisuus, koska se helpottaa suurten nimikemäärien muuttamista siten, ettei jokaista tarvitse erikseen muuttaa.

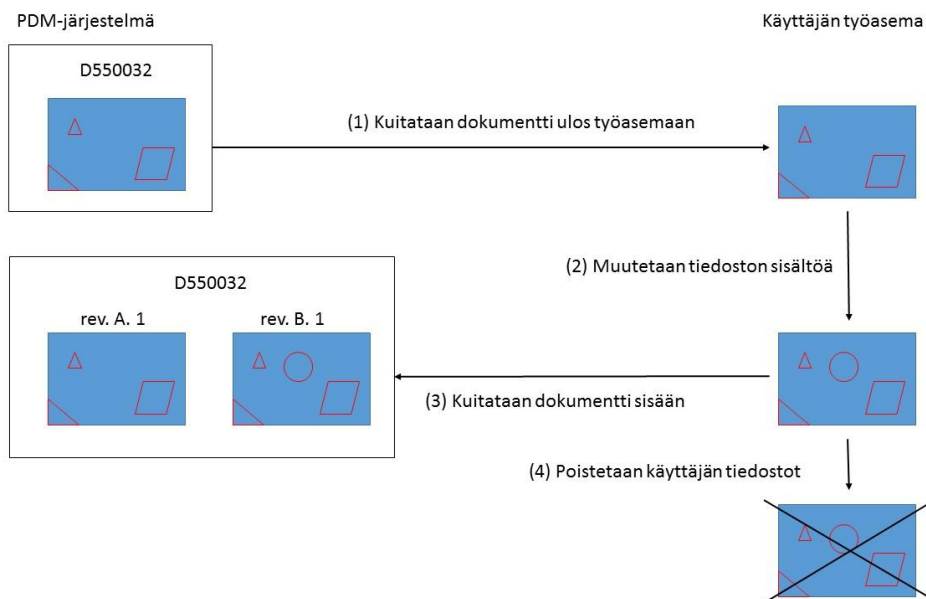
## 2.6 Dokumentit

Dokumentit ovat myös yhdenlaisia nimikkeitä. Nimikkeiden tavoin dokumentteihin liittyy attribuuttien lisäksi dokumentin varsinainen sisältö, esimerkiksi piirustus, tekstidokumentti, ohjelma-, kuva-, 3D-malli- tai videotiedosto. Dokumentin sisältö voi olla mitä tahansa tietoa, jota yleensä käsitellään PDM-järjestelmän ulkopuolella tavallisena tiedostona sen käsittelyyn soveltuvalla ohjelmalla. (Martio 2015, 97.)

PDM-järjestelmään tallennettua dokumentin sisältöä käyttäjä muokkaa yleensä ulos- ja sisäänkuittauksella, jossa käyttäjä kuittaa dokumentin ulos järjestelmästä, jonka jälkeen kukaan muu PDM-järjestelmän käyttäjä ei pysty muokkaamaan dokumenttia. Dokumentin sisältö kopioidaan toimenpiteessä käyttäjän omaan tietokoneeseen, jonka jälkeen käyttäjä pystyy käsittelemään tiedostoa tavalliseen tapaan siihen sopivalla ohjelmalla. Muutosten tekemisen jälkeen käyttäjä kuittaa dokumentin takaisin sisään PDM-järjestelmään, jolloin dokumentin sisältö kopioidaan järjestelmään samalla se korvaa vanhan järjestelmässä olleen dokumentin sisällön. Sisäänkuittauksen yhteydessä järjestelmä voi myös tehdä uuden revision, jolloin uusi dokumentti tulee vanhan rinnalle. Sisäänkuittauksen jälkeen kaikki muut järjestelmän käyttäjät pääsevät tarkastelemaan tai muokkaamaan dokumenttia. (Martio 2015, 99.)

### 2.6.1 Dokumenttiversiot

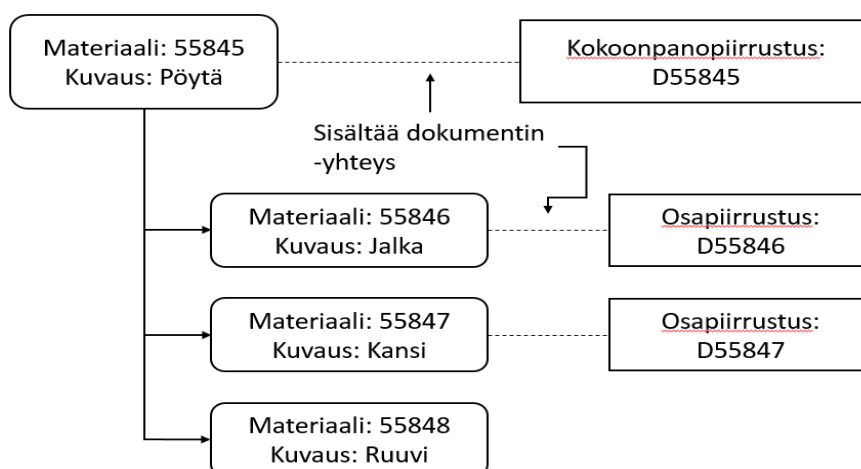
Dokumenttiversioinnissa voidaan soveltaa yleisiä nimikkeiden versiointikäsitteitä. Dokumenteista on usein myös erikielisiä varianteja, joita PDM-järjestelmän täytyy pystyä käsittelemään. Joskus yksi dokumentti saattaa sisältää monta sataa tiedostoa. (Martio 2015, 103-109.)



Kuvio 3. Uuden dokumenttirevision luonti sisäänkuittauksen yhteydessä. (Perustuu Martio 2015, 103.)

## 2.6.2 Dokumenttien rakenne

Normaalisti dokumentilla tarkoitetaan yleensä jotakin tiedostoa, esimerkiksi tekstin- käsittelyohjelmalla avattavaa tekstiä. Näin ymmärrettynä dokumentilla tarkoitetaan tiedostoa. Tuotetiedon hallinnassa dokumentilla tarkoitetaan paljon laajempaa käsi- tettä. Sillä voi olla monta eri varianttia ja revisiota kieli- ja muiden kehitysversioiden takia. Jokaisen dokumentin versiosta saattaa olla tallennettuna useampia esitys- muotoja. Jokaisen esitysmuodon sisältö vastaa yhtä tiedostoa, jonka johdosta yksi dokumentti saattaa sisältää jopa satoja tiedostoja. (Martio 2015, 105-107.)



Kuvio 4. Dokumentti- ja osarakenne. (Martio 2015, 108.)

### 3 CAD-JÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa keskitytään siihen, mitä tietokoneavusteinen suunnittelu on, esitellään erilaisia CAD-järjestelmiä ja niiden erilaisia ominaisuuksia, sekä havainnollistetaan erilaisien mallinnusmenetelmien eroja.

#### 3.1 Computer Aided Design

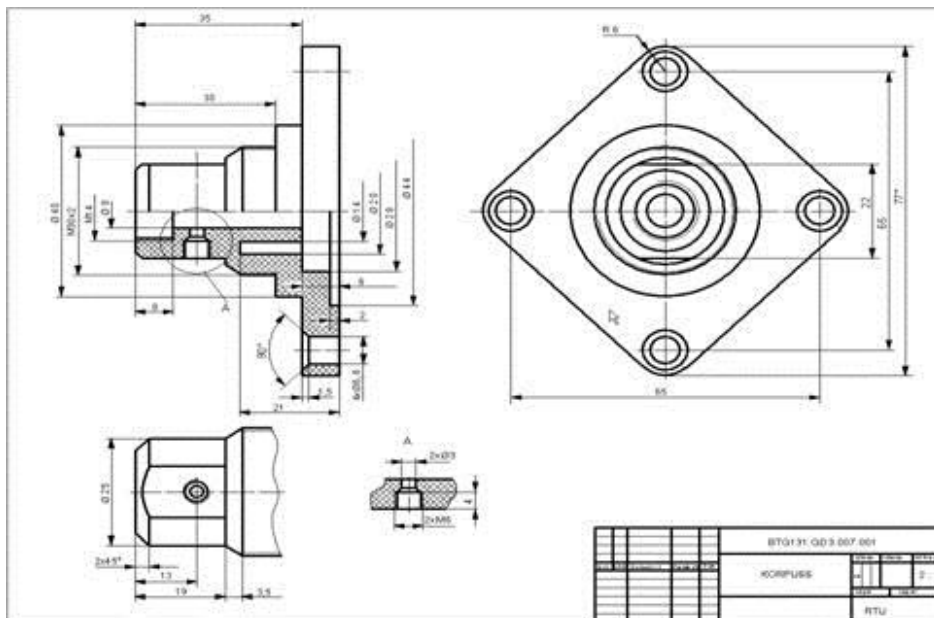
Computer Aided Designia (CAD) eli tietokoneavusteista suunnittelua käytetään apuvälineenä suunnittelussa. Tietokoneavusteinen suunnittelu on alkanut 1950-luvulla. Nykyisin siitä on kehittynyt muutamia osa alueita, kuten geometria mallinnus, kone näkö ja joustavat valmistusmenetelmät (Narayan, Rao & Sarcar 2008, XXIII).

Tietokoneavusteinen valmistus voidaan määritellä tietokonetta apuna käytettävään suunnitteluun, muutostyöhön, analysoimiseen ja optimoimiseen. Nykyisin tarkoitetaan erityisesti 3D-mallintamista. (Narayan, Rao & Sarcar 2008, 3.)

Alkuvaiheessa, kun tietokoneet olivat nykyiseen verrattuna varsin vaatimattomia, voitiin puhua enemmänkin tietokoneavusteisesta piirtämisestä suunnittelun sijaan, sillä suunnitteluohjelmilla pyrittiin enemmänkin matkimaan vain piirustuslaudan käyttöä. Tällöin piirustukset olivat kaikki kaksiulotteisia. Kolmiulotteiset ohjelmistot tulivat vasta 1980-luvulla, joskin silloinkin ne olivat lähinnä kokeiluasteella. 1980-luvun ohjelmistoissa oli myös ongelmana se, että järjestelmät olivat erittäin suljettuja, jolloin tiedon siirtäminen oli käytännössä mahdotonta järjestelmästä toiseen. Myöhemmin kun ohjelmistoja aloitettiin kehittämään henkilökohtaiselle tietokoneelle (PC), järjestelmien hankintahinnat laskivat. (Hietikko 2015, 14-15.)

Nykyisin CAD-ohjelmistoilla luodaan joko kaksiulotteisia tai kolmiulotteisia graafisia malleja tai esityksiä. CAD-ohjelmistoja käytetään laajasti tietokoneanimaatioiden, elokuvien sekä mainoksien erikoisefektien teossa. Tuote- ja teollisuusvalmistuksessa CAD-ohjelmistoa käytetään pääasiassa yksityiskohtaisten 3D- ja 2D-mallien luomiseen. CAD-ohjelmistoa käytetään koko suunnitteluprosessissa konseptisuunnittelusta ja pohjapiirustusten teosta kokoonpanojen kestävyys- ja dynaamisuus-

analyysiin sekä valmistusmenetelmien määrittelyyn. Tämä mahdollistaa vuorovaikutteisen mallintamisen, jonka aikana voidaan analysoida erilaisia malleja. Näistä voidaan valita optimaalisin vaihtoehto, joka minimoi fyysisten prototyyppien käytön. (Siemens. [Viitattu 17.1.2017].)



Kuva 1. Esimerkkikuva 2D-CAD piirrustuksesta (Enggservices2india. [Viitattu 31.1.2017].)

### 3.2 Computer-Aided Engineering

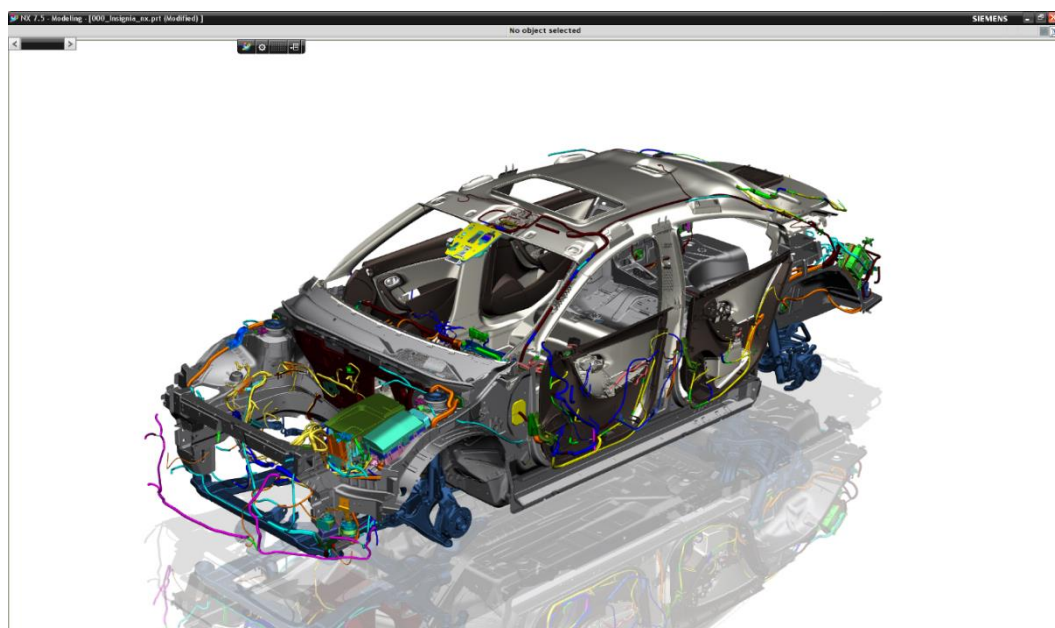
Computer-Aided Engineering (CAE) on tietokoneavusteista suunnittelua, mutta se eroaa normaalista CAD-suunnittelusta siten, että siinä tutkitaan CAD-mallien kokonaisuuksien toimintaa. Käyttäjä simuloi tuotekokonaisuuksia, joista voidaan nähdä puutteet, ja joiden avulla voidaan tehdä muutoksia suorituskyvyn parantamiseksi, sekä saadaan auttavia vastauksia teknisiin kysymyksiin. (Siemens. [Viitattu 18.1.2017].)

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa yksi keskeinen ajattelu tapa on DFMA eli Design From Manufacturing and Assembly. DFMA-tavan keskeisin tekijä onkin kokoonpano. Tällä tavalla pyritään suunnittelemaan tuote alusta alkaen siten, että sen kokoonpano olisi mahdollisimman virheetön ja yksinkertainen. Huonosti suunniteltu

tuote tuo helposti tuotteelle turhia valmistuskustannuksia. Esimerkiksi turhan monimutkainen rakenne voi aiheuttaa hyvin monimutkaisia valmistusmenetelmiä, jotka nostavat tuotteen hintaa merkittävästi. Suunnittelijan tulisi pyrkiä pitämään kokoonpano mahdollisimman yksinkertaisena, koska jokainen ylimääräinen osa lisää monimutkaisuutta ja sitä kautta myös riskitekijöitä. Tämän johdosta suunnittelija on se henkilö, joka hyvin suurella osuudella päättää tuotteen valmistuskustannuksista, laadusta ja käyttöarvosta. (Hietikko 2015, 16-18.)

Suunnittelua varten pitää olla nykyäskäytännön mukaan tiimi, johon suunnitteluosaston edustajien lisäksi kuuluu myös muiden osastojen edustajia. Tämä johtuu siitä, että nykyisin ollaan yhä enemmän siirtymässä toimitusketjuihin, jolloin ei enää riitä pelkästään yksittäisen yrityksen henkilöistä muodostettu tiimi. Tällöin voidaan puhua rinnakkaissuunnittelusta (CE). CE eli Concurrent Engineering, tarkoittaa käytännössä tuotteiden sekä niiden valmistusprosessien samanaikaista kehittämistä. Tällöin suunnittelijoiden täytyy olla tuotteen valmistusmenetelmistä selvillä. Parhaiten tämäntapaiseen osaamiseen ja sen ylläpitoon päästään sillä, että valmistuksen asiantuntijat osallistuvat alusta alkaen tuotteen kehittämiseen. (Hietikko 2015, 19.)

Kuvassa 2 nähdään auton CAD-kokoonpanokokonaisuuden monimuotoisuus. Suunnittelutiimin on hyvin tärkeää tehdä tiiviisti yhteistyötä, jotta tietty komponentti sopii esimerkiksi auton korissa tiettyyn paikkaan ja sille on oikeassa kohtaa kiinnikepaikka tai läpivientireikä.



Kuva 2. Esimerkkikuva CAD-kokoonpanomallista. (Cad cam Engineering World-Wide [Viitattu 18.1.2017].)

### 3.3 Computer Aided Manufacturing

Computer Aided Manufacturing (CAM) eli tietokoneavusteinen valmistus viittaa yleisesti tietokoneohjelmistolla numeerisen ohjauksen (NC, Numerical Control) yksityiskohtaisten ohjeiden luomiseen (G-koodi) CNC (Computer numerical control) työstökoneille tuotteiden valmistamiseen. (Siemens. [Viitattu 19.1.2017].)

NC merkitsee numeerisesti ohjattua. NC-koneet alun alkaen lukivat reikänauhaa, tai reikäkorttia joista saivat käskyt suoritettavaan ohjaukseen. Koneet toimivat ilman ohjelmamuistia tai tietokonetta. CNC-työstökoneella tarkoitetaan alkuperäisistä NC-koneista uudempia työstökoneita, joihin kuuluu tietokoneohjaus. (Pikkarainen 2010, 13.)



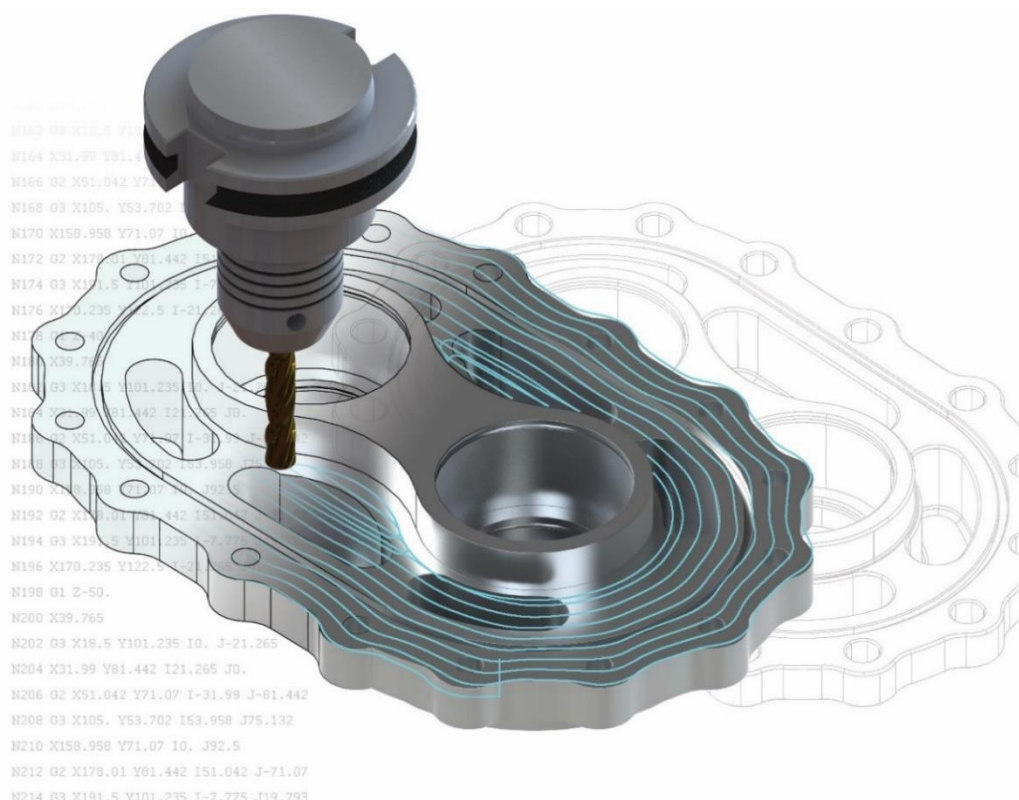
Kuva 3. Esimerkkikuva CNC-työstökoneesta. (EMS Recruitment International. [Viitattu 23.2.2017].)

Laajempi määritelmä CAM-termille sisältää usein tietokoneohjelmistolla työstettävän kappaleen valmistusmenetelmän suunnittelun työstökoneelle, NC-ohjelmoinnin, koordinaatiomittauskoneen (CMM) tarkistus ohjelmoinnin sekä työstökonesimuloinnin ja jälkikäsittelyn. (Siemens. [Viitattu 19.1.2017].)



Työstettävän kappaleen valmistusmenetelmän suunnittelusta puhuttaessa, tietokoneohjelmistolla suunnitellaan CNC-koneen tekemät työstöradat ja työkalujen vaihdot. Työstörata voidaan simuloida, jolloin nähdään virtuaalisesti työstökoneen tekemät liikkeet. Ohjelmisto muodostaa suunnittelun lopuksi CNC-työstökoneen ymmärtämää G-koodia joka voidaan ladata työstökoneelle. (Siemens. [Viitattu 23.2.2017].)

Kuvassa 2 on havainnollistettu CAM suunnitteluohjelmalla työstettävän kappaleen jrsintäratoja. Ohjelmistolla voidaan suunnitella työstökoneen jrsintärata sekä käytettävä työkalu.



Kuva 4. Esimerkkikuva tietokoneavusteisen valmistuksen komponentista (SOLIDWORKS. 2013.)

### 3.4 Siemens NX

Siemens NX on CAD/CAM/CAE-järjestelmäkokonaisuus, jota käytetään tuotekehitykseen, suunnitteluun, muotoiluun, elektromekaaniseen kokoonpanosuunnitteluun ja mekaniikkasuunnitteluun. NX CAD tarjoaa hyvin laajan valikoiman työkaluja 2D-

ja 3D-konseptisuunnittelulle. Myös integroitu PDM-järjestelmä löytyy suunnittelukokonaisuuksien suunnittelun helpotukseksi. (IDEAL PLM. [Viitattu 8.12.2016].)

NX:n historia ulottuu jopa vuoteen 1972 asti United Computing Inc:n julkaisemana CAM-ohjelmistona, mutta nykyisessä kokonaisuudessaan sitä on kehittänyt Siemens PLM Software vuodesta 2007 lähtien, Siemensin ostettua UGS Corporationin. Ensimmäinen NX versio on tullut markkinoille vuonna 2002. (Siemens. 2007.)

NX tarjoaa käyttäjille:

- Kehittyneen ratkaisun konseptualiselle suunnittelulle, 3D-mallinnukselle ja dokumentoinnille.
- Simulointiympäristön rakenteelliselle, liike-, lämpö-, virtaus-, monifyysisille sekä optimointisovelluksille.
- Täydellisen osien valmistusratkaisun, työstön ja laadun tarkastuksen.

NX sisältää työkalut jokaiseen suunnitteluvaiheeseen. Se on modulaarinen järjestelmä, eli käyttäjällä on mahdollisuus valita ominaisuudet, jotka otetaan järjestelmään käyttöön. Näin järjestelmästä saadaan muokattua tarpeiden mukaan joko helppokäyttöinen suunnitteluohjelma tai tarvittaessa hyvinkin monipuolinen mallien simulointijärjestelmä. (Siemens. 2015.)

### **3.4.1 Mechatronics Concept Designer**

Mechatronics Concept Designer (MCD) -ohjelmisto on Siemens NX -ohjelmistoon integroitu simulointiohjelma tehtaiden ja koneiden kehittämiseen, rakentamiseen ja käyttöönottoon. Lisäämällä kinemaattisen simuloinnin kappaleisiin monimutkaisen koneen toiminnot voidaan testata käytännössä virtuaalisesti mallinnetuilla antureilla ja moottoreilla, jolloin suunnittelija pystyy löytämään parhaan mekatronisen kokoonpanon jo suunnitteluvaiheessa. Tämä helpottaa koneiden käyttöönottoa. Mechatronic Concept Designerillä pystyy interaktiivisesti määrittelemään anturit ja toimilaitteet CAD-mallista. Liikkeet visualisoidaan Gantt-kaaviossa, ja automaatiodata voidaan siirtää muihin järjestelmiin käyttäen yhtä useasta käytettävissä olevasta avoimesta tiedostomuodostosta. (ISOLOG. [Viitattu 24.11.2016].)

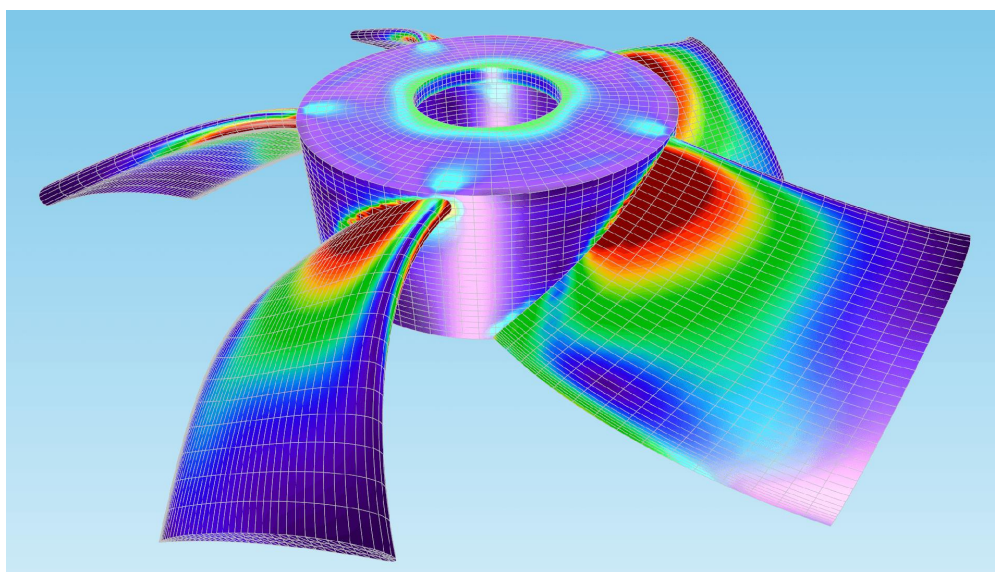
Simulointitekniikka perustuu Nvidian PhysX-fysiikkamoottoriin, jota käytetään myöskin tietokonepeleissä. Se tuo reaali maailman fyysisen liikkeen virtuaali maailmaan yksinkertaistettuja matemaattisia malleja käyttäen. MCD-ohjelmisto mahdollistaa fyysisen maailman virtaviivaisen mallintamisen. Tämä mahdollistaa laitteen konseptin valinnan ja määrittelemään laitteen käyttäytymisen nopeasti. Simulointi on vuorovaikutteista, joten hiiren kursoria painamalla voidaan aiheuttaa voimia objekteihin tai siirtää niitä. (Siemens. 2010.)

### 3.5 Finite Element Analysis

Finite Element Analysis (FEA) eli elementtianalyysi on mallinnettujen tuotteiden analysoimista virtuaaliympäristössä. Sen tarkoituksena on vähentää prototyyppien ja kokeiden määrää, joudutaan tekemään suunnitteluprosessissa. Kun FEA malli on laadittu ja todettu hyödylliseksi käytännössä, sen avulla voidaan paremmin ymmärtää laitteen toimintaa tai prosessia. Lisäksi se parantaa suunnittelua. (Siemens. [Viitattu 23.1.2017].)

FEA-ohjelmiston perusta pohjautuu fysiikan lakeihin, sekä matemaattisiin malleihin. (Comsol. [Viitattu 18.1.2017].)

Ohjelmisto näyttää visuaalisesti kappaleeseen kohdistuvat muutokset, joista voidaan tehdä tarvittavat päätelmät.



Kuva 4. Esimerkkikuva FEA-ohjelmistolla rasiusten tutkimisesta tuulettimesta (Comsol. [Viitattu 18.1.2017].)

### 3.6 Siemens Solid Edge

Solid Edge on Siemens PLM softwarin kehittämä CAD-järjestelmä. Alun perin sen on julkaissut Integraph vuonna 1995. Myöhemmin UGS Corp. osti sovelluksen jatkokehittäväksi. Vuonna 2007 Siemens AG osti UGS Corpin ja nimesi sen Siemens PLM Softwareksi. Siemensin Solid Edgen ohjelmistokokonaisuus on NX:n ominaisuuksien hieman suppeampi. Solid Edgen vahvuuksia on käyttäjäystävällinen käyttöliittymä, joka on suunniteltu mahdollisimman helpoksi omaksua ja käyttää. Solid Edge tukee perinteistä järjestelmällistä historiapuullista mallinnustekniikkaa, ja synkronista mallinnustekniikkaa. Synkroninen mallinnustekniikka julkaistiin Solid Edge ST1 -versiossa vuonna 2008. Mallien luominen kumpaakin tekniikkaa sekaisin käyttäen on myös mahdollista ST3-versiosta lähtien. Synkronista ja perinteistä tekniikkaa yhdessä käyttäessä historiapuussa näkyvät osiot järjestelmällisellä mallinnuksella tehdyille piirteille ja omat osionsa synkronisella menetelmällä mallinnetuille piirteille. (Yares 2012.)

### 3.7 Parametrinen piirremallinnustekniikka

Tietokoneavusteista suunnitteluohjelmistoa voidaan kutsua parametriseksi piirremallinnusjärjestelmäksi, jolla mallinnetaan suunniteltu kohde kolmiulotteisen geometrian avulla käyttäen. Kolmiulotteista kappaletta voidaan käyttää huomattavasti tehokkaammin hyödyksi kuin kaksiulotteista. Esimerkkinä kokoonpanon eri osien virheiden tai yhteensopimattomuuksien tutkiminen on kolmiulotteisena kokonaisuutena helpompaa kuin kaksiulotteisena. Kolmiulotteisesta kokoonpanosta näkee helposti, mikäli liikkuvat osat voivat törmätä toisiinsa. (Hietikko 2015, 23-25.)

Parametrisuus tarkoittaa, että mallinnuksen missä vaiheessa tahansa, voidaan mallinnuskohteeseen kytkettyjä mittoja muuttaa, jolloin myös kohteen geometria muuttuu vastaavasti. Mallille ei ole tällöin pakko antaa tarkkoja mittoja, vaan ne voidaan antaa mallinnuksen myöhemmässäkin vaiheessa, kunnes kohteen tarkat mitat varmistuvat. Parametrisessa mallinnuksessa mittojen välille voidaan muodostaa relaatioita, kuten esimerkiksi siten, että mallissa kaksi mittaa ovat aina yhtä suuret. Jos toista mittaa muutetaan, tällöin myös toinen muuttuu. Mittojen välille voidaan

myöskin luoda matemaattisia yhteyksiä, esimerkiksi tietty mitta on aina puolet jostakin tietyistä mitasta. (Hietikko 2015, 23-25.)

Piirremallinnus tarkoittaa, että malli rakennetaan piirteistä. Malli aloitetaan peruspiirteestä, johon lisätään muita piirteitä. Piirteet tulevat näkyviin sekä itse malliin että myös niin sanottuun piirrepuuhun tai historiapuuhun, mistä voidaan seurata piirteitä ja muokata niitä tarvittaessa. Piirrepuusta näkee mitkä piirteet ovat sidoksissa toisiinsa. Esimerkkinä jos mallinnetaan sylinteri ja tehdään sen keskellä reikä, jonka tulisi olla sylinterin keskellä ja reiän halkaisija tulisi olla puolet sylinterin halkaisijasta. Tällöin reikä tulisi olla sidoksissa eli relaatioissa itse sylinteriin, jolloin sylinterin mittoja muutettaessa, myöskin reiän mitat muuttuisivat. (Hietikko 2015, 23-25.)

Mallin tuleviin muutoksiin on varauduttava jo mallin suunnittelun, sekä rakentamisen aikana. Täytyy miettiä mihin relaatiot mitoille liitetään, jotta johonkin piirteeseen kohdistuvan mittamuutosten jälkeen kaikkien muiden mittojen relaatiot eivät muutu. (Hietikko 2015, 23-25.)

### **3.8 Synkroninen mallinnustekniikka**

Synchronous Technology eli ST-mallinnustekniikka on historiapuuton mallinnustekniikka. Sen on kehittänyt Siemens PLM Software. Synchronous Technology poikkeaa normaalista järjestelmällisestä mallinnusmenetelmästä, siten että se mahdollistaa mallin muokkaamisen suoraan ilman että jokin ehto tai relaatio on estämässä muokkausta. Tämä mahdollistaa konseptin mallintamisen aloittamisen heti, ilman suuria valmistelusuunnitelmia. Suurien ja monimutkaisten 3D-mallien muokkaaminen on helpompaa, koska ei tarvitse ymmärtää kuinka malli on rakennettu. (Siemens. [Viitattu 20.1.2017].)

Historiapuuttomalla mallinnuksella tarkoitetaan sitä, että mallille ei synny relaatiohistoriaa. Tällöin ei tarvitse miettiä sitä, että milloin mikäkin muoto mallissa on relaatioissa toiseen muotoon. (Siemens, 2008.)

Normaalissa historiapuullisessa mallintamisessa luodut muodot generoidaan laskemalla tai uudelleen laskemalla, mikäli muotoa jostain kohtaa muokataan. Useat piir-

teet tai operaatiot ovat tietyssä järjestyksessä. Jos mallissa ei ole keskinäisiä relaatioita, tehdyt muokkaukset pystytään laskea samanaikaisesti, useat CAD ohjelmat pystyvät tämän tekemään. Monet ohjelmat silti uudelleen laskee kaikki piirteet, kun johonkin piirteeseen tehdään muutos. Mitään täsmällistä mallinnuskaavaa ei ole olemassa, joten jokaista mallia tehdessä täytyy muistaa, kuinka geometria on luotu. Tämä hankaloittaa isompien mallien muokkaamista, joissa on useita eri piirteitä, kun tiettyyn piirteeseen johon vaikuttavat useat relaatiot muista piirteistä, täytyy tehdä muutos, muutos vaikuttaa tällöin myös riippuvaisiin piirteisiin. Synkronisella tekniikalla kun geometriaan tehdään muutos, ainoastaan geometriakohtaan johon muutos kohdistuu, tehdään laskutoimenpiteet ja muutokset. Tämä vähentää sekä tietokoneen prosessointiaikaa, että mallintamiseen käytettyä aikaa. Ero näkyy varsinkin hyvin isoissa ja monimutkaisissa malleissa, joissa voi jonkin piirteen muokkaaminen olla hyvin vaikeaa ja hidasta useiden riippuvaisten relaatioiden takia. (Jackson, 2011.)

## 4 TEAMCENTER

Siemens TeamCenter on PLM Softwaren kehittämä ohjelmisto ja se on ensisijaisesti suunniteltu tukemaan tuotteiden suunnittelua sekä kehittämistä. TeamCenter on käytetyin PLM-järjestelmä maailmassa. Se kerää yrityksen kaikki tiedot yhteen tiedonhallintajärjestelmään, johon pääsee käsiksi mistäpäin maailmaa tahansa. Ohjelman ominaisuuksiin kuuluu mm. nimikkeiden, dokumenttien, yksilörakenteiden, työnkulun ja muutosten hallinta. TeamCenterissä on mahdollista luokitella eri nimikkeet, kokoonpanot ja alikokoonpanot. Tämä helpottaa nimikkeiden uudelleenkäyttöä ja etsimistä. Luokittelut voidaan tehdä esimerkiksi materiaalin, värin, koon, käyttötarkoituksen tai vaikka tiheyden mukaan. TeamCenter voidaan integroida moniin järjestelmiin, kuten esim. NX ja Solid Edge. Tämä parantaa ohjelmistojen toimivuutta keskenään ja tällöin tieto saadaan kulkemaan kaksisuuntaisesti molempiin suuntiin viiveettä. Käyttäjä pystyy NX- tai Solid Edge -ohjelmassa selaamaan TeamCenterin tietokantaa, ilman itse TeamCenterin käynnistämistä, ja etsimään kirjastoista osia ja niiden tietoja. Käyttäjän tehtyä muutoksia osaan tai komponenttiin, ohjelma päivittää muutokset heti, ja muut suunnittelutiimin käyttäjät näkevät muutokset niin nopeasti, kun tieto on ehtinyt järjestelmässä siirtyä. (Siemens. 2012.)

TeamCenterissä voidaan määritellä erilaisia käyttäjiä ja ryhmiä. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sen, että asiakkaalle voidaan antaa oikeus kirjautua yrityksen TeamCenteriin etäyhteyden avulla, mutta kyseisen ohjelman ylläpitäjä voi päättää, mitä tietoja asiakas voi nähdä. (Siemens. 2011.)

TeamCenterin sovelluskokonaisuuteen kuuluu erilaisia asioita. Näihin kuuluu muun muassa:

**Multi-CAD-hallinta.** Ohjelmistolla saadaan useimpien eri CAD-järjestelmien tiedot hallittua samassa paikassa hyödyntäen CAD-tiedonhallintaa ja CAD-neutraalia JT ISO -standardia, jolloin voidaan käsitellä eri CAD-järjestelmien, kuten NX:n, Solid Edge:n, CATIA:n, SolidWorksin, ProEngineer/CREO:n, AutoCAD- ja Inventor-malleja. (Siemens. [Viitattu 27.1.2017].)

**Järjestelmien suunnittelu ja vaatimusten hallinta.** Tämän avulla saadaan mallinnettua, simuloitua, analysoitua sekä optimoitua järjestelmän osia, ennen fyysisien prototyyppien valmistusta. (Siemens. 2012.)

**Materiaalien hallinta.** Tässä saadaan hallittua kokoonpanojen ja komponenttien osaluetteloita, josta nähdään materiaalit ja niiden kustannukset toimituksineen ja toimitusaikoineen. (Siemens. 2012.)

**Sisällön ja dokumenttien hallinta.** Tässä saadaan hallittua tuotteiden dokumentteja ja muita tuotteisiin liittyviä tietoja, kuten ohjekirjoja ja manuaaleja. TeamCenter tukee myös Microsoft Office -integraatiota. (Siemens. 2012.)

**Toimittajien suhteiden hallinta.** Tässä edistetään toimittajien ja yrityksen tiedonkulkua siten, että suunnittelijat pystyvät jo aikaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia vaikuttamaan tuotteen laatuun ja hintaan, näkemällä eri toimittajien tuotteiden tiedot ja vertailemalla niitä ja valitsemalla parhaiten tuotteeseen sopivat osat ja komponentit. (Siemens. 2012.)

**Mekatroniikkaprosessin hallinta.** Tässä saadaan tutkittua mekatroniikkakokoonpanojen toiminnan dataa. (Siemens. 2012.)

**Raportointi ja analysoiminen.** TeamCenterissä voidaan tutkia, analysoida ja raportoida tuotteita. (Siemens. 2012.)

**Elinkaaren visualisointi.** Tässä saadaan visuaalisesti tarkasteltua tuotteen kehittymistä sen suunnittelun aikana. (Siemens. 2012.)

**Huollon, korjauksen ja tarkastuksen hallinta.** Tässä saadaan hallittua tuotteen elinkaarta myynninjälkeisenä aikana. Huollon suunnittelu, toteutus ja niiden kustannukset pystytään hallitsemaan ja ajoittamaan. Niistä saatu tieto pystytään uudelleen käyttämään hyödyksi tulevaisuudessa. (Siemens. 2012.)

**Simulointidatan ja -prosessin hallinta.** Tällä työkalulla voidaan seurata simuloinneista saatua dataa ja uudelleen käyttää sitä tarpeiden mukaan. (Siemens. [Viitattu 27.1.2017].)



**Sovellussuunnittelun hallinta.** Tällä mahdollistetaan sovellusten elinkaaren hallinta: sovellusten kehityksen seuranta ja testaus. Sovelluksen testauksessa ja käytöstä saatu palaute on helposti nähtävillä, näin sovelluksen jatkokehittäminen sen puutteiden ja ongelmien osalta on helppoa. (Siemens. [Viitattu 27.1.2017].)

## 5 KÄYTTÖOHJEEN TEKO

Tässä luvussa keskitytään käyttöohjeen teossa huomioitaviin asioihin ja standardeihin, sekä käydään läpi itse käyttöohjeen tekovaiheet ja siinä huomioidut asiat.

### 5.1 Käyttöohjeen teossa huomioitavaa

Käyttöohjeen teossa täytyy ottaa monta asiaa huomioon. Käyttöohjeen tulee olla selkeä ja hyvin sisäistettävä. Käyttöohje tulee laatia lukijan näkökulmasta. Hyvä käyttöohje sisältää kaiken tärkeän tiedon lukijan ymmärtämällä tasolla. Tieto pitää esittää selkeästi, yksiselitteisesti, loogisesti etenevänä ja helppotajuisesti. Mitään turhaa ei saa olla mukana. Hyvä käyttöohje pitää lukijan kiinnostuneena niin, että kärsimättömämpi lukijakaan ei lopeta lukemista kesken. Ohjeesta on voitava löytää nopeasti ja vaivattomasti tieto mitä lukija tarvitsee, myöskin siinä tilanteessa, kun lukijan on vain tarkistettava jokin tietty kohta. Kielen tulee olla selkeää ja yksiselitteistä. Kohderyhmälle oudot termit tai vierasperäiset sanat pitää selittää huolellisesti yleiskieltä käyttäen, tai välttää käyttämästä kokonaan. Tarvittaessa ohjeeseen voidaan sisällyttää erillinen sanasto-osa. Kuvitus on yleensä tärkeä osa käyttöohjetta, sillä niillä voidaan havainnollistaa käyttäjälle helposti jokin monimutkainen asia. Kuvitetun käyttöohjeen ehtona on, että kuvat ja teksti eivät ole ristiriidassa toisiinsa nähden. Käyttöohje on testattava ennen kuin se otetaan käyttöön. Käyttöohjeen testauksessa tulee olla mukana sellaisia henkilöitä jotka ovat tuotteen tulevia käyttäjiä, tai ovat rinnastettavissa sellaisiksi. (Nykänen 2002, 50-51.)

### 5.2 Ohjeiden tekeminen

Teamcenterin- sekä NX-ohjelmien käyttöohjetta tehtäessä täytyi miettiä missä järjestyksessä asiat kerrotaan tai esitetään. Koska ohje tehtiin koululle opetuskäyttöön, täytyi yrittää miettiä ohjeen teossa mitkä ovat ohjeen lukijan lähtökohdat. Opetuksessa ei olla käytetty oikeastaan ollenkaan kyseisiä ohjelmia, joten lähtökohtana on, ettei lukijalla ole paljon mitään osaamista ohjelmiin. Koulussa on käytetty Opetuk-

sessä Solid Edge -ohjelmistoa, joka antaa kuitenkin tietotaitoa 3D-piirtämisen perusteille. Ohje täytyi aloittaa perustietojen kertomisella Teamcenteristä sekä NX CAD -ohjelmistosta, jotta lukija tietää ensinnäkin, mitkä ohjelmat ovat käyttöohjeessa kyseessä, ja mitkä ovat niiden käyttötarkoitukset. Perustietojen kertomisen jälkeen kerrottiin syvemmin TeamCenterin toimintaperiaatteista mitä todellisuudessa tapahtuu käyttäjän näkemättömissä. Terminologiaa kerrotaan myös samalla kun uusia sanoja tulee ohjeessa vastaan, jotta ohjeen lukija ymmärtää varmasti kulloinkin mistä on kyse. Perustavan esittelyn jälkeen esitellään TeamCenterin käyttöliittymää, jotta perustyökalut ja valikot tulisivat tutuiksi. Valikkoja havainnollistetaan kuvin.

Ohjelmien esittelyiden jälkeen aloitettiin vaihe vaiheelta etenevä 3D-mallin piirtäminen NX-ohjelmalla. Aluksi jokainen piirtovaihe kerrottiin yksityiskohtaisesti, jotta lukija tietää mistä mikäkin piirto toiminto löytyy. Vaiheita havainnollistetaan tarpeellisin välein kuvin. Ohjeen edetessä, kun samoja piirtotoimintoja on toistettu useampi, jätetään yksityistarkka toimintojen ohjeistus vähemmälle tutuilta osin. Näin käyttöohjeen lukija ei joudu turhaan lukemaan jo tuttuja asioita, tämän ansiosta mielenkiinto säilyy paremmin. Käyttöohjeessa mallinnettiin useampi 3D-malli, joista kasattiin kokoonpano. 3D-mallit luotiin TeamCenterin tiedostojärjestelmään, jolloin niille luotiin oma nimike ja revisionumero. Tällä tavoin käyttöohjeen lukija oppii samalla käyttämään TeamCenterin käyttöliittymää ja sen toimintoja.

Kun kaikki 3D-mallit ovat valmiita, luodaan niistä kokoonpano. Ohjeessa käyttäjää opastetaan kokoonpanon kokoamisessa. Kun kokoonpano on saatu koottua, tarkastellaan sitä, ja tehdään tarvittavat muokkaukset. Muokkauksia tehtäessä täytyy tehdä TeamCenterissä nimikkeestä uusi revisio. Uutta revisiota muokataan ja tarkastellaan sen vaikutuksia kokoonpanoon.

Kun kokoonpano on valmis, aukaistaan NX-ohjelmassa MCD-ohjelma, jolla tehdään kokoonpanolle fyysiset ominaisuudet, eli mistä komponentit ovat yhteydessä toisiinsa. Kun kiinnityskohdat on luotu, luodaan myös liikevoima, joka laittaa kokoonpanon liikkumaan.

Tämän jälkeen kokoonpano suljetaan ja aloitetaan kokonaan uuden mallin luominen. Uusi malli tehdään, jotta voidaan käydä läpi NX-ohjelmiston Finite Element

Method (FEM) -ohjelmistoa. FEM-ohjelmistolla voidaan määrittää kappaleelle materiaali, kohdistaa siihen voimia, minkä jälkeen ohjelmisto laskee sen fyysiset muutokset, joita voidaan tarkastella. Uudesta mallista tehdään melko yksinkertainen, jotta ei keskityttäisi liikaa jo opeteltuun 3D-mallinnukseen. Mallille valitaan materiaali ja asetetaan tukipisteet, joissa se pysyy kiinni. Tämän jälkeen kohdistetaan voimaa tiettyyn kappaleen tiettyyn kohtaan ja tiettyyn suuntaan, ja lasketaan ohjelmalla muutokset. Tämän jälkeen voiman aiheuttamia muutoksia tarkastellaan.

Ohjeen lopussa on vielä erikseen käyty läpi erilaisia perustoimintoja Teamcenter ohjelmistosta, kuten CAD-tiedostojen siirtäminen paikalliselta tallennustilalta Team-Center tietokantaan, sekä muita hyödyllisiä toimintoja.

## 6 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä käyttöohje Siemens NX- sekä TeamCenter ohjelmistojen käytöstä. Työn teoriaosuudessa perehdyttiin tuotetiedon hallintaan, CAD-järjestelmiin, sekä käyttöohjeen tekemisen käytäntöihin. Tuotetiedon hallinnasta perehdyttiin erityisesti tuotetietoon eli nimikkeisiin, dokumentteihin ja niiden käytön periaatteisiin. Työssä esiteltiin käyttöohjeessa käytettyä Siemens NX CAD- sekä TeamCenter- ohjelmistoja, sekä niiden ominaisuuksia. Työ oli mielenkiintoinen ja tekijä oppi paljon uutta asiaa työn tekemisen aikana. Erityisesti tekijää kiinnosti tuotetiedon hallinta, joka on nykyisin teollisuudessa yhä tärkeämmässä asemassa.

Haasteita työn teossa tuotti alussa se, että tekijä ei ollut käyttänyt Teamcenter- ja NX-ohjelmia ja niiden käyttöä piti ensin opetella. Lisäksi niiden ominaisuuksiin piti tutustua mahdollisimman hyvin, jotta ohjeessa olisi asiat esitetty ohjeen lukijalle mahdollisimman totuudenmukaisesti ja selkeästi. Täytyi myöskin miettiä, miten ohjeen toteuttaa, jotta se olisi mahdollisimman selkeästi esitetty sekä helppolukuinen. Tämän lisäksi vielä täytyi myöskin miettiä, että millaista 3D-mallia ohjeessa mallinnettaisiin, jotta siinä ei toistettaisi liikaa samoja asioita, vaan mahdollisimman paljon tulisi aina jotain uutta opittavaa joka vaiheessa. Tällä tavoin ohjeen lukijan mielenkiinto ohjeen lukemiseen saadaan pidettyä mahdollisimman korkealla.

Käyttöohje saatiin alkuun, kun ohjelmistoja oli opeteltu ensin. Käyttöohjeen tekovaiheessa oppi koko ajan myös lisää ohjelmistoja, ja joitakin muutoksia käyttöohjeen alkupäähän tehtiin käyttöohjeen tekoaikana, kun prosessin aikana huomasi paremman tekotavan.

Käyttöohjeen valmistuttua sitä testasi useampi koulun opiskelija, ja heiltä kysyttiin mielipiteitä ja parannusehdotuksia käyttöohjeeseen. Palautteet olivat käyttöohjeesta positiivisia. Käyttöohje osoittautui hyvin selkeäksi, ja kokemattomammankin pitäisi osata sitä apunaan käyttäen opetella käyttöohjeessa läpikäytyjen ohjelmistojen käyttöä. Pieniä käytännön virheitä ja parannettavia kohtia kuitenkin havaittiin ohjeessa, kyseiset kohdat muokattiin paremmiksi. Käyttöohje on hyvä lähtökohta, kun ohjelmistojen perusasiat löytyvät ohjeistettuna jo melko pitkälle. Sitä tarvittaessa

laajentaa, mikäli tarvetta syvemmälle ohjeistukselle löytyy. Käytettyjen ohjelmistojen ominaisuuskirjo on hyvin laaja, joten opeteltavaa niistä löytyy hyvinkin paljon.

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin. Käyttöohjeesta on tulevaisuudessa hyötyä opetuskäytössä, ja sen avulla voidaan opetella ohjelmistojen perusasiat nopeasti. Lisäksi opiskelijoilla on mahdollisuus itseopiskella ohjelmia ohjeen avulla. Ohjeessa käydään läpi ohjelmistojen käyttöliittymien perustoimintoja sekä käydään askel askeleelta läpi 3D-mallien piirtäminen, kokoonpanon muodostaminen sekä MCD-ohjelmistolla liikkeen aikaansaaminen kokoonpanolle. Lopuksi opetellaan vielä NX FEM -ohjelmistoa tekemällä fyysisiä voimia kappaleen geometriaan ja tutkimaan voimien vaikuttamia muutoksia kappaleeseen. Mallit tallennetaan TeamCenterin tietokantaan ja malleista tehdään ohjeiden edetessä uusia revisioita, jolloin opitaan TeamCenterin tietokannan käyttöä.

## LÄHTEET

- Cad cam Engineering WorldWide. Ei päiväystä. NX TURNING [WWW-sivu]. Cad cam Engineering WorldWide [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa: <http://www.cad-camengineering.net/nx-turning/>
- Comsol. Ei päiväystä. Finite Element Analysis (FEA) Software. [WWW-sivu] Comsol Inc. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa: <https://www.comsol.com/multiphysics/fea-software>
- E21. Ei päiväystä. Pikaopas Sähköisen tuotetiedon hallintaan. [PDF-dokumentti] e21 Solutions Oy. [Viitattu 8.11.2016]. Saatavissa: <http://www.e21.fi/Download/22082/e21-solutions-Opas-Tuotetiedonhallinta-2015.pdf>
- EMS Recruitment International. Ei päiväystä. What YOU need to know about CNC machining! [WWW-sivu]. EMSRG. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavissa: <http://www.emsrg.com/news/What-YOU-need-to-know-about-CNC-Machining->
- Enggservices2india. Ei päiväystä. 2D Drafting Services. [WWW-kuva]. Enggservices2India. [Viitattu 31.1.2017]. Saatavissa: <http://www.enggservices2india.com/blog/2d-drafting-services/>
- Hietikko, E. 2015. Tietokoneavusteinen suunnittelu SolidWorks 2016. [Verkkokirja]. Books on Demand. [Viitattu 25.1.2017]. Saatavissa: [https://books.google.fi/books?id=eJXGCgAAQBAJ&pg=PA25&dq=parametrisen+mallinnus&hl=fi&sa=X&ved=0ahU-KEwJA\\_dKX7dzRAhXCBIwKHQvnCBwQ6AEILzAA#v=onepage&q=parametrisen%20mallinnus&f=false](https://books.google.fi/books?id=eJXGCgAAQBAJ&pg=PA25&dq=parametrisen+mallinnus&hl=fi&sa=X&ved=0ahU-KEwJA_dKX7dzRAhXCBIwKHQvnCBwQ6AEILzAA#v=onepage&q=parametrisen%20mallinnus&f=false)
- IDEAL PLM. Ei päiväystä. NX CAD. [WWW-sivu]. IDEAL PLM. [Viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://www.ideal.fi/fi/tuotteet/computer-aided-design/nx-cad>
- iSOLOG. Ei päiväystä. Mechatronics Concept Designer – design and automation [WWW-sivu]. EDAG Production Solutions. [Viitattu 24.11.2016]. Saatavissa: <http://www.isilog.de/en/produkte/produkte/mechatronics-concept-designer.html>
- Jackson C. 2011. Siemens PLM and synchronous technology in Solid Edge. [WWW-sivu]. Lifecycle Insights. [Viitattu 31.1.2017]. Saatavissa: <http://www.lifecycleinsights.com/technology-providers/st-and-solid-edge/>
- Martio, A. 2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta. 1. painos. Espoo: Amartekno Oy.
- Narayan, K.L., Rao, K.M. & Sarcar, M.M.M. 2008. Computer Aided Design and Manufacturing. [Verkkokirja]. Prentice of India. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa:

[https://books.google.fi/books?id=zXdivq93WIUC&printsec=frontcover&dq=computer+aided+design&hl=fi&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=computer%20aided%20design&f=false](https://books.google.fi/books?id=zXdivq93WIUC&printsec=frontcover&dq=computer+aided+design&hl=fi&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=computer%20aided%20design&f=false)

Nykänen, O. 2002. Toimivaa tekstiä. Helsinki: TEKNIIKAN AKATEEMISTEN LIITTO TEK.

Peltonen, H. Martio, A. & Sulonen, R. 2002. PDM Tuotetiedon hallinta. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Pikkarainen, E. Mustonen, M. 2010. Numeerisesti ohjatut työstökoneet. 2. painos. Tampere: Juvesprint Oy.

Siemens. Ei päiväystä. CAD / Computer-Aided Design. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 17.1.2017]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/plm/cad.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/cad.shtml)

Siemens. Ei päiväystä. CAE / Computer-Aided Engineering. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/plm/cae.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/cae.shtml)

Siemens. Ei päiväystä. CAM / Computer-Aided Manufacturing. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 19.1.2017]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/plm/cam.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/cam.shtml)

Siemens. Ei päiväystä. Synchronous Technology for 3D Modeling. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 20.1.2017]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/nx/for-design/productivity-tools/synchronous-technology/3d-modeling.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/productivity-tools/synchronous-technology/3d-modeling.shtml)

Siemens. Ei päiväystä. FEA / Finite Element Analysis. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 23.1.2017]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/plm/fea.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/fea.shtml)

Siemens. Ei päiväystä. Design Data Management and Simulation Management. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 27.1.2017]. Saatavissa: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/teamcenter/design-data-management/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/design-data-management/index.shtml)

Siemens. Ei päiväystä. NX CAM 11. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavissa: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/nx/11/for-manufacturing/cam.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/11/for-manufacturing/cam.shtml)

Siemens. 2007. Siemens Automation and Drives Becomes Worldwide First Supplier of Software and Hardware Across the Complete Lifecycle of Products. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 2.12.2016]. Saatavissa:



[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/about\\_us/news-room/press/press\\_release.cfm?Component=34137&ComponentTemplate=822](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/about_us/news-room/press/press_release.cfm?Component=34137&ComponentTemplate=822)

Siemens. 2008. Press Release: Siemens PLM Software Delivers the Next Big Breakthrough in Digital Product Development with Synchronous Technology. [WWW-sivu]. Siemens PLM Software. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavissa: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/about\\_us/news-room/press/press\\_release.cfm?Component=58721&ComponentTemplate=822](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/about_us/news-room/press/press_release.cfm?Component=58721&ComponentTemplate=822)

Siemens. 2010. Mechatronics Concept Designer [PDF-dokumentti]. Siemens PLM Software. [Viitattu 29.11.2016]. Saatavissa: [http://www.ideal-plm.ru/uEditor/files/4/NXCAD01\\_16\\_en\\_mcd\\_FS.pdf](http://www.ideal-plm.ru/uEditor/files/4/NXCAD01_16_en_mcd_FS.pdf)

Siemens. 2011. Classification and re-use. [PDF-dokumentti] Siemens PLM Software. [Viitattu 24.11.2016]. Saatavissa: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/Images/3826\\_tcm1023-79820.pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/3826_tcm1023-79820.pdf)

Siemens. 2012. TeamCenter. [PDF-dokumentti]. Siemens PLM Software. [Viitattu 22.11.2016]. Saatavissa: [http://www.pmc corp.com/Portals/5/Downloads/b80\\_Siemens-PLM-Teamcenter-Overview-br-X79\\_FromSales-Centre%20Customer%20Expires%20Aug8%202013\\_08-14-12.pdf](http://www.pmc corp.com/Portals/5/Downloads/b80_Siemens-PLM-Teamcenter-Overview-br-X79_FromSales-Centre%20Customer%20Expires%20Aug8%202013_08-14-12.pdf)

Siemens. 2015. NX Overview Brochure. [PDF-dokumentti]. Siemens PLM Software. Saatavissa: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/plm/cad.shtml#lightview%26url=/en\\_us/Images/4639\\_tcm1023-1423.pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/cad.shtml#lightview%26url=/en_us/Images/4639_tcm1023-1423.pdf)

Siemens. 2016. NX for Design: Advantages and Benefits. [WWW-sivu]. Siemens AG. [Viitattu 7.11.2016]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/nx/for-design/advantages-benefits.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/advantages-benefits.shtml)

SOLIDWORKS. 2013. SolidWorks World 2014 Partner Spotlight: Mastercam. [WWW-sivu]. SOLIDWORKS. [Viitattu 24.1.2017] Saatavissa: <http://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2013/12/solidworks-world-2014-partner-spotlight-mastercam.html>

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta PDM. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus.

Yares E. 2012. Why Solid Edge matters, part 1: A little history. [WWW-sivu]. 3DCADWorld. [Viitattu 30.1.2017]. Saatavissa: <http://www.3dcad-world.com/why-solid-edge-matters-part-1-a-little-history/>

## LIITTEET

Liite 1. Käyttöohje TeamCenter ja NX CAD -ohjelmalle

## 1. Teamcenter ja NX CAD käyttöohje

Tässä käyttöohjeessa opetellaan TeamCenter 10 ohjelman käyttöä, sekä NX-CAD ohjelmalla kappaleiden mallintamista, niiden kokoonpanoa ja MCD-ohjelmalla liikkeiden aikaansaamista kokoonpanolle. Lisäksi käydään NX FEM ohjelmistoa läpi, ja tutkitaan miten fyysiset voimat vaikuttavat kappaleeseen.

## 2. Mikä on TeamCenter?

Siemens Teamcenter on PLM Softwaren kehittämä ohjelmisto ja se on ensisijaisesti suunniteltu tukemaan tuotteiden suunnittelun sekä kehittämisen työtä. Teamcenter on käytetyin PLM-järjestelmä maailmassa. Se kerää yrityksen kaikki tiedot yhteen tiedonhallinta järjestelmään johon pääsee käsiksi mistäpäin maailmaa tahansa. Ohjelman ominaisuuksiin kuuluu mm. nimikkeiden, dokumenttien, yksilörakenteiden, työnkulun ja muutosten hallinta. TeamCenter on rakennettu Siemensin yhtenäiselle alustalle. Tämä mahdollistaa kaikkien ohjelmien saumattoman kommunikoinnin TeamCenterissä.

## 3. TeamCenterin ominaisuudet ja toiminnot

- Osien luokitus.
- Datan säilytys ja tiedostojen hallinta.
- Apuohjelmat ja tiedostojen siirto.

Teamcenter mahdollistaa globaalin työskentelyn. Teamcenterin käyttäjä voi olla missä vain ja kirjaututtuaan Teamcenteriin, tai jonkin NX:n tai muun ohjelmiston Teamcenter integraatioon, tallentuu kaikki tieto siellä olevien nimikkeiden alle. Nimikkeet säilyvät käyttäjällä tai hän voi luovuttaa ne muiden muokattavaksi. Pällekkäistä työtä ei voida tehdä yhtä aikaa, joka mahdollistaa useiden käyttäjien työskentelyn saman projektin parissa.

TeamCenterissä voidaan myös määritellä erilaisia käyttäjiä tai ryhmiä. Tämä mahdollistaa sen, että asiakkaalle voidaan antaa oikeus kirjautua yrityksen TeamCenteriin etäyhteyden avulla, mutta kyseisen ohjelman ylläpitäjä voi päättää mitä tietoja asiakas voi nähdä.

#### 4. TeamCenterin hyödyt

- Tarjoaa yhteisen ympäristön hallita suunnittelu dataa käyttämällä intuitiivista käyttöliittymää.
- Mahdollistaa suunnitteluprosessin seuranta ja järjestämistä kaikille osallistujille.
- Vähentää kuluja
- Tarjoaa sähköisen kappaleen hyväksynnän ja valtuutukset.
- Turvaa tiedon.
- Tukee ja mahdollistaa rinnakkaissuunnittelun.
- Mahdollistaa organisaation seurannan suunnitteluprosessille.

#### 5. TeamCenterin rakenne

Palvelin koostuu kolmesta pääkomponentista

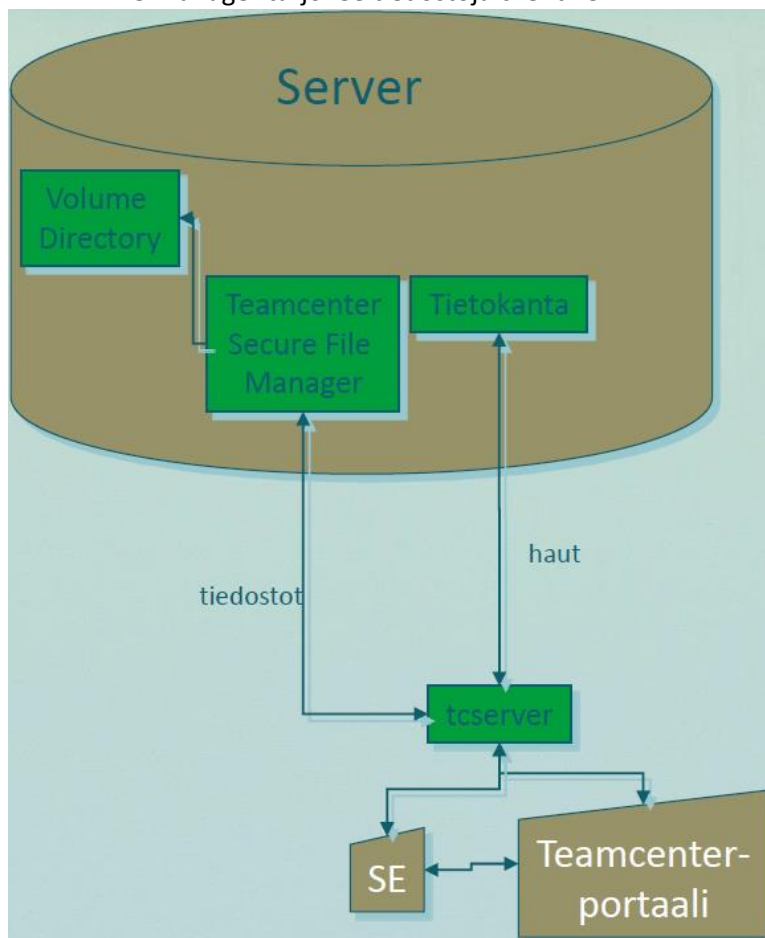
- Tietokannasta

Pitää sisällään attribuutit ja tekstimuotoisen datan

- Volyymeista

Sisältää kaikki tiedostot

- TeamCenter Secure File Managerista
- File Manager tarjoilee tiedostoja clientille



## 6. Nimikkeet

Nimike on TeamCenterin keskeisin objekti. Nimike voi olla joko yksittäinen komponentti (esim. mutteri), tai se voi olla toisista nimikkeistä koostuva rakenne tai moduuli.

- Nimikkeellä on uniikki numero eli Item ID
- Nimike on varasto joka pitää sisällään kaikki revisiot
- Nimikkeellä on nimi, joka voi olla lyhyt kuvaus osasta
- Nimikkeellä on myös muita attribuutteja, kuten omistaja ja luomisajankohta

## 7. Nimikkeen revisio

- Revisiolla on sama numero kuin nimikkeellä, mutta sillä on myös tunnuksset, kuten A ja B, tai 01 ja 02
- Revisiolla on yleensä sama nimi kuin nimikkeellä
- Revisio on samanlainen varasto kuin nimike
- Revisio pitää sisällään kaiken revisiokohtaisen tiedon

- Cad-mallit, piirrustukset

- Esikatselutiedosto

- PDF:t, Word, Powerpoint, yms dokumentit.

## 8. Miten TeamCenter auttaa työnteossa?

Teamcenter helpottaa suunnittelutiimien yhteistyötä. Esimerkiksi 3D mallinnuksessa isojen kokonaisuuksien eri kappaleita voidaan suunnitella samaan aikaan ja voidaan tarkastella kokoonpanossa välittömästi kappaleen aiheuttamia muutoksia. Suunnittelutiimien eri työntekijät voivat mahdollisesti olla jopa eripuolilla maapalloa Teamcenterin palvelinrakenteen ansiosta.

Teamcenterillä on mahdollista tutkia kaikkien komponenttien materiaalikustannuksia jo suunnitteluvaiheessa, ja näin vaikuttaa lopullisen tuotteen hintaan ja laatuun.

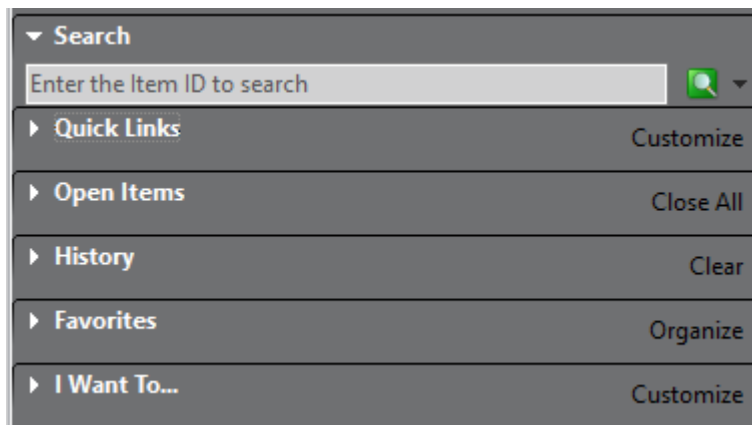


Hakulaatikko tarjoaa pikahaun Datasettien, Item ID, Itemin nimen ja avainsanan haulle.



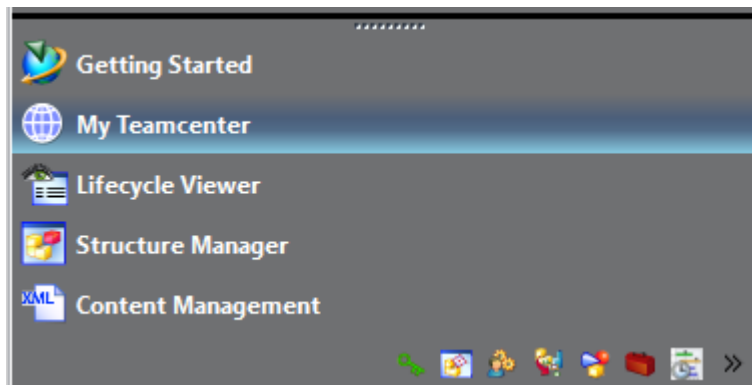
## 11. Navigaatiopaneeli

Navigaatio paneeli tarjoaa nopean pääsyn dataan, jota käytät eniten.



## 12. Pääohjelmat

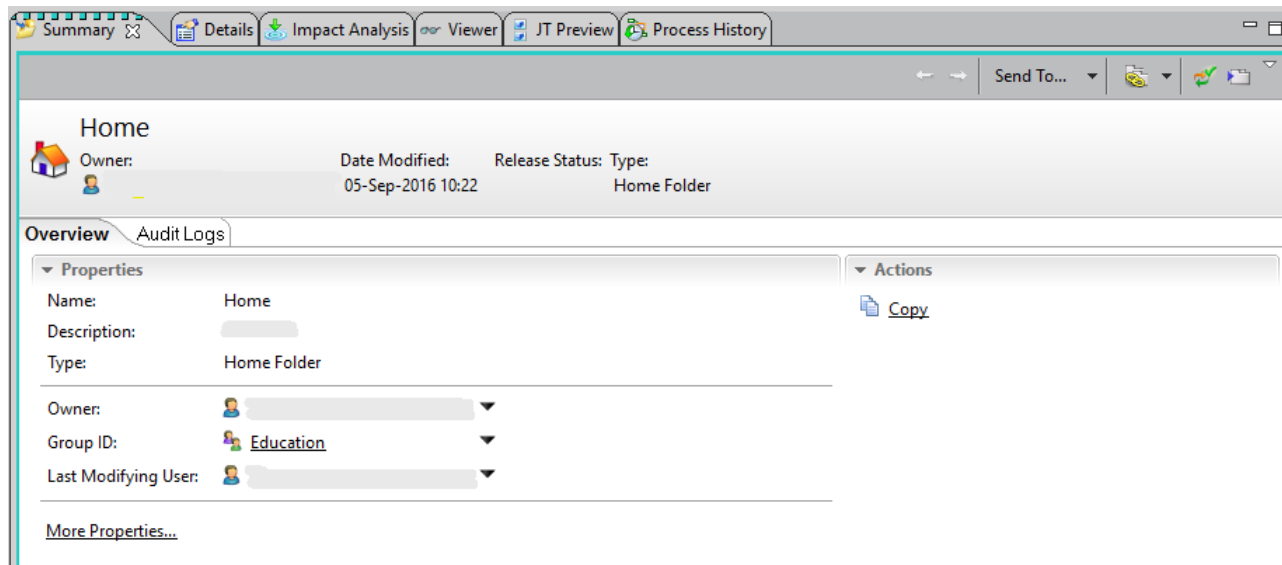
Pääohjelma painikkeet tarjoavat eniten käytettyjä sovelluksia.



## 13. TeamCenter työskentelytila

My TeamCenter workspace sisältää 6 eri välilehteä. Ne ovat Summary, Details, Viewer, Impact Analysis, Process History ja JT Preview.

## 14. Summary välilehti:



Summary eli yhteenveto välilehti sisältää runsaasti tietoa joka on helppo katsoa yhdellä silmäyksellä. Yhteenveto välilehti sisältää myös monta ala-välilehteä. Välilehtien määrä riippuu valitusta osasta, sen mukaan paljon tietoa osasta on näytettävissä.

## 15. Details välilehti

Object	Type	Relation	Owner	Group ID	Last Modified ...	Ch...	Release Status
072660	Se AMK_ Item Master	Item Masters	(user icon)	Education	28-Jan-2015 09:32		
072660/A-OsaC	SeAMK Item Revision	Revisions	(user icon)	Education	28-Jan-2015 09:32		

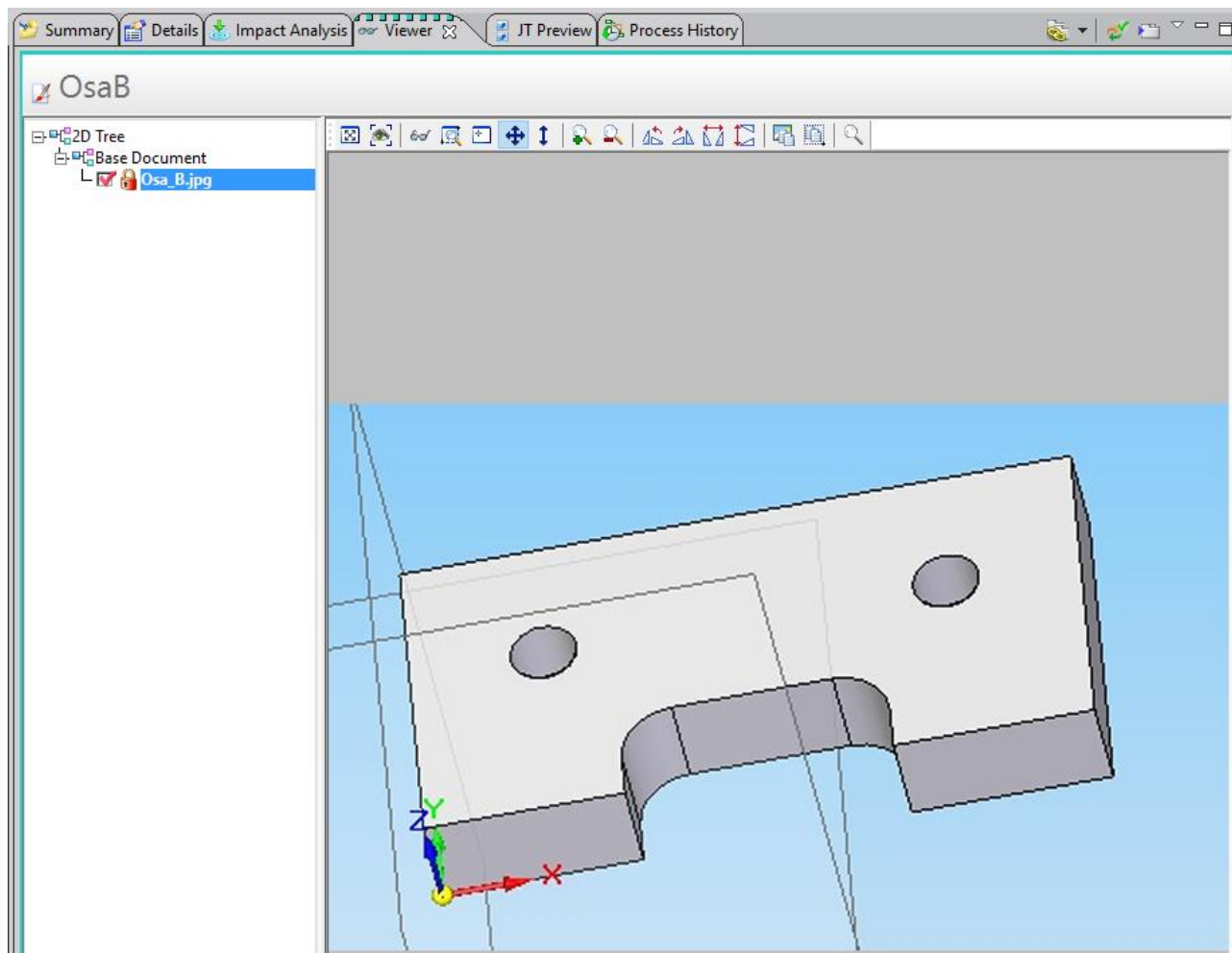
Details eli yksityiskohdat välilehdellä näkyy kaikki objectit, jotka ovat valitun objectin sisällä.

## 16. Impact Analysis välilehti

Tältä välilehdeltä näet objektin revisiot ja variantit jotka ovat liitoksissa valittuun objektiin.



## 17. Viewer välilehti



Viewer välilehdestä pystyt esikatsella objektia.

## 18. Process History välilehti

Tältä välilehdeltä voit tarkastella objektin valmistusprosessin historiaa.

## 19. Mikä on Siemens NX?

Siemens NX on 3D-suunnitteluohjelmisto. Se sisältää hyvin laajan valikoiman toiminnallisia työkalumoduuleita, joita voidaan ottaa käyttöön tarpeen mukaan. Integroituun kokonaisuuteen voidaan liittää osioita tuotekehitys-, suunnittelu- tai valmistusprosessin tarpeisiin. Yksi erillinen lisäosa on Teamcenter tiedonhallinta.

Esimerkiksi verrattaessa NX ohjelmistoa Siemens Solidedge ohjelmistoon, on NX huomattavasti laajempi ohjelmistokokonaisuus, useampine mahdollisine moduuleineen ja lisäosineen.

NX:n Home välilehdestä löytyy ohjelmiston perus toiminnot.

Työkalupalkissa yksi tärkeistä työkaluista on **View Group**. Näiden työkalujen avulla saat nopeasti käännettyä kappaleen suoraan haluamaasi kuvakulmaan.

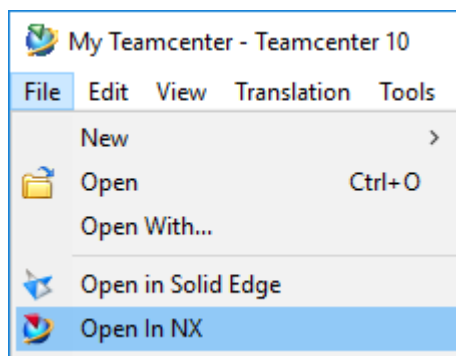


## 20. TeamCenter integraatio

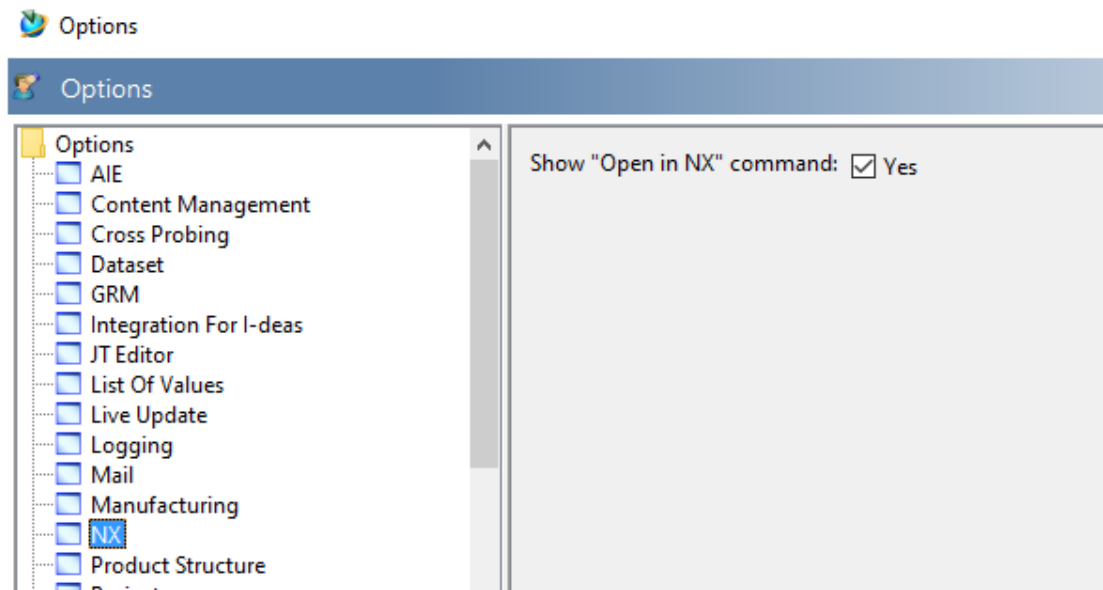
Teamcenterin integraatio on liitännä NX:n ja Teamcenterin välillä. Se mahdollistaa piirrettyjen osien paikantamisen tietokannasta samalla kun käyttää NX:ää. Tämän johdosta NX:n käyttäjien ei tarvitse käynnistää erikseen TeamCenteriä. Normaalisti natiivissa NX:n käytössä, tiedostot tallennetaan paikalliseen tallennustilaan. TeamCenter integraation ollessa käytössä, tiedostot tallennetaan TeamCenterin palvelimelle.

Teamcenterissä voit aukaista NX CAD-ohjelmiston Teamcenter yhteensopivuus tilassa. Tällöin kaikki tallennetut tiedostot tallentuvat Teamcenter tietokantaan, eikä paikalliselle tallennustilalle.

Käynnistä yhteensopivuustila **File -> Open In NX**

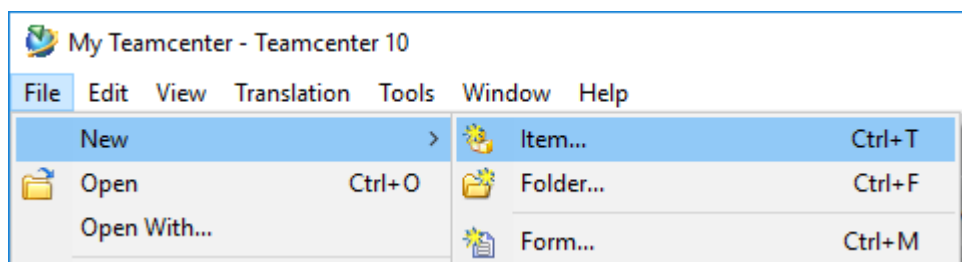


Huom. jos kyseistä painiketta ei löydy **File** valikosta, täytyy se käydä vaihtamassa näkyväksi **Edit** -> **Options** valikosta.

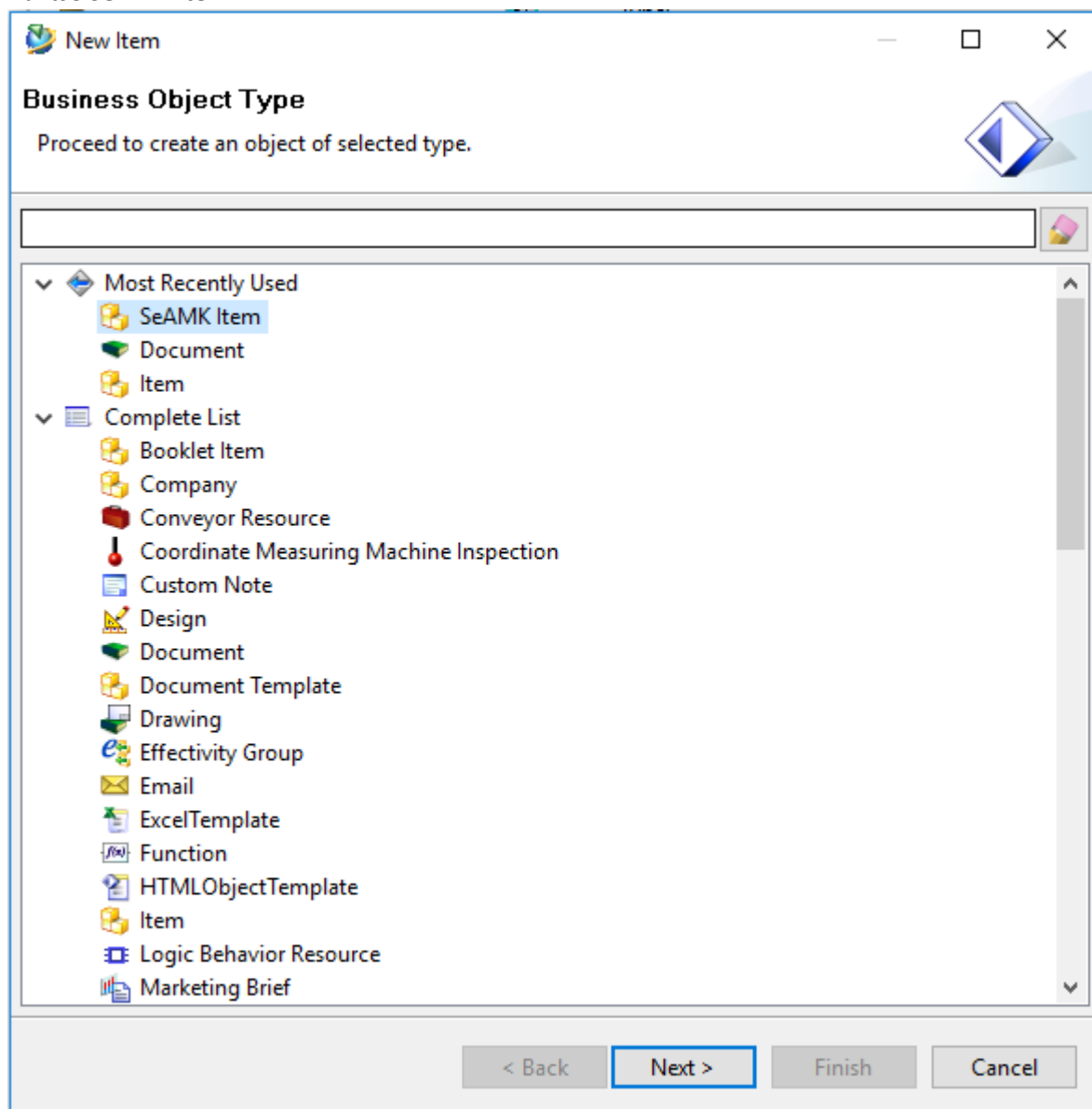


## Uuden Itemin luominen

Luodaan uusi item **File** -> **New** -> **Item**



Valitse **SeAMK Item**.



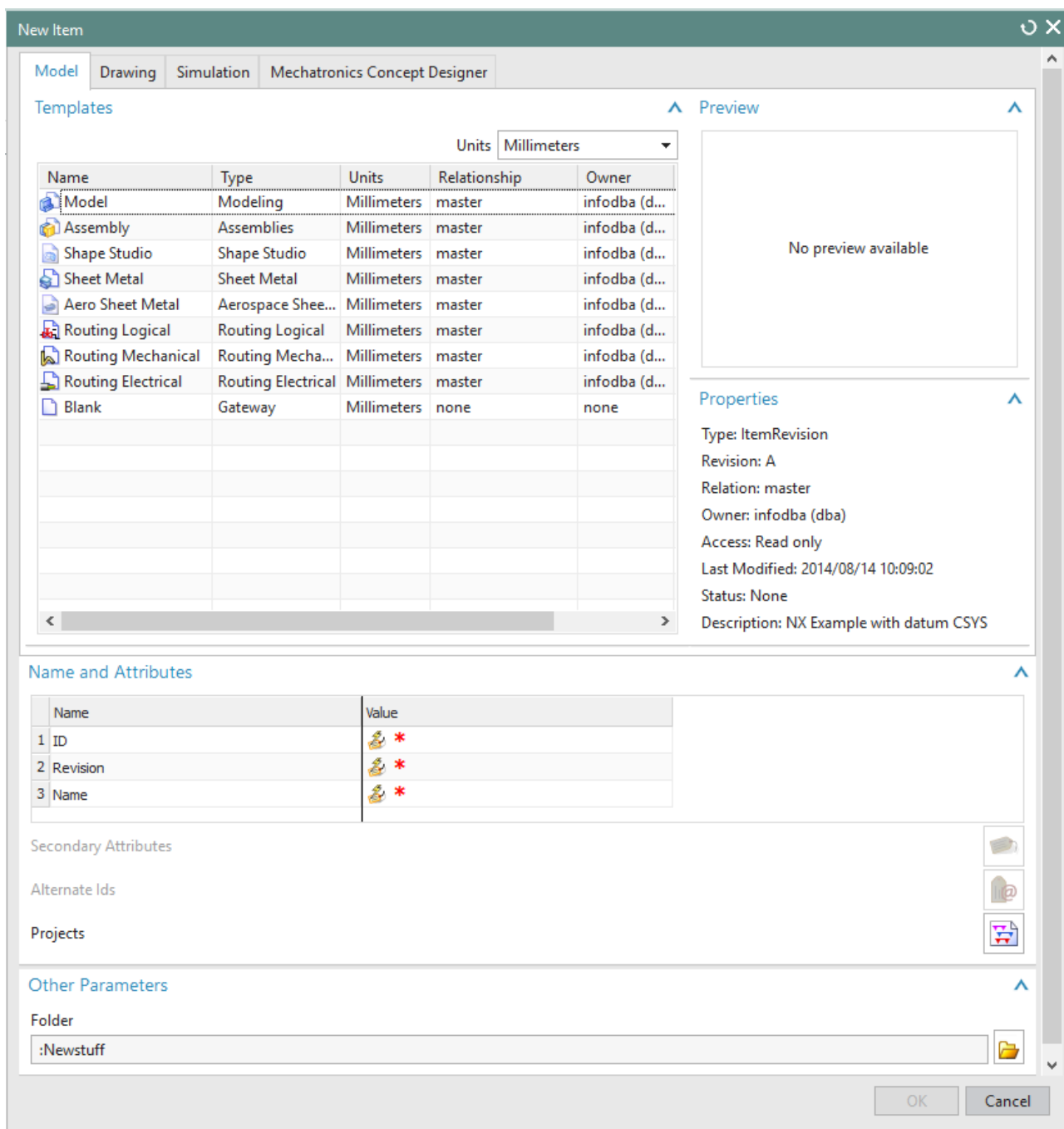
**Object Create Information** sivulla määritellään perus tietoja kappaleelle. **Description** laatikkoon voit antaa kappaleelle kuvauksen.

**ID:** laatikossa määritellään kappaleelle Item ID, joka on uniikki jokaisella eri kappaleella/nimikkeellä. **Assign** painikkeella järjestelmä määrittelee kappaleelle autotaattisesti seuraavan vapaana olevan ID:n.

**Name:** laatikossa määritellään kappaleen nimi.

**Unit of Measure:** alasetolaatikossa voidaan määritellä kappaleen mittaussyksikkö.

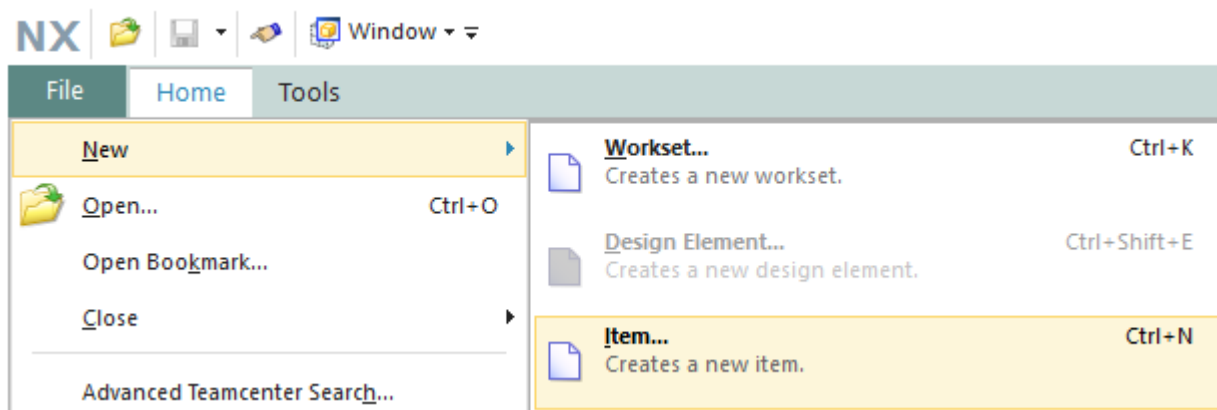
**Finish** painikkeella luodaan nimike. Tämän jälkeen laatikot tyhjenevät ja voit luoda samantien uuden nimikkeen. **Cancel** painikkeella lopetetaan uusien nimikkeiden luominen.



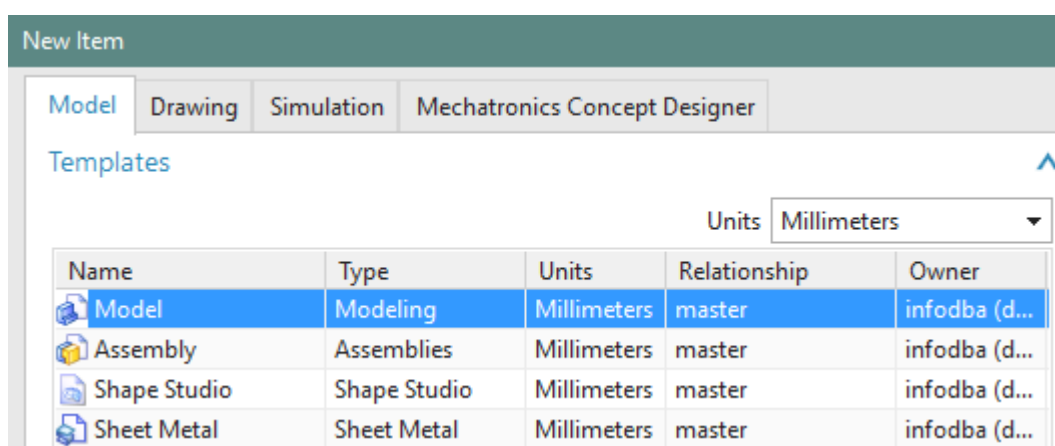
Tupla klikkaa **Name and Attributes** kohdassa **Value** sarakkeen punaista tähteä. Järjestelmä luo uudelle Itemille **ID**, **Revision**, ja **Name** attribuutit automaattisesti.



Aloita luomalla uusi **Item**. Uuden itemin voit luoda **File -> New -> Item...**



Valitse **Model**.



Tuplaklikkaa **Value** sarakkeen alapuolella olevaa punaista \* merkkiä. Järjestelmä luo tällöin automaattisesti **ID:n Revision** ja **Name:n**. **Name** kohtaan kirjoita kappaleen nimi: **Runko**

#### Name and Attributes

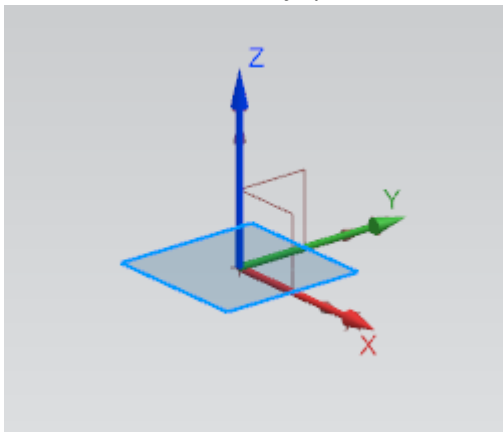
Name	Value
1 ID	075822
2 Revision	A
3 Name	Runko

**Other Parameters** kohdassa voit valita tiedostolle kansion.

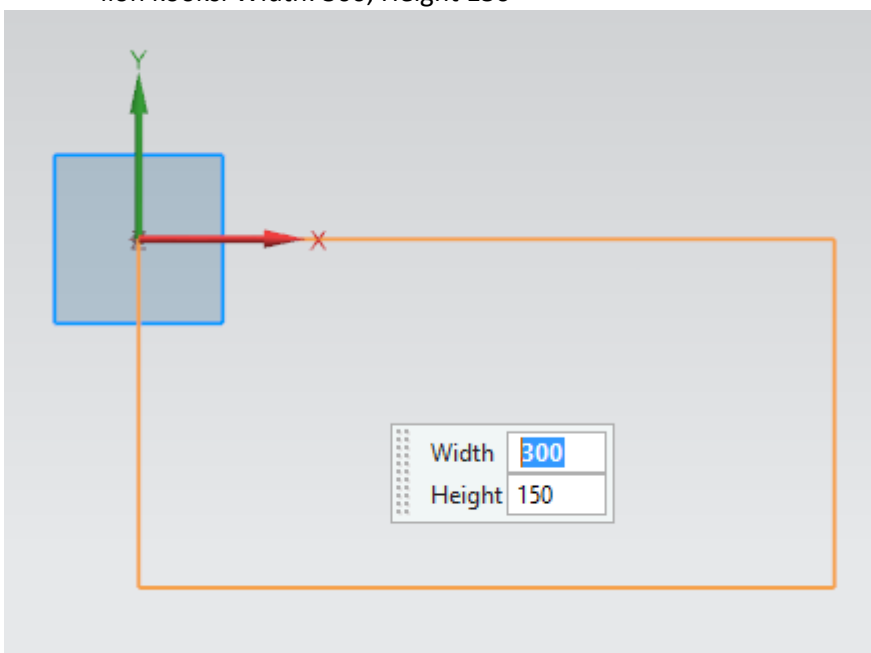
Paina **OK**.

## 21. Runko

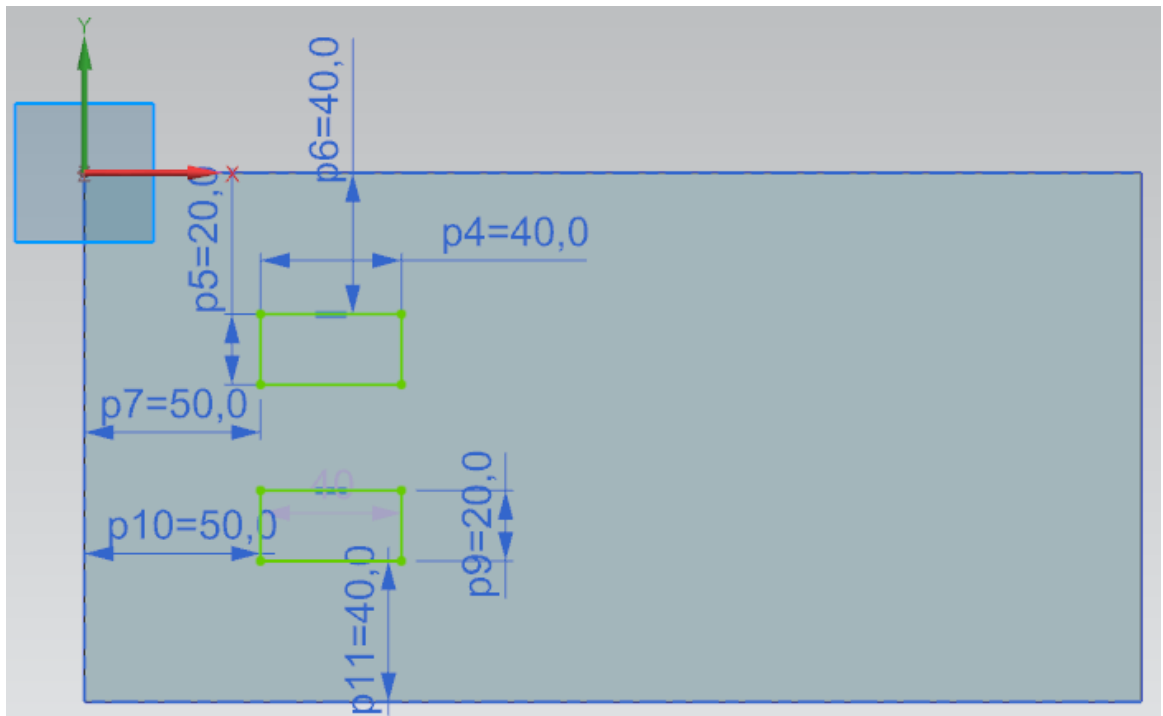
1. Valitse **Menu -> Insert -> Sketch**
2. Valitse **XY**-taso ja ponnahtaneesta valikosta **Ok**.



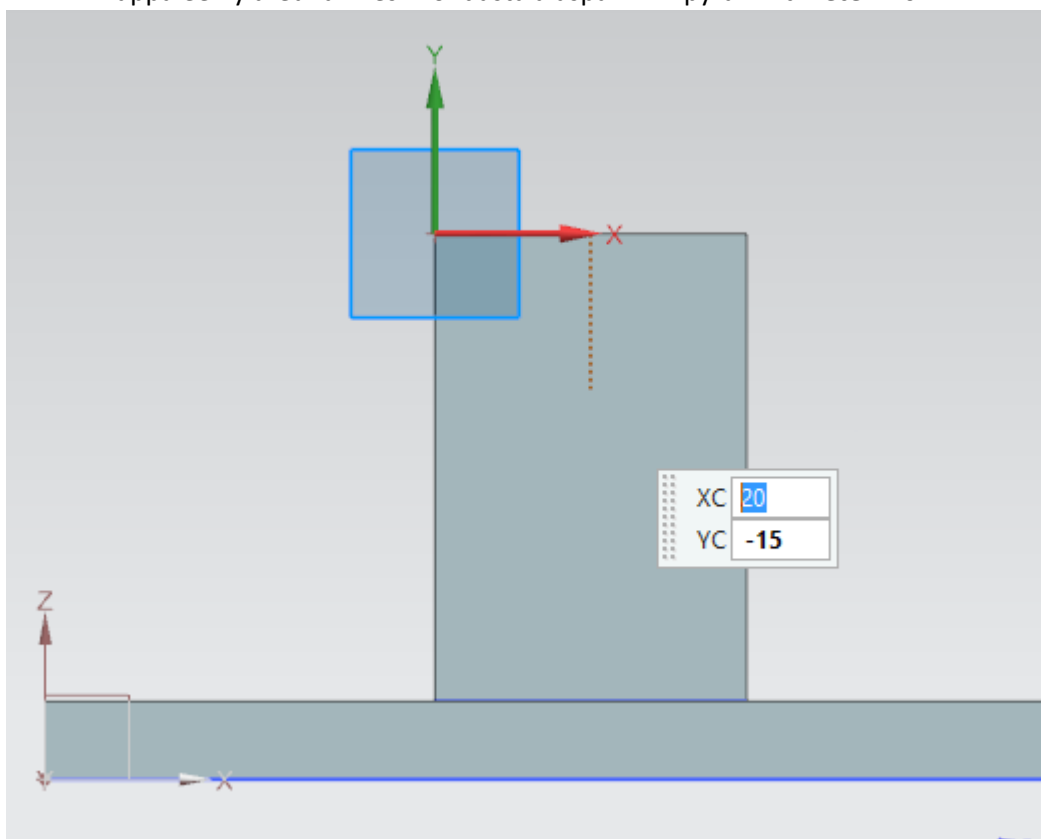
3. **Menu -> Inset -> Curve -> Rectangle**, valitse origo aloituspaikaksi ja paina **Ok**. Syötä neljän kooksi Width: 300, Height 150



4. Valitse home valikosta ruutulipun kuva: **Finish sketch**.
5. Home valikosta **Extrude** ja valitse äsken tehty kuvio. **Direction**: Z-akselin suuntaisesti, **Distance**: 10 (Pystyt pyöritellä kappaletta hiiren rullaa painamalla.)
6. **Menu -> Insert -> Sketch**, valitse kappaleen pinta. Paina **Ok**.
7. Piirrä alla olevassa kuvassa näkyvä kuvio. Käytä **Home** välilehdessä olevaa **Rapid Dimension** työkalua kuvioiden mitoittamiseen.



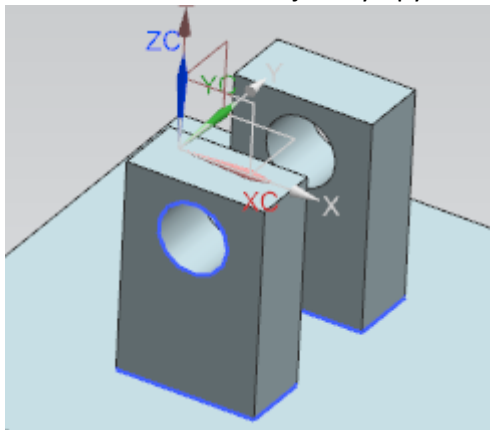
8. **Finish Sketch**
9. **Home -> Extrude**, valitse äsken piirretyt neliöt. **Distance: 60 Boolean** valikosta: **Inferred, Ok**
10. **Menu -> Insert -> Sketch**, valitse äsken tehtyjen kappaleiden sivu
11. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Circle**, kohdista ympyrä kuvan osoittamaan paikkaan kappaleen yläreunan keskikohdasta alaspäin. Ympyrän **Diameter: 20**



12. **Finish Sketch**



13. **Home -> Extrude -> Select Curve** kohtaan valitse äsken piirretty ympyrä. **Specify Vector** valitse vektorin suunnaksi menemään kappaleen läpi **Reverse Direction** painikkeesta. **Limits** kohdassa **End** pudotusvalikosta valitse **Through All**. **Distance: 60**. Booleankohdassa valitse **Subtract**. **Select Body** kohtaan valitse korpake jossa ympyrä on. Kumpaankin kor-

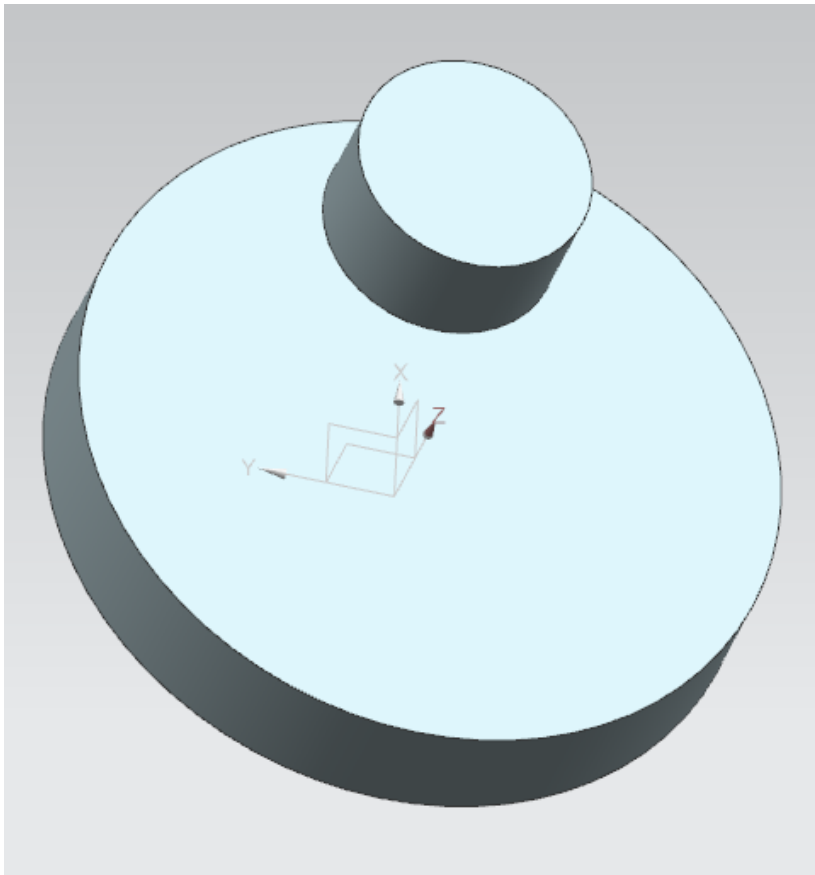


vakkeeseen pitäisi tulla reikä.

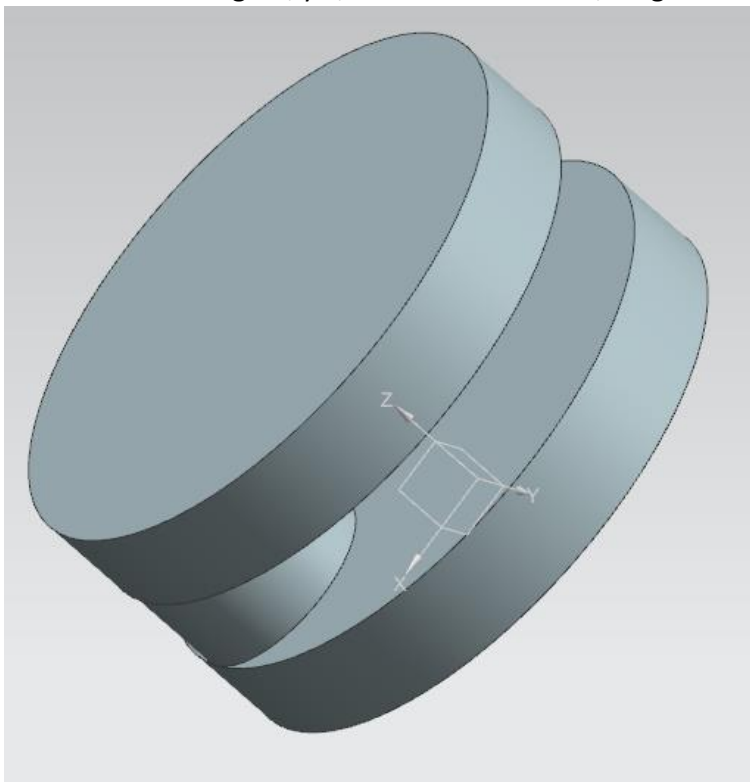
22.

### 23. Kampiakseli

14. Aloita uusi kappale. **File -> New -> Item**
15. Generoi kappaleelle Item ID ja nimeä kappale nimellä: kampiakseli
16. **Menu -> Insert -> Design Feature -> cylinder -> Specify Vector:** valitse z-akseli, kohtaan **Point dialog:** 0,0,0 -> **Diameter 60, height 10 ->** Saadaan ensimmäinen kampiakselin "runko".
17. **Menu -> Insert -> Design Feature -> cylinder -> Specify Vector:** valitse z-akseli -> **Point dialog** x:20, y:0, z:10 -> **Diameter: 20, Height 10 -> Ok.**

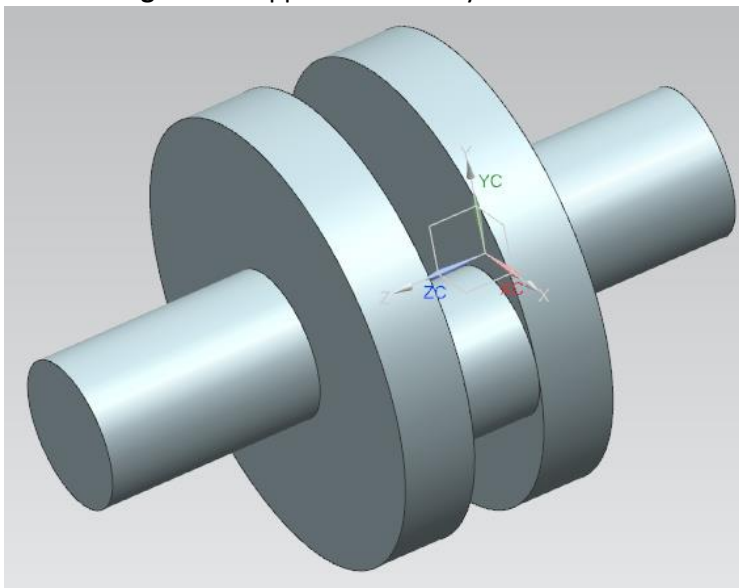


18. Menu -> Insert Design Feature -> Cylinder -> Specify Vector kohtaan: valitse z-akseli -> Point dialog  $x:0, y:0, z:20$  -> Diameter: 60, Height: 10 -> Ok. Kappaleen tulisi näyttää tältä:



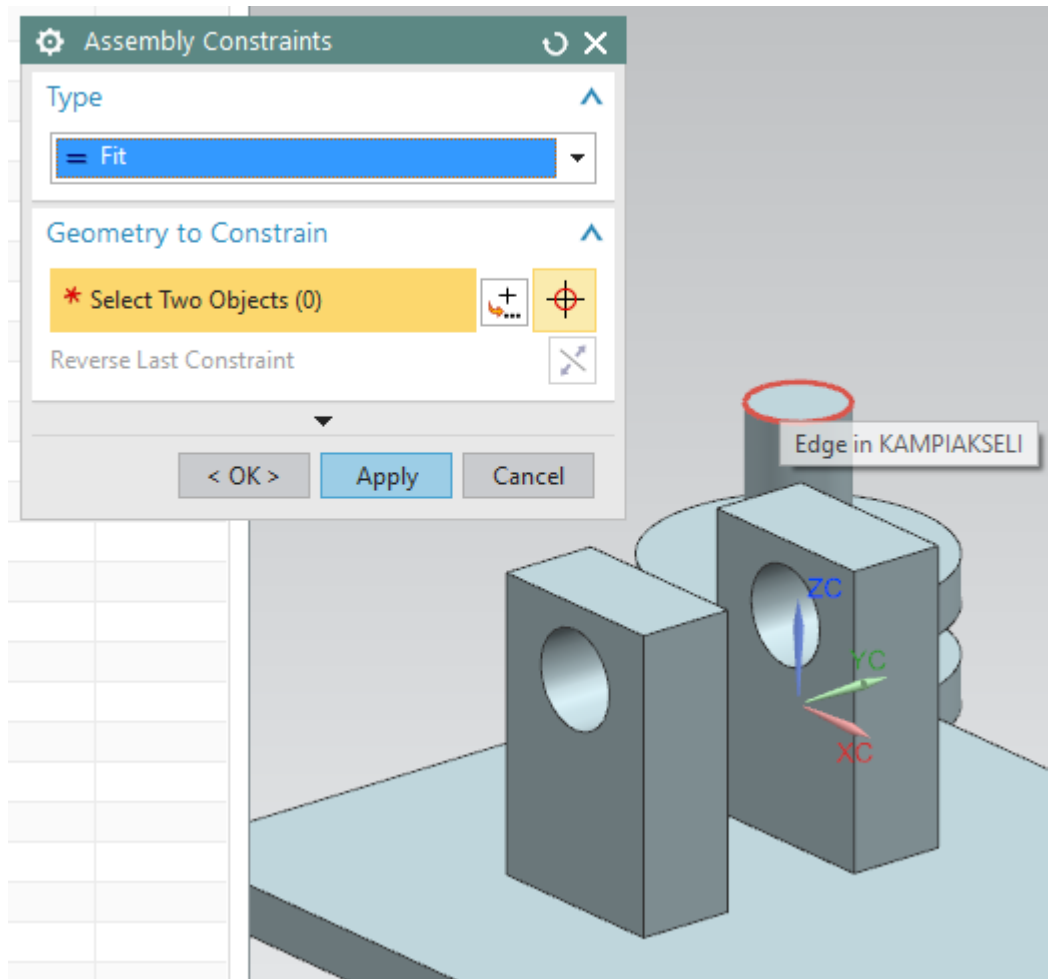
19. Menu -> Insert -> Design Feature -> Cylinder -> Specify Vector: z-akseli -> Point dialog:  $x:0, y:0, z:30$  -> Diameter 20, Height: 30 -> Ok.

20. **Menu** → **Insert** → **Design Feature** → **Cylinder** → **Specify Vector**: z-akseli ja käännä **Reverse Direction** painikkeella akselin suunta alaspäin. **Point dialog** 0,0,0 → **Diameter**: 20, **Height**: 30. Kappaleen tulisi näyttää tältä:

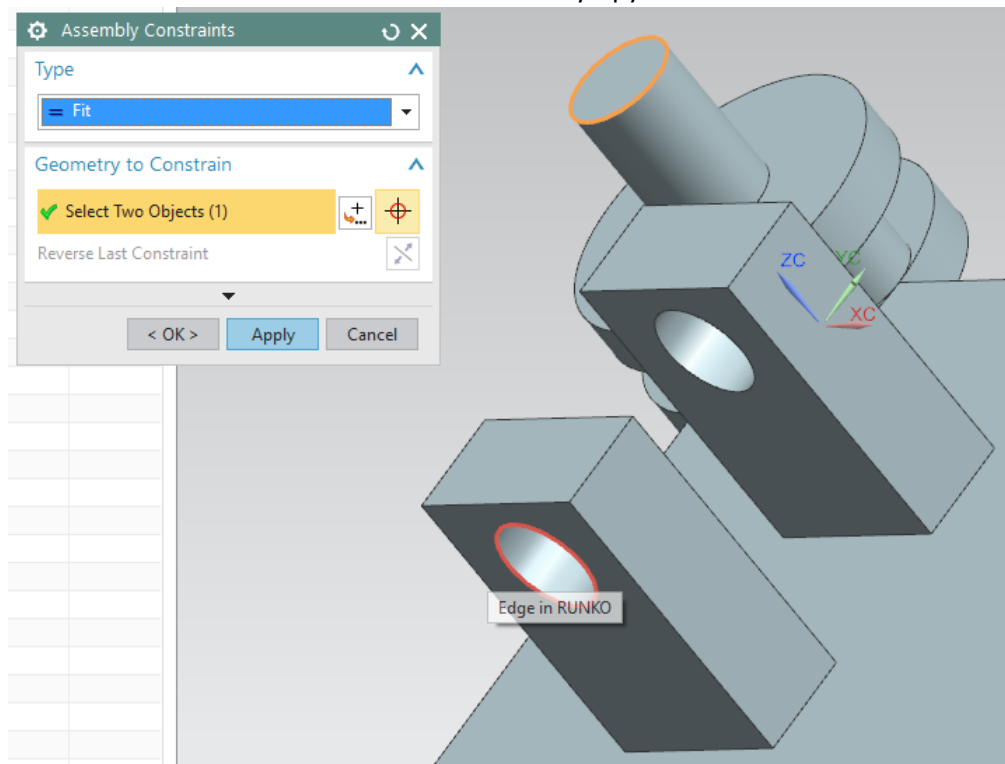


## 24. Kokoonpano

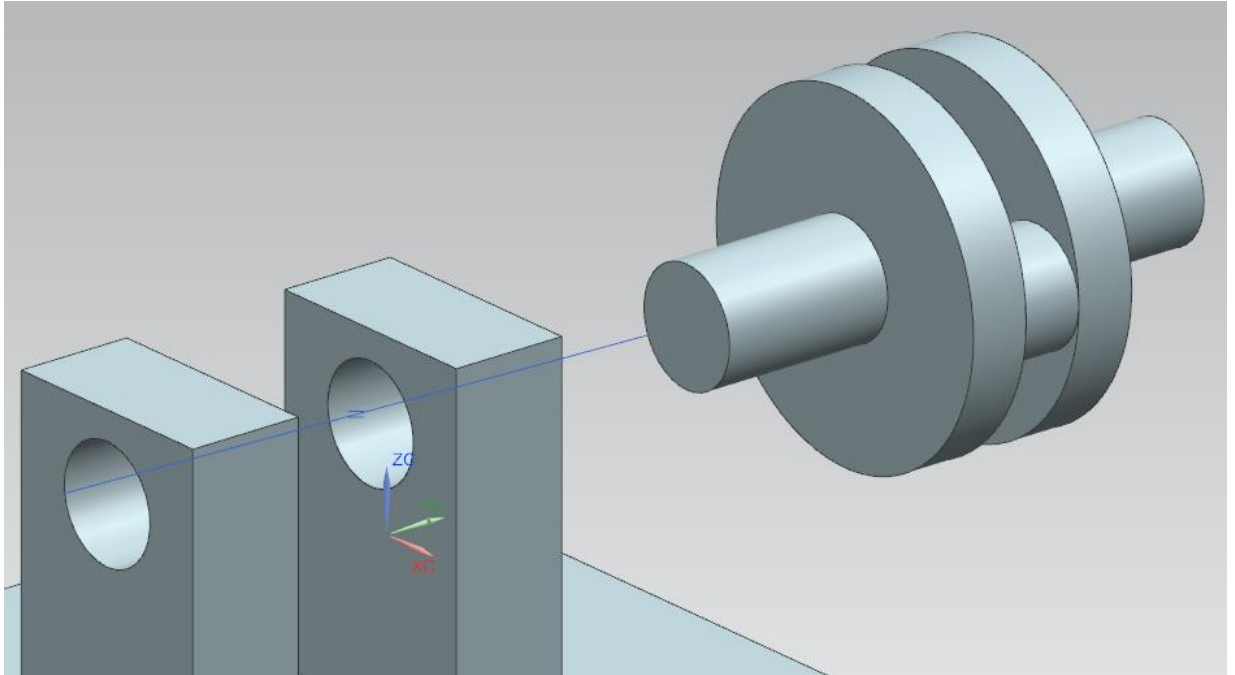
21. **File** → **New** → **Item**
22. Valitse **Assembly**. Luo **ID:t** ja anna nimeksi **Kokoonpano**.
23. **Add Component** valikko aukeaa ja **Open** kohdassa kansion kuvaa painamalla saat valittua tehdyt komponentit. Komponentit valittua paina **Ok**. Toisesta valikko tulee, paina **Ok**.
24. **Assembly Constraints** valikosta valitse **Fit** komennolla kampiakselin toisen pään ulkoympyrä. Component previewistäki voit valita kappaleen kohtia. Tämä helpottaa siinä tilanteessa, jos kappaleet ovat tulleet pahasti päällekkäin, ja jonkin kohdan painaminen on vaikeaa tai mahdotonta.



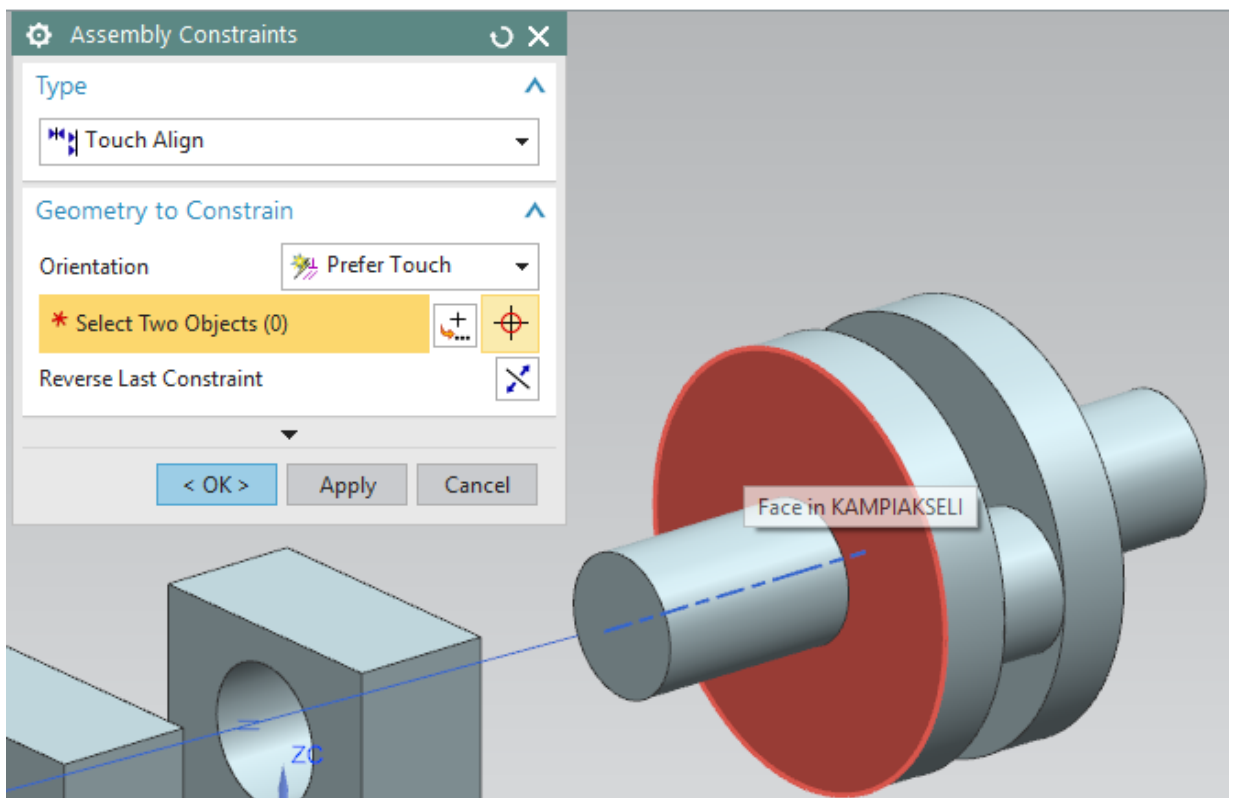
25. Valitse toisen korvakkeen reiän reunan ympyrä.



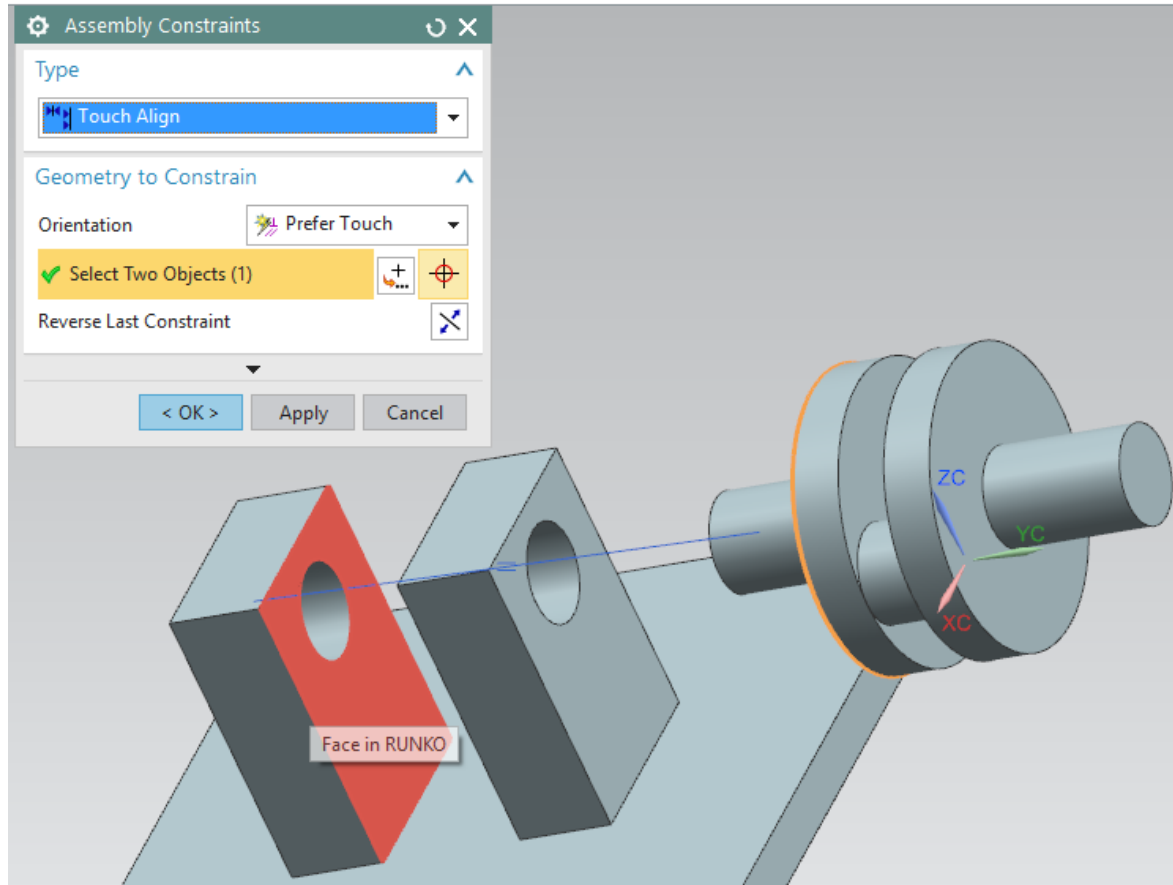
26. Kampiakseli siirtyy akseliltaan reiän suuntaisesti ja kokoonpanon tulisi näyttää tältä.



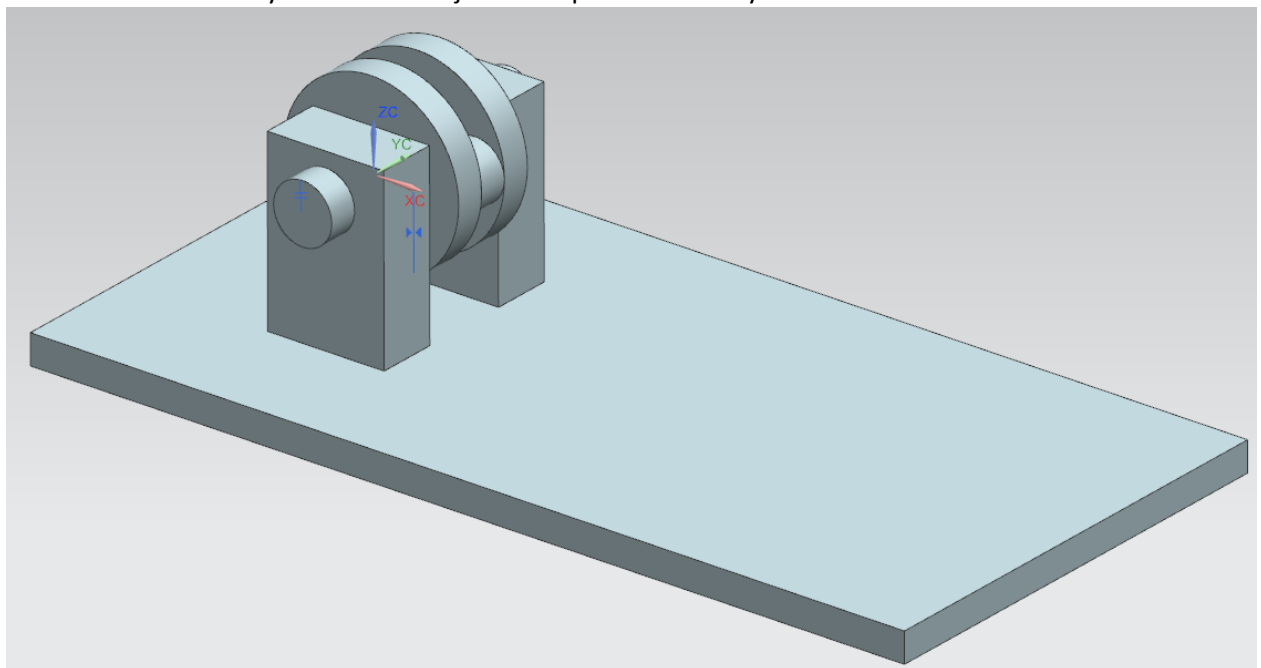
27. Valitse **Assembly Constraints** valikosta työkaluksi **Touch Align** ja valitse kampiakselin leveä reuna.



28. Valitse toisen korvakkeen sisempi seinä.

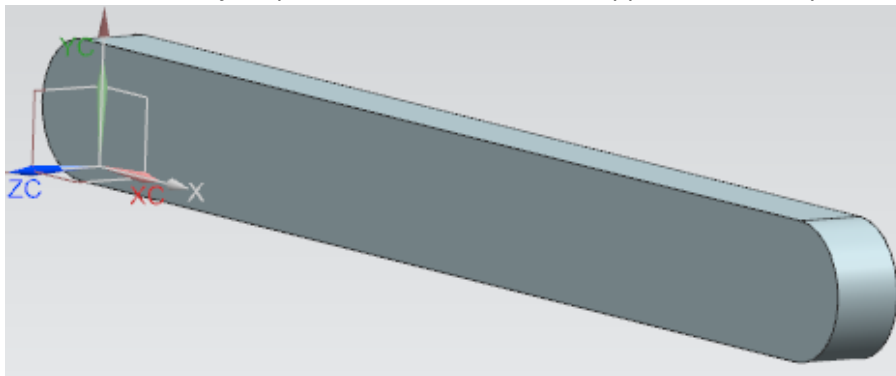


29. Seinämät siirtyvät vastakkain ja kokoonpanon tulisi näyttää tältä.

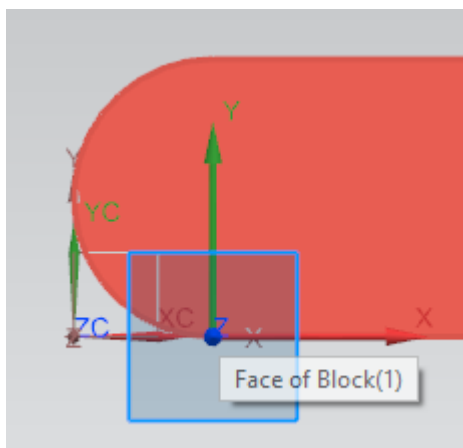


## 25. Tanko

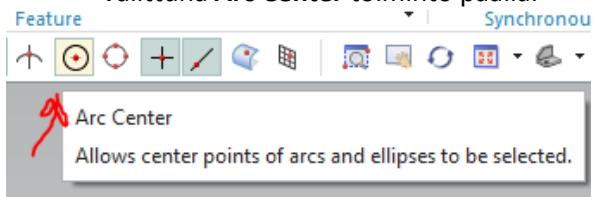
1. **Menu -> Insert -> Design Feature -> Block. Specify Point:** Valitse origo. **Dimension -> Length: 200, Width: 30, Height: 10. Ok.**
2. **Menu -> Insert -> Detail Feature -> Edge Blend...**
3. Valitaan kaikki neljä kapeaa kulmaa. **Radius: 15.** Kappaleen tulisi näyttää tältä:



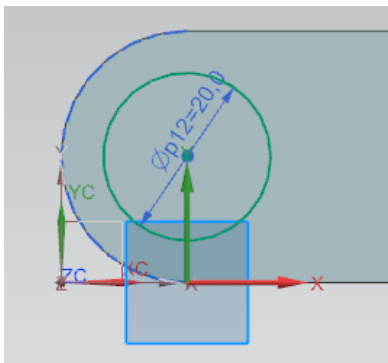
4. **Menu -> Insert -> Sketch ->** valitaan kappaleen päädyn pinta.



5. **Menu -> Insert -> Sketch curve -> Circle.** Asetetaan ympyrä puolipallon keskelle. NX:n tulisi piirtää automaattisesti apupiste puolipallon keskelle, kunhan apupiirto laatikosta on valittuna **Arc Center** toiminto päällä.



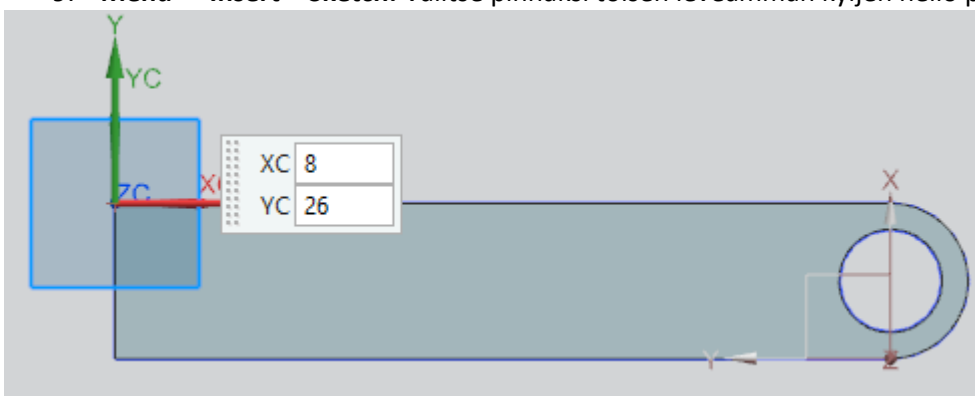
6. Ympyrän **Radius: 20**



7. Tehdään samanlainen ympyrä myös toiseen pätyyn.
8. **Finish Sketch.**
9. **Menu -> Insert -> Design Feature -> Extrude.** Valitse piirretyt ympyrät. **Specify Vector** kohtaan valitse vektorin suunta **Reverse Direction** painikkeella, niin että se menee kappaleen läpi. **Limits End Distance: 10. Boolean: Subtract. Ok.**

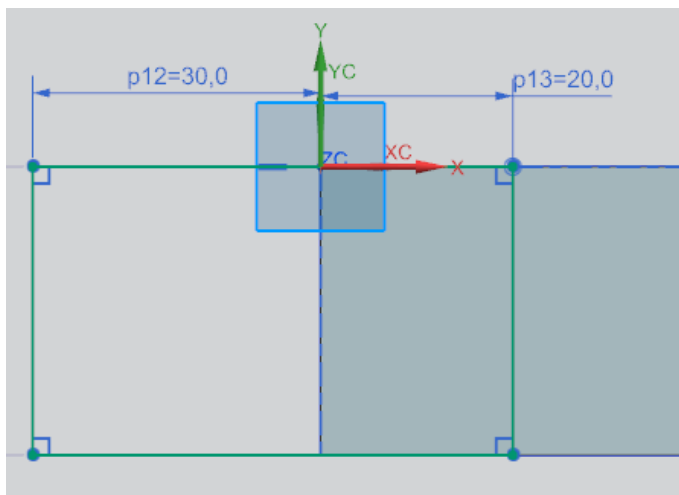
## 26. Kanki2

1. **File -> New -> Item.** Luo uusi **Model** ja luo attribuuttitiedot samalla lailla kuin aikaisemmin. Nimeä kappale **Kanki2**
2. **Menu -> Insert -> Sketch.** Valitse **XY**-taso.
3. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Rectangle.** Valitse origo aloituspaikaksi. **Width: 30, Height: 150**
4. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Arc.** Valitse toinen kapeammista päistä ja tee kulmapisteistä puolipallo, kuten edellisessä kappaleessa.
5. Käytä **Quick Trim** (näppäin **T**) toimintoa poistaaksesi viivan joka jäi ympyrän sisälle.
6. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Circle.** Ympyrän kohdaksi puolipallon keskikohta. **Diameter: 20**
7. **Finish Sketch.**
8. **Extrude ->** valitse kuvio, **Distance: 10. Boolean: Inferred. Ok.**
9. **Menu -> Insert - Sketch.** Valitse pinnaksi toisen leveämmän kyljen neliö pääty.

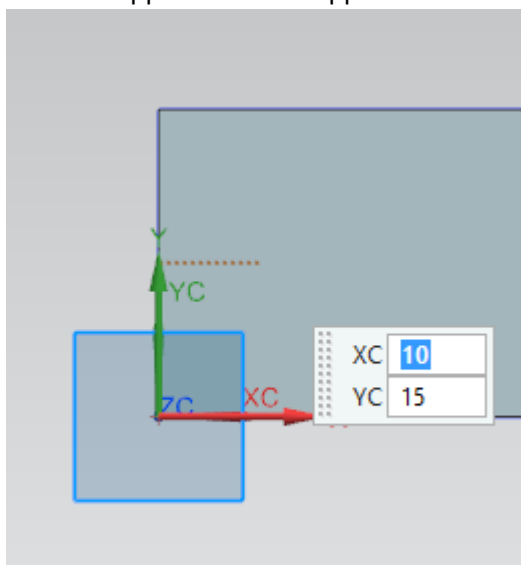


10. Piirrä neliö kuten kuvassa ja mitoita se **Rapid Dimension** työkalulla vastaavaksi:

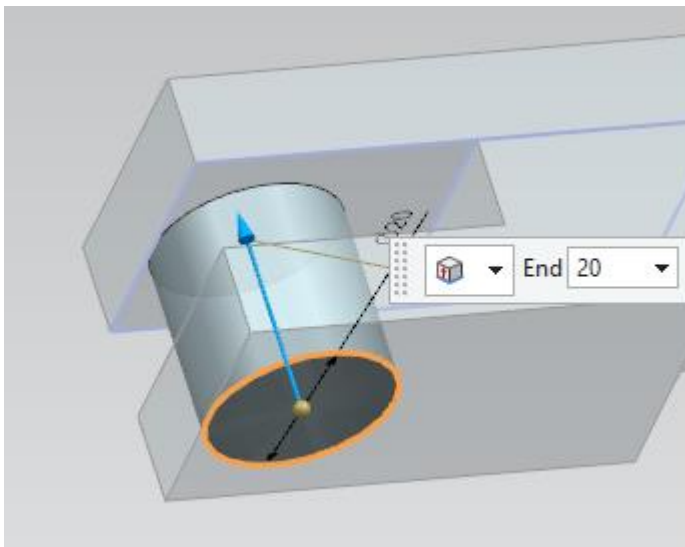




11. **Finish Sketch.**
12. **Extrude -> Distance: 10. Boolean: Inferred. Ok.**
13. Pyöräytä kappale toisinpäin ja tee samallinen toiselle puolelle.
14. **New Sketch -> Valitse pinta -> Ok.**
15. Piirrä neliö. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Rectangle.** Saat käytettyä äsken piirtämän sketchin rajoja hyväksi, lukitsemalla neliön kulmat niihin.
16. **Finish Sketch.**
17. **Extrude -> Distance: 10. Boolean: Inferred.**
18. **New Sketch -> Valitse toinen äsken piirretyistä pinoista.**
19. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Circle.** Kohdistusta ympyrä neliön keskikohdasta lähtien kappaleen keskelleppäin automaattista apuviivaa käyttäen 10 verran.



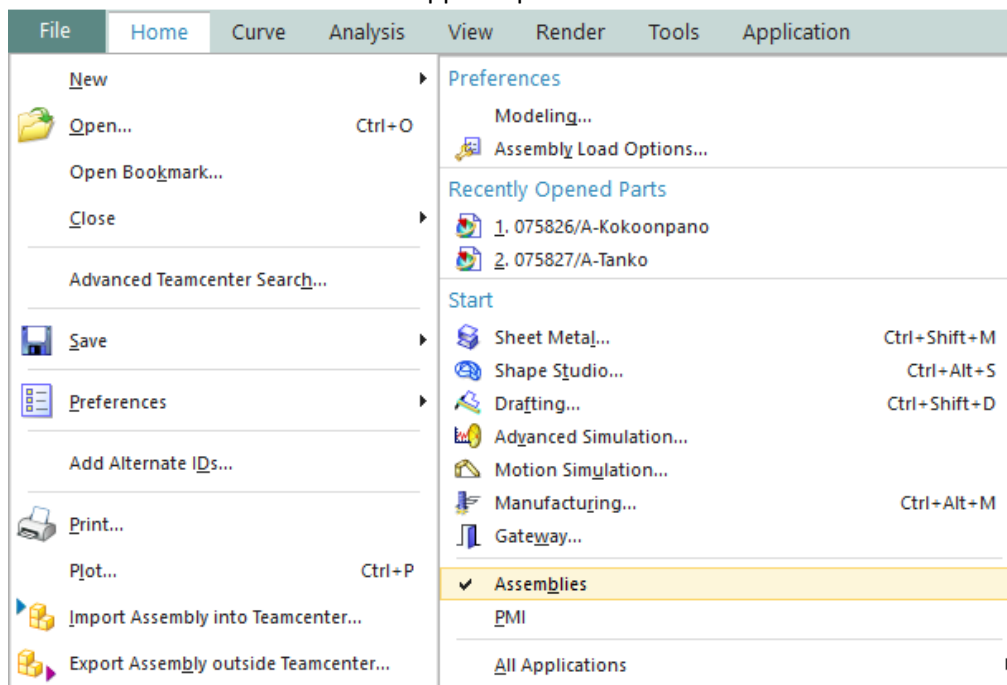
20. Anna ympyrän **Diameteriksi: 20.**
21. **Extrude -> valitse ympyrä. Specify Vector: valitse niin että menee kappaleen "sisällepäin". Distance: 20. Boolean: None. Ok.**



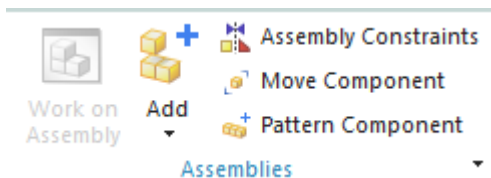
## 27. Kokoonpanon päivitys

Avataan kokoonpano uudestaan ja päivitetään uudet osat siihen.

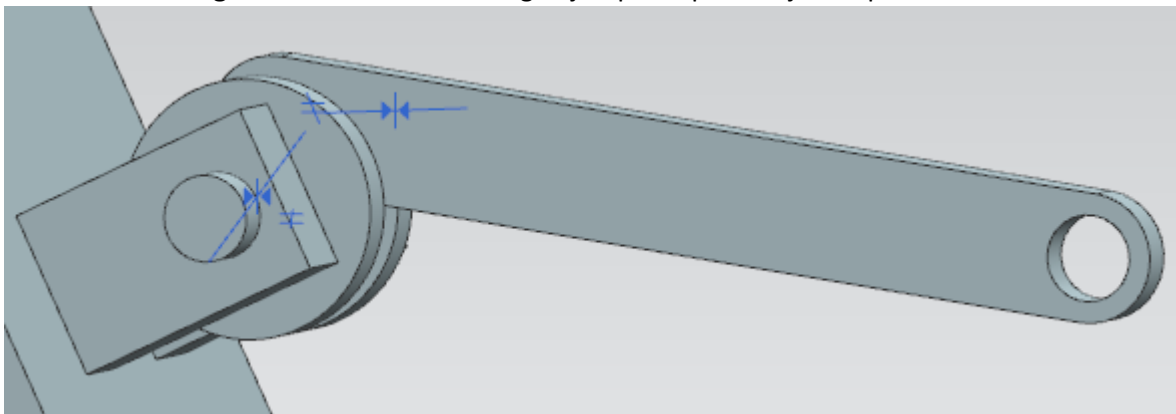
1. **File -> Open -> Kokoonpano**
2. Tarkista että **Assemblies** täppä on päällä.



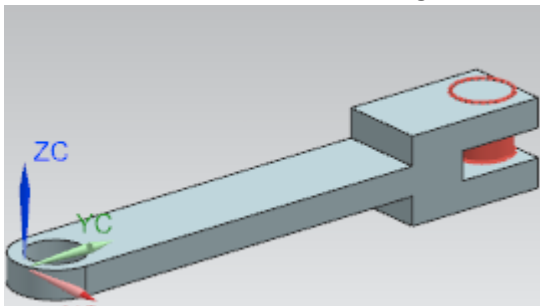
Assemblies laatikon tulisi näkyä nyt työkalurivillä:



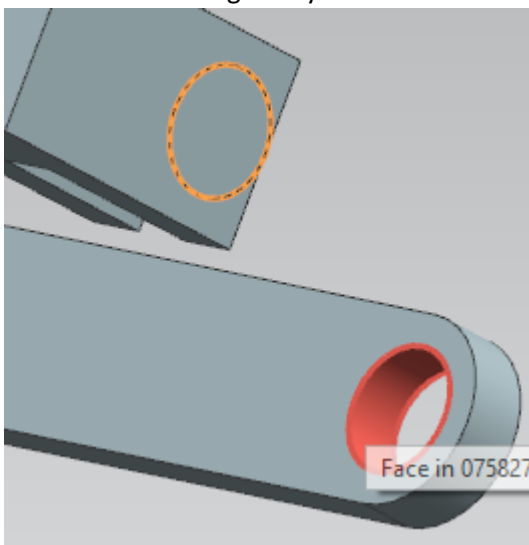
3. **Add** painikkeella saat lisättyä kokoonpanoon lisää komponentteja.
4. Lisää tanko. **Ok**.
5. **Fit** komennolla valitse tangon sisäreikä ja toisella klikkauksella valitse kampiakselin välitappi. **Ok**.
6. **Touch Align** komennolla valitse tangon jompikumpi seinä ja kampiakselin toinen seinämä.



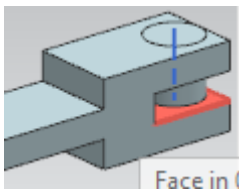
7. Lisää **kanki** komponentti.
8. Valitse **Fit** komennolla kangen "välitappi"



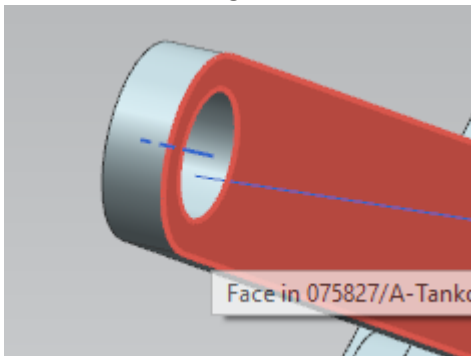
9. Valitse tangon käyttämätön reikä



10. Valitse **Touch Align** komennolla Kangen tappikodan sisäpinta.

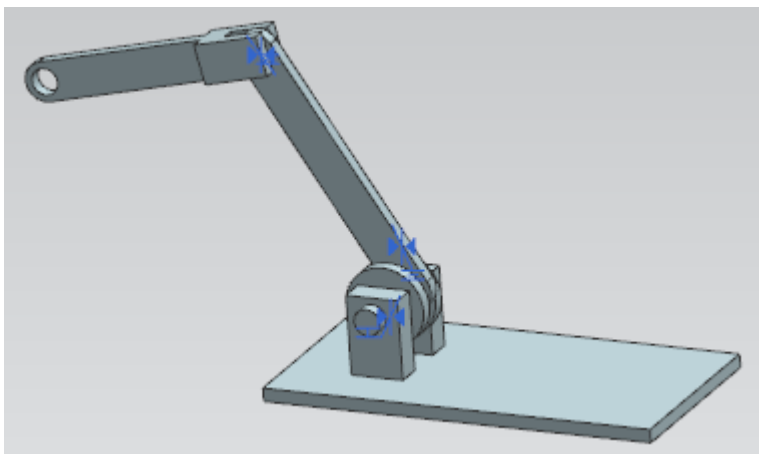


11. Valitse tangon toinen seinä.



12. **Assemblies** valikosta löydät **Move Component** painikkeen, jolla voit kääntää kappaletta, jos se menee toisen tangon kanssa päällekkäin. **Move Component** valikosta **Motion** kohtaan **Dynamic** asetukseksi, niin voit siirtää hiirellä komponenttia.

13. Kokoonpanon tulisi näyttää nyt jokseenkin tältä:



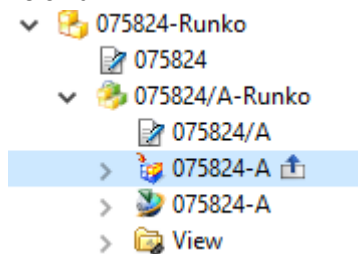
Constraint Navigatorista näet kappaleiden eri liittymis säännöt. Voit poistaa turhia sääntöjä tarvittaessa ja näet listasta mitkä koskettavat mitäkin kappaletta.

Constraint Navigator		Part Rev...
Name (Group by Constraints)		
Work Part		
✓	= Fit (075825, 075824)	
✓	075824/A-Runko	A
✓	075825/A-Kampiakseli	A
✓	Touch (075825, 075824)	
✓	075824/A-Runko	A
✓	075825/A-Kampiakseli	A
✓	= Fit (075827, 075825)	
✓	075827/A-Tanko	A
✓	075825/A-Kampiakseli	A
✓	Touch (075825, 075827)	
✓	075827/A-Tanko	A
✓	075825/A-Kampiakseli	A
✓	= Fit (075828, 075827)	
✓	075827/A-Tanko	A
✓	075828/A-Kanki2	A
✓	Touch (075828, 075827)	
✓	075827/A-Tanko	A
✓	075828/A-Kanki2	A

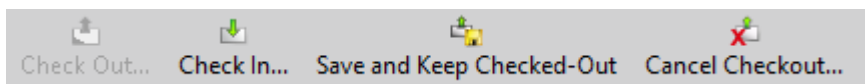
## 28. Check-In ja Check-Out

Teamcenteristä näet kuinka kappale on Check-Out tilassa, kun kappale on auki NX:ssä tai millä ohjelmalla Nimike on ikinä avattavissakaan. Tällöin kukaan muu ei pysty muokata kappaletta.

Teamcenterissä NX-CAD model tiedostot ovat avattavissa edellä valittuna olevan tiedostojen näköisinä:



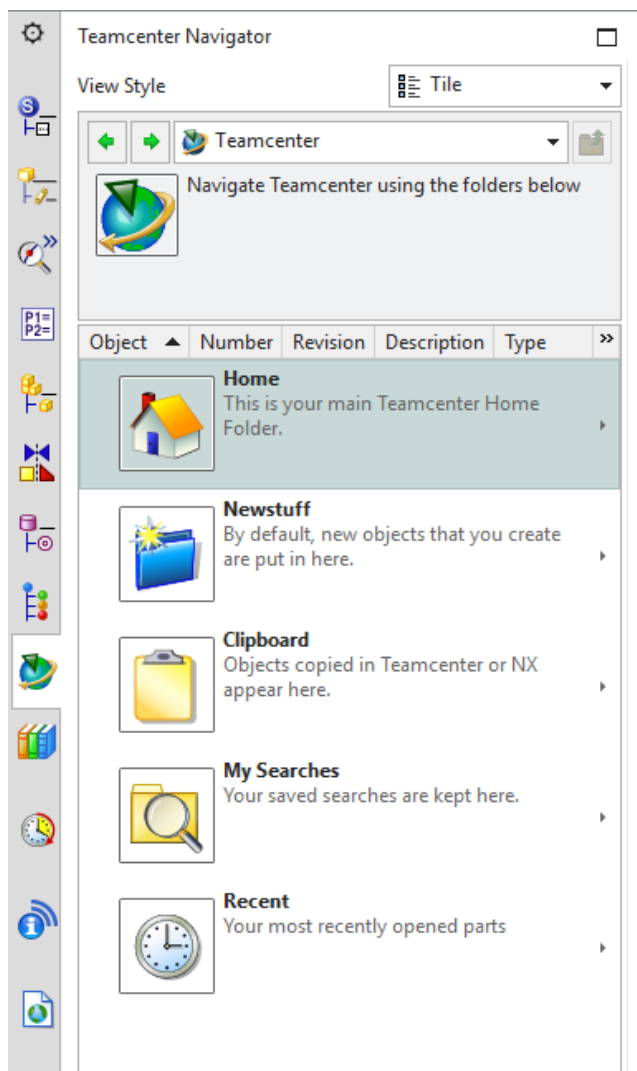
**Summary** välilehdessä voit manuaalisesti siirtää nimikkeen Check-out tilaan tai vastaavasti Check-in tilaan.



Myös hiiren oikeaa painiketta nimikkeen päällä painamalla voit myös esiin tulevasta valikosta vaihtaa nimikkeen tilaa.

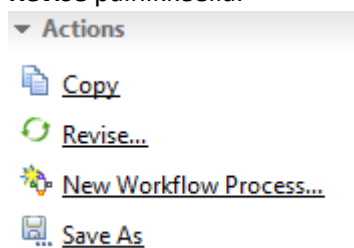
## 29. Teamcenter navigaatio NX ohjelmistossa

NX:n navigaatiopalkista löydät teamcenterin kansioiden selailuun oman välilehden.



## 30. Uuden Revision luominen

Uuden revision luonti onnistuu Teamcenterin **Summary** välilehdellä **Actions** kohdassa löytyvällä **Revise** painikkeella.



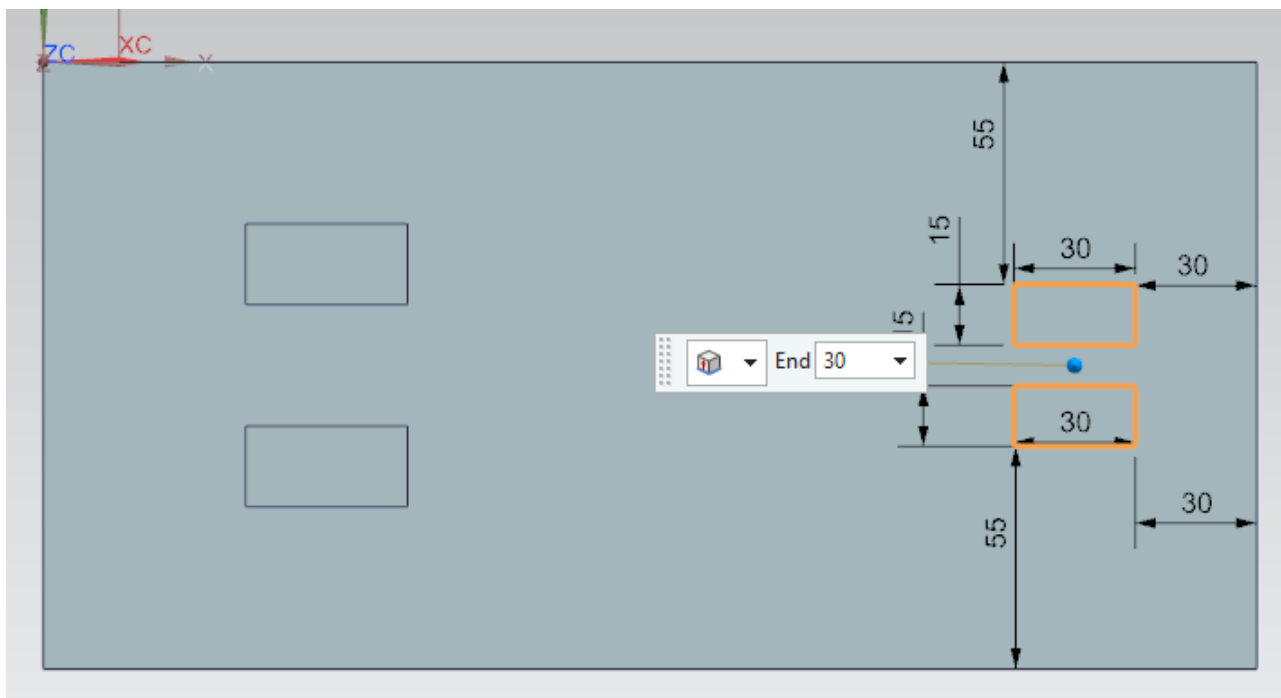
Uuden revision tekeminen antaa kappaleelle uuden lopputunnuksen: B

**Finish** luo uuden revision. Aina kun uusi revisio luodaan, niin yleensä vain uusinta revisiota muokataan.

## 31. Rungon muokkaaminen

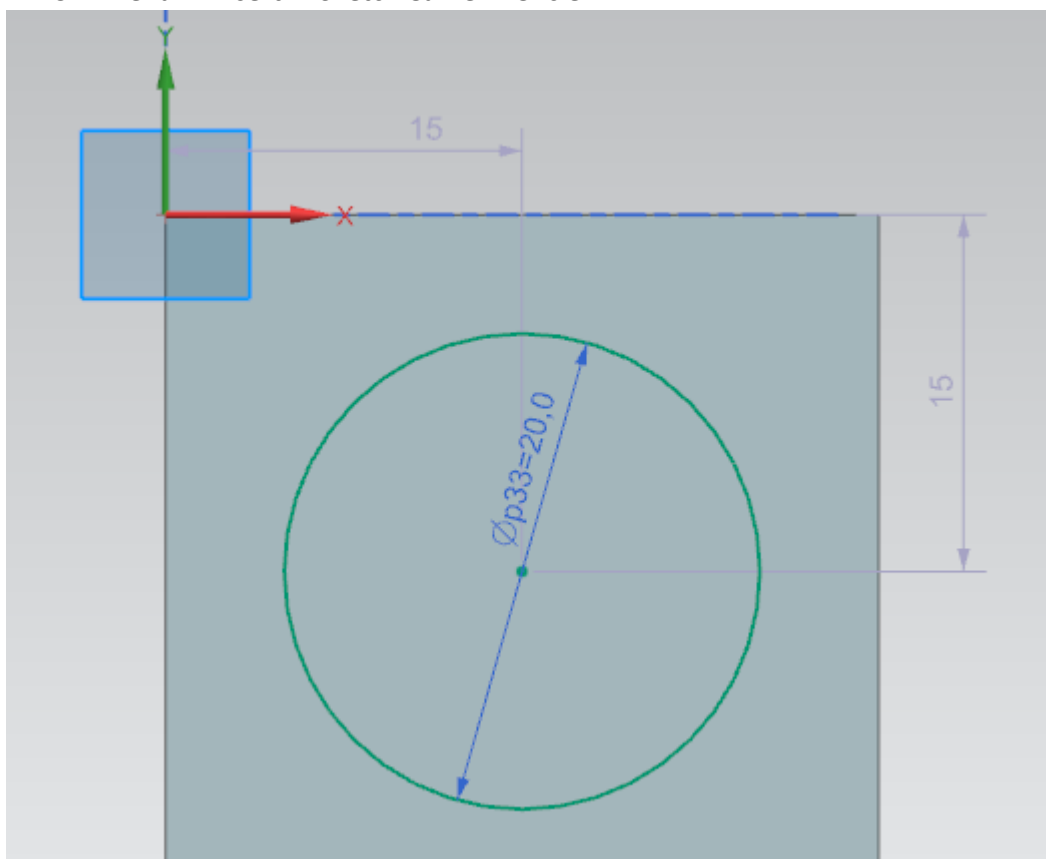
Aukaise rungon B revisio teamcenteristä. Tehdään tankojen päälle kiinnityskorvakkeet. Luodaan uusi sketchi.

1. **New Sketch** -> tee kuvan mukaiset kuviot.



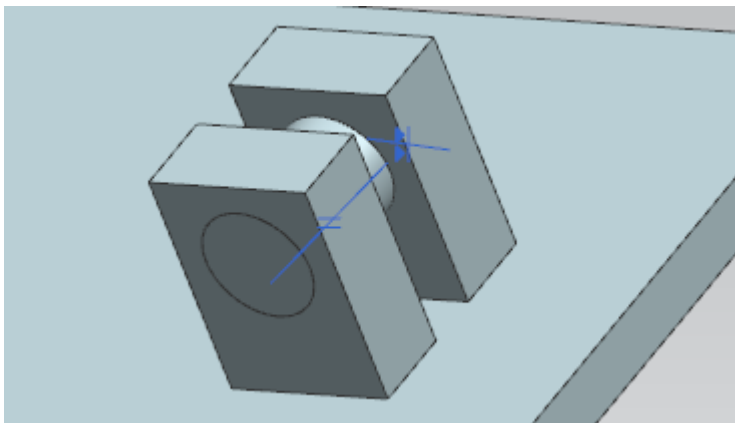
2. **Extrude** -> valitse piirretyt kuviot. **Distance: 40**
3. **New Sketch** -> valitse toisen korvakkeen sivu pinta.

4. Tee 20 halkaisijalla oleva ympyrä korvakkeen keskikohtaan 15 alaspäin yläreunasta.
5. **Menu -> Insert -> Sketch Curve -> Circle**

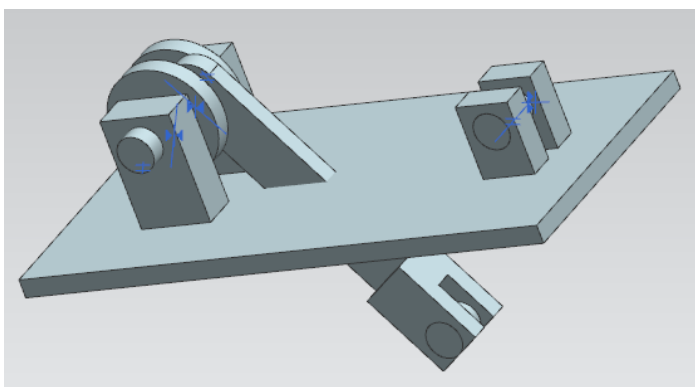


6. **Extrude** -> valitse piirretty ympyrä -> **Specify vector** kappaleen läpisuuntaisesti menemään. Vaihda suuntaa **Change direction** painikkeella. **Distance: 40. Boolean: Subtract. Ok**
7. Tallenna välissä. Nyt tallentaessa muutokset päivittyvät B revisioon ja muutokset tulevat näkyviin teamcenterissä heti tallentamisen jälkeen.
8. Tehdään tappi äsken tehtyyn reikään sopivaksi.
9. **File -> New -> Item**
10. Luo attribuuttitiedot ja nimeä kappale: **Tappi**
11. **Menu -> Insert -> Design Feature -> Cylinder**
12. Valitse origo. **Diameter: 20, Height: 40. Ok**
13. Tallenna.
14. Päivitetään kokoonpano.
15. Aukaise teamcenterissä kokoonpano. Kokoonpanossa on päivittynyt runko osan muutokset.
16. Poistetaan **Assembly Navigatorista** kappaleet **Tanko** ja **Kanki** väliaikaisesti, jotta kokoonpanon kasaus kävisi helpommin.
17. Lisätään **Tappi** osa kokoonpanoon **Assemblies** laatikon **Add** painikkeella (varmistu että **File** valikosta **Assemblies** täppä on päällä).
18. **Assembly Constraints** työkalulla siirretään tappi korvakkeiden reikään.
19. **Fit** komennolla valitaan tapin pyöreä reuna ja toisen korvakkeen sisäpinta.
20. **Touch Align** komennolla valitaan tapin toinen tasainen pääty ja toisen korvakkeen ulkopinta. Tapin kuuluisi olla kuvan mukaisesti.

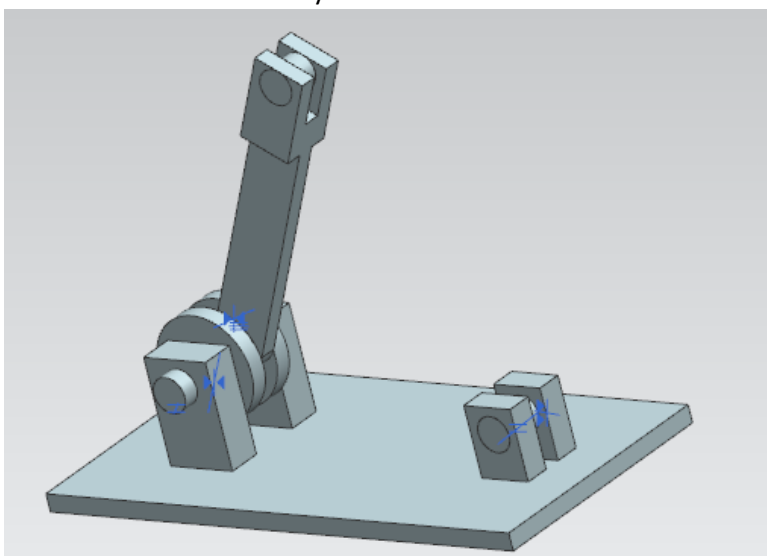




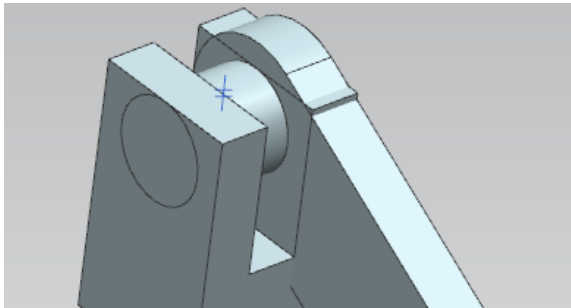
21. Lisätään **Kanki** takaisin kokoonpanoon **Add Component** toiminnolla.
22. **Assemblies -> Add ->** valitaan komponentti listasta ja ellei se näy, etsitään se kansioista.
23. Käytetään **Assembly Constraints** toimintoa kappaleen asetteluun.
24. Kiinnitetään **Kanki** kampiakselin tappiin samalla lailla kuin aiemmin. **Fit** toiminnolla valitaan kangen reiän sisäpinta ja kampiakselin välitapin ulkopinta -> **Apply**. Valitaan **Touch Align** ja valitaan kampiakselin toinen sisäseinä ja kangen toinen seinä. Kokoonpano näyttää mahdollisesti tältä:



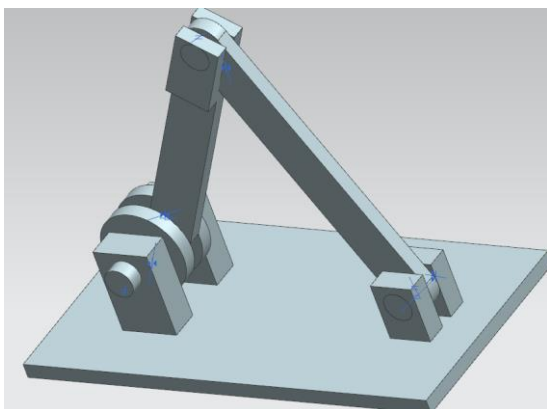
25. Käännetään Kanki oikeaan suuntaan **Assemblies -> Move Component ->** valitaan kanki -> **Motion: Angle. Specify vector** kohtaan valitaan **Y-akseli**. **Angle:** kappaleen kulmasta riippuen. Lisää jonkin verran asteita ja paina **Apply** niin kauan, kunnes kanki on suurin piirtein kuvan mukaisesti yläviistoon.



