

Anton Pendikainen

LASERMERKINTÄASEMAN MEKANIIKKASUUNNITTELU

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
10.4.2013



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Anton Pendikainen	
Työn nimi Lasermerkintäaseman mekaniikkasuunnittelu	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Koneensuunnittelu	Ohjaaja(t) TkL Eero Pikkarainen
	Toimeksiantaja Tech Point Oy / Servicepoint Kuopio Oy
Aika 1.4.2013	Sivumäärä ja liitteet 43+6
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella toimiva ja edullinen lasermerkintäasema Tech Point Oy:lle ja Servicepoint Kuopio Oy:lle. Suomessa lasermerkintää käytetään yleisesti ottaen vielä varsin vähän, mutta se on yleistymässä kovaa vauhtia, edullisen, nopean ja tarkan merkintätavan takia.</p> <p>Suunnittelussa käytettiin SolidWorks 2011 -ohjelmaa, jolla voidaan tehdä 3D-malleja, valmistuskuvia ja monipuolista simulointia. Ohjelman käyttöä opetetaan Kajaanin ammattikorkeakoulussa, ja se on käytössä myös Tech Point Oy:llä. Suunnittelussa noudatettiin yleisiä suunnitteluperiaatteita ja toimeksiantajayrityksen toimintatapoja. Valmiita kaupallisia komponentteja pyrittiin käyttämään mahdollisimman pitkälle. Komponenttien mitoituksessa käytettiin valmistajien ohjeita ja taulukoita. Työn edetessä toimeksiantajan kanssa pidettiin palaverieja, joissa katsottiin teknisiä ratkaisuja, ja tarvittaessa niitä muutettiin toimeksiantajan toiveiden mukaisiksi.</p> <p>Insinööriyön tuloksena saatiin luotua lasermerkintäaseman 3D-malli, joka sisältää mm. täydellisen, kolmen vapausasteen lineaariakseliston valmistuskuvineen. Sen pohjalta voidaan käynnistää varsinaisen prototyypin suunnittelu ja valmistus. Valmistuskuvat tehtiin nykypäivän koneenpiirustusten käytäntöjen mukaisesti.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Laser, lasermerkintä, 3D-mallinnus, lineaariakseli
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Pendikainen Anton	
Title Mechanical Design of Laser Marking Station	
Optional Professional Studies Mechanical Planning	Instructor(s) Eero Pikkarainen, Principal Lecturer
	Commissioned by Tech Point Oy / Servicepoint Kuopio Oy
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 43+6
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to design a reliable and inexpensive laser marking station for Tech Point Oy and Servicepoint Kuopio Oy. In Finnish industry the use of laser is not a popular method for different types of marking, but it will become more common, as laser marker prices decrease.</p> <p>For 3D modeling and drawing, SolidWorks 2011 design program was used. The software is used in Kajaani University of Applied Sciences and Tech Point Oy as their main program. The general principles of design were used, when modeling the laser marking station. Off-the shelf commercial components were used whenever possible. Manufacturers' tables and instructions were used for sizing the components correctly. During the work progress, meetings were held and different technical solutions were discussed. If necessary, they were changed according to the client needs.</p> <p>As the result of thesis, a 3D-model of a laser marking station was created. It contains a complete module of a linear axle with three degrees of freedom movement and drawings. The drawings were made according to the existing standards of mechanical drawing.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Laser, lasermarking, 3D modelling, mechanical design, linear axle
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämän insinööri työn aiheena oli toteuttaa tutkielma ja pääperiaatesuunnitelma lasermerkintäasemasta Tech Point Oy:lle ja ServicePoint Kuopio Oy:lle. Lasermerkintäaseman idea syntyi teollisuuden asiakastarpeesta. Työssä tuli suunnitella edullinen ja toimiva lasermerkintäasema, joka on varustettu lineaariakselistolla suuremman merkintäalan saavuttamiseksi. Työssä tuli tehdä lasermerkintäasemasta 3D-malli ja valmistuskuvat sen pohjalta.

Haluan kiittää Kajaanin ammattikorkeakoulun yliopettaja Eero Pikkaraista työn ohjauksesta. Kiitos kuuluu myös Tech Point Oy:n Timo Tervoselle, sekä ServicePoint Kuopio Oy:n Tuomas Akiolalle ja Harry Äikäkselle heidän antamastaan ohjauksestaan ja avusta työn hyväksi. Lisäksi haluan kiittää Tech Point Oy:n ja Servicepoint Kuopio Oy:n henkilökuntaa, sekä kaikkia muita työssä avustaneita henkilöitä, jotka ovat edesauttaneet työn tekemistä ja joilta olen saanut arvokasta tietoa.

Työssä salassapidettäviä asioita ovat lineaariakseliston yksityiskohtaiset valmistuskