



Jani-Pekka Moilanen

## **ROBOTISOITU PIKAMALLILAITE**

# **ROBOTISOITU PIKAMALLILAITE**

Jani-Pekka Moilanen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

---

Tekijä: Jani-Pekka Moilanen  
Opinnäytetyön nimi: Robotisoitu pikamallilaite  
Työn ohjaaja: Eero Korhonen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012      Sivumäärä: 30 + 11 liitettä

---

Työssä suunniteltiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikölle laitteisto, jonka avulla pystytään valmistamaan pikamalleja teollisuusrobotilla FDM-tekniikkaa käyttäen. Laitteisto suunniteltiin asennettavaksi koulun Mitsubishi Melfa RV-1A -teollisuusrobottiin. Lisäksi arvioitiin idean toteutettavuus ja mahdolliset ongelmatilanteet. Robotin ohjelmointiin ei tässä työssä puututtu.

3D-mallien suunnittelussa käytettiin SolidWorks 2011 -ohjelmaa. Ohjelmalla suunniteltiin valmistettavien mallien lisäksi Mitsubishi Melfa -robotin ja pursotin-pään mallit, jotta kokonaisuutta voidaan demonstroida tietokoneella. Lisäksi 3D-mallien avulla voidaan selvittää robotin ulottuvuus eri ääriasennoissa, jolloin saadaan selville, kuinka suuria kappaleita koneella voidaan valmistaa. Pursotin-pää tilattiin Robomaa.com-verkkokaupasta koululle rakennussarjan muodossa. Se koottiin itse, koska rakennussarja oli halvempi kuin valmiiksi koottu pursotin-pää.

Työn tuloksena saatiin 3D-CAD-tiedostot ja -kuvat sekä piirustukset laitteistosta ja sen kiinnittämisestä Mitsubishi Melfa -robottiin. Valmistettaviksi osiksi tulivat kiinnityslevy ja kelapidinteline sekä istukka, joka liitetään pursotin-pään langansyöttöputken pitimeksi. Kiinnityslevyn materiaaliksi valittiin POM-muovi ja istukalle ABS-muovi. Kelapidinteline koostuu metalliputkesta ja -tapeista sekä ABS-muoviosista. Kiinnityslevyn valmistusmenetelmäksi valittiin lastuava työstö, ja ABS-muoviosat valmistetaan STL-tiedoston mukaan FDM-pikamallitekniikalla.

Robotin liikeradat ja pursotettavien kappaleiden suuruus selvitettiin. Pursotus-alueen tilavuudeksi saatiin  $230 \text{ dm}^3$ . Pursotin-pään valittiin FDM-muovisuutin, jonka koko on 0,4 mm. Myös pursotin-pään ohjaukseen tarvittava elektroniikka sijoitettiin pursotin-pään lähelle. Elektroniikalle suunniteltiin tarvittavat kaapeloinnit. Kokonaisuus sijoitettiin kärryyn, jolloin sitä voidaan liikutella tarpeen mukaan.

---

Asiasanat: CAD, teollisuusrobotit, suunnittelu, valmistustekniikka

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
TERMIT JA LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	6
2 PIKAMALLINNUSMENETELMÄT	7
2.1 FDM-menetelmä	7
2.2 FDM-menetelmän hyvät ja huonot puolet	8
3 MAKERBOT-PIKAMALLIKONE	9
3.1 Cupcake CNC	9
3.2 Thing-O-Matic	10
3.3 Stepstruder MK6+	11
3.4 Stepstruder MK7	12
3.5 Stepstruderin ohjaus	13
4 TEOLLISUUSROBOTIT	14
4.1 Mitsubishi Melfa RV-1A	14
4.2 Pursotuspään käyttö muissa roboteissa	15
5 3D-MALLIEN SUUNNITTELU	16
5.1 Kiinnityslevyn suunnittelu	16
5.2 Langansyötön suunnittelu	17
6 PURSOTUSPÄÄN KOKOAMINEN	18
7 TULOKSET	23
7.1 Robotin liikeradat ja pursotettavan kappaleen suuruus	24
7.2 FDM-muovisuuttimen valinta	25
7.3 Materiaalivalinnat	25
7.4 Kaapeleiden ja tehoelektronikan sijoitus	25
7.5 Laitteiston sijoitus	26
8 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	30

## **TERMIT JA LYHENTEET**

### **3D-CAD**

Tietokoneavusteinen 3D-suunnittelu.

### **ABS**

Acrylonitrile Butadiene Styrene eli akrylinitriilibutadieenistyreeni on yleisesti käytetty muovilaatu.

### **FDM**

Fused Deposition Modelling on pikamallinnusmenetelmä, jolla voidaan valmistaa 3D-kappaleita termoplastisesta muovista.

### **PC**

Polycarbonate eli polykarbonaatti on kirkas ja kestävä termoplastinen muovi.

### **PE-HD**

High Density-Polyethylen eli suuritiheksinen polyeteeni on yksinkertainen ja halpa polymeeri, josta tehdään muun muassa pulloja ja kanistereita.

### **PLA**

Poly lactide eli polyaktidi on termoplastinen muovi, joka on myös biohajoava.

### **POM**

Polyoxymethylene eli polyoksimeteeni on luja ja kulutusta kestävä muovilaatu.

### **PVA**

Polyvinyl Alcohol eli polyvinyylialkoholi on vesiliukoinen synteettinen polymeeri.

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii Oulun seudun ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikkö. Työn tavoitteena on suunnitella ja valmistaa laitteisto, jonka avulla pystytään valmistamaan pikamalleja teollisuusrobotilla FDM-tekniikkaa käyttäen (liite 1). Robottina käytetään koululla olevaa Mitsubishin Melfa RV-1A -robottia, johon liitetään MakerBot Industriesin valmistama Stepstruder MK6 Plus -pursotuspää.

Kappale, jolla pursotuspää liitetään robottiin, suunnitellaan SolidWorks 2011 3D-CAD-ohjelmalla. Samalla ohjelmalla suunnitellaan myös langansyöttöjärjestelmä, joka syöttää lankaa pursotuspäähän. Kaikista valmistettavista kappaleista tehdään 3D-CAD-tiedostot ja -piirustukset.

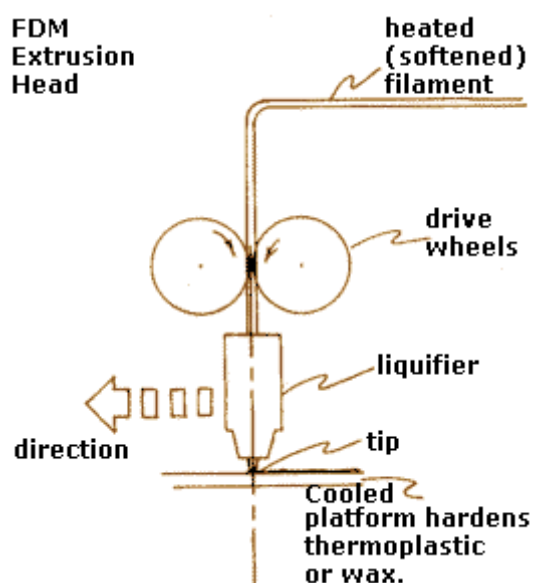
Työssä myös pohditaan idean toteutettavuutta. Lisäksi valitaan sopiva FDM-muovisuutin Stepstruderiin. Robotin ohjelmointiin ei tässä työssä puututa, mutta kappaleiden suunnittelussa otetaan huomioon robotin asennot, joissa robotti, pursotuspää tai suunniteltavat osat voivat rikkoutua.

## 2 PIKAMALLINNUSMENETELMÄT

Pikamallinnuksella tarkoitetaan mallien, prototyyppien ja työvälineiden valmistusta. Pikamallinnusmenetelmiä on useita. Niille on yhteistä, että konkreettinen kiinteä kappale valmistetaan automaattisesti 3D-CAD-aineistosta. Niihin ei myöskään käytetä lastuavaa työstöä eikä käsityötä. Kuitenkin joissain menetelmissä voidaan vaatia loppukäsittelyä, kuten tukimateriaalin poistoa. (1, s. 35.)

### 2.1 FDM-menetelmä

FDM tulee sanoista Fused Deposition Modeling. Menetelmässä kappale rakennetaan kerros kerrokselta. Raaka-aineena käytetään termoplastista muovia. Muovi tulee suoraan niin sanottuun pursotuspäähän, joka sulattaa materiaalin tasolle (kuva 1). Kun kone on saanut tasoon halutun muodon, liikkuu taso kerroksen alaspäin ja aloittaa seuraavan kerroksen. (1, s. 35.)



KUVA 1. FDM-pikamallinnusmenetelmä (2)

Vaihtoehtoisesti kone voi toimia siten että pursotuspää liikkuu vain yhden akselin suuntaisesti ylös tai alas (z-akseli). Tässä tapauksessa tulostustaso liikkuu kahden akselin suunnassa (x- ja y-akseli). Tällaista menetelmää käytetään

esimerkiksi MakerBot-pikamallilaitteistossa. Tämän kokoonpanon etuna on, ettei tulostuspäätä tarvitse liikuttaa sivusuunnissa, mikä parantaa laitteiston tarkkuutta. (3, s. 28.)

Materiaaleina voidaan käyttää ABS-, PC- ja PC-ABS-muoveja. Kerrospaksuudet ovat pieniä riippuen pursotussuuttimen koosta. Menetelmä ei myöskään aina vaadi jälkikäsitelyä. Joissain tapauksissa tukimateriaali joudutaan poistamaan käsin. (3, s. 27.)

## **2.2 FDM-menetelmän hyvät ja huonot puolet**

FDM-pikamallinnusmenetelmän hyviä puolia ovat hyvä tarkkuus, valmistusnopeus ja laaja materiaalivalikoima. Materiaalit ovat myrkyttömiä ja edullisia termostastisia polymeerejä. Kappaleen valmistusprosessi on siisti, eikä se vaadi erikoisilmanvaihtoa. Tämän vuoksi se sopii hyvin esimerkiksi toimistoympäristöön. (4, s. 22.)

FDM-kone on luotettava, koska se on melko yksinkertainen. Se on myös hinnaltaan edullinen ja pienikokoinen verrattuna muita pikamallinnusmenetelmiä käytäviin koneisiin. Kone toimii suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa, ja koska koneessa ei ole laseria, ei ole myöskään vaaraa sen aiheuttamista vahingoista. (1, s. 38.)

Huonoja puolia ovat pinnanlaatua huonontavat tekijät. Näitä ovat esimerkiksi kerroksen aloitus ja lopetuskohtaan muodostuvat näkyvät merkit, joita on vaikea välttää. Lisäksi pursotuspaksuuden vaihtelut näkyvät suurehkoissa vaakasuorissa pinnoissa sekä kerrosten reunassa. (1, s. 38.)

FDM-tekniikalla valmistettujen mallien lujuus vaihtelee konetyypin mukaan. Lujuuden vaihtelut voivat johtua materiaalin heikkoudesta tai delaminoitumisesta eli huonosta sidoksesta eri kerrosten välillä. Kappaleen lujuus on myös suurempi kerrosten suunnassa kuin kohtisuoraan niitä vastaan. Jotkin pikamallikoneet käyttävät tukirakenteita, jotka voidaan joutua poistamaan lopuksi käsin. On kuitenkin myös olemassa tukimateriaaleja, jotka ovat vesiliukoisia. (1, s. 36.)



### 3 MAKERBOT-PIKAMALLIKONE

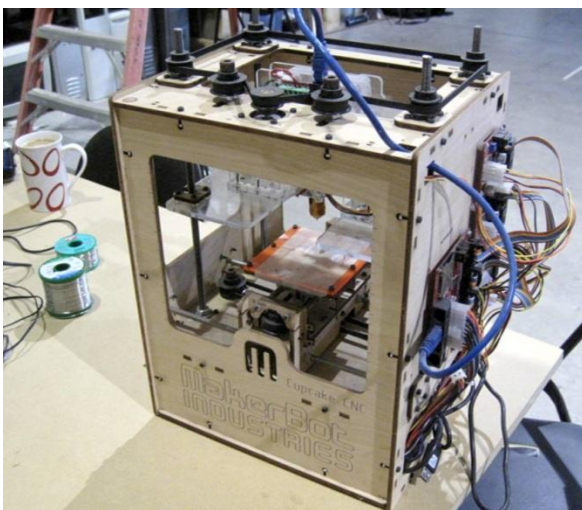
MakerBot Industries on amerikkalainen yritys, joka on perustettu vuonna 2009 New Yorkissa. Perustajiin kuuluvat Bre Pettis, Adam Mayer ja Zach Smith. MakerBot Industries valmistaa avoimeen lähdekoodiin pohjautuvia MakerBot-pikamallikoneita. Koneita myydään joko valmiiksi koottuina tai rakennussarjan muodossa. (3, s. 29.)

