

---

# Sydänlangan suoristuskone

Suomen Kerta Oy



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tuotekehityksen koulutusohjelma

Riihimäki, kevät 2015

Milo Karmitsa



**RIIHIMÄKI**  
Tuotekehityksen koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Milo Karmitsa	<b>Vuosi</b> 2015
<b>Työn nimi</b>	Sydänlangan suoristuskone	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella teollisuuden alan yritykselle korvaava kone tuotantolinjastolle. Koneen tehtävänä oli suoristaa kynttilöiden sydänlankoja luotettavasti. Korvaavan koneen tulisi poistaa vanhassa laitteessa esiintyneet ongelmat, kuten hihnan luistaminen ja meluhaitat, ja lisäksi helpottaa koneen säätämistä. Lähtökohtana oli jo olemassa oleva laite sekä kahden ryhmän kesäprojekteissa suunnittelemat viimeistelemättömät mallit. Laitetta kehitettiin Suomen Kerta Oy:n edustajan kanssa.

Laitteesta tehtiin 3D-mallit sekä koneenpiirustukset. Laitteen valmistaminen ja kokoonpano tehtiin yhteistyössä Hyrian ammattikoulun kanssa.

Valmiissa koneessa yhdistyivät oma kädenjälkeni, toimeksiantajan näkemykset sekä kesäprojektien parhaat ideat.

Koneen suunnittelussa onnistuttiin niiltä osin, että toimeksiantaja hyväksyi ehdotukseni, ja koneen valmistaminen aloitettiin. Tämän työn valmistamisen aikaan koneen kokoonpano ei ollut vielä valmis, joten on mahdotonta arvioida onko kone onnistunut. Jos kone osoittautuu toimivaksi kaikin puolin, voi suunnittelua pitää onnistuneena.

**Avainsanat** Kehittäminen, Suunnittelu, Teollisuus, Suoristaminen

**Sivut** 19 s. + liitteet 18 s.

RIIHIMÄKI  
Product design

---

<b>Author</b>	Milo Karmitsa	<b>Year</b> 2015
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Wick straightening machine	

---

ABSTRACT

The aim of this thesis project was to design a machine to replace an old one in the production line of an industrial company. The task of the machine was to reliably straighten candle wicks. This machine should remove the problems that had occurred in the old one which included a sliding of the belt, a loud noise that compressed air generated and the difficult adjustments of the machine. As a base for this project there were the already existing machine and two unfinished models that were made by two teams during a summer project. This machine was developed in co-operation with a delegate from Suomen Kerta Oy.

3D models and technical drawings were made of the machine. Manufacturing and assembly were conducted in co-operation with Hyria Vocational School.

The final concept combines my own visions, commissioner's wishes as well as views and the best ideas from the summer project.

The design of the machine was a success since commissioner accepted my concept and the manufacturing of the machine has already started. By the time this thesis was completed, the assembly of the machine had not been finished yet so it is impossible to estimate if the design was successful. If the machine fulfills its duty every way, the design has been successful.


**Keywords** Developing, Design, Industry, Straightening

**Pages** 19 p. + appendices 18 p.

---

# SISÄLLYS

JOHDANTO.....	1
1 YRITYSESITTELY .....	2
2 TYÖNKUVAUS .....	3
2.1 Taustamateriaali .....	3
3 NYKYINEN RATKAISU.....	3
3.1 Toimintaperiaate.....	3
3.2 Vaatimukset ja rajoitukset.....	5
3.3 Ympäristö ja mitat.....	6
4 OLEMASSA OLEVIEN LUONNOSTEN TARKASTELU .....	7
4.1 Ryhmä 1 .....	7
4.2 Ryhmä 2 .....	8
5 KONEEN SUUNNITTELU .....	9
5.1 Jalusta ja vertikaalinen säätö .....	10
5.2 Runko .....	12
5.3 Harjat.....	13
5.4 Moottori ja hihnan kiristys .....	14
5.5 Hihna ja hihnapyörät .....	16
5.6 Valmis kone.....	16
6 LOPPUPÄÄTELMÄT .....	18
6.1 Kiitossanat.....	18
7 LÄHTEET .....	19
7.1 Kuvälähteet.....	19
8 LIITTEET.....	1

- 
- Liite 1 Piirustus lyhyestä akselista
  - Liite 2 Piirustus harjan akselista
  - Liite 3 Piirustus aluslevystä
  - Liite 4 Piirustus 42mm:n hihnapyörästä
  - Liite 5 Piirustus 72mm:n hihnapyörästä
  - Liite 6 Piirustus M16 kierretangosta
  - Liite 7 Piirustus kiskojen tukilevyn ja kierretankojen kokoonpanosta
  - Liite 8 Piirustus kehikon kokoonpanosta
  - Liite 9 Piirustus kiskon putkesta
  - Liite 10 Piirustus vasemmasta sivulevystä
  - Liite 11 Piirustus oikeasta sivulevystä
  - Liite 12 Piirustus L-profiilista 1
  - Liite 13 Piirustus L-profiilista 2
  - Liite 14 Piirustus L-profiilista 3
  - Liite 15 Piirustus moottorin tukilevystä
  - Liite 16 Piirustus kiskojen tukilevystä
  - Liite 17 Piirustus kiskosta
  - Liite 18 Piirustus vaihteistosta
- 



## JOHDANTO

Tässä työssä suunniteltiin kynttilän sydänlangan suoristuskone teollisuuden alan yritykselle. Lähtökohtana oli kesäprojekteissa tuotettu materiaali sekä olemassa oleva kone.

Tehtävänä oli ratkaista nykyisen laitteen ongelmat. Kone toimii paineilmalla, joten äänenvoimakkuus ylittää mukavuusrajan. Uusi kone siis käyttäisi voimatuotossa, jotain muuta ratkaisua. Toisena ongelmana esiintyy epäluotettavuus voimansiirrossa. Koneessa käytetyn hihnan ja hihnapyörien välillä esiintyy luistamista, joka johtaa suoristusharjojen ajoittaiseen toimimattomuuteen. Kolmas heikkous koneessa on tarvittavien säätöjen tekemisen vaikeus. Uudessa ratkaisussa säätöjen tekeminen tulisi olla nopeaa ja helppoa ja siitä tulisi kyetä suoriutumaan yksin.

Pintapuolisen nykyiseen laitteeseen tutustumisen jälkeen suunniteltiin omia ratkaisuja ja mekanismeja. Kesäprojekteissa laadittuihin malleihin tutustuminen jätettiin vasta myöhäisempään vaiheeseen, jotteivat muiden näkemykset häiritse omaa luovuutta. Vasta kun ideoita oli saatu paperille, oli syytä tutustua muiden ryhmien luonnoksiin ja vertailla ominaisuuksia keskenään.

Aineistonkeräämisvaiheessa ongelmia tuotti seikka, että kone on hyvin yksilöllinen, eikä vastaavanlaisista koneista ole juuri tietoa saatavilla. Koneessa esiintyviä mekanismeja kuten hihnaveto esiintyy kuitenkin monissa koneissa, joten näitä ratkaisuja pystyttiin soveltamaan omassa koneessa.

Jatkuvan aineiston keräämisen ja analysoimisen ohessa laadittiin piirustukset ja 3D-mallit osista ja kokoonpanosta. Koneeseen tehtiin lisäyksiä ja muutoksia tarpeen mukaan. Vuorovaikutus Suomen Kerta Oy:n edustajan kanssa tuotti lopulta suunnitelman koneesta, johon kumpikin osapuoli oli tyytyväinen.

## 1 YRITYSESITTELY

Suomen Kerta Oy on suomalainen perheyritys, joka valmistaa ja tarjoaa laajan valikoiman kuluttajatuotteita ruoanvalmistukseen ja kattamiseen. Yritys valmistaa, myy ja markkinoi lyhytkäyttö- ja kattaustuotteita niin kotitalouksien, horeca-sektorin kuin yritysasiakkaiden eri tarpeisiin. Omien merkkituotteiden ohella yritys valmistaa myös kaupan omia private label-tuotteita.

Yrityksellä on Suomessa kolme merkittävää tuotantolaitosta Imatralla, Kotkassa ja Riihimäellä. Imatran tehtaalla valmistetaan lyhytkäyttötuotteet kuten kartonkilautaset ja -pikarit ja fastfood-/ruoanvalmistus- ja säilytyspakkaukset. Imatran tehtaan kartonkituotannosta syntyvä hylky jatkojalostetaan uudelleen käyttöön 100 % biohajoaviksi elintarvikepakkauksiksi ainoana koko Euroopassa. Kotkan tehtaalla valmistuvat moniväripainetut kattaustuotteet Havi-, Finlayson- ja Marimekko-tuotemerkeillä sekä asiakkaan omilla painatuksilla. Riihimäellä on yrityksen kynttilätuotanto, jossa hyväsydämiset Havi- ja Tuikku-kynttilät syntyvät jo yli 180 vuoden kokemuksella.

Suomen Kerta Oy:n strategiana on tuotteiden ja niiden laadun jatkuva kehittäminen vastaamaan tämän päivän kuluttajien ja ammattisektorin tarpeita. Materiaalihankinnoissa pyritään synergiaan ja ympäristöystävällisyyteen hankkimalla mahdollisuuksien mukaan raaka-aineita ja pakkausmateriaaleja, jotka ovat biohajoavia tai ne voidaan kierrättää. (Suomen Kerta Oy, 2014.)



## 2 TYÖNKUVAUS

Projektina oli suunnitella ja valmistuttaa korvaava kone tuotantolinjalle suoristamaan kynttilöiden sydänlankoja Suomen Kerta Oy:lle. Suunnittelu ei lähtenyt täysin nollatasosta, vaan apuna käytettiin materiaalia Hämeen ammattikorkeakoulun kesäprojektista, jota ei koskaan saatu viimeistellylle asteelle.

Optimaalisen koneen aikaansaamiseksi yhdisteltiin ja kehitettiin eteenpäin kesäprojektissa tuotettujen konseptien parhaita ideoita, haettiin vaikutteita samankaltaisista laitteista sekä kehitettiin täysin uusia ratkaisuja.

Työssä käytettiin 3D-malleja ja niistä tehtyjä koneenpiirustuksia.

### 2.1 Taustamateriaali

Taustamateriaalina on käytetty 10.6.–21.8.2013 kesäprojektissa tuotettua materiaalia. Hämeen ammattikorkeakoulu järjesti oppilailleen suunnittelu- projekteja. Yksi näistä oli suunnitella toimiva sydänlangansuoristuskone Suomen Kerta Oy:lle, joka korvaisi nykyisen paineilmalla toimivan ratkaisun.

Yhteensä yhdeksän henkilöä jaettuna kahteen ryhmään työskenteli projektin parissa. Kumpikaan ryhmä ei saanut vietyä ideoitaan toteuttamiskelpoiselle asteelle, joten tehtävänä oli saada suunnittelutyö valmiiksi kokonaisuudessaan, käyttäen hyödyksi jo olemassa olevaa aineistoa.

## 3 NYKYINEN RATKAISU

Nykyinen ratkaisu on ollut käytössä useita vuosia ja vaikka se onkin toimiva ratkaisu, sen toiminnassa ja käytettävyydessä on parantamisen varaa hankalan säädettävyyden sekä hinnan luistamisen johdosta.

### 3.1 Toimintaperiaate

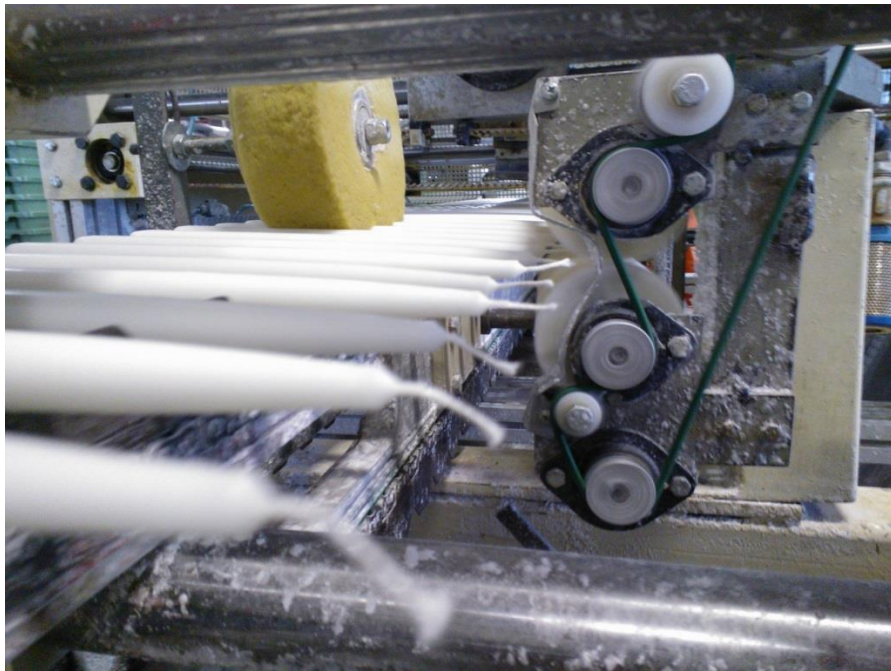
Kynttilät kulkevat linjastoa pitkin vaakatasossa laitteeseen, joka nappaa sydänlangasta kiinni ja siitä roikottaen upottaa kynttilät pinnoiteaineeseen vertikaalisesti.

Linjalla kulkiessaan langat tупpaavat sojottamaan erinäisiin suuntiin ja jotta kone kykenee tarttumaan lankaan, on sen oltava yhdensuuntaisesti kynttilään nähden. Linjastolla on siis oltava kone, joka suoristaa langan, jotta siihen voi tarttua. Kynttilöiden päät kulkevat kahden harjan lävitse, joiden pyörivä liike vetää sydänlangat suoriksi.



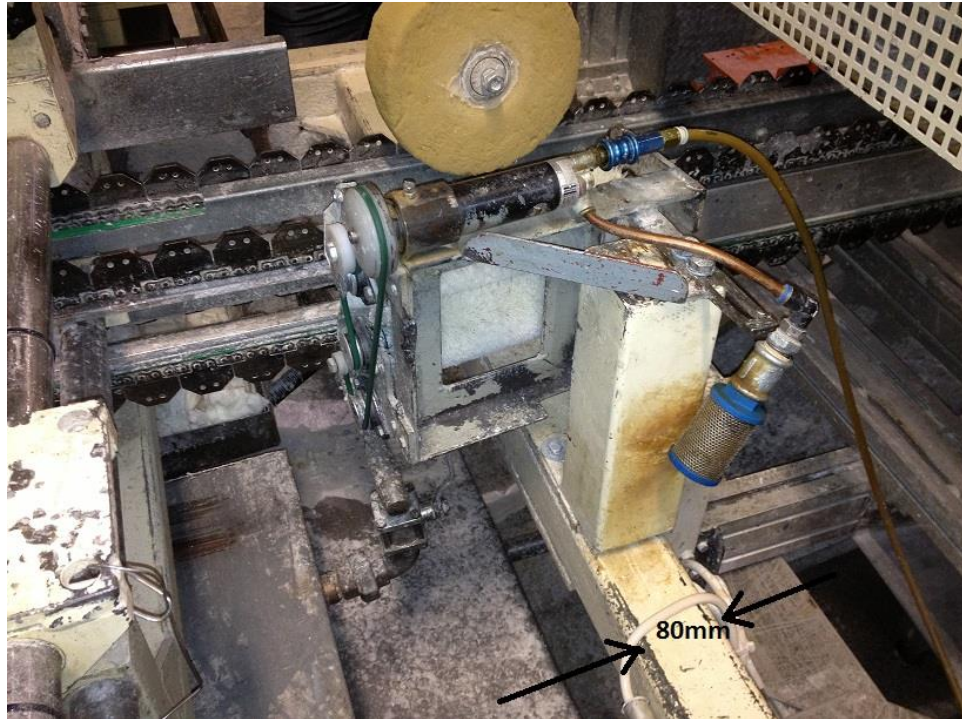
Kuva 1. Kynttilät kulkevat linjastolla kuvassa oikealta vasemmalle (Suomen Kerta Oy 2013).

Voima harjojen pyörittämiseen on toteutettu paineilmalla (kuva 1), missä piilee yksi nykyisen laitteen heikkouksista, sillä ratkaisu tuottaa kovaa ääntä. Voimansiirto on toteutettu hihnalla (kuva 2), jossa ongelmana taasen piilee hihnan luistaminen.



Kuva 2. Nykyisen koneen voimansiirto (Suomen Kerta Oy 2013)

Kone on sijoitettu 80 x 80 millimetrin teräsprofiilin päälle (kuva 3), jota voi käyttää hyväksi myös oman koneen suunnittelussa. Pystysuunnassa oleva palkki on tarvittaessa irrotettavissa.



Kuva 3. Koneen sijoituspaikka (Suomen Kerta Oy 2013)

### 3.2 Vaatimukset ja rajoitukset

Jotta kone täytti sille asetetut vaatimukset, oli tiettyjen seikkojen toteuduttava valmiissa ratkaisussa.

Tapani Kojon (haastattelu 22.2.2014) mukaan koneen tulee kyetä suorittamaan eripituisten ja -paksuisten kynttilöiden sydänlangat luotettavasti.

Laitteen on oltava mahdollisimman yksikertainen. Laitteen käyttötarkoitus on yksinkertainen, joten ei ole mitään syytä rakentaa siitä monimutkaista. Monimutkaisuus vain helposti lisää kustannuksia ja vaikeuttaa huoltoa ja säädettävyyttä.

Laite tulisi valmistaa standardiosista, jotta huolto ja varaosat ovat helposti toteutettavissa. Kone on kuitenkin suunniteltu tiukasti tätä työtä varten, joten esimerkiksi valmista runkoa ei kaupan hyllyiltä saa.

Eri paksuisten kynttilöiden johdosta koneessa tulee olla vähintään 30 mm vertikaalista säätövaraa. Mekanismi tulee itse suunnitella.

Koneessa tulee myös olla vähintään 150 mm säätövaraa horisontaalisesti eripituisten kynttilöiden johdosta.

Koneen valmistuskustannusten tulee olla mahdollisimman pienet.

Koneen tulee olla ruostumattomista materiaaleista, sillä ympäristön ja käytön takia kone on altis korroosiolle.

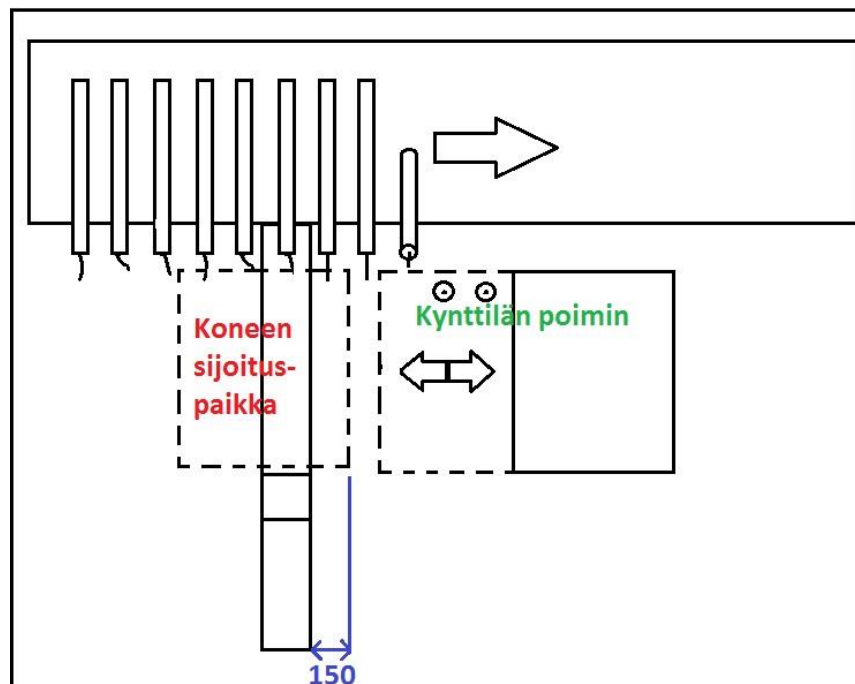
Vaikka suoristusmekanismi oli täysin vapaasti suunniteltavissa, oli suositeltavaa käyttää sähkömoottoria, sillä tarkoitukseen sopiva malli oli jo osattu yrityksen varastoon.

Koneen takaosan tuli olla avoin, sillä harjojen sattuessa imaisemaan kynttilän väliinsä, se pääsee putoamaan koneen takaosasta ulos eikä jumita näin laitetta.

### 3.3 Ympäristö ja mitat

Teräspalkki, jonka päällä nykyinen kone sijaitsee, toimii loogisesti sijoituspaikkana myös korvaavalle koneelle. Vaakatasossa oleva palkki ei ole poistettavissa koska se toimii tukirakenteena kynttilälinjastolle. Sijoittamalla kone tämän palkin päälle säästytään noin puolen metrin korkuisen jalustan rakentamiselta. Kynttilät kulkevat noin 200 mm palkin yläreunan yläpuolella, joten rakennetta hyväksikäyttämällä saadaan tukeva jalusta koneelle sekä mahdollistetaan kompakti koko.

Konetta sijoittaessa on kuitenkin otettava huomioon, että palkin oikealla puolella on vain noin 150 mm vapaata tilaa (kuva 4) kynttilöitä noukkivan laitteen johdosta.



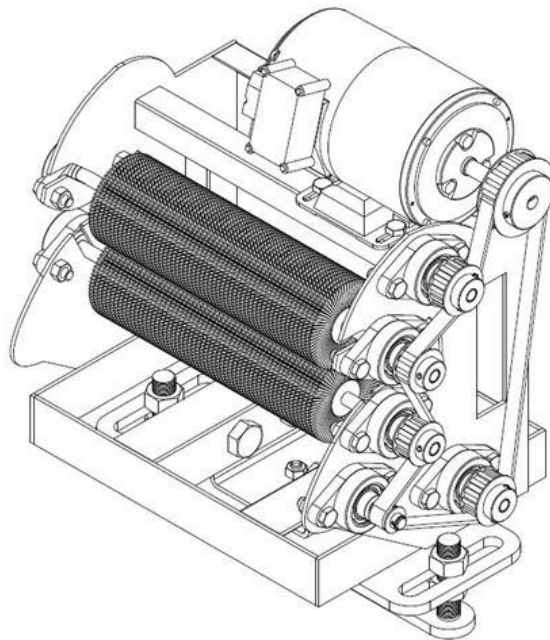
Kuva 4. Palkin oikealla puolella on vain 150 mm tilaa (Karmitsa 2015).

Tästä johtuen koneen tulee siis olla hyvin kompaktin kokoinen tai se tulee sijoittaa alustalleen epäsymmetrisesti suurimman osan ollessa vasemmalla puolella.

## 4 OLEMASSA OLEVIEN LUONNOSTEN TARKASTELU

Molempien ryhmien mallit analysoitiin ja niiden hyväksi havaittuja ratkaisuja kehitettiin edelleen luvuissa 4.1 ja 4.2 esitetyllä tavalla.

### 4.1 Ryhmä 1



Kuva 5. 1. ryhmän luonnos (Neupane, Laine, Gaude & Adane 2013)

Tässä mallissa on monia hyviä ominaisuuksia (kuva 5). Rungon sivulevyt ovat tyylikkää, eikä niissä ole turhaa materiaalia lisäämässä painoa ja viemässä tilaa. Levyt on muotoiltu laakeriyksiköiden ehdoilla. Harjoissa käytettäville yksiköille on leikattu urat, joita pitkin on helppo liu'uttaa harja, akseli ja laakeriysiöt yhdellä kertaa paikalleen.

Materiaalivalinnat ovat hyviä. 5 mm paksut rungon sivulevyt ovat tarpeeksi jämäkät, edulliset ja hyvin työstettävissä. Sivut on yhdistetty teräksisillä L-profiileilla joiden päälle on helppo sijoittaa moottori.

Valitut laakeriysiöt (FYTB 12 TF Y) ovat kompaktin kokoiset ja suhteellisen edulliset.



Hihnan luistaminen on estetty hammashihnalla sekä hammashihnapyörillä. Työssä on laskettu optimaalinen harjojen pyörimisnopeus ja sijoitettu sopivan kokoiset pyörät.

Tässä mallissa esiintyi kuitenkin useita puutteita ja suunnitelmallisia kömmähdyksiä. Koneen pysty- ja vaakasuuntainen säätäminen on tarpeettoman vaikeaa, sillä toinen säätömutteri on sijoitettu sisällä olevaan koloon. Kone myös lepää vain näiden kahden mutterin varassa, lisäten näin huteruutta.

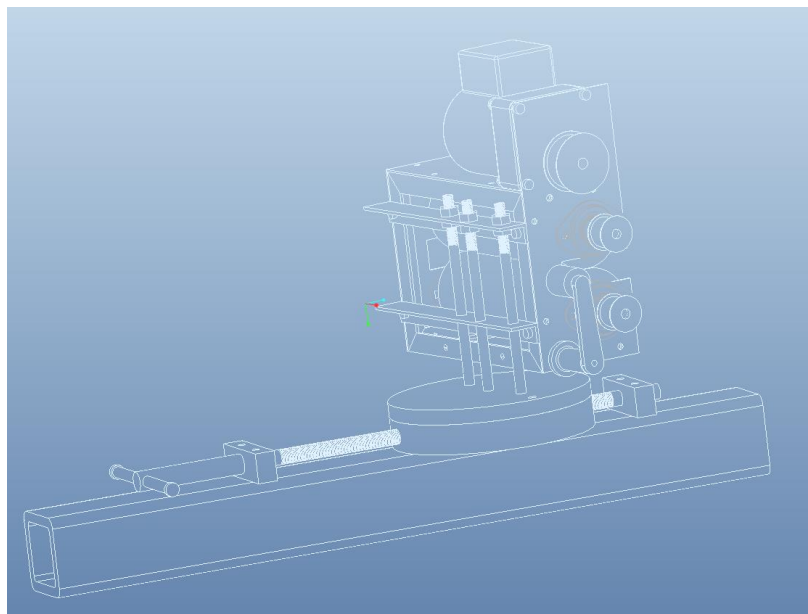
Vaikka L-profiilien käyttö poikittaisina tukina on hyvä keksintö, tällaiseen niiden riittävän tarkka kohdistaminen toleranssien sisällä on vaikeata.

Moottorin sijainti ja sitä kautta hihnan kiristys suoritetaan liikuttamalla uritettua moottorin aluslevyä ja kiristämällä se ruuveilla. Ongelmana tässä on helposti kiristysvaiheessa tapahtuva liikahtaminen, joten haluttu kireys ei ole helppo saavuttaa. Myöskään levyjen vastakkain hankaus siirtotilanteessa ei ole optimaalista.

Hihnapyörien lukumäärä on liioiteltua, sillä samaan lopputulokseen päästään vähemmällä määrällä komponentteja. Näin säästyy tilaa ja resursseja.

Muutamit mitat olivat komponenteissa väärin, mikä ei olisi myöskään mahdollistanut laitteen kokoamista. Esimerkiksi laakeriyksiköiden koko erosi mallissa todellisesta, sekä moottorin fyysiset mitat erosivat todellisesta jo koneeseen valitusta ja ostetusta moottorista.

### 4.2 Ryhmä 2

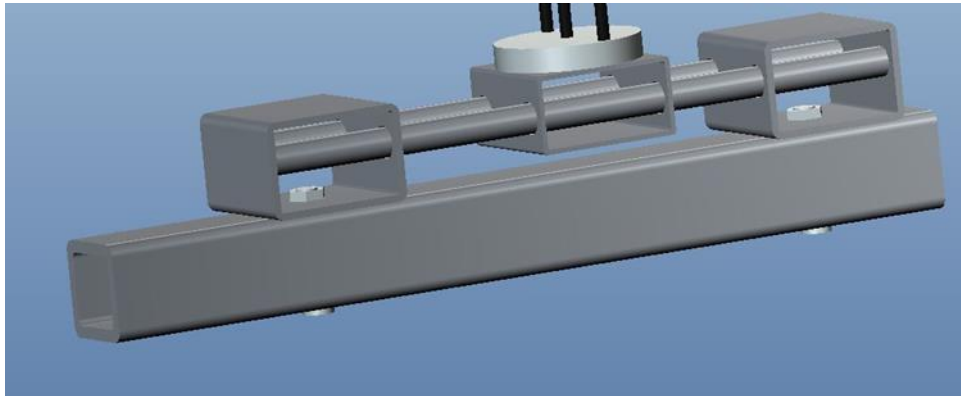


Kuva 6. 2. ryhmän luonnos (Eisala, Basnet, Espo, Vigelis & Raut 2013)

Korkeuden säädöstä löytyy hyvää ja huonoa. On hyvä että kone lepää kolmen tukipisteen varassa tukevuuden lisäämiseksi, mutta kyseisessä mallissa nämä kolme kierretankoa ovat hyvin lähellä toisiaan, ja lisäksi tuen keskipiste on koneen ulkopuolella (kuva 6). Näin koneen paino ei suuntaudu suoraan ylhäältä alas, vaan tapahtuu vääntömomenttia sivuttaissuunnassa.

Ruuvattava vaakataso sijainnin säätö on ideana hyvä, mutta toteutus on tuu. Tukipalkki jonka päällä kone sijaitsee, on karkeahko viimeistelyltään, joten koneen luistaminen sen päällä on epävarmaa. Palkki on myös melko kapea ja pyöristetty reunoiltaan, joten tukena se ei ole paras mahdollinen. Koneen massakeskipiste sijaitsee myös laitteen ulkopuolella, joten vääntöä esiintyy. Liikkuva alusta on myös melko massiivinen.

Ryhmän 2 toinen ehdotus horisontaaliselle säädölle on raiteilla kulkeva kelkka (kuva 7).



Kuva 7. Raideratkaisu (Eisala ym. 2013)

Kiskot tarjoavat hyvän tuen, mutta ratkaisu on jäänyt vähän puolitiehen. Pelkän rei'itetyn levyn siirtely putken päällä tuottaa kitkaa ja kulumista, ja lisäksi reiän täytyy olla juuri oikean kokoinen jotta, huojumista ei esiinny. Ehdotus kelkan lukitsemiselle levypainotankojen jousilukolla on heikohko. Nämä lukot ovat toiminnaltaan hyvin huteria ja epävarmoja.

## 5 KONEEN SUUNNITTELU

Koneen suunnittelussa eri osien suunnittelua tapahtui samanaikaisesti toimivan kokonaisuuden aikaansaamiseksi, mutta osiot on käsitelty tässä erikseen, hahmottamisen helpottamiseksi.

## 5.1 Jalusta ja vertikaalinen säätö

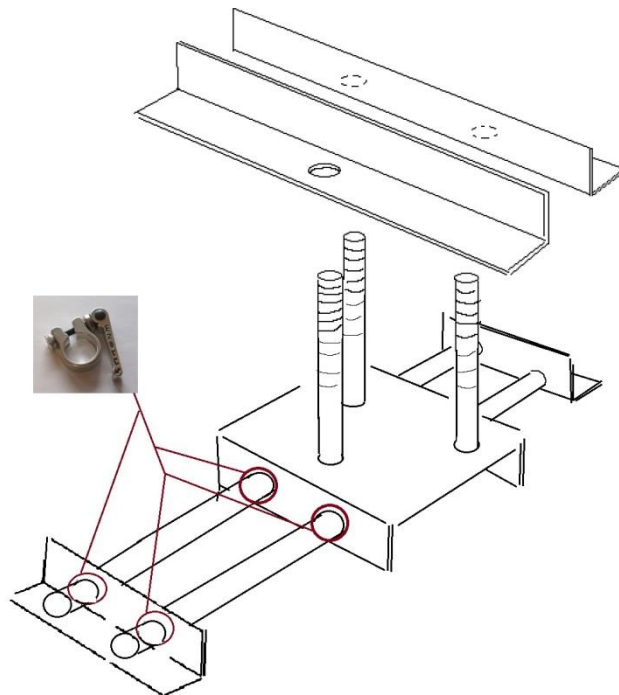
Lopulliseksi valinnaksi muodostui kahden kiskon päällä kulkeva kelkka, jonka liikkeen pystyy lukitsemaan. Liikkumavaraa tuli olla vähintään 150 mm.

Ensimmäinen kokonaisvaltainen ehdotus koneen tilaajalle oli 2. ryhmän luonnoksen pohjalta tehdystä muunnoksesta (kuva 8). Tallella on kaksi putkimaista kiskoa ja levystä tehty liukuva kelkka, jonka reikien läpi kiskot kulkevat.

Hylkäyksen kohteeksi joutuivat kannatusysteemi, eli putkien päissä olevat L-profiilit heppoisuuden takia, paljon kitkaa tuottava heppoinen kelkka, sekä epävarma lukitussysteemi putkenkierimillä.

Lopulliseen malliin päätyivät kolmen M16-kierretangon tukisysteemi. Tämä tarjoaa portaattoman korkeusäädön muttereiden avulla, jonka kuka hyvänsä voi tehdä ilman suurempaa voimankäyttöä.

Kierretangot kiinnittyvät koneen rungossa sijaitseviin L-profiileihin, jotka pitävät koneen sivuseinät tuettuina.

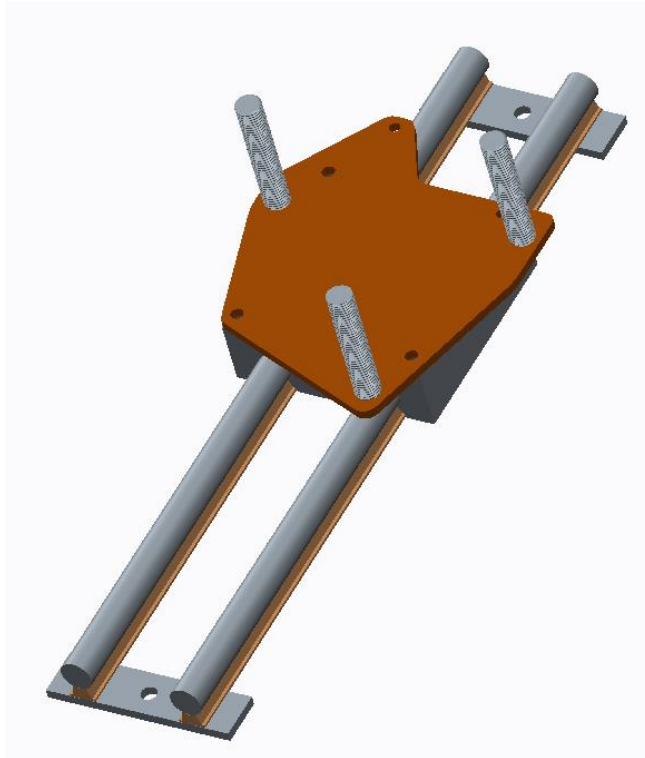


Kuva 8. Ensimmäinen varteenotettava vaihtoehto (Karmitsa 2015)

Lopullisessa mallissa päädyttiin käyttämään toimeksiantajan kanssa tehdyllä yhteisellä päätöksellä valmiita ratkaisuja, parhaan mahdollisen liikutettavuuden ja huollon vuoksi.

Vaikka valmiilla ratkaisulla koneen hinta nousee hieman, takaavat tarkat toleranssit sujuvan liikkeen laitteessa.





Kuva 9. Koneen jalusta (Karmitsa 2015)

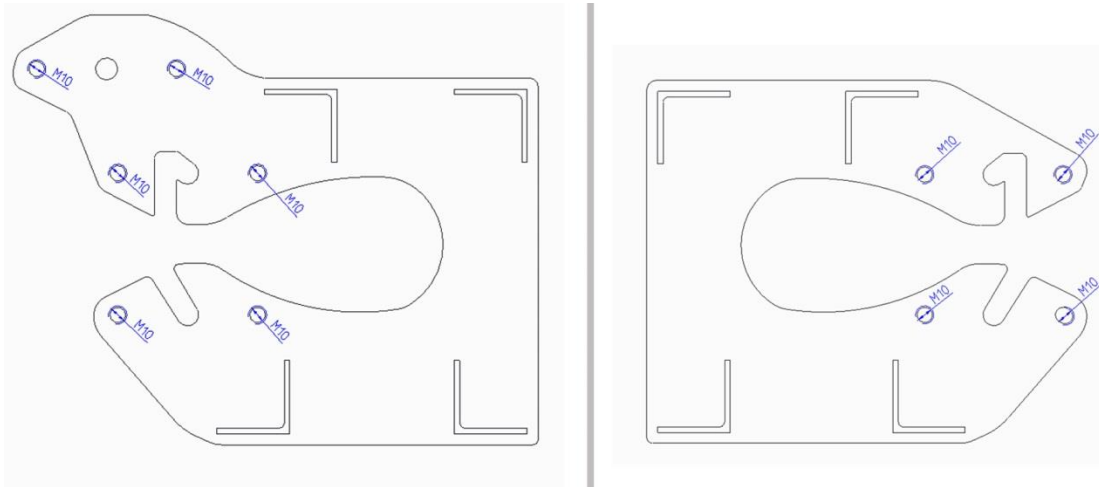
Tukipalkkiin kiinnitettävien 6 mm paksujen aluslevyjen päälle on ruuveilla kiinnitetty Movetecin WUM-20-raiteet. Näissä raiteissa on kiinni 20 mm paksut putket joiden päällä liikkuu Movetecin QAG-OP-20-laakeriyksikkö (kuva 9).

Tämä alhaalta avoin laakeriyksikkö sisältää neljä laakeripesää ja tarjoaa laajuutensa vuoksi riittävän tuen laitteelle. Yksikön luvataan kestävän vähintään 900 N:n kuormaa, mikä on monikertaisesti koneen kuorma.

Laakeriyksikön päälle on kiinnitetty neljällä M8-ruuvilla vesileikattu tukilevy. Tähän 6 mm paksuun S235-teräslevyyn on hitsattu M16-kierretangot joiden päällä koneen runko lepää. Levy sisältää myös kierteistetyn reiän kippikahvalle, jonka voi kiristää putkea vasten ja näin lukitaan kelkan liike.

Lopulliseen versioon on levyn muotoa vielä hieman muutettu, jotta kippikahvan pyörittämiselle on riittävästi liikevaraa.

## 5.2 Runko



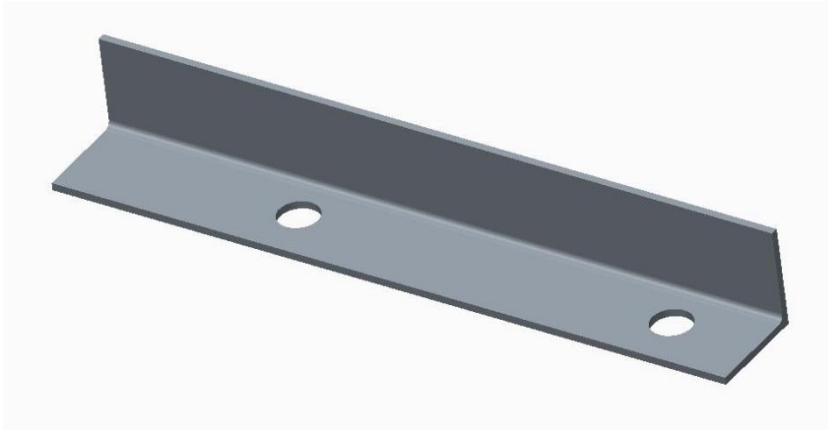
Kuva 10. Rungon sivulevyt (Karmitsa 2015)

Suunnitellut sivulevyt (kuva 10) ovat evoluutio 1. ryhmän mallista. Materiaaliksi on valittu 6 mm paksu S235. Valintana on S235 sen edullisuuden ja työstettävyyden takia. Materiaali ei täytä laitteelle annettua ruostumattomuuden kriteeriä sellaisenaan, mutta levyt maalataan jolloin pinnasta saadaan ruostumaton ja koneelle hieman lisää näytävyyttä maalipinnan ansiosta.

Muotoilulla on pyritty poistamaan kaikki mahdollinen hukkatila, mutta säilyttämään silti riittävä kestävyys. Vesileikkauksen tarkkuuden johdosta kokoonpano on vaivatonta ja osat lokshtelevat paikoilleen.

Levyihin on leikattu urat, jolloin harjat on mahdollista pujottaa paikoilleen laakeriyksiköineen. Tämä helpottaa harjojen vaihtoa. Laakeriyksiköt kiinnitetään levyihin M10 ruuveilla. Alkuperäisen suunnitelman mukaan 6 mm paksuun teräkseen tehtiin kierteet, mutta levy osoittautui liian ohueksi tälle toimenpiteelle. Tämä ei kuitenkaan tuottanut käytännön vaikeuksia, sillä ei ollut mitään ongelmaa sijoittaa muttereita levyn vastapuolelle.

Levyt ovat symmetriset lukuun ottamatta toisen levyn yläreunassa olevaa uloketta johon kiinnittyy laakeriyksikkö.



Kuva 11. L-profiili johon kiinnittyy kaksi kierretankoa. (Karmitsa 2015)

Levyihin on tehty reiät neljälle L-profiilille (kuva 11), jotka tulevat tueksi levyjen väliin. Reikien ansiosta levyt on helppo kohdistaa. Profiilit tulevat hieman yli reiästä, joten ne on helppo hitsata sijoittamisen jälkeen tukevasti paikalleen. Myös L-profiilit ovat S235-materiaalista ja maalataan.

Alaosassa olevat profiilit yhdistävät rungon raideratkaisuun, sillä kone kiinnittyy kierretankoihin muttereilla. Yläosan profiilit toimivat levyjen yhdistämisen lisäksi myös tukena moottorille.

### 5.3 Harjat

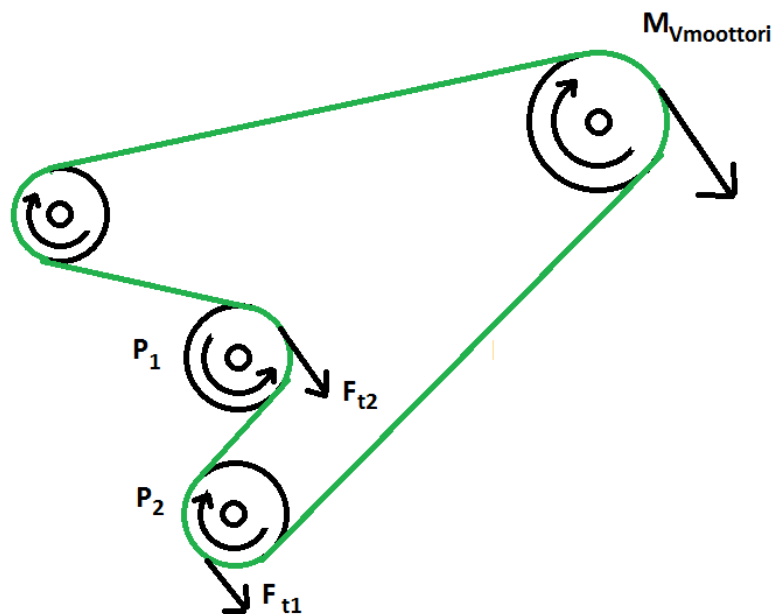
Koneissa käytettävät kaksi harjaa ovat tilaustyönä työnä tehtyjä ja halkaisijaltaan 80 mm. Harjojen toimittajalla ja Suomen Kerta Oy:llä on sopimus, joten oli luontevaa käyttää samanlaisia harjoja kuin nykyisessä koneessa. Harjat kiinnitetään ruuvilla 12 mm paksun karkaistuun teräsakseliin, johon on porattu läpi menevä reikä.

#### 5.4 Moottori ja hihnan kiristys

Yritys oli jo valmiiksi ostanut koneeseen sopimukseen katsoman moottorin ja vaihdelaatikon. Kyseessä on Panasonicin yksivaihemoottori:

- Malli – M91X40GK4GGA
- Jännite = 220V/230 V
- Taajuus = 50/60 Hz
- Kierrosluku 230 V = 1600 Rpm
- Pyörimissuunta – käännettävissä
- Teho = 40 W
- Pituus = 105 mm
- Leveys = 90 mm
- Korkeus = 90 mm
- Vaihdelaatikko 300 Rpm

Tutkitaan onko koneeseen hankittu 40 Watin moottori riittävä tuottamaan tarvittavan momentin hihnavedon (kuva 12) välityksellä harjoihin. Lähes kitkattomilla laakereilla pyörivien harjojen pyörittämiseen vaadittu teho on hyvin pieni, joten lasketaan kynttilän siirtämiseen vaadittu teho. Tämä siksi, että on huomattu, että vanhalla koneella kynttilän ja harjojen välinen kitka nousee toisinaan niin suureksi, että kone vetäisee kynttilän harjojen välistä lävitseen. Jos koneessa ei ole riittävästi tehoa kynttilän siirtämiseen, jumittuu koko linjasto tukoksen takia. Lasketaan moottorilta vaadittu teho 0,100 kg:n kynttilän siirtämiseen.



Kuva 12. Hihnavedon voimat (Karmitsa 2015)

Vastusten vähäisyyden ja vaikean laskettavuuden takia jätetään ne huomi-  
oimatta. Moottorin momentti on yhtä suuri kuin hihnapyörien, jotka pyö-  
rittävät harjojen akseleita.

$$d_{\text{harja}} := 80\text{mm} \quad n := \frac{255}{60} \cdot \frac{1}{\text{s}}$$

$$m_{\text{kynttilä}} := 0.105\text{kg} \quad \eta := 1$$

$$P := M \cdot \omega$$

$$F_t := \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{2} \cdot 0.1\text{kg}\right)}{2} = 0.5\text{N}$$

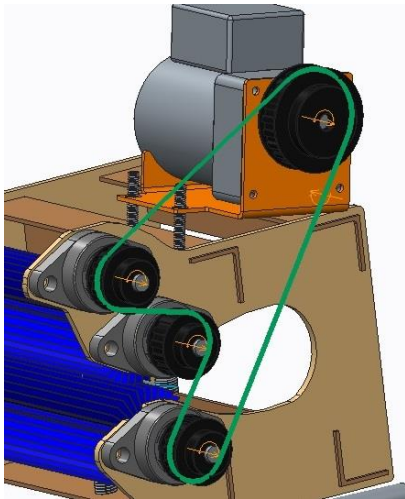
$$M_{V\text{pyörä}} := 0.5\text{N} \cdot \frac{d_{\text{harja}}}{2} = 20 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{V\text{moottori}} := 2 \cdot M_{V\text{pyörä}} = 40 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$P := \frac{M_{V\text{moottori}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{\eta}$$

$$P_{\text{w}} := \frac{0.040\text{N} \cdot \text{m} \cdot 2\pi \cdot 4.25 \cdot \frac{1}{\text{s}}}{1} = 1.068\text{W}$$

Moottorin tarvittava teho kynttilän siirtämiseen on noin 1,1 W. Moottorin  
oletettu hyötysuhde on 60 %, joten todellinen teho on  $0,6 \times 40\text{ W} = 24\text{ W}$ .  
Tarvittava teho ylittyy yli kaksikymmenkertaisesti, joten tästä voi päätellä,  
että moottori on riittävän tehokas tehtäväänsä, vaikka systeemissä esiintyi-  
sikin kohtalaisen suuria vastuksia.



Moottori lepää suunnitellun tuen (kuva 13) päällä. Tuki on 3 mm paksua SJ235 terästä. Se on vesileikattu haluttuun muotoon ja sen jälkeen särmätty. Moottori kiinnittyy oranssina kuvassa näkyvään levyyn edestä neljällä M8-ruuvilla. peräpäätä taas lepää särmätyn levyn päällä

Levy taas kiinnittyy L-profiiliin saranan avulla. Sarana on ruuveilla kiinni levyssä ja profiilissa. Kuvassa etummaisesta profiilin läpi on laitettu kaksi M8-ruuvia.

Kuva 13. Moottori ja hihnan kiristys (Karmitsa 2015)

Nämä ruuvit menevät tukilevyssä olevien reikien läpi ja mahdollistavat moottorin kallistuskulman säätämisen levyn molemmilla puolella sijaitsevien muttereiden avulla. Kuvassa koneen taakse jäävä sarana mahdollistaa kallistamisen.

## 5.5 Hihna ja hihnapyörät

Hihnan toimii 16 mm leveä kaksipuoleinen hammashihna. Hihnan pituus on laskettu CAD-ohjelman automaattisen hihnanpituudenlaskutoiminnon avulla ja tulokseksi saatiin 715 mm.

Toimeksiantajalta löytyi varastosta myös halkaisijaltaan 48 mm olevia hammashihnapyöriä, joten niitä käytettiin koneessa. Moottorin hihnapyöräksi tilattiin sopivaksi laskettu halkaisijaltaan 72 millimetrinen pyörä.

Moottorin hihnapyörän pyörimisnopeus on 255 Rpm.