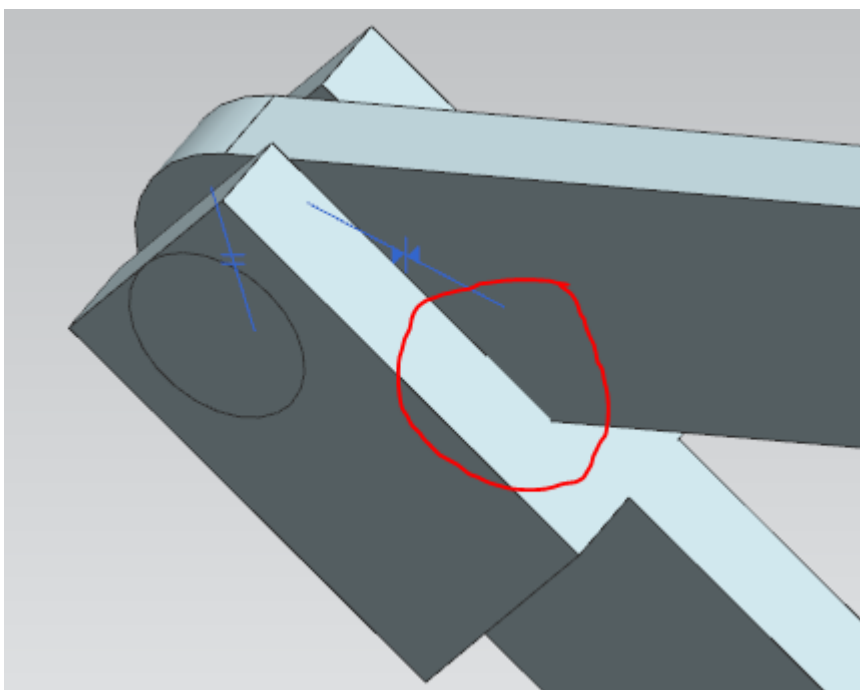
26. Lisätään **Tanko** kokoonpanoon **Assemblies -> Add** ja valitaan se listasta ja ellei ole, etsitään se kansiosta.
27. Käytetään **Assembly Constraints -> Fit** toimintoa ja valitaan tangon toisen pään reiän sisäpinta ja Kangen tapin ulkopinta. **Apply**. Valitaan edelleen **Fit** toiminnolla tangon toisen pään sisäpinta ja rungon korvakkeiden tapin ulkopinta. Jos kappale ei mene linjaan vaan menee niin sanotusti päällekkäin kuten kuvassa:



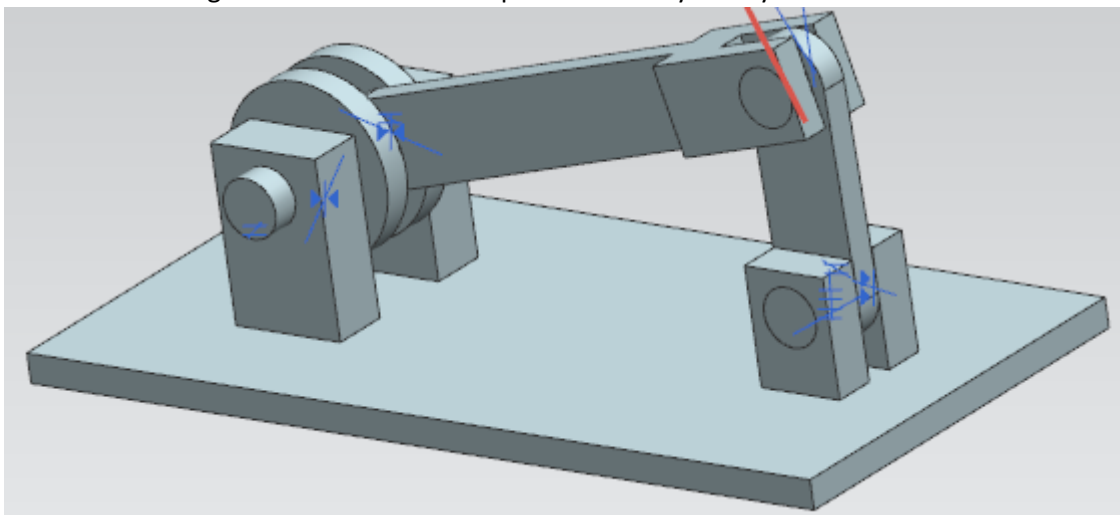
Käytetään **Touch Align** toimintoa ja valitaan tangon ulkopinta ja sitä vastaava kangen sisäpinta. Kokoonpanon tulisi näyttää tältä:



28. Huomataan että kokoonpanon **Kanki** ja **Tanko** menevät osittain päällekkäin niiden sarana-kohdassa.



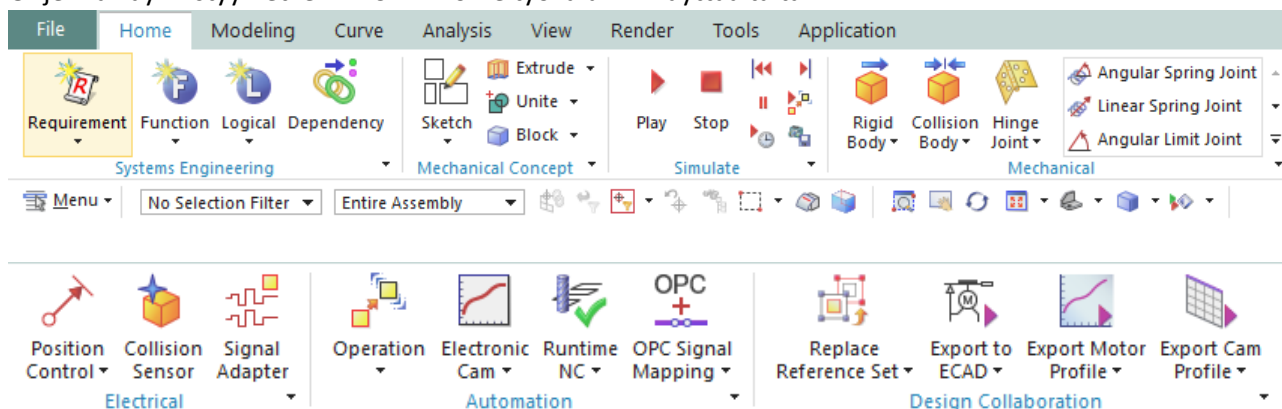
29. Tämän johdosta tehdään uusi revisio tangosta. Valitaan teamcenteristä **Tanko** ja **Overview** välilehdestä **Actions** kohdasta **Revise...** aukeaa laatikko ja järjestelmä luo **B** revision kappaleesta kun painetaan **Finish**.
30. Aukaistaan **B** revisio kappaleesta.
31. Vasemmalla sijaitsevasta **Part Navigatorista** aukaistaan **Model History** sarakkeesta **Block** tuplaklikkaamalla. Muutetaan **Length** arvo **200 -> 100**
32. Tallenna. Aukaise kokoonpano uudestaan. Kokoonpano on automaattisesti ottanut käyttöön Tangosta revisio **B**. Kokoonpanon tulisi näyttää nyt tältä:



## 32. Mechatronic Concept Designer

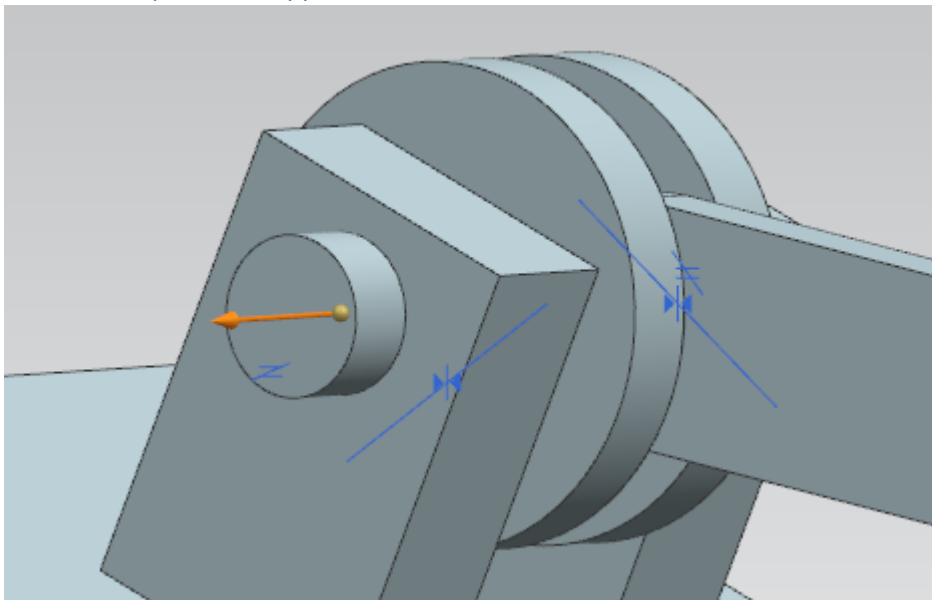
Mechatronic Concept Designer on NX:n simulaatio sovellus. Sillä voidaan simuloida piirrettyjä kappaleita. Käynnistä MCD-ohjelmisto **File -> All applications -> Mechatronic Concept Designer**.

Ohjelma käynnistyy hetken. MCD:n Home työkalu rivi näyttää tältä:

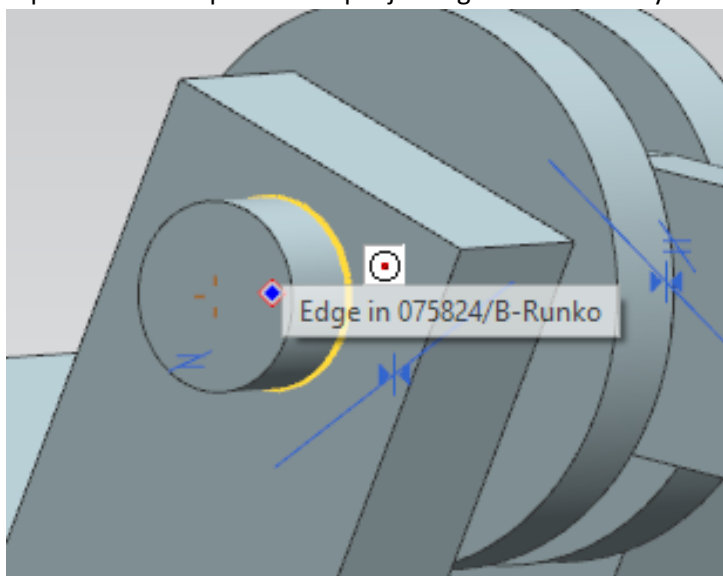


1. Aloita määrittelemällä runko elementiksi. Mechanical työkaluvalikosta **Body** alasveto valikosta valitse **Rigid Body**.
2. **Select Object** -> valitse runko osa. **Name** kohtaan nimeä: **Runko**. **Ok**.
3. **Rigid Body** -> **Select Object** -> valitse kampiakseli. **Name**: Kampiakseli.

4. Määritellään runko paikoillaan pysyväksi elementiksi. **Mechanical** työkaluista **Joints** -> **Fixed Joint** -> **Select Attachment** -> valitse runko. **Ok**.
5. Määritellään kampiakselin pyörimis akseli -> **Joints** -> **Cylindrical Joint** -> **Select Attachment**: valitaan kampiakseli. **Select Base**: valitaan runko. **Specify Axis Vector**: valitaan kampiakselin tappien suuntainen akseli.



**Specify Anchor Point**: valitaan ankkurikohta jossa kahden eri kappaleen reunat kohtaavat. Tässä tapauksessa kampiakselin tappin ja rungon korvakkeen yhdistymäkohta.

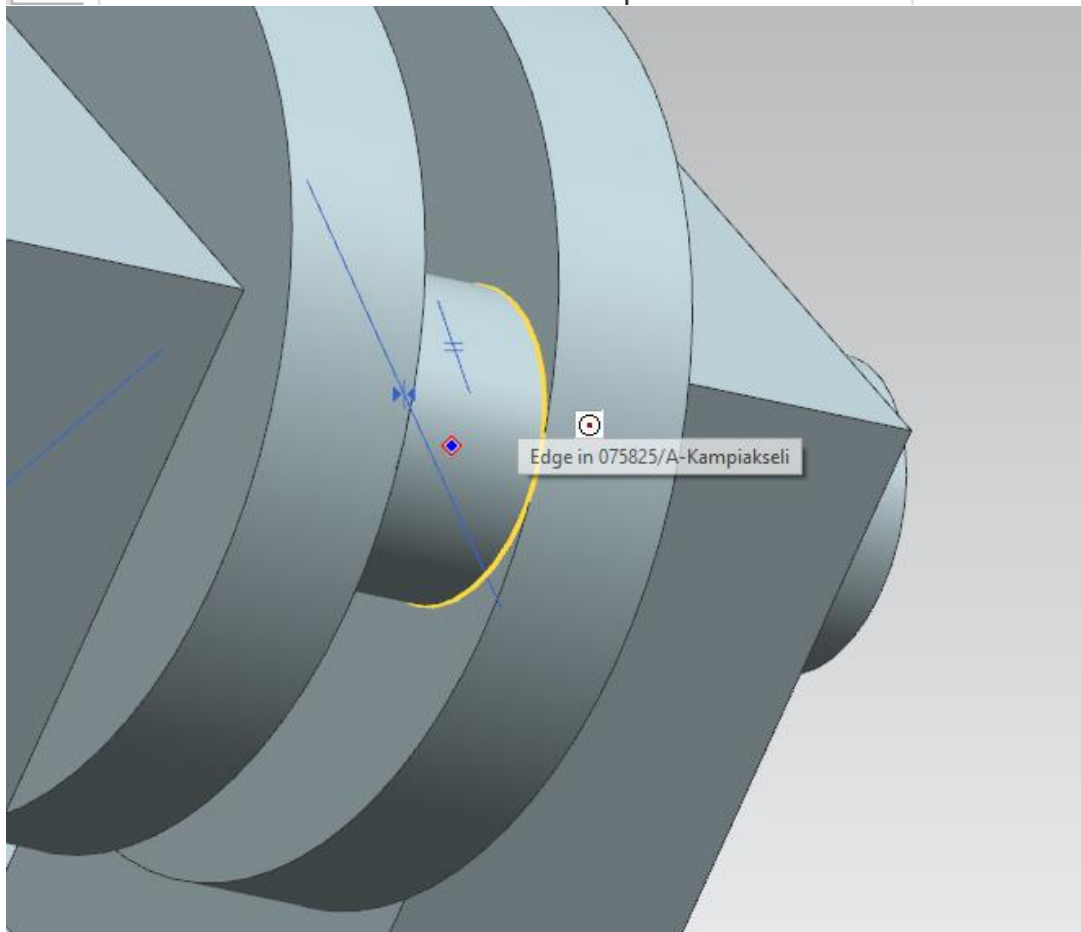


Annetaan nimeksi Kampiakselijoint. **Ok**. Tässä vaiheessa, ja muutenkin aina välissä on hyvä kokeilla **Simulate** valikosta löytyvää **Play** nappia ja katsoa lähteekö kampiakseli heilumaan tai pysykö se ollenkaan rungossa.

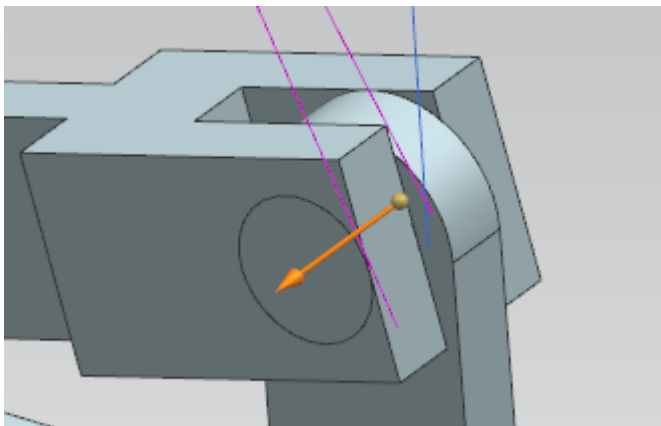
6. Määritellään kanki elementiksi -> **Rigid Body** -> **Select Object** -> valitse kanki ja nimeä: **Kanki**. **Ok**.
7. Määritellään kampiakselin välitappin ja kangen liikkuma joint. **Cylindrical Joint** -> **Select Attachment**: valitse kanki. **Select Base**: valitse kampiakseli. **Specify Axis Vector**: valitse tappin suuntainen akseli. **Specify Anchor Point**: valitse kampiakselin välitappin ja kangen reiän vastakkaiskohta. Tässä vaiheessa on hyvä käyttää Assembly Navigatoria ja ottaa kanki pois näkyvistä, jotta näet valita oikean ankkuri kohdan.

Assembly Navigator

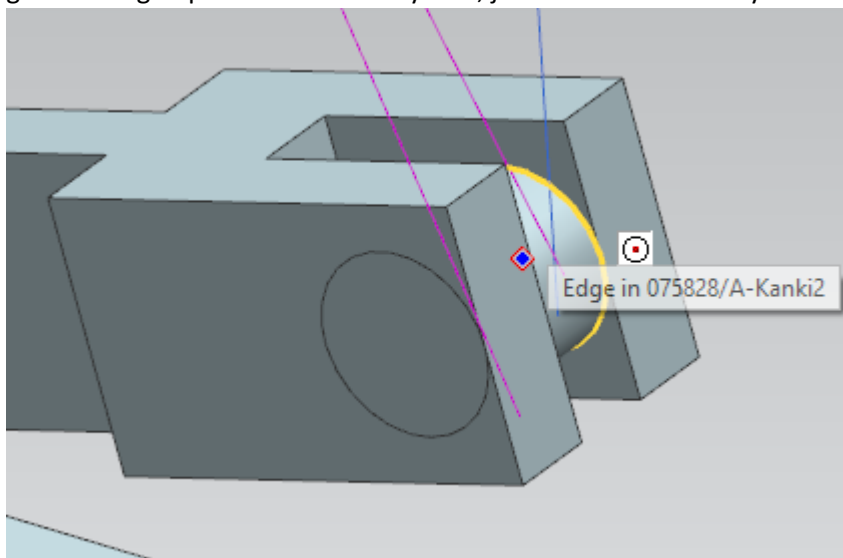
Object	Number
Sections	
<input checked="" type="checkbox"/> 075826/A-Kokoonpano (O...	075826
+ Constraints	
<input checked="" type="checkbox"/> 075824/B-Runko	075824
<input checked="" type="checkbox"/> 075825/A-Kampiakseli	075825
<input checked="" type="checkbox"/> 075829/A-Tappi	075829
<input type="checkbox"/> 075828/A-Kanki2	075828
<input checked="" type="checkbox"/> 075827/B-Tanko	075827



8. Määritellään tanko elementiksi. **Rigid Body** -> **Select Object** -> valitaan tanko. Nimeä: **Tanko. Ok.**
9. Tehdään tangolle Joint. **Cylindrical Joint** -> **Select Attachment** -> valitaan tanko. **Select Base** -> valitaan kanki. **Specify Axis Vector** -> valitaan kiinnitystapin suuntainen akseli.



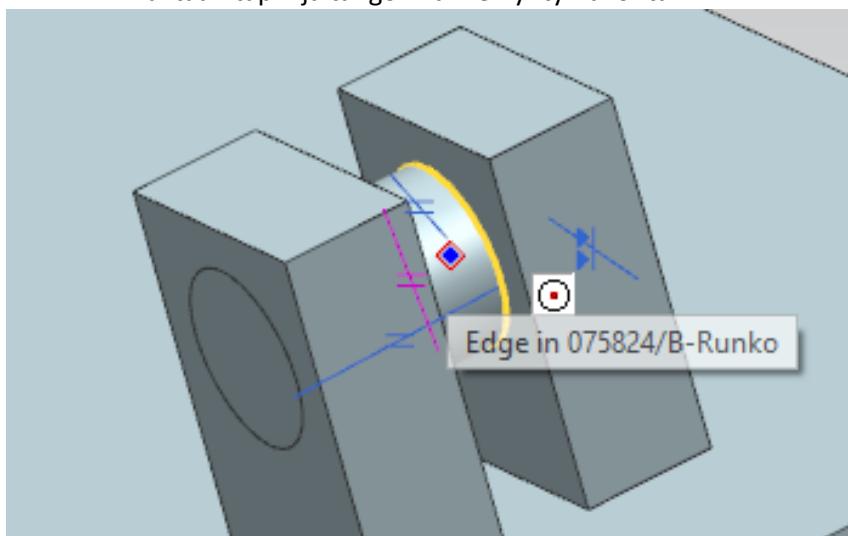
**Specify Anchor Point** -> valitaan taas kohta jossa osat ovat yhteydessä. Käytä taas Assembly navigatoria tangon piilottamiseen näkyvistä, jotta saat kohdan näkyville.



Nimeä: Tankojoint. **Ok.**

10. Määritellään tappi elementiksi. **Rigid Body** -> **Select Object** -> valitaan tappi. Nimeä: **Tappi. Ok.**

11. Tehdään tangolle ja tapille joint. **Cylindrical Joint** -> **Select Attachment** -> valitaan tappi. **Select Body** -> valitaan tanko. **Specify Vector** -> poikittainen vektori. **Specify Anchor Point** -> valitaan tapin ja tangon välinen yhtymäkohta.



Nimetään: **Tankotappijoint. Ok.**

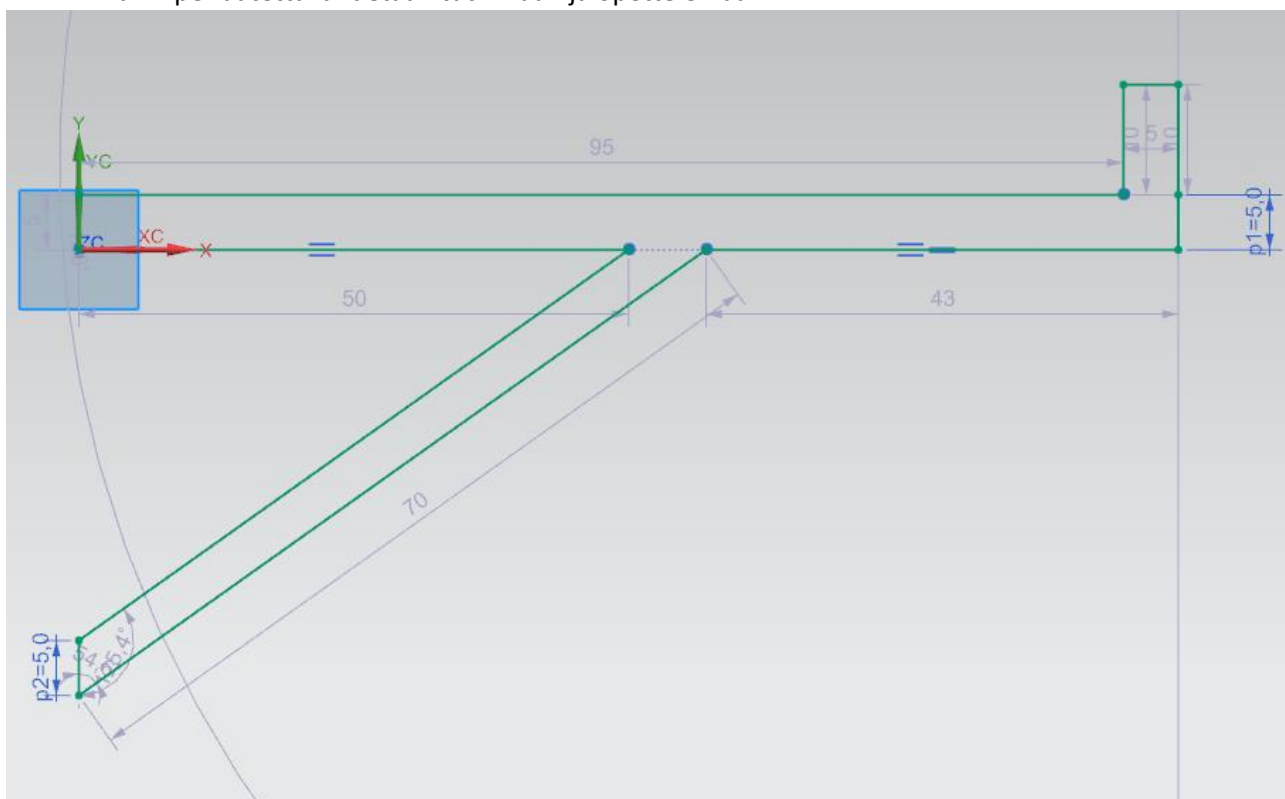
12. Määritellään tapin ja rungonvälinen joint. **Cylindrical Joint** -> **Select Attachment** -> valitaan tappi. **Select Base** -> valitaan runko. **Specify Axis Vector** -> valitaan poikittainen akseli. **Specify Anchor Point** -> valitaan tapin ja rungon välinen joint. **Ok**.
13. Luodaan kampiakselille pyörimisvoima. **Electrical** työkalu laatikosta löytyy **Position Control** alasveto laatikko, sieltä -> **Speed Control** -> **Select Object** -> valitaan **Kampiakselijoint** joko Physics Navigatorista tai itse mallista. **Axis Type** -> **Angular**. **Speed** -> haluamasi nopeuden mukaan, aluksi vaikka 50. Nimetään: Pyöriminen. **Ok**.
14. Kokeillaan painaa **Play**. Kokoonpanon pitäisi nyt pyöriä.

### 33. NX FEM

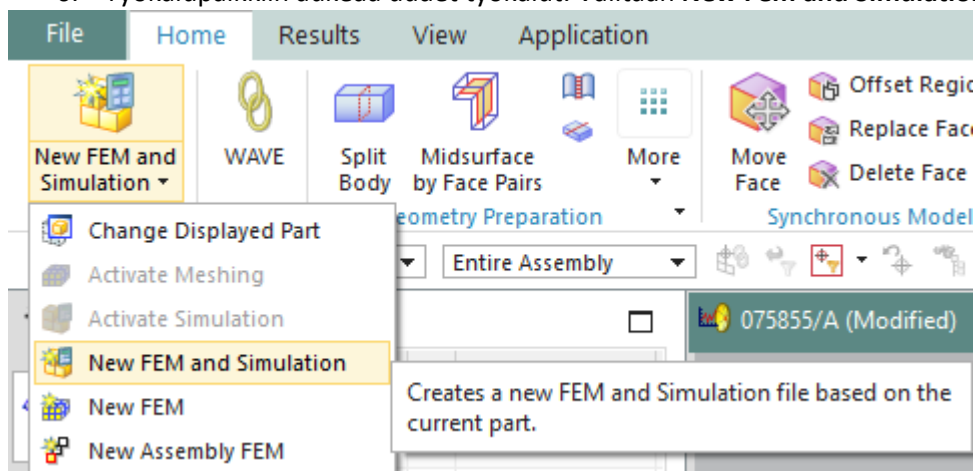
NX FEM eli Finite Element Method on simulointityökalu, jolla voidaan tutkia suurtenkin kokonaisuusien rasituksia erilaisissa tilanteissa.

Käymme seuraavaksi läpi FEM ohjelmiston perus toimintoja tekemällä yksinkertaisen kappaleen, johon kohdistamme voimia ja tutkimme lopputulosta. Kappale luodaan Teamcenter integraatiossa, joten kappaleen tekeminen normaalissa tilassa poikkeaa tästä ohjeesta hieman tallennusvaihtoehtojen osalta.

1. Aloitamme tekemällä uuden kappaleen. **File** -> **New** -> **Item...**
2. Valitaan **Model** ja luodaan puuttuvat attribuuttitiedot sekä valitaan kansio. **Ok**.
3. Tehdään uusi **Sketch** ja piirretään jokseenkin edellä olevan kuvan mukainen sketsi. Mitat eivät ole niin justiainsa. Kunhan kokoonpano on jokseenkin saman näköinen, koska lähinnäkin periaatetta lähdetään tutkimaan ja opettelemaan.