MakerBot on selvästi tarkoitettu kotikäyttöön, mikä näkyy laitteen halvassa hinnassa teollisiin pikamallikoneisiin verrattuna. Rakennussarjan hinta on noin 1 000 € ja valmiiksi kootun koneen noin 1 500 €. Teolliset pikamallikoneet maksavat huomattavasti enemmän, noin 10 000 - 950 000 \$. (5.)

MakerBot pikamallikoneessa voidaan käyttää materiaalina ABS-, PE-HD-, PLA- tai PVA-muoveja. Muovit sulatetaan MakerBotin valmistamilla Stepstruder-pursotuspäillä, joita on useita eri versioita. (6.)

#### 3.1 Cupcake CNC

Cupcake CNC on MakerBot Industriesin ensimmäinen pikamallikone (kuva 2). Se julkaistiin maaliskuussa vuonna 2009. Ensimmäisissä versioissa käytettiin Stepstruder MK3 -nimistä pursotinta. Lankaa syöttävänä moottorina käytettiin tavallista DC-moottoria. (7.)



*KUVA 2. Cupcake CNC (8)*

### 3.2 Thing-O-Matic

Thing-O-Matic on MakerBotin seuraavan sukupolven pikamallikone (kuva 3). Se julkaistiin syyskuussa vuonna 2010. Tämä malli kykenee toimimaan täysin automaattisesti uuden pursotusalustan ansiosta. Se toimii ikään kuin liukuhihna ja siirtää valmiin kappaleen pois koneesta. Sen jälkeen kone voi alkaa valmistaa uutta kappaletta ilman erikseen annettuja käskyjä. (9.)

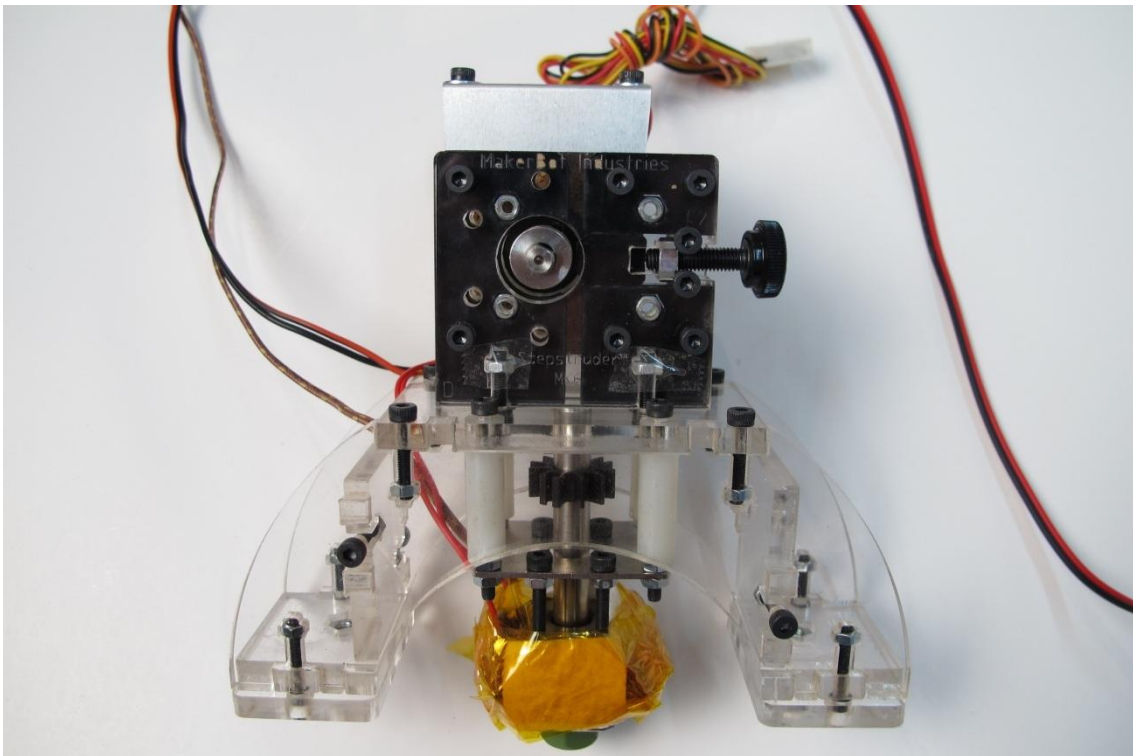


*KUVA 3. Thing-O-Matic (10)*

Uusi pikamallikone on myös tarkempi kuin edeltäjänsä, koska moottorien ohjausjärjestelmä on uusittu. Lisäksi akseleiden ohjaustangot ovat paksummat, mikä takaa vakaamman ja tarkemman liikkeen. Pursotinta liikuttava mekanismi on myös uusittu, ja sen ansiosta pursotin liikkuu z-akselin suunnassa nopeammin kuin ennen. Thing-O-Matic käyttää myös uudempaa Stepstruder MK6+-pursotuspäätä. (9.)

### 3.3 Stepstruder MK6+

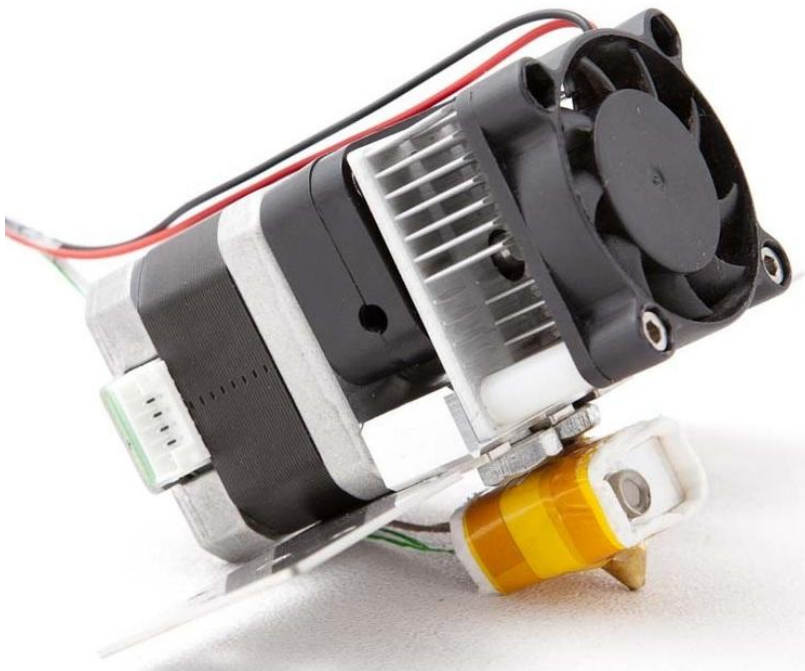
MakerBotin Stepstruder MK6+ on ensimmäinen pursotuspää, jossa on askelmoottori (kuva 4). Se takaa paremman tarkkuuden ja hallittavuuden verrattuna DC-moottoriin. Askelmoottoria viilentää pieni 40 mm tuuletin, joka sijaitsee moottorin päällä. Paketin mukana tulee 0,4 mm kokoinen suutin. (12.)



*KUVA 4. Stepstruder MK6+ (11)*

### 3.4 Stepstruder MK7

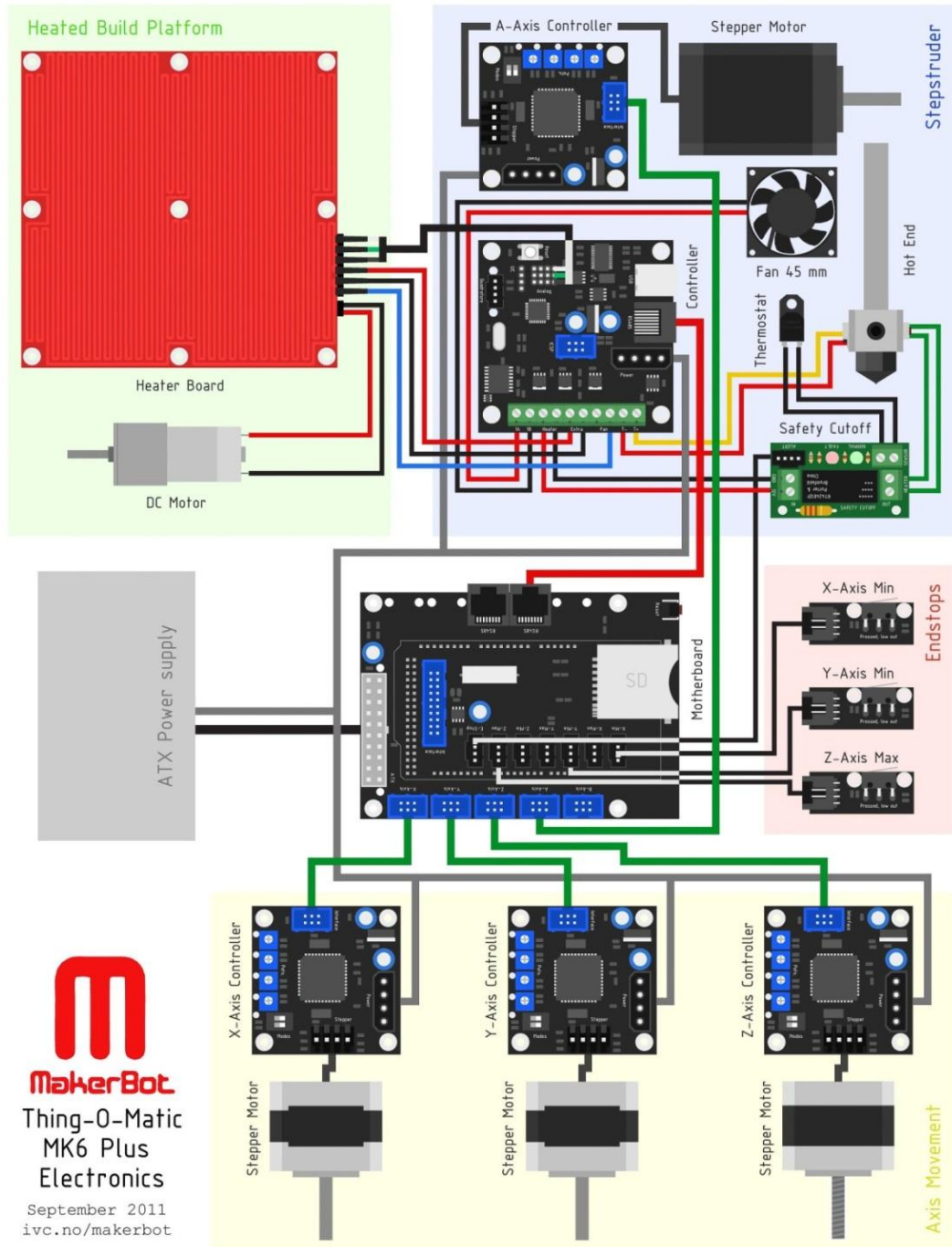
MK7 versio Stepstruderista on alusta alkaen suunniteltu käyttämään 1,75 mm lankaa (kuva 5). Tästä mallista on myös saatavana versio, jossa on kaksi pursotuspäätä. Tämä mahdollistaa samanaikaisen pursotuksen eri materiaaleilla tai eri väreillä. Stepstruder MK7 tulee uusimman MakerBot Replicator pikamallikoneen mukana. Sen voi myös tilata erikseen MakerBotin verkkokaupasta. Lisätietoa pursotuspäistä löytyy osoitteesta <http://wiki.makerbot.com/toolheads> (12).



*KUVA 5. Stepstruder MK7 (13)*

### 3.5 Stepstruderin ohjaus

Stepstruderin ohjaukseen tässä työssä on tarkoitus käyttää Arduinoa. Alkuperäinen johdotuskaavio Stepstruderin ja Thing-O-Maticin ohjaukseen näkyy kuvassa 6.



KUVA 6. Makerbotin johdotuskaavio (14)

## 4 TEOLLISUUSROBOTIT

Teollisuusrobotti on ISO 8373 standardin mukaan seuraavanlainen:

”Automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitava, monikäyttöinen käsittelylaite, jolla on kolme tai useampia uudelleen ohjelmoitavia akseleita (vapausasteita), jotka voidaan sijoittaa kiinteästi paikalleen tai liikkuviksi teollisuuden automaatio-sovelluksissa.” (15.)

Teollisuusrobotteja käytetään nykyään laajasti eri teollisuuden osa-alueilla. Robotit ovat nopeuttaneet tuotantoprosesseja ja vähentäneet ihmisten tarvetta esimerkiksi kokoonpanoprosessissa.

### 4.1 Mitsubishi Melfa RV-1A

Mitsubishin Melfa RV-1A on nopea, tarkka ja pienikokoinen teollisuuskäyttöön tarkoitettu robotti (kuva 7). Siinä on kuusi servo-ohjattua akselia. Robottia voidaan ohjata tietokoneen lisäksi myös käsiohjaimella (kuva 7). Tärkeimmät ominaisuudet löytyvät taulukosta 1. Akselien liikeradat ja muut tarkemmat tiedot ovat Mitsubishin kotisivuilta löytyvässä dokumentissa (16, s. 13–20).



*KUVA 7. Mitsubishi Melfa RV-1A*

TAULUKKO 1. Mitsubishi Melfa RV-1A:n ominaisuudet

Vapausasteet	6	kpl
Maksimi kuorma	1,5	kg
Maksimi liikenopeus	2200	mm/s
Liikkeen tarkkuus	± 0,02	mm
Robotin paino	19	kg
Sijainnin paikantaminen	Absoluuttinen	
Moottorit	AC-servomoottori (harjaton)	

#### 4.2 Pursotuspään käyttö muissa roboteissa

Pursotuspäätä voidaan käyttää hyvin myös muissa käsivarsiroboteissa, kuten ABB:n roboteissa (kuva 8). Täytyy kuitenkin huomioida, että työkalun kuten Stepstruderin kiinnitys voi olla erilainen eri valmistajien roboteissa. Robotin koosta ja tarkkuudesta riippuen pursotettavan kappaleen pinnanlaatu voi myös vaihdella suuresti.



KUVA 8. ABB:n robotteja (17)

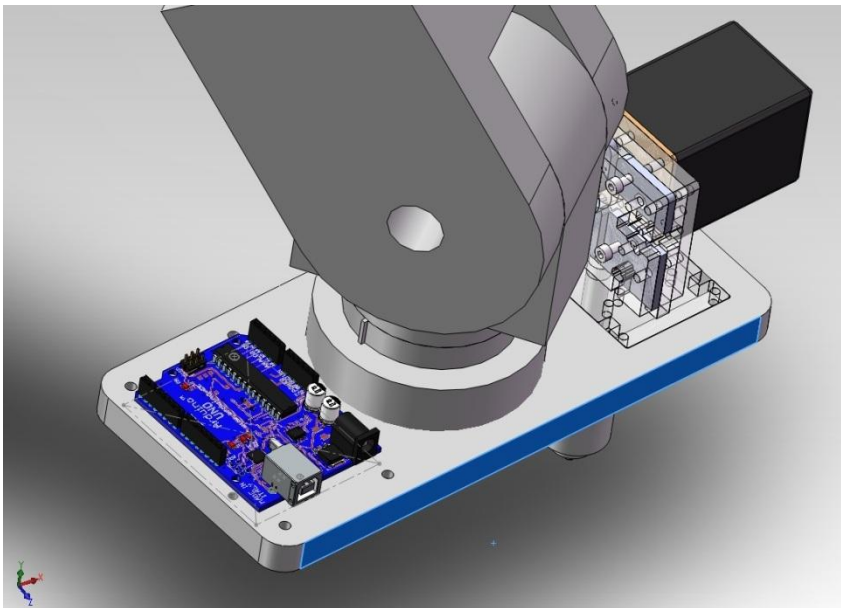
## 5 3D-MALLIEN SUUNNITTELU

3D-mallien suunnittelussa käytettiin SolidWorks 2011 -ohjelmaa. Ohjelmalla suunniteltiin valmistettavien mallien lisäksi Mitsubishi Melfa -robotin ja pursotinpään mallit. Pursotinpäähän löytyy valmiit 2D-kuvat valmistajan kotisivulta (18). Nämä kuvat muutettiin kolmiulotteisiksi SolidWorksilla. Mitsubishiin robotti mallinnettiin alusta alkaen valmistajan sivuilta löytyvien mittojen pohjalta (16, s. 18–19).

Robotista ja pursotinpäästä tehtiin 3D-mallit, jotta kokonaisuutta voidaan demonstroida tietokoneella. Lisäksi 3D-mallien avulla voidaan selvittää robotin ulottuvuus eri ääriasennoissa, jolloin saadaan selville, kuinka suuria kappaleita koneella voidaan valmistaa. Tämän lisäksi nähdään, voiko robotti liikkua asen-toihin, joissa se vahingoittaa jotain siihen liitettyjä laitteita tai niiden osia.

### 5.1 Kiinnityslevyn suunnittelu

Kiinnityslevyllä tarkoitetaan tässä työssä osaa, jonka avulla pursotinpää saadaan kiinnitettyä Mitsubishi Melfa RV-1A -robottiin. Tarkoituksena oli suunnitella mahdollisimman yksinkertainen ja toimiva kiinnitys pursotinpäälle ja sitä ohjaavalle elektroniikalle (kuva 9). Kiinnityslevyn piirustus on liitteenä 3.



KUVA 9. Kiinnityslevy



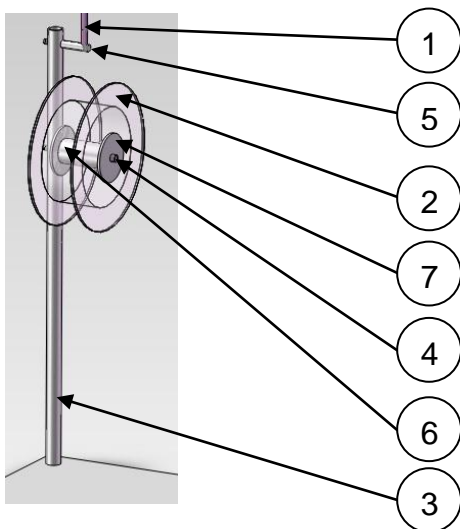
## 5.2 Langansyötön suunnittelu

Langansyötössä päädyttiin ratkaisuun, jossa muovilanka kulkee putken (kuva 10, osa 1) sisällä lankakelalta pursotinpäähän. Tämä ratkaisu mahdollistaa tasan langansyötön robotin liikkuesssa. Putken tulee ylittää pursotinpäähän robotin ollessa eri ääriasennoissa.

Lankakela (kuva 10, osa 2) on kiinnitetty langansyöttötelineeseen, joka sijaitsee robotin vieressä kiinnitettynä alustaan. Langansyöttöteline koostuu metalliputkesta (kuva 10, osa 3), jossa on tappi (kuva 10, osa 4), johon lankakela kiinnitetään. Tapin yläpuolella on toinen tappi (kuva 10, osa 5), joka pitää langansyöttöputkea paikoillaan. Metalliputkessa on reiät tapeille. Tapit kiinnitetään metalliputkeen muttereilla.

Lankakelan ja sitä kannattelevan tapin välissä on puola (kuva 10, osa 6), jonka tarkoitus on vähentää kelan pyöriessä syntyvää kitkaa sekä sovittaa kelan 50 mm reikä tapin 15 mm paksuuteen. Samaan tappiin puolan päähän tulee vielä laippa (kuva 10, osa 7), joka estää kela putoamasta. Laippa kiinnitetään mutterilla tappiin.

Pursotinpään lankakanavan yläpuolelle lisätään istukka, joka pitää langansyöttöputkea paikoillaan robotin liikkuesssa. Istukka (liite 4) kiinnitetään pursotinpäätä koossapitävien ruuvien väliin. Langansyöttöteline näkyy kokonaisuudessaan kuvassa 10 ja tarvittavat piirustukset löytyvät liitteistä 5–10.



KUVA 10. Langansyöttöteline

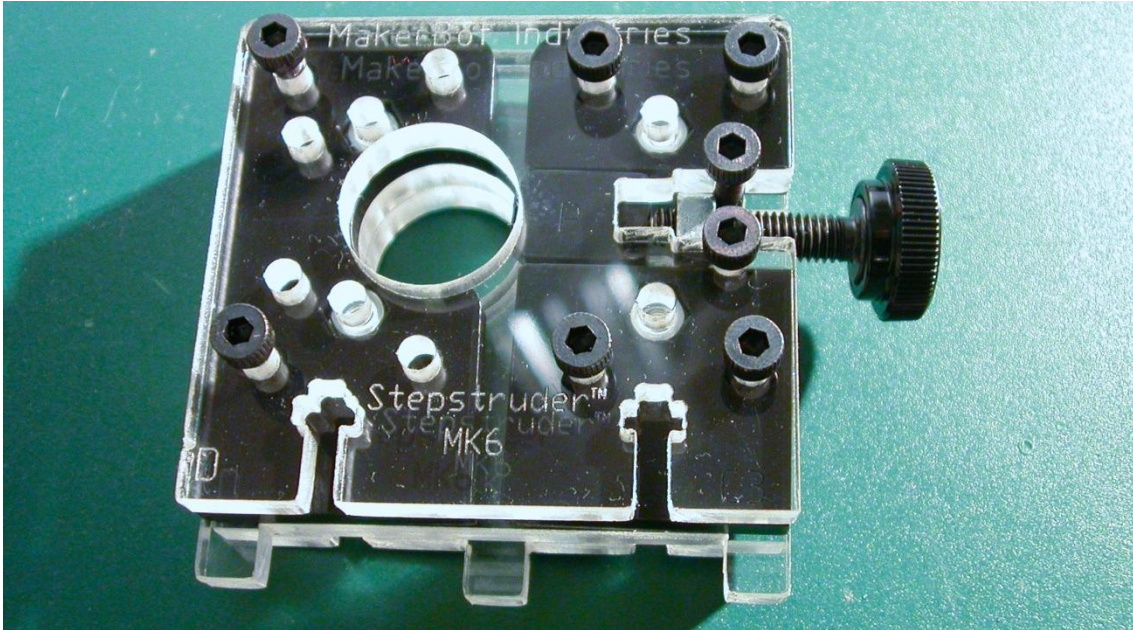
## 6 PURSOTUSPÄÄN KOKOAMINEN

Stepstruder MK6+ -pursotuspää tilattiin rakennussarjana Robomaa.com-verkkokaupasta ja se saapui koululle tiistaina 22.11. (kuva 11). Kahden viikon toimitusaika oli venynyt usealla viikolla. Laitteen kokoaminen ei ollut vaikeaa, eikä siihen mennyt aikaa kuin muutama tunti. Kokoamisohjeet ovat MakerBotin sivuilla <http://www.makerbot.com/docs/stepstruder-mk6-plus> (19).



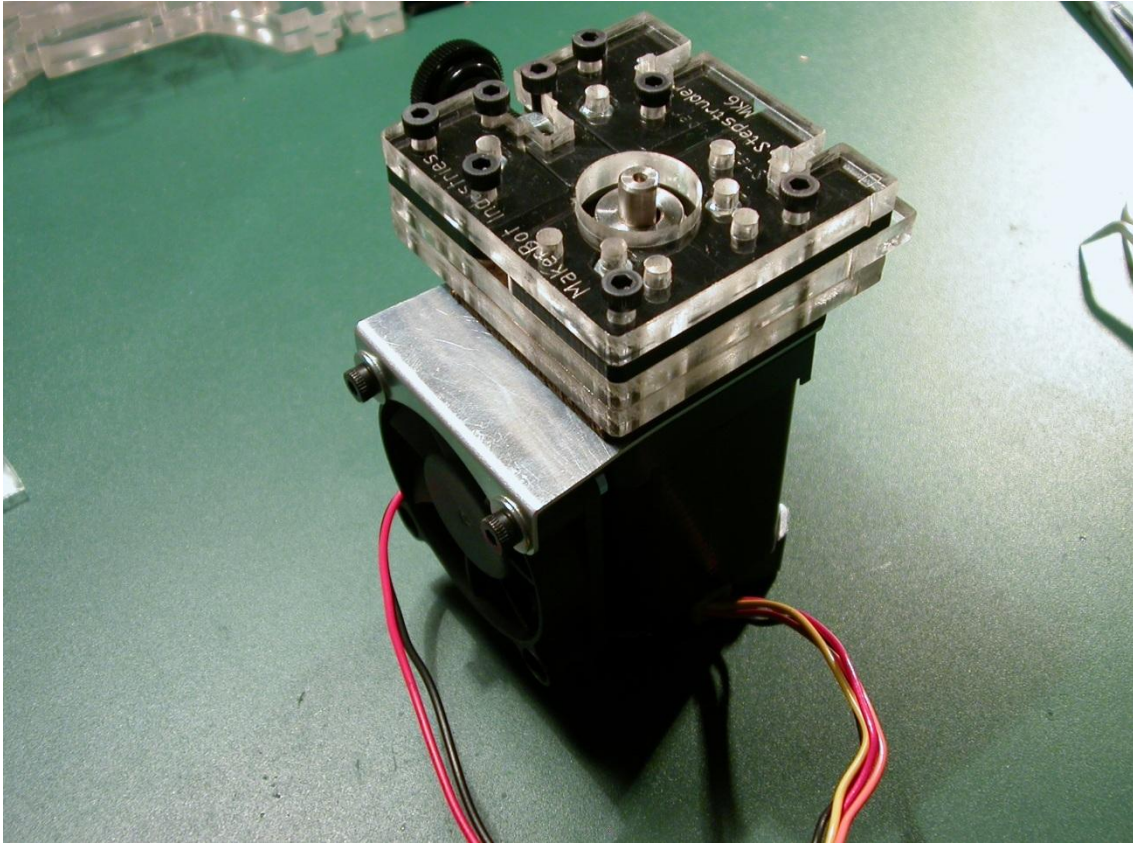
KUVA 11. Stepstruder MK6+:n osat

Kokoaminen aloitettiin poistamalla suojakalvot akryylilevyjen pinnoilta. Seuraavaksi osa akryylilevyistä kasattiin päällekkäin. Näistä muodostui kanava, jota pitkin lanka kulkee varsinaiseen pursotuspäähän (kuva 12).



