

LAB-ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

Arttu Alkila

## **Uuden työntekijän perehdytyskansio**

Opinnäytetyö 2020

## Tiivistelmä

Opiskelijan nimi Arttu Alkila

Uuden työntekijän perehdytyskansio, 44 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

Suunnittelu

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: Yliopettaja Seppo Toivanen, LAB-ammattikorkeakoulu, Team leader

Matti Aitala, Etteplan Oyj

Tämän opinnäytetyön tavoite oli luoda Etteplan Oyj:n Kouvolan mekaanisen suunnittelun osastolle perehdytyskansio, joka käsittelee Autodesk Inventor -ohjelmiston perusteita. Kansion tuli sisältää täysin uusi harjoituskokoonpano ja sen piirustukset, joiden mallintaminen ja uudelleen piirtämisen tuli tukea työhön perehdyttämistä

Työssä käsitellään CAD-suunnittelua yleisellä tasolla ja yrityksen sisäisiä tapoja mallintamiseen. Perehdytyskansion rakentamisessa käsittelee mallikappaleiden luonti ja piirustusten luomisessa huomioitavia asioita.

Opinnäytetyön lopputulokseksi saatiin perehdytyskansio, joka sisältää piirustukset ja kappaleiden mallinnusohjeet. Kansio sisältää myös mallintamisen perusohjeita sisältävän osion. Kansiota ei valmistumisvaiheessa päästy testaamaan vaan joudutaan odottamaan uutta työntekijää.

Asiasanat: Perehdytys, CAD-suunnittelu, Inventor

## **Abstract**

Arttu Alkila

Orientation folder for new employee, 44 pages, 1 Appendix

LAB University of Applied Sciences

Faculty of Technology, Lappeenranta

Bachelor's Degree Programme in Mechanical Engineering

Designing

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr. Seppo Toivanen, Principal lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr. Matti Aitala, Team leader, Etteplan Oyj

The purpose of the thesis was to develop an orientation folder for new employees focusing to learning Autodesk Inventor CAD-program. The goal was to create brand new 3D models and drawings and document the process for future use.

The theory content for this thesis was gathered mainly from interviewing team members and from literature. The theory part of this thesis consists of CAD-designing and its basics. The practical part contains documentation from creating 3D-models.

The results of the thesis were the new orientation the folder, but it is yet to be tested since there were no new employees at the time of completion. The folder contains new drawings for parts and assemblies. It contains also instructions how to create these parts.

Keywords: orientation, CAD-design, Inventor

## Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Etteplan Oyj.....	5
3	Autodesk Inventor Professional.....	5
4	CAD-suunnittelu.....	6
4.1	Piirtäminen.....	6
4.2	Mallintaminen.....	7
4.3	Skeleton-mallinnus.....	8
5	Perehdytyskansion luonti.....	9
5.1	Mallintaminen.....	10
5.1.1	Siipipyörä.....	11
5.1.2	Pöytä.....	15
5.1.3	Jalat.....	18
5.1.4	Akseli.....	21
5.1.5	Pöytä ja jalat hitsauskokoontalo.....	24
5.1.6	Laakeripesän kansi.....	28
5.1.7	Laakerin pidätinholkki.....	28
5.1.8	Kahvan pidätinlevy.....	29
5.1.9	Kahvan, laakerin ja kumijalkojen mallit.....	29
5.1.10	Kokoontalo.....	31
5.2	Piirustukset.....	32
5.2.1	Siipipyörä.....	32
5.2.2	Hitsauskokoontalo.....	34
5.2.3	Akseli.....	37
5.2.4	Kokoontalo.....	38
6	Yhteenveto.....	39
	Lähteet.....	40

### Liitteet

#### Liite 1 Piirustukset

## **1 Johdanto**

Tämä opinnäytetyö tehdään Etteplan Oyj:n Kouvolan mekaanisen suunnittelun osastolle. Työssä luodaan uuden työntekijän tai harjoittelijan perehdyttämiskansio, joka käsittelee Autodesk Inventor Professionalin opettelua. Tällä hetkellä perehdytykseen ei ole käytössä yhtenäistä ohjetta vaan jokainen perehdytettävä suorittaa erilaisia mallinnus- ja piirustusharjoituksia mahdollisuuksien mukaan.

Uuden työntekijän perehdyttäminen vaatii aikaa ja yleensä perehdyttäjä suorittaa perehdyttämisen oman työn ohella. Tämä aiheuttaa perehdyttäjän työkuorman kasvua. Työn tarkoituksena on luoda perehdytyskansio, jolla pystytään yhtenäistämään perehdytysprosessia ja samalla vähennetään perehdyttäjän työkuormaa. Kansio toimii myös hyvänä muistivälineenä tulevaisuuden mallintamistehtäviä varten.

## **2 Etteplan Oyj**

Etteplan Oyj on kansainvälinen teollisuuden suunnitteluyritys. Etteplan suuntautuu pääasiassa laite- ja laitossuunnitteluun, ohjelmistojärjestelmien ja sulautettujen järjestelmien ratkaisuihin ja teknisen dokumentoinnin ratkaisuihin. Etteplan työllistää yli 3400 henkilöä Suomessa, Ruotsissa, Alankomaissa, Saksassa, Puolassa ja Kiinassa. Kouvolan toimistolla työskentelee noin 100 henkilöä. Asiakkaihin kuuluu teollisuuden suuryrityksiä ja liikevaihto oli vuonna 2019 noin 263 miljoonaa euroa. (Etteplan Oyj 2020.)

## **3 Autodesk Inventor Professional**

Autodesk Inventor Professional on Autodeskin tuottama suunnitteluohjelmisto. Ohjelmisto sisältää työkaluja 3D-suunnitteluun, dokumentointiin ja erilaisten simulaatioiden tuottamiseen. (Autodesk 2020.)

## 4 CAD-suunnittelu

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD-suunnittelu on syrjäyttänyt käsin piirtämisen mekaniikkasuunnittelussa. Mallinnusohjelmistojen edistyessä myös erilaiset simulaatiot ja analyysit alkoivat yleistymään ja tukemaan entistä enemmän suunnittelijan töitä. Ohjelmistot mahdollistivat myös keskitetyt tiedonhallintajärjestelmät, joita ainakin suurimmat yritykset käyttävät poikkeuksetta. On olemassa toimittajia, joiden CAD-ohjelmistoista löytyy suomenkielinen tuki, mutta valtakieli on kuitenkin englanti. Tästä syystä nykyajan suunnittelijat käyttävät englanninkielisiä ja suomenkielisiä termejä sekaisin keskenään. Tässä opinnäytetyössä käytävistä ohjelmiston työkaluista käytetään niiden englanninkielisiä nimiä, joiden toiminta selitetään suomeksi. (Pere 2012, 2 - 11, 2 - 14.)

Nykyajan CAD-ohjelmistot ovat piirrepohjaisia. Tällä tarkoitetaan, että mallinnuksen aikana jää historiatieto ja järjestys jokaisesta piirteestä, joilla kappale on mallinnettu. Tämä mahdollistaa kappaleen osittain muokkauksen, jos huomataan esimerkiksi reiän olevan väärän kokoinen. Piirrehistoriasta käytetään useasti termejä historiapuu tai piirrepuu. Kahdella identtisellä 3D-mallilla voi olla erilainen piirrehistoria eri mallinnusjärjestysten takia. (Pere 2012, 2 – 19.)

### 4.1 Piirtäminen

Piirtämisellä tarkoitetaan valmistuskuvien luontia, joka on standardisoitu. Standardeja luodaan eri monella eritasolla, joita ovat: kansainvälinen ISO-standardit, eurooppalainen EN-standardit, kansallisen tason esimerkiksi Suomessa SFS-standardi ja yrityskohtaiset standardit. Yrityskohtaiset standardit syntyvät yleensä, joko asiakkaan tarpeesta tai yrityksen sisällä syntyneestä tarpeesta esittää työstömenetelmä tai mitta yhtenäisellä tavalla. (Pere 2012, 1 - 4, 1 – 5.)

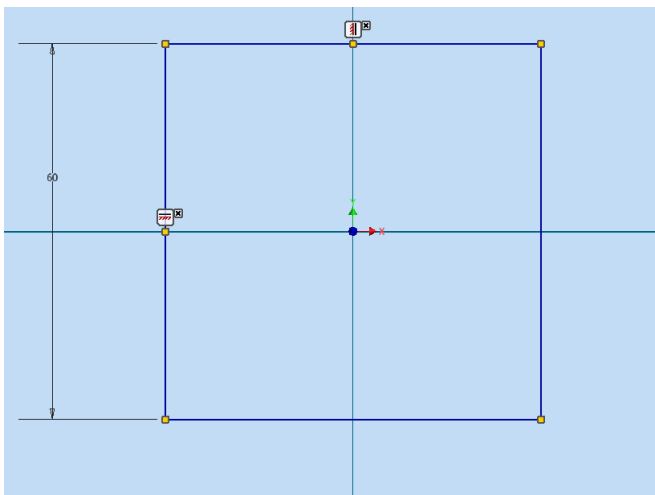
Piirustus määrittää esittämänsä kappaleensa tai kokoonpanon yksikäsitteisesti, sillä pienikin virhe tai mahdollisesti väärin tulkittava kohta voi johtaa virheelliseen valmistukseen. Tästä syystä on tärkeää että standardeja ja sopimuksia noudatetaan. Ennen käsin piirtämisessä mittojen selvyys korostui, koska useasti luettiin piirustusjäljennöksiä. Vaikka kyseinen ongelma on kadonnut ohjelmistopohjaisen piirtämisen myötä, mittojen selvyyttä on noudatettava. (Pere 2012, 1 – 2.)

## 4.2 Mallintaminen

Mallintamista ei ole standardisoitu vaan tapoja on yhtä monta kuin tekijöitäkin. Tämän työn mallintamisen perusteet pohjautuvat Kouvolan mekaanisen suunnittelun osaton tapoihin. Pyrkimys on pitää mallintamisen pohja mahdollisimman samana kaikille tekijöille, että mahdollinen osien muokkaaminen tai kopiointi olisi mahdollisimman helppoa tulevaisuudessa.

Mallintaminen pyritään tekemään aina mahdollisimman yksinkertaisesti ja XYZ -tasoja hyödyntäen ja mitoitus origoa hyödyntäen. Tämä mahdollistaa tulevaisuudessa kappaleen muokattavuuden. Tärkein muistettava akseli on Y-akseli, sillä se merkkää pystysuuntaa. Piirrokset pyritään pitämään mahdollisimman yksinkertaisina ja mittojen määrä pyritään pitämään vähäisenä reunaehtoja eli *Constraint*-työkaluja käyttäen. Reunaehtoihin kuuluvat muun muassa yhden-suuntaisuus, suorakulmaisuus ja tangentti. (Kukkonen 2019.)

Kuvassa 1 esitetään origokeskeinen neliö. Piirros on piirretty XY-tasolle, jossa Y-akseli osoittaa pystysuunnan, X-akseli vaakasuunnan ja Z-akseli on syvyys. Pystyviivan keskipiste on sidottu horisontaalisella reunaehdolla origoon ja vaakaviivan keskikohta on sidottu vertikaalisella reunaehdolla origoon. Näin neliö pysyy origokeskeisenä muutoksista huolimatta.

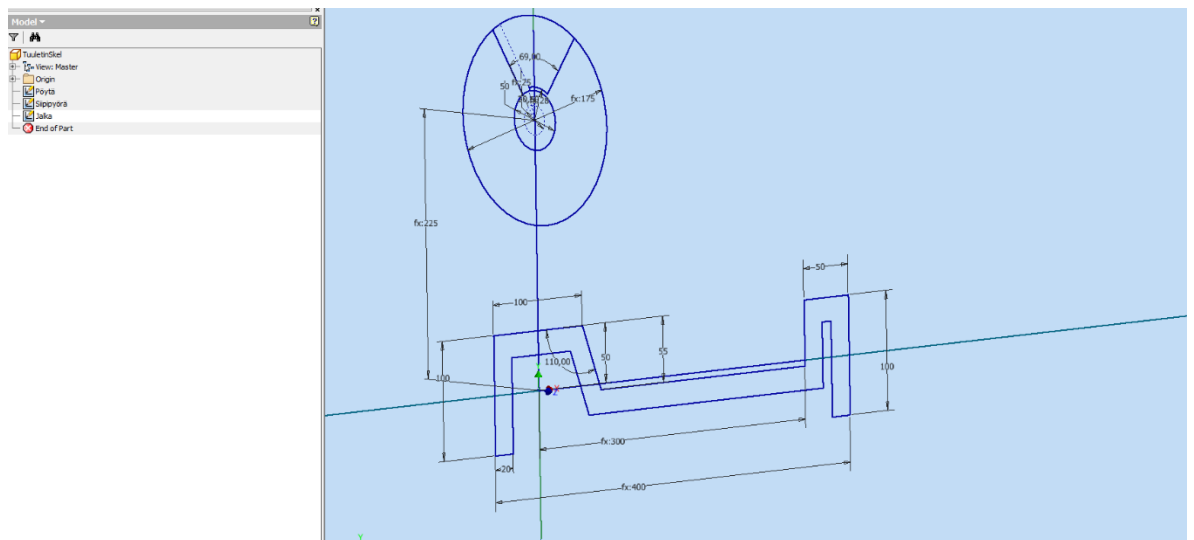


Kuva 1 Origokeskeinen neliö

Tietokonemallintamisessa on helppo luoda malli, joka on mahdoton valmistaa. Tästä syystä mallintamisessa huomioidaan myös valmistusmenetelmät ja valmistusvaiheet. Kappaleen piirrehistorialla pyritään simuloimaan valmistusvaiheita ja menetelmiä. Tämä mahdollistaa sen, että jo mallintamisen aikana on mahdollista huomata tulevat ongelmat valmistuksessa. (Kukkonen 2019.)

### 4.3 Skeleton-mallinnus

Skeleton-mallinnus on 3D-mallinnuksen edistyneempi muoto. Skeleton tarkoittaa peruskomponenttia, johon kokoonpanon kappaleet perustuvat. Peruskomponentti voi olla useampi piirros yhdessä osatiedostossa tai vain mallinnusohjelmiston funktiotyökaluun sijoitettavia mittoja ja yhtälöitä. Kuvassa 2 esitetään miltä harjoitustyön peruskomponentti voisi näyttää usean piirroksen kappaleena.



Kuva 2 Esimerkki peruskomponentista

Komponentissa on 3 piirrosta: pöytä, tuuletin ja jalka. Piirrosten mittoja on sidottu toisiinsa, esimerkiksi pöydän korkeuden muuttaminen vaihtaa siipipyörän korkeutta. Vaikka peruskomponentti on kaikille osille sama, joudutaan niille luomaan kuitenkin oma osatiedostonsa. Peruskomponentti tuodaan uuteen osatiedostoon, jossa vain halutun kappaleen piirrokselle pursotetaan materiaali. Materiaalin pursotuksen jälkeen kappaleille tehdään vaiheet, esimerkiksi poraukset, mitä ei peruskomponentissa kannata tai pysty esittämään. (Kukkonen 2019.)



## 5 Perehdytyskansion luonti

Perehdytyksen alussa suoritetaan testipenkki, eli työntekijälle annetaan valmiit kuvat, joiden avulla hän mallintaa kappaleet ja luo uudet piirustukset. Tämä toteutetaan yleensä SolidWorksillä (Solidworks 2020), sillä kyseinen suunnitteluohjelma on usean koulun käytössä. Kuvien valmistuessa nähdään työntekijän lähtötaso.

Arvion jälkeen työntekijä aloittaa Autocad Inventoriin tutustumisen työhönopastajan ohjeiden mukaisesti. Koska aloittavalla työntekijällä on tässä vaiheessa paljon kysymyksiä ja työvaiheiden muistiin jääminen vaatii toistoja, niin työhönopastaja joutuu irtautumaan omasta työstään useasti. Tämä ei tuota ongelmaa, jos opastettavia on yksi ja opastajan oma työkuorma on matala. Useamman harjoittelijan tai työntekijän aloittaessa samaan aikaan, joutuu opastaja liikkumaan opastettavalta opastettavalle. Kansion tarkoitus on vähentää opastajan työkuormaa.

