

Yusuf Musawi

Käyttöohje mallinnukseen ja 3D-tulostukseen

Työn tyyppi (Opinnäytetyö)

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Yusuf Musawi

Työn nimi: Käyttöohje mallinnukseen ja 3D-tulostukseen

Ohjaaja: Mettälä Jorma

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 50

Liitteiden lukumäärä: 4

Tämän projektin tarkoitus oli laatia peruskäyttöohje kahdelle 3D-ohjelmalle, jotka ovat Solid Edge -mallinnusohjelma ja RepetierHost-tulostusohjelma.

Peruskäyttöohje pyrittiin kirjoittamaan selkeästi. Samalla nauhoitettiin videokatkelmia ja niistä myös laadittiin referaatti tulostettavana versiona paperille. Työtä tehtiin pääsääntöisesti Seinäjoen Ammattikorkeakoulussa olevassa laboratoriossa, jossa RepetierHost-ohjelma oli valmiiksi asennettuna. Tavoitteena on, että näiden peruskäyttöohjeiden tekemisen jälkeen aloittava opiskelija pystyisi suorittamaan sekä 3D-mallinnuksen perustoiminnot että tulostamaan mallinnetuista kappaleista 3D-versioita itsenäisesti.

Avainsanat: Solid Edge -mallinnus, 3D-tulostus, RepetierHost, Käyttöohje, Video, Paperi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree program: Automation Engineering

Specialization: Machine Automation

Author: Yusuf Musawi

Title of thesis: Preparation of a manual for 3D-printers and the features of Solid Edge software

Supervisor: Mettälä Jorma

Year: 2017

Number of pages: 50

Number of appendices: 4

The aim of this thesis was to prepare an electronic manual, which would be equipped with some video clips of two different programs. The aim of the video clips was to make it easier for the user to understand the whole idea of 3D sketching. 3D printing will get more and more common and the number of the manufacturers will also grow. Finding an easy way to sketch and print the sketched object as a 3D model is, therefore, a complex issue and the aim of this thesis is to make it easier by presenting it in a simple and understandable way.

The video clips were only 3 minutes long and the user was supposed to be able to carry out the sketching with the help of the video guidance. The aim of the video clips was to introduce a safe and trustable work method to the user, in order to prevent possible errors.

The thesis was carried out in two different phases, starting from Solid Edge sketching in the first phase and later focusing on printing with a 3D printer with the help of RepetierHost software. This job was done to help those students who do not have any experience in 3D sketching with Solid Edge software and 3D printers, but who are so interested in sketching.

Keywords: Soli Edge, 3D sketching, 3D printer, RepetierHost, Video clip, 3D software

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 Johdanto	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rakenne	9
2 3D-mallinnuksen taustat.....	10
2.1 3D-mallinnuksen historia.....	10
2.2 Geometrinen mallintaminen	11
2.2.1 Graafiset mallit.....	11
2.2.2 Pintamallit	12
2.2.3 Tilavuusmallit	13
3 Solid Edge.....	14
3.1 Ohjelman ominaisuus.....	14
3.2 Mallinnuksen ympäristöt.....	14
3.2.1 Ordered-mallinnuksen tila	15
3.2.2 Synchronous-mallinnuksen tila	16
3.3 Ohjelman saatavuus	19
4 3D-tulostaminen	20
4.1 Koordinaattijärjestelmät.....	20
4.2 3D-tulostuksen yleisimmät tyypit.....	23
4.2.1 SLS (Selective Laser Sintering)	23
4.2.2 SLA (Stereolithography).....	25
4.2.3 FDM (Fused Deposition Modeling)	27
4.2.4 LOM (Laminated Object Manufacturing)	28
4.3 Minifactory.....	29
4.3.1 3D-tulostimen tekniset tiedot.....	30

4.3.2 Kuvia testikappaleista	31
4.4 3D-tulostamisen käyttökohteita	32
4.5 Muovien tyypit	34
4.5.1 ABS.....	34
4.5.2 PLA	36
4.6 Metallien 3D-tulostus.....	37
4.7 RepetierHost	39
4.7.1 STL-formaatti	39
4.7.2 ASCII ja binääri	40
5 Käyttöohjeen teko	41
5.1 Käyttöohjeen teossa huomioitavaa	41
5.2 Ohjeiden tekeminen	42
6 Yhteenveto ja tulokset.....	45
LÄHTEET	46
LIITTEET	50

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Graafiset mallit (ReadOrRefer, [Viitattu 5.5.2017].)	11
Kuva 2. Pintamalli (Sudhir, [Viitattu 9.5.2017].).....	12
Kuva 3. Tilavuusmalli	13
Kuva 4: Piirrepuunäkymä Ordered-mallinnuksen tilassa.....	15
Kuva 5. Piirrepuunäkymä Synchronous-mallinnuksen tilassa	17
Kuva 6. Mallin muokkaamisen asetusikkuna	17
Kuva 7. Cartesianin koordinaatti systeemi (Youtube 2010.)	21
Kuva 8. Delta tyylinen 3D-tulostin (Spadro 2016.)	22
Kuva 9. Polar koordinaatti systeemi (Matplotlib, 2017.)	22
Kuva 10. Periaatekuva SLS (Palermo 2013b.).....	25
Kuva 11 . Stereolitografian Periaatekuva (SolidSmack 2014 [Viitattu 1.4.2017].) .	26
Kuva 12. Fused Depositiong Modelling (Solidfill, [Viitattu 1.4.2017].)	28
Kuva 13. LOM-periaate kuva (Palermo 2013a).....	29
Kuva 14: Minifactorin valmistama 3D-tulostin, jossa on kaksi suutinta (MiniFactory 2017a).....	30
Kuva 15. STL-tallennettu kappale ja kuvan vieressä tulostettuna 3D-ohjelmalla ..	32
Kuva 16. Seinäjoen Ammattikorkeakoulussa 3D-tulostimella tehty leikkikalua muistuttava ja älypuhelimella ohjattava pieni robotti. (Yle, 2017.).....	33
Kuva 17. ABS tulostusnauhoja, joita on olemassa erivärisiä (MiniFactory 2017b)	35
Kuva 18. Hydrauliventtiililohkon, joka on tulostettu 3D-metallientulostuksella (Vossi Smart Production Partner, [Viitattu 8.4.2017])	38

Kuva 19. Mallinnettu kappale, joka on tallennettu STL-tiedostona.....	40
Kuva 20. Esimerkki STL-asetuksista Solid Edge -ohjelmassa	40
Taulukko 1. ABS-tulostusnauhan tekniset tiedot (Filamentti, 2015a).....	35
Taulukko 2: PLA-tulostusnauhan tekniset tiedot (Filamentti, 2015b)	37
Taulukko 3. Metallimateriaalin tekniset tiedot (Metal 3D Printing, 2017a).....	38
Taulukko 4. Solid Edge -ohjelmanohjeiden sisällysluettelo.....	43
Taulukko 5. 3D-tulostuksen ohjeiden sisällysluettelo.....	43

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D	Kolmeulotteinen näkymä
ABS	Akryylinitriilibutadieenistyreeni
ASCII	ASCII (akronyymi sanoista American Standard Code for Information Interchange) on 7-bittinen eli 128 merkkipaikan laajuinen tietokoneiden merkistö, joka sisältää ensisijaisesti amerikanenglannissa tarvittavat kirjaimet, numerot, väli- ja erikoismerkkejä sekä eräitä ohjauskoodeja.
BINÄÄRI	Binaarijärjestelmä eli 2-järjestelmä on lukujärjestelmä, jonka kantaluku on kaksi
CAD	Computer-Aided Design
CATIA	Computer- Aided Three-Dimensional Interactive Application
CNC	Computerized numerical control, joka tarkoittaa tietokoneistettua numeerista ohjausta
FDM	Fused Depositioning Modelling
FEM	Finite Element Method
Filamentti	3D-tulostuksessa käytettävä nauhamainen lankamateriaali
G-koodi	Numeerisen ohjauksen ohjelmointikieli
LOM	Laminated Object Manufacturing
OBJ	Objektitiedosto. Se on tiedostomuoto, jota käytetään kolmiulotteisen esineen tulostamiseen ja sisältää 3D-koordinaatit (monikulmiolinjat ja pisteet), tekstuurikuvien ja muiden esineiden tiedot

PLA	Polylactic Acid
PMI	Production Manufacturing Information
RP	Rapid Prototyping
SLA	Stereolithography Apparatus
SLS	Selective Laser Sintering
Solid Edge	Mallinnusohjelma
ST	Synchronous Technology
STL	Tulee sanasta stereolitografia ja on yleisesti 3D-tulostimien tukema 3D-mallin tiedostomuoto
Teamcenter	Tuote- ja prosessitiedonhallintajärjestelmä

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Nykyisin 3D-tekniikkaa tarvitaan sekä oppilaitoksissa että erilaisissa teollisuuden tehtävissä. 3D-tulostintekniikan rinnalle on kehitetty erilaisia 3D-mallinnusohjelmia, joilla pystytään mallintamaan haluttu kappale ja sen jälkeen tulostamaan se 3D-tekniikan ohjelmaa käyttäen. Tämä työ koskee Solid Edge -mallinnusohjelmaa ja sen ominaisuuksia

1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoite on laatia peruskäyttöohje kahdelle ohjelmalle, joiden nimet ovat Solid Edge -mallinnusohjelma ja 3D-tulostimen ohjelma, jonka nimi on Repetier-Host. Käyttöohjeet tehdään sekä videoille että paperille, jotta käyttäjät ymmärtäisivät ne paremmin eli ne tukevat toisiansa.

1.3 Työn rakenne

Työn alussa kerrotaan työn taustasta ja tavoitteesta ja sen jälkeen ohjelmien taustoista. Työn edetessä kerrotaan syvällisemmin ohjelmien ominaisuuksista ja niiden erilaisista tekniikoista. Lopuksi tehdään yhteenveto ja analysoidaan tuloksia.

Työn liitteiksi liitetään työn aikana tehdyt käyttöohjeet Solid Edge -ohjelman opiskelijaversioon laatamisohje, kappaleen mallin tuottaminen Solid Edge -ohjelmalla, kappaleen tulostaminen RepetierHost-ohjelmalla ja erilaisia nauhoitettuja videoita.

2 3D-mallinnuksen taustat

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti 3D-ohjelmien mallinnuksien historiasta ja geometrisesta mallintamisesta.

2.1 3D-mallinnuksen historia

3D-mallinnuksella tarkoitetaan sitä, että piirretään jokin kappale jollakin 3D-mallinnuksen ohjelmalla. Tässä projektissa viitataan Solid Edge -ohjelmaan.

Mekaniikkasuunnittelua tehtiin piirtämällä käsin 1970-luvulla. Silloin piirustuksien piirtämisen käytettiin viivainta, vaikka silloinkin oli tietokoneita käytössä. Varsinaisesti tietokoneita otettiin käyttöön vasta 1980-luvun alussa erilaisiin mallinnustehtäviin. Ensimmäinen ohjelma, joka otettiin käyttöön mallinnustehtäviin, oli AutoCad, joka levisi nopeasti mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön 1990-luvun alkupuolella. (Hietikko 2012a, 14-16 [Viitattu 22.3.2017].)

Alussa piirtäminen tapahtui kaksiulotteisessa tilassa ja varsinaisesti kolmiulotteisen tuli käyttöön 1980-luvulla. Alkuvaiheessa kolmiulotteisen kappaleen mallintaminen epäonnistui täysin. Tämän takia siitä luovuttiin jopa täysin, kunnes tuli käyttöön ohjelma, jonka nimi on CATIA. Tämä ohjelma oli tarkoitettu kolmiulotteisiin suunnittelutehtäviin. (Hietikko 2012b, 14-16 [Viitattu 22.3.2017].)

Ensimmäinen Solid-ohjelma tuli markkinoille vuonna 1995. Se tuli tunnetuksi, koska Solid-ohjelma oli selkeämpi verrattuna aikaisempiin 3D-ohjelmiin. (Hietikko. 2012c, 14-16 [Viitattu 22.3.2017].)

Siitä lähtien kehitettiin eri Solid Edge -sarjojen ohjelmia kuten Solid Edge 1, Solid Edge 2 jne., kunnes vuonna 2008 tuli markkinoille Solid Edge ST -tekniikkaa käyttävä ohjelma ja nimikin muuttui muotoon Solid Edge ST1. Viimeisin ohjelma, jota nykyään käytetään, on Solid Edge ST 9. (Ideal PLM, [Viitattu 27.3.2017a].)

Solid Edge ST -tekniikasta kerrotaan tarkemmin luvussa ohjelman ominaisuuksista.

2.2 Geometrinen mallintaminen

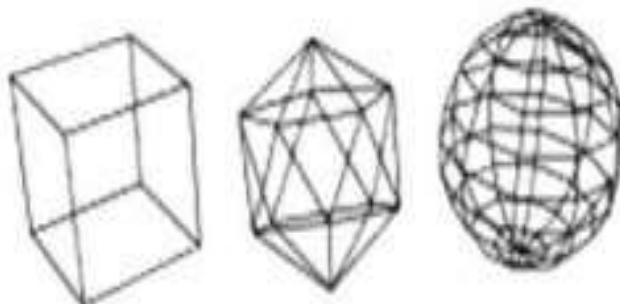
Geometrisen mallintamisella tarkoitetaan, fyysistä kuvaamista kohteesta geometrisena muodossa. On olemassa erilaisia geometrisia malleja:

- graafiset mallit
- pintamallit
- tilavuusmallit (Sukuvaara, Borgman, Simolin, Björkstrand, Konkola, Tuomi & Kaikonen 1998, 39, 40 & 46 [Viitattu 5.5.2017a].)

Tässä osiossa kerrotaan tarkemmin yllämainittujen geometristen mallintamisten ominaisuuksista.

2.2.1 Graafiset mallit

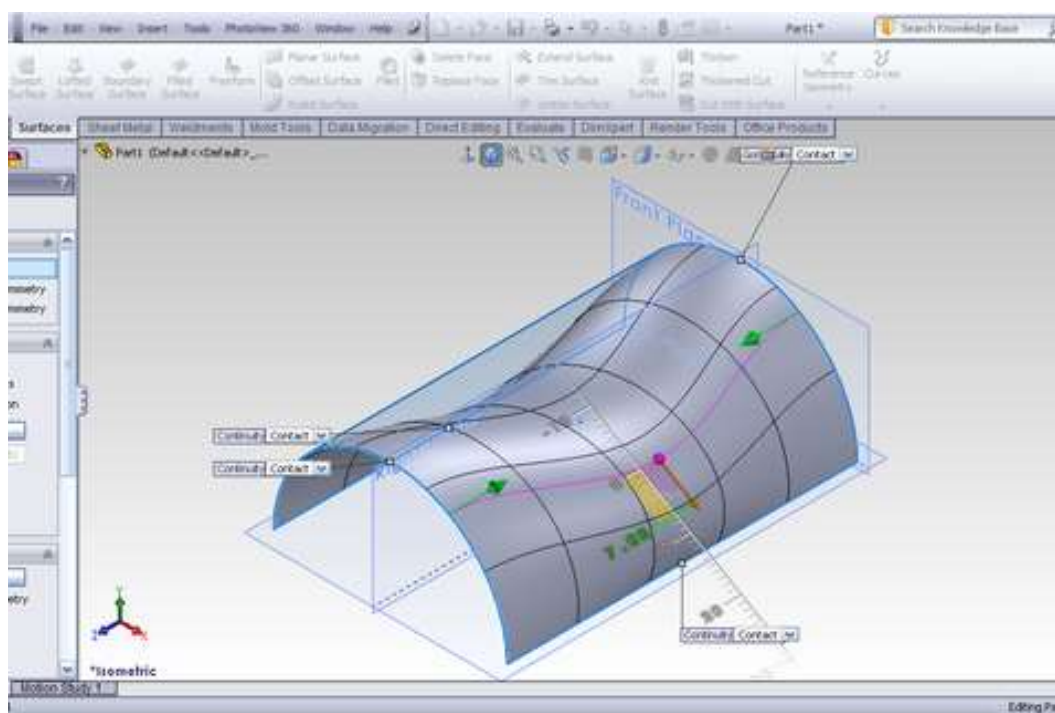
Graafiset viivamallit (engl. graphical line models) ovat alkeellisimpia esitystapoja. Siinä mallinnetaan ääriviivoja viivojen ja kaarien joukkona. Viivamallin muodostaminen soveltuu hyvin yksi- tai kaksiulotteiseen näkymään. Sitä ei kannata käyttää kolmiulotteisessa näkymässä. (Sukuvaara, Borgman, Simolin, Björkstrand, Konkola, Tuomi & Kaikonen 1998, 40[Viitattu 5.5.2017b].)



Kuva 1. Graafiset mallit (ReadOrRefer, [Viitattu 5.5.2017].)

2.2.2 Pintamallit

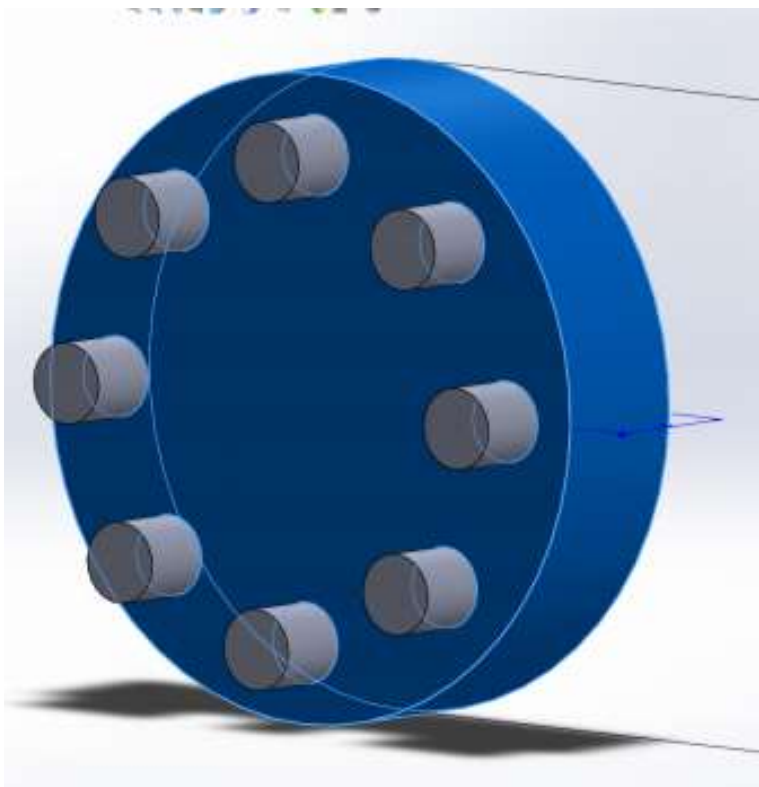
Pintamallilla (engl. surface models) mallinnetaan geometrisia malleja, jotka ovat monimutkaisia. Pintamallit ovat kehittyneempiä verrattuna graafisiin malleihin ja siksi ne soveltuvat hyvin erilaisiin tehtäviin. Pintamalleja käytetään erilaisiin pintoihin kuten valettuihin ja taottuihin kappaleisiin, lentokoneen ja laivan muotojen mallinnukseen. (Sukuvaara, Borgman, Simolin, Björkstrand, Konkola, Tuomi & Kaikonen 1998, 40 [Viitattu 5.5.2017c].)



Kuva 2. Pintamalli (Sudhir, [Viitattu 9.5.2017].)

2.2.3 Tilavuusmallit

Tilavuusmallien (engl. solid models) kehityksen ajatuksen takana oli ongelmien ratkaiseminen. Näitä ongelmia olivat mm. epätäydellisyys ja rajoittunut sovellettavuus. Tilavuusmallinnusjärjestelmällä pyritään tukemaan kolmiulotteista suunnittelua paremmin ja täydellisimmin verrattuna pintamallintamiseen perustuviin järjestelmiin. (Sukuvaara, Borgman, Simolin, Björkstrand, Konkola, Tuomi & Kaikonen 1998, 46 [Viitattu 5.5.2017d].)



Kuva 3. Tilavuusmalli

3 Solid Edge

Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin Solid Edge -ohjelmasta ja sen ominaisuuksista. Solid Edge on tunnetuimpia ohjelmia, joita käytetään nykyään 3D-mallinnuksessa maailmassa.

3.1 Ohjelman ominaisuus

Solid Edge on Siemensin tuottama ohjelma ja siitä käytetään paljon sekä 3D- että 2D-mallinnuksissa.

Solid Edgellä on paljon ominaisuuksia osien ja kokoonpanojen mallintamiseen. Sille on rakennettu sisäisesti FEM-laskenta. FEM-laskennan avulla käyttäjä pystyy tarkistamaan käsiteltävän kappaleen lujuuden ja muodon muutokset. Nykyään Solid Edge on monen suunnittelijan suosima ohjelma, koska se on helppo omaksua ja käyttää. (Ideal PLM. [Viitattu 27.3.2017a].)

Yhtenä tärkeimmistä Solid Edgen ominaisuuksista pidetään sen tiedonhallinnan käyttöä. Sen yhteydessä voidaan käyttää Teamcenter-ohjelmaa, joka on maailmanlaajuisesti tunnettu ohjelma tiedonhallintajärjestelmässä. (Ideal PLM, [Viitattu 28.3.2017b].)

Solid Edgen ohjelmalla on mahdollista myös suunnitella ohutlevyjä. (Ideal PLM, [Viitattu 13.4.2017c].)

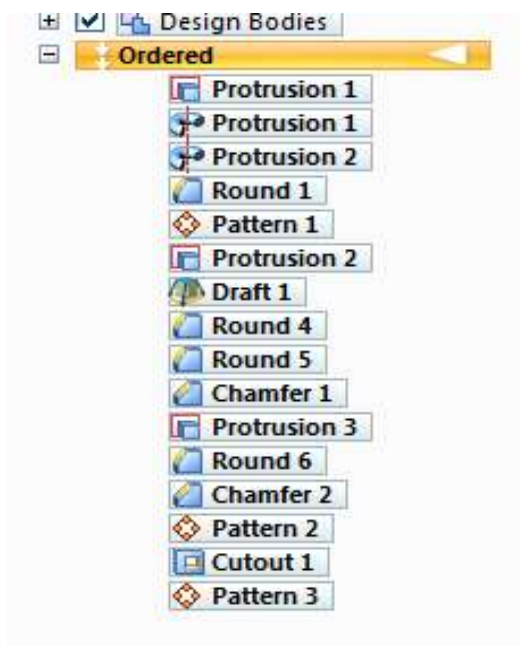
3.2 Mallinnuksen ympäristöt

Solid Edgessä on kaksi eri mallinnusympäristöä: perinteiden Ordered-tila, jossa käytetään parametrissa mallia, jolla on piirrehistoria. Toinen mallinnustila on dynaamisempi Synchronous-mallinnus, jossa ei ole perinteistä piirrehistoriaa. Synchronous-mallilla voi myös olla parametreja jotka näytetään PMI-mittoina, ja mallinnus-

tapoja on mahdollista yhdistellä keskenään samassa mallissa. Parametrien toiminnan erot eri mallinnustavoissa näkyvät esim. siinä, että Ordered-mallissa parametrit ohjaavat sketsiä, joka vaikuttaa profiiliin, mutta Synchronous-mallissa parametrit tulevat suoraan kiinni 3D-mallissa. (Kettunen, 2017a.)

3.2.1 Ordered-mallinnuksen tila

Ordered-mallinnuksen tila on hyvin suosittu mallinnuksen ympäristötila Solid Edge -ohjelmassa, se avaa paljon mahdollisuuksia, joita voi käyttää täysin yksinkertaisesti ja maallikko pääsee helposti mallintamaan 3D-kappaletta vähemmällä tiedoilla.



Kuva 4: Piirrepuunäkymä Ordered-mallinnuksen tilassa

Kun mallinnetaan kappaletta Ordered-tilassa, mallinnustopologia säilyy piirrehistoriassa ns. piirrepuussa. 3D-mallin määrittävä sketsi voi olla joko piirteen sisällä tai ulkoisessa sketsissä. Mallin parametrit ovat muokattavissa sketsiin annetuista mitoista sekä esim. pursotuksen syvyydestä. (Kettunen, 2017b.)

Hyödyt:

- Piirteiden välillä säilyy assosiatiivisuus
- Piirteiden välillä säilyy assosiatiivisuus esim. kokoonpanossa toista osaa voidaan käyttää leikkurina muille osille
- Sketseissä asetetut mitat sekä muut mitat löytyvät suoraan Part Variables -muuttujataulukossa (Kettunen, 2017c.)

Haitat:

- Mallit tiedostokooltaan isompia kuin Synchronous-tilassa. Riippuu kuitenkin esim. linkkien ja piirteiden määrästä, normaaleissa malleissa ei yleensä eroja
- Linkkien säilymisen vuoksi huolehdittava tiedostojen nimien säilymisestä ym.
- Piirteiden uudelleenlaskenta riippuu siitä, kuinka monta ns. Child-piirrettä muokattavilla piirteellä on. (Kettunen, 2017c.)

3.2.2 Synchronous-mallinnuksen tila

Solid Edgessä on kehitetty ns. ST-mallinnustekniikka, joka on tehokas kustannukseltaan sekä mekaniikkasuunnittelijoiden että tavallisten käyttäjien tarpeisiin. ST-tekniikan avulla on mahdollisuus tehostaa ja nopeuttaa mallintamista, ja sillä pystytään muokkaamaan muilla mallinnusohjelmilla tehtyjä malleja. (Ideal PLM, [Viitattu 27.3.2017a].)

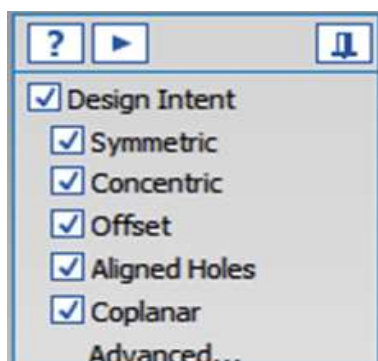
ST-tekniikkaa käyttäen suunnittelijoilla on mahdollisuus vähempien vaiheiden kautta tehdä muutoksia mallinnetuissa kappaleissa reaaliaikaisesti. Sen avulla pystytään muokkaamaan suunnittelumalleja paljon nopeammin kuin perinteisellä tekniikalla. ST-tekniikan käytön myötä pystytään luomaan osia vähemmällä komentoilla ja osittain automaattisesti. (Ideal PLM, [Viitattu27.3.2017a].)

Mallissa käytetyt piirteet näkyvät piirrepuussa, mutta niillä ei ole historiatietoa eikä niitä voi muokata enää. (Kettunen, 2017c.)



Kuva 5. Piirrepuunäkymä Synchronous-mallinnuksen tilassa

Mallin muokkaaminen tapahtuu suoraan 3D-mallin pinnoista rattityökalun (Stering Wheel) avulla tai siihen asetetuista mitoista. Mallin muokkaamista määrittää ns. Design Intent- ja Live Rule-relaatiot säännöt, joiden avulla muokkauksessa voidaan



Kuva 6. Mallin muokkaamisen asetussikkuna

huomioida esim. symmetrisyys, sama-askelisuus, reikäryhmät samalla tasolla olevissa pinnoissa. (Kettunen, 2017 c.)

Hyödyt

- Mallinnus useimmissa tapauksissa nopeampaa
- Käännösmallit muokattavissa helposti piirteiden tunnistuksen ja PMI-mittojen asettelujen avulla esim. piirteiden patternointi onnistuu, vaikka piirrettä ei varsinaisesti näy piirrepuussa.
- Uudet käyttäjät, joilla ei CAD-taustaa, omaksuvat tämän nopeasti (Kettunen, 2017c.)

PMI on lyhenne Product Manufacturing Informaatio ja tarkoittaa 3D-malleihin suoraan liitettyjä mittoja/geometrisia toleransseja/annotaatioita ym. PMI-mitointus on yleistynyt tapa korvata työpiirustukset, kun tarvittavat ohjeet voidaan lähettää tuotantoon suoraan katseluohjelmiin. PMI-mitointus on mahdollista useimmissa CAD-järjestelmissä. (Kettunen, 2017c.)

Haitat

- Malliin ei voi saada assosiatiivisia Interpart-linkkejä (mallien välisiä) (Kettunen, 2017c.)

Interpart-linkki on Solid Edgessä -mallien välillä oleva linkki. Linkki syntyy kun esim. toiseen malliin linkitetään Interpart Copy -toiminnalla kokoonpanon toisesta osasta objekteja esim. leikkuriksi. Interpart-linkki syntyy myös Part Copy -komennolla tai kun osan sketsissä käytetään toisen osan geometriaa referenssinä. (Kettunen, 2017c.)

3.3 Ohjelman saatavuus

Ohjelmaa on saatavissa sekä opiskelijoiden että erilaisten yritysten käyttöön. Yrityksille ohjelma on maksullinen, mutta opiskelijoille se on ilmainen. Opiskelijoilla on mahdollisuus ladata ohjelma Siemensin nettisivulta. Ohjelman lataamista varten on pieni käyttöohje, jossa on kerrottu askel askelelta, miten ohjelma ladataan (katso liite 1).

Huom. opiskelijaversio on rajoitettu 12 kk käyttöön. Se ei myöskään täysin keskustele teollisuusversion kanssa.

4 3D-tulostaminen

Nykyisin on mahdollista tulostaa mallinnettuja kappaleita 3D-malleiksi nähtäväksi ja testattavaksi riippumatta siitä, millä mallinnuksen ohjelmalla ne on tehty. Tämän teknologian käyttäminen edellyttää osaamista ja ohjelmaa, jolla käännetään mallinnettu kappale oikeaksi kappaleeksi. 3D-tulostaminen helpottuu lähiaikoina juuri sen takia, että monet suomalaiset ja ulkomaalaiset firmat valmistavat 3D-tulostimia erilaisiin tehtäviin.

3D-tulostus on digitaalinen prosessi, joka kääntää 3D-mallin fyysiseksi kappaleeksi (Krassenstein 2015a).

3D-tulostimen teknologia otettiin käyttöön ensimmäistä kertaa 1980-luvun lopussa, jolloin keksittiin ns. RP-teknologia. Tämän teknologian keksi japanilainen Dr. Kodama. (Krassenstein 2015b.)

Myöhemmin tekniikoita kehitettiin ja tuli SLA-teknikka, jonka kehitti Chuck Hull vuonna 1986. Hän sai valmiiksi ensimmäisen 3D-tulostimen SLA-teknikalla vuonna 1983. (3D-printing Industry 2017a.)

3D-tekniikoista ja muista asioista, jotka liittyvät 3D-tulostimeen, kerrotaan syvällisemmin tämän työn edetessä

4.1 Koordinaattijärjestelmät

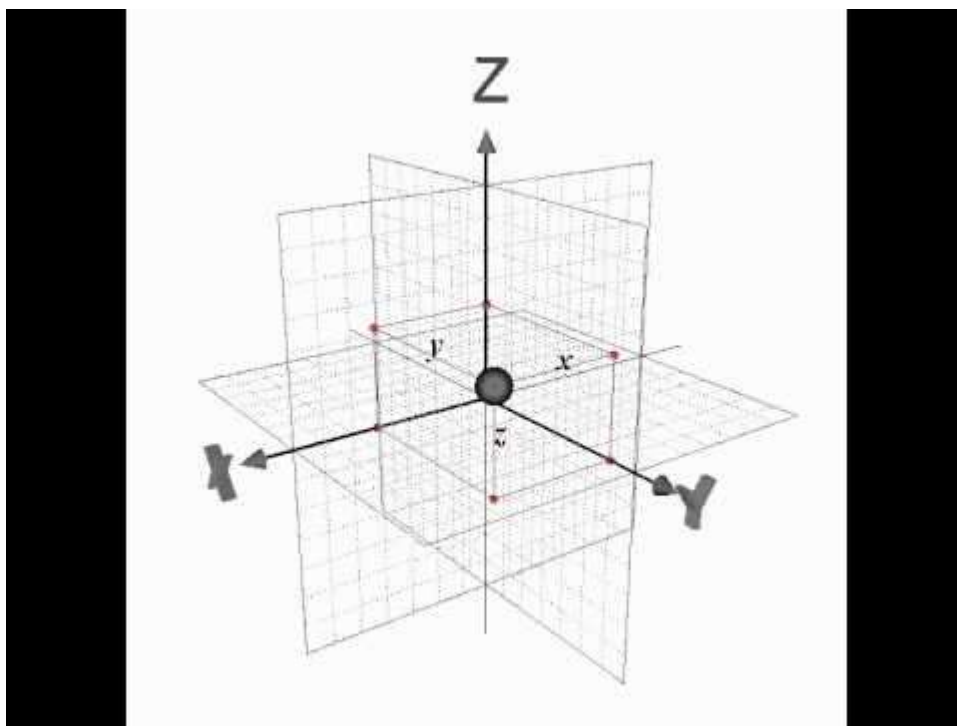
3D-tulostimiä erotetaan toisistaan myös niiden liikeratojen takia. Käytännössä tulostimessa on kolme koordinaattiakselia X, Y, ja Z, joita 3D-tulostin käyttää kappaleen tuottamiseen tarvittavien työratojen ajamiseen. Yleisimmät koordinaatistot ovat:

- Kartesiolainen (eng. Cartesian)
- Delta
- Polar (Bulent 2015a.)

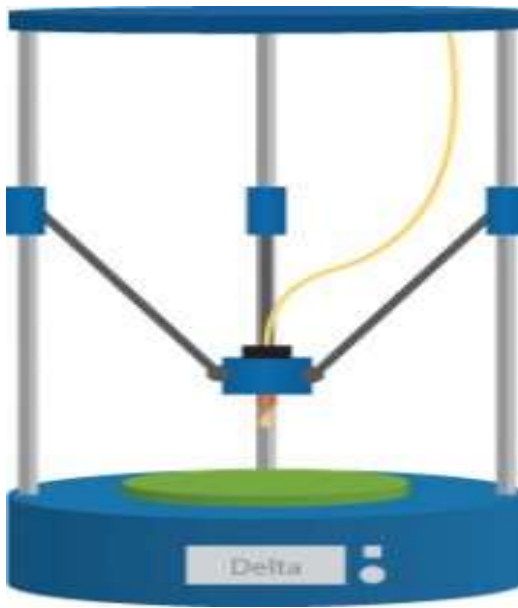
Kartesiolaisessa koordinaatistossa tyypillisesti X- ja Y-akselit ovat tulostusalustan tasossa ja Z-akseli on kohtisuorassa tulostustason kanssa. Kartesiolaisessa koordinaatistossa voidaan määrittää, mikä akseleista on pystyakseli. Y-akselilla kuvataan pystyakselia 3D-tulostimessa. Esimerkiksi suorakulmaisen muotoista tulostusalustaa voidaan ohjata Y-akselilla kartesiolaisessa koordinaatistossa, jolloin sitä voi laskea tai nostaa kappaleen tulostuessa. Tulostuspäätä ohjataan X- ja Z-akseleilla. (Bulent, 2015a.)

Deltakoordinaatisto on suunnittelu kolmitukipisteisille tulostimille (kuva 8). Tulostuspäässä tapahtuu yleensä kaikki X-, Y- ja Z-akselien liikkeet, ja itse tulostusalusta pysyy liikkumatta. (Bulent, 2015b.)

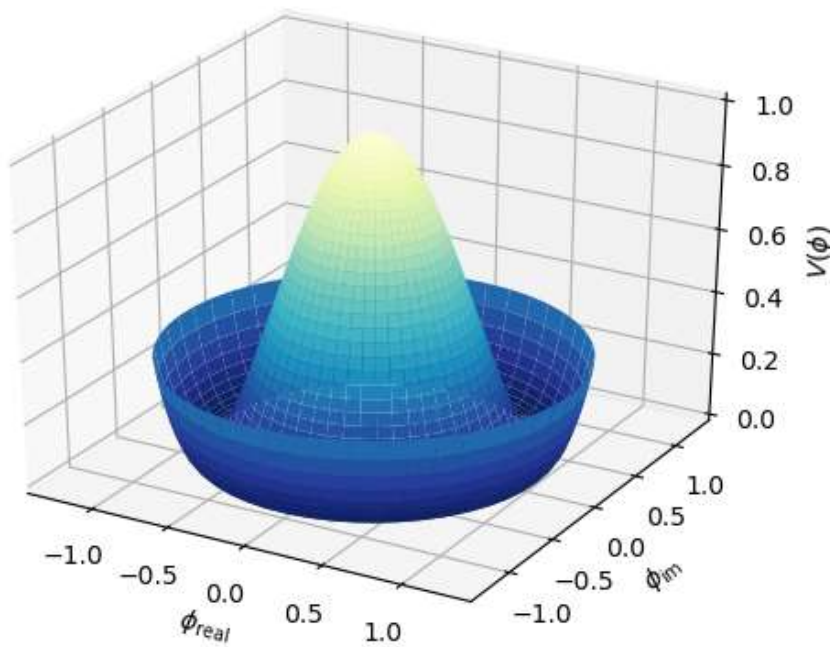
Polarkoordinaatistossa alusta on ympyrän muotoinen, ja koordinaatit on määritelty sädemäisesti ympyrän keskipisteestä ulospäin. Polarkoordinaatisto on rakenteeltaan samalainen kuin Kartesiolainen koordinaatisto. (Bulent, 2015c.)



Kuva 7. Cartesianin koordinaatti systeemi (Youtube 2010.)



Kuva 8. Delta tyylinen 3D-tulostin (Spadro 2016.)



Kuva 9. Polar koordinaatti systeemi (Matplotlib, 2017.)

4.2 3D-tulostuksen yleisimmät tyypit

Nykyisin käytetään erilaisia 3D-tulostimien malleja, ja niitä erotetaan toisistaan tulostustekniikoiden perusteella.

Yleisimpiä 3D-tulostustekniikoita ovat:

- SLS (Selective Laser Sintering)
- SLA (Stereolithography)
- FDM (Fused Deposition Modeling)
- LOM (Laminated Object Manufacturing) (Griffey, 2014a, 8-11).

Seuraavaksi kerrotaan yksityiskohtaisemmin yllämainittujen 3D-tulostustekniikoiden ominaisuuksista ja niiden käyttökohteista.

4.2.1 SLS (Selective Laser Sintering)

Yksi kalleimmista tekniikoista, joita käytetään 3D-tulostimissa, on SLS-tulostus. SLS on tekniikka, jota nimitetään suomeksi selektiiviseksi lasersintraukseksi. Tässä tekniikassa kolmiulotteinen kappale saadaan jauhemaisesta materiaalista sulattamalla se yhtenäiseksi suuritehoisilla lasereilla. Muovi, titaani, keramiikka, teräs ja lasi ovat materiaaleja, joita voidaan käyttää SLS-tekniikassa. (Griffey, 2014a, 11.)

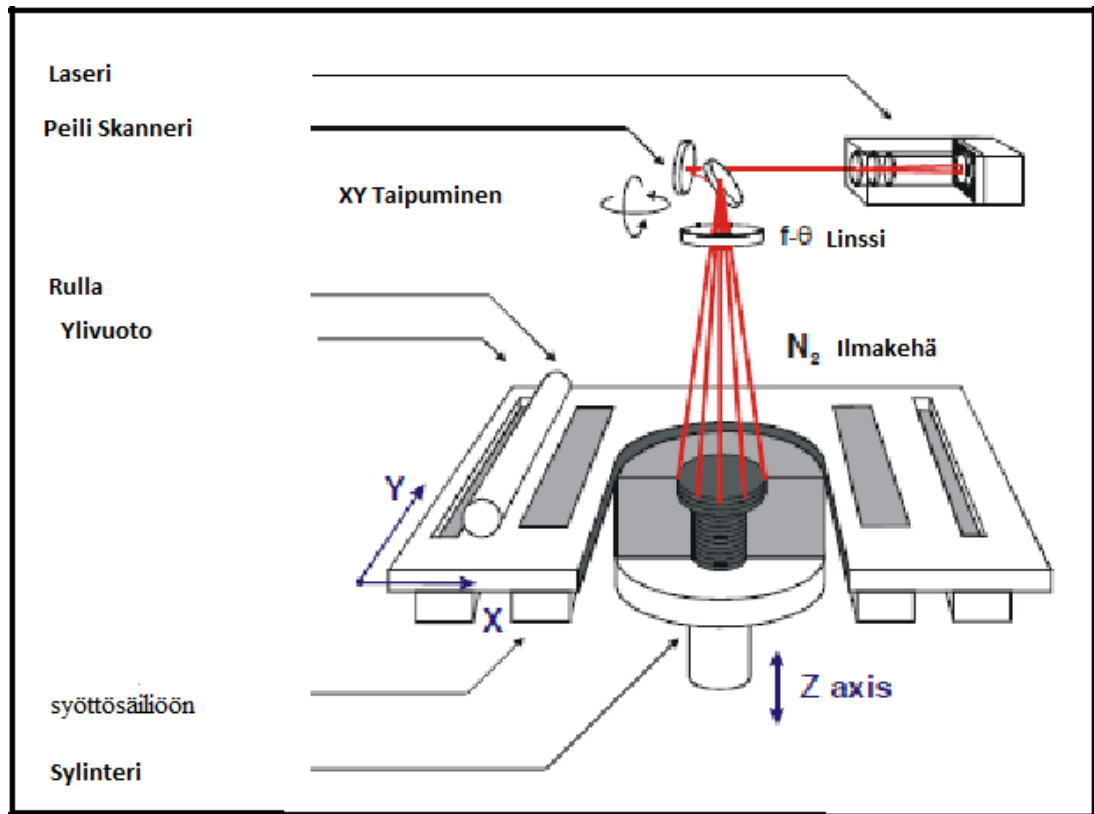
Tulostaminen SLS-tekniikkaa hyödyntäen tapahtuu, kun tulostin syöttää jauhemaisia materiaaleja tulostusalustalle. Tällöin laserit kuumentavat tulostusalustalla olevaa materiaalin kiehumispisteeseen, jolloin jauhemaiset hiukkaset sulavat kiinteäksi

kappaleeksi. Tulostin syöttää uuden jauhemaisen kerroksen ja toistaa lasersintrauksen, kun yksi kerros on saatu valmiiksi. Tämä toiminta jatkuu, kunnes kappale saadaan valmiiksi. (Palermo, 2013a.)

Vaikka SLS-tekniikka on yksi kalleimmista tekniikoista 3D-tulostuksessa, sitä pidetään hinta-laatu suhteeltaan yhtenä parhaimpana vaihtoehtona. Siinä on paljon hyviä puolia verrattuna muihin tekniikkoihin. Esimerkiksi tulostettaviin kappaleisiin ei tarvitse erikseen tulostaa tukimateriaalia, joka pitää kappaleen kasassa ja tukee sitä tulostamisen ajan. Lisäksi SLS-tekniikka mahdollistaa korkealaatuisten kappaleiden tulostamisen, kuten lentokoneen osien prototyyppivalmistamisessa. (Palermo, 2013b.)

Materiaalit, joita voidaan käyttää SLS-tekniikassa:

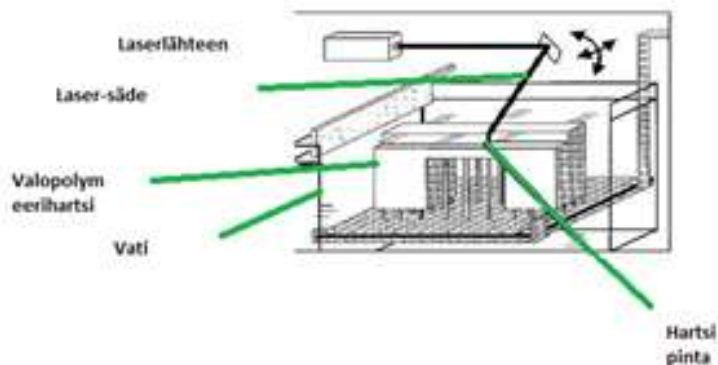
- alumiinitäytteinen
- iskunkestävä nylon
- nylon
- lasitäytteinen nylon
- palamista hidastava nylon
- hiilikuitutäytteinen nylon
- kumimainen (Duraform Flex Plastic) (Canorama, [Viitattu 1.4.2017a].)



Kuva 10. Periaatekuva SLS (Palermo 2013b.)

4.2.2 SLA (Stereolithography)

SLA-tekniikkaa kutsutaan suomeksi stereolitografiaksi. SLA-tekniikkaa käytetään erityisesti silloin, kun halutaan tarkkoja kolmiulotteisia kappaleita (Canorama, [Viitattu 1.4.2017b].)



Kuva 11 . Stereolitografian Periaatekuva (SolidSmack 2014 [Viitattu 1.4.2017].)

SLA-tekniikassa kappale muuttuu kiinteäksi, kun UV-valoa keskitetään nestemäiseen fotopolymeeriseoksen rajapintaan, jolloin neste muuttuu kiinteäksi. Tulostettava kappale muodostuu tulostusalustalle, johon kovettunut muoviseos jää kiinni. Prosessin edetessä tulostettava kappale nostetaan ylös fotopolymeeriliuoksesta, kun useampi kerros on kovettunut. Tällöin tulostusalustalle jää muodostunut kolmiulotteinen objekti. (Canorama, [Viitattu 1.4.2017b].)

SLA-tekniikalla tulostetaan silloin, kun muoto, istuvuus ja kokoonpano ovat tärkeitä. Toleranssi, jota käytetään SLA- tekniikassa, on 0,05 mm. SLA -tekniikalla saadaan erittäin käyttökelpoisia ja tarkkoja muotoja. Kun verrataan SLS- ja SLA-tekniikkaa toisiinsa, niin SLS-tekniikassa ei käytetä tukimateriaaleja, kun taas SLA-tekniikassa käytetään tukimateriaaleja. (Canorama, [Viitattu 1.4.2017b].)

Materiaalit, joita voidaan käyttää SLS-tekniikassa:

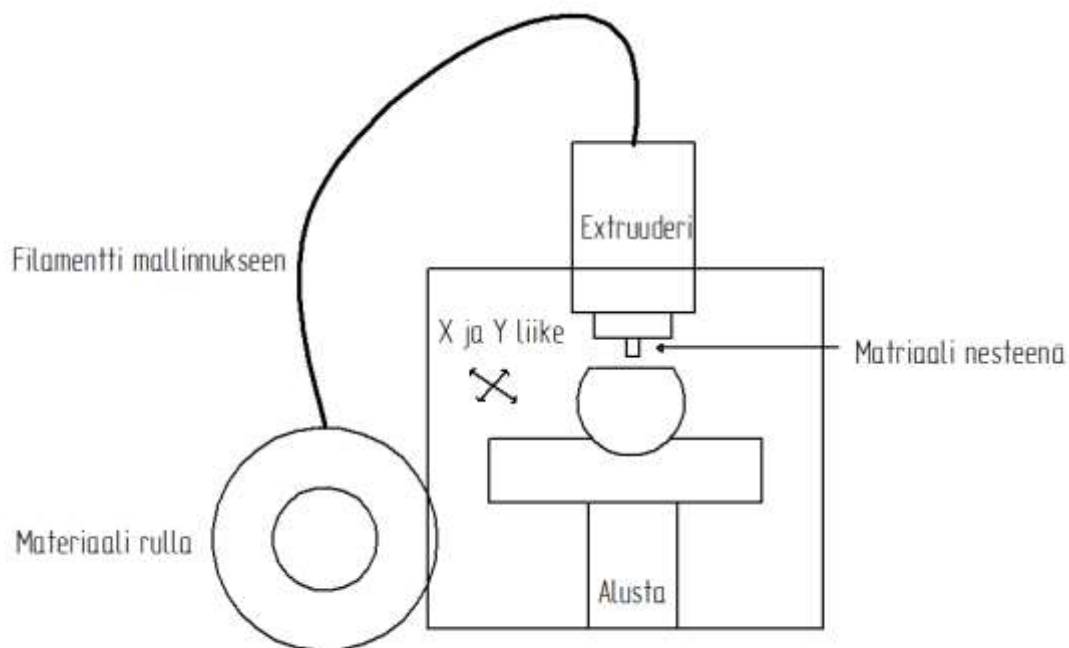
- kovat, polykarbonaatin kaltaiset
- puolijoustavat
- polypropeenin kaltaiset
- lämmönsietokykyiset, ABS-muovin kaltaiset
- iskuja vaimentavat, ABS-muovin kaltaiset
- lämmönsietokykyiset polykarbonaatin kaltaiset
- jäykät kestävät

- korkearesoluutioiset
- ABS-muovin kaltaiset, harmaat
- ABS-muovin kaltaiset, mustat
- ABS-muovin kaltaiset (Canorama, [Viitattu 12.5.2017b]).

4.2.3 FDM (Fused Dositiong Modeling)

FDM-tekniikka on se, mitä useimmat ihmiset ymmärtävät paremmin kolmiulotteisesta tulostuksesta, koska tämä tekniikka on selvästi yleisimpiä ja monin tavoin yksinkertaisin verrattuna muihin tulostustekniikkamenetelmiin (Grano 3D, 2016a).

FDM-tekniikassa saadaan tulostettua kappaletta sulattamalla lankakestomuovia tulostuspäässä ja näin alustalle rakentuu kerroksittain muoveja. Kappale jäähtyy huoneenlämpöiseksi ja jähmettyy kovaksi. Tulostusmateriaaleina FDM-tekniikassa käytetään PLA- tai ABS-muoveja. (Grano 3D, 2016a.)

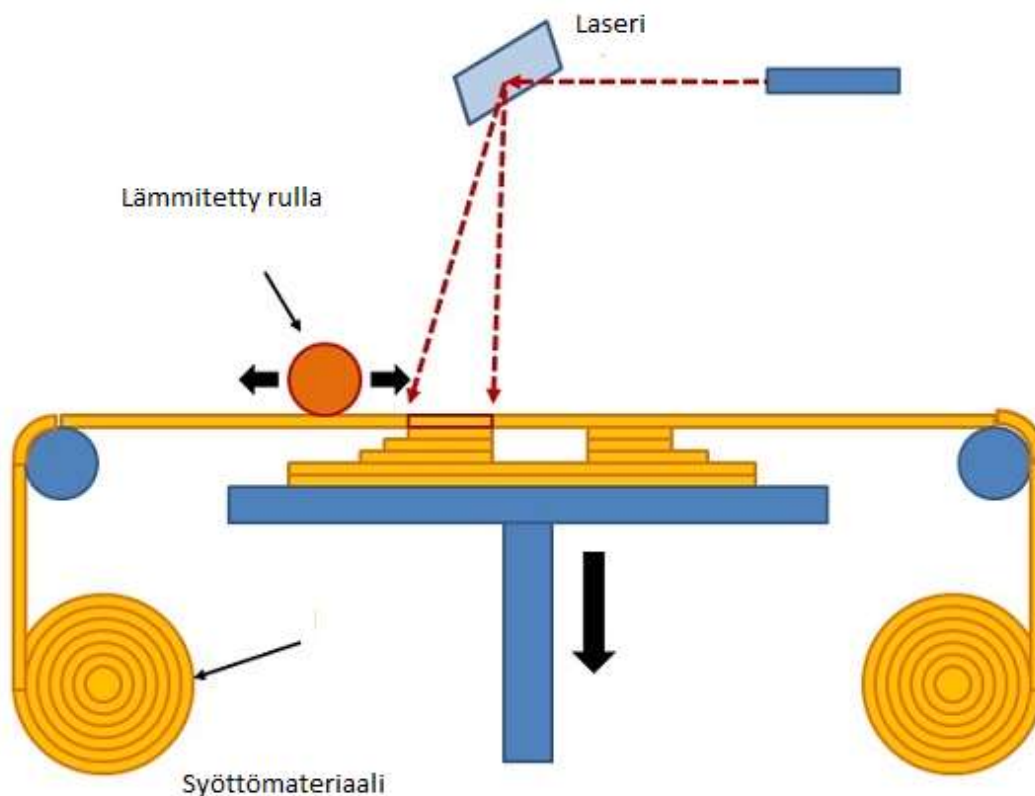


Kuva 12. Fused Depositioning Modelling (Solidfill, [Viitattu 1.4.2017].)

4.2.4 LOM (Laminated Object Manufacturing)

Laminoitu esineiden valmistus (LOM) on 3D-tulostuksen menetelmä. Sitä on kehittänyt kalifornialainen Helisys Inc. LOM-prosessin aikana muovin tai paperin kerrokset on fuusioitu tai laminoitu lämpöä ja painetta käyttäen. Ne leikataan haluttuun muotoon tietokoneohjatulla laserilla tai terällä. (Palermo, 2013a.)

LOM-laitteisto käyttää jatkuvaa materiaalmuovia ja paperia. Muovi- ja paperinvalmistusmateriaalit pinnoitetaan usein liimalla. Tietokoneohjattu laser tai terä katkaisee sitten materiaalin haluttuun kuvioon. Laser myös viipaloi ylimääräisen materiaalin ristikkäiskuvioon, mikä helpottaa sen poistamista, kun kappale on täysin tulostettu. (Palermo, 2013a.)



Kuva 13. LOM-periaate kuva (Palermo 2013a)

4.3 Minifactory

Minifactory on yksi maailman merkittävimmistä 3D-tulostimien valmistajista, joka on kehittänyt Minifactory 3-sarjan tulostimia. Tämän työn yhteydessä käytettiin koulussa olevaa kyseisen firman valmistamaa 3D-tulostinta. Minifactory on suomalainen tuote.

Minifactory 3 -mallin tulostinta on saatavilla kahta eri mallia. Tulostimella on joko yksi (Single) suutin tai kaksi (Dual) suutinta. (MiniFactory 2017a.)



Kuva 14: Minifactorin valmistama 3D-tulostin, jossa on kaksi suutinta (MiniFactory 2017a)

4.3.1 3D-tulostimen tekniset tiedot

Tässä luvussa kerrotaan teknisiä tietoja Minifactorin valmistamasta tulostimesta, jota on käytetty opinnäytetyön aikana kappaleiden tulostamisessa.

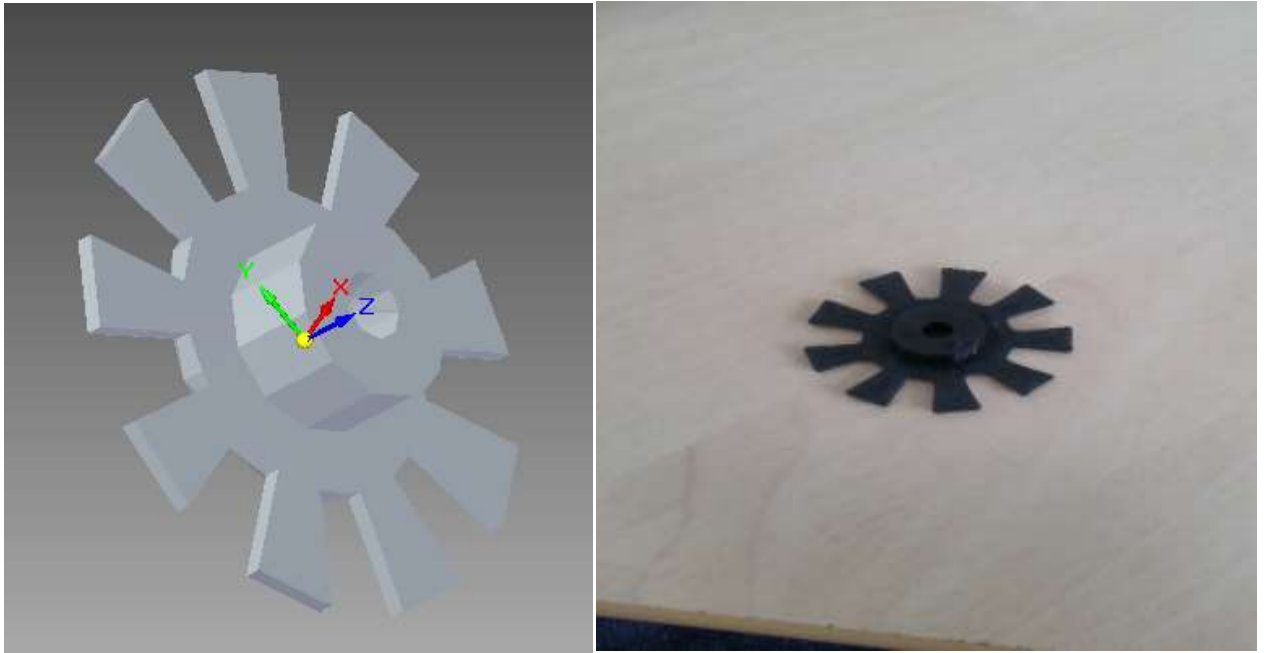
Työssä käytetyn tulostimen tekniset tiedot:

- askelmoottorit + trapetsitangot
- tehokas kappalejähdytys
- vaaka metallirunko
- monimateriaalituki
- kytkentä tietokoneeseen USB-johdolla
- kompakti koko
- Suomen suosituin 3D-tulostin yli 700 toimitettua laitetta
- paino noin 12 kg
- 2 suutinta
- suutinkoko 1,75 mm / 0,4 mm
- suuttimen lämpötila-alue: 30—290 °C
- lämmitettävä tulostusalue: 30—90 °C
- materiaalivalikoima: ABS ja PLA
- tulostusnopeus: 60 mm/s
- kerrospaksuus: 0.02—0.4mm
- tulostusalue: 150 x 150 x 150
- tulostusohjelma: RepetierHost
- hinta noin 1600 € kaksisuutinmalli (MiniFactory 2017a.)

4.3.2 Kuvia testikappaleista

Työn aikana mallinnettiin ja tulostettiin erilaisia testikappaleita työn paremman havainnollistamisen takia. Mallinnukset tehtiin Solid Edge -ohjelmalla ja samalla tulostettiin Minifactorin tuottamalla 3D-tulostimella.

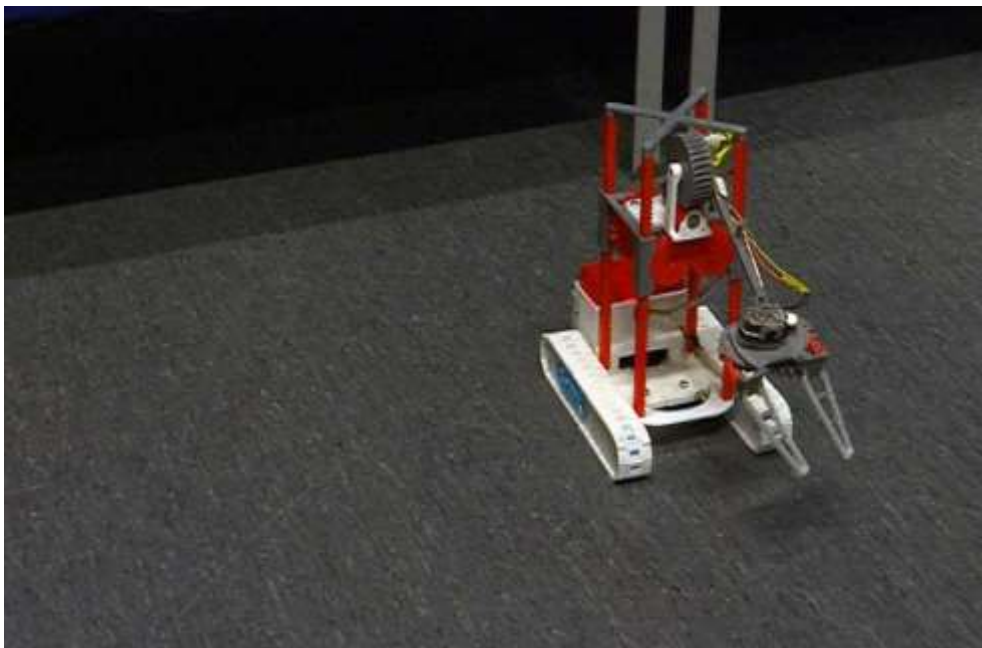
Kuvassa on niistä esimerkkejä.



Kuva 15. STL-tallennettu kappale ja kuvan vieressä tulostettuna 3D-ohjelmalla

4.4 3D-tulostamisen käyttökohteita

Nykyään 3D-tulostimia käytetään erialaisissa käyttökohteissa tarpeiden mukaisesti. Prototyyppisessä kehittämisessä käytettiin 3D-tulostimia ennen lopullisen tuotteen valmistamista ja tällä tavalla saatiin säästetyksi aikaa ja materiaalia. (Hausman, Horne & Kalani 2014a, 42 – 43.)



Kuva 16. Seinäjoen Ammattikorkeakoulussa 3D-tulostimella tehty leikkikalua muistuttava ja älypuhelimella ohjattava pieni robotti. (Yle, 2017.)

Varaosien rakentamisessa voidaan käyttää 3D-tulostusta. Tässä tapauksessa ensin varaosia voidaan mallintaa CAD-malleiksi ja sen jälkeen tulostaa niitä 3D-tulostimella. Kun uusia varaosia rakennetaan, voidaan samalla parannella ja kehittää vanhaa osaa kestävämmäksi. (Hausman, Horne & Kalani 2014b, 45 – 46.)

Viime vuosina lääketieteestä on tullut yksi tärkeimmistä käyttökohteista 3D-tulostamisessa. 3D-tulostetuilla osilla voidaan korvata ihmisen eri osia, kuten sisäelimiä ja luita. 3D-tulostusta voidaan käyttää orgaanisista materiaaleista koostuvasta lääketieteellisissä implanteissa. Jos ihmiseltä esimerkiksi puuttuu jokin osa kehosta, silloin 3D-tulostusta voidaan käyttää erilaisien proteesien suunnittelussa ja tulostamisessa materiaaleista. (Hausman, Horne & Kalani 2014c, 54 – 55.)

Nykyisin joustavia materiaaleja myös voidaan 3D-tulostaa, kuten vaatteita ja tekstiilejä. Vaatteiden ja tekstiilien 3D-tulostaminen tapahtuu ihmisen vartalon skannaamisella, jonka perusteella saadaan tulostettua sopivat vaatteet. Lähitulevaisuudessa voidaankin odottaa uusia käyttökohteita 3D-tulostukselle. (Hausman, Horne & Kalani 2014c, 56 – 57.)

4.5 Muovien tyypit

Tässä osiossa kerrotaan 3D-tulostuksessa nykyään käytettyjen muovien tyypeistä ja niiden ominaisuuksista mm. ABS ja PLA.

4.5.1 ABS

ABS-muoveja käytetään FDM-tekniikassa. ABS on ominaisuuksiltaan kestävä ja kevyempi tulostusmateriaali verrattuna PLA-materiaaliin. (MiniFactory, 2017b.)

Sitä käytetään mm. autojen puskureiden valmistuksessa, se sopii erityisesti pienempien kappaleiden tulostamiseen, koska se jäähtyy aika nopeasti. Teollisuudessa käytetään sitä myös sen kestävyys takia. (MiniFactory, 2017b.)

Sen tulostus lämpötila vaihtelee 240 °C: een ja 270 °C: een välillä. (MiniFactory, 2017b.)



Kuva 17. ABS tulostusnauhoja, joita on olemassa erivärisiä (MiniFactory 2017b)

Taulukko 1. ABS-tulostusnauhan tekniset tiedot (Filamentti, 2015a)

Paino	1100g/rulla
Pakkaus	Suojamuovi, kuivainpussi
Filamentin paino	750g
Filamentin halkaisija	1,75mm
Filamentin toleranssi	± 0,05mm
Tulostuslämpötila	210-220°C
Filamentin pituus	250m
Murtolujuus	44 MPa
Murtovenymä	9% (ISO 527)
Kimmomoduuli	2000 MPa

4.5.2 PLA

PLA on ABS-materiaaliin verrattuna ominaisuuksiltaan kovempi tulostusnauhojen materiaali, jota valmistetaan muoveista. Materiaaliominaisuuksien takia PLA-muovi ei ole niin kestävä materiaali. Sitä käytettäessä on muistettava, että pitää olla tarkka suunnitteluvaiheessa, jotta saadaan kestävä mallikappale ja näin ollen saadaan hyvä tulos. (MiniFactory, 2017c.)

PLA:n tulostuslämpötila on aika korkea materiaaliin nähden, joka on muovi, ja lämpötila vaihtelee 180 °C: een ja 210 °C: een välillä. Tulostuksen harjoittelemista edellä mainituilla lämpötiloilla tulostusvaiheessa suositellaan biohajoavuuden takia. (MiniFactory, 2017c.)

Erivärisiä tulostusnauhoja on saatavilla myös PLA:n puolella kuten ABS-materiaaleissakin (katso kuva 17).

Taulukko 2: PLA-tulostusnauhan tekniset tiedot (Filamentti, 2015b)

PAINO	1100g/rulla
ALKUPERÄMAA	EU
PAKKAUS	Suojamuovi, kuivainpussi
FILAMENTIN PAINO	750g
FILAMENTIN HALKAISIJA	1,75mm
FILAMENTIN Ø TOLERANSSI	± 0,05mm
FILAMENTIN TOLERANSSI	≥95%
TULOSTUSLÄMPÖTILA	210-220°C
FILAMENTIN PITUUS	~250m
LÄMPÖPÖYDÄN LÄMPÖTILA	Ei tarvetta, ±50-60°C
SULAMISLÄMPÖTILA	210°C ± 10°C (ISO 294)
SULAMISPISTE	145-160°C (ASTM D3418)
SIIRTYMÄLÄMPÖTILA	± 60°C (ISO 306)
TIHEYS	1,24 g/cc (ASTM D792)
MURTOLUJUUS	110 MPa (MD) 145 MPa (TD) (ASTM D882)
MURTOVENYMÄ	160% (MD) 100% (TD) (ASTM D882)
KIMMOMODUULI	3310 MPa (MD) 3860 MPa (TD) (ASTM D882)

4.6 Metallien 3D-tulostus

Tulevaisuuden kannalta monelle yritykselle erinomainen työkalu on metallien tulostus, jonka avulla säästetään aikaa ja rahaa. Se on antanut yrityksille hyvät mahdollisuudet tuoda markkinoille omia innovatiivisia tuotteitaan nopeammin ja halvemmin kuin ennen. Se tunnetaan myös nimellä Additive Manufacturing. Tällä menetelmällä pystytään valmistamaan sellaisia tuotteita, jotka ovat monimutkaisia ja joille asetetaan fyysisesti kovia vaatimuksia. (PLM Group, [Viitattu 8.4.2017a].)

Metallien 3D-tulostusta käytetään varsinkin ilmailu- ja autoteollisuudessa. Tätä valmistusprosessia käytetään myös muilla aloilla, kuten kuluttajatuotteiden ja lääkinällisten tuotteiden valmistukseen. Näiden kysyntä on jatkuvasti kasvussa. Metallien 3D-tulostus on kilpailukykyinen asia, jota voidaan verrata taloudellisesti CNC-koneistukseen. (PLM Group, [Viitattu 8.4.2017a].)



Kuva 18. Hydrauliventtiililohkon, joka on tulostettu 3D-metallientulostuksella (Vossi Smart Production Partner, [Viitattu 8.4.2017])

Taulukko 3. Metallimateriaalin tekniset tiedot (Metal 3D Printing, 2017a)

Läpimenoaika	Min. 10 työpäivää riippuen tulostettavan kappaleen koosta
Tarkkuus	± 0.2 mm
Min.kappaleen seinän paksuus	0.5-1 mm
yhden kerroksen paksuus	0.03-0.1 mm
Max. Kappaleen mitat	0.03-0.1 mm
Pinnan rakenne	Tasainen/epätasainen

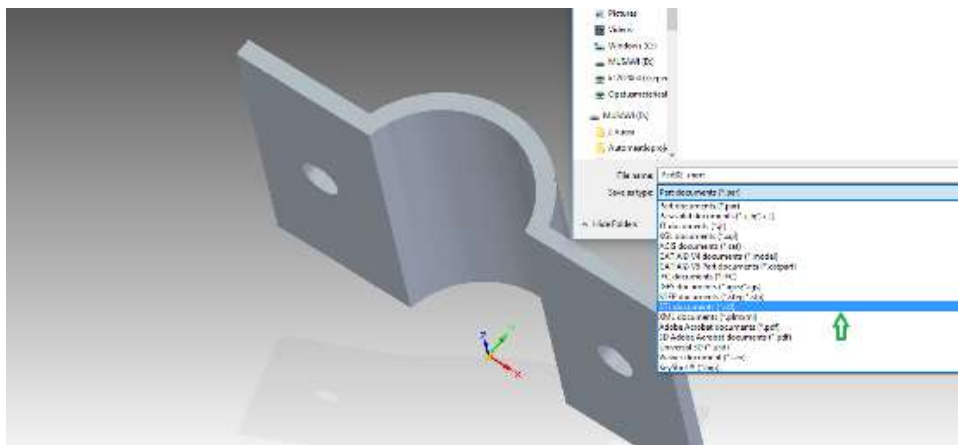
4.7 RepetierHost

RepetierHost-ohjelma on yleinen 3D-tulostimien ohjausohjelma. Tällä ohjelmalla voidaan ohjata useita eri merkkisiä 3D-tulostimia esim. Minifactorya, joka aikaisemmin tuli esille. Ohjelmalle tuodaan STL-tiedosto tulostamista varten. Ohjelmalla on useita ominaisuuksia, joka tekee ohjelmasta suosituin. Tällä ohjelmalla voidaan skaalata, suurentaa tai pienentää tulostettavia kappaleita. Slicer-toiminnolla muutetaan STL-tiedostot G-koodiksi. Tulostin ymmärtää tätä muotoa. (Repetier, [Viitattu 2.4.2017a].)

4.7.1 STL-formaatti

On olemassa muutamia standardityyppisiä tiedostomuotoja 3D tulostusta varten, esim. STL ja OBJ. OBJ-tiedostot ovat tyypillisesti niitä, joita yleensä käytetään huipuluokan tulostukseen. Ne sisältävät mm. väri-informaation. FDM- ja STL-tulostuksissa lähtötiedosto on STL-tiedosto. Molemmat, FDM- ja STL-tulostustekniikka käyttävät samoja lähtötiedostoja. STL-tiedosto on hyvin yksinkertainen: siinä määritellään ainoastaan kaksi vaihtoehtoa, joko ASCII- tai binäärimuoto. Lähes jokaisessa 3-D-mallinnusohjelmistossa käytetään STL-tiedostoa ja se on yhteinen tiedostomuoto, jota käytetään kaikessa 3D-suunnittelussa. (Griffey, 2014b, 16.)

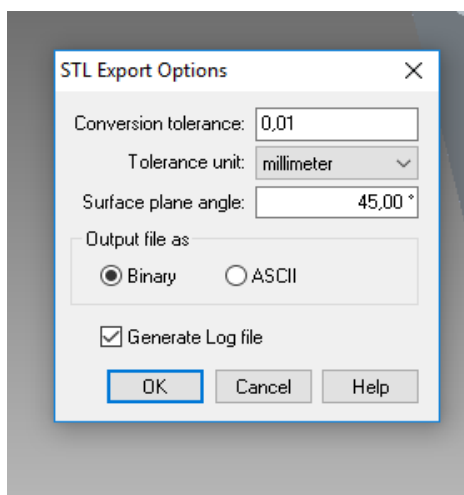
Jotta kappale saadaan tulostettua 3D-tulostimella, niin mallinnettu kappale on tallennettava STL-tiedostona. Muunnoksen voi tehdä useimmilla CAD-ohjelmilla järjestelmän omassa esitysmuodossa.



Kuva 19. Mallinnettu kappale, joka on tallennettu STL-tiedostona

4.7.2 ASCII ja binääri

STL-standardi sisältää kaksi vaihtoehtoista tiedostomuotoa: ASCII tai binääri. Vaikka ASCII on yksityiskohtaisempi, silti binääri on yleisemmässä käytössä, koska STL-tiedostoista tulee pienempiä kapasiteetiltaan. Kyseisen tiedoston avaaminen ja viipalointi on nopeaa, ja siirtymisen kannalta ne ovat kevyempiä tiedostoja. (All about 3D-printing, 2017.)



Kuva 20. Esimerkki STL-asetuksista Solid Edge -ohjelmassa

5 Käyttöohjeen teko

Tässä luvussa kerrotaan käyttöohjeen teossa huomioitavista asioista ja niiden standardeista.

Käyttöohjetta varten rakennettiin Moodle-ympäristö nimellä 3D-tulostuksen ohjeistus, johon laitettiin järjestyksessä kaikki tehdyt käyttöohjeet mm. videoita ja tekstejä. Tämän idean ajatuksen takana on se, että opiskelijat pystyisivät löytämään tarvitsemaansa tietojaan helposti ja vaivattomasti sieltä. Käyttöohjeet ovat Moodlessa siten, että ensin on teksti otsikoituna. Eri ohjelmien käyttöohjeet on erotettu selvästi.

Huomio! Moodleen kirjautumiseen tarvitaan käyttäjätunnukset.

5.1 Käyttöohjeen teossa huomioitavaa

Käyttöohje tarkoittaa sitä, että tiedot välitetään käyttäjälle sekä oikeilla että turvallisilla tavoilla. Käyttöohjeet voivat olla tekstejä, kuvia, tunnuksia ja kaavoita. (Kauppinen, Nummi & ja Savola 2012, 134.)

Käyttöohjeen tekemisessä on otettava huomioon seuraavia asioita:

- lukijan motivointi
- runsas kuvitus
- lukijalähtöinen kieli
- testaus (Kauppinen, Nummi & Savola 2012, 135).

Lukijan motivoinnissa ohjeiden tekijöiden on motivoitava lukijaa, ei pelkästään toiminnalliseen puoleen, vaan on otettava myös huomioon lukijan taivuttaminen ohjeen lukemiseen (Kauppinen, Nummi & ja Savola 2012, 135).

Runsaista kuvioita pitää käyttää, koska kuvioista lukija ymmärtää paremmin kuin sanoista. Kuvioiden käyttö auttaa tilanteissa, joissa pitää selittää monimutkaisten laitteiden käyttöä. (Kauppinen, Nummi & ja Savola 2012, 135.)

Lukijalähtöisessä kielessä on syytä selvittää, kuka käyttää käyttöohjetta. Jos tiedetään etukäteen, kenelle ohje tulee käyttöön, on helpompi lähteä kirjoittamaan käyttöohjetta. Toisaalta ei saa olettaa mitään. (Kauppinen, Nummi & ja Savola 2012, 135.)

On hyvä testata käyttöohjetta, koska silloin tekijä ymmärtää, onko hän onnistunut käyttöohjeen tekemisessä. Jos ei olla onnistuttu, on helppo korjata asia heti. (Kauppinen, Nummi & ja Savola 2012, 135.)

5.2 Ohjeiden tekeminen

Solid Edge-sekä RepetierHost-ohjelmien tekemisessä täytyi ottaa huomioon, missä järjestyksessä asioita esitellään. Koska molemmat ohjeet tehtiin koululle opetuskäyttöön, oli selvitettävä opiskelijoiden lähtötasoa, mutta ei oletettu mitään. Toisaalta molemmista ohjeista on tehty erilaisia videoita, jotka tukevat paperiversion ohjeita. Näin ollen lukija ymmärtää paremmin käyttöohjeet. Videot on tehty Screen Cast-ohjelmalla.

Alla olevissa taulukoissa kerrotaan ohjelmista tehtyjen käyttöohjeiden sisällysluettelosta.

Taulukko 4. Solid Edge -ohjelmanohjeiden sisällysluettelo.

Ohje 1	Ohjelman avaaminen	Tekstitiedosto:	Video
Ohje 2	Aloitusikkuna	Tekstitiedosto	Video
Ohje 3	Tilan vaihto	Tekstitiedosto	Video
Ohje 4	Alkuasetukset	Tekstitiedosto	Video
Ohje 5	Ohjattu esimerkki	Tekstitiedosto	Video

Taulukko 5. 3D-tulostuksen ohjeiden sisällysluettelo.

Ohje 1	Ohjelman käynnistäminen	Tekstitiedosto	Video
Ohje 2	Slicer-välilehden avaaminen	Tekstitiedosto	Video
Ohje 3	Tulostuksen käynnistäminen	Tekstitiedosto	Video
Ohje 4	Manual control-asetuksen avaaminen	Tekstitiedosto	Video
Ohje 5	Tulostuksen keskeyttäminen	Tekstitiedosto	Video

Ohje aloitettiin perustietojen kertomisella Solid Edgestä sekä RepetierHost-ohjelmistosta, jotta lukija tietää ohjelmat ja niiden käyttötarkoitukset. Terminologiaa kerrotaan myös samalla kun uusia sanoja tulee ohjeessa vastaan, jotta ohjeen lukija ymmärtää varmasti kulloinkin mistä on kyse. Perustavan esittelyn jälkeen esitellään sekä Solid Edge- että RepetierHost-perusasetuksia, jotta perustyökalut ja valikot tulisivat tutuiksi. Valikoita havainnollistetaan kuvin.

Ohjelmien esittelyiden jälkeen aloitettiin vaihe vaiheelta etenevä 3D-mallin piirtäminen Solid Edge -ohjelmalla. Aluksi jokainen piirtovaihe kerrottiin yksityiskohtaisesti,

jotta lukija tietää, mistä mikäkin piirtotoiminto löytyy. Vaiheita havainnollistetaan tarpeellisin välein kuvin. Ohjeen edetessä, kun samoja piirtotoimintoja on toistettu useampi, jätetään yksityiskohtainen toimintojen ohjeistus vähemmälle tutuilta osin. Näin käyttöohjeen lukija ei joudu turhaan lukemaan jo tuttuja asioita, ja tämän ansiosta mielenkiinto säilyy paremmin.

RepetierHost-ohjelman käyttöohjeen tekemisessä on yritetty selittää vaihe vaiheelta kaikki tarpeelliset asiat käyttäjän kannalta. Asioiden havainnollistamiseksi paremmin on laitettu paljon kuvia jokaisesta vaiheesta.

6 Yhteenveto ja tulokset

Tämän opinnäytetyön tavoite oli laatia peruskäyttöohje kahdelle ohjelmalle, joiden nimet ovat Solid Edge -mallinnusohjelma ja 3D-tulostimen ohjelma, jonka nimi on RepetierHost. Käyttöohjeet tehtiin sekä videoille että paperille, jotta käyttäjät ymmärtäisivät paremmin eli toisin sanoen ne tukevat toisensa.

Työ aloitettiin kertomalla vähän näiden ohjelmien taustasta, jotta lukijat ymmärtäisivät perustietoja ohjelmista. Työn edetessä on kerrottu ohjelmien ominaisuuksista ja terminologiasta. Tällä tavalla on pyritty herättämään ja nostamaan lukijoiden motivaatiota, jolloin lukijaa ymmärtää paremmin mistä asioista puhutaan. Teoriaosuu- den havainnollistamiseksi on työssä tarpeen mukaan erilaisia kuvioita.

Ennen käyttöohjeiden tekemistä on yritetty selventää molempien ohjelmien toimintaperiaatetta ja tutustua niihin mahdollisimman hyvin. Vasta sen jälkeen on alettu tekemään käyttöohjetta perustiedoista lähtien. Käyttöohje on lopetettu tekemällä lopussa ohjattu esimerkki. Siinä on yritetty käydä läpi kaikki asiat, jotka on selitetty käyttöohjeissa vaihe vaiheelta.

Työn haasteina voidaan pitää, että tekijä on käynyt pelkästään Solid Edge -ohjelman peruskurssin kaksi vuotta sitten. Vaikka tämä ohjelma tuli esille, kun tekijä oli työharjoittelussa, silti asioita oli unohtanut. Toisaalta tekijällä ei ollut mitään käsitystä toisesta ohjelmasta eli RepetierHost-ohjelmasta. Tähän ohjelmaan tutustumiseen meni jonkin verran aikaa, ennen kuin ohjelma tuli tutuksi tekijälle. Kaikkein haastavin asia oli se, että tekijän äidinkieli ei ollut suomi, joten työn tekeminen oli vaikeaa, varsinkin videoiden tekeminen.

Vaikka käyttöohjeita ei testattu, on silti onnistettu saavuttamaan työn tavoitteet.

LÄHTEET

3D-printing industry. 2017a. History of 3D-printing. [www-sivu]. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavissa: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>

All about 3D-printing. 2017. 7. What are the Benefits of the STL File Format?. [Www-sivu]. [Viitattu 11.4.2017]. Saataviss: <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing/>

Bulent, Y. 2015a. All3DP (All about 3D Printing). Cartesian 3D Printer. [Www-sivu]. [Viitattu 12.5.2017]. Saatavissa: <https://all3dp.com/know-your-fdm-3d-printers-cartesian-delta-polar-and-scara/>

Bulent, Y. 2015b. All3DP (All about 3D Printing). Delta 3D Printer. [Www-sivu]. [Viitattu 12.5.2017]. Saatavissa: <https://all3dp.com/know-your-fdm-3d-printers-cartesian-delta-polar-and-scara/>

Bulent, Y. 2015c. All3DP (All about 3D Printing). Polar 3D Printer. [Www-sivu]. [Viitattu 12.5.2017]. Saatavissa: <https://all3dp.com/know-your-fdm-3d-printers-cartesian-delta-polar-and-scara/>

Canorama. Ei päiväystä. Selective Laser Sintering (SLS). [www-sivu]. Canorama Oy. [Viitattu 12.5.2017a]. Saatavissa: <http://www.canorama.fi/fi/3d-printer-technology/selective-laser-sintering-sls>

Canorama. Ei päiväystä. Stereolitografia (SLA). [www-sivu]. Canorama Oy. [Viitattu 1.4.2017b]. Saatavissa: <http://www.canorama.fi/fi/stereolitografia-sla>

Filamentti. 2015a. Tekniset tiedot ABS. [Www-sivu]. [Viitattu 10.5.2017]. saatavissa: <http://www.filamentti.com/tekniset-tiedot-abs/>

Filamentti. 2015b. Tekniset tiedot PLA. [Www-sivu]. [Viitattu 10.5.2017]. saatavissa: <http://www.filamentti.com/tekniset-tiedotPLA/>

Grano 3D. 2016a. FDM (Fused Deposition Modelling). [Www-sivu]. Grano 3D OY. [Viitattu 12.5.2017]. Saatavissa: <http://www.rpcase.fi/Sovellukset/Tietoa-eri-tekniikoista>

Griffey, J. 2014a. 3-D Printers for Libraries. [Verkkokirja]. Chicago, IL: ALA Tech-Source. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

- Griffey, J. 2014b. 3-D Printers for Libraries. [Verkkokirja]. Chicago, IL: ALA Tech-Source. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Hausman, R., Horne. & Kalani, K. 2014a. 3D Printing For Dummies. [Verkkokirja]. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated. [Viitattu 7.5.2017]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden
- Hausman, R., Horne. & Kalani, K. 2014b. 3D Printing for Dummies. [Verkkokirja]. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated. [Viitattu 7.5.2017]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden
- Hausman, R., Horne. & Kalani, K. 2014c. 3D Printing for Dummies. [Verkkokirja]. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated. [Viitattu 7.5.2017]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden
- Hietikko, E. Solid Works tietokoneavusteinen suunnittelu. 2012a. Kuopio: Savonia -Ammattikorkeakoulu.
- Hietikko, E. Solid Works tietokoneavusteinen suunnittelu. 2012b. Kuopio: Savonia -Ammattikorkeakoulu.
- Hietikko, E. Solid Works tietokoneavusteinen suunnittelu. 2012c. Kuopio: Savonia -Ammattikorkeakoulu.
- Hunter, J., Dale, D. Firing, E., Droettboom, M. & Matplotlib Development Team. 2017. Matplotlib. 3D surface with Polar Coordinates. [Www-sivu]. [Viitattu 13.5.2017]. Saatavissa: https://matplotlib.org/devdocs/gallery/mplot3d/surface3d_radial.html
- IDEAL PLM. Ei päiväystä. Ohutlevysuunnittelu Solid Edgellä. [www-dokumentti]. Ideal product Oy. [Viitattu 13.04.2017c]. Saatavissa: <http://www.ideal.fi/fi/tuotteet/computer-aided-design/solid-edge/ohutlevysuunnittelu-solid-edgella/>
- IDEAL PLM. Ei päiväystä. Solid Edge®. [www-dokumentti]. Ideal Product Data Oy. [Viitattu 27.03.2017a]. Saatavissa: <http://www.ideal.fi/fi/tuotteet/computer-aided-design/solid-edge/>
- IDEAL PLM. Ei päiväystä. Solid Edge-tiedonhallinta. [www-dokumentti]. Ideal product Oy. [Viitattu 28.03.2017b]. Saatavissa: <http://www.ideal.fi/fi/tuotteet/computer-aided-design/solid-edge/solid-edge-tiedonhallinta/>
- Kettunen, T. 2017a. IDEL PLM tuotetuki. Ideal Product Data Oy. [Henkilökohtainen sähköposti viesti 5.5.2017]. [Viitattu 7.5.2017]
- Kettunen, T. 2017b. IDEL PLM tuotetuki. Ideal Product Data Oy. [Henkilökohtainen sähköposti viesti 5.5.2017]. [Viitattu 8.5.2017]

- Kettunen, T. 2017c. IDEL PLM tuotetuki. Ideal Product Data Oy. [Henkilökohtainen sähköposti viesti 5.5.2017]. [Viitattu 10.5.2017]
- Koski, A. 2017. Päiväkotilapsille 3D-tulostin – pian totta Seinäjoella. [Www-sivu]. Yleisradio Oy. [Viitattu 3.4.2017]. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9407786>
- Krassenstein, B. 2015a. What is 3D Printing & How Do 3D printers Work? – A Guide. [www-lähde]. 3dprint.com. [Viitattu 23.3.2017]. Saatavissa: <http://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works>
- Krassenstein, B. 2015b. What is 3D Printing & How Do 3D printers Work? – A Guide. [www-lähde]. 3dprint.com. [Viitattu 23.3.2017]. Saatavissa: <http://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works>
- Kuppinen, A., Nummi, J. & Savola, T. 2012. Tekniikan viestintä. Helsinki: Edita Oy. [Viitattu 4.4.2017]
- Metal 3D Printing. 2017a. Technical Specification for Metal 3D Printing. [Www-sivu]. [Viitattu 10.5.2017]. Saatavissa: <http://www.materialise.com/en/manufacturing/3d-printing-technology/metal-3d-printing>
- MiniFactory. 2017a. 3D-tulostin koulutuksessa. [Www-sivu]. miniFactory Oy Ltd. [Viitattu 3.5.2017]. Saatavissa: <http://www.minifactory.fi/3d-tulostin/minifactory-3/>
- MiniFactory. 2017b. ABS 1.75mm tulostusmateriaali. [Www-sivu]. miniFactory Oy Ltd. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavissa: <http://www.minifactory.fi/verkkokauppa/abs-1-75mm-tulostusnauha-2/>
- MiniFactory. 2017c. PLA 1.75mm tulostusmateriaali. [Www-sivu]. miniFactory Oy Ltd. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavissa: <http://www.minifactory.fi/verkkokauppa/pla-1-75mm-tulostusnauha-2/>
- Palermo, E. 2013a. What is Laminated Object Manufacturing?. [Www-sivu]. [Viitattu 7.5.2017]. Saatavissa: <http://www.livescience.com/40310-laminated-object-manufacturing.html>
- Palermo, E. 2013b. What is Selective Laser Sintering? [www-lähde]. LiveScience. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: <http://www.livescience.com/38862-selective-laser-sintering.html>
- PLM group. Ei päiväystä. Metallien 3D-tulostus on tulevaisuutta. [Www-sivu]. PLM Group OY. [Viitattu 8.4.2017a]. Saatavissa: <https://plmgroup.fi/metallien-3d-tulostus/>

- ReadOrRefer. Ei päiväystä. Wire-frame modeling technique in CAD. [Www-sivu]. [5.5.2017]. Saatavissa: http://www.readorrefer.in/article/Wire-frame-modeling-technique-in-CAD_5877/
- Repetier. Ei päiväystä. Repetier. [Www-sivu]. Hot-World GmbH & Co. KG. [Viitattu 2.4.2017a]. Saatavissa: <http://www.repetier.com/>
- SolidFill. Ei päiväystä. Fused Deposition Modeling. [www-sivu]. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: http://solidfill.com/en/Fused_Deposition_Modeling/
- SolidSmack. 2014. The stereolithography process in a 2D breakdown. [www-lähde]. SolidSmack. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: <http://www.solidsmack.com/fabrication/stereolithography-110-micron-old-world-laboratories-nano-3d-printer/>
- Spadro, J. 2016. Cartesian Vs. Delta Printers: How Do They Work?. [www-sivu]. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: <https://www.printspace3d.com/category/how-it-works/>
- Sudhir, G. 2015. Tutorial - Freeform feature in SolidWorks? GrabCAD. [Www-sivu]. [Viitattu 9.5.2017] Saatavissa: <https://grabcad.com/questions/tutorial-freeform-feature-in-solidworks>
- Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, Hannu. 1998a. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelua. Porvoo: WSOY Oyj.
- Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, Hannu. 1998b. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelua. Porvoo: WSOY Oyj.
- Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, Hannu. 1998c. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelua. Porvoo: WSOY Oyj.
- Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, Hannu. 1998d. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelua. Porvoo: WSOY Oyj.
- Vossi Smart Production Partner. Ei päiväystä. SLM SOLUTIONS - Metallien 3D-tulostimet. [Www-sivu]. Vossi Group OY. [Viitattu 8.4.2017]. Saatavissa: http://www.vossi.fi/tuotteet/slm_solutions_metalli_3d_tulostus_materiaalia_lisaava_valmistus.html
- Youtube. 2010. Cartesian Coordinate System. [Www-sivu]. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=yILR6gLRm-Y>

LIITTEET

Liite 1. Solid Edge –ohjelman opiskelijaversioiden lataamishje

Liite 2. Kappaleen mallin tuottaminen Solid Edge -ohjelmalla

Liite 3. Kappaleen tulostaminen RepetierHost -ohjelmalla

Liite 4. Nauhoitetut videot

Käyttöohje Solid Edge – ohjelman opiskelijaversioiden lataaminen

Kuten on kerrottu luvussa 3.2., opiskelijalla on mahdollisuus ladata tämä ohjelma omalle kotikoneelleen. Tässä kerrotaan lyhyesti, miten tämä ohjelma voidaan ladata.

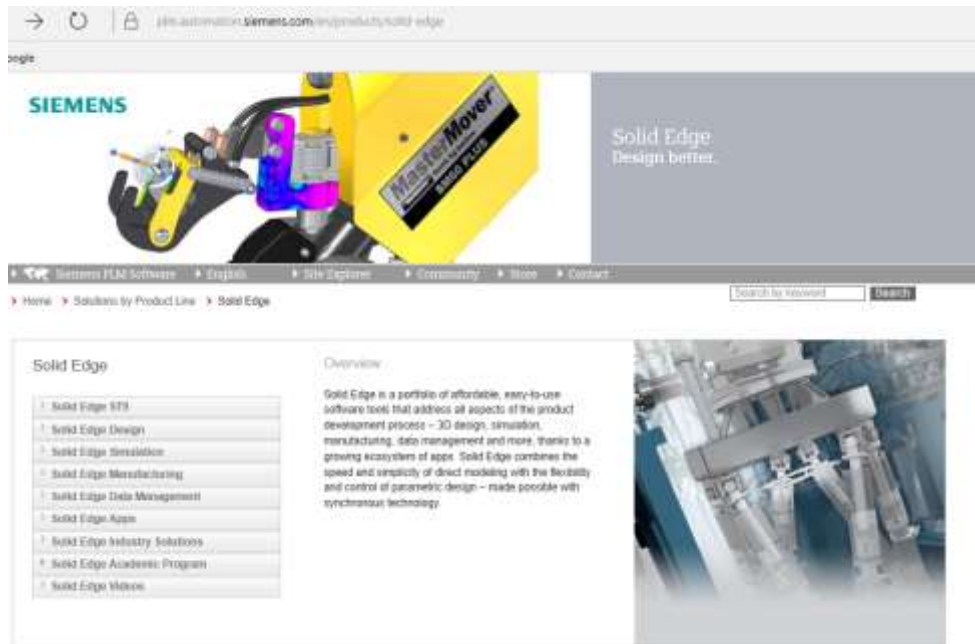
Ohjelman voi ladata opiskelija, joka opiskelee AMK:ssa, yliopistossa, teknisessä korkeakoulussa tai lukiossa.

1. Kuinka ladataan

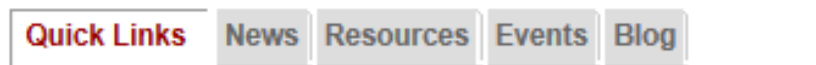
Avaamalla alla oleva linkki tai googlettamalla hakukenttään sana **SOLID EDGE STUDENT VERSION** päästään Siemensin sivulle.

Linkki: <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/solid-edge/>

Eteen tulee alla olevan kuvan näköinen ikkuna.



Tämän jälkeen samalla sivulla oikeassa alareunassa on muutamia pikalinkkejä (engl. Quick Links). Tässä vielä kuva siitä.



- > [Try Solid Edge - Free](#)
- > [Buy Solid Edge](#)
- > [Get Solid Edge 2D Drafting - Free](#)
- > [Get Solid Edge Viewers - Free](#)
- > [Get Recognized as a Solid Edge Certified Professional](#)
- > [Visit the Solid Edge App Marketplace](#)
- > [Join the Solid Edge Community](#)
- > [Read Solid Edge Case Studies](#)
- > [Learn More: Solid Edge on the Microsoft Surface Pro](#)

Näistä linkeistä valitaan ensimmäinen linkki, jossa lukee **TRY SOLID EDGE – FREE**

Klikkaamalla tätä linkkiä tulee eteen alla olevan kuvan mukainen sivu:

Try Solid Edge for 45 Days

Download your Free 3D CAD Trial Now.

Download and use Solid Edge for 45 days on your PC.

Take your product design to the next level with Solid Edge 3D CAD. Find out how Solid Edge drives unparalleled design productivity and engineering creativity, utilizing synchronous technology to deliver the speed and flexibility of direct modeling with the control of parametric design. With 45-day access to the full version of Solid Edge, you can experience fast, flexible design changes, powerful assembly management, and seamless use of multi-CAD data.

Design faster. Design more intuitively. Design better. Start your free trial today.

NOTE: Your PC must connect to the internet the first time the software starts.

[I've already registered for the trial, but I need to download the software](#)

Please select a customer type

Company Individual Student

Choose a Siemens Country/Region*

United States

First Name*

Last Name*

Company Name*

Your company website

Email*

Verify Email*

Valitsemalla Sieltä” **PLEASE SELECT A CUSTOMER TYPE**” kohdalta **STUDENT**, tulee eteen alla olevan kuvan mukainen sivu:

Email Address*	<input type="text"/>
First Name*	<input type="text"/>
First Name (Local)	<input type="text"/>
Last Name*	<input type="text"/>
Last Name (Local)	<input type="text"/>
Country of citizenship*	-- Please Select -- <input type="button" value="v"/>
Country of study or employment*	-- Please Select -- <input type="button" value="v"/>
City of study or employment*	<input type="text"/>
Zip code of study or employment*	<input type="text"/>
Product*	---Please Select--- <input type="button" value="v"/>
Offering Type*	---Please Select--- <input type="button" value="v"/>
User*	---Please Select--- <input type="button" value="v"/>
Name of academic institution*	<input type="text"/>
Website of academic institution*	<input type="text"/>
Name of current software solution	<input type="text"/>
Age	---Please Select--- <input type="button" value="v"/>
Course of study	---Please Select--- <input type="button" value="v"/>
What is 1+3?*	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Yes, please send me tips and tricks emails to help me use this software.	
*Note: you MUST check this box in order to receive tips and tricks emails from Siemens PLM Software that will help you use this software.	
<input type="checkbox"/> Yes, I agree to receive a 6-questions survey to share my feedback in 3 months	
<input type="button" value="Submit"/>	

Täyttämällä yllä olevan kuvan mukainen ikkuna huolellisesti ja klikkaamalla **SUBMIT** painiketta saat myöhemmin sähköpostiisi **LINKIN**, josta voit ladata tämän ohjelman, ja siinä on tarkat ohjeet.

Käyttöohje kappaleen mallin tuottaminen Solid Edge –ohjelmalla

1. Mikä on Solid Edge –ohjelma

Solid Edge on ohjelma, jolla pystytään suunnittelemaan ja mallintamaan erilaisia sekä 3D- että 2D -kappaleita

2. Solid Edge –ohjelman ominaisuudet

Solid Edge –ohjelmasta löytyy seuraavia ominaisuuksia:

- Kappaleen mallintaminen
- kokoonpanon suunnitelmien kappaleiden mallintaminen
- kappaleen piirtäminen
- Sheet-metallisten kappaleiden mallintaminen

Mallinnukseen kuuluu yleensä kolme erilaista mallityyppiä: **osa, kokoonpano ja piirustus**. Osa (**engl. Part**) kuvaa fyysisen kohteen yksittäistä osaa, joka voi olla valmistettava osa tai standardikomponentti. **Kokoonpano (engl. Assembly)** on muodostettu osista ja osakokoonpanoista liittämällä ne yhteen. **Piirustuksessa (engl. Drawing)** esitetään tarpeellinen määrä projektioita ja yksityiskohtia osista ja kokoonpanoista. Parametrisuus näkyy myös osien, kokoonpanojen ja piirustusten välillä siten, että yhteen kohteeseen tehdyt muutokset päivittyvät kaikkiin muihin kohteisiin automaattisesti.

Huom! Tässä työssä tehdään käyttöohje vain mallinnuksen puolelle.

3. Kappaleen luominen näkymään

Ohjelma saa avattua kaksoisklikkaamalla Solid Edge –ohjelman ikonia (kuva1.)



Kuva 1. Solid Edge –ikoni työpöydällä

Ohjelma avautuu kuvan 2 mukaiseen näkymään



Kuva 2. Sovellusikkuna

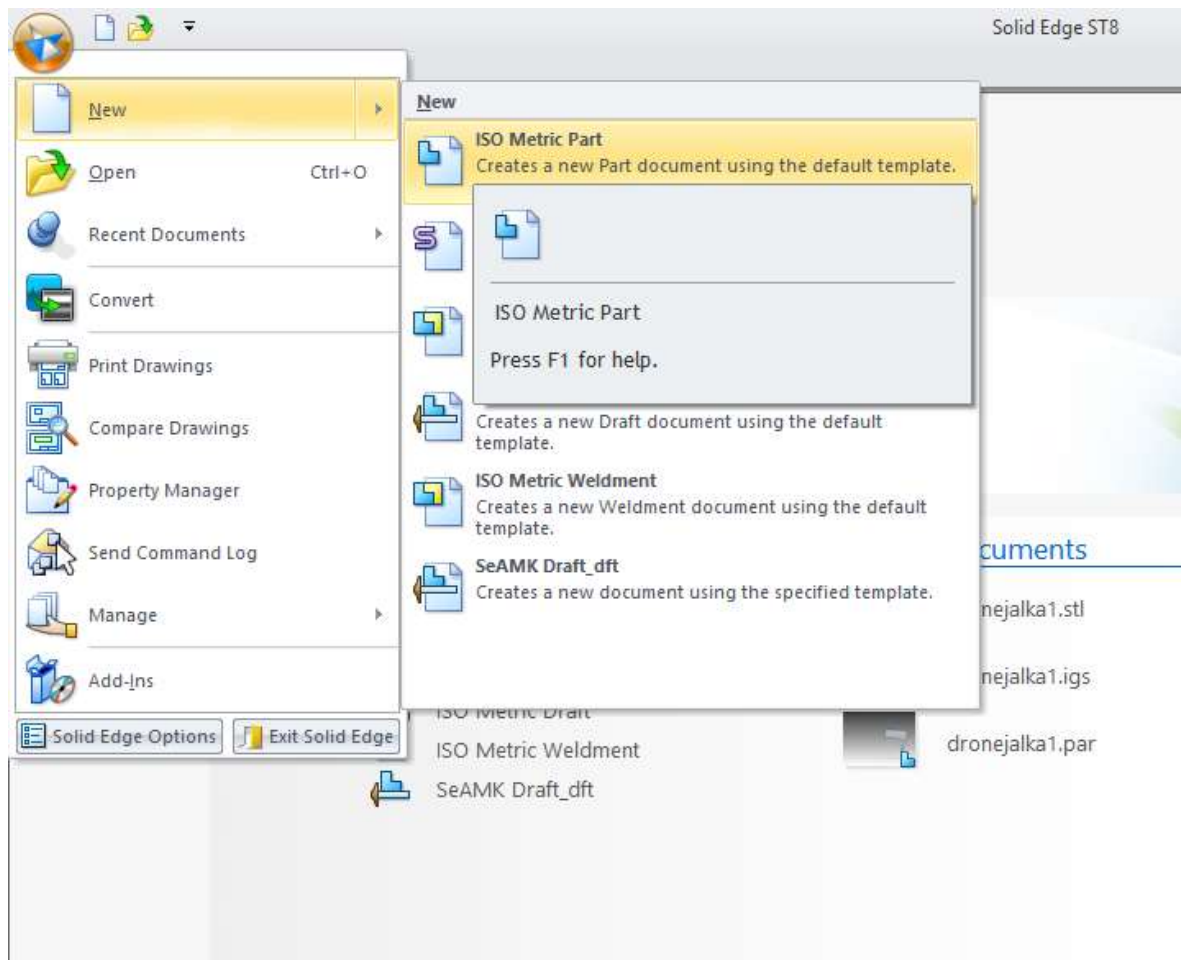
Kuten sovellusikkunasta näkyy, siinä on monta osaa eli **Iso Metric part, Iso Meric Sheet Metal, Iso Metric Assembly ja Iso Metric Draft**. Näistä osista on kerrottu tämän ohjelman ominaisuuden osassa.

Vielä kerran täytyy mainita sitä, että tässä työssä keskitytään vain mallinnuksen puolelle eli Iso Metric. Muut osat unohdetaan hetkellisesti.

4. Ohjelman avaaminen toisella tavalla

Ohjelma saadaan avattua myös toisella tavalla, sovellusikkunan vasemmassa ylänurkassa on ohjelman **Logo**. Klikataan sen **logon päällä** ja sieltä **NEW** ja **ISO METRIC PART**.

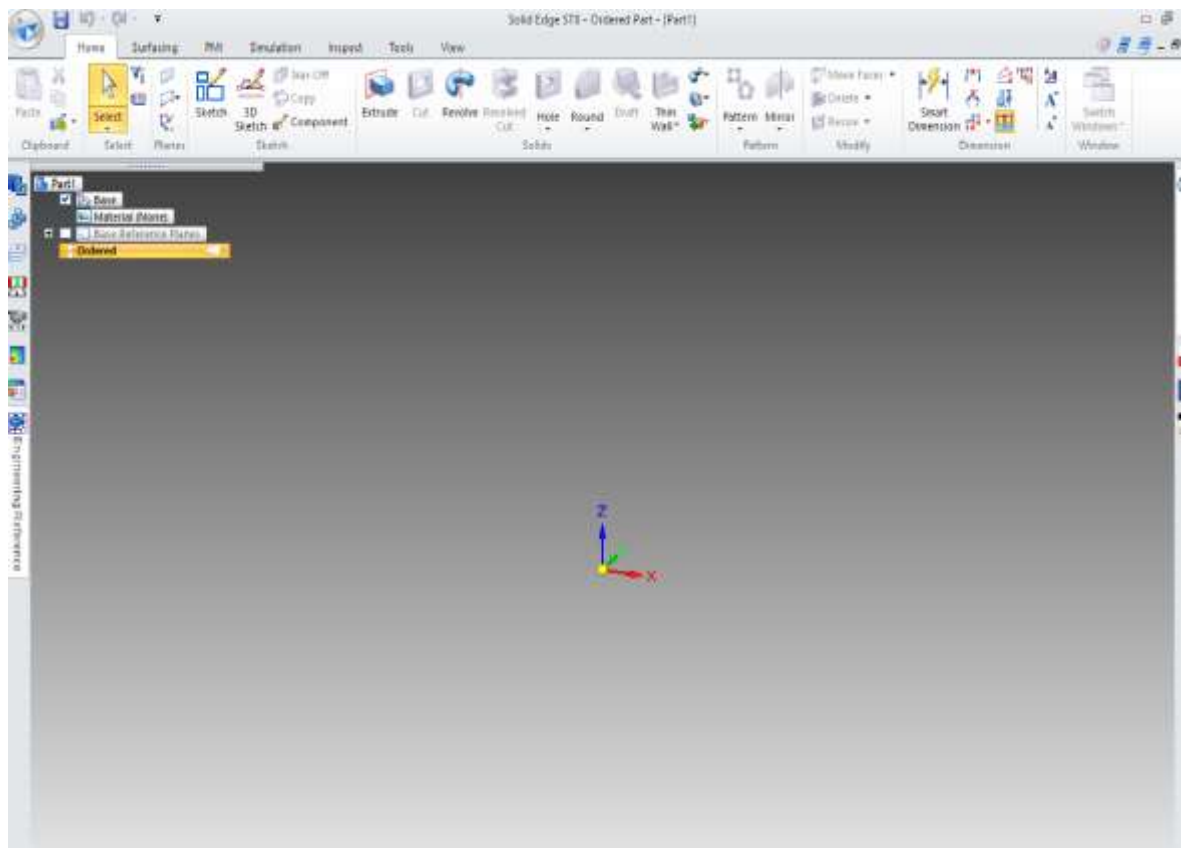
Sama asia on kerrottu kuvan 3. mukaisella tavalla



Kuva 3. Ohjelman avaaminen toisella tavalla

5. Aloitussivun ikkuna

Aloitussivu avautuu kuvan 4. mukaiseen näkymään



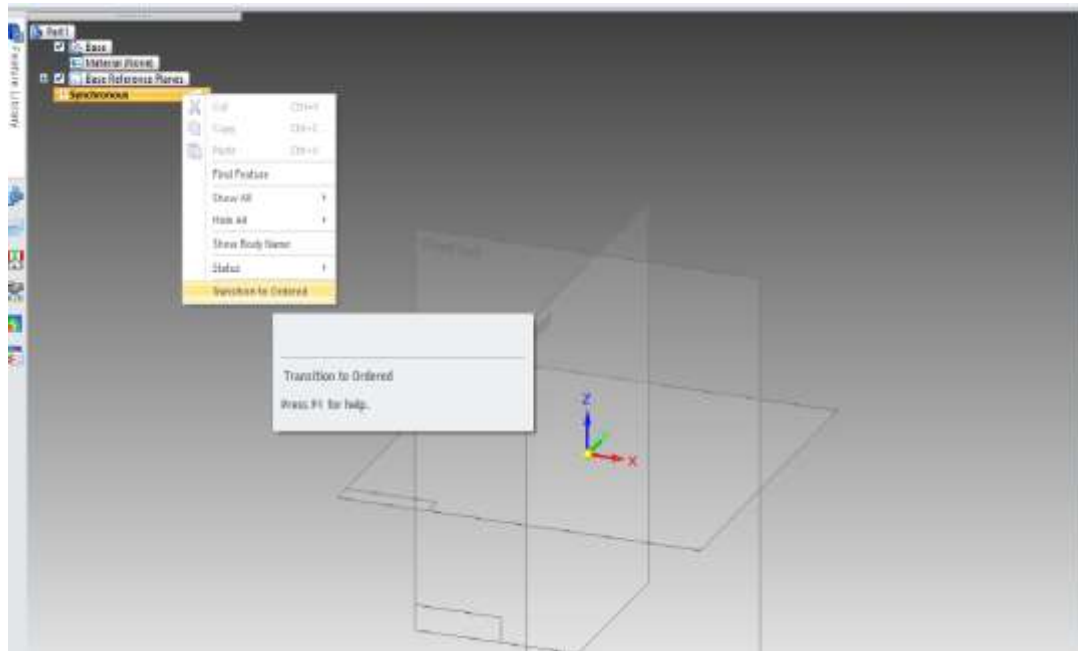
Kuva 4. Aloitussivu

Ohjelmasta löytyy kaksi tilaa, joiden nimet ovat **SYNCHRONOUS** –ja **ORDERED tila**, joilla on erialisia ominaisuuksia. Ensin keskitytään Ordered-tilan ominaisuuksiin.

6. Kuinka vaihdetaan Synchronous- tilasta Ordered-tilaan

Ensin klikataan oikealla hiirellä Synchronous-kohdan päälle ja sieltä valitaan Ordered-tila.

Sama asia selitetty kuvan 5. mukaisella tavalla



Kuva 5. tilan muuttaminen ordereksi

7. Käyttöliittymän osat



Käyttöliittymästä löytyy kaksi tärkeää kommenttia, jotka ovat näkyvissä ylläolevassa kuvassa **vihreillä nuolilla**. Niitä ovat **EXTRUDE** ja **REVOLVE**. Näitä kommenteja tarvitaan ohjelman käyttämisessä koko ajan.

8. Kuinka mallinnetaan jokin kappaleen

Klikataan **EXTRUDE** kommenttia ja sen jälkeen valitaan taso, jonka päälle piirretään, esim. **XY, XZ ja YZ**.

Samat asiat kerrottu alempien kuvien mukaisesti.



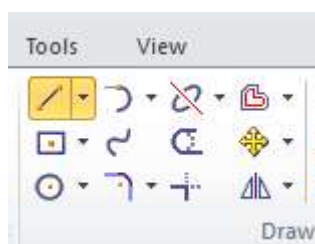
9. Sketsipainikkeet

Sitten saat eteen sketsipainikkeet.

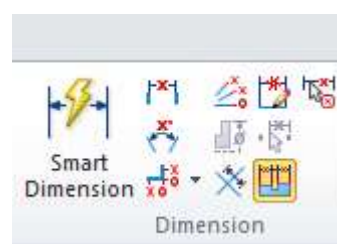


10. Työkalut

Sketsipainikkeista löytyy kaksi tärkeää ominaisuutta eli piirtämistyökalut ja mitoitustyökalut.



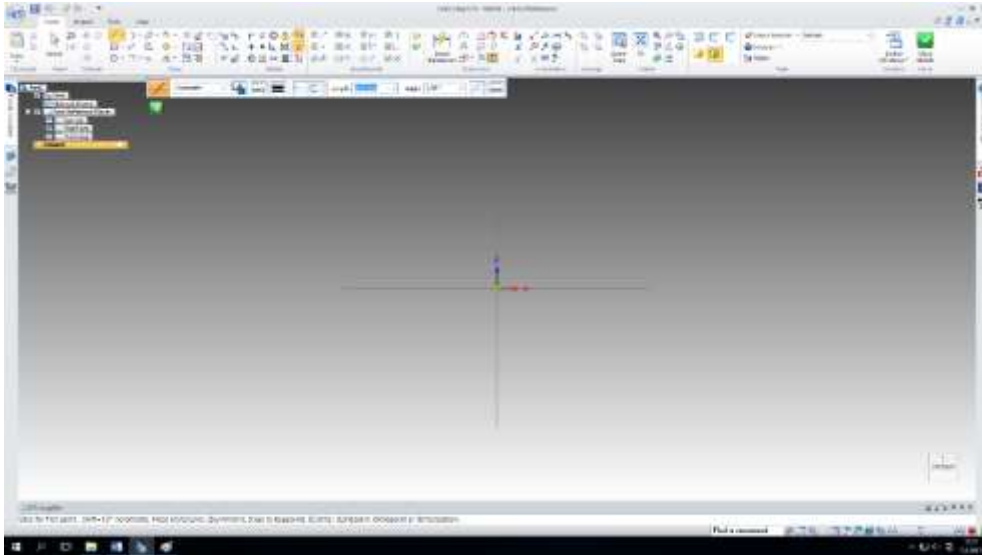
kuva 9. piirtämistyökalut



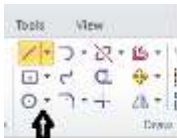
kuva 10. Mitoitustyökalut

11. Ohjattu mallinnusesimerkki

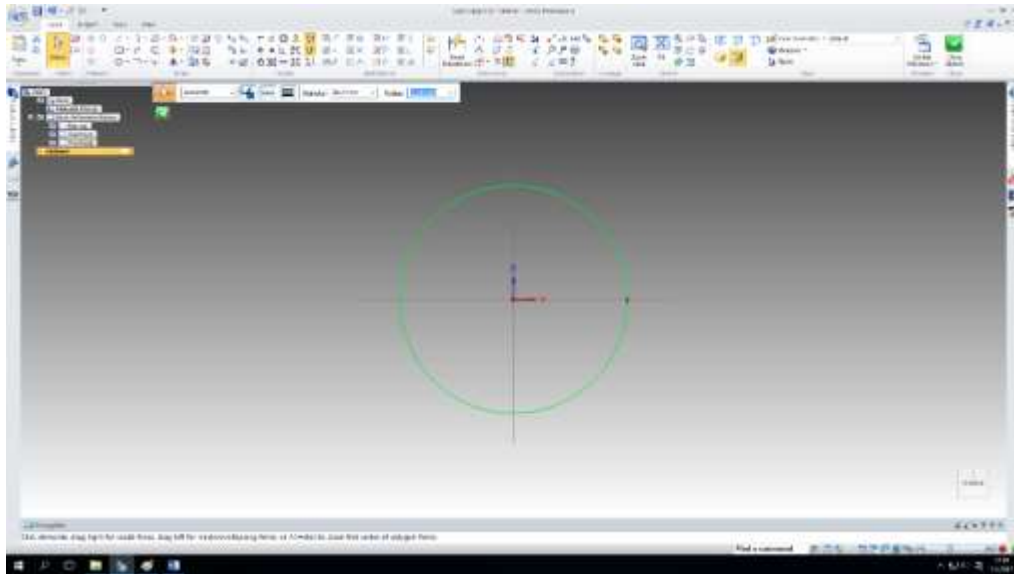
1. Valitaan **EXTRUDE**- kommentti ja sitten **valitaan tason**, ja eteen tulee alla olevan sivun kuva:



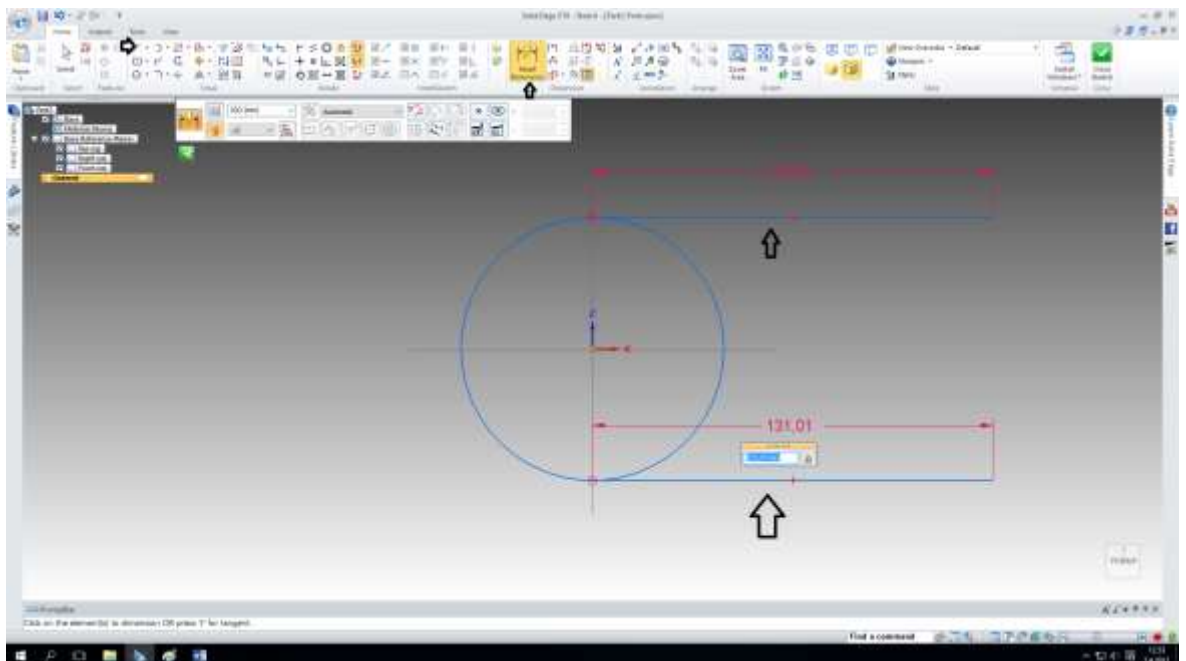
2. Seuraavaksi piirtämisen työkaluista valitaan esim. **ympyrän työkalu** ja piirretään ympyrä.



3. Sitten piirretään ympyrän $R=43$ mm.

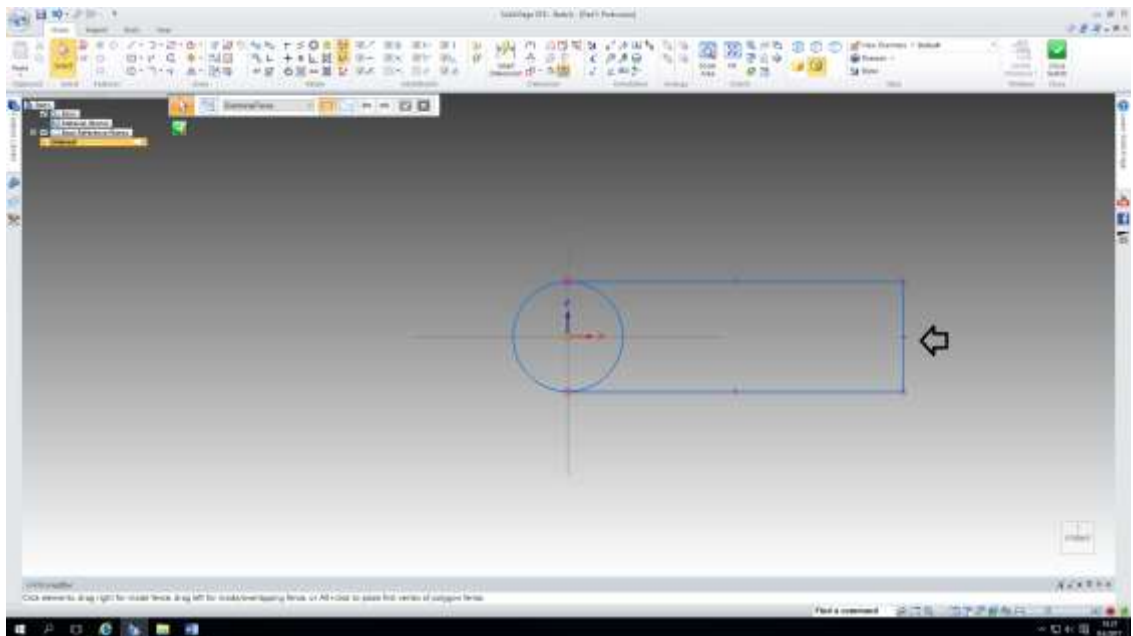


4. Valitaan taas piirtämistyökaluista **LINE** ja piirretään kaksi viivaa ympyrän kehällä alla olevan kuvan mukaisesti.

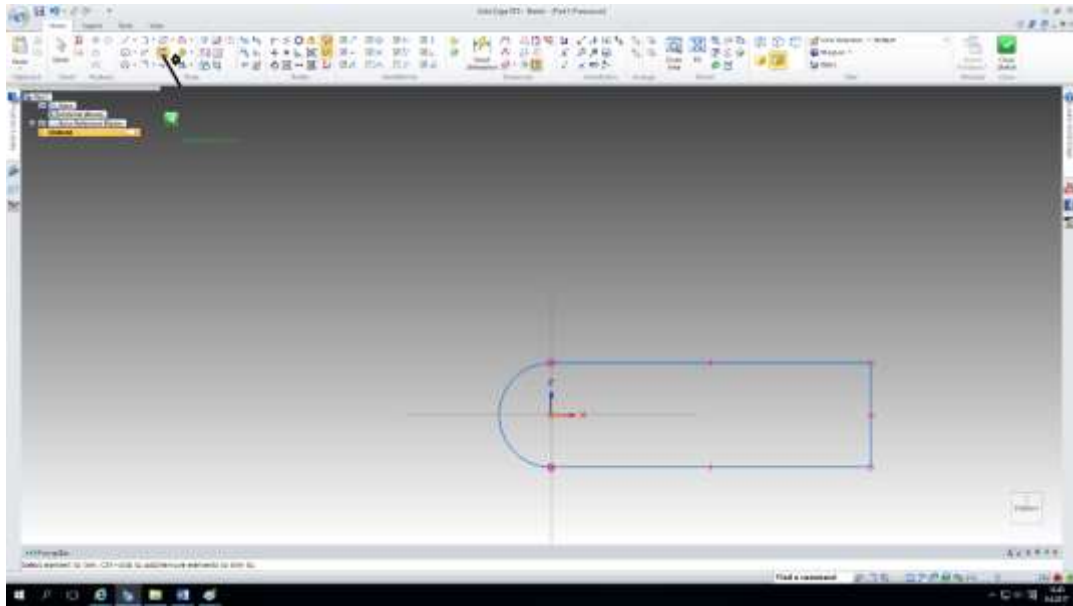


Vielä kerran valitaan **LINE** ja piirretään sillä kaksi mustien nuolien osoittamalla tavalla. Mitataan viivat **SMART DIMENSION** –komennolla, joka on korostettu mustalla nuolella.

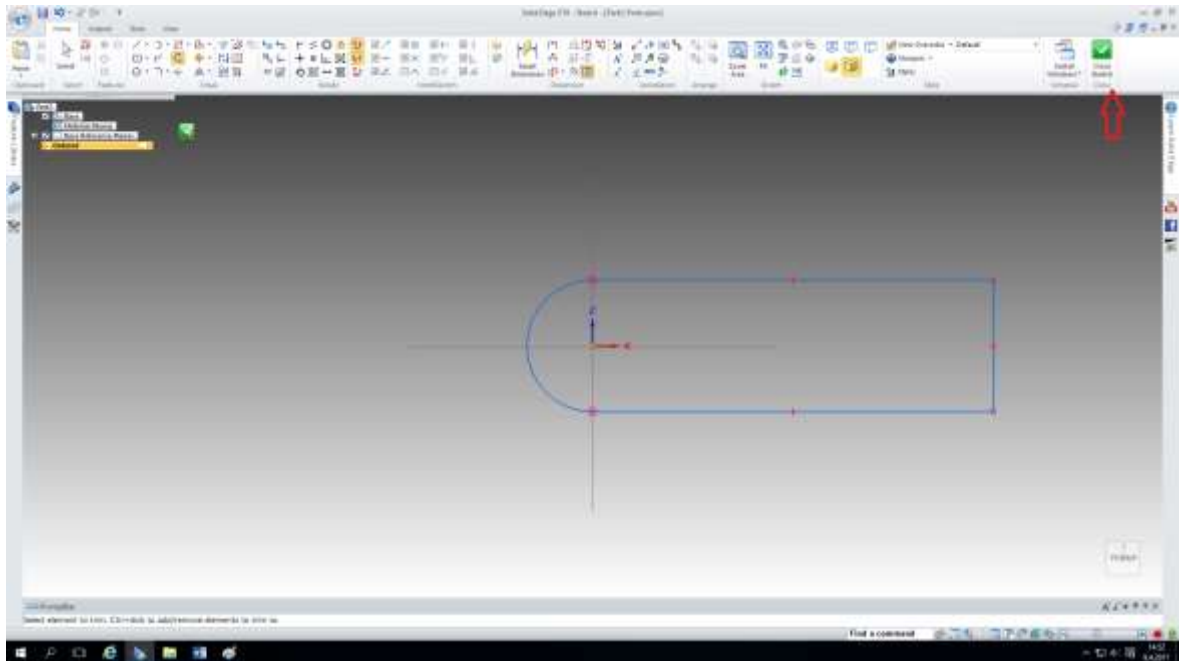
5. Sitten suljetaan kaksi piirrettyä viivaa piirtämällä yksi viiva lisää alla olevan kuvan osoittamalla tavalla.



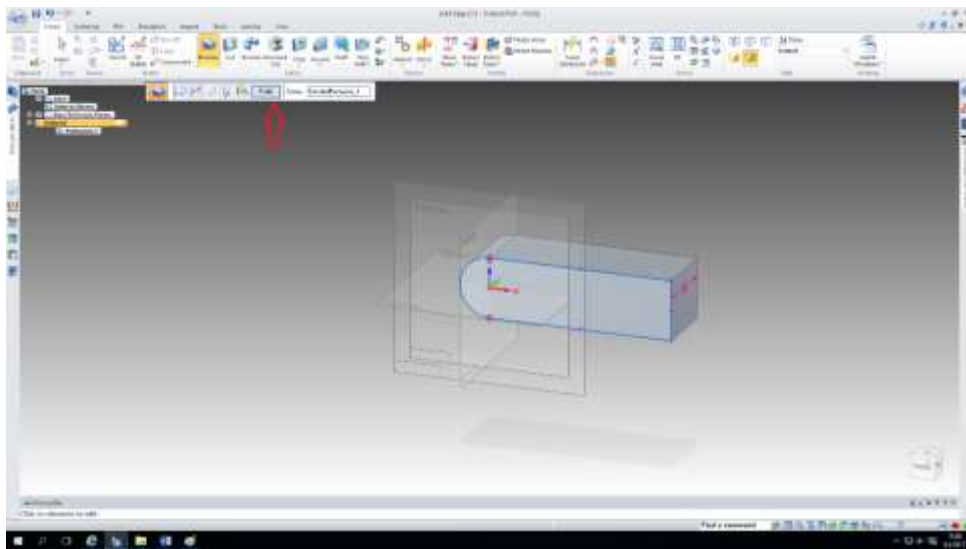
6. Poistetaan TRIM-työkalulla ympyrän kaari. Trim-työkalu löytyy piirtämisen työkaluista.



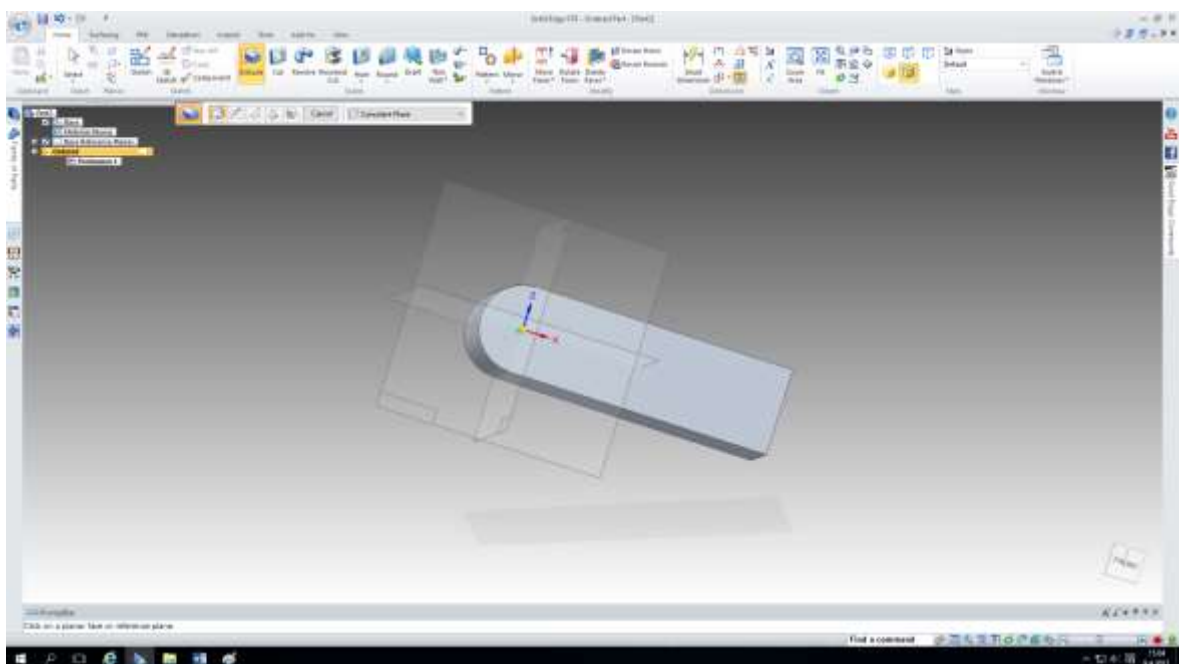
7. Suljetaan Close Sketch – kokennolla.



8. Annetaan pursutukselle jokin arvo ja sen jälkeen painetaan **FINISH**-kommenttia.



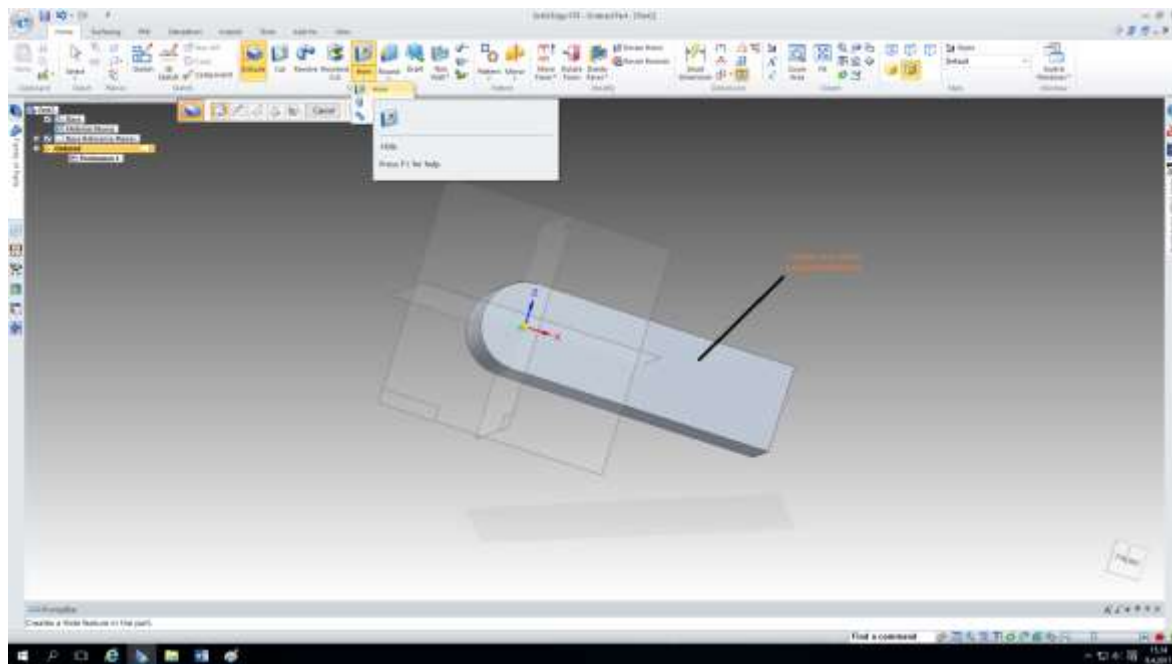
9. Sen jälkeen kappale on valmis.



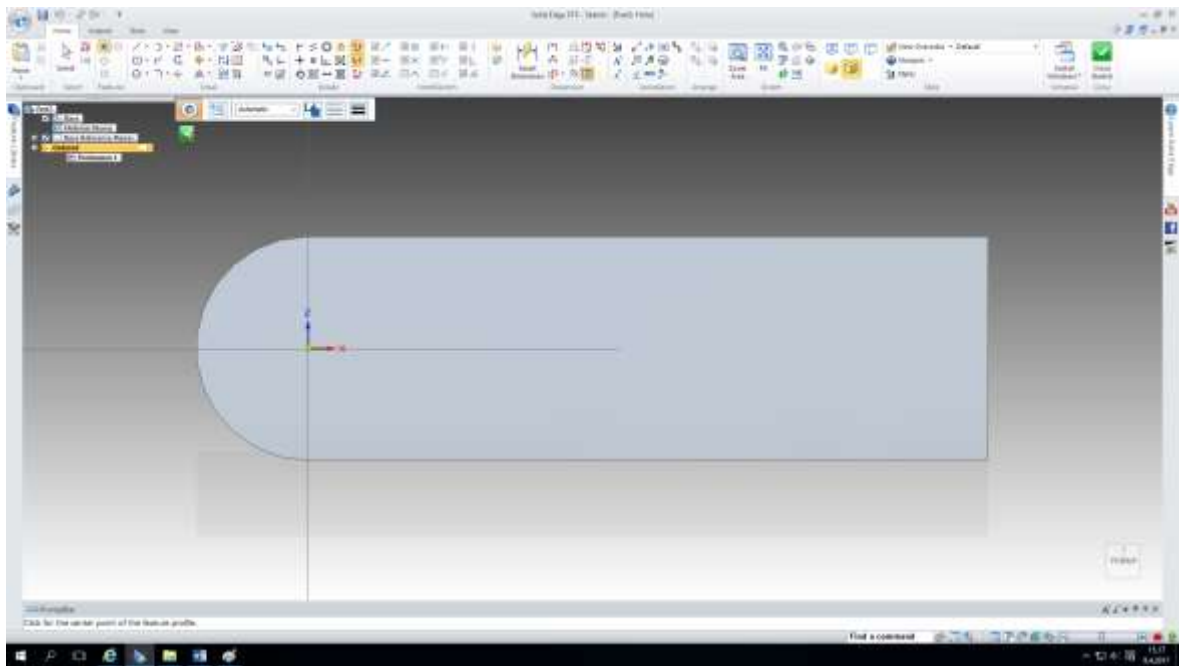
10. Tarvittaessa voidaan käyttää seuraavia kommentteja kuten **CUT**, **HOLE**, **ROUND** jne.