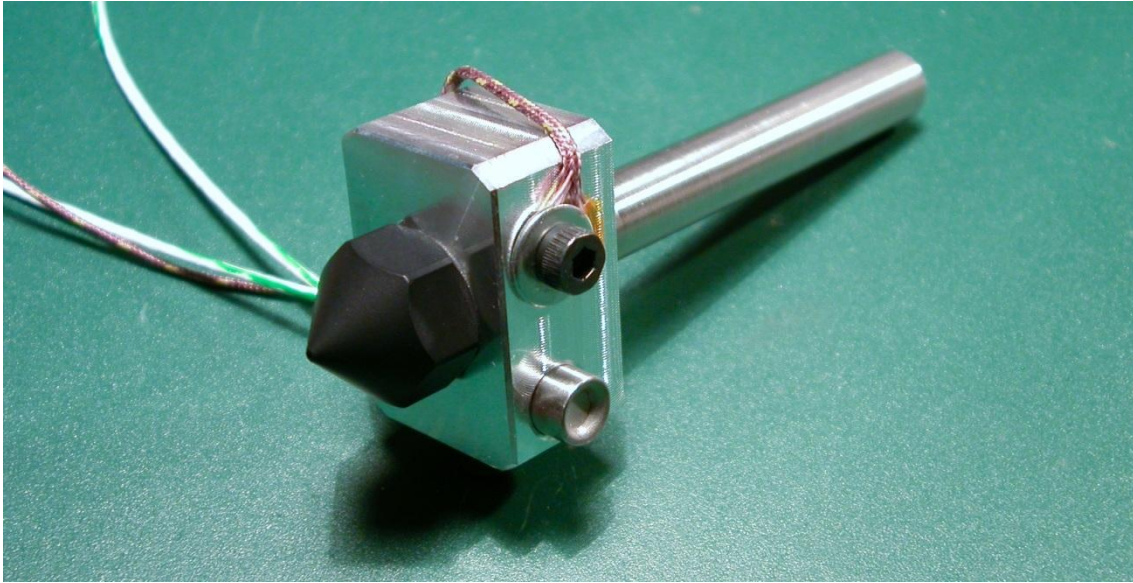
*KUVA 12. Akryylilevyistä koottu langanohjain*

Levyt kiinnitettiin askelmoottoriin, joka syöttää lankaa eteenpäin. Väliin lisättiin myös tuuletin viilentämään käytössä lämpenevää moottoria (kuva 13). Lopuista akryylilevyistä koottiin teline, johon langanohjain ja moottori kiinnitettiin.



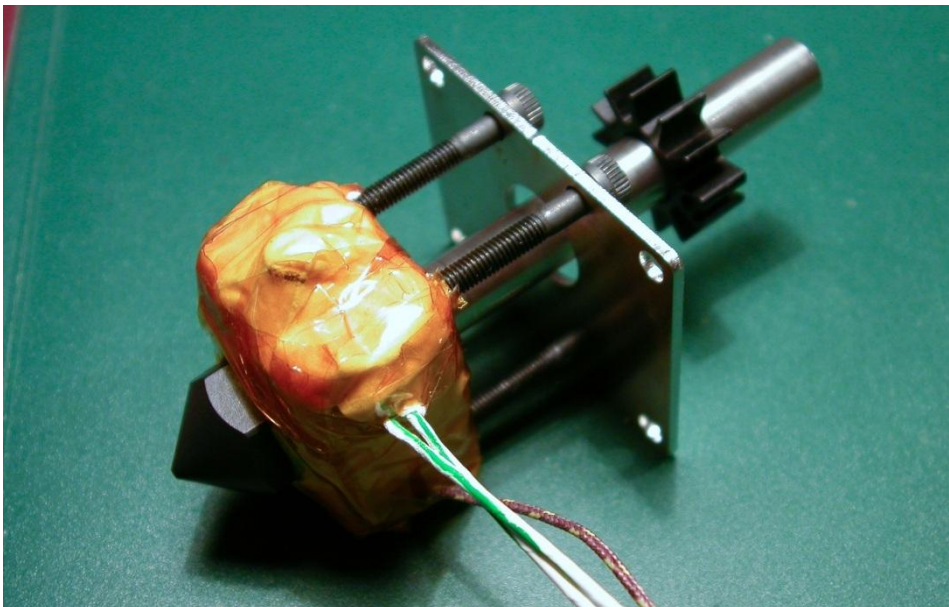
*KUVA 13. Askelmoottori, tuuletin ja langanohjain*

Kuumapään kokoaminen aloitettiin liittämällä suutin alumiinisen liitântäkappaleen avulla metalliputkeen, jonka sisällä lanka kulkee. Koska korkea lämpötila voi aiheuttaa metalliosien ruostumista, liitosten väliin lisättiin korroosiota estävää tahnaa. Näin ollen liitokset voidaan tarvittaessa purkaa. Seuraavaksi alumiiniseen liitântäkappaleeseen lisättiin pieni lieriömäinen lämmitinelementti. Toiselle puolelle alumiinikappaletta lisättiin termopari, jolla tarkkaillaan lämpötilaa. Molemmat osat kiinnitettiin ruuvilla paikoilleen (kuva 14).



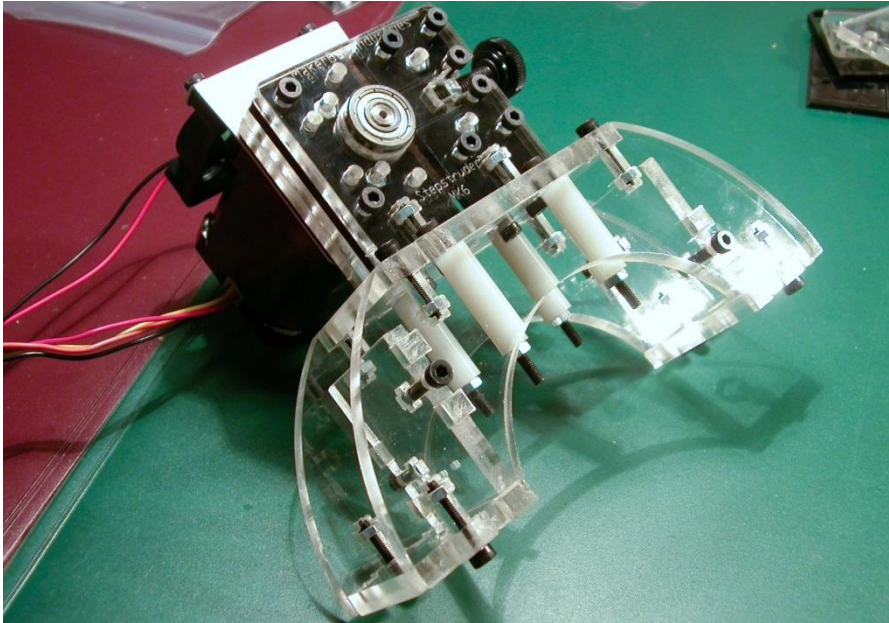
*KUVA 14. Pursotuspää (kuumapää)*

Kuumapää eristettiin keraamisella kankaalla, joka kiinnitettiin lämpöä kestäväällä Kapton-teipillä. Teippiä laitettiin muutama kierros, kunnes kangasta ei jäänyt enää näkyviin. Teippiin tehtiin reiät neljälle kiinnitysruuville, joilla pää kiinnitetään alumiiniseen levyyn (kuva 15).



*KUVA 15. Pursotuspää (kuumapää)*

Lopuksi kuumapää lisättiin akryylilevyistä tehtyyn telineeseen, johon langanohjain ja moottori oli jo aiemmin kiinnitetty (kuva 16). Kiinnitysvaiheessa lankaa ohjaavaan metalliputkeen lisättiin lämpöä alentava lämpösiiili. Tämä estää lämpöä johtumasta akryylilevyihin asti. Lisäksi suuttimen ja akryylilevyn välissä olevaan metalliseen kiinnityslevyyn lisättiin termostaatti, joka estää ylikuumentumisen.

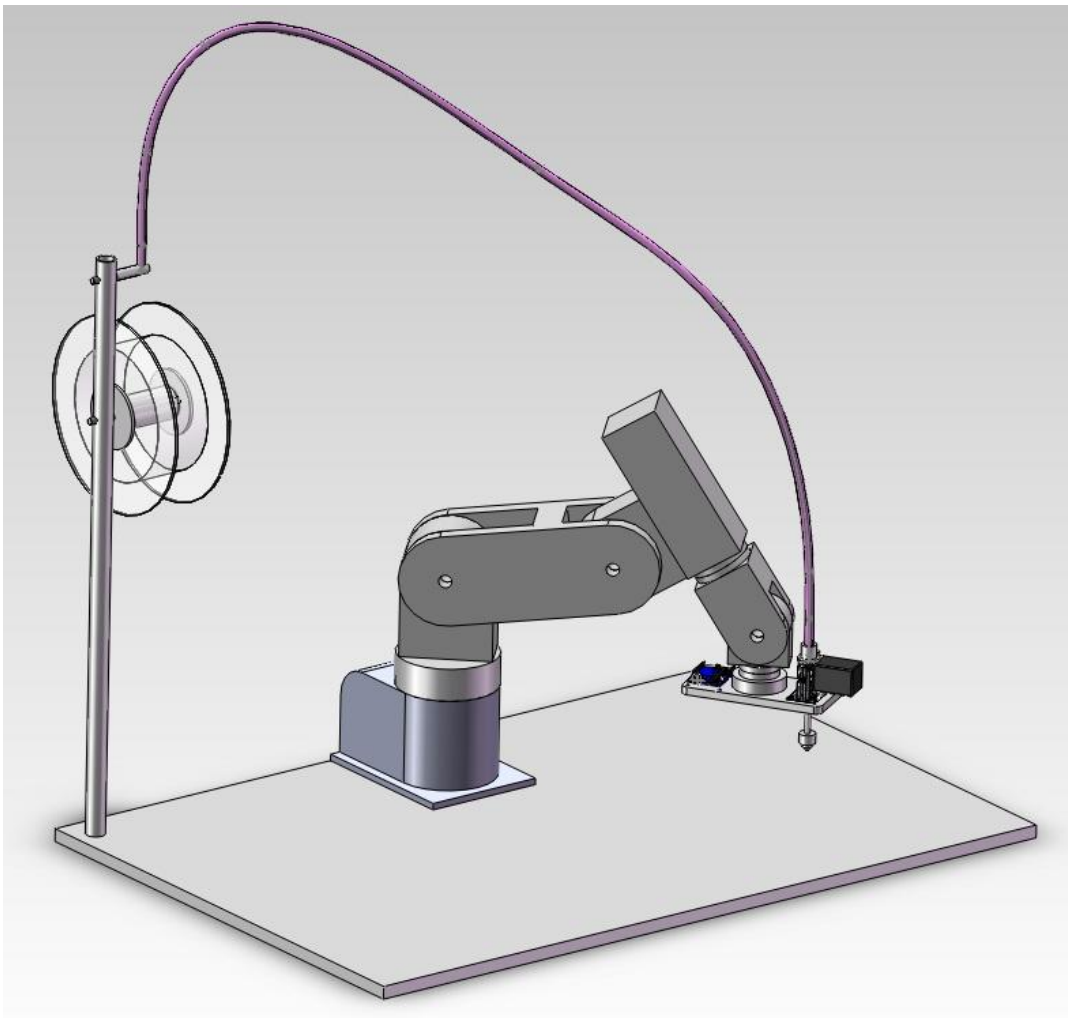


*KUVA 16. Langanohjain moottoreineen ja teline*

Kuvassa 16 näkyvää telinettä ei kuitenkaan käytetty Mitsubishi Melfa -robotin kanssa, koska se nähtiin tarpeettomaksi. Lisäksi se olisi vienyt turhaa tilaa. Langanohjain ja kuumapää liitettiin suoraan kiinnityslevyyn, joka suunniteltiin SolidWorksilla.

## 7 TULOKSET

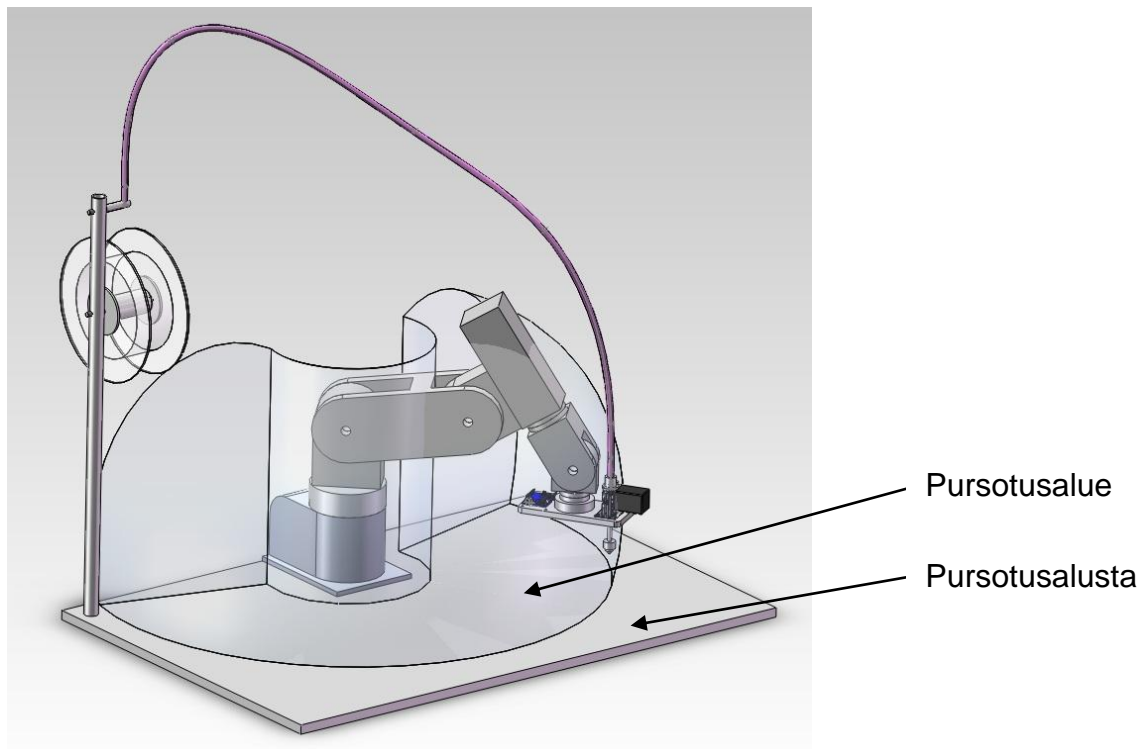
SolidWorks-ohjelmalla tehty 3D-malli näkyy kuvassa 17. Vasemmalla on kelapinteline, josta lähtee putki pursotinpäässä olevaan istukkaan. Pursotinpää on kiinnitetty levyyn, joka on kiinni Mitsubishiin robotissa. Tietokoneella robottia voidaan liikuttaa eri asentoihin, jolloin nähdään kuinka suuria kappaleita robotilla voidaan valmistaa. Piirustukset pääkokoonpanosta, kiinnityslevystä, kelapiti-  
men osista ja istukasta löytyy liitteistä 2–10.



*KUVA 17. Kokoonpanokuva*

## 7.1 Robotin liikeradat ja pursotettavan kappaleen suuruus

Robotin liikeradat löytyvät liitteestä 11. Kuvassa 18 olevan läpinäkyvän pursotusalueen pohjan pinta-ala on  $0,473 \text{ m}^2$ . Koko pursotusalueen tilavuus on  $230 \text{ dm}^3$ . Pursotussuuttimen pää ylittää kuvassa 18 olevan läpinäkyvän pursotusalueen joka kohtaan.



KUVA 18. Pursotuslaitteisto ja -alue

Suutinpään maksimi korkeus on  $506,5 \text{ mm}$  pursotusalueesta. Maksimi pursotusleveys on  $1037,2 \text{ mm}$  ja maksimi syvyys  $364,0 \text{ mm}$ . Nämä mitat ovat kuitenkin vain suuntaa antavia, koska pursotusalue on pallomainen. Pursotusalueesta tehtiin 3D-kuva SolidWorksilla, jotta ennen pursotusta nähdään mahtuuko pursotettava kappale alueen sisälle. Näin voidaan varmistua, että robotti pystyy pursottamaan halutun kappaleen kokonaan.



## **7.2 FDM-muovisuuttimen valinta**

FDM-muovisuuttimeksi valittiin Stepstruder MK6+ -paketin mukana tullut 0,4 mm kokoinen suutin. Pursotinpäähän on saatavana myös muun kokoisia suuttimia esimerkiksi MakerBot Storesta (20) tai Makergear.com (21) -sivustoilta. Suuttimen koko vaikuttaa pursotettavan kappaleen pinnanlaatuun.

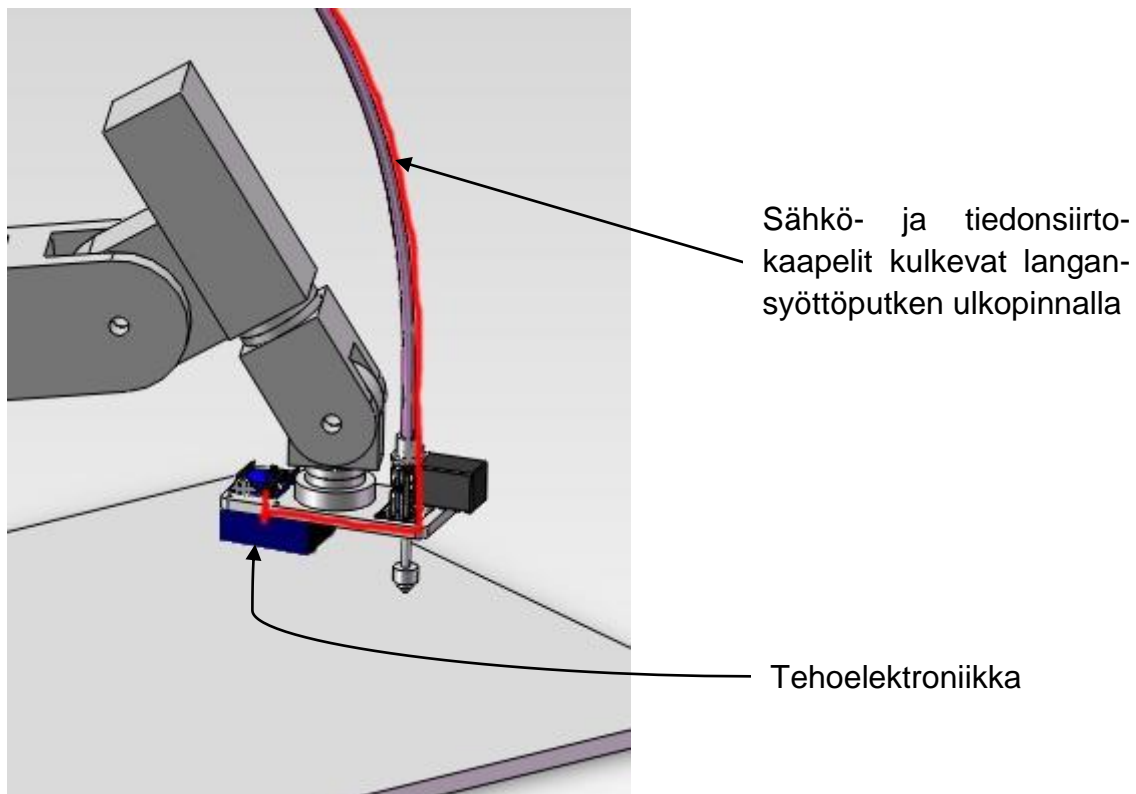
## **7.3 Materiaalivalinnat**

Kiinnityslevyn valmistusmateriaalina käytetään POM-muovia, koska se on lujaa, mutta kevyempää kuin teräs. POM materiaalina on kulutusta kestävä, ja sitä voidaan työstää lastuamalla. Istukka voidaan valmistaa FDM-pikamallitekniikkaa käyttäen ABS-muovista, koska kappale on pienikokoinen. Kelapitimen metalliosat voidaan valmistaa teräsputkesta ja -tangosta. Puola voidaan valmistaa pikamallitekniikalla istukan tapaan.

## **7.4 Kaapeleiden ja tehoelektronikan sijoitus**

Pursotinpää tarvitsee toimiakseen sähköä, joka johdetaan tehoelektronikalle. Sähköjohto suunniteltiin kulkemaan pursotinpään langansyöttöputken ulkopinnalla. Sähköjohto kiinnitetään putkeen esimerkiksi nippusiteillä. Tehoelektronikka sijoitetaan kiinnityslevyn (liite 3) alapuolelle Arduinon kohdalle (kuva 19). Kiinnityslevyssä on reiät elektronikan kiinnitystä varten.

Pursotinpää tarvitsee myös ohjaukaskäskyjä, joita kiinnityslevyssä oleva Arduino antaa. Arduino saa käskyt tietokoneelta USB-kaapelia pitkin. Kaapeli sijoitetaan kulkemaan samaa reittiä kuin sähköjohto (kuva 19).



*KUVA 19. Johdotus ja elektroniikan sijoitus*

### **7.5 Laitteiston sijoitus**

Koko laitteisto sijoitetaan kärryyn, jolloin sitä voidaan liikuttaa tarpeen mukaan. Suunnittelussa otettiin huomioon, ettei kokonaisuus olisi liian korkea, jotta robotia voidaan liikuttaa ovista. Tarvittaessa syöttöputkea voidaan taivuttaa tai se voidaan irrottaa kokonaan.

Robotin edessä on taso, johon varsinainen pursotus tapahtuu. Tason päälle voidaan laittaa vaahtomuovista alusta, jotta sula muovi tarttuu siihen paremmin. Tämä on tärkeää, koska keskeneräinen kappale ei saa liikkua pursotuksen aikana. Valmiin kappaleen irrottamiseen voidaan käyttää apuna metallilastaa.

## 8 YHTEENVETO

Työnä oli suunnitella Oulun seudun ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikölle laitteisto, jonka avulla pystytään valmistamaan pikamalleja teollisuusrobotilla FDM-tekniikkaa käyttäen. Työn tuloksena saatiin 3D-CAD-tiedostot ja -kuvat sekä piirustukset laitteistosta ja sen kiinnittämisestä koulun Mitsubishi Melfa -robottiin.

Ongelmia työssä aiheutti SolidWorks-ohjelman ajoittainen toimimattomuus. Välillä ohjelma saattoi jumiutua pitkäksi aikaa tai sulkeutua kokonaan. Syynä tähän saattoi olla käyttäjän tietokoneen huono suorituskyky tai ohjelmassa olevat virheet. Samoja ongelmia kuitenkin ilmeni myös koulun tietokoneilla.

Työ toteutui kutakuinkin odotetulla tavalla. Ohjelmiston ongelmista huolimatta kaikki tarvittavat tiedostot ja piirustukset saatiin valmiiksi. Suunniteltua laitteistoa päästää toivottavasti rakentamaan syksyllä 2012.