Harjoittelujakso kestää noin kaksi viikkoa, minkä jälkeen aloitetaan ensimmäinen työtehtävä, jonka aikana tutustutaan SAPin (SAP 2020) ja Autodesk Vaultin (Autodesk 2020) käyttöön, koska kumpaakaan ei ole omaa harjoitusympäristöä. Molemmat ovat tiedonhallintasovelluksia. Autodesk vault on Etteplanin omassa käytössä ja ylläpidossa oleva tiedonhallintasovellus piirustuksille ja malleille. SAP on asiakkaan ylläpitämä tiedonhallintasovellus, johon jaetaan asiakkaalle menevät tiedostot. SAPista löytyy myös asiakkaan käyttämät materiaalit ja vakio-osat.

## 5.1 Mallintaminen

Kouvolan mekaanisen suunnittelun osasto on siirtymässä Autodesk Inventor 2012 -versiosta 2019 -versioon. Tästä syystä mallit päätettiin luoda uudemmalla versiolla. Huomattavia eroja ei vanhaan versioon löydy, joten tämä ohje toimii myös Autodesk Inventor 2012 -versiolle.

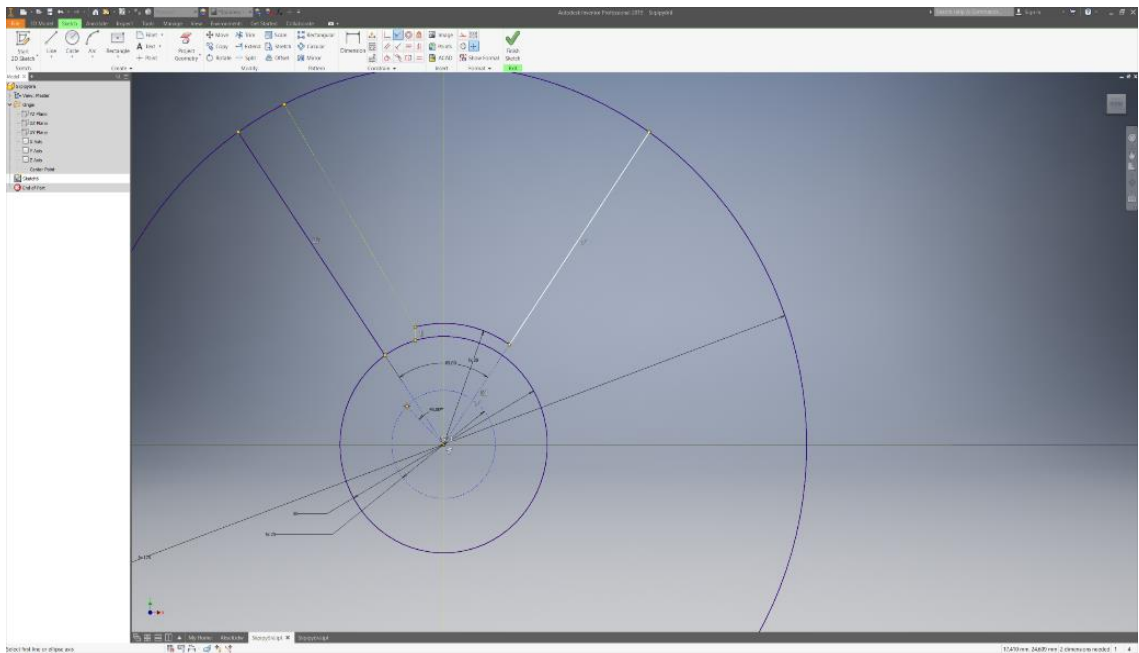
Mallintamisharjoituksessa päädyttiin luomaan käsin pyöritettävä tuuletin. Tämä kokoonpano sisältää sopivasti eri tavalla mallinnettavia osia, yhden hitsaus-/ ko-neistuskokoonpanon ja ostokomponentteja, kuten laakeri. Kappaleiden mallin-nuksen tärkeimpiä työkaluja ovat muun muassa: *extrude*-, *revolve*-, *constraint*-, *levytyö*- ja *derive*-työkalut.

Kappaleet ovat mitoitettu osto-osille: kahva (GanterNorm 2019), kumijalat (Gan-terNorm 2019) ja laakeri (SKF 2019). Osto-osia voi vaihtaa, mutta tämä vaatii mahdollisesti pieniä muutoksia harjoitusmalleihin ja piirustuksiin. Esimerkiksi laa-kerin sisähalkaisija tai laakeripesän pinnanlaatujen vaatimukset. Laakeriin liittyy myös kahvan lukkolevy, joka toimii myös akselin ja laakerin lukitsijana. Mallinnuk-sessa huomioidaan tämä jättämällä akselin kahvan puoli lyhyeksi, jolloin saadaan aikaiseksi puristus.

Kun uusi harjoittelija aloittaa tutustumisen, annetaan hänelle kansio, jossa on val-miit piirustukset kokoonpanoista ja osista, jotka hänen tulisi luoda uudelleen. Pii-rustusten lisäksi jokaiselle kokoonpanolle ja kappaleelle on kuvilla havainnollis-tetut ohjeet jokaisen kappaleen mallintamiseen.

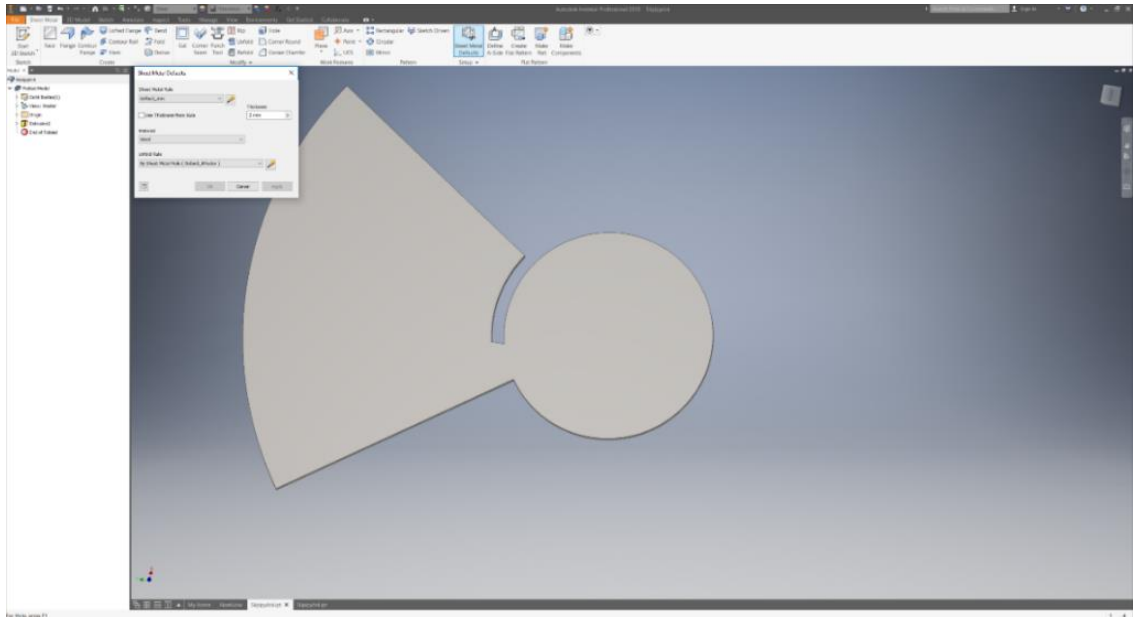
### 5.1.1 Siipipyörä

Siipipyörä toteutetaan levytyönä. Kappale aloitetaan mallintamalla XY-tason origosta ulko- ja sisäkehät ja siiven muoto. Samalla mallinnetaan apuviivoilla haluttu taivutuskohta siivelle ja pisteellä yhden kiinnitysreiän paikka. Kuvassa 3 esitetään siipipyörän piirrosta origosta mitoitettuna.



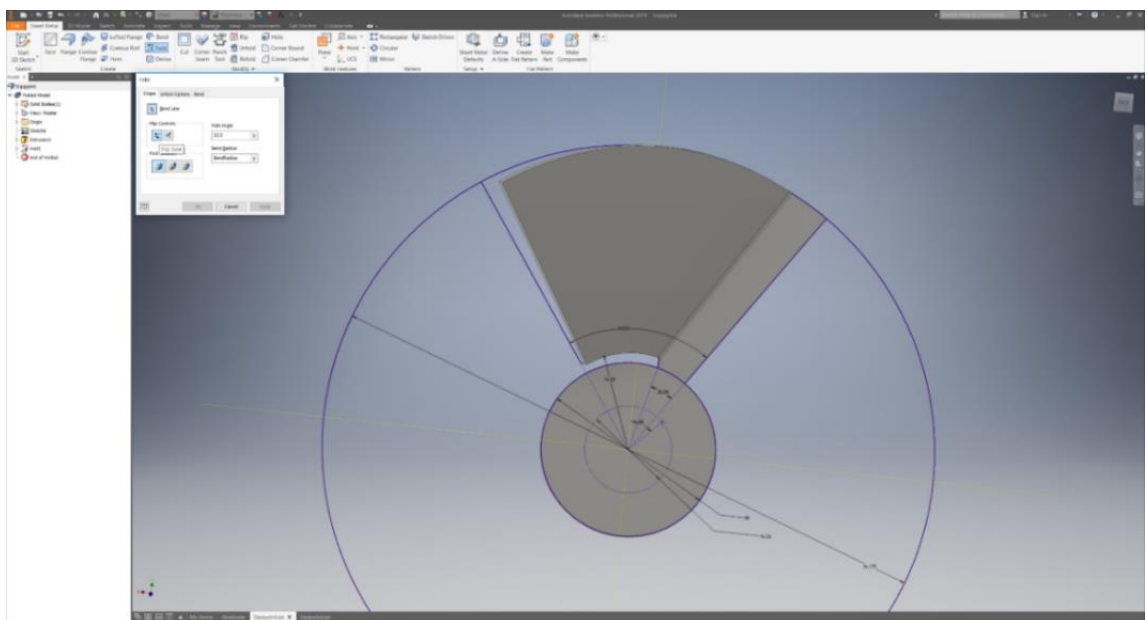
Kuva 3 Siipipyörän piirros.

Piirroksen valmistuttua kappaleelle pursotetaan *extrude*-työkalulla paksuus. Pursotuksen jälkeen luodaan kappaleesta levytyö *sheet metal* -työkalulla. Kuvassa 4 kappaleesta on luotu levytyö ja *sheet metal default* -työkalusta asetetaan levy-paksuus kappaleen paksuuteen, jotta taivutus voidaan suorittaa.



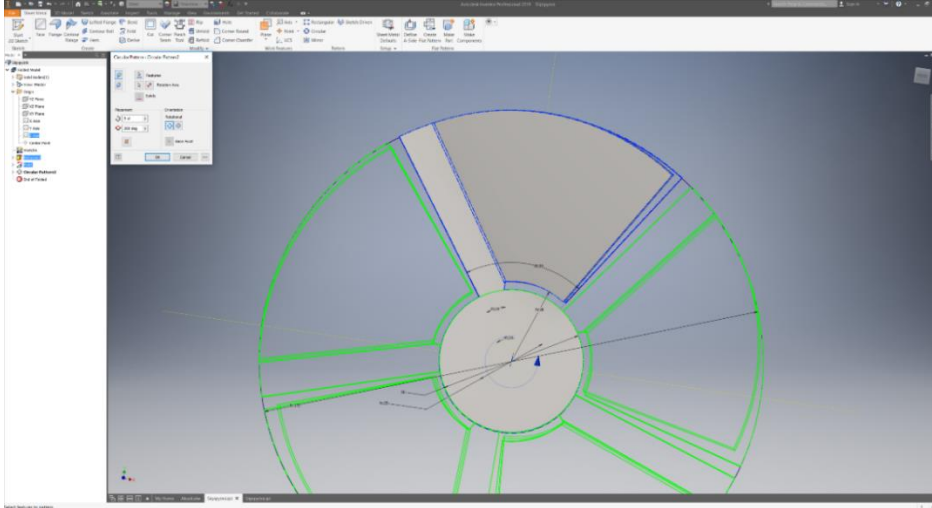
Kuva 4 Levytyö

Oikean levypaksuuden asettamisen jälkeen siipi taivutetaan *fold*-työkalua käyttäen kuvan 5 mukaisesti. Taivutukseen vaadittu piirros on tuotu näkyväksi valitsemalla se ohjelman vasemmassa reunassa sijaitsevasta *model*-valikosta *extrude*-vaiheen alta.



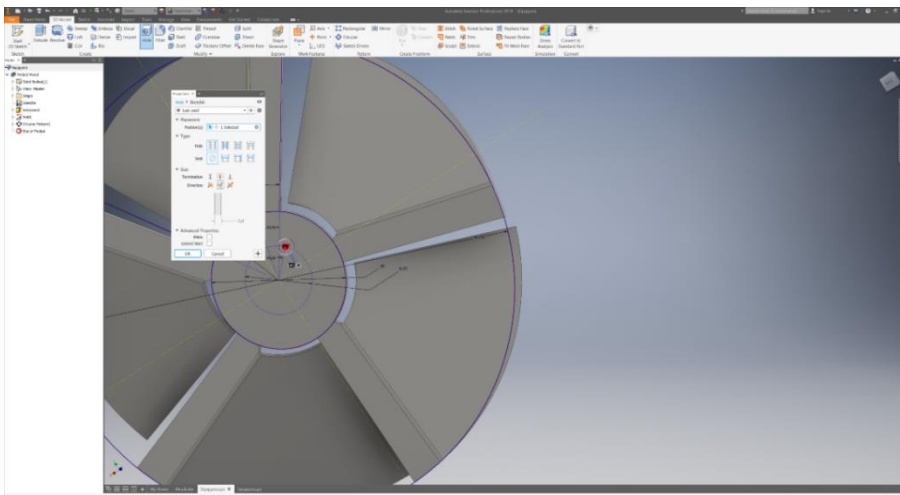
Kuva 5 Taivutettu siipi

Taivutuksen jälkeen luodaan kappaleelle lopullinen muoto *circular pattern* -työkalua käyttäen kuvan 6 mukaisesti. Työkaluun on määritetty toistettavat työvaiheet *extrude* ja *fold*, ja pyörähdyksiksi on määritetty Z-akseli. Työkaluun määritetään myös toistokerrat ja kulma.



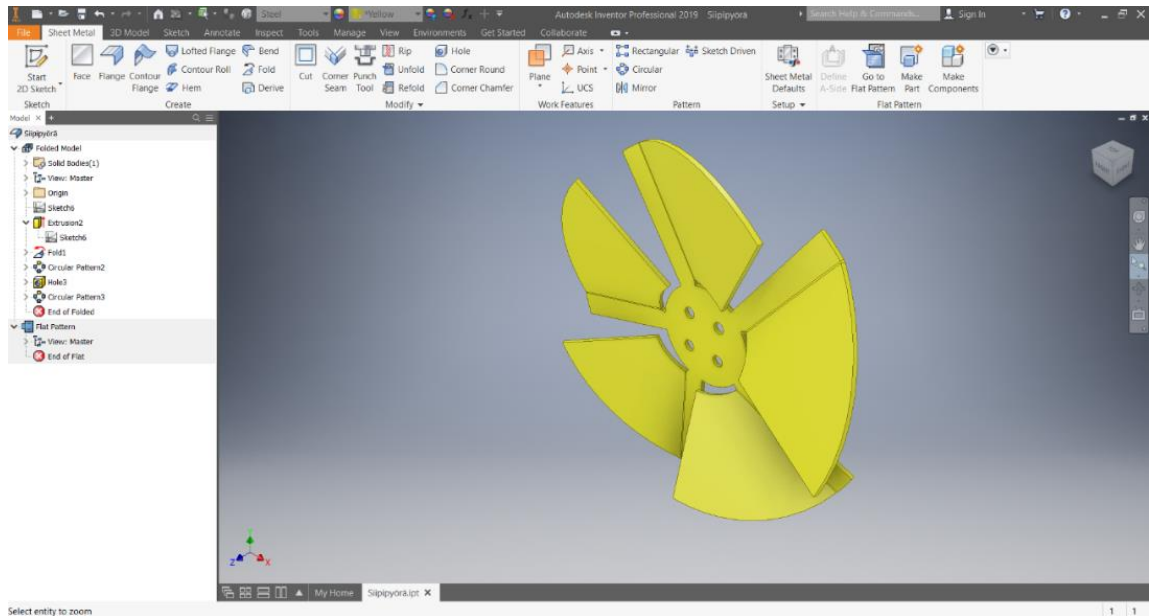
Kuva 6 *Circular pattern* -työkalu

Lopullisen muodon jälkeen siipipyörälle mallinnetaan *hole*-työkalulla kiinnitysreiät. Kuvassa 7 työkaluun on määritettynä reiän koko ja reikä on määritetty menemään kappaleen läpi.



Kuva 7 Kiinnitysreikä

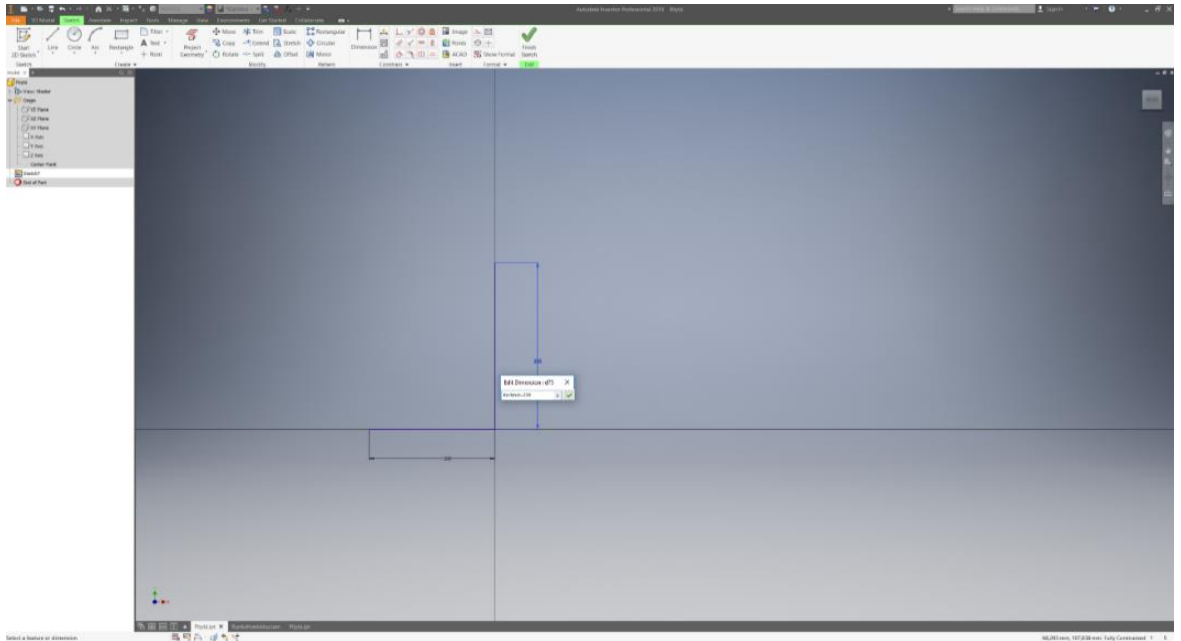
Reiän luonnin jälkeen valitaan *circular pattern*-työkalu ja määritetään luotu reikä toistettavaksi 4 kertaa ja pyörähdysakseliksi määritetään Z-akseli. Reikien luonnin jälkeen siipipyörä maalataan esittämään lopputuotteen oikeaa väriä (RAL1015) valitsemalla ohjelman yläreunasta *appearance*-työkalun viereisestä pudotusvalikosta haluttu väri. Kuvassa 8 on valmis siipipyörä.



Kuva 8 Siipipyörä

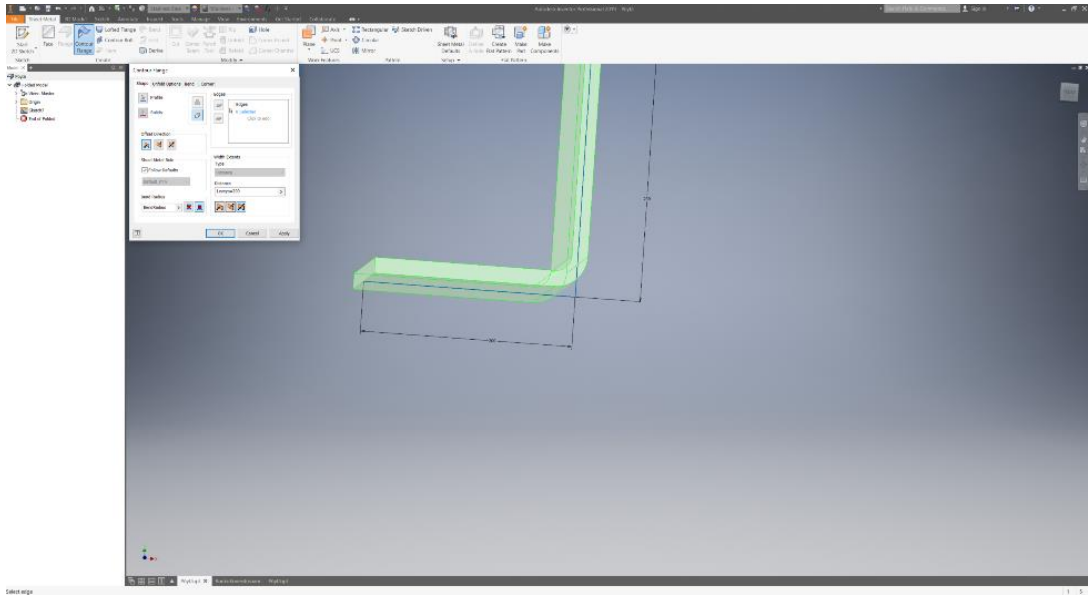
## 5.1.2 Pöytä

Pöytä toteutetaan levytyönä. Aluksi piirretään taivutetun pöydän korko ja syvyys -tasolle kahdella kohtisuoralla viivalla XY-tason origosta. Kuvassa 9 on esitettyä pöydän muotopiirros. Molemmat muotoviivat ovat sidottuna origoon ja niille on annettu suorakulmaisuus ehto.



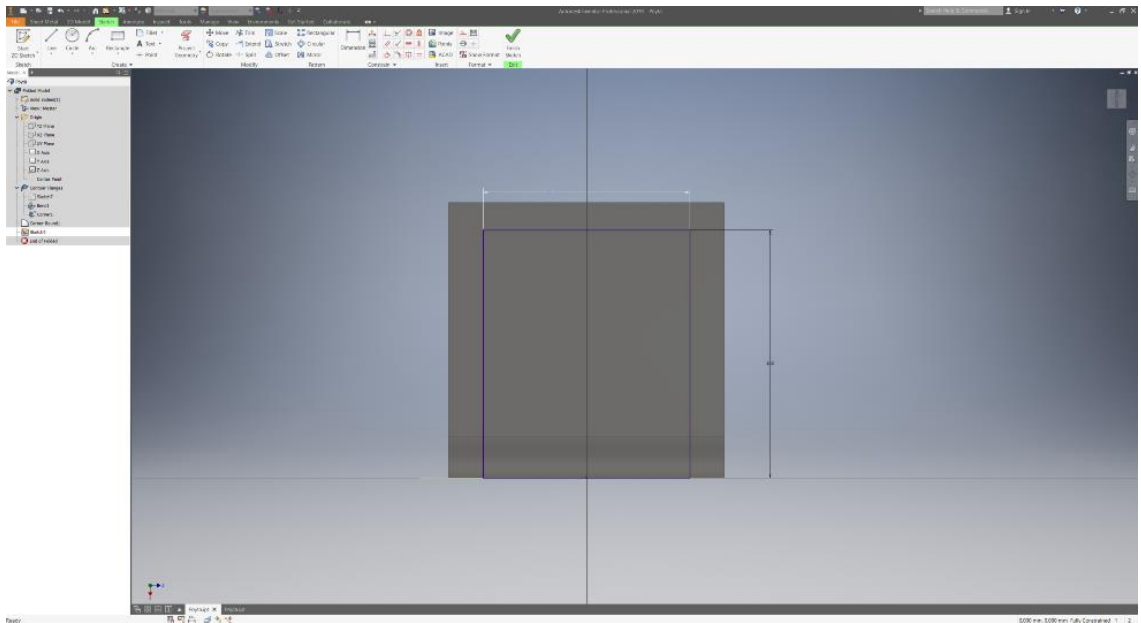
Kuva 9 Pöydän piirros

Kun piirros on valmis, luodaan kappaleesta levytyö ja asetetaan *sheet metal default* -työkalusta paksuudeksi haluttu pöydän paksuus. Materiaalin pursotus tapahtuu *contour flange* -työkalulla. Kuvassa 10 *contour flange* -työkaluun on määritetty muotoviivat taivutettavan kappaleen ulkopinnalle ja materiaali pursotetaan symmetrisesti XY-tason molemmille puolille. Näin kappaleen origo pysyy materiaalin keskellä ja YZ- ja XZ-tasot pysyvät kappaleen ulkoreunalla.



Kuva 10 *Contour flange* -työkalu

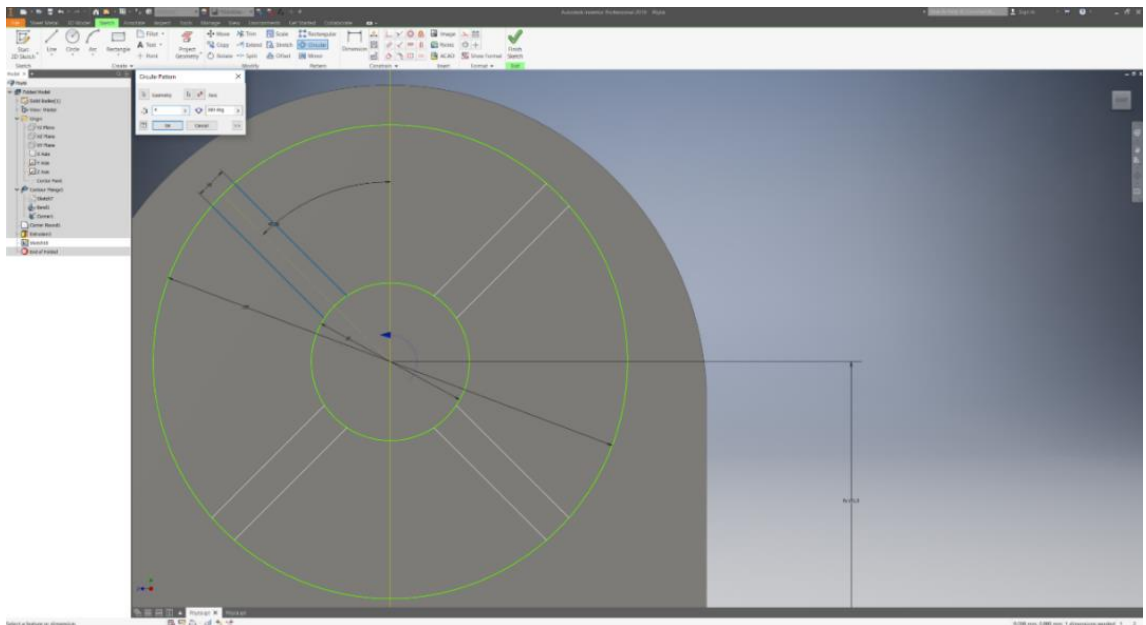
Seuraavaksi pöydälle luodaan pohjan kevennys. XZ-tasolle luodaan uusi piirros kuvan 11 osoittamalla tavalla. Piirrokseen on projisoitu X-akseli ja origo *project geometry* -työkalulla. Projisoinnin jälkeen on piirretty suorakaide haluttuun mittoihin ja alareuna on sidottu X-akseliin ja keskitetty origoon. Materiaalia poistetaan *extrude*-työkalulla valitsemalla *cut*-vaihtoehto.



Kuva 11 Pohjan kevennyspiirros

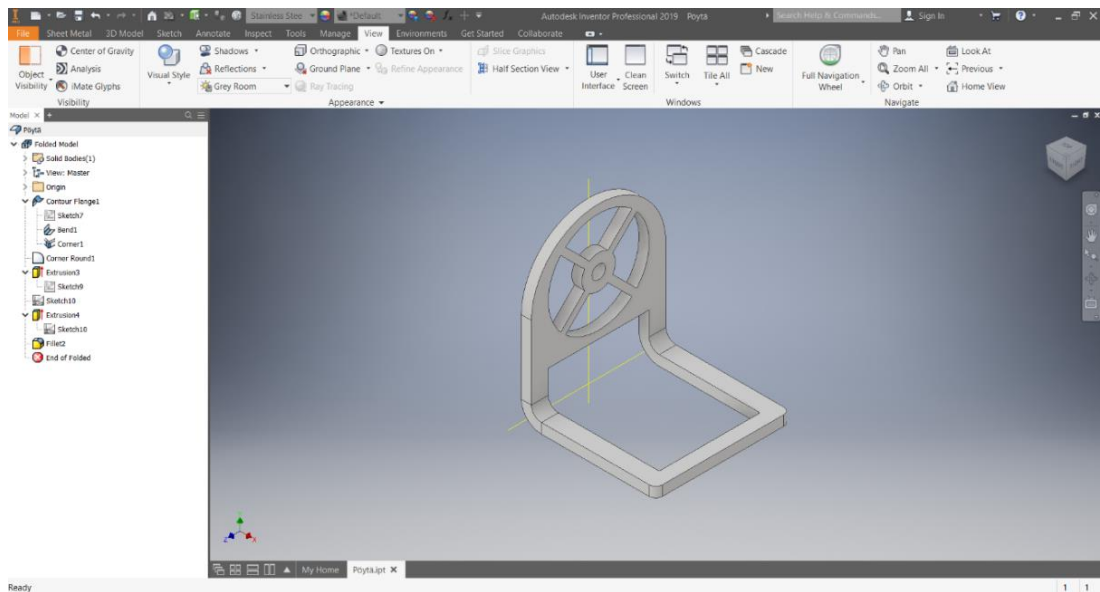


Kevennyksen jälkeen aloitetaan uusi piirros YZ-tasolle. Tasolle luodaan muoto *circular pattern* -työkalua hyväksi käyttäen. Piirros aloitetaan projisoimalla Y-akseli ja origo. Tämän jälkeen Y-akselille piirretään kaksi ympyrää ja keskikohta mitoitetaan origosta kuvan 12 esitettävällä tavalla. Samalla keskipisteeseen luodaan yksi piste reikää varten. Ympyröiden välille piirretään apuviiva ja kaksi muotoviiva, jotka määritetään puolittain symmetriseksi apuviivan molemmille puolille ja niille annetaan välimitta. *Circular pattern* -työkaluun valitaan toistettavaksi viivoiksi molemmat ympyrät ja molemmat muotoviivat ja kiertosuunnaksi valitaan pienemmän ympyrän kehä.



Kuva 12 Pöydän ilmanottoreikien piirros

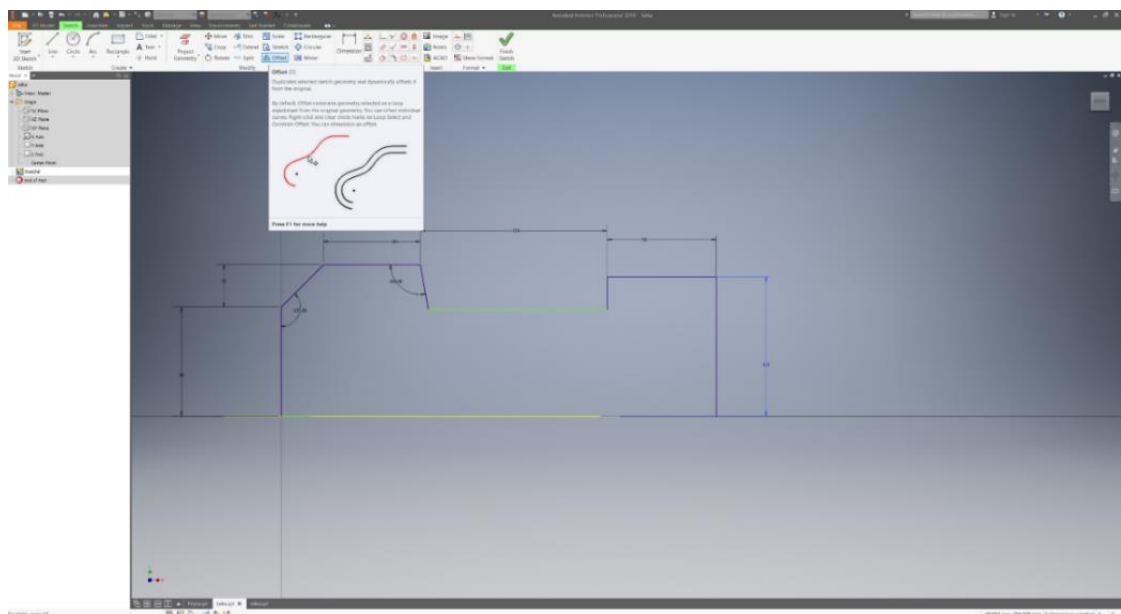
Materiaali poistetaan *extrude*-työkalun *cut*-vaihtoehdolla. Esikoneistus reikä luodaan *hole*-työkalua käyttäen. Lopuksi kulmat pyöristetään *fillet*-työkalulla. Kuvassa 13 on esitettyä valmis pöytä. Pöytää ei maalata tässä vaiheessa, koska maalaus toteutetaan vasta lopullisen koneistuksen ja hitsauksen jälkeen.



Kuva 13 Pöytä

### 5.1.3 Jalat

Jalat toteutetaan levytyönä. Ensimmäiseksi piirretään jalan ulkomuoto XY-tason origosta ja piirrokseen mitoitetaan kulmat ja pituudet. Kuvassa 14 on valittuna *offset*-työkalu, joka toistaa valitun muodon, ja luodaan jalan sisämuoto.

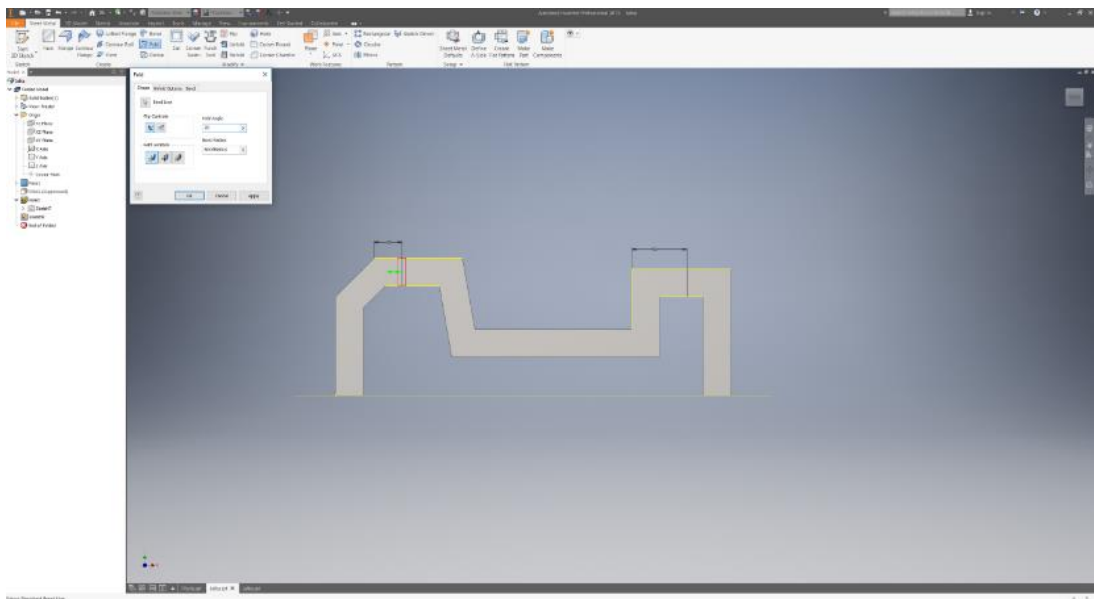


Kuva 14 Jalan muoto

Muotoviivat yhdistetään kahdella suoralla viivalla X-akselille ja annetaan jalalle leveys. Saatu muoto pursotetaan haluttuun paksuuteen *extrude*-työkalulla jättäen

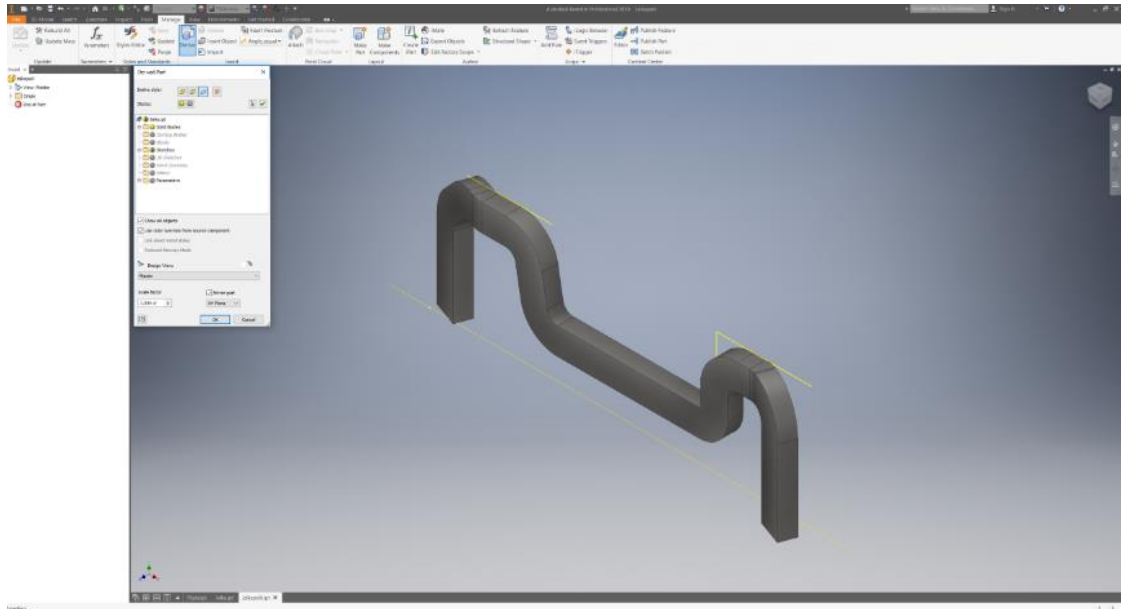
XY-taso jalan pinnalle. Pursotuksen jälkeen valitaan XY-taso ja piirretään ja mitoitetaan halutut taivutuskohdat apuviivoilla ja *project geometry*-työkalulla. *Create sheet metal*-työkalulla luodaan levytyö.

Seuraavaksi piirretään ja mitoitetaan jalan taivutusviivat uuteen piirrookseen. Taivutus suoritetaan *fold*-työkalulla kuvan 15 mukaisesti. Tämä toistetaan jalan toiselle viivalle vastakkaiseen suuntaan. Taivutuksen jälkeen valitaan XZ-taso ja mitoitetaan kaksi pistettä jalan pohjien keskikohtiin. *hole*-työkalulla luodaan kaksi 12mm syvää M5 -kierre-reikää. Lopuksi luodaan levitysmalli *create flat pattern*-työkalulla.



Kuva 15 Jalan taivutus

Toinen jalka luodaan *derive*-työkalulla peilikuvana. *Derive*-työkalulla voidaan tuoda yksittäinen osa tai kokoonpano uuteen osatiedostoon säilyttäen linkki vanhaan. Toisin sanoen, jos vanhaan tiedostoon tehdään, muutos näkyy kyseisen muutos myös uudessa tiedostossa. Kuvassa 16 on avattu uusi osatiedosto ja valittuna *derive*-työkalu.

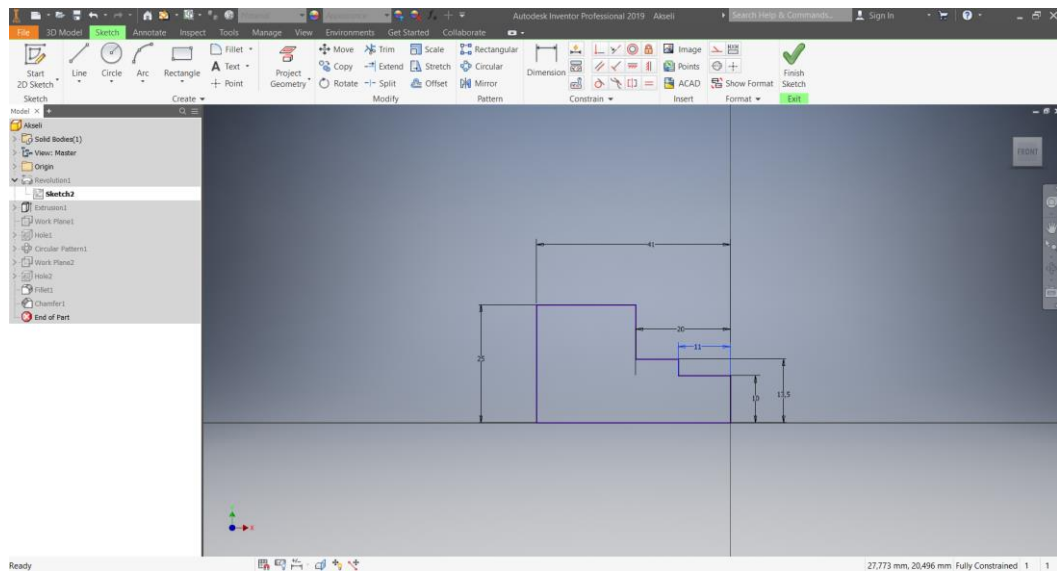


Kuva 16 *Derive*-työkalu

Työkalun valikosta valitaan *mirror part*-kohta ja tasoksi valitaan XY-taso. Koska kyseessä on yksi osa niin *derive*-kohdasta voidaan valita kohta 1-3 ja päädytään samaan lopputulokseen.

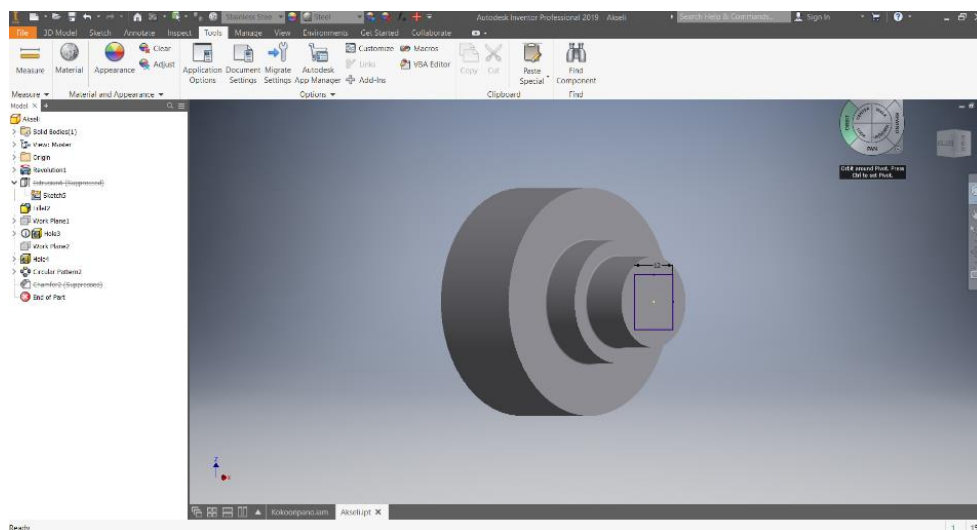
## 5.1.4 Akseli

Piirretään ja mitoitetaan akselin muoto XY-tason origosta. Akselin halkaisijan voi määrittää joko säteellä tai mittaa piirtäessä valitsee hiiren oikeasta napista tulevasta valikosta kohdan *linear diameter*, jolloin voi määrittää suoraan halkaisijan. Kuvassa 17 on esitettyä akselin muotopiirros X-akselilla. Muodolle pursotetaan materiaali *revolve*-työkalulla valitsemalla muoto ja pyörähdys akseliksi X-akseli.



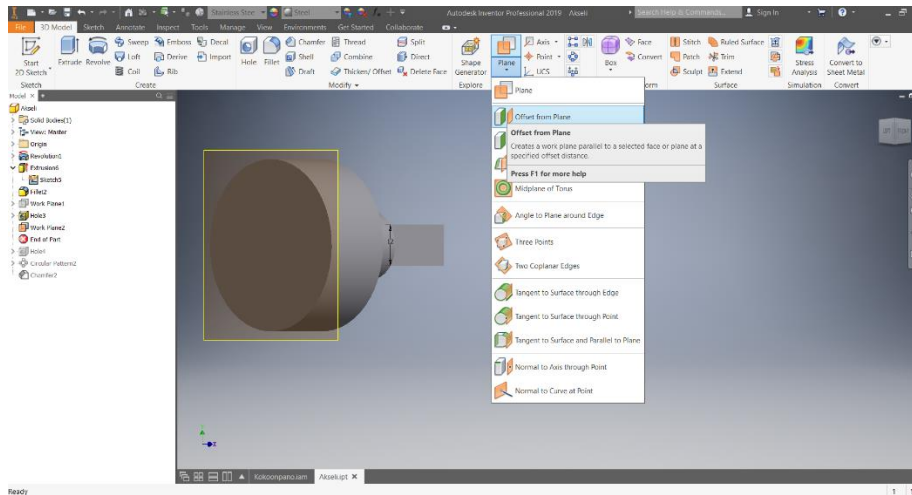
Kuva 17 Akselin muotopiirros

Pursotuksen jälkeen aloitetaan uusi piirros YZ-pinnalle ja luodaan kuvan 18 mukainen neliö. Tämä neliö pursotetaan vastakkaiseen suuntaan akselistä.



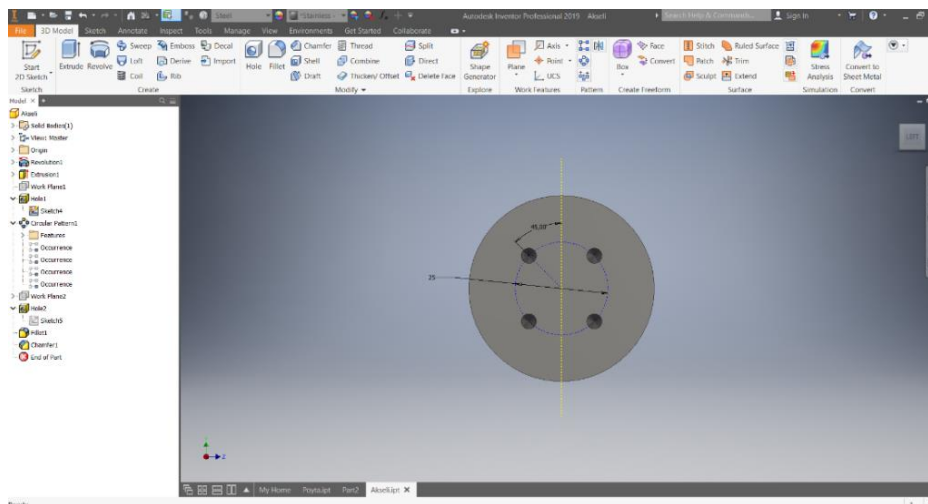
Kuva 18 Kahvan kiinnitys

Akselin siipipyörän kiinnityspinnalle luodaan kuvan 19 esittämä työpinta valitsemalla *plane*-valikosta *offset from plane*-kohta, valitaan YZ-taso ja asetetaan eromitaksi akselin pyöreän osan pituus painamalla kerran kyseistä mitta. Tämä sijoittaa akselin pituuteen, jolloin akselin pituutta muutettaessa, muuttuu myös työtason paikka.