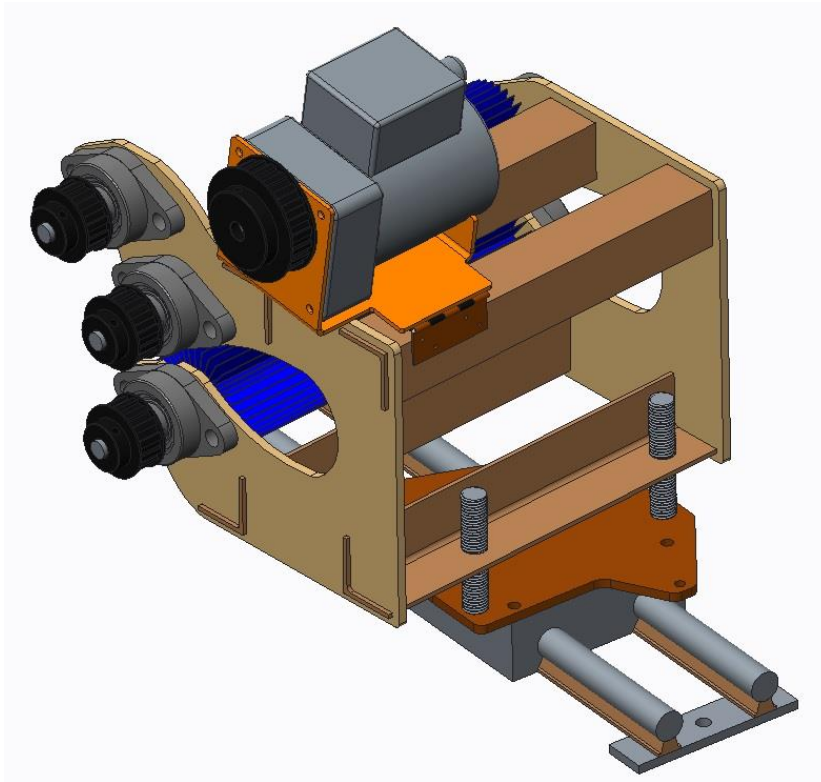
$$v = r\omega, \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

$$\omega_2 = \omega_1 (r_1/r_2) = 383 \text{ Rpm}$$

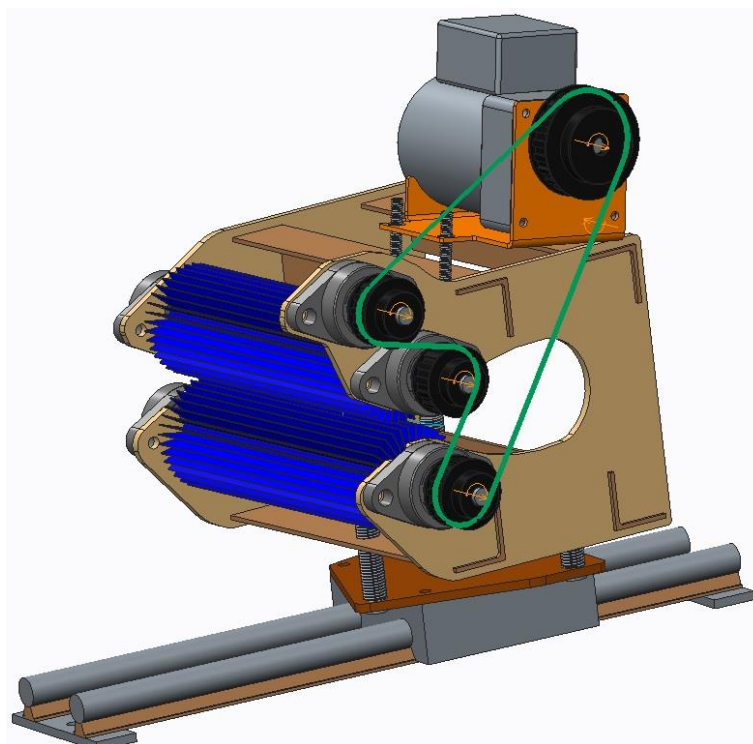
Harjan hihnapyörän ja näin ollen harjan pyörimisnopeus on 383 Rpm, joka on lähellä nykyistä 450 Rpm:n ratkaisua.

## 5.6 Valmis kone

Valmiin koneen osien mitoitukset on otettu suoraan osien valmistajien ilmoittamista arvoista. Oheisista 3D-malleista (kuvat 14 ja 15) puuttuvat ruuvit ja mutterit, mutta muuten kuvat vastaavat valmista konetta.



Kuva 14. Kone takaviistosta (Karmitsa 2015)



Kuva 15. Kone etuviistosta (Karmitsa 2015)

## 6 LOPPUPÄÄTELMÄT

Laitteen muoto ja mekanismit muuttuivat radikaalisti alun karkeista hahmotelmista. Vesileikattujen levyjen muoto muuttui kompaktimman kokoisiksi ja joitain muutoksia täytyi tehdä, jotta säädöillä olisi riittävästi tilaa.

Hihnapyörien lukumäärää saatiin pienennettyä muuttamalla moottorin pyörimissuuntaa ja asettelemalla ne oikealla tavalla. Jalustassa turvauduttiin osittain valmiisiin osiin itse suunniteltujen sijaan, jotta saatiin maksimaalinen huollettavuus ja osille pitkä käyttöikä laakereiden ansiosta.

On kuitenkin epäselvää tuleeko laite toimimaan käytännössä. Valmiissa koneessa saattaa esiintyä mittavirheitä tai puutteita suunnittelussa, mutta 3 D-mallin perusteella koneen toimimiselle ei näy estettä.

Kokoonpanon valmistuttua koneen korroosiolle alttiit osat vielä mallataan pinnan suojaamiseksi ja sen jälkeen kone on valmiina käyttöön.

### 6.1 Kiitossanat

Esitän kiitokset Suomen Kerta Oy:lle, joka mahdollisti tämän työn suunnittelemisen ja erityiset kiitokset osoitan tuotantopäällikkö Tapani Kojolle, joka toimi yrityksen yhteishenkilönä ja mentorina koneen suunnittelussa.

Tämä työ opetti suunnittelun olevan pitkäjänteistä hommaa, sekä osoitti ettei helpolta ja valmiilta näyttävä asia sitä aina olekaan. Tarkemmalla tutkiskelulla yksinkertainenkin mekanismi tai elementti voi tarjota haasteita hyvän kokonaisuuden ylläpitämiseksi ja toimivuuden takaamiseksi.

Haluan kiittää myös oppilaitoksen opettajia, joiden antaman opetuksen turvin pystyin toteuttamaan mallintamisen ja koneenpiirustukset.



## 7 LÄHTEET

Kojo, V. 2014. Tuotantopäällikkö. Suomen Kerta Oy. Haastattelu 22.2.2014.

Suomen Kerta Oy:n nettisivut 2014. Viitattu 10.12.2014.  
[www.suomenkerta.fi](http://www.suomenkerta.fi)

### 7.1 Kuvalähteet

Kuva 1. Suomen Kerta Oy 2013

Kuva 2. Suomen Kerta Oy 2013

Kuva 3. Suomen Kerta Oy 2013

Kuva 4. Karmitsa M. 2015

Kuva 5. Neupane D., Laine E., Gaude P. & Adane T. 2013, Summer project, Riihimäki.

Kuva 6. Eisala O., Basnet S., Espo J., Vigelis E. & Raut D. 2013 Summer project, Riihimäki

Kuva 7. Eisala O., Basnet S., Espo J., Vigelis E. & Raut D. 2013 Summer project, Riihimäki