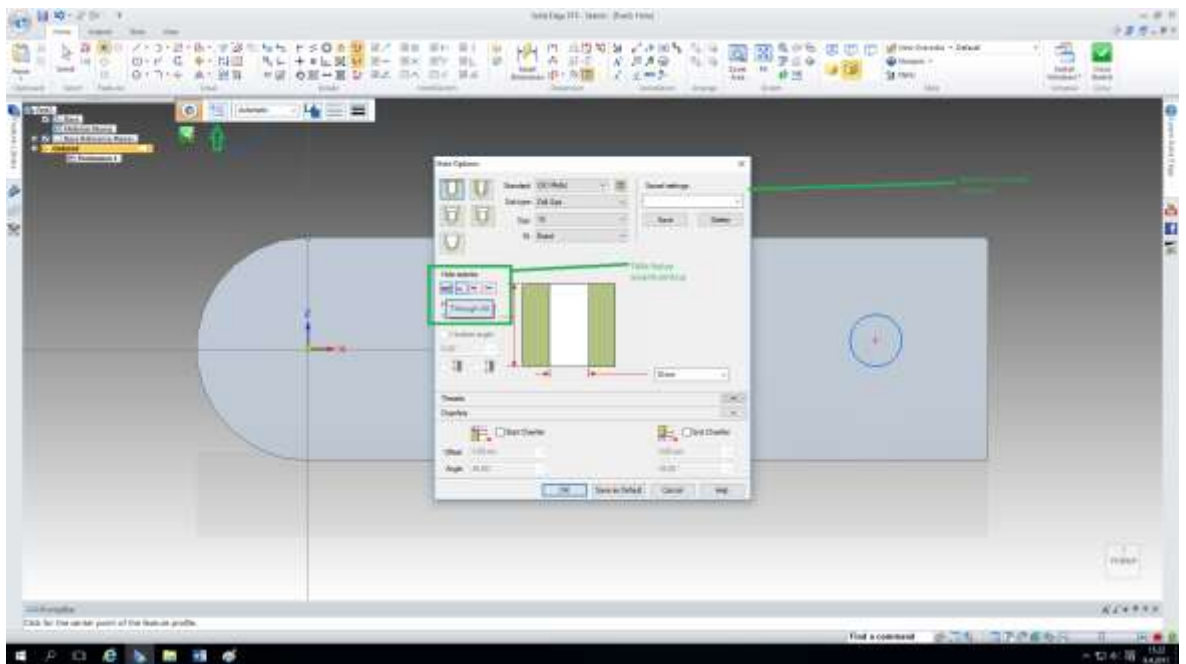
11. Lisätään vaikkapa yllä mallinnettuun kappaleeseen reikä. Klikataan HOLE-kommenttia ja valitaan taso, johon halutaan lisätä.



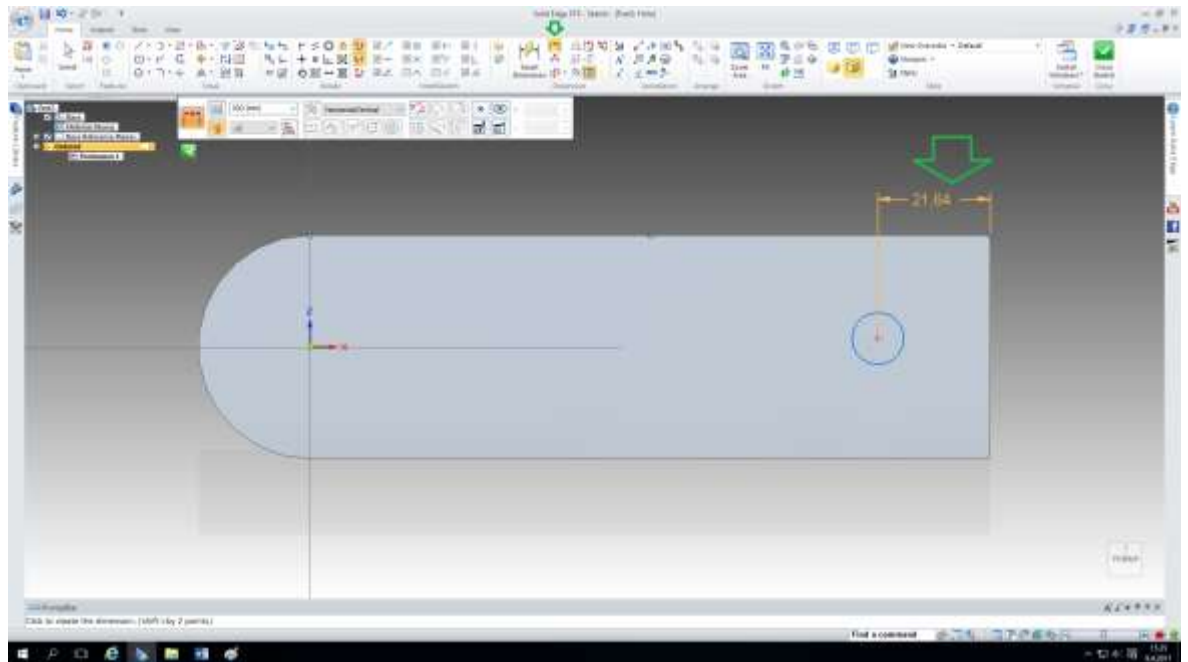
12. Esiin tulee alla olevan kuvan mukainen näkymä.



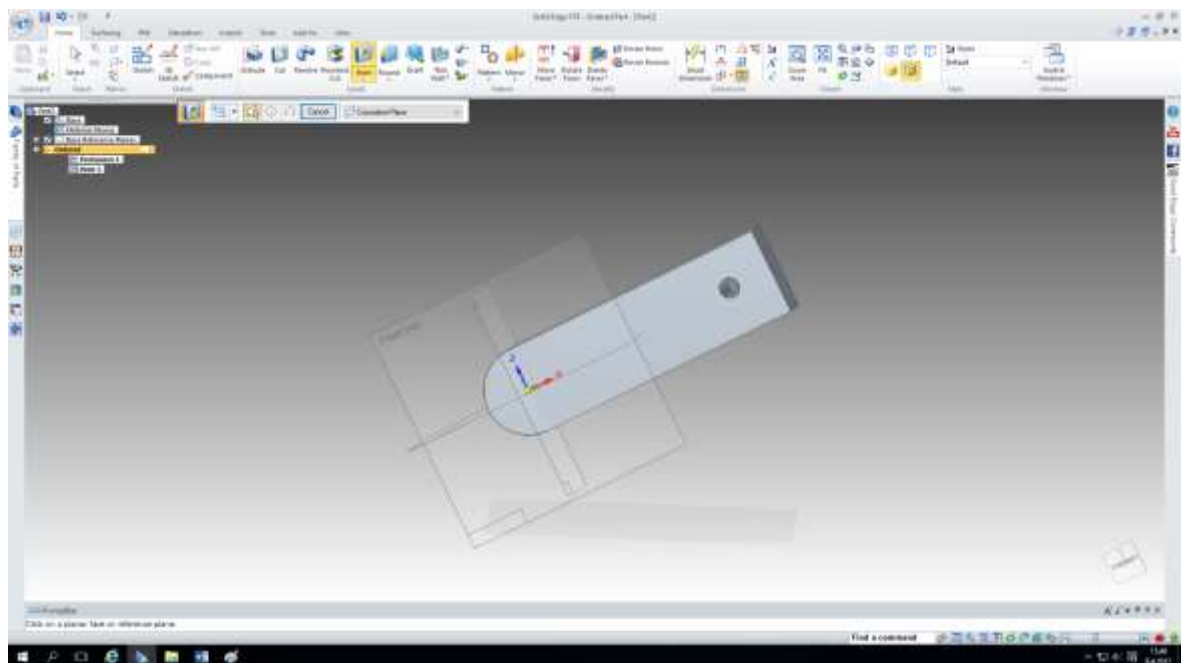
13. Lisätään reikä ja klikkaamalla nuolella osoitetun kohtaan päästetään reikien asetuksen ikkunaan.



14. Sitten mitataan, että kuinka pitkä matka on reiän keskipisteestä kappaleen alkupäähän valitsemalla **DISTANCE BETWEEN**-kommenttia.

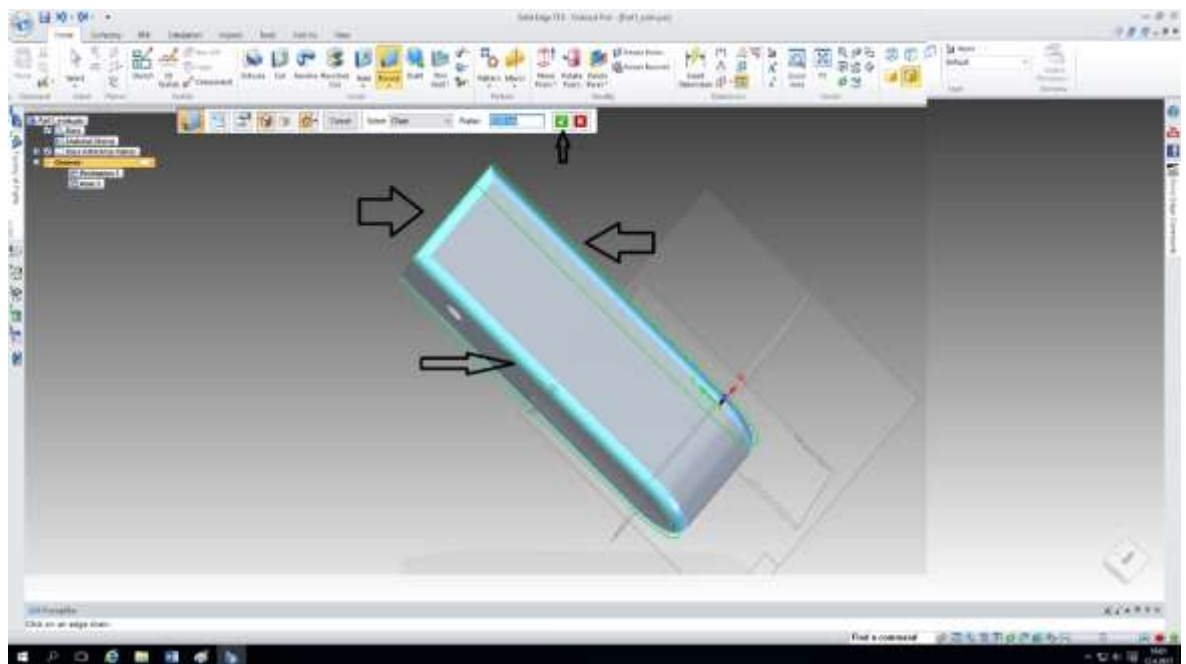
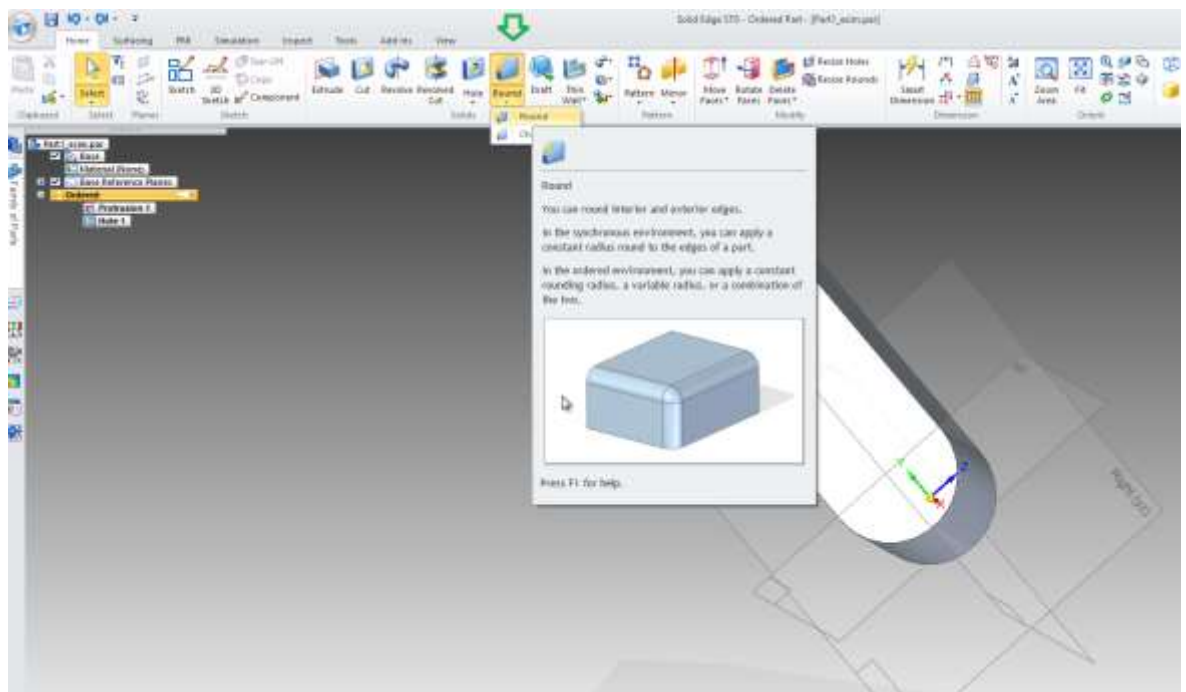


15. Painetaan CLOSE SKETCH ja FINISH.



16.Round-Kommentin käyttö

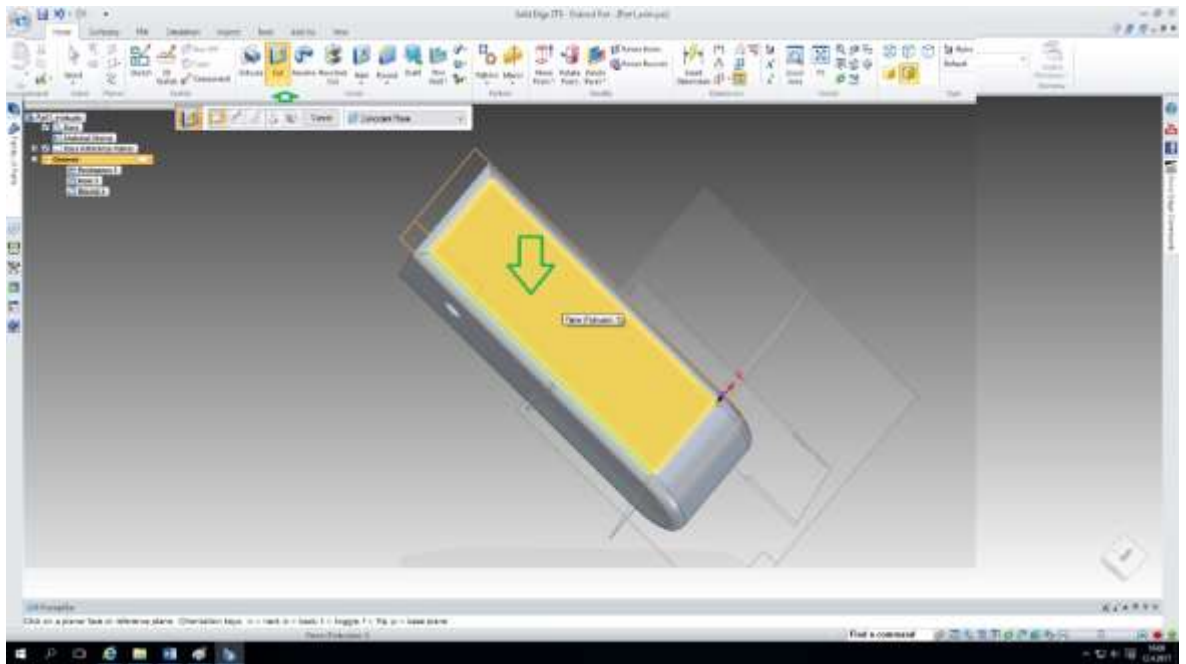
Valitaan ROUND-kommentti ja valitaan ne osat, joihin halutaan ROUNDIA käyttää.



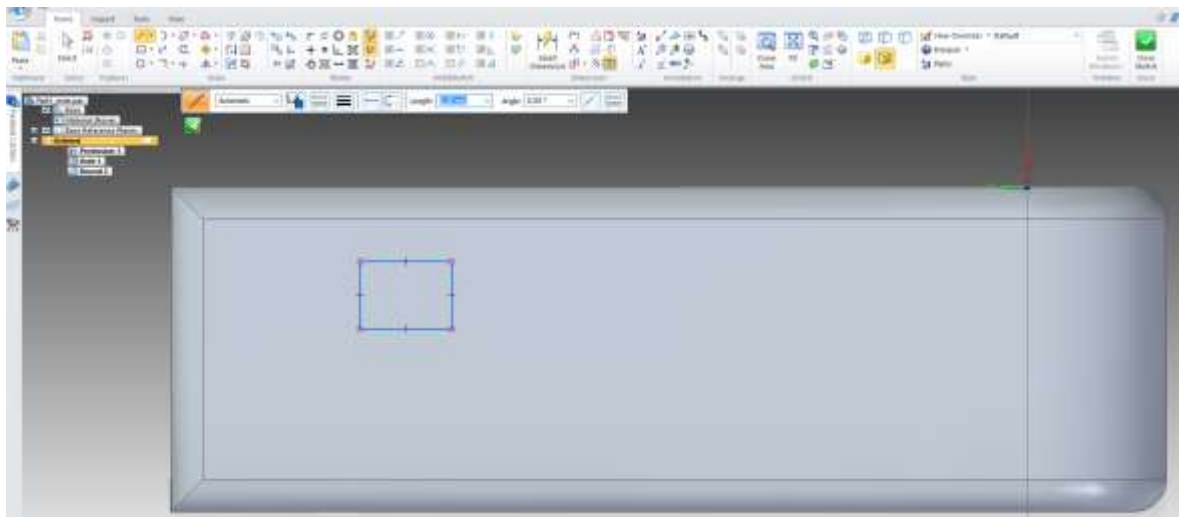
Lopuksi painetaan vihreää merkkiä.

17.Cut kommentin käyttö

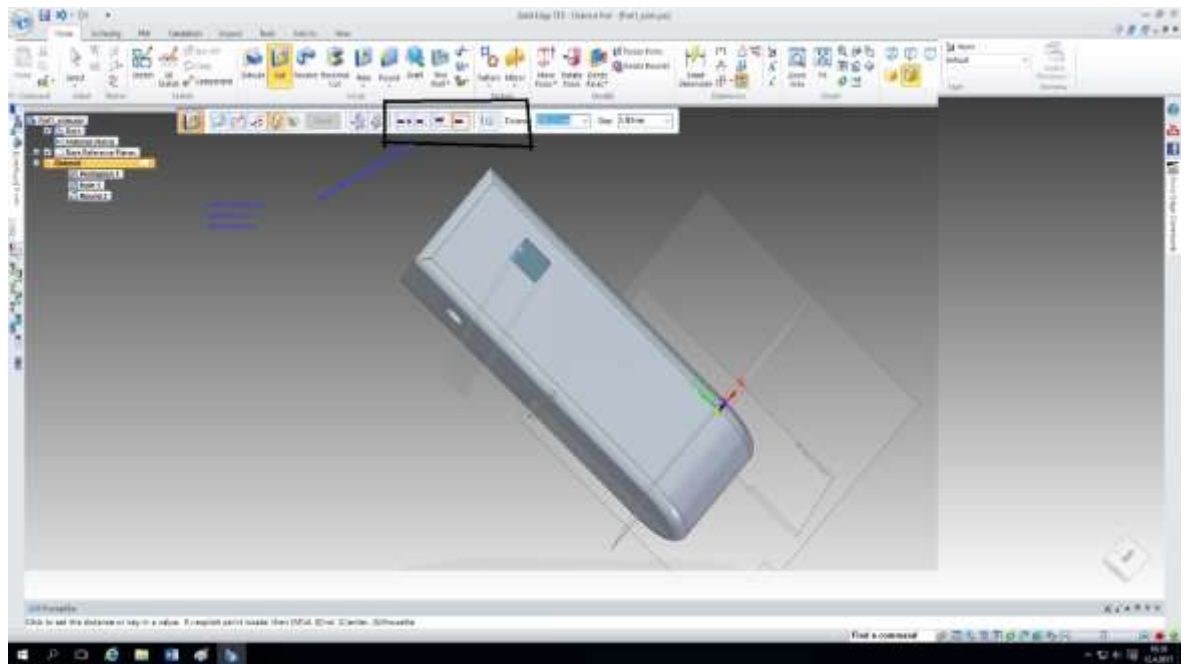
Valitaan CUT-kommentti ja valitaan, mitä osaa halutaan leikata.



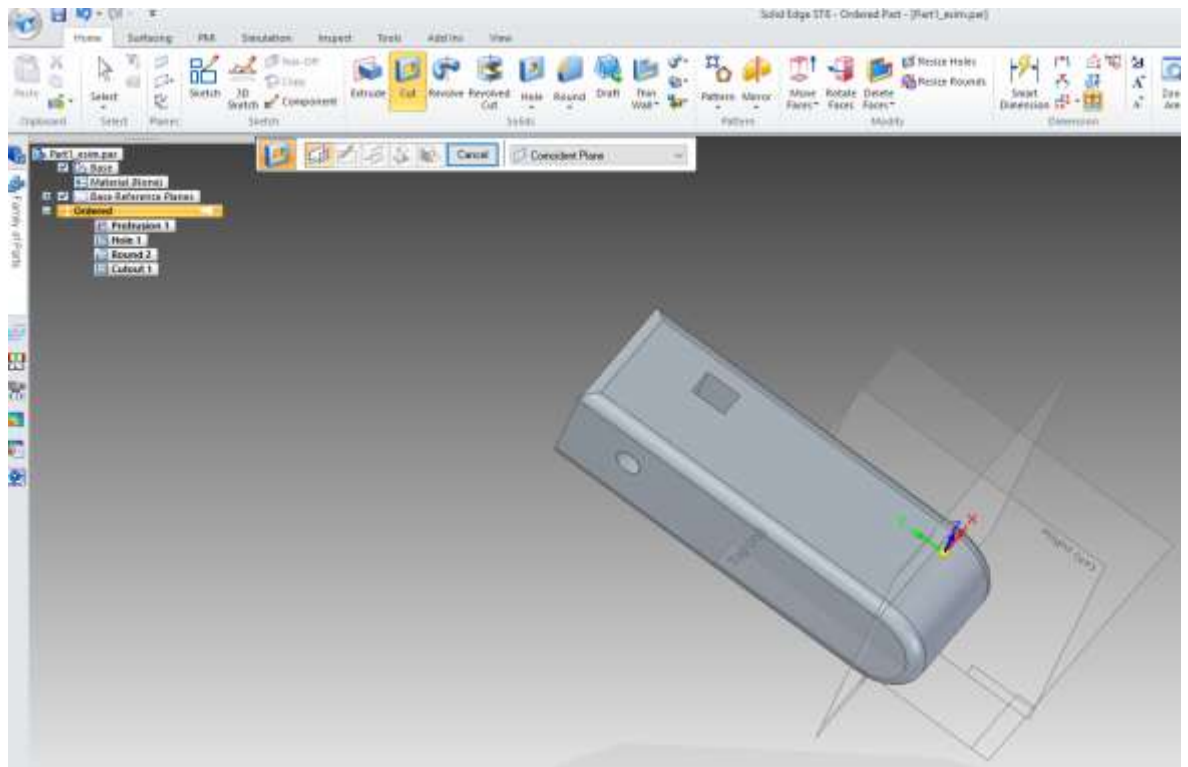
Sitten klikataan siihen tasoon, jota halutaan leikata



Lopuksi painetaan CLOSE SKETCH ja esiin tulee alla olevan kuvan mukainen näkymä. Näkymään tulee myös CUT-kommenttiin liittyviä eri vaihtoehtoja, jotka on korostettu mustalla viivalla.

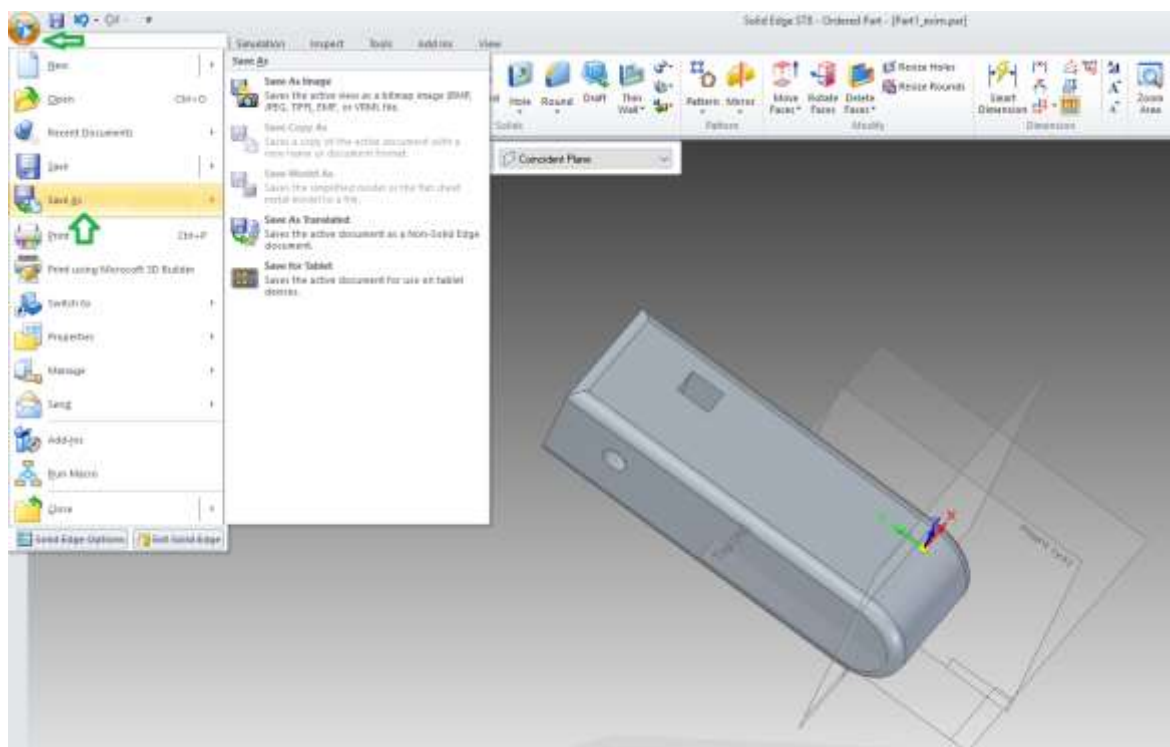


CUTin lisäyksen jälkeen painetaan, FINISH ja valmis malli tulee näkyväksi.

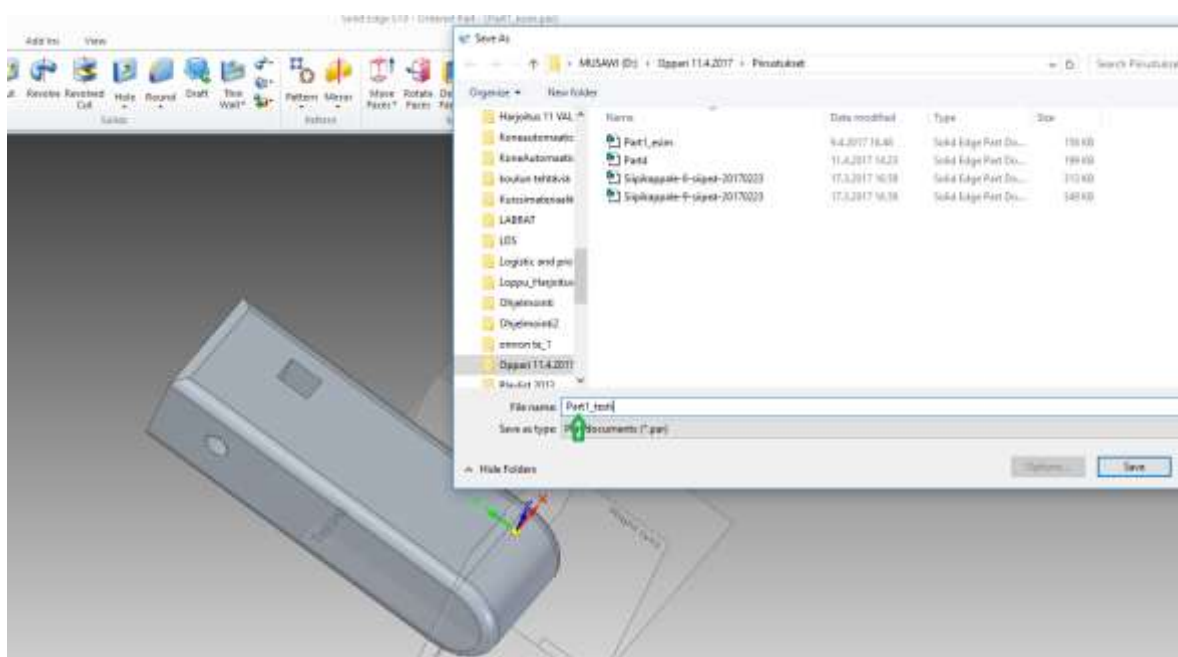


18. Kappaleen tallentaminen

Klikataan vasemmassa ylänurkassa olevaa Solid Edge –ohjelman LOGOA ja sitten SAVE AS.



Sitten tallennetaan nimellä ja valitaan paikka, johon halutaan tallentaa.

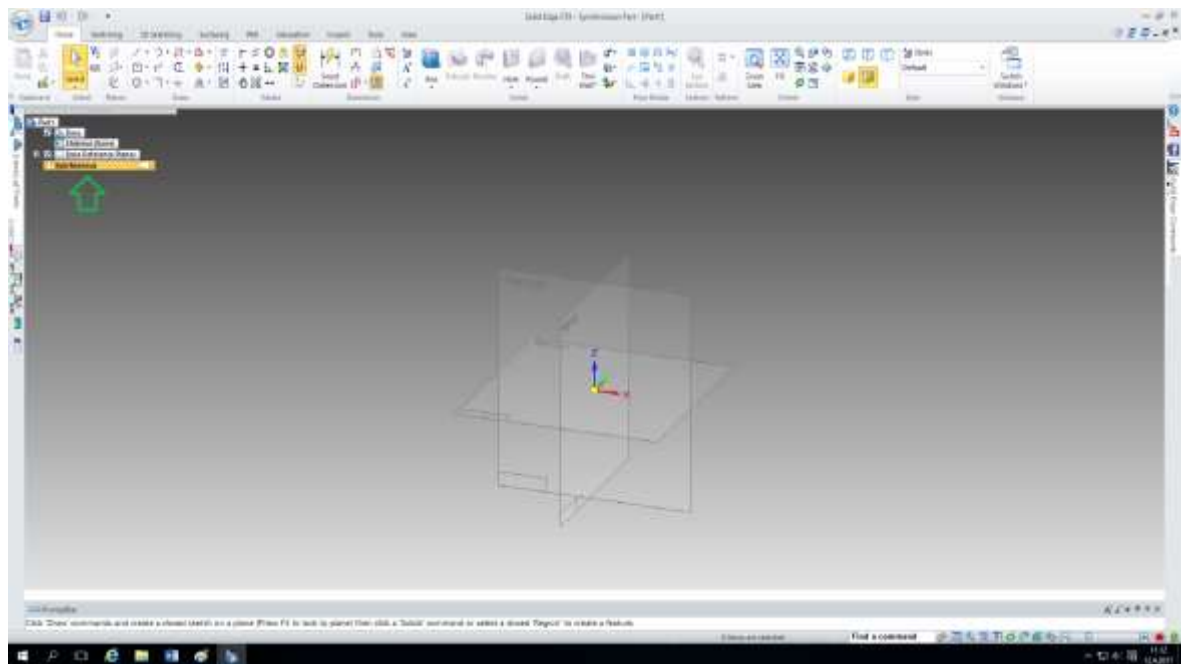


Huom! Tallentaessa ÄLÄ poista PART-sanaa ollenkaan, muuten se ei tallenna lainkaan.

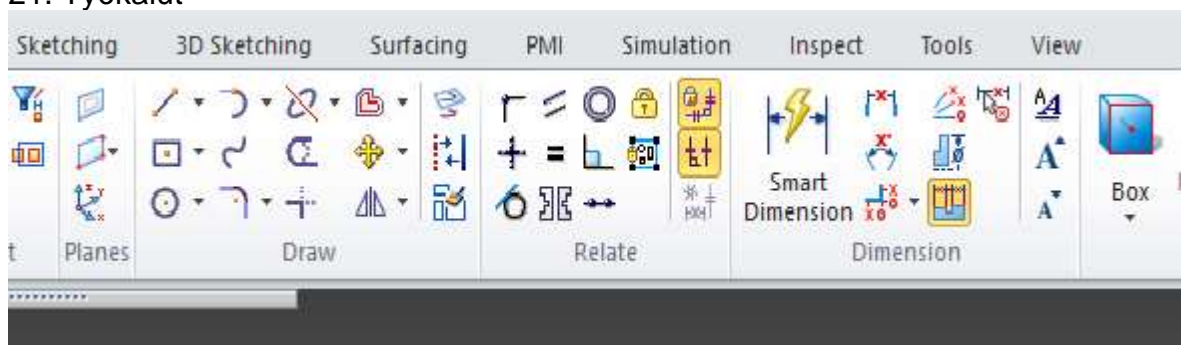
19. Synchronous-tilan tarkastaminen

Synchronous-tila on ammattilaisempi verrattuna perinteiseen eli Ordered-tilaan.

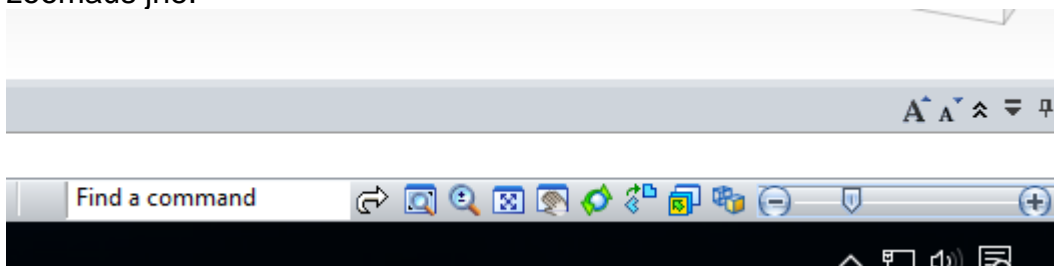
20. Aloitus sivu



21. Työkalut

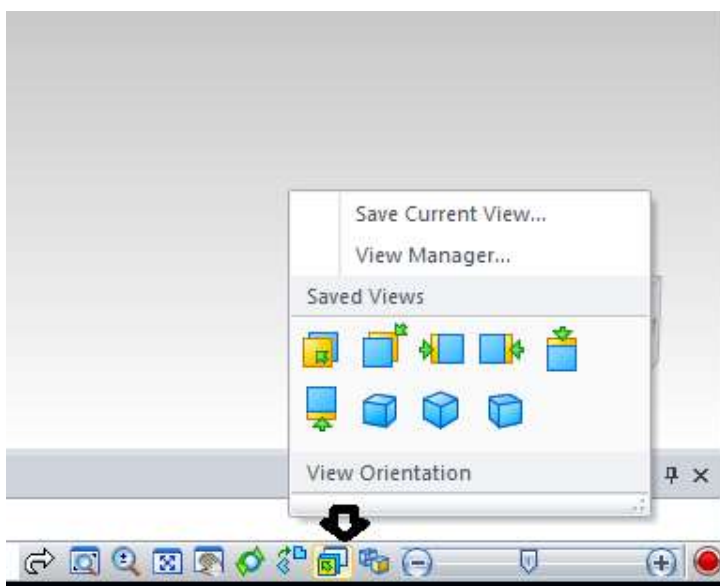


22. Aloitussivun alalaidastakin löytyy tiettyjä työkaluja, kuten tason näkymä, zoomaus jne.

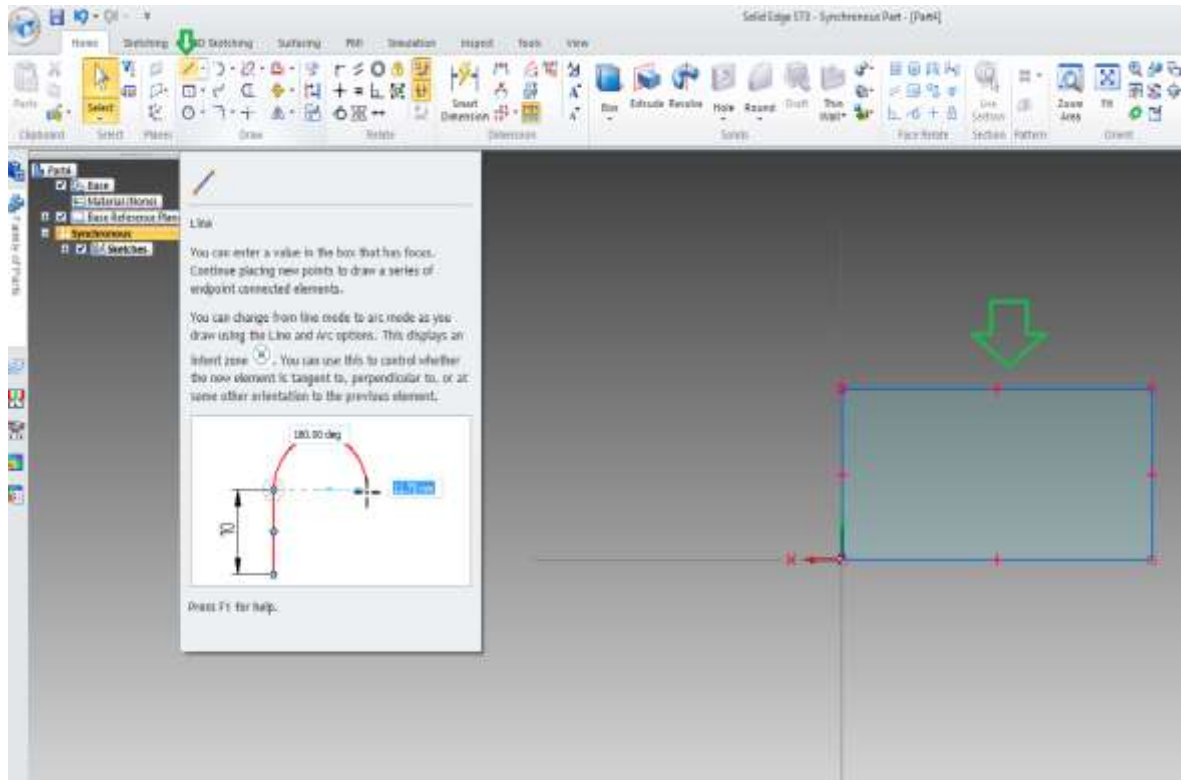


Ohjattu esimerkki

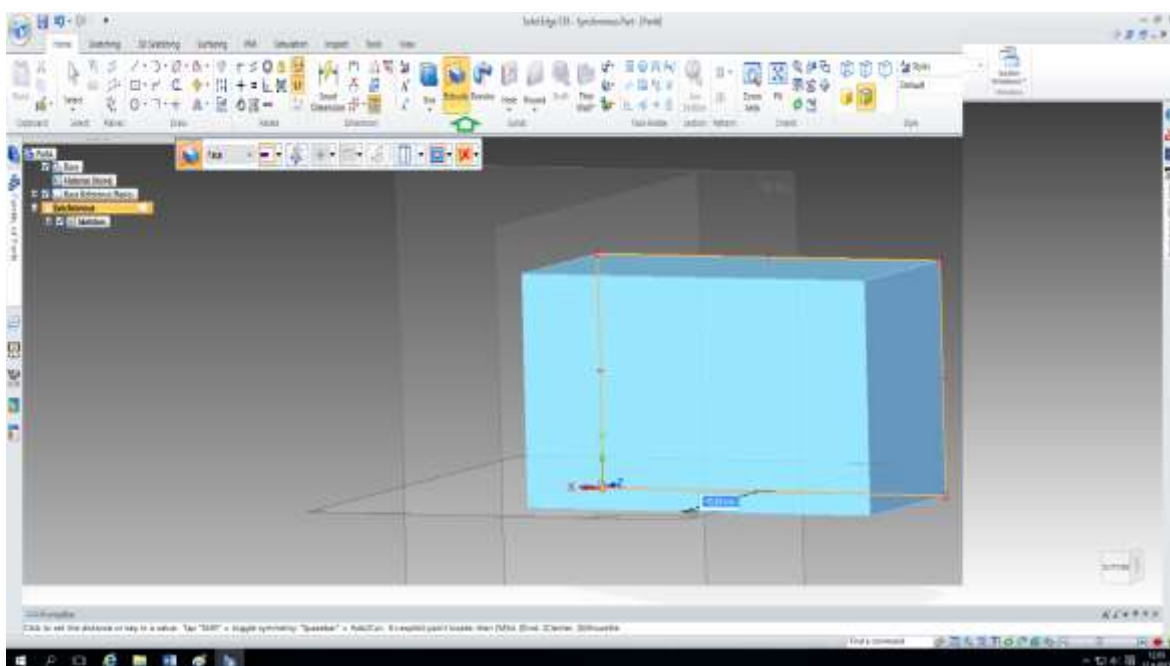
23. Valitaan alhaalla olevista työkaluista näkymä TYÖKALU (engl. Gallery of Orientations View)



24. valitaan viivan työkalu ja piirretään jokin kappale.



25. Sitten valitaan **EXDRUDE**-työkalu.



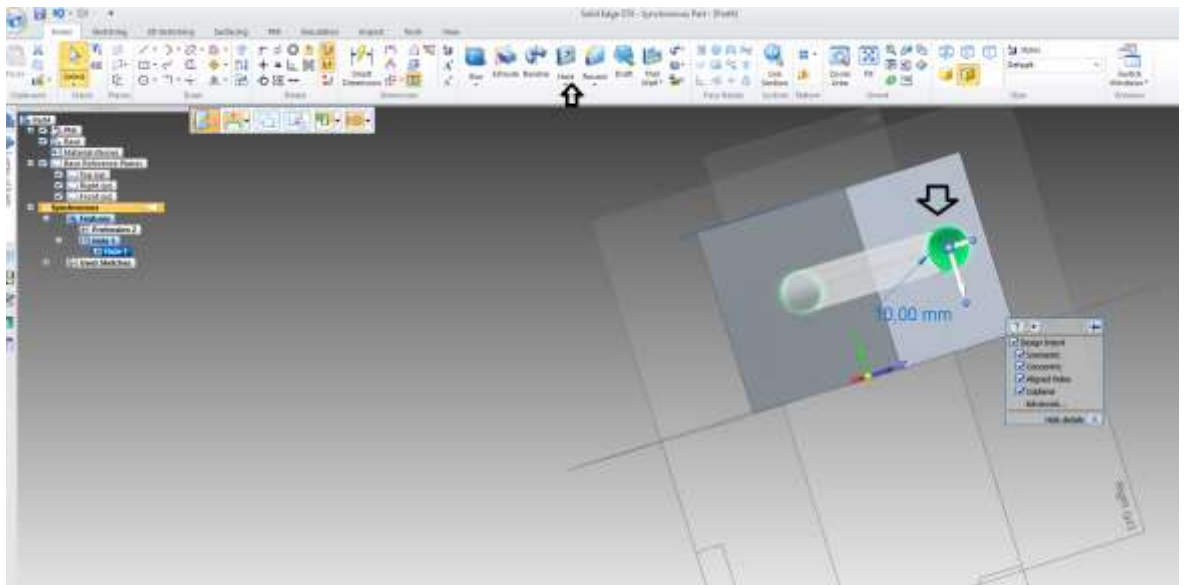
Extrudetaan 30 mm ja klikataan oikealla hiirellä tasolla. Sitten kappale on valmis.

26. Riippuen mallinnetusta kappaleesta tarvittaessa voidaan käyttää taas alla olevia työkaluja kuten HOLE, CUT jne.



27. Lisätään esimerkiksi Reikä.

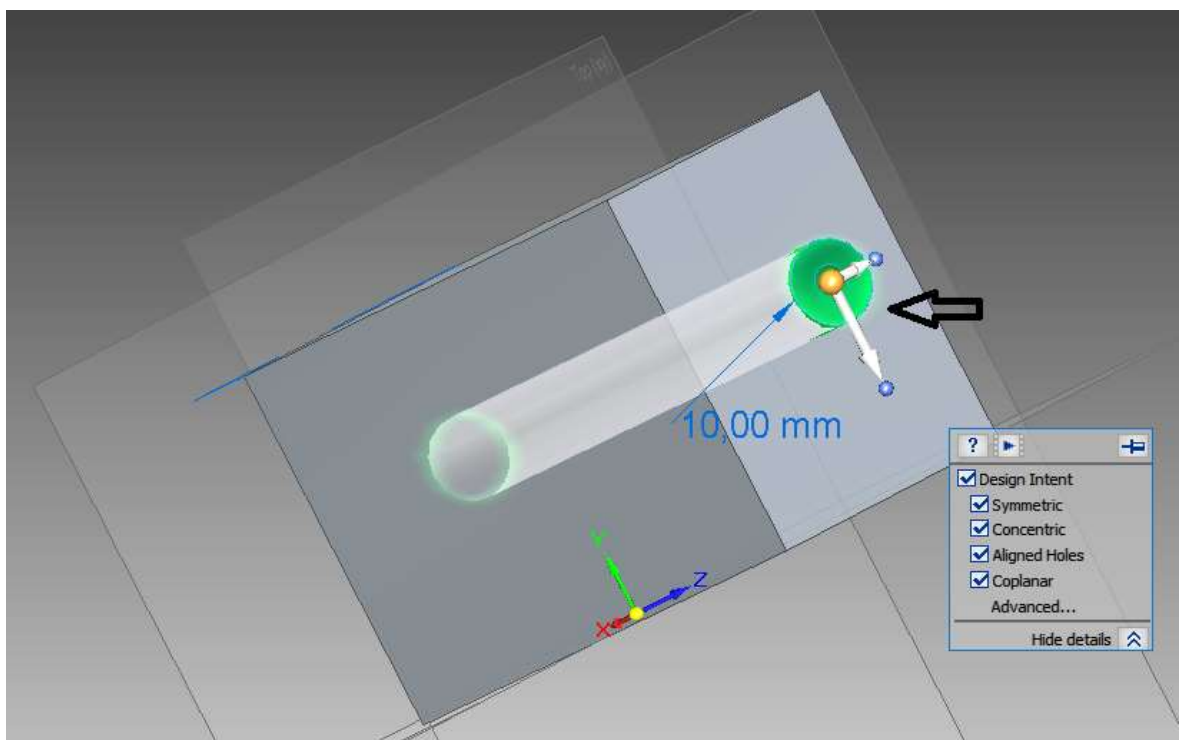
Valitaan HOLE-kommentti ja klikataan paikka, johon halutaan lisätä reikä.



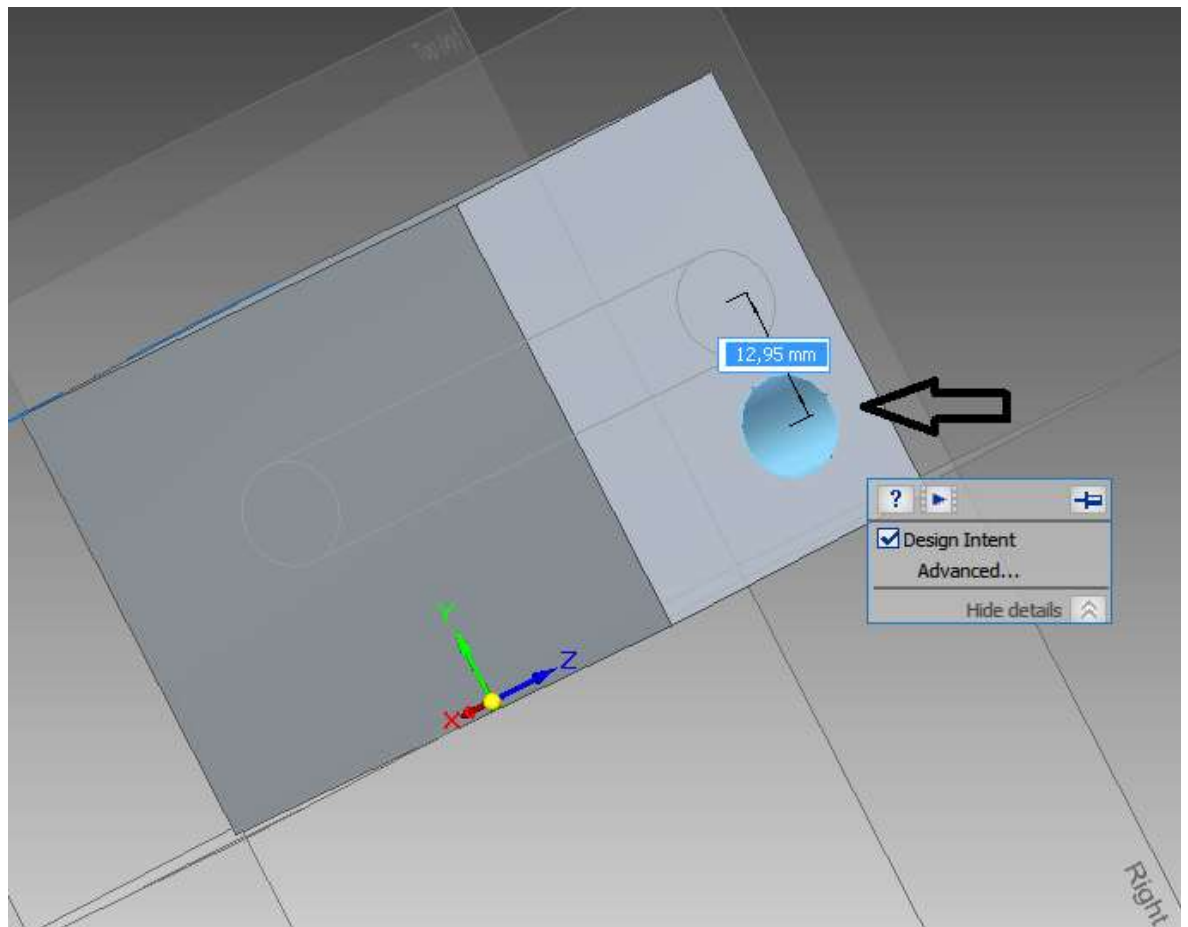
28. Kappale reiän lisäyksen jälkeen.



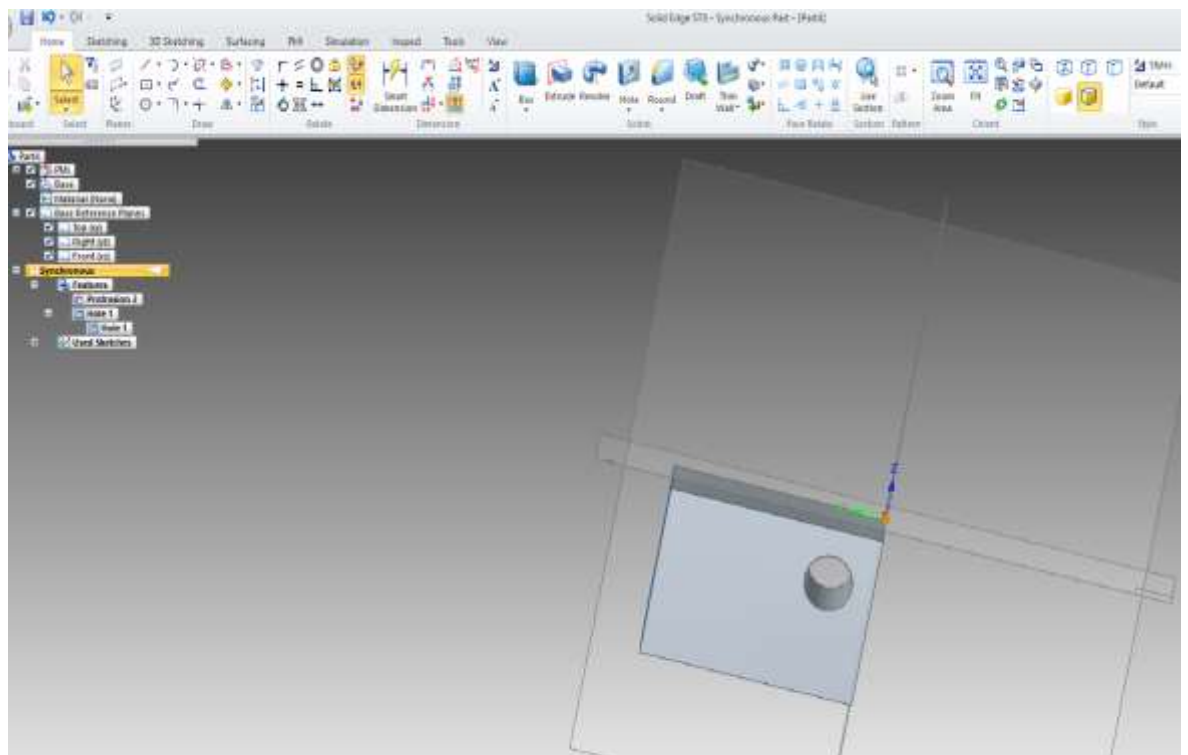
29. Halutessasi voi siirtää reiän paikan. Klikataan reiän päällä ja näkymään tulee alla oleva kuva.