## LÄHTEET

1. Sederholm, Benjamin – Simons, Joakim – Syrjälä, Seppo 1997. Rapid prototyping – Mallien, prototyyppien ja työkalujen pikavalmistus. Sipoo: Teknologian kehittämiskeskus Tekes.
2. FDM pikamallinnusmenetelmä. RPWorld.net. 2011. Saatavissa: [http://www.rpworld.net/cms/images/FDM/fdm\\_1.gif](http://www.rpworld.net/cms/images/FDM/fdm_1.gif). Hakupäivä 11.12.2011.
3. Hassinen, Alpo 2012. 3D-tulostus: MakerBot Thing-O-Matic. MikroBitti, nro 5. S. 26–30.
4. Tervola, Janne 2012. Valmista mitä haluat. Tekniikka&Talous 13.4.2012. S. 20–22.
5. MakerBot on erittäin edullinen 3D-tulostin. 2010. Tekniikan Maailma 31.3.2010. Saatavissa: <http://tekniikanmaailma.fi/uutiset/makerbot-cupcake-cnc-edullinen-3d-tulostin>. Hakupäivä 10.12.2011.
6. MakerBot Industries. Wikipedia. 2010. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Makerbot>. Hakupäivä 8.1.2012.
7. Hello World! MakerBot Industries. 2009. Saatavissa: <http://www.makerbot.com/blog/2009/03/15/hello-world>. Hakupäivä 26.2.2012.
8. Cupcace CNC. Protospace. 2011. Saatavissa: <http://www.protospace.ca/2011/11/to-do/>. Hakupäivä 10.12.2011.
9. MakerBot's New 3D Printer: The Thing-O-Matic. MakerBot Industries. 2010. Saatavissa: <http://www.makerbot.com/blog/2010/09/25/announcing-makerbots-new-3d-printer-the-thing-o-matic>. Hakupäivä 26.2.2012.
10. Thing-O-Matic. Flickr. 2012. Saatavissa: <http://www.flickr.com/photos/makerbot/5245071105/>. Hakupäivä 8.1.2012.
11. Stepstruder MK6+. Flickr. 2012. Saatavissa: <http://www.flickr.com/photos/makerbot/5432312722/>. Hakupäivä 8.1.2012.

12. MakerBot Toolheads. MakerBot Industries. 2011. Saatavissa:  
<http://wiki.makerbot.com/toolheads>. Hakupäivä 25.4.2012.
13. StepStruder MK7. MakerBot Store. 2012. Saatavissa:  
<http://store.makerbot.com/stepstruder-mk7-complete.html>. Hakupäivä 11.4.2012.
14. Thing-O-Matic MK6 Plus Electronics. Flickr. 2012. Saatavissa:  
<http://www.flickr.com/photos/makerbot/6211601628/>. Hakupäivä 8.1.2012.
15. Industrial Robots. IFR. 2012. Saatavissa: <http://www.ifr.org/industrial-robots/>. Hakupäivä 14.2.2012
16. Specifications Manual. Mitsubishi Electric. 2002. Saatavissa:  
[https://my.mitsubishi-automation.com/downloads\\_manager.php?id=1482](https://my.mitsubishi-automation.com/downloads_manager.php?id=1482).  
Hakupäivä 17.3.2012
17. ABB:n robotteja. Robotti- ja automaatiohuolto Forsgren. 2012. Saatavissa:  
[http://www.robottihuolto.fi/images/ABB\\_Robots\\_2008\\_Rev2.jpg](http://www.robottihuolto.fi/images/ABB_Robots_2008_Rev2.jpg). Hakupäivä 16.2.2012
18. Stepstruder MK6+ source code. MakerBot Industries. 2012. Saatavissa:  
<http://makerbot.googlecode.com/files/makerbot-stepstruder-mk6.zip>. Hakupäivä 3.2.2012
19. Stepstruder MK6 Plus. MakerBot Industries. 2012. Saatavissa:  
<http://www.makerbot.com/docs/stepstruder-mk6-plus>. Hakupäivä 26.2.2012.
20. Stepstruder MK6. MakerBot Store. 2012. Saatavissa:  
<http://store.makerbot.com/toolheads/stepstruder.html>. Hakupäivä 12.4.2012
21. Nozzles. Makergear LLC. 2011. Saatavissa:  
<http://www.makergear.com/products/nozzles>. Hakupäivä 12.4.2012

## LIITTEET

Liite 1	Lähtötietomuistio
Liite 2	Pääkokoonpano
Liite 3	Kiinnityslevy
Liite 4	Istukka
Liite 5	Kelapidin
Liite 6	Kelapitimen tanko
Liite 7	Kelapitimen tappi 1
Liite 8	Kelapitimen puola
Liite 9	Kelapitimen puola 2
Liite 10	Kelapitimen tappi 2
Liite 11	Mitsubishi Melfa -robotin liikeradat


## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä<sup>1</sup> Jani-Pekka Moilanen, p. 050 322 1100, jmoilan@teknika.fi

Tilaja<sup>2</sup> Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö


Tilajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot<sup>3</sup> Eero Korhonen, p. 050 51 5000,  
Kotkantie 1, 90250 Oulu

Työn nimi<sup>4</sup> Robotisoitu pikamallilaitte

Työn kuvaus<sup>5</sup> Suunnitella ja valmistaa / valmistuttaa tangon   
syöttölaitteisto, jonka avulla pystytään val-  
mistamaan pikamalleja teollisuusrobotilla  
FDM-tekniikkaa käyttäen. Laitteisto suunnitellaan  
asennettavaksi Mitsubishi Melfa RV-1A teol-  
lisuusrobottiin, mutta myös muiden teollisuus-  
robottien vaatimukset otetaan huomioon.

Työn tavoitteet<sup>6</sup> Idean toteutettavuuden arviointi. Sopivan  
FDM muovisuuttimen valinta. Mekanikan  
suunnittelu sekä valmistaminen / valmistuttaminen.  
Laitteen toiminnan verifiointi robotilla.

Tavoiteaikataulu<sup>7</sup> Työ valmis: Joulukuun 2011

Päiväys ja allekirjoitukset<sup>8</sup> 2.10.2011   
Jani-Pekka Moilanen

<sup>1</sup> Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

<sup>2</sup> Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.

<sup>3</sup> Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.

<sup>4</sup> Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.

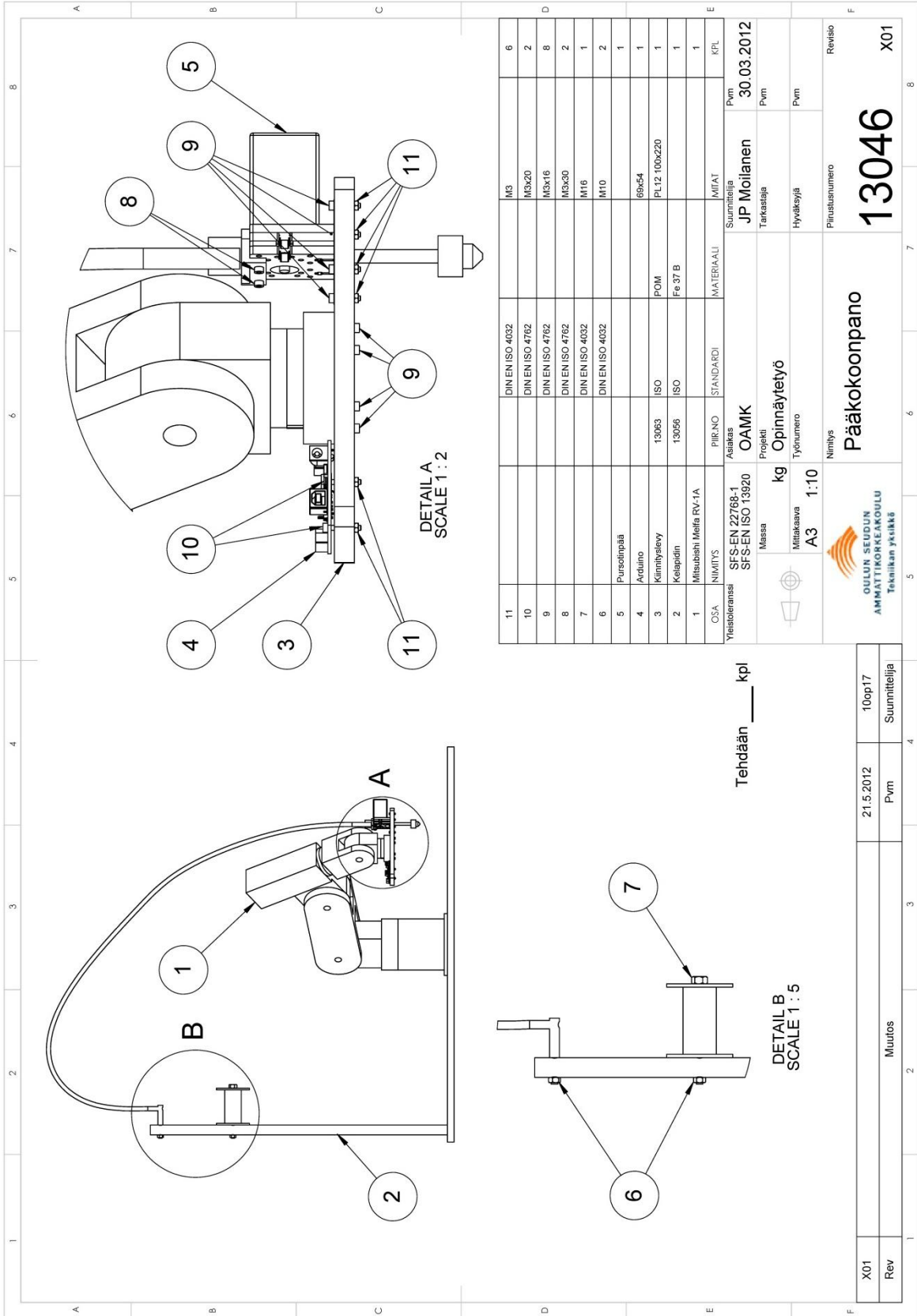
<sup>5</sup> Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.

<sup>6</sup> Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.

<sup>7</sup> Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun.

Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.

<sup>8</sup> Lähtötietomuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö



DETAIL A  
SCALE 1 : 2

DETAIL B  
SCALE 1 : 5

11		DIN EN ISO 4032	M3	6		
10		DIN EN ISO 4762	M3x20	2		
9		DIN EN ISO 4762	M3x16	8		
8		DIN EN ISO 4762	M3x20	2		
7		DIN EN ISO 4032	M16	1		
6		DIN EN ISO 4032	M10	2		
5	Pursolippää			1		
4	Arduino		60x54	1		
3	Kinnityslevy	13093	ISO	1		
2	Kalapidin	13096	ISO	1		
1	Mitsubishi Meifa RV-1A		PL12 100x220	1		
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MIIKAT	KPL
Yhteisöbranssi	SFS-EN 22768-1					
	SFS-EN ISO 13920					