Kuva 8. Karmitsa M. 2015

Kuva 9. Karmitsa M. 2015

Kuva 10. Karmitsa M. 2015

Kuva 11. Karmitsa M. 2015

Kuva 12. Karmitsa M. 2015

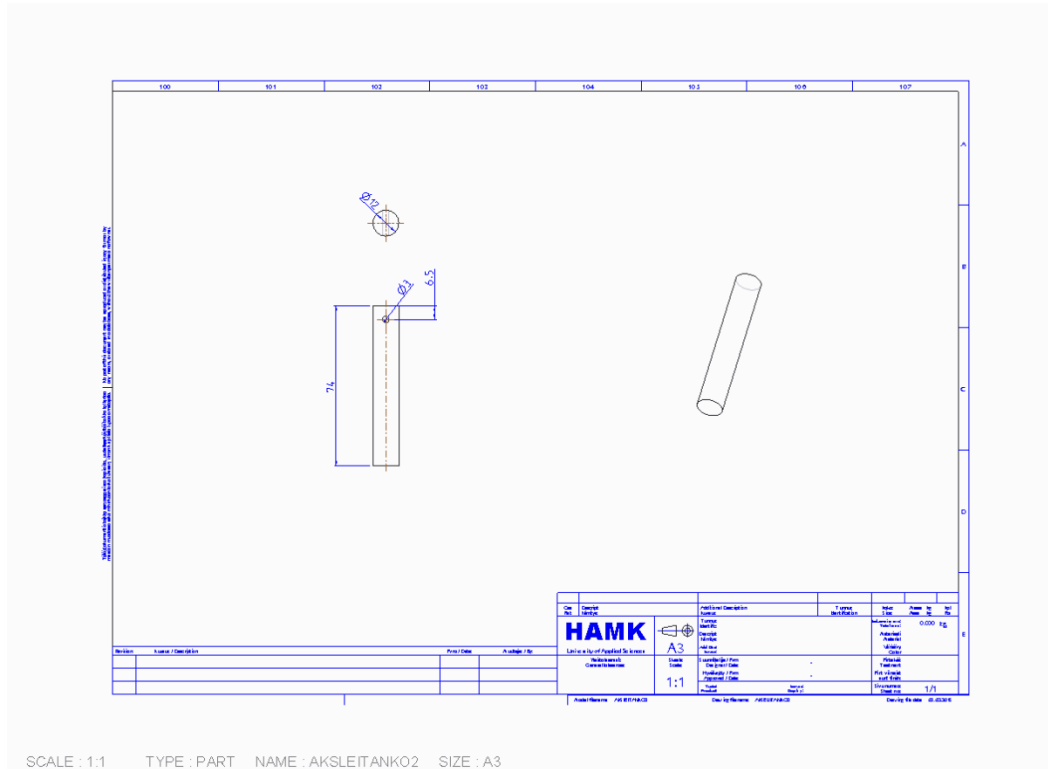
Kuva 13. Karmitsa M. 2015

Kuva 14. Karmitsa M. 2015

Kuva 15. Karmitsa M. 2015

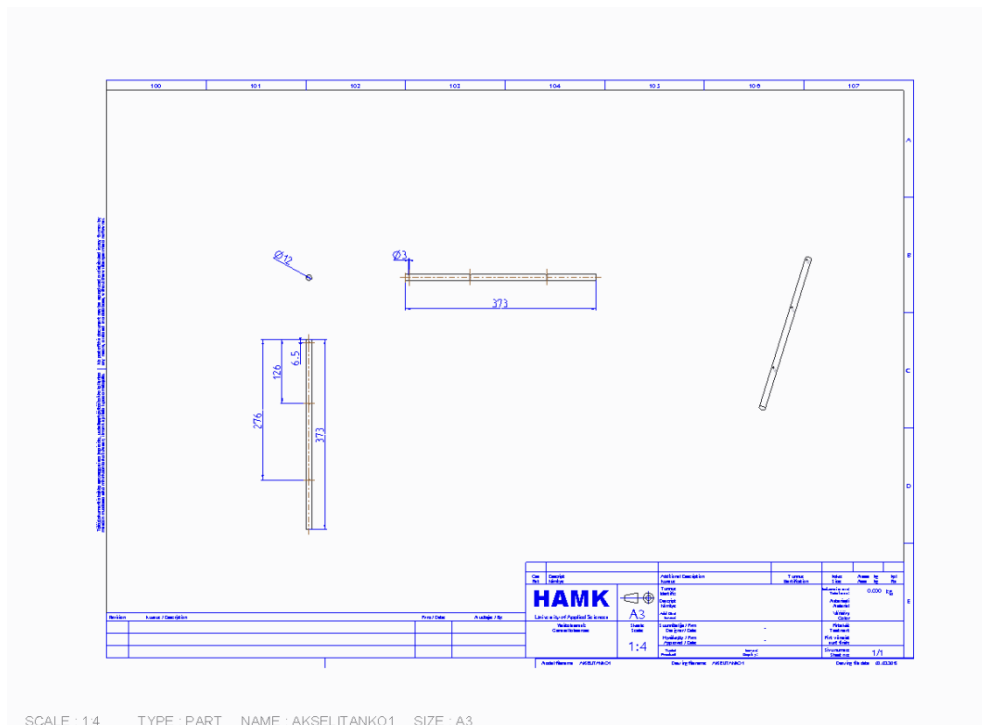
## 8 LIITTEET

Liite 1

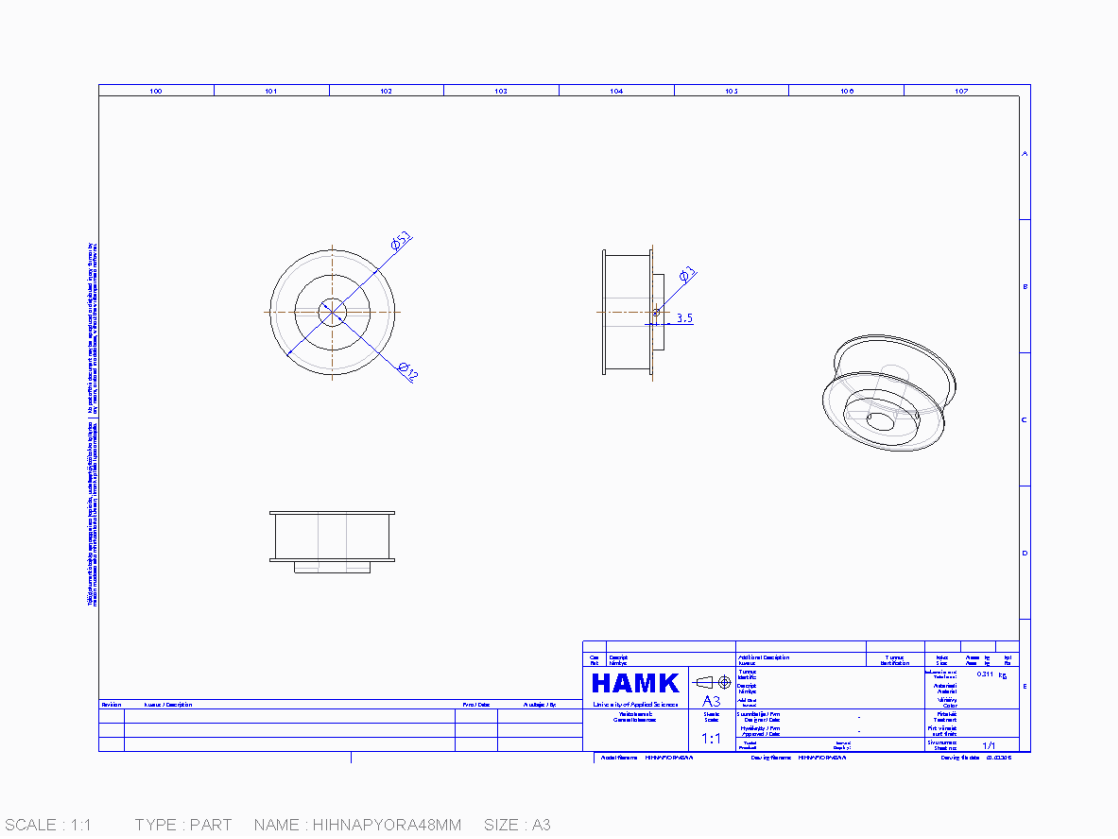
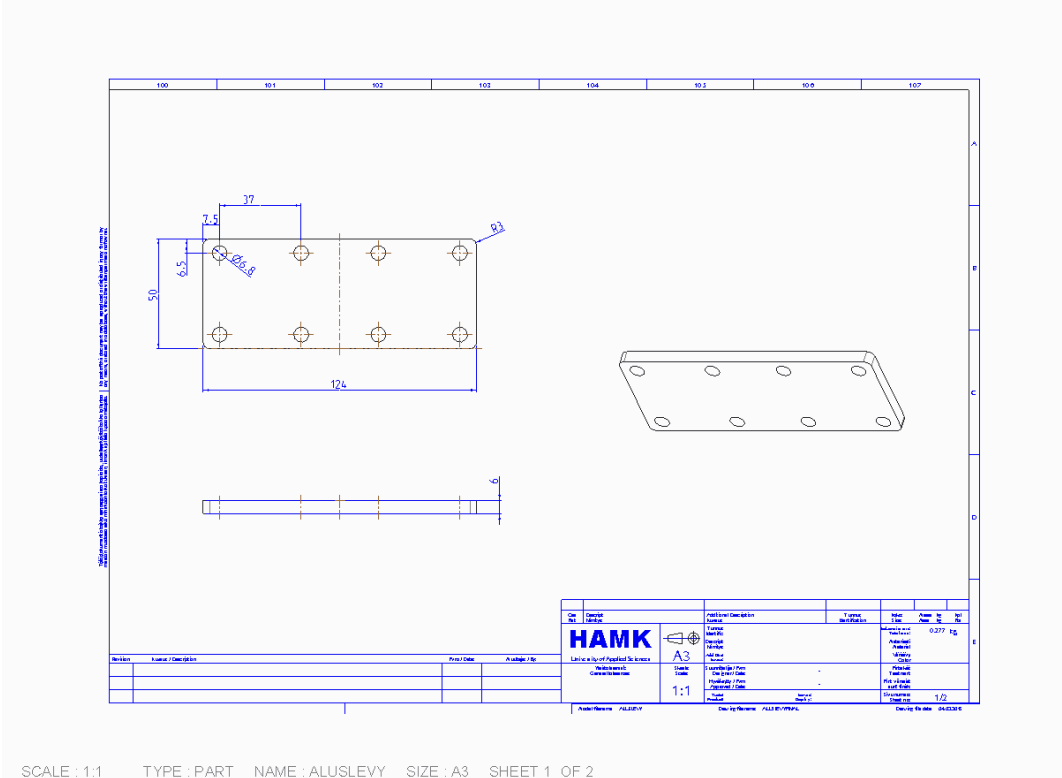


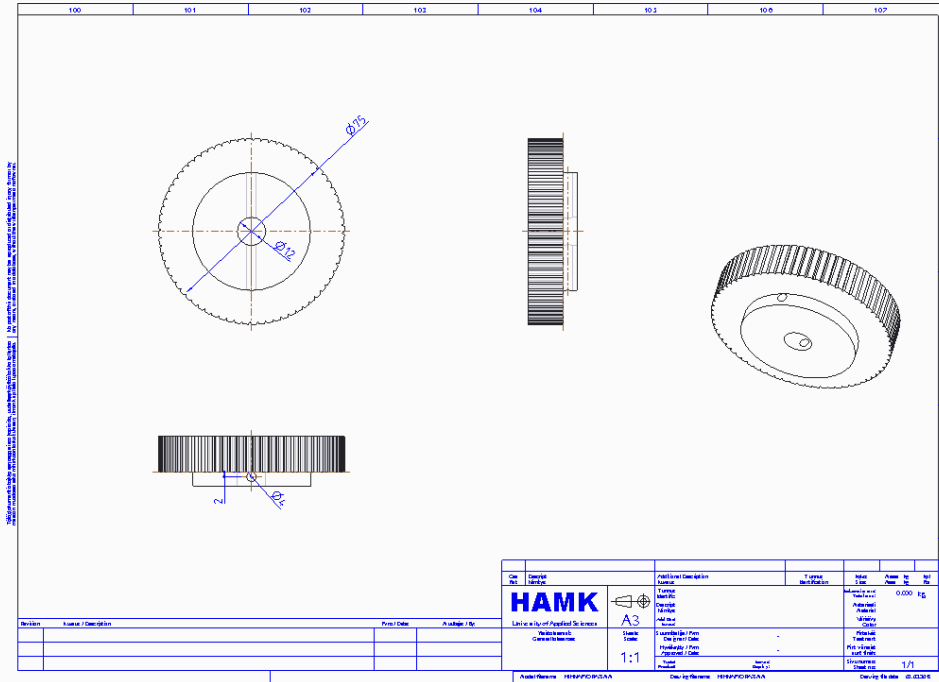
SCALE : 1:1 TYPE : PART NAME : AKSELITANKO2 SIZE : A3

Liite 2

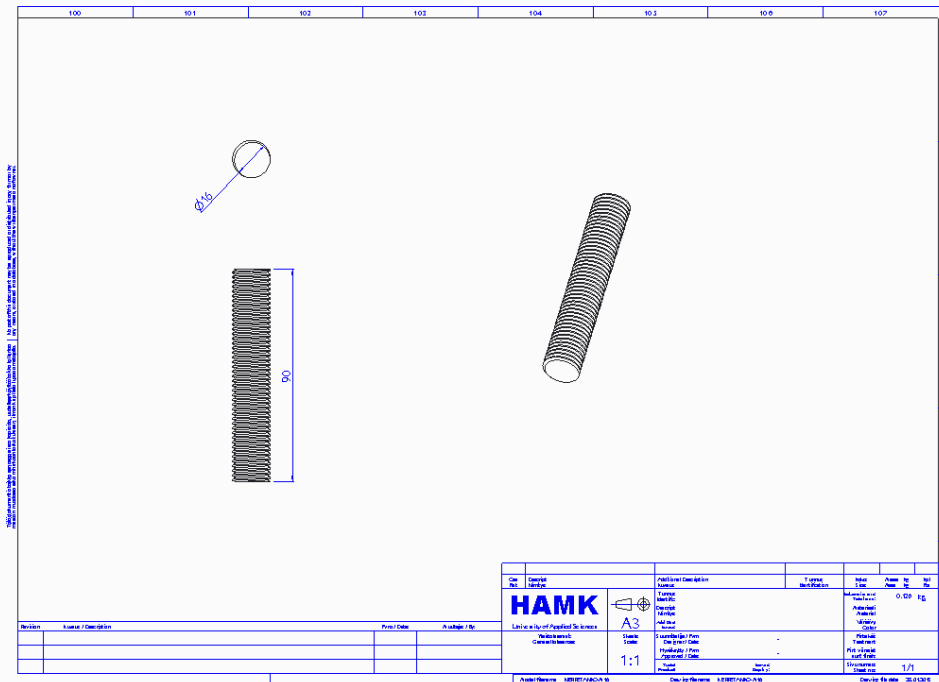


SCALE : 1:4 TYPE : PART NAME : AKSELITANKO1 SIZE : A3

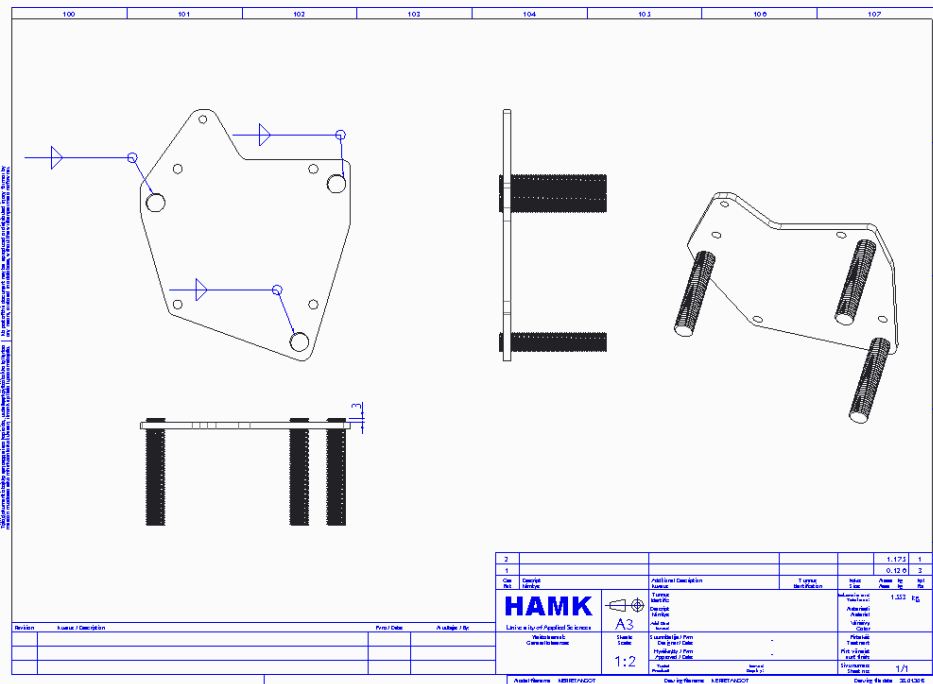




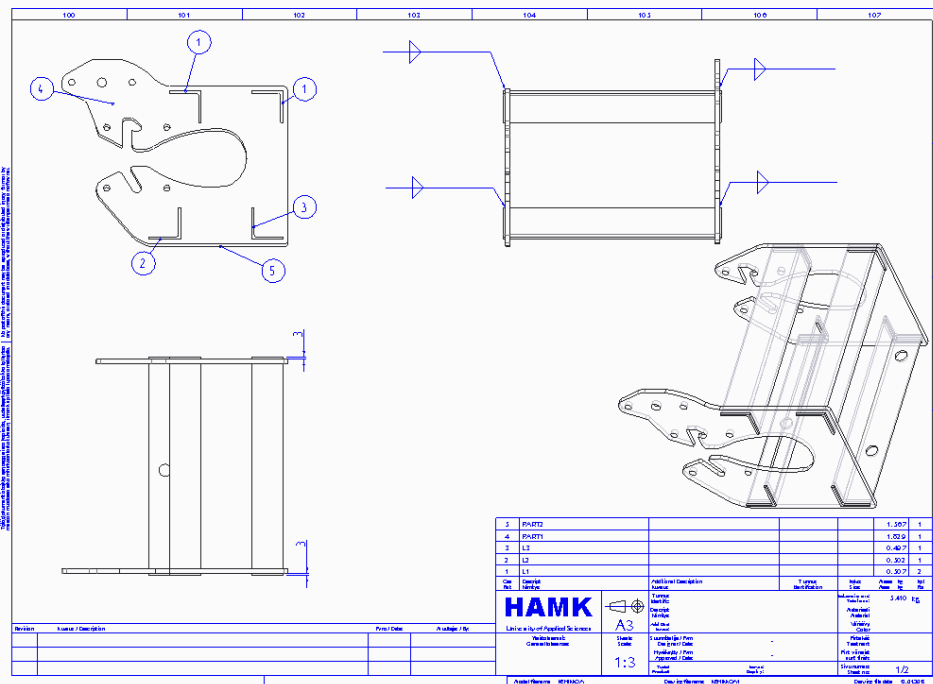
SCALE : 1:1 TYPE : PART NAME : HIHNAPYORA75MM SIZE : A3



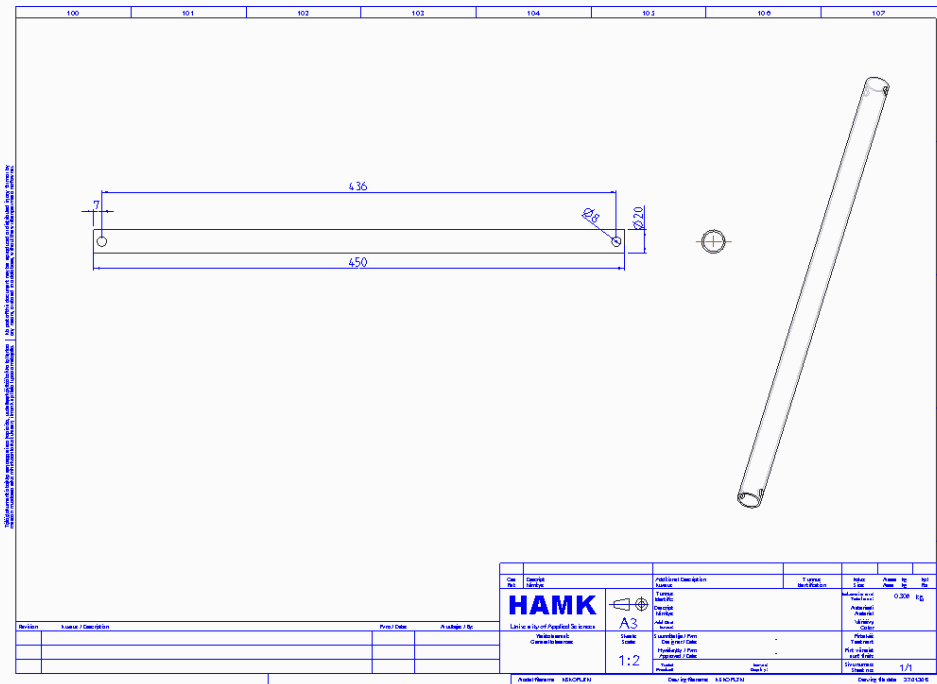
SCALE : 1:1 TYPE : PART NAME : KIERRETANKO-M16 SIZE : A3



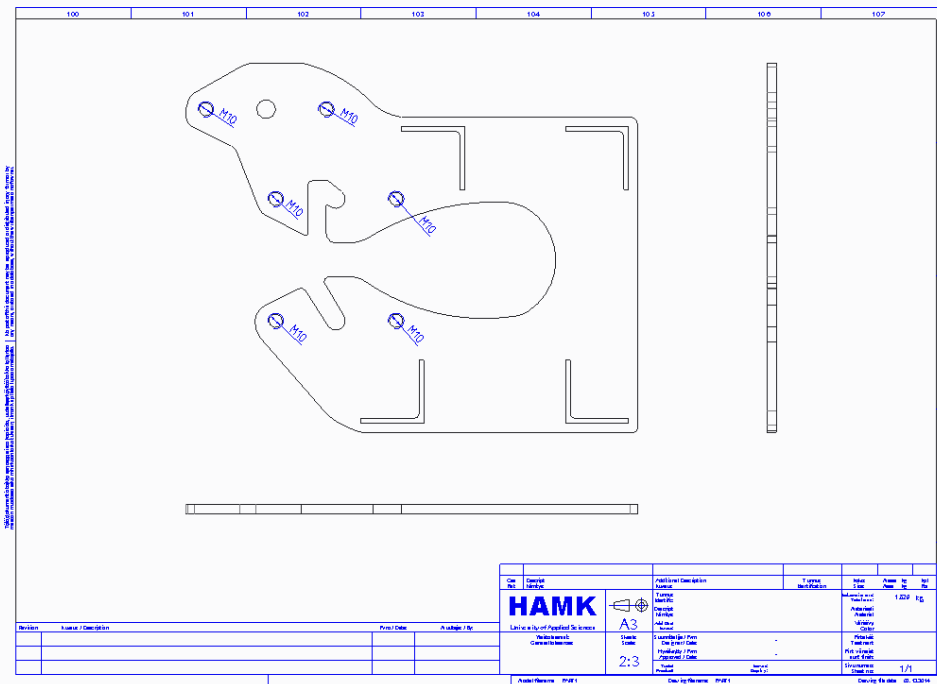
SCALE : 1:2 TYPE : ASSEM NAME : KIERRETANGOT SIZE : A3



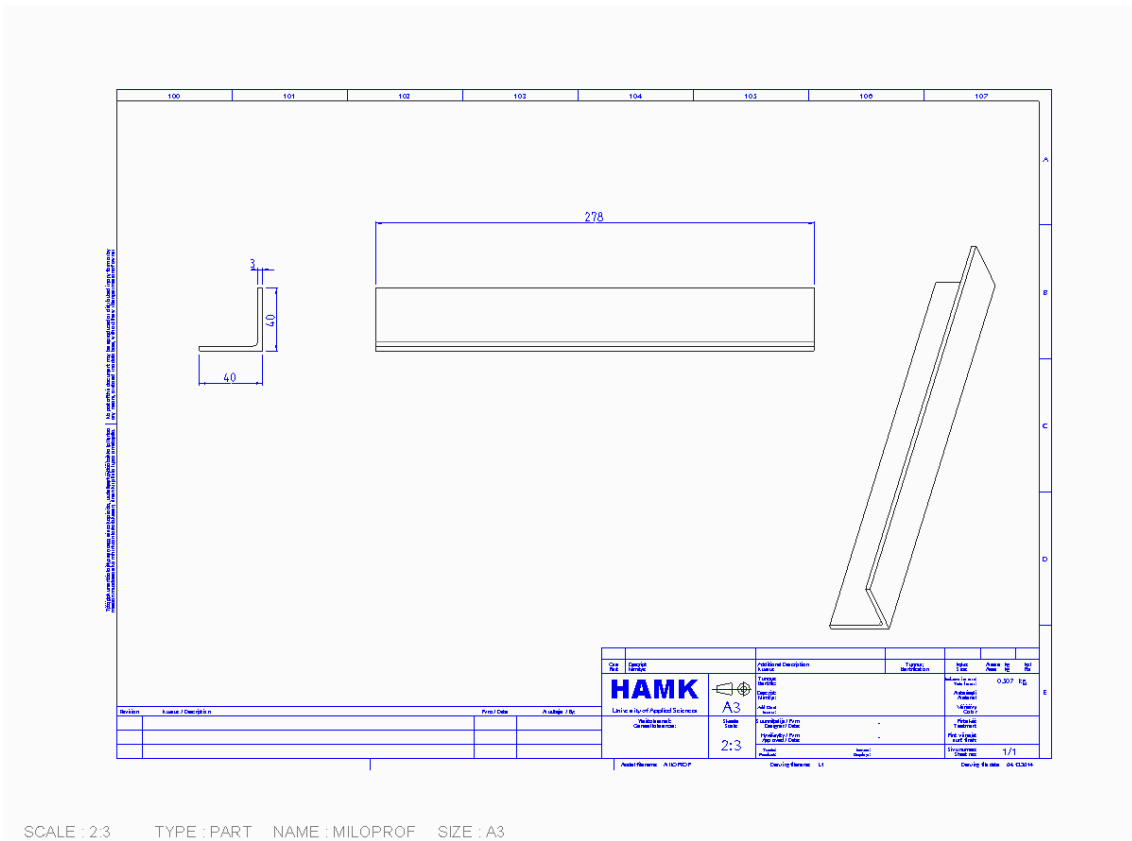
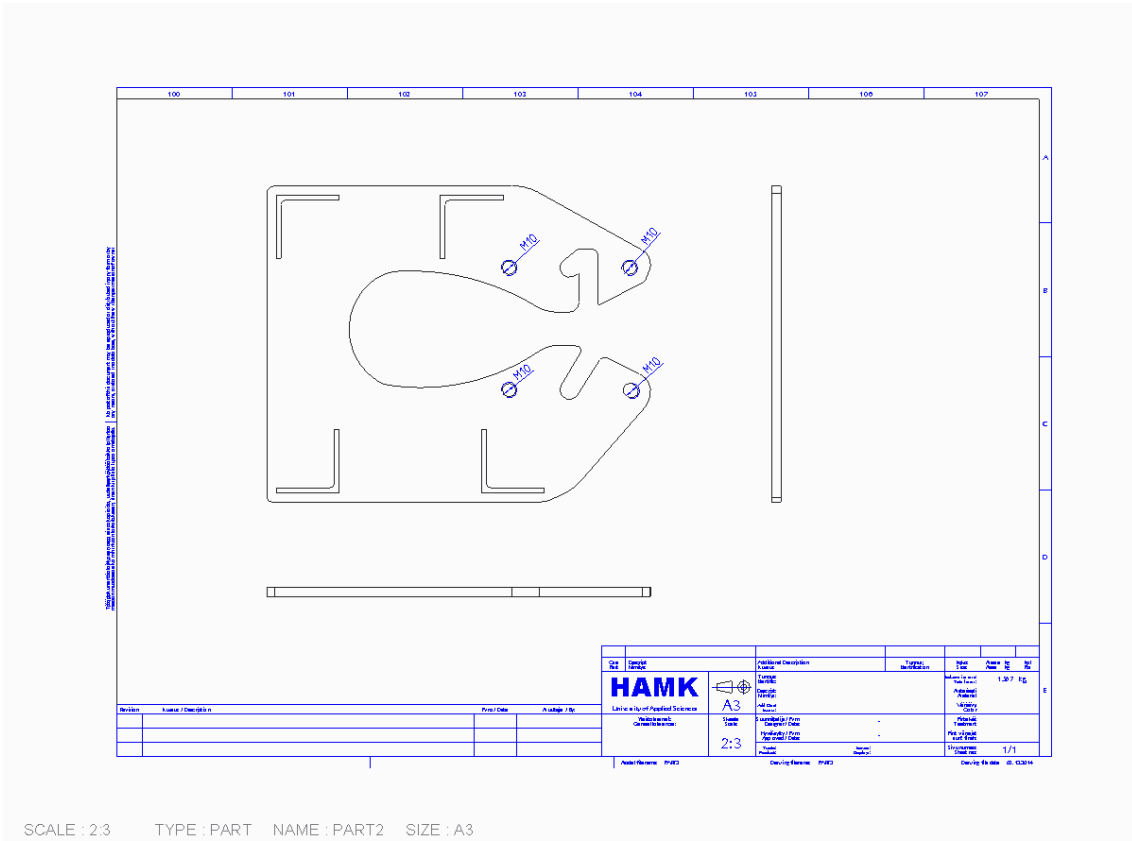
SCALE : 1:3 TYPE : ASSEM NAME : KEHIKKO SIZE : A3 SHEET 1 OF 2