30. Sitten nuolien osoittamalla tavalla siirretään reikä.



31. Kappale on valmis.



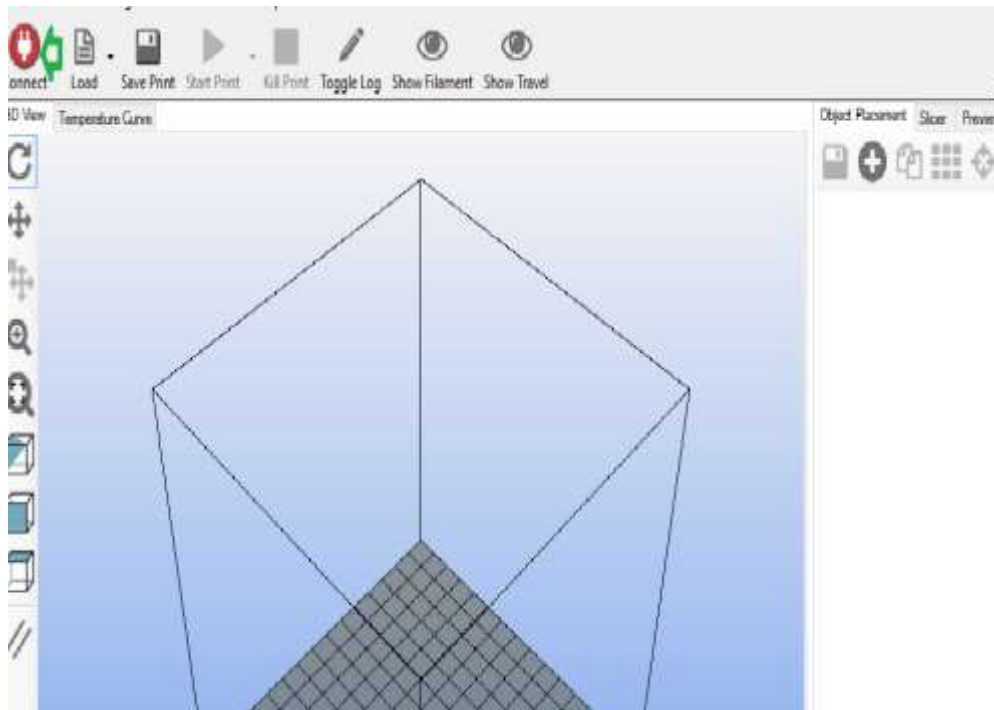
Kappaleen tulostaminen RepetierHost –ohjelmalla

1. Ohjelman käynnistäminen

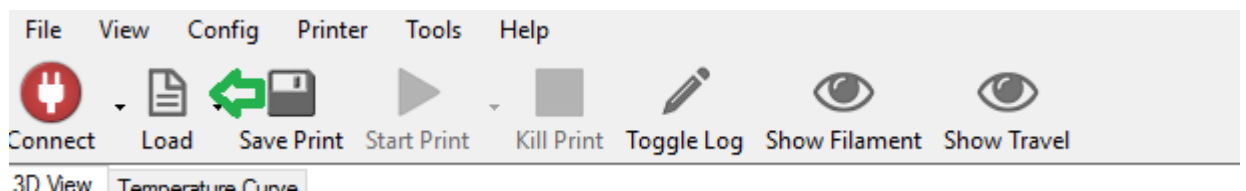
Ohjelma avataan kaksoisklikkaamalla REPETIER-HOST -kuvaketta työpöydällä



2. Avautuvasta näkymästä klikkaa **CONNECT**- painiketta



Huom! tarkista, että tulostimen virtakytkin on päällä

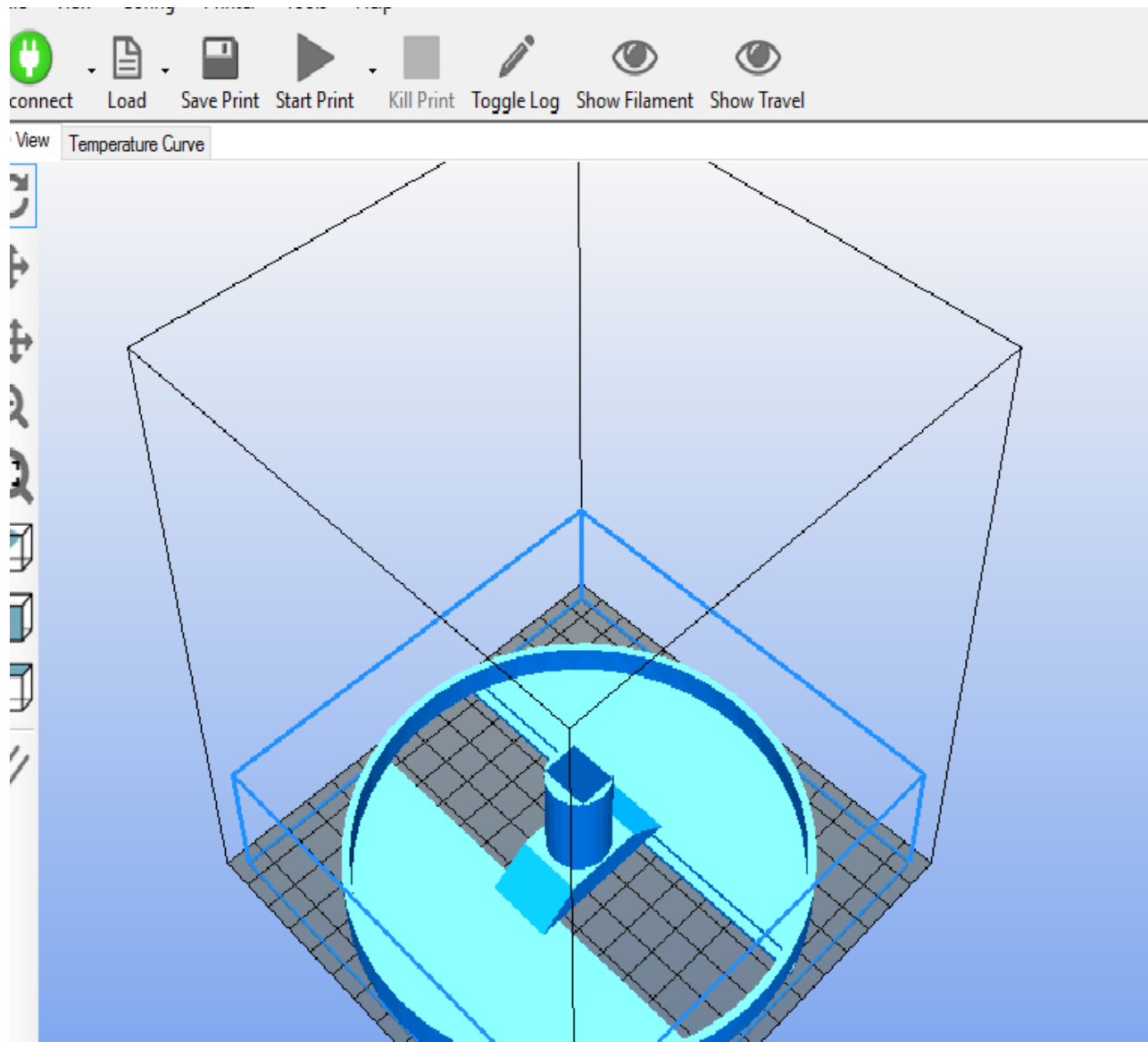


3. Yläolevasta kuvasta löytyy ohjelman käyttöliittymää ja vihreän nuolen osoittamalla tavalla LOAD-komennolla tuodaan tulostettava kappaleen ohjelmaan.

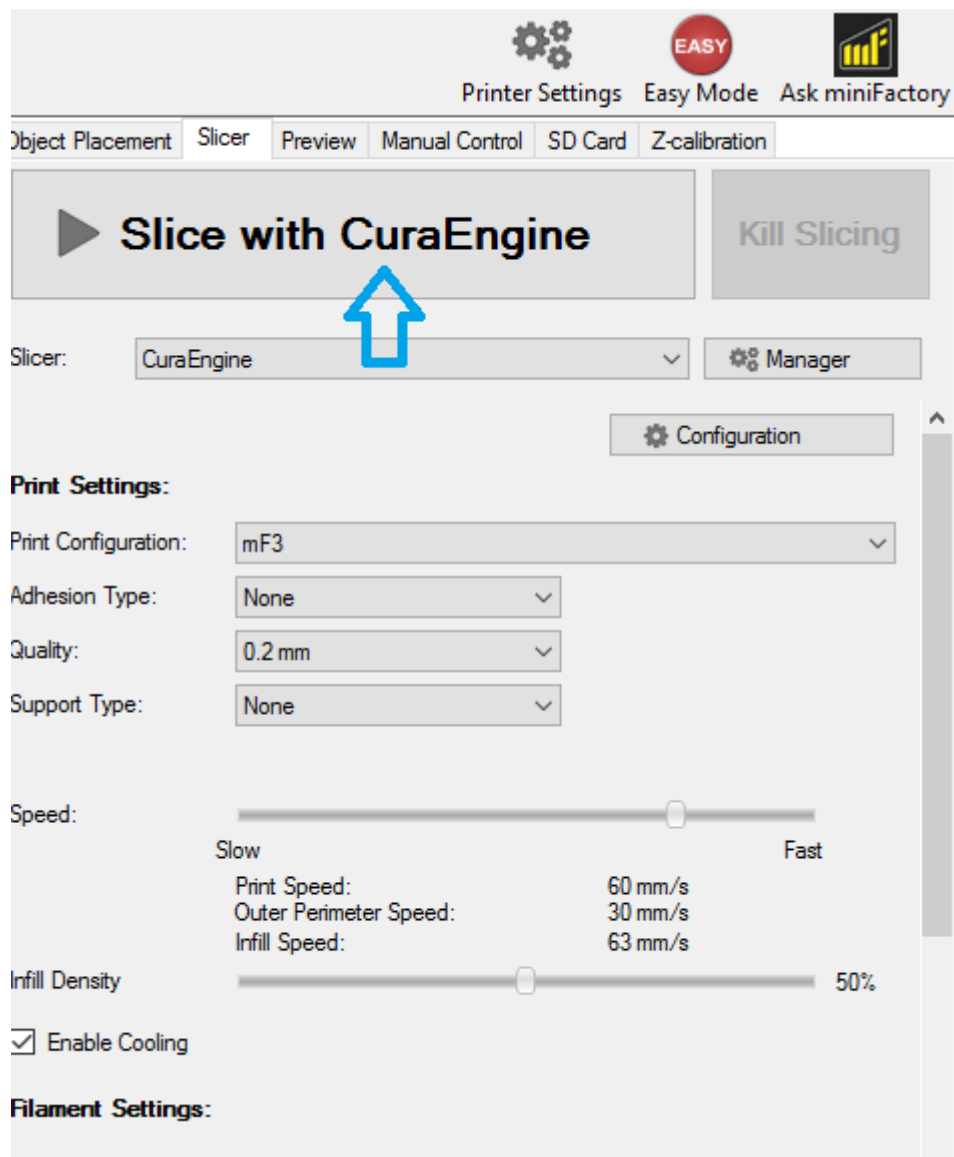
Huom!! valittavan tiedoston on oltava. STL tai gcode-muotoa.

4. Jos valitset STL tiedoston:

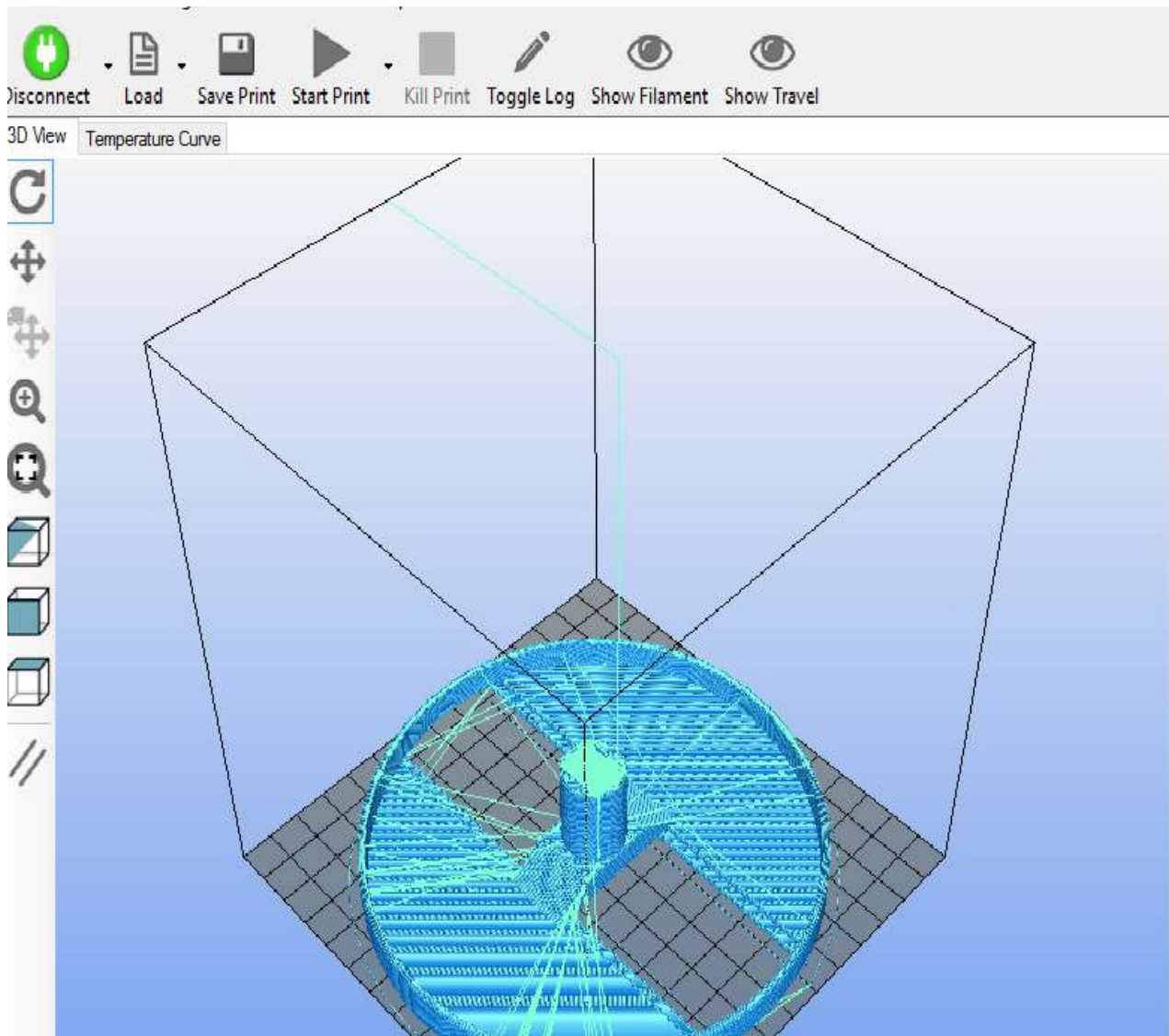
Näkymään ilmestyy kappale, jonka tuottamiseen tarvittavat konekieliset käskyt eli G-koodi pitää tuottaa CuraEngine -ohjelmalla.



5. Avataan Slicer-välilehti



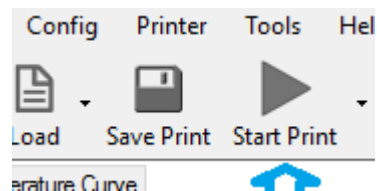
6. Klikataan painiketta **SLICE WITH CURAENGINE**



7. Näkymään ilmestyy kuva siitä, millaiset liikkeet 3D-tulostin tekee.

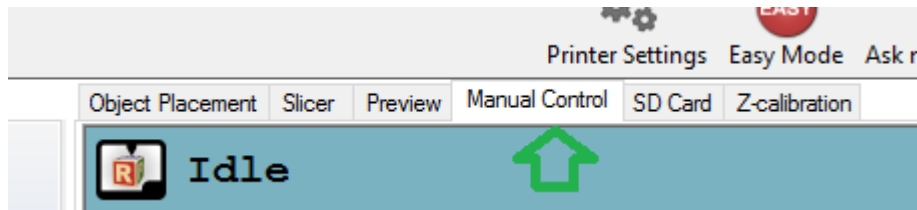
8. Oikealla ilmestyy arvio tulostuksen kestosta ja muita tietoja.

9. Seuraavaksi painetaan **START PRINT**.



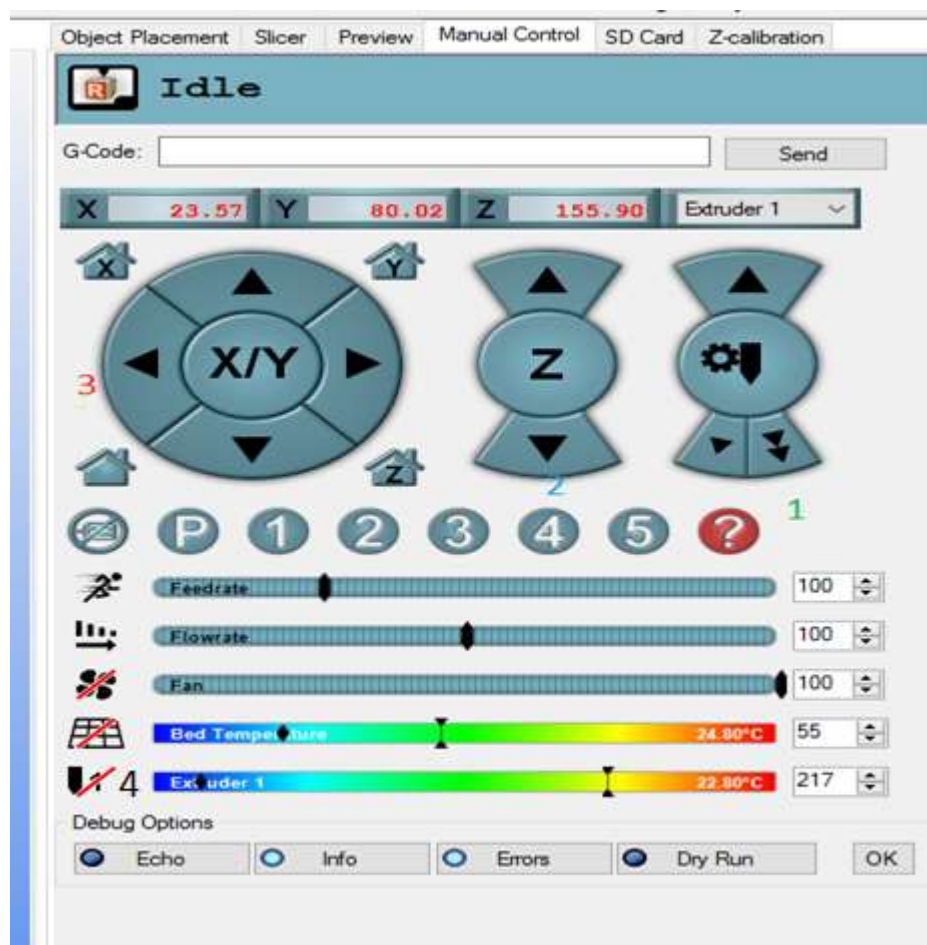
10. Tulostin siirtyy valmiusasemaan ja lämmittää suuttimen ja tulostusalustan. Tämän jälkeen tulostusliikkeet alkavat. Jos kaikki kunnossa, tulostusprosessiin tämän jälkeen ei tarvitse puutua.

11. Seuraavaksi ohjelman käyttöliittymästä löytyy **MANUAL CONTROL**, jolla pystytään kontrolloimaan manuaalisesti ohjelman asetuksia.



12. Näkymään ilmestyvät akselien ohjaukset.

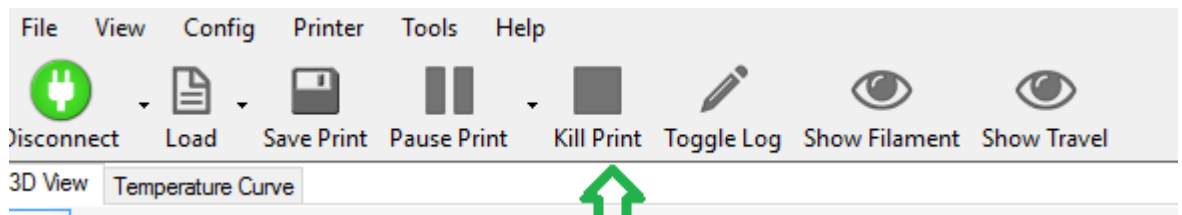
- Numero ykkösen kohdalla, joka on merkattu kuvaan vihreällä, pystytään asettaa langan syöttö.
- Numero kakkosen kohdalla eli Z-akselilla, joka on merkattu kuvaan sinisellä värillä, pienennetään tai suurennetaan suuttimen etäisyyttä tulostusalustasta
- Kolmosen kohdalla, joka on merkattu punaisella värillä, liikutetaan tulostusalustaa X- ja Y –suunnassa.



- Nelosen kohdalla, joka on merkattu mustalla värillä, kytetään suuttimen lämmitys päälle tai pois.

13. Tulostuksen keskeyttäminen

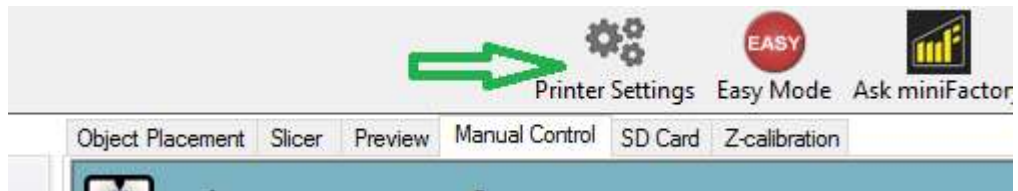
Jos havaitset tulostuksessa häiriön, paina **KILL PRINT**.



Huom! Tulostin ajaa vielä jonkin aikaa kill Print –signaalin jälkeen, joten jos on nähtävissä välitön törmäys, tulostimen virta on katkaistava.

14. Ohjelman asetusten määrittäminen

15. Paina PRINTER SETTINGS.




16. Näkymään tulee ikkuna, josta voi asettaa tietokoneen ja tulostimen välisen kommunikoinnin yksityiskohdat.

17. Portti tarkoittaa USB-porttia, johon tulostin on kytketty.

18. Muut asetukset voit kopioida suoraan kuvasta.

Printer Settings

Printer: 

Connection **Printer** Extruder Printer Shape Advanced

Connector:

Port:

Baud Rate:

Transfer Protocol:

Reset on Connect:

Reset on Emergency:


Receive Cache Size:

Use Ping-Pong Communication (Send only after ok)

The printer settings always correspond to the selected printer at the top. They are stored with every OK or apply. To create a new printer, just enter a new printer name and press apply. The new printer starts with the last settings selected.

19. Tarkistaa **EXTRUDER**-välilehdeltä, että DIAMETER eli suuttimen halkaisijan arvo vastaa fyysisen suuttimen kokoa.

Printer Settings

Printer: miniFactory Single Extruder 

Connection Printer **Extruder** Printer Shape Advanced

Number of Extruder:

Max. Extruder Temperature:


Max. Bed Temperature:

Max. Volume per second [mm³/s]

Printer has a Mixing Extruder (one nozzle for all colors)

Extruder 1

Name:

Diameter:  [mm] Temperature Offset: [°C]

Color:

Offset X: Offset Y: [mm]

OK Apply Cancel

20. PRINTER SHAPE -välilehdeltä voit tarkistaa tulostusalueen fyysiset mitat.

Printer Settings

Printer:

Connection Printer Extruder Printer Shape **Advanced**

Printer Type:

Home X: Home Y: Home Z:

X Min: X Max: Bed Left:

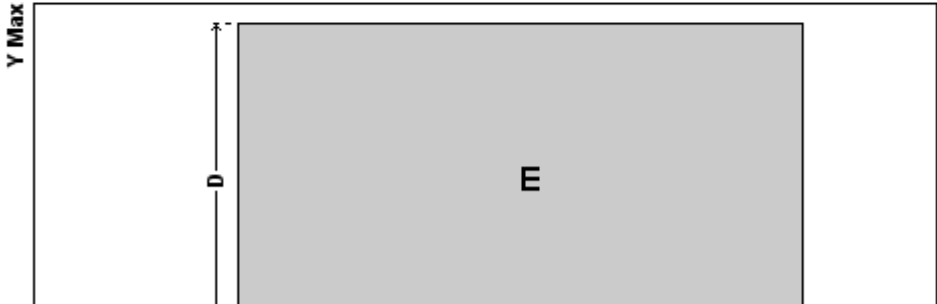
Y Min: Y Max: Bed Front:

Print Area Width: mm

Print Area Depth: mm

Print Area Height: mm

The min and max values define the possible range of extruder coordinates. These coordinates can be negative and outside the print bed. Bed left/front define the coordinates where the printbed itself starts. By changing the min/max values you can even move the origin in the center of the print bed, if supported by firmware.



The diagram shows a rectangular print bed labeled 'E'. A vertical dimension line on the left side is labeled 'D' and 'Y Max', indicating the depth of the bed. The bed is shaded gray and is positioned within a larger white rectangular frame.

OK Apply Cancel