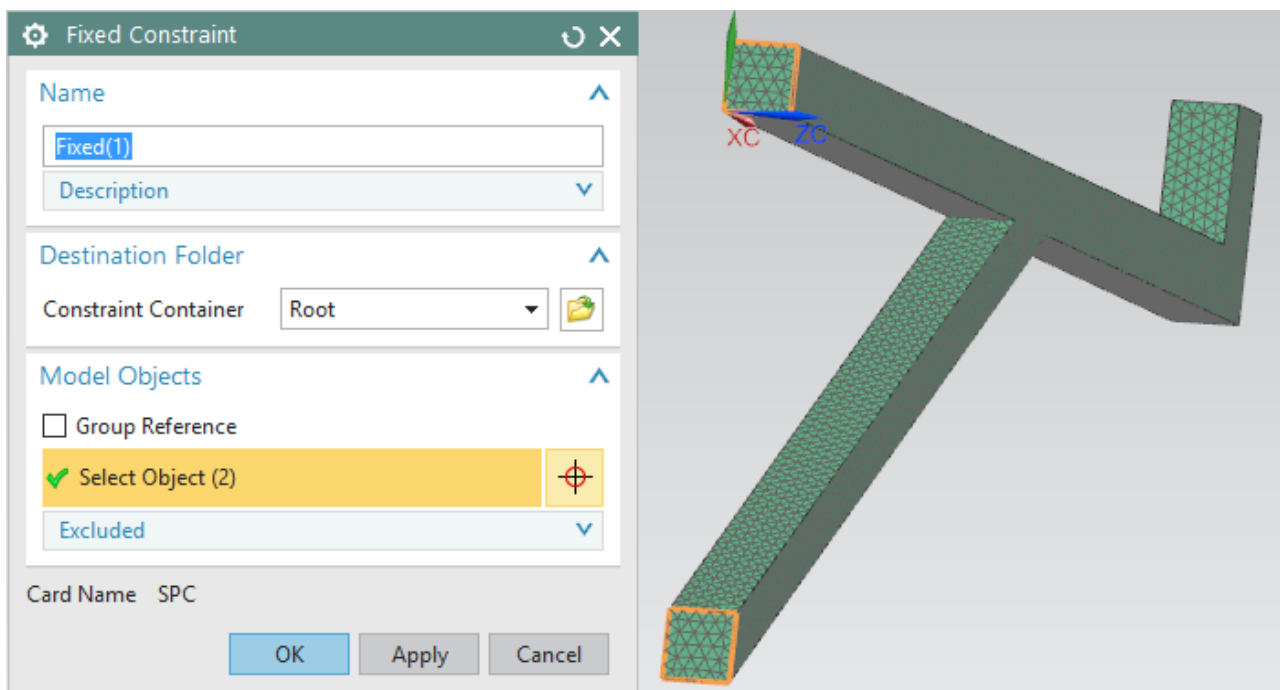


4. **Finish Sketch.** Valitaan pirsotuksen paksuus: 5 (tai haluamasi paksuus)
5. Valitaan **File -> All Applications -> Advanced Simulation...**
6. Työkalupalkkiin aukeaa uudet työkalut. Valitaan **New Fem and Simulation**



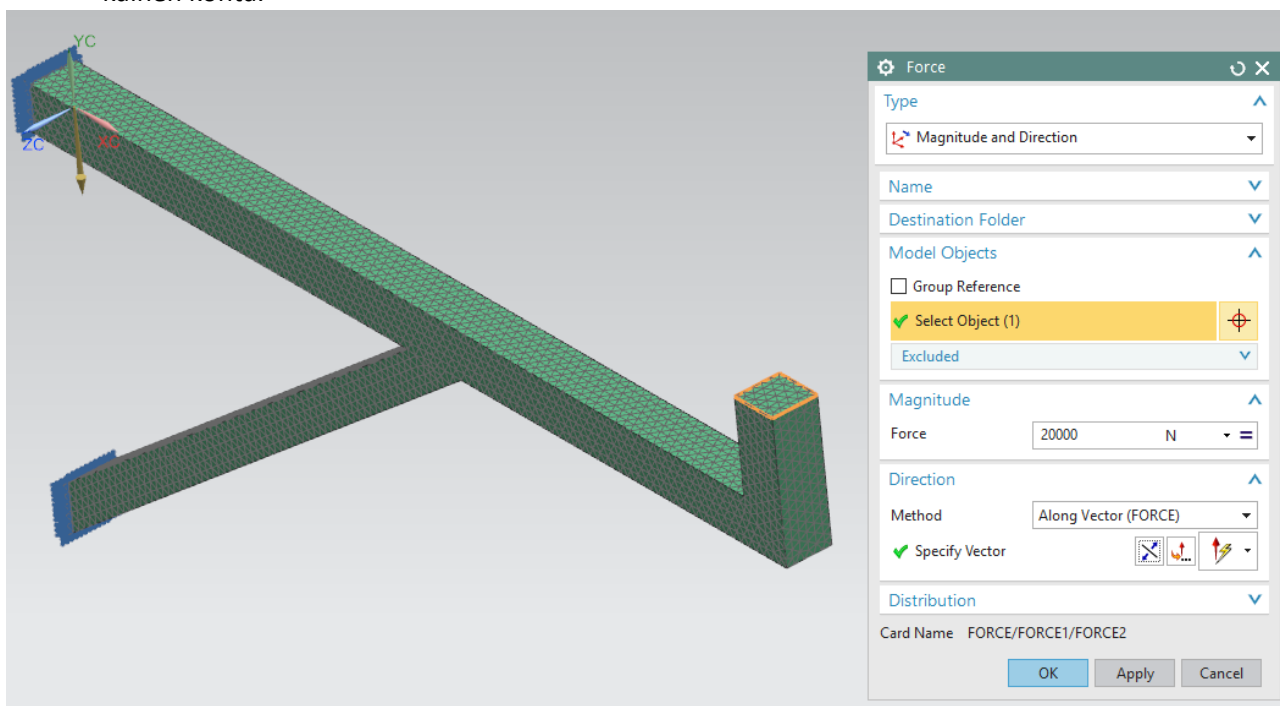
7. Aukeaa **New Part File** valikko. Luodaan **Revision** kohtaan attribuutit tuplaklikkaamalla. **Ok.**
8. Aukeaa **New FEM** valikko. **Ok.**
9. Aukeaa **New Part File** valikko. Luodaan **Revision** kohtaan puuttuvat attribuutit tuplaklikkaamalla. **Ok.**
10. Aukeaa **New Simulation** valikko. Klikataan **Ok.**
11. Aukeaa **Solution** valikko. Klikataan **Ok.**
12. Ensimmäisenä valitaan kappaleelle materiaali. Työkaluvalikosta löytyy **Properties** laatikko, mistä löytyy **More -> Assign Materials**
13. Valitaan piirretty kappale. Valitaan listasta haluttu materiaali. Käytetään tässä esimerkissä **Steeleä** materiaalina. **Ok.**
14. Luodaan **Mesh** valikosta löytyvällä **3D Tetrahedral** työkalulla kappaleelle muuttuva geometria. **3D Tetrahedral** valikossa valitaan piirretty kappale. **Mesh parameters** kohdassa **Element Size:** valitaan tässä tapauksessa luvuksi **1mm**. Tämä vaikuttaa hienoksi geometria tehdään. Mitä pienempi, sen tarkempi. Isommissa kappaleissa mahdollisesti voidaan haluta muuttaa koko elementin koko isommaksi, sillä mitä hienempi geometria on, sitä kauemman laskenta kestää. Klikataan **Ok.**
15. **Context** valikosta -> **Activate Simulation**
16. Luodaan kappaleelle kiinnityspisteet **Loads and Conditions -> Constraint Type -> Fixed Constraint**
17. Aukeaa **Fixed Constraint** valikko. Valitaan **Select Object** kohtaan kappaleen kaksi seuraavan kuvan mukaista päätyä.





18. **Loads and Conditions** -> **Load Type** -> **Force**

19. **Force** valikko aukeaa. **Select Object** kohtaan valitaan kappaleen toisesta päästä kuvanmukainen kohta.



20. **Magnitude** -> **Force** kohtaan asetetaan haluama voima. Tässä esimerkissä laitetaan 20 000 N. **Direction** kohdassa valitaan voiman vaikutussuunta. Asetetaan se alaspäin.

21. **Solution** -> **Solve**

22. Ohjelma laskee kappaleeseen vaikuttavat muutokset. Eteen aukeaa muutamia eri ikkunoita. Kun ohjelma on suorittanut laskutoimitukset, voit sulkea kaikki nämä ikkunat.

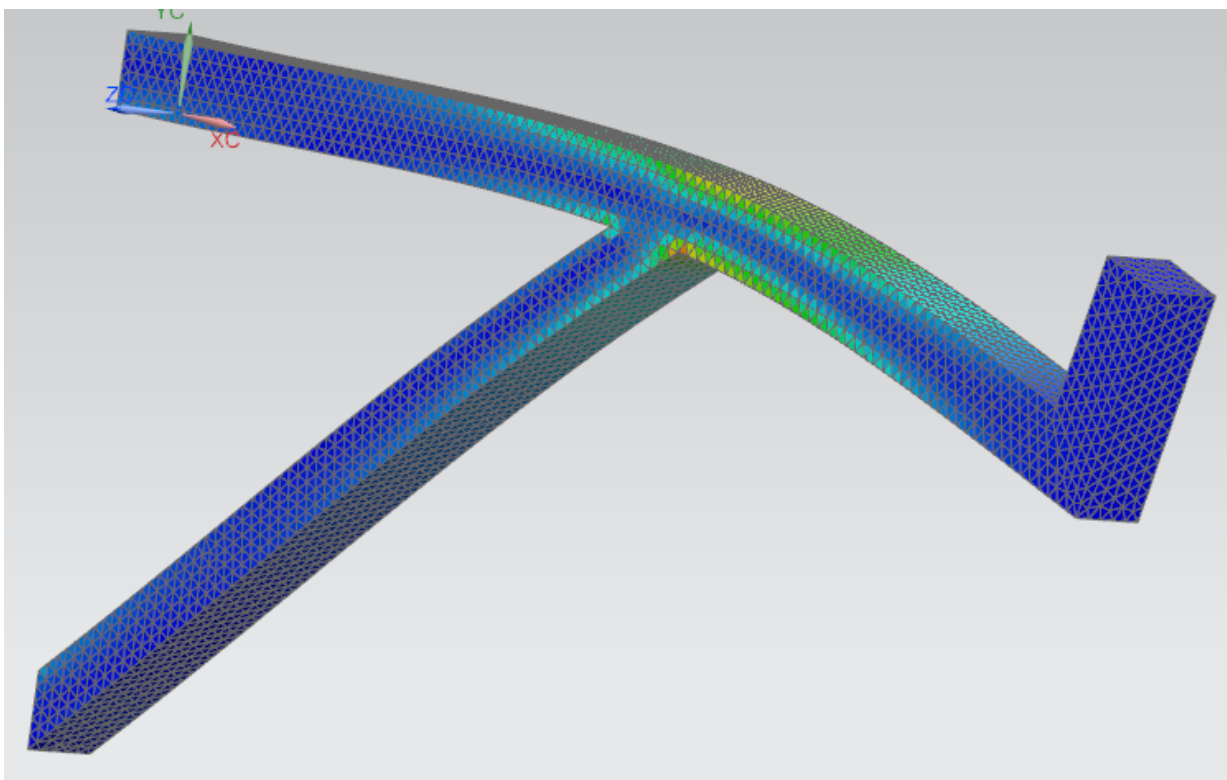
23. Vasemmalta löytyvästä **Simulation Navigator**ista löydät **Results** kansion sisältä **Structural**. Tuplaklikataan **Structural** kohtaa.

[-] Soln 1	Active
[-] <input checked="" type="checkbox"/> Temperatures	
[-] <input checked="" type="checkbox"/> Simulation O...	
[+] <input checked="" type="checkbox"/> Constraints	
[-] <input checked="" type="checkbox"/> Subcase - Static ...	Active
[+] <input checked="" type="checkbox"/> Loads	
[-] Results	
[-] Structural	Inferred

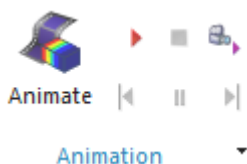
**Structural** aukeaa ja tulee esille eri alavalikoita. Jokaista eri kohtaa tuplaklikkaamalla nähdään kappaleen kunkin kohdan muutos kappaleessa värin muutoksina.

075855.sim1/A;1	
[-] Soln 1	NX NASTRAN, S
[-] Structural	
[+] Displacement - Nodal	
[+] Rotation - Nodal	
[+] Stress - Elemental	
[+] Stress - Element-No...	
[+] Reaction Force - No...	
[+] Reaction Moment - ...	

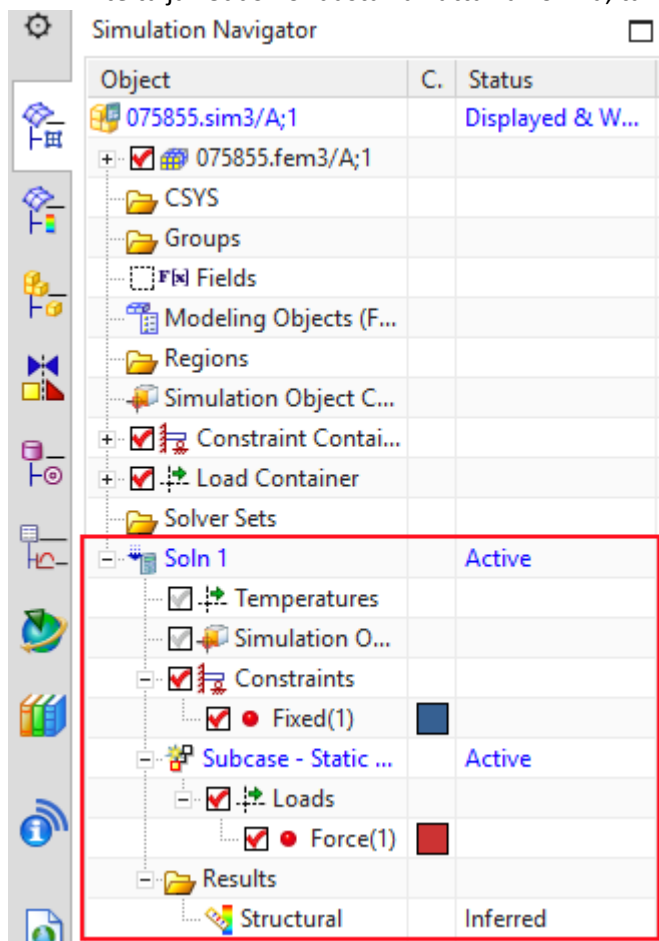
Esimerkiksi **Stress** näkymä kappaleessa näyttää tältä.



24. **Animation** valikosta pystyt **play** napista näkemään simuloidun taivutuksen vaikutuksen animaationa.



25. **Simulation Navigator**ista löydät **Soln 1** josta voit muokata **Constraints** kohdasta tukipisteitä ja **Loads** Kohdasta vaikuttavia voimia, tai lisätä niitä.



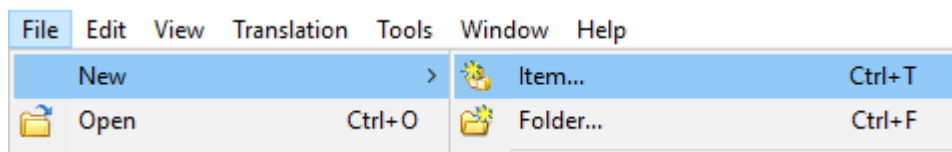
**Solve** toiminnolla voidaan uudelleenlaskea tehdyt muutokset.

34. Muita hyödyllisiä perustoimintoja Teamcenterissä

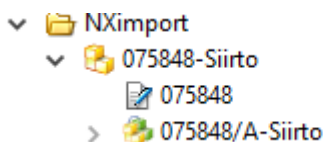
Edellä on esitelty muutamia perus toimintoja Teamcenteristä.

35. Cad- ja muiden tiedostojen siirtäminen teamcenteriin paikalliselta tallennustilalta

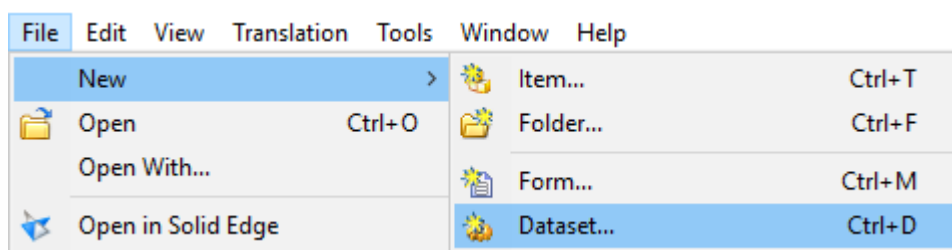
Cad tiedoston siirtäminen Teamcenteriin paikalliselta tallennustilalta onnistuu seuraavalla keinoilla. Ensimmäisenä luodaan uusi **Item**.



Valitaan **SeAMK Item** ja painetaan **Next**. Seuraavaksi **Assign** painikkeella generoidaan itemille oma **ID**. Samalla myös nimetään item haluamukseen. **Finish**.



Teamcenter luo automaattisesti tarvittavat tiedot. Valitaan ensimmäinen revisio aktiiviseksi ja luodaan uusi datasetti.



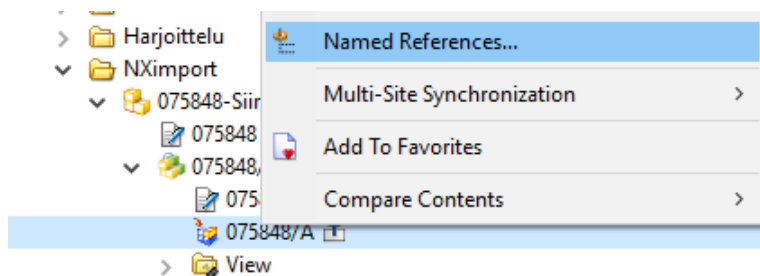
The 'New Dataset' dialog box is shown with the following fields and options:
 

- Name: 075848/A
- Description: (empty text box)
- Tool Used: UGII V10-BASE
- Import: (empty text box with a browse button)
- Relation: Specifications
- More... button
- Open On Create checkbox (unchecked)
- OK, Apply, and Cancel buttons

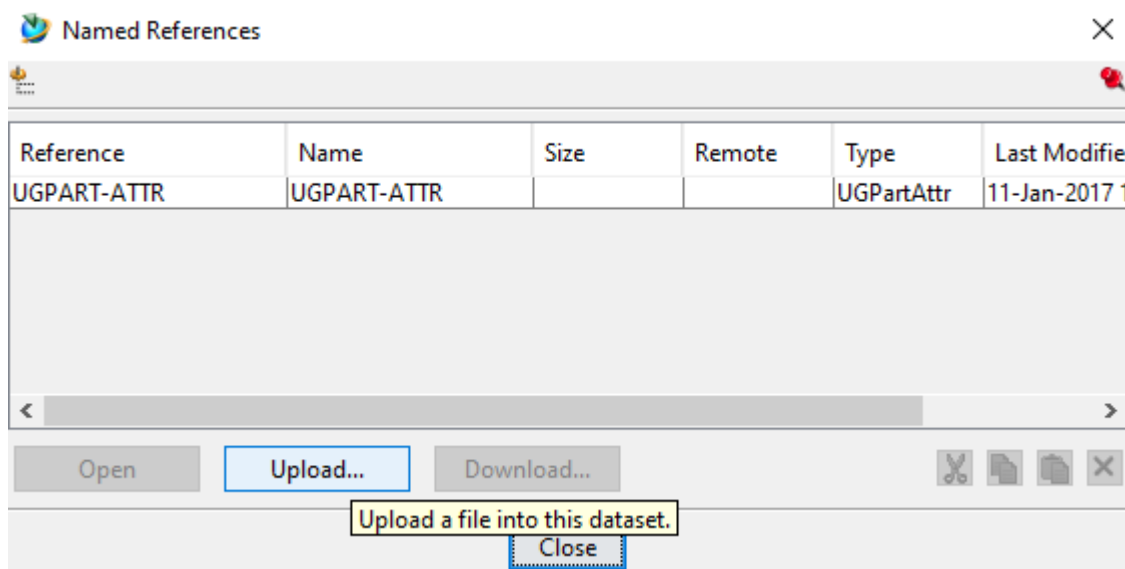
Seuraavaksi **More...** painikkeesta etsitään listasta **UGMASTER** ja järjestelmä luo tarvittavat attribuuttitiedot datasetille. Painetaan **Ok**.

Seuraavaksi valitaan datasetin tilaksi **Check-Out** jotta sen tietoja voidaan muokata.

Klikataan hiiren oikealla datasetistä ja valitaan **Named References...**



Named References valikko aukeaa. **Upload...** painikkeesta voidaan valita tiedosto, joka halutaan ladata Teamcenteriin.



Vaihdetaan datasetti Check-In.

Nyt tiedosto on valmiina avattavaksi ja muokattavaksi.

World documentin siirtäminen teamcenteriin onnistuu joko suoraan raahaamalla tiedosto tietokoneen paikallisesta kansioista teamcenterin käyttöliittymään haluamaasi kansioon.

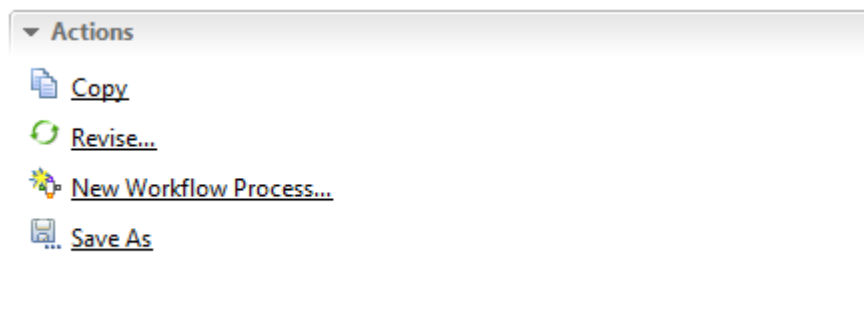
## 36. Workflow Process

Workflow process on työkalu mitä käytetään piirrettyjen/luotujen nimikkeiden valmiiksi merkitsemiseen.

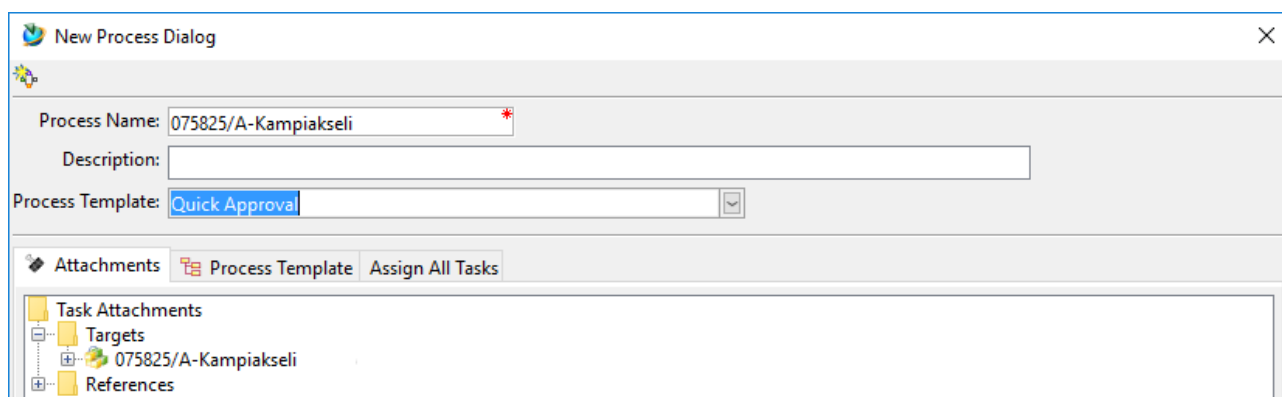
Esimerkkinä valitaan tehdystä kokoonpanosta kampiakseli:

- > 075824-Runko
- ▼ 075825-Kampiakseli
  - 075825
  - > 075825/A-Kampiakseli
  - > 075826-Kokoonpano
  - > 075827-Tanko
  - > 075828-Kanki2
  - > 075829-Tappi

Summary välilehdeltä löytyvästä **Actions** valikosta löytyy **New Workflow Process...**



Aukeaa **New Process Dialog** ikkuna. Valitaan **Process Template** kohtaan **Quick Approval**, jolloin voidaan itse määrittellä nimike valmiiksi. **Approval** toiminnolla voidaan lähettää nimike arvioitavaksi esimerkiksi projektin johtajalle/vetäjälle, joka hyväksyy sen tai lähettää korjattavaksi takaisin.



Painetaan **Ok**.

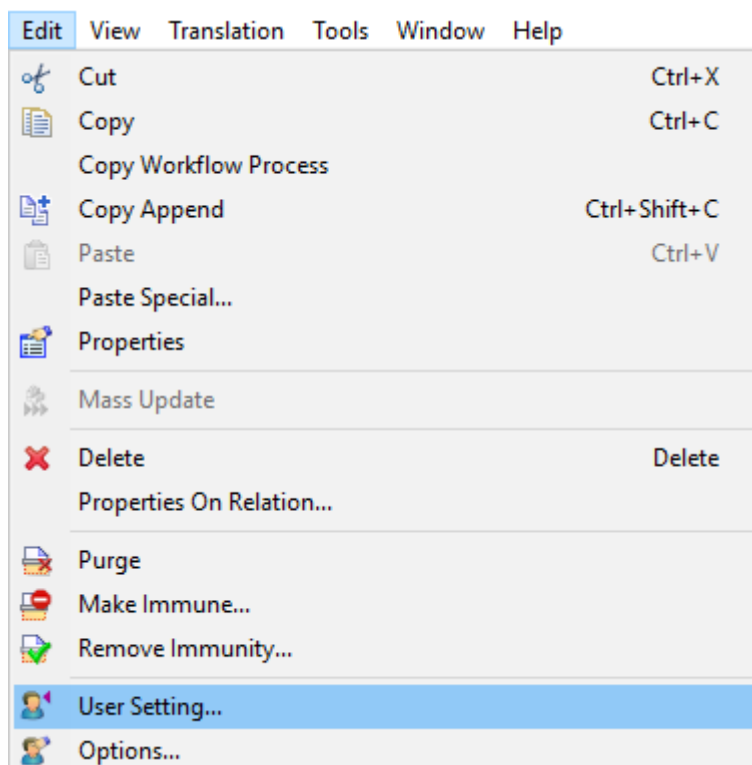
Nyt nimikeen lopussa näkyy ruutulippu. Nimikeen muokkaaminen on valmistumisen jälkeen esitetty, joten jos nimikettä halutaan muokata, täytyy tällöin siitä tehdä kokonaan uusi revisio.

- > 075824-Runko
- ▼ 075825-Kampiakseli
  - 075825
  - > 075825/A-Kampiakseli
  - > 075826-Kokoonpano
  - > 075827-Tanko
  - > 075828-Kanki2
  - > 075829-Tappi

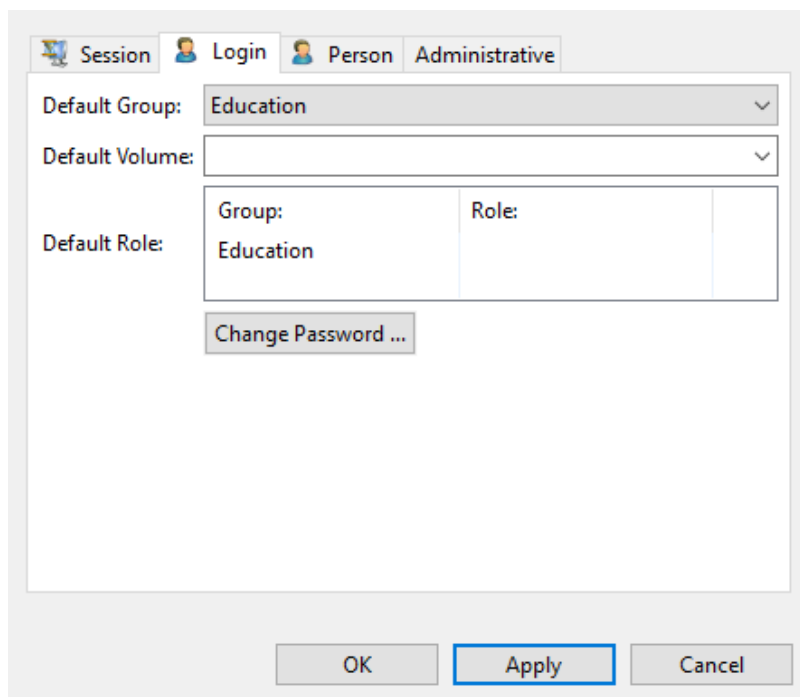
## 37. Salasanan vaihtaminen

Käyttäjätunnuksen salasanan vaihtaminen onnistuu teamcenter käyttöliittymästä.

**Edit -> User Settings...**



Eteesi aukeaa **User Settings** laatikko, josta löytyy **Login** välilehti. Tältä välilehdeltä löydät **Change Password** painikkeen.



## 38. Tiedostojen poistaminen

Työkalupalkista löytyy **Delete** toiminto, joka poistaa valitun tiedoston lopullisesti Teamcenterin palvelimelta.