Tehdään \_\_\_\_ kpl

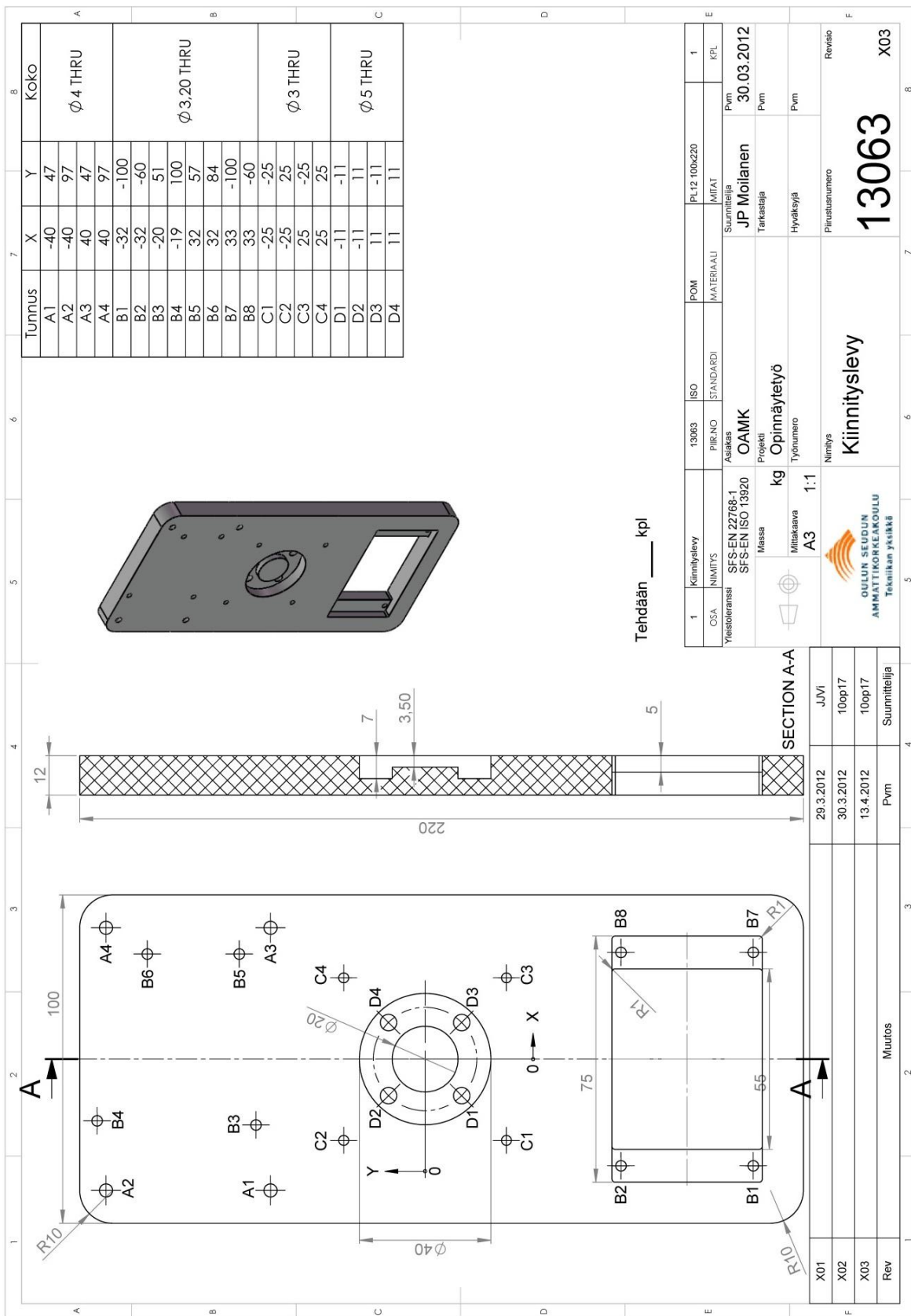
Summittelija	JP Moilanen	Pvm	30.03.2012
Tarkastaja		Pvm	
Hyväksyjä		Pvm	
Pilatusnumero		Revisio	X01


**OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU**  
 Tekniikan yksikkö

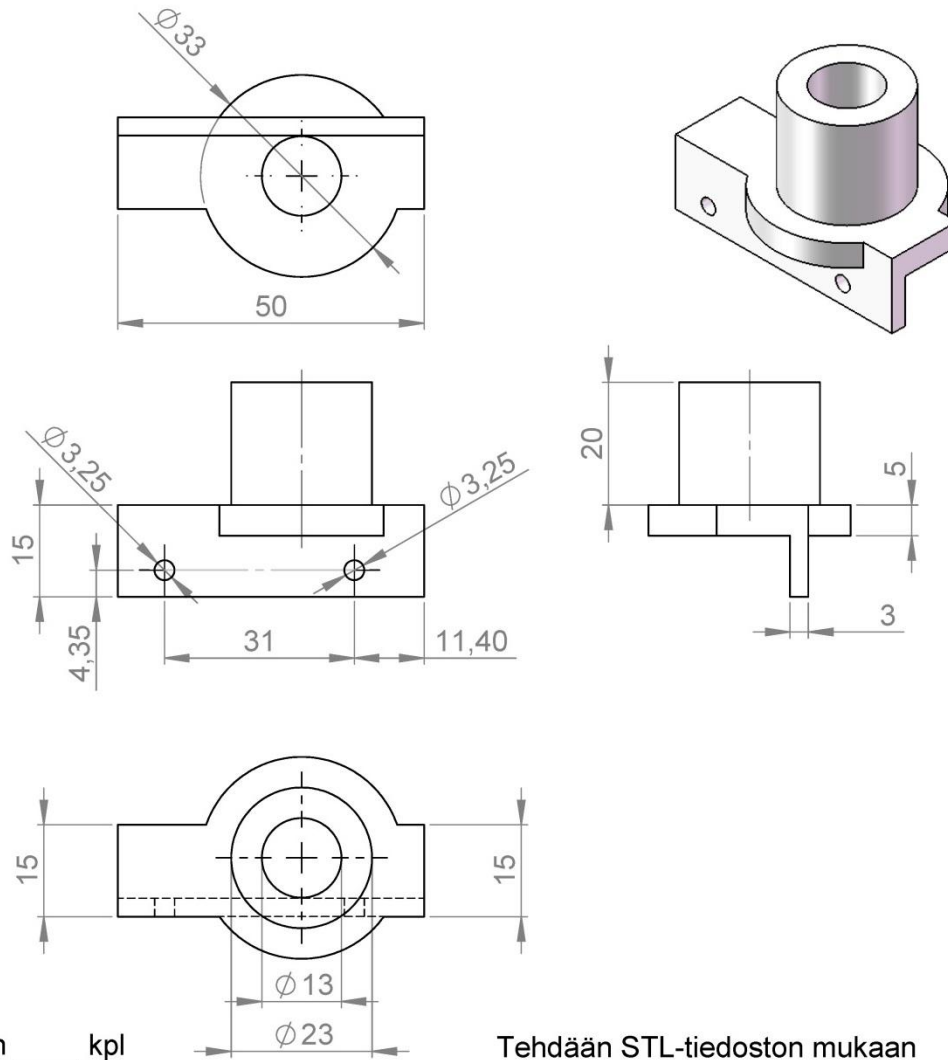
**Pääkoonpano**  
**13046**

X01		21.5.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Summittelija



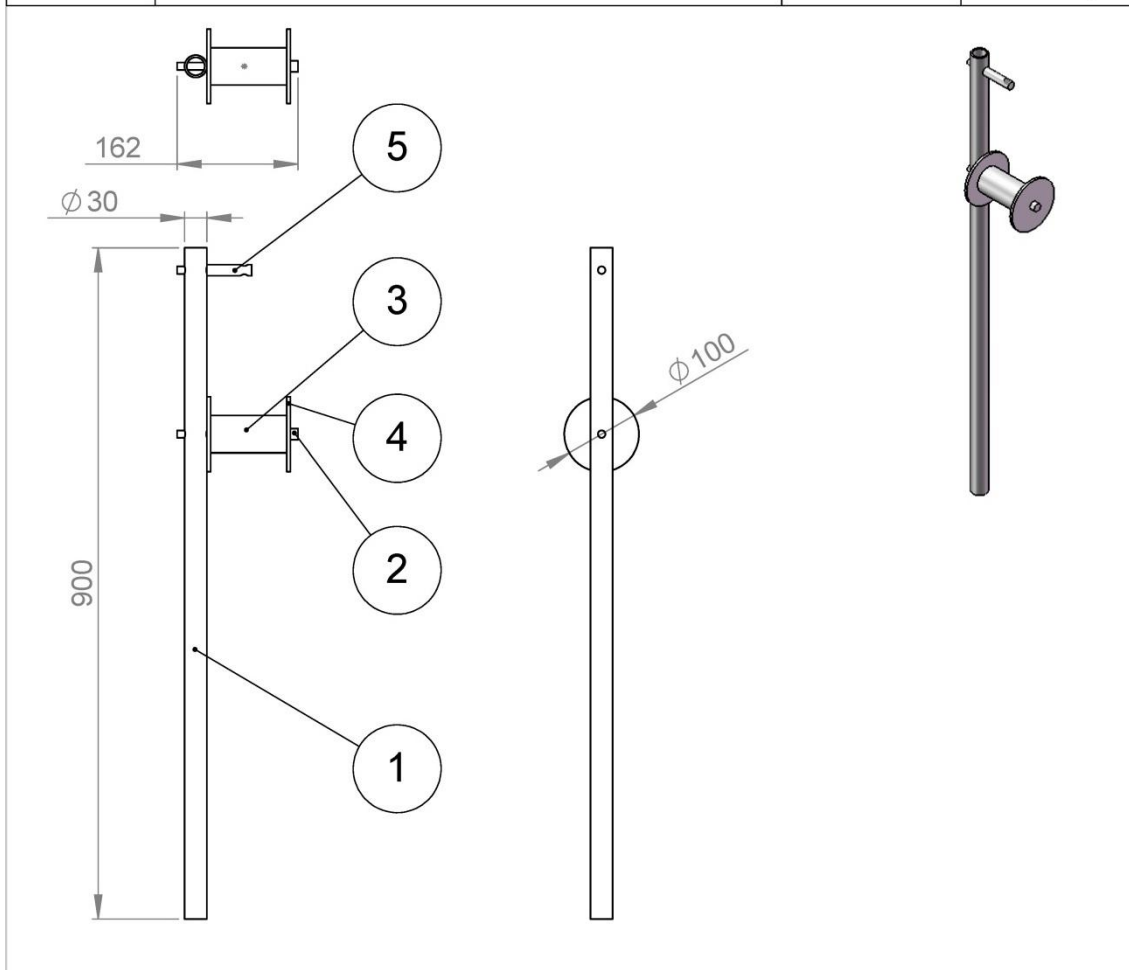


X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
X04		18.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija



1	Istukka	13097	ISO	ABS		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas <b>OAMK</b>			Suunnittelija <b>JP Moilanen</b>	Pvm <b>30.03.2012</b>
	Massa <b>kg</b>	Projekti <b>Opinnäytetyö</b>			Tarkastaja	Pvm
	Mittakaava <b>A4 1:1</b>	Työnumero			Hyväksyjä	Pvm
	Nimitys <b>Istukka</b>	Piirustusnumero <b>13097</b>			Revisio	

X01		29.3.2012	JJVi
X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija



5	Kelapitimen tappi 2	13061	ISO	Fe 37 B		1
4	Kelapitimen puola 2	13060	ISO	ABS		1
3	Kelapitimen puola	13059	ISO	ABS		1
2	Kelapitimen tappi 1	13058	ISO	Fe 37 B		1
1	Kelapitimen tanko	13057	ISO	Fe 37 B		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL

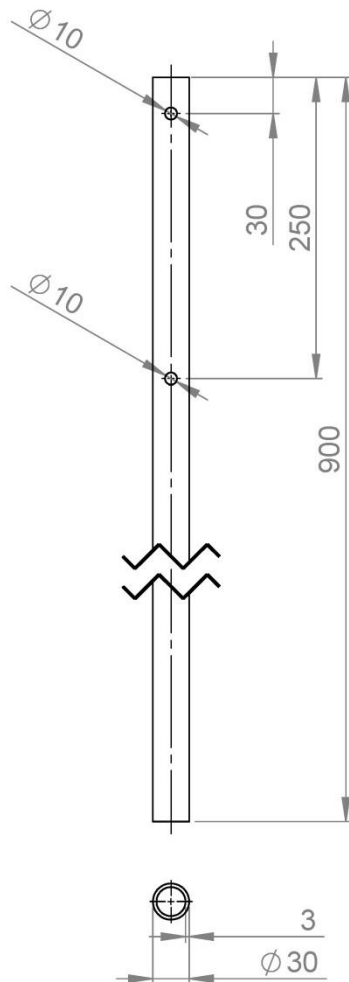
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	OAMK	Suunnittelija	JP Moilanen	Pvm	30.03.2012
-----------------	------------------------------------	---------	------	---------------	-------------	-----	------------

	Massa	kg	Projekti	Opinnäytetyö	Tarkastaja	Pvm
--	-------	----	----------	--------------	------------	-----

	Mittakaava	A4	1:8	Työnumero	Hyväksyjä	Pvm
--	------------	----	-----	-----------	-----------	-----

	Nimitys	Kelapidin	Piirustusnumero	13056	Revisio
--	---------	-----------	-----------------	-------	---------

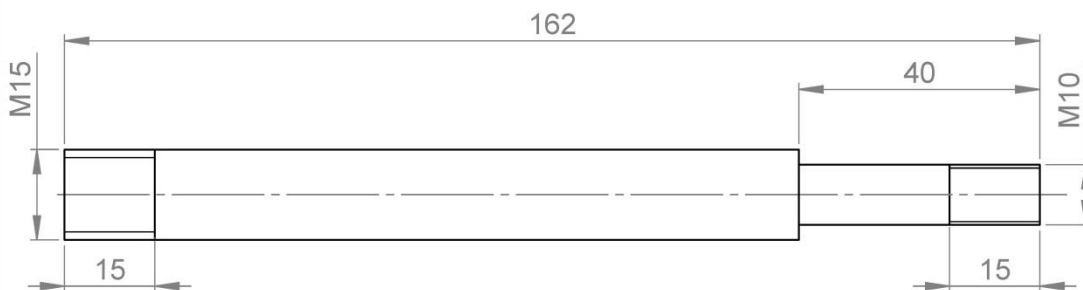
X01		29.3.2012	JJVi
X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija



Tehdään \_\_\_\_\_ kpl

1	Kelapitimen tanko	13057	ISO	Fe 37 B		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas <b>OAMK</b>		Suunnittelija <b>JP Moilanen</b>	Pvm <b>30.03.2012</b>	
	Massa kg	Projekti <b>Opinnäytetyö</b>		Tarkastaja	Pvm	
	Mittakaava <b>A4 1:5</b>	Työnumero		Hyväksyjä	Pvm	
		Nimitys <b>Kelapitimen tanko</b>		Piirustusnumero <b>13057</b>	Revisio	

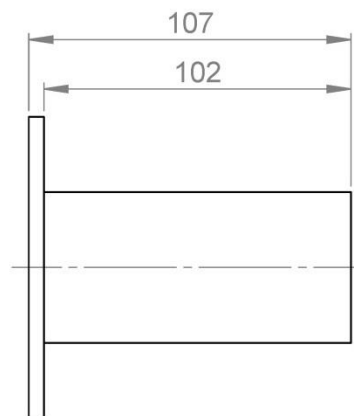
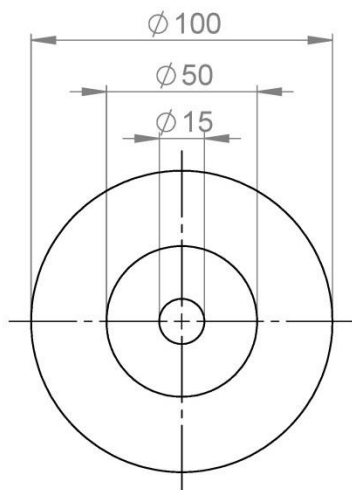
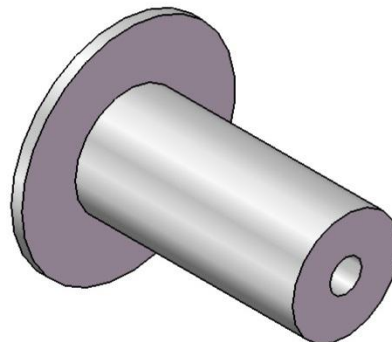
X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
X04		18.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija



Tehdään \_\_\_\_ kpl

1	Kelapitimen tappi 1	13058	ISO	Fe 37 B		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas <b>OAMK</b>			Suunnittelija <b>JP Moilanen</b>	Pvm <b>30.03.2012</b>
	Massa <b>kg</b>	Projekti <b>Opinnäytetyö</b>			Tarkastaja	Pvm
	Mittakaava <b>A4 1:1</b>	Työnumero			Hyväksyjä	Pvm
		Nimitys <b>Kelapitimen tappi 1</b>			Piirustusnumero <b>13058</b>	Revisio

X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
X04		18.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija

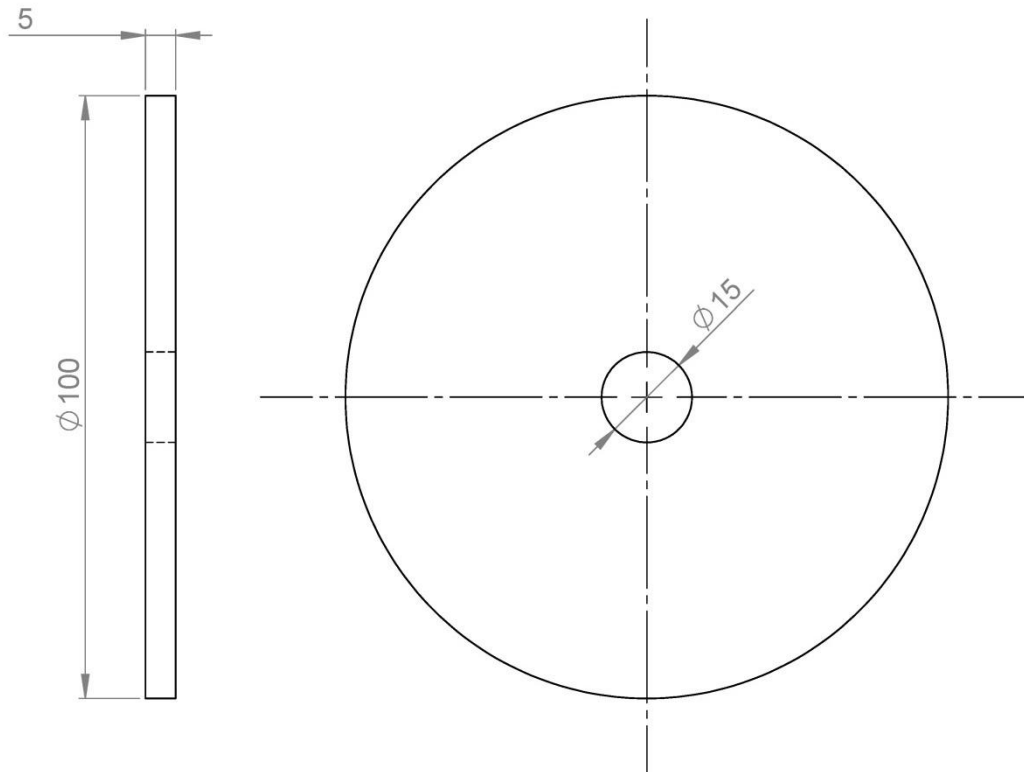


Tehdään \_\_\_\_ kpl

Tehdään STL-tiedoston mukaan

1	Kelapitimen puola	13059	ISO	ABS		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas <b>OAMK</b>	Projekti <b>Opinnäytetyö</b>	Suunnittelija <b>JP Moilanen</b>	Pvm <b>30.03.2012</b>	
	Massa <b>kg</b>	Työnumero	Tarkastaja	Hyväksyjä	Pvm	
	Mittakaava <b>A4 1:2</b>	Nimitys <b>Kelapitimen puola</b>	Piirustusnumero <b>13059</b>	Revisio		

X01		29.3.2012	JJVi
X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija

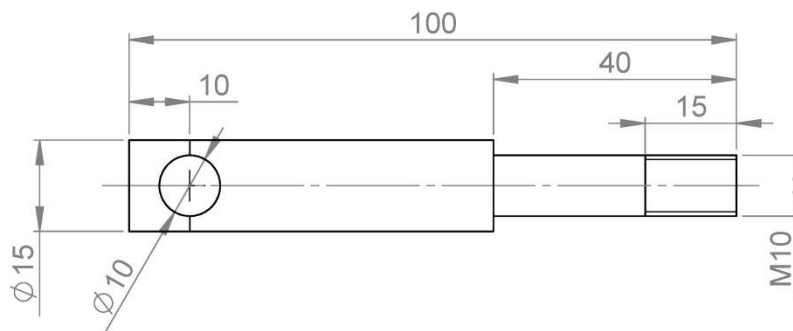


Tehdään \_\_\_ kpl

Tehdään STL-tiedoston mukaan

1	Kelapitimen puola 2	13060	ISO	ABS		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas <b>OAMK</b>	Projekti <b>Opinnäytetyö</b>	Suunnittelija <b>JP Moilanen</b>	Pvm <b>30.03.2012</b>	
	Massa <b>kg</b>	Tarkastaja	Pvm			
	Mittakaava <b>A4 1:1</b>	Työnumero	Hyväksyjä	Pvm		
		Nimitys <b>Kelapitimen puola 2</b>	Piirustusnumero <b>13060</b>	Revisio		

X01		29.3.2012	JJVi
X02		30.3.2012	10op17
X03		13.4.2012	10op17
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija



Tehdään \_\_\_\_ kpl

1	Kelapitimen tappi 2	13061	ISO	Fe 37 B		1
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920		Asiakas <b>OAMK</b>		Suunnittelija <b>JP Moilanen</b>		Pvm <b>30.03.2012</b>
	Massa <b>kg</b>	Projekti <b>Opinnäytetyö</b>		Tarkastaja		Pvm
	Mittakaava <b>A4 1:1</b>	Työnumero		Hyväksyjä		Pvm
		Nimitys <b>Kelapitimen tappi 2</b>		Piirustusnumero <b>13061</b>		Revisio



2.4 Outside dimensions • Operating range diagram

(1) RV-1A/1AC-SB

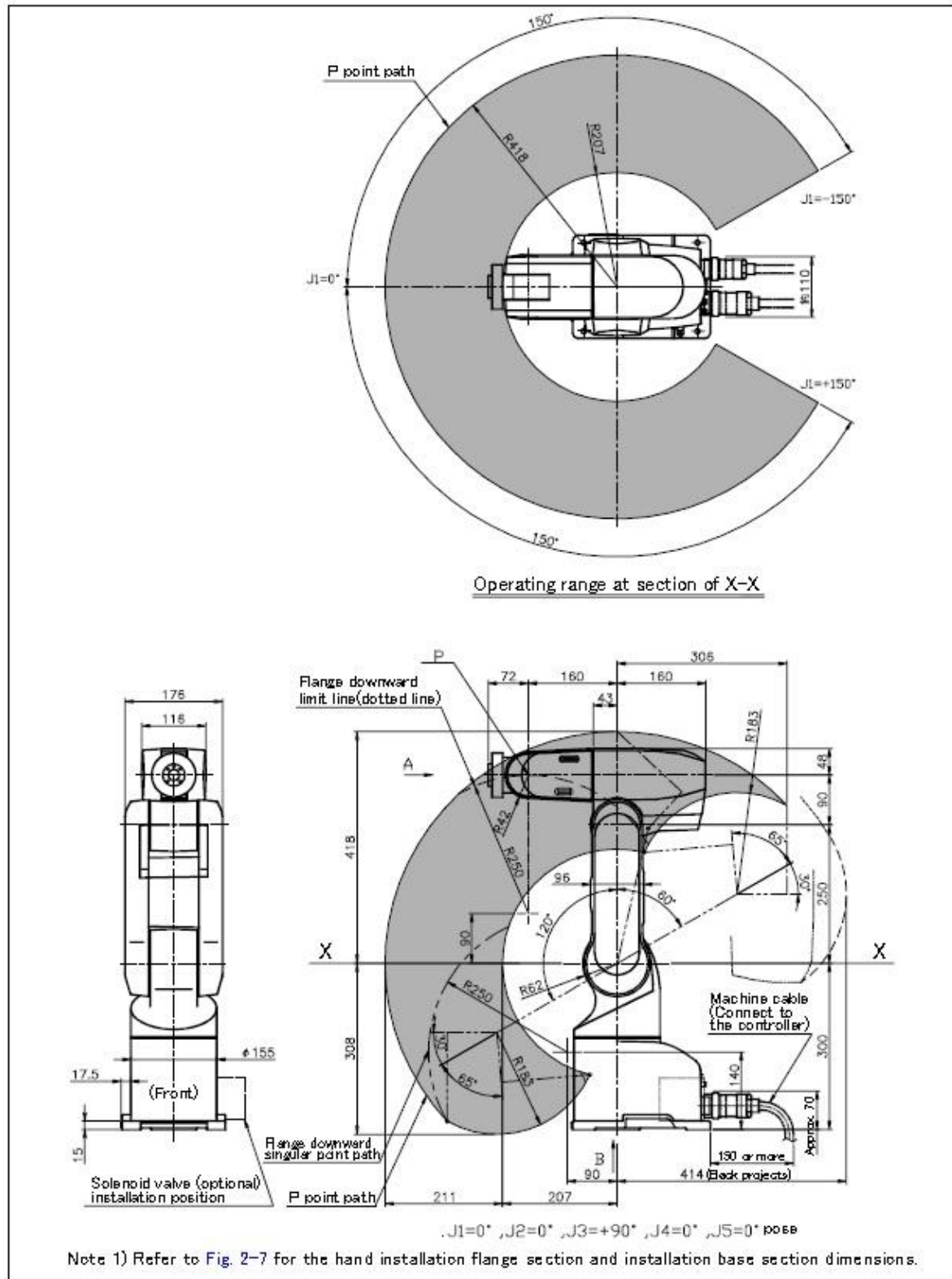


Fig.2-5 : Outside dimensions for RV-1A/1AC-SB