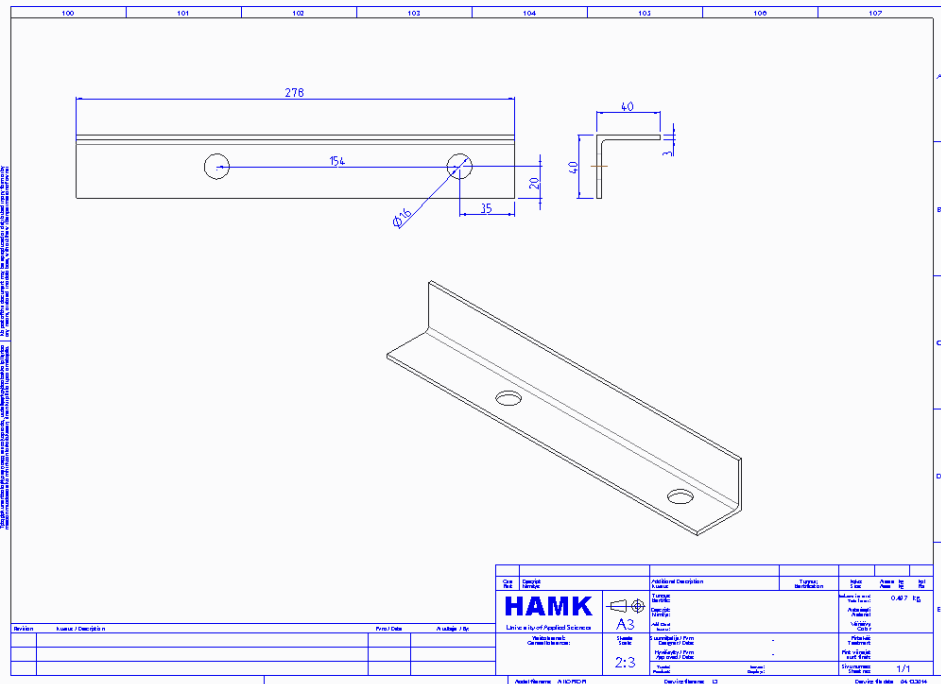


SCALE : 1:2 TYPE : PART NAME : KISKOPUTKI SIZE : A3

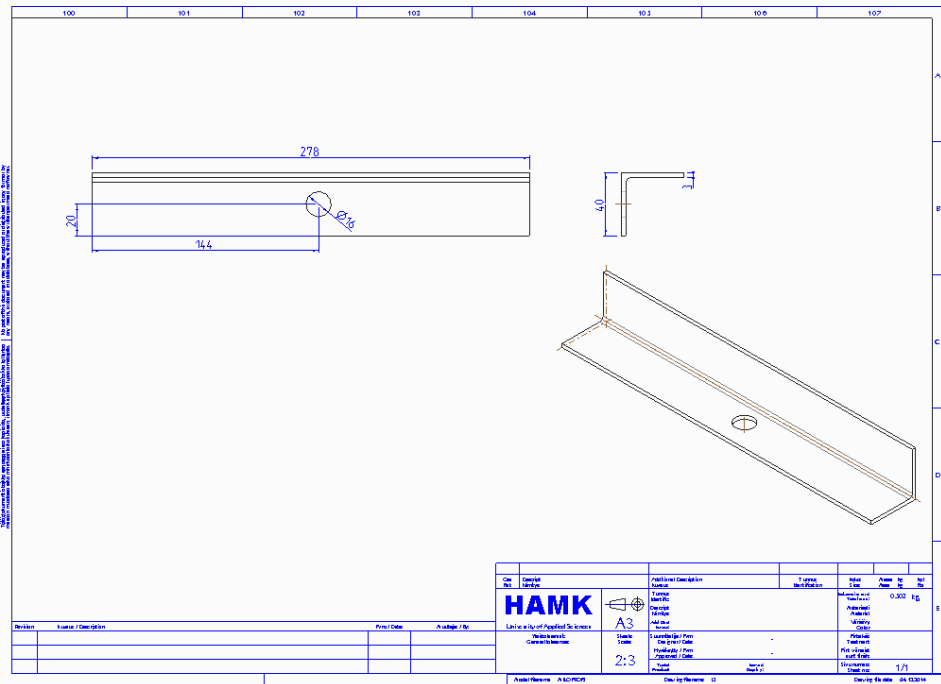


SCALE : 2:3 TYPE : PART NAME : PART1 SIZE : A3



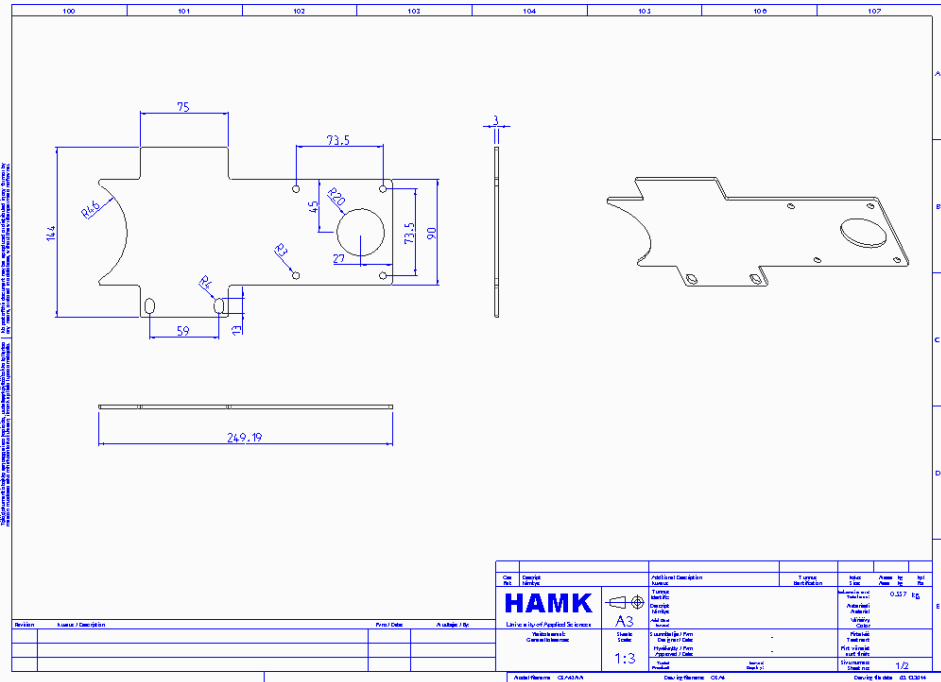


SCALE : 2:3 TYPE : PART NAME : MILOPROF1 SIZE : A3

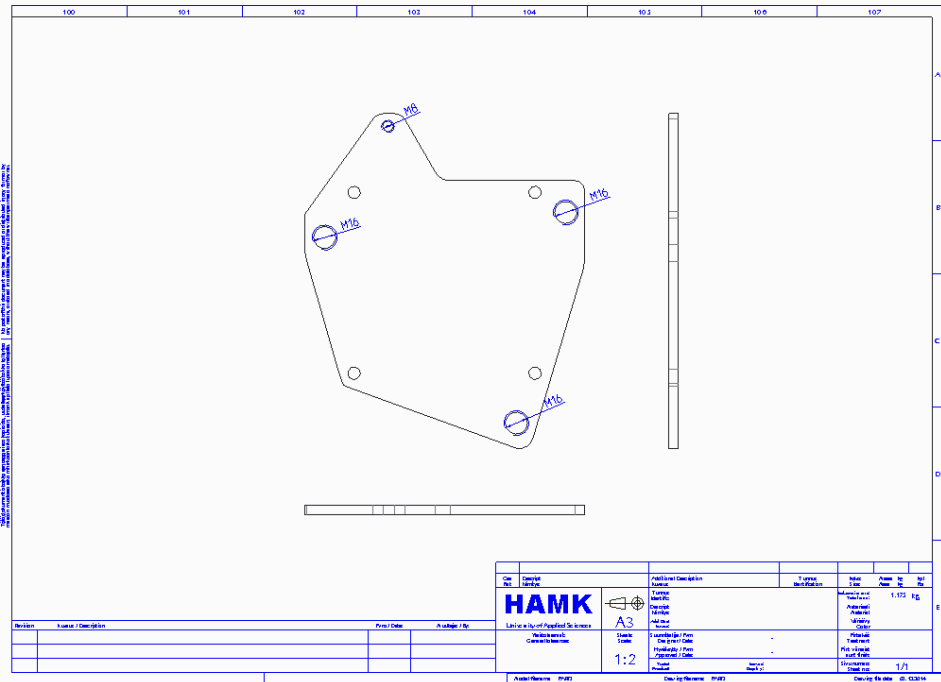


SCALE : 2:3 TYPE : PART NAME : MILOPROF3 SIZE : A3

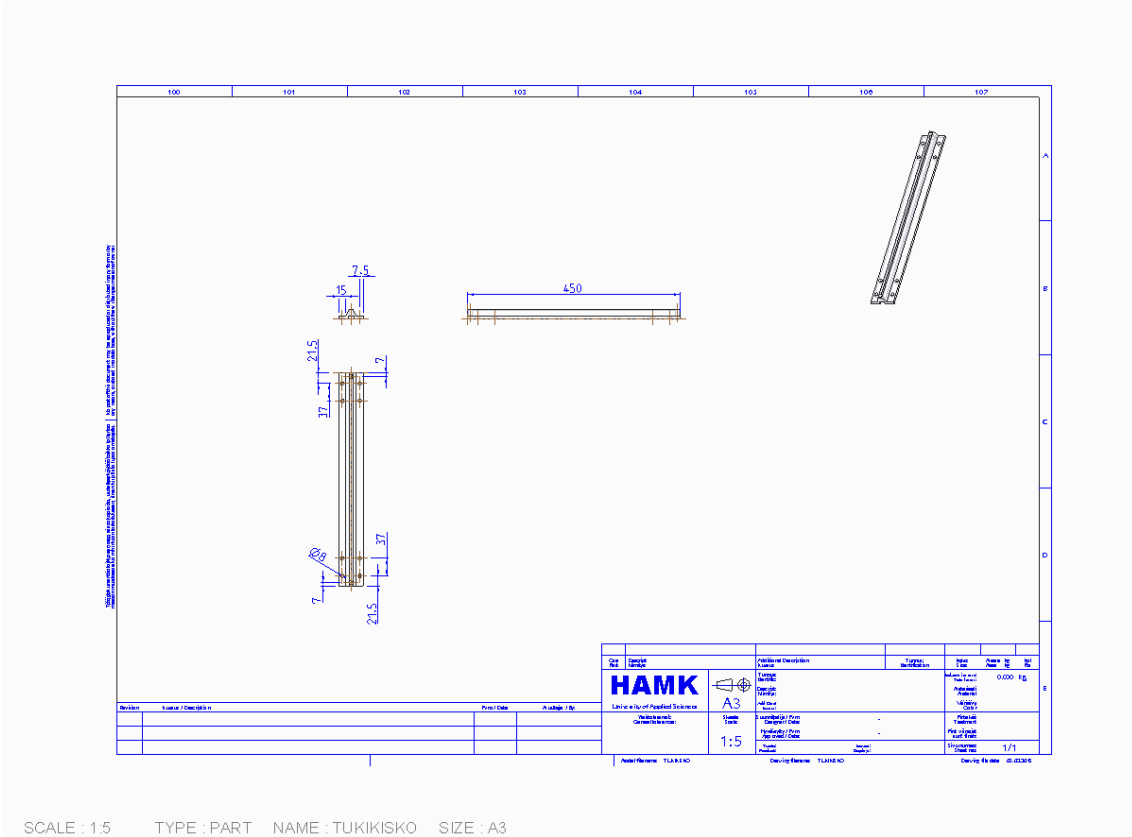




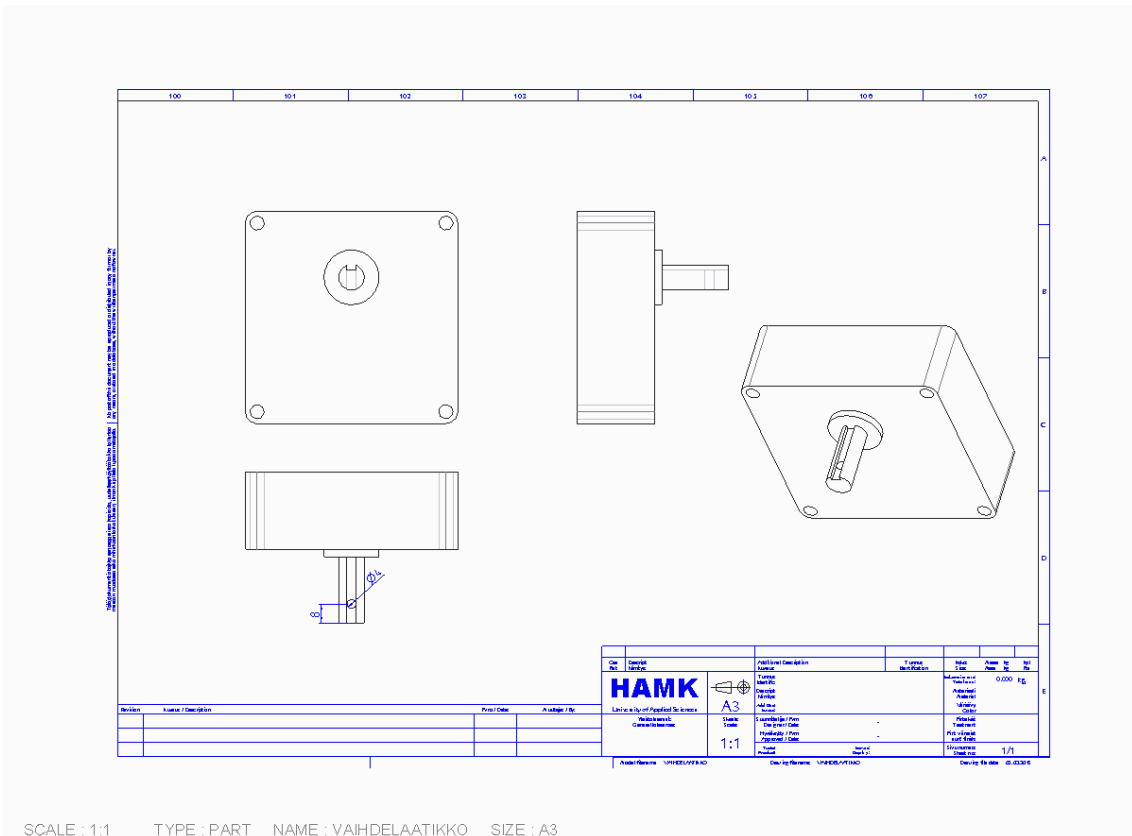
SCALE : 1:3 TYPE : PART NAME : OSA4-3MM SIZE : A3 SHEET 1 OF 2



SCALE : 1:2 TYPE : PART NAME : PART3 SIZE : A3



SCALE : 1:5    TYPE : PART    NAME : TUKIKISKO    SIZE : A3



SCALE : 1:1    TYPE : PART    NAME : VAIHDELAATIKKO    SIZE : A3