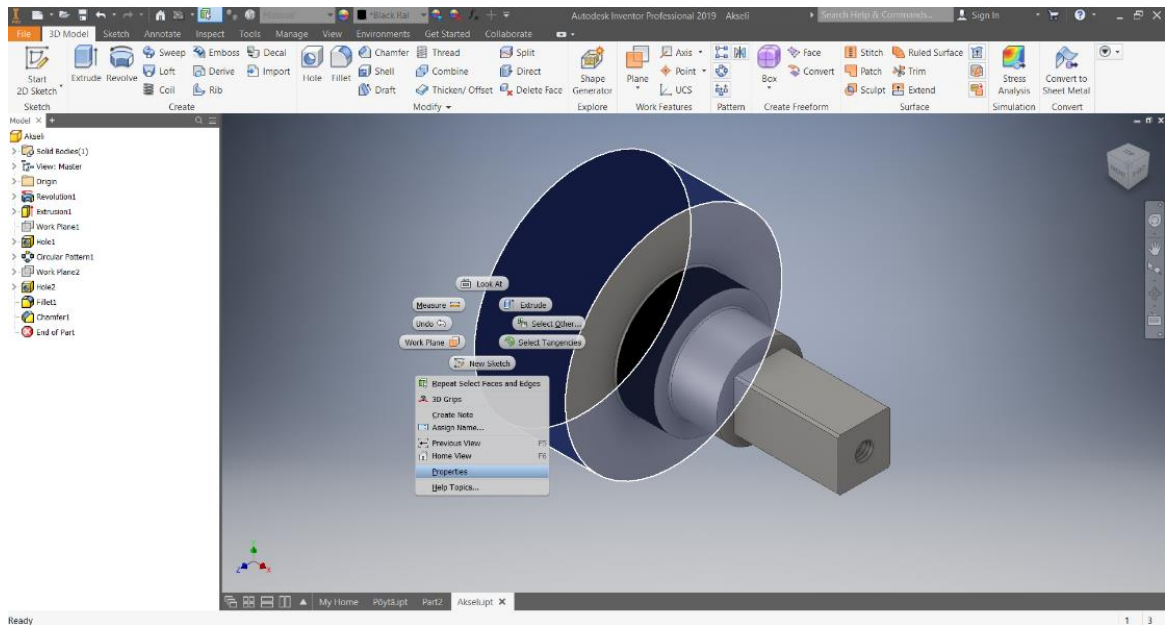
Kuva 19 Työpinta

Luodulle työtasolle luodaan uusi piirros. Piirroksessa luodaan apuympyrä ja sille sijoitetaan piste. *Hole*-työkalulla luodaan yksi reikä ja loput reiät luodaan *circular pattern*-työkalulla. Kuvassa 20 on esitettyä työtasolle luotu piirros ja reiät. Akselin toisen pään kiinnitysreiät luodaan vastaavalla tavalla uudelle työpinnalle.



Kuva 20 Akselin kiinnitysreiät

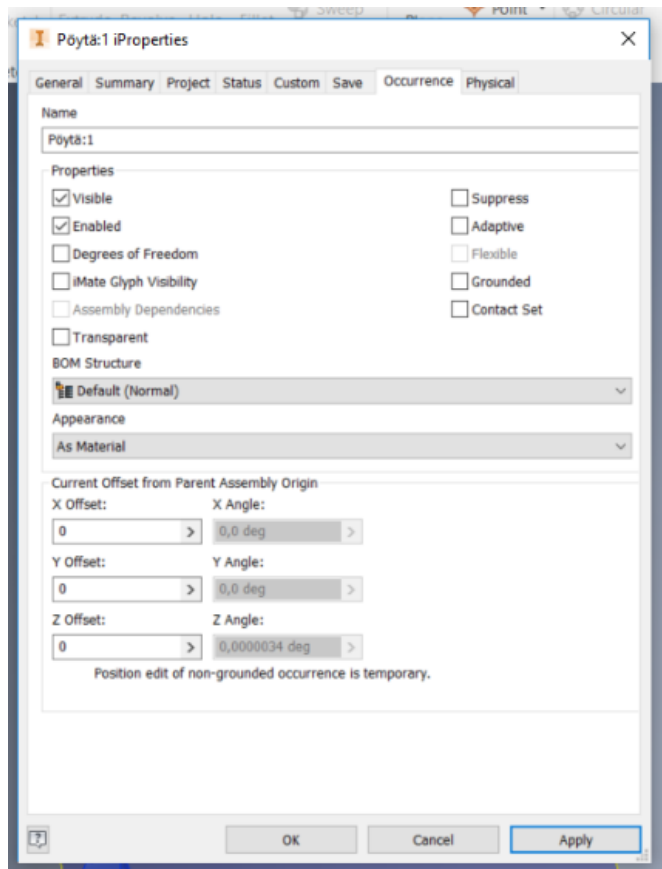
Akselin pyöritykset luodaan *fillet*-työkalulla ja viisteet *chamfer*-työkalulla. Akseli maalataan esittämään lopullista tuotetta. Koska akselissa on kiinnityspintoja ja laakerin vastapinta, sitä ei voida maalata kokonaan. Osittainen maalaus tapahtuu valitsemalla jokainen pinta erikseen ja asettamalla kyseiselle pinnalle haluttu väri. Kuvassa 21 maalataan akselin pinnat valitsemalla yläreunasta *vaihtoehto select faces and edges* vihreästä kuutiosta painamalla. Tämän jälkeen valitaan haluttu pinta ja hiiren oikealla napilla valitaan *properties*. Uudesta valikosta valitaan pinnan väri (RAL9005).



Kuva 21 Akselin maalaus

### 5.1.5 Pöytä ja jalat hitsauskokoontaminen

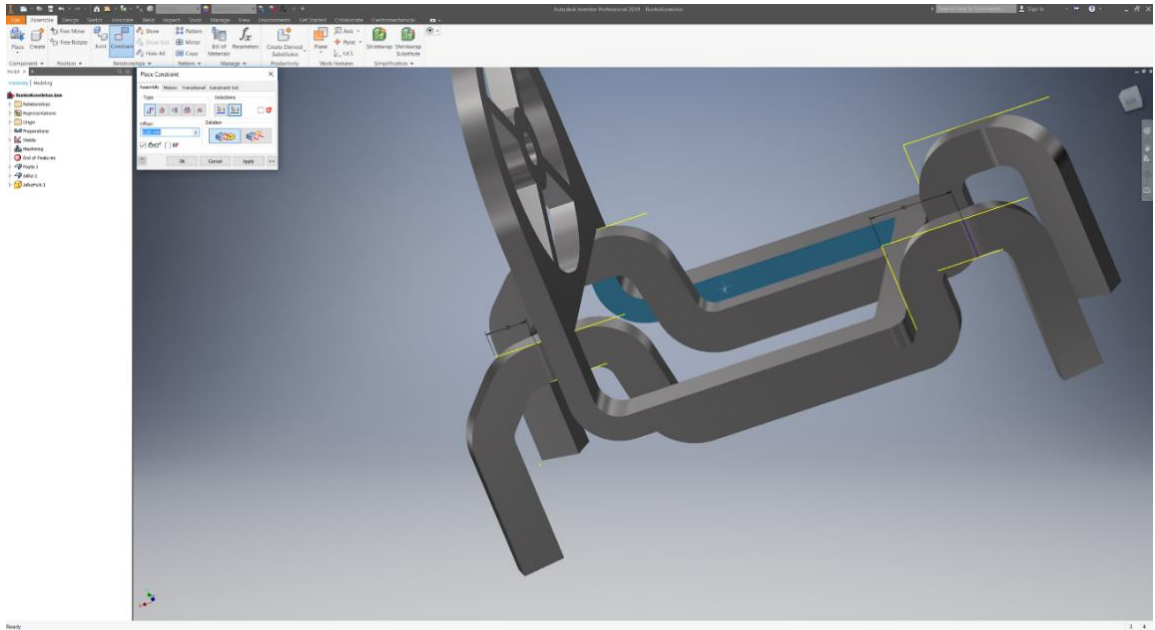
Luodaan uusi kokoonpano ja tuodaan ensimmäisenä pöytä kokoonpanoon. Asetetaan pöydälle *iProperties*-valikosta, joka löytyy painamalla kappaletta hiiren oikealla napilla *model* valikosta, koordinaatit (0,0,0) ja *grounded*-valinnalla kappale sidotaan paikoilleen koordinaatistoon. Kuvassa 22 on esitettyinä *iProperties*-valikko. Koordinaatit asetetaan *X*, *Y* ja *Z offset* -kohtiin ja *grounded*-kohta aktivoitetaan.



Kuva 22 iProperties valikko



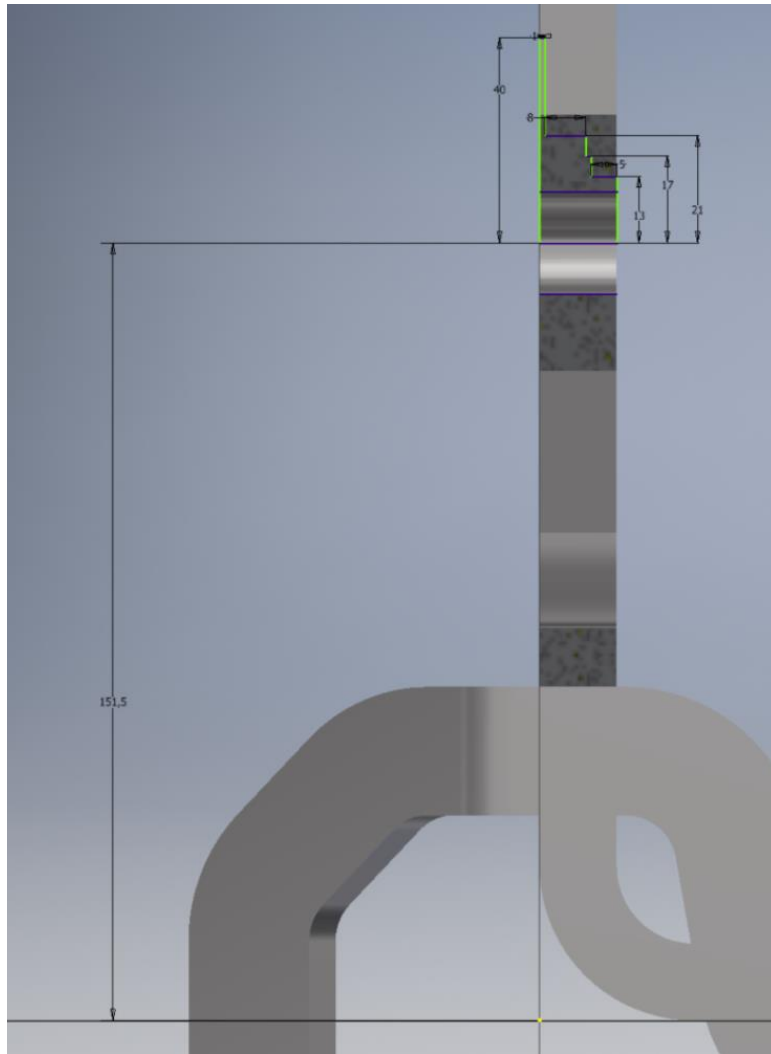
Pöydän paikoilleen sitomisen jälkeen kokoonpanoon tuodaan jalat, jotka sidotaan paikoilleen *constraint*-työkalulla. Kuvassa 23 esitetään *constraint*-työkalun käyttöä. Pinnoiksi on valittu pöydän sisäpinta ja jalan ulkopinta. Ne sidotaan toisiinsa *mate*-vaihtoehdolla. Sidottaessa jalkoja varmistetaan niiden menevän oikein päin.



Kuva 23 *Consrain*-työkalun käyttö

Seuraavaksi valitaan *machining*-työkalu *weld*-välilehdeltä ja luodaan uusi piirros XY-tasolle. Painamalla näppäimistöä F7 piilotetaan edessä oleva materiaali. Projisoidaan origo ja pöydän alkureiän viivat apuviivoiksi. Piirretään laakeripesän muoto ja mitoitetaan origosta. Materiaali poistetaan *revolve*-työkalun *cut*-vaihtoehdolla.

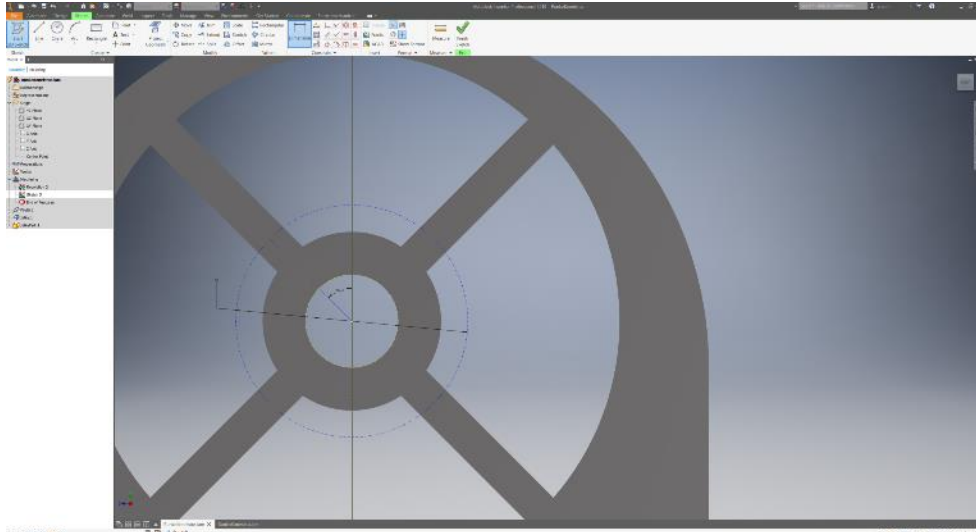
Kuvassa 24 esitetään kokoonpanon laakeripesän koneistuksen mitoitus. *Revo/ve*-työkalun pyörähdysakseli on mitoitettu origosta alkureiän keskelle.



Kuva 24 Laakeripesän mitoituspierros

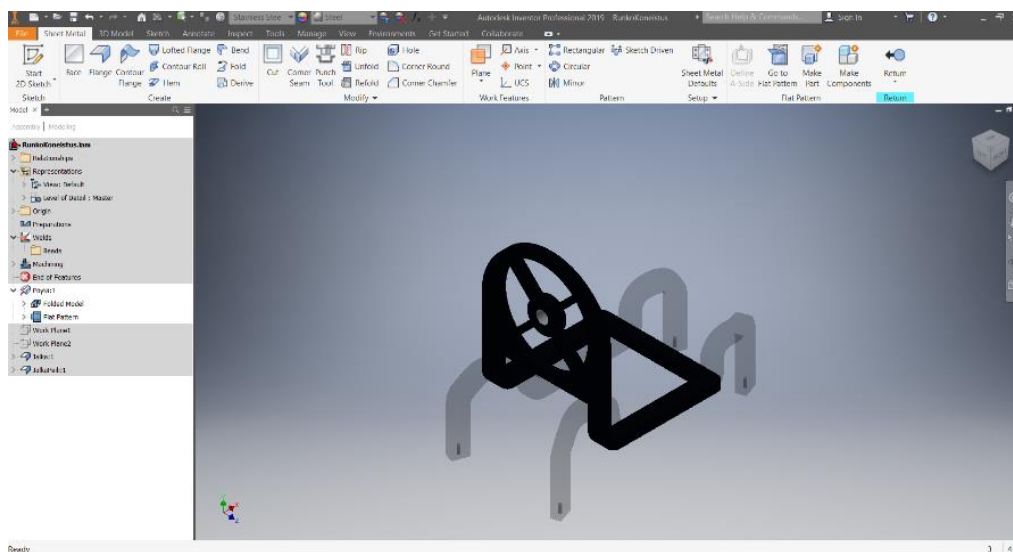
Laakeripesän mallintamisen jälkeen luodaan kannen kiinnitysreiät. Aloitetaan luomalla uusi piirros XY-tasolle. Projisoidaan keskireiän keskipiste ja Y-akseli. Keskipistettä hyödyntäen piirretään apuviivalla kehä, jolle määritetään piste Y-akselin avulla.

Kuvassa 25 esitetään apuympyrä ja sille piirretty piste. Tämän jälkeen kierrereikä luodaan *hole*-työkalulla ja *circular pattern* -työkalulla mallinnetaan loput reiät. Tämän jälkeen poistutaan *machining*-työkalusta ja osat maalataan.



Kuva 25 Kannen kiinnitysreiän määrittäminen

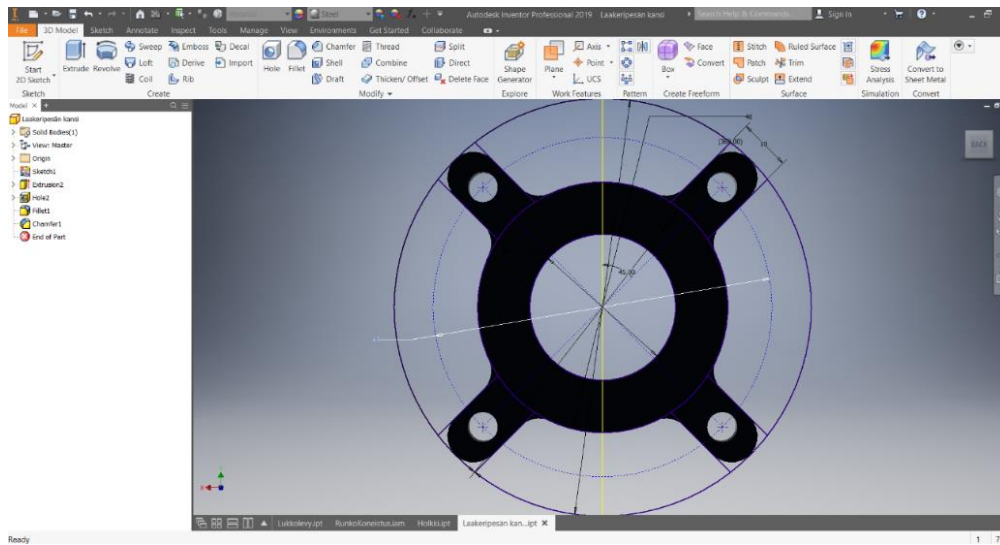
Koneistusten takia pöydän kaikkia pintoja ei maalata. Tästä syystä jokainen pinta joudutaan maalaamaan erikseen. *Model*-valikosta valitaan pöytä aktiiviseksi tuplaklikkaamalla kuvan 26 esittämällä tavalla, jonka jälkeen asetetaan vihreästä kuutiosta vaihtoehto *select faces and edges*. Valitaan joko pinta kerrallaan tai ctrl-nappi pohjassa jokainen maalattava pinta, ja properties kohdasta valitaan väri (RAL9005).



Kuva 26 Pyöden maalaus

### 5.1.6 Laakeripesän kansi

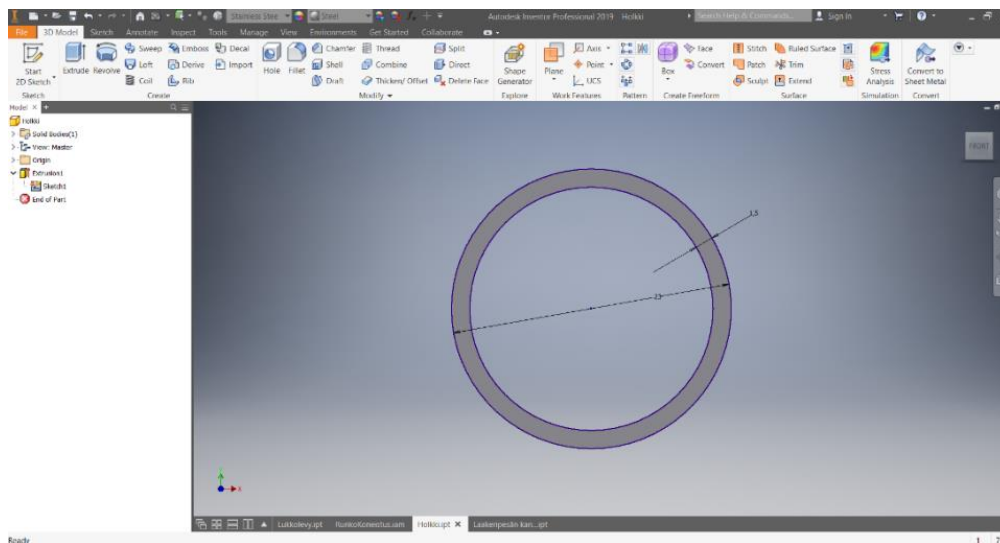
Laakeripesän kansi mallinnetaan pursottamalla kuvassa 27 näkyvän piirros. Reiät ovat tehty *hole*-työkalulla. Sisäreikään tehdään viiste *chamfer*-työkalulla laakeria vastaan tulevalle pinnalle ja reunat pyöristetään *fillet*-työkalulla. Kan-  
nesta maalataan sivut ja ulkopinta (RAL9005).



Kuva 27 Laakeripesän kansi

### 5.1.7 Laakerin pidäinholkki

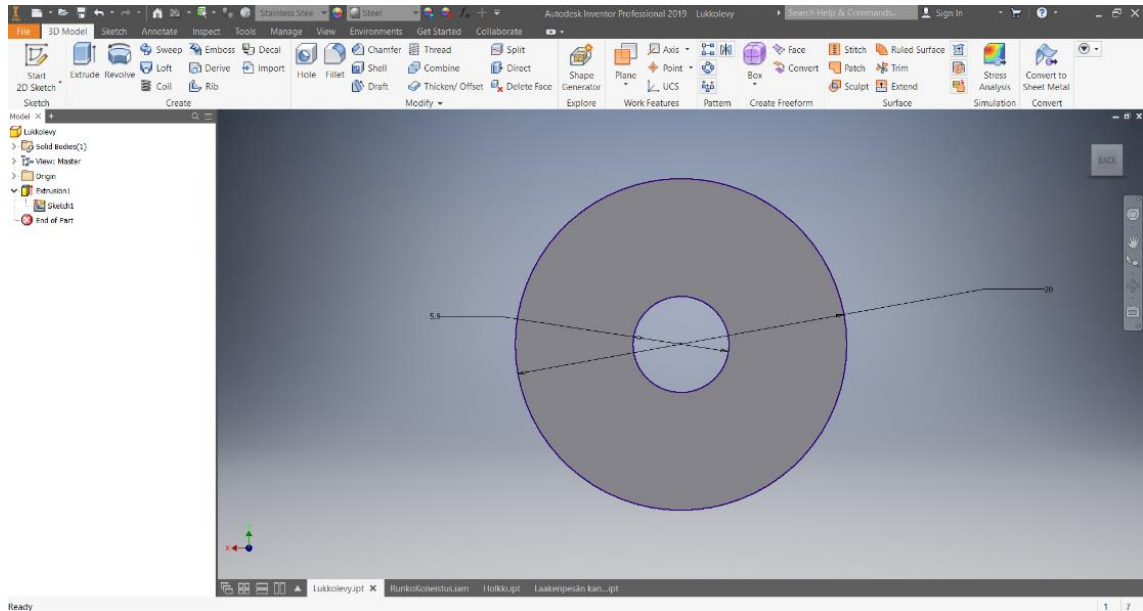
Pidäin holkki luodaan kuvan 28 esittämän piirroksen mukaisesti piirtämällä kaksi ympyrää ja pursottamalla haluttuun paksuuteen.



Kuva 28 Pidäinholkki

### 5.1.8 Kahvan pidätinlevy

Kuvassa 29 on esitettyä maalattoman lukkolevyn piirros ja pursotus. Levy voidaan maalata kokonaisuudessaan asettamalla yläreunasta *appearance* valikosta materiaalin väri.



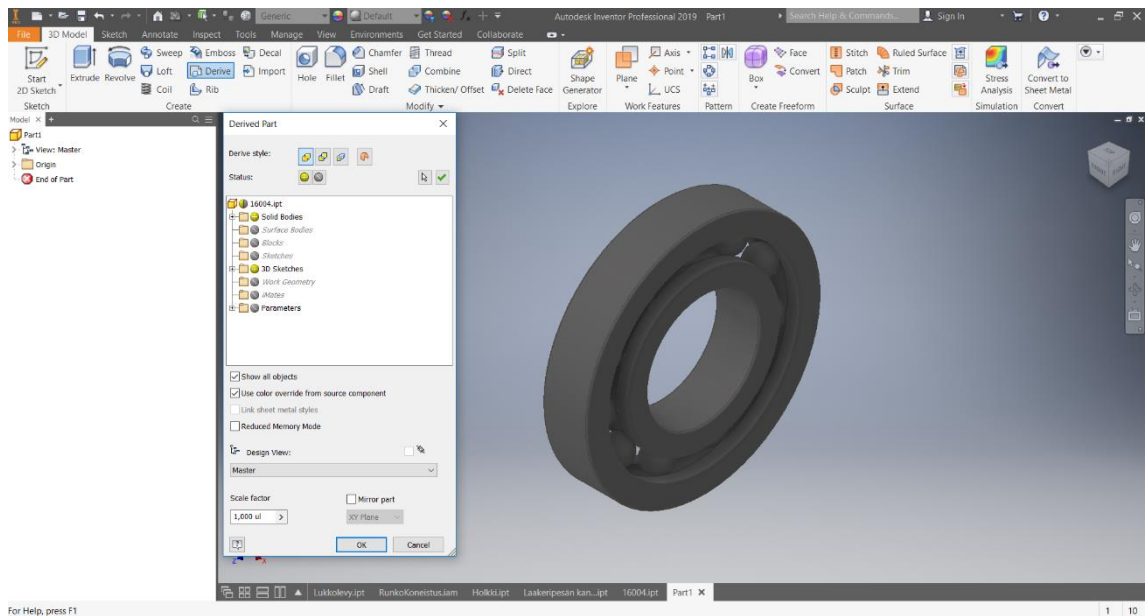
Kuva 29 Lukkolevy

### 5.1.9 Kahvan, laakerin ja kumijalkojen mallit

Harjoituksessa käytettävät kahva ja kumijalat löytyvät GanterNormin sivustolta (GanterNorm 2019). Sivusto vaatii ilmaisen käyttäjätunnuksen, että 3D-malleja voi ladata. Laakeri löytyy SKF:n sivustolta (SKF 2019).

Ganter ja SKF tarjoaa Inventor 2019 -versiolle suoraan oman *ipt*- eli osatiedoston. Jos kyseessä on Inventor 2012 -versio, osasta pitää ladata *STEP AP203* -tiedosto. Ladattu *STEP*-tiedosto tulee avata kerran, jotta Inventor voi luoda siitä oman osatiedoston, joka tallennetaan. Seuraava vaihe on sama kaikilla versioilla, avataan uusi osa ja *derive*-työkalulla tuodaan, joko *step*-tiedostosta tallennettu osa tai suoraan sivulta ladattu Inventor 2019 -osatiedosto.

Kuvassa 30 luodaan laakerista uusi osa. *Derive*-työkalusta valitaan tyyliksi *single solid body*. Kun kappale on luotu, mennään *model*-valikkoon ja valitaan hiiren oikealla napilla luotu malli ja pudotusvalikosta valitaan *Break link with base component*-kohta. Tämä valinta rikkoo linkin alkuperäiseen komponenttiin, jolloin alkuperäisen komponentin poistaminen tai muuttaminen ei vaikuta uuteen malliin.

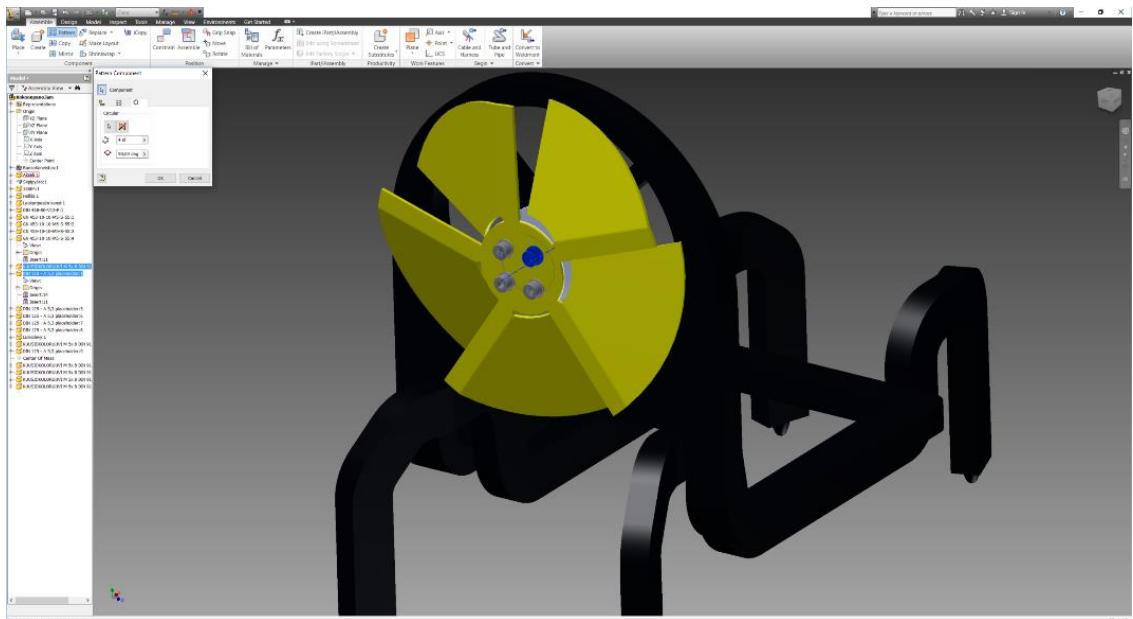


Kuva 30 Laakerin luonti

### 5.1.10 Kokoonpano

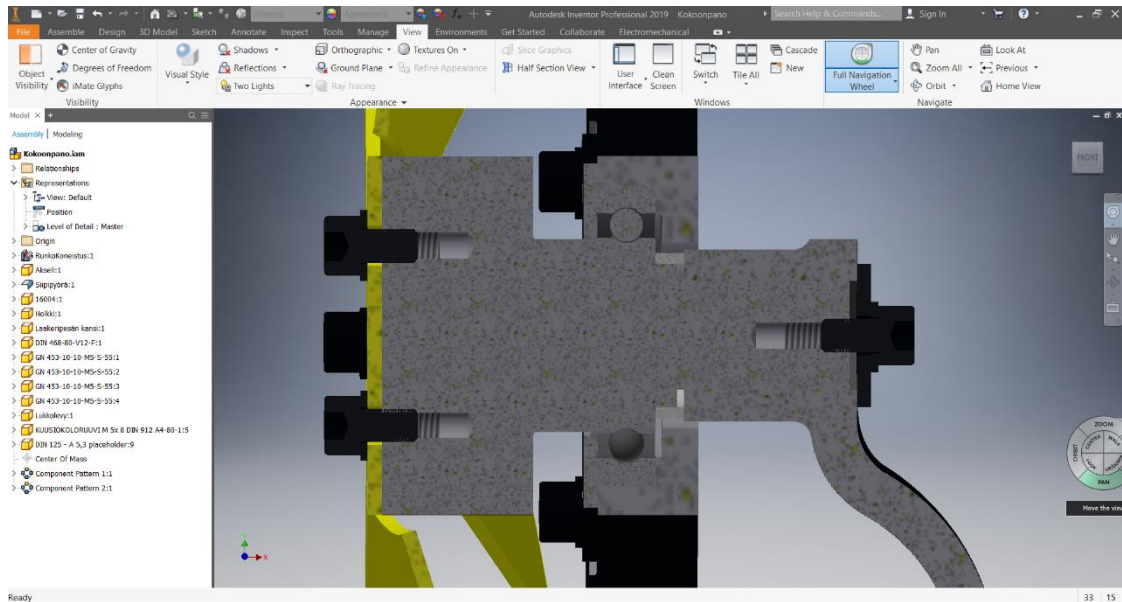
Kokoonpano aloitetaan luomalla uusi kokoonpanotiedosto. Ensimmäisen tuodaan hitsauskokoonpano ja asetetaan sen koordinaatit *iProperties*-valikosta (0,0,0) ja aktivoidaan *grounded*-kohta. Tämän jälkeen loput osat tuodaan osakerallallaan kokoonpanoon ja sidotaan toisiinsa *constraint*-työkalusta löytyvillä vaihtoehtoilla. Tärkeä huomioitava on siipipyörän asento. Sitomisen aikana tulee miettiä, kumpaan suuntaan tuuletinta pyöritetään. Vakio-osat eli ruuvit ja aluslaatat löytyvät *content center*:istä, vakio-osat voidaan maalata asettamalla *iProperties*-valikosta väri.

Kuvassa 31 luodaan *circular pattern*-työkalulla loput kuusioruuvit ja aluslaatat siipipyörän kiinnitykseen. Harjoituksessa on ruuveja ja aluslaattoja vähän, mutta osien monistaminen *pattern*-työkaluilla vähentää työtä huomattavasti, kun kyseessä on kymmeniä samanlaisia osia, tasaisin välein. View-välilehdeltä löytyvältä *half section view* -työkalulla voidaan tutkia kokoonpanon laakeripesää tarkemmin.



Kuva 31 Siipipyörän kiinnityksen pattern

Kuvassa 32 laakeripesä on puolitetty ja tarkennettu, jolloin pystytään tarkistamaan, onko esimerkiksi laakeri ja akseli yhteensopivia. Kuvasta näkyy myös hyvin lukkolevyn ja akselin väli, joka synnyttää akselin ja kahvan välille jännityksen. Akselia vedetään laakeria päin ja kahvaa puristetaan holkin välityksellä laakeria päin. Syntynyt puristus lukitsee laakerin akselille.



Kuva 32 Laakeripesän leikkaus

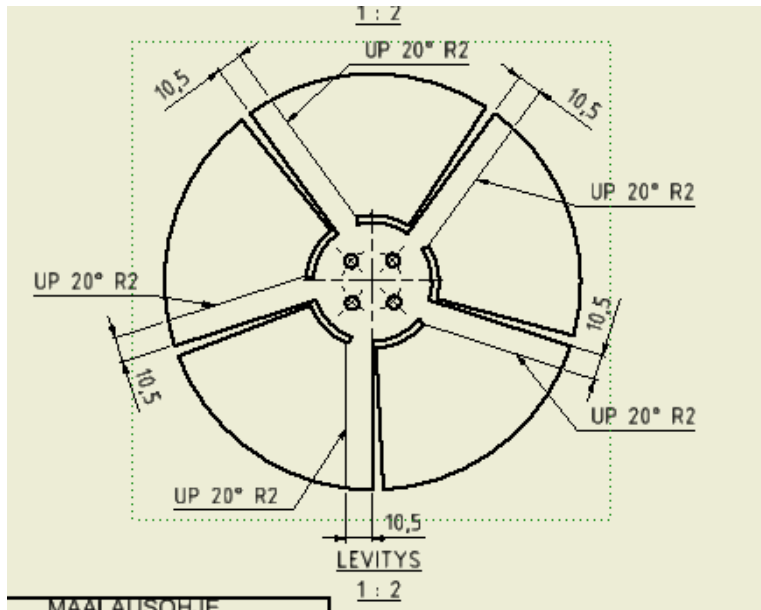
## 5.2 Piirustukset

Koska harjoittelijalle annetaan valmiit piirustukset (liite 1), joiden avulla tuotetaan mallit ja piirustukset uudestaan, käydään piirtämisen osiossa kuvista tärkeimmät kohdat ja erikoisuudet. Jokainen piirustus sisältää yleistoleranssi tarran ja osa sisältää myös maalaustarran. Nämä tarrat löytyvät piirustuksen löytyvät piirustuksen *model*-valikosta kohtien *Drawing Resources* ja *Sketched Symbols* alta.

### 5.2.1 Siipipyörä

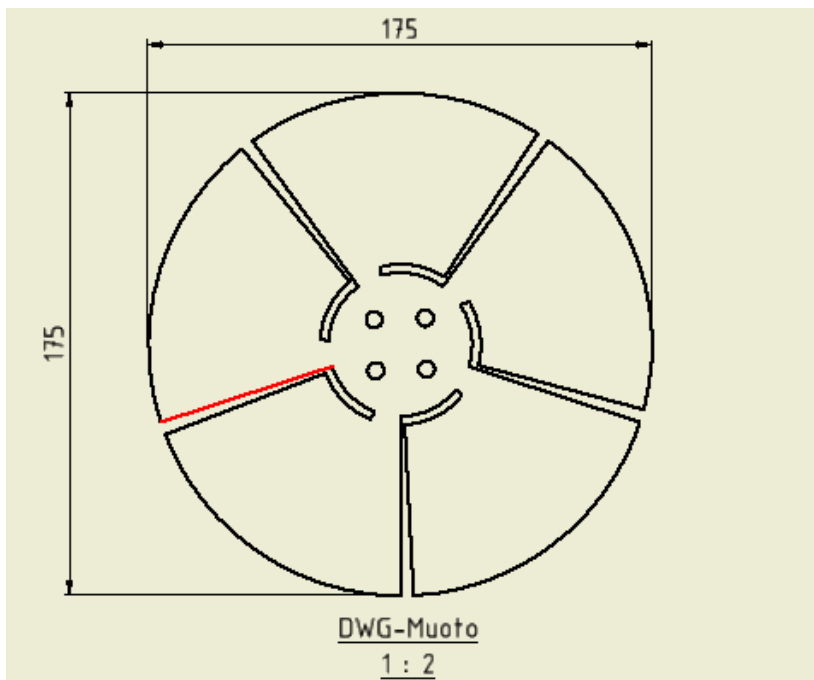
Luodaan uusi piirustus valitsemalla uusi tiedosto ja valitaan uusi piirustus pohja. Tuodaan siipipyörän *flat pattern* eli levitysmalli piirustukseen ja annetaan luodulle kuvalla nimi levitys. Kuvassa 33 on siipipyörän taivutuskuva. Taivutusmerkinnät luodaan *bend*-työkalulla. Tällöin taivutukset päivittyvät automaattisesti kuvaan, jos 3D-mallia joudutaan muokkaamaan.





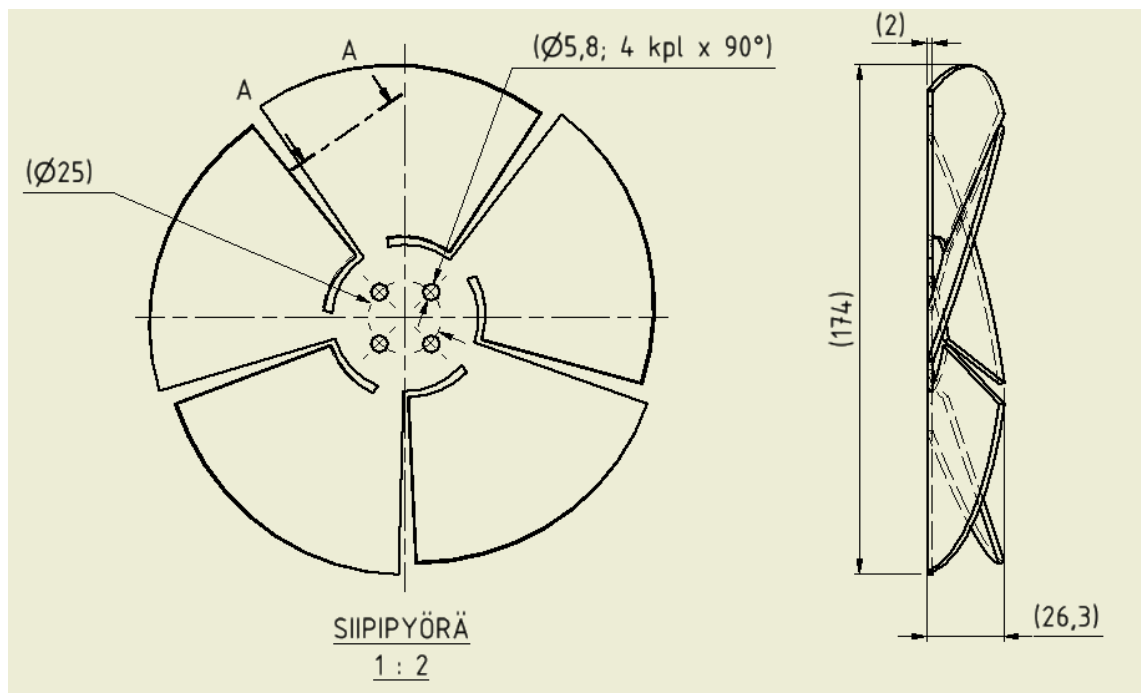
Kuva 33 Siipipyörän taivutus

Seuraavaksi piirustukseen tuodaan uusi levitysmalli, jolle annetaan nimi DWG-muoto. DWG-muodolla tarkoitetaan levyn muotoleikettä. Kuvassa 34 havainnollistetaan siipipyörän muotoleike. Kuvasta on piilotettu taivutusviivat ja reikiä ei merkata. Ainoat mitat ovat siipipyörän ääriimitat. Syynä tähän on, ettei muotoleikkausvaiheessa tapahdu ylimääräisiä leikkauksia.



Kuva 34 DWG-muoto

Kuvassa 35 on piirustukseen tuotu vielä kuva taivutetusta siipipyörästä ja sen kääntöprojektiosta havainnollistamaan lopputuotetta.

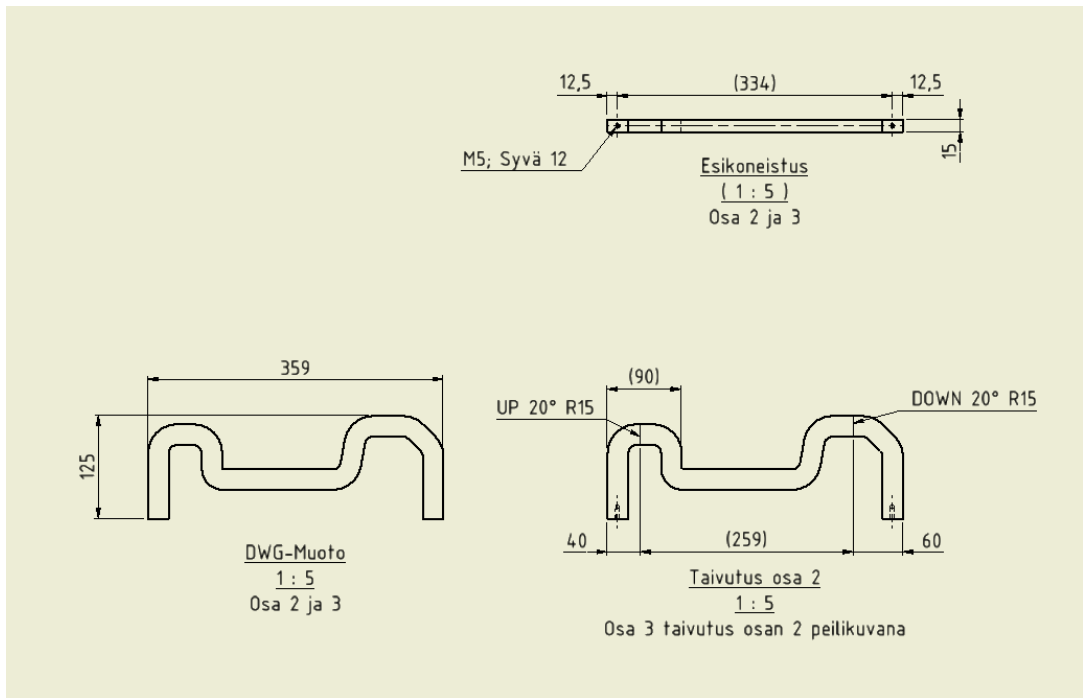


Kuva 35 Siipipyörän esitys

### 5.2.2 Hitsauskokoontapano

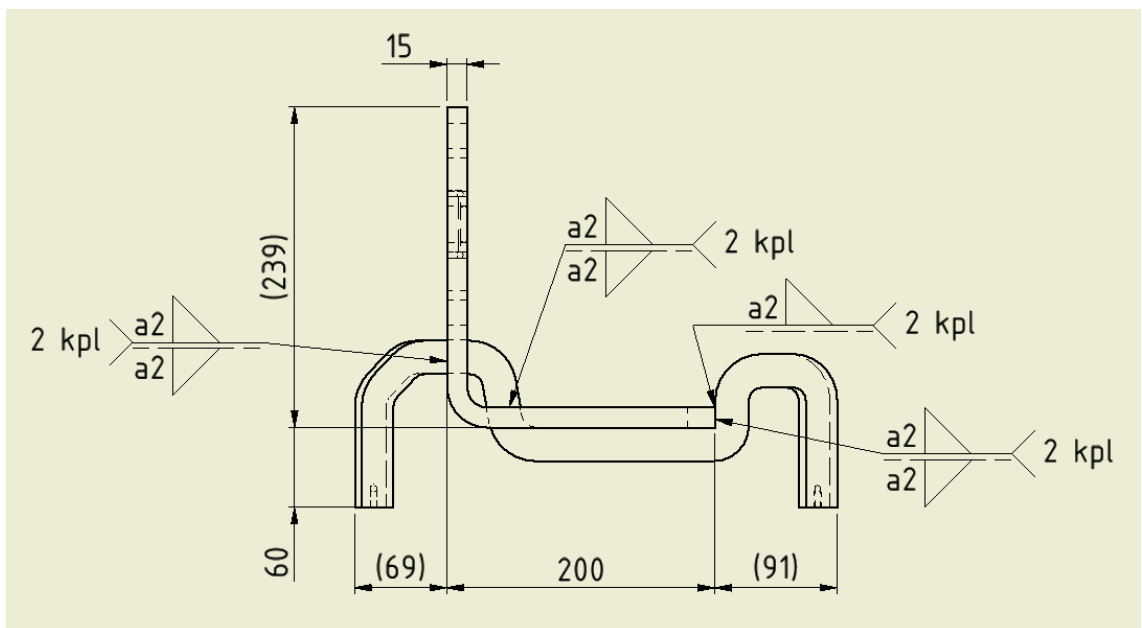
Hitsauskokoontapanossa on hitsauksien ja koneistuksen lisäksi myös pöydän ja jalkojen valmistuskuvat. Tämä tehdään helpottamaan asiakkaiden tilauksia, sillä jokaisesta piirustusarkista joudutaan tekemään oma tilausnumero ja käsittelemään piirustus kerrallaan. Tuomalla kokoontapanon kaikkien osien valmistuskuvat samaan piirustusarkkiin voidaan kokoontapano tilata kokonaisuudessa yhdellä työnumerolla.

Kuvassa 36 on esitettyä jalkojen valmistuskuvat. Vasemmalla on jalkojen muotoleike ja oikealla on taivutuskuva ja yläpuolelle projektiossa on mitoitettu reikien paikat. Koska jalat ovat identtiset taivutusta lukuun ottamatta voidaan työvaiheet kuvata yhden jalan kuvilla.



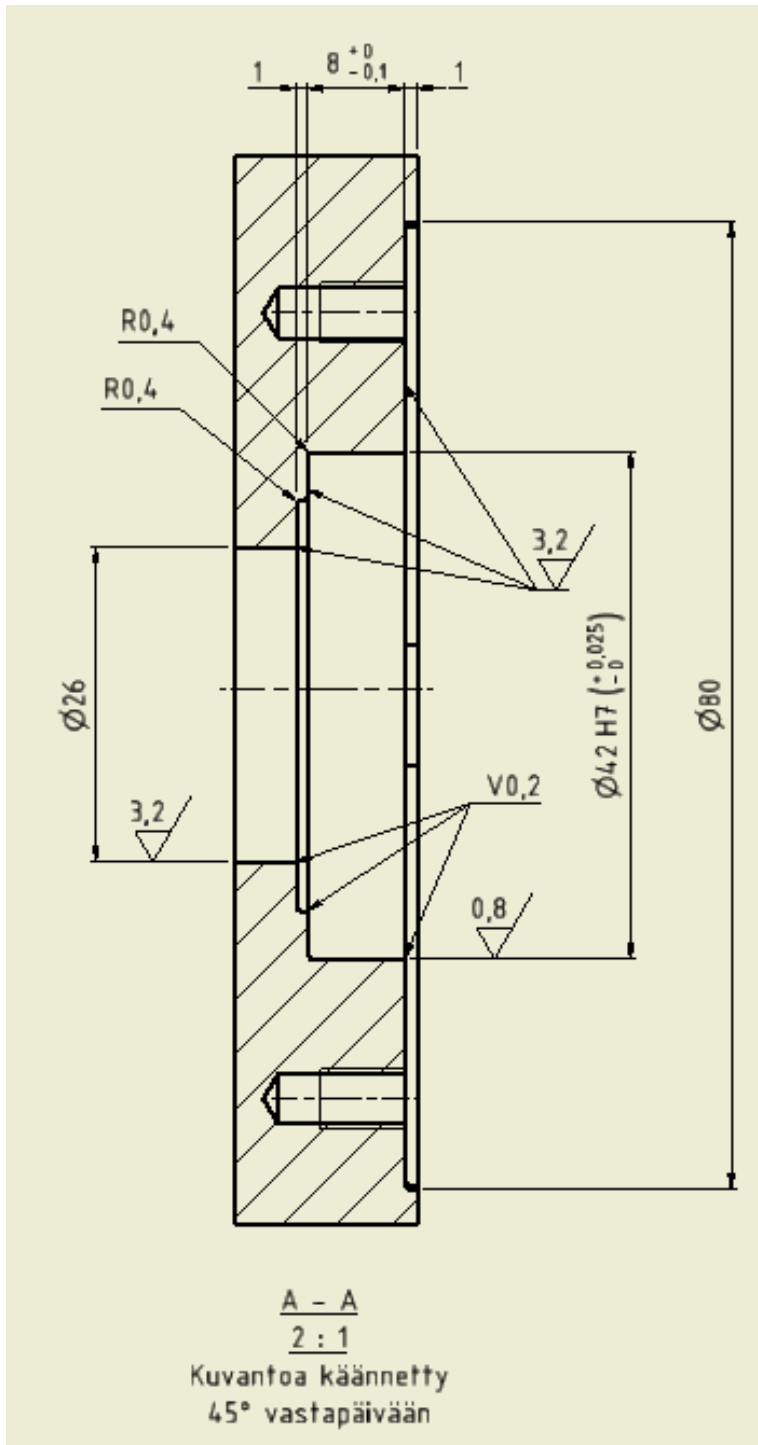
Kuva 36 Jalkojen valmistuskuva

Kun jalat ja pöytä ovat tuotu piirustukseen tuodaan itse hitsauskokoontapano. Hitsauskokoontapanosta tehdään kääntökuvat, joista yhteen merkataan hitsaukset. Kuvassa 37 on merkittynä jokainen hitsaussauma. Kappale on symmetrinen, jolloin voidaan molempien jalkojen hitsaukset merkitä samalla merkillä lisäämällä kappale määrä sauman perään.



Kuva 37 Hitsauskuva

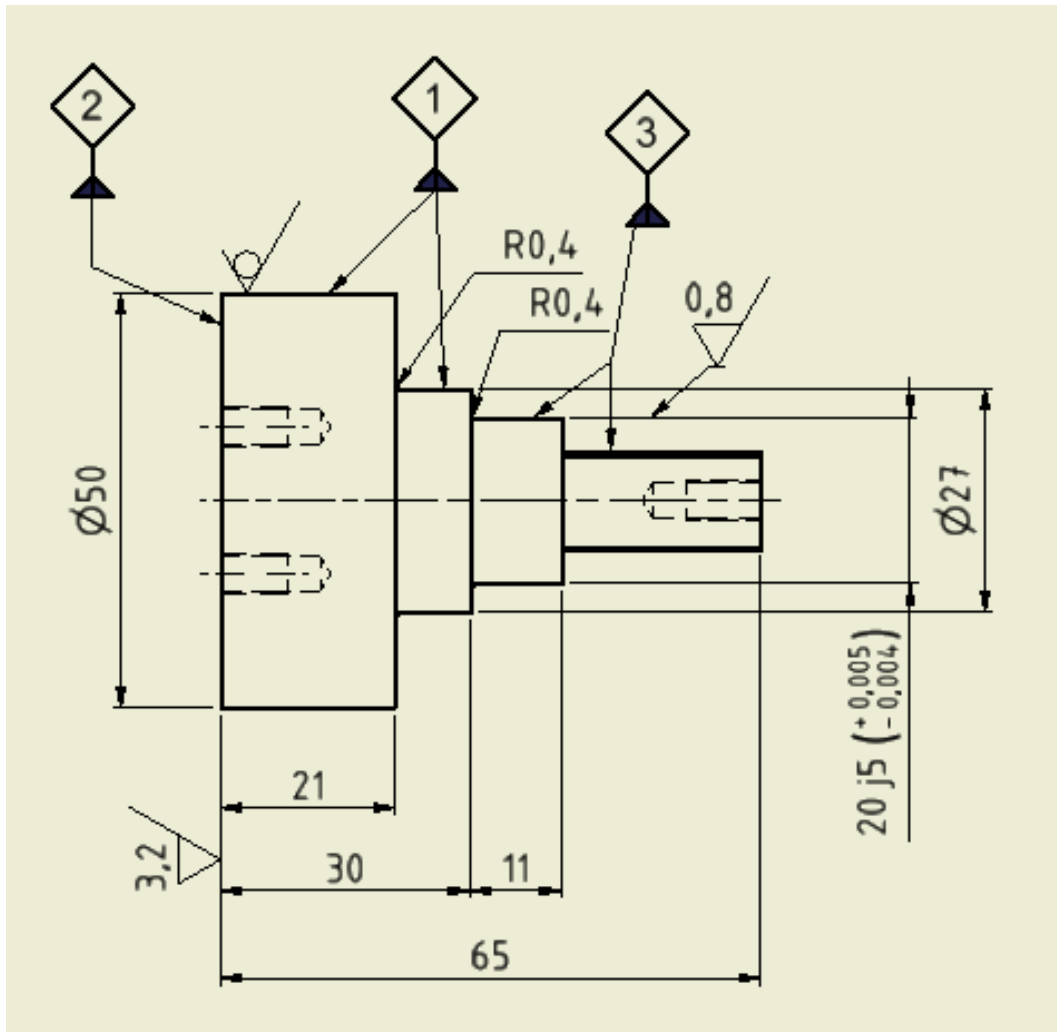
Laakeripesästä otetaan myös kuvan 38 poikkileikkaus, jotta pesän koneistukset voidaan esittää. Tärkeä huomioitava kohta on laakerin vaatimat pinnanlaadut ja toleranssit. Viistemerkinnyt ovat luotu tässä tapauksessa teksityökalulla



Kuva 38 Laakeripesän poikkileikkaus

### 5.2.3 Akseli

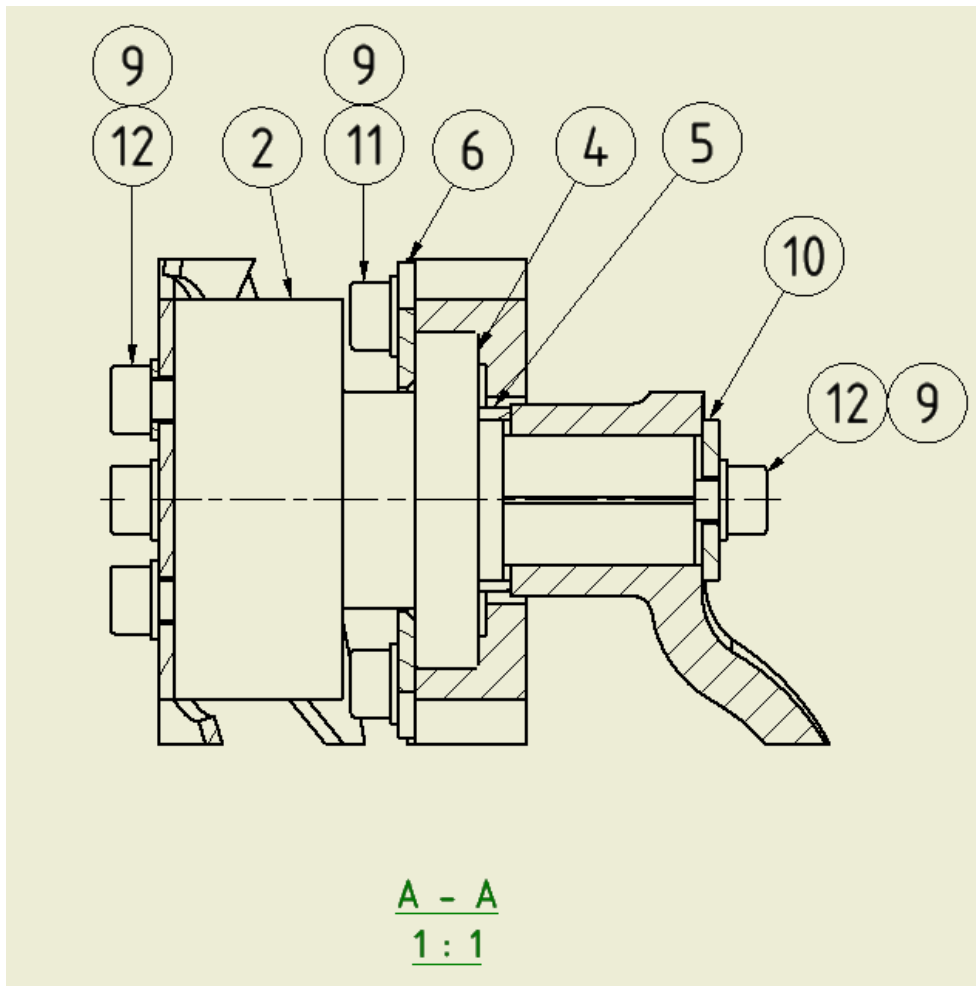
Myös akselin esittämisessä tärkeää muistaa laakerin vaatimat pinnanlaadut ja toleranssit. Kuvassa 39 esitetään akselin sivuprofiilin mitoitus. Maaluspintoja merkataan jalallisilla numeroilla: 1, 2 ja 3, jotka viittaavat maalaustarran ohjeisiin.



Kuva 39 Akselin mitoitus

#### 5.2.4 Kokoonpano

Luodaan uusi piirustus ja tuodaan kokoonpanon sivuprofiili. Tehdään yksi kääntökuva, jossa kuvataan tuuletin edestäpäin. Tästä kuvasta otetaan myös poikkileikkaus laakeripesän keskeltä. Näin tuodaan näkyviin pesän sisällä olevat osat. Kuvassa 40 esitetään laakeripesän poikkileikkaus havainnollistamaan osien sijoitusta.



Kuva 40 Laakeripesän poikkileikkaus

Osat ovat numeroitu palloilla: 2. akseli, 4. laakeri, 5. holkki, 6. kansi, 9 aluslaatta M5, 10. lukkolevy, 11. kuusioruuvi M5x8 ja 12. kuusioruuvi M5x10. Piirustukseen on myös hyvä tuoda isometrinen kuva tuulettimesta havainnollistamaan lopputulosta. Osaluettelosta ei tarvitse näkyä kuin osien nimet. Useasti osaluettelo syntyy automaattisesti esimerkiksi SAPin kautta.

## 6 Yhteenveto

Tehtävänä oli luoda harjoituskansio uudelle työntekijälle tai harjoittelijalle, keskityen Autodesk Inventor Professional -ohjelmiston opettelemiseen. Työ toimi myös opinnäytetyöntekijän perehdytyksenä Autodesk Inventor ohjelmiston käyttöön.

Valmistunut perehdytyskansio on vasta ensimmäinen versio, koska sitä ei päästy testaamaan valmistumisvaiheessa uuden harjoittelijan puutteessa. Tarkoituksena on, että harjoituskansion tekijä on mukana seuraavan harjoittelijan tai työntekijän perehdytysprosessissa ja kerää palautteen ansiosta. Kansiota muokataan palautteen perusteella.

Työhön onnistuttiin kuitenkin luomaan harjoituskokoonpano, joka on helppo hahmottaa mutta kattaa osastolla tarvittavan mallintamisen perustan. Kokoonpanoa pystyy tulevaisuudessa viemään pidemmälle, jos tarve vaatii. Esimerkiksi tuuletinelle voisi luoda suojakehikon, joka toisi uusia haasteita.

Työ toimi hyvänä perehdytyksenä opinnäytetyöntekijälle ja haasteita syntyi oikeaan rooliin asettumisessa. Koska kappaleet ja piirustukset luotiin sitä mukaan, kun tekijää perehdytettiin, oli haastavaa käsitellä perehdytystä valmiinansion kannalta.

## Lähteet

Autodesk 2020 [https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?\\_ga=2.32480637.235621328.1585222876-1089679940.1570786016](https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?_ga=2.32480637.235621328.1585222876-1089679940.1570786016) luettu 1.4.2020

Ettplan Oyj. 2020. <https://www.etteplan.com/fi/etteplan-lyhyesti> luettu 1.4.2020

GanterNorm 2020 <https://www.ganternorm.com/en/home> luettu 1.4.2020

GanterNorm 2019 [https://www.ganternorm.com/en/products/1.3-Adjusting-with-handwheels-and-cranks/Cranked-handles/GN-269-Stainless-Steel-Cranked-handles#L%C3%A4nge%20l%3Dc\(80\)%3Bs%3Du\(1e9f41d3-2bd6-4987-93ca-ff81d0f81448\)](https://www.ganternorm.com/en/products/1.3-Adjusting-with-handwheels-and-cranks/Cranked-handles/GN-269-Stainless-Steel-Cranked-handles#L%C3%A4nge%20l%3Dc(80)%3Bs%3Du(1e9f41d3-2bd6-4987-93ca-ff81d0f81448)) ladattu 10.10.2019

GanterNorm 2019 [https://www.ganternorm.com/en/products/3.4-Installing-lifting-dampening-with-levelling-feet-lifting-gear-and-rubber-elements/Rubber-buffers/GN-453-Buffers-Stainless-Steel#d1%3Dc\(10\)%3Bh%3Dc\(10\)%3Bd2%3Du\(88dc7f1c-368c-4f21-a596-5599c73962f1\)%3BForm%3Du\(5eb7f78b-4450-43ef-97e5-ed6d0e957bfb\)%3BH%C3%A4rte%3Du\(3452153a-47d0-4af6-9099-e131adfd588c\)](https://www.ganternorm.com/en/products/3.4-Installing-lifting-dampening-with-levelling-feet-lifting-gear-and-rubber-elements/Rubber-buffers/GN-453-Buffers-Stainless-Steel#d1%3Dc(10)%3Bh%3Dc(10)%3Bd2%3Du(88dc7f1c-368c-4f21-a596-5599c73962f1)%3BForm%3Du(5eb7f78b-4450-43ef-97e5-ed6d0e957bfb)%3BH%C3%A4rte%3Du(3452153a-47d0-4af6-9099-e131adfd588c)) ladattu 10.10.2019

Kukkonen, M. 2019. Pääsuunnittelija Etteplan Oyj. Haastattelut

Pere, A. 2012. Koneenpiirustus 1 & 2. 11.painos. Espoo: Kirpe Oy

SAP 2020 <https://www.sap.com/finland/index.html> luettu 1.4.2020

SKF 2019 <https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=16004> 10.10.2019

SKF 2020 <https://www.skf.com/fi> luettu 1.4.2020

SolidWorks 2020 <https://www.solidworks.com/> luettu 1.4.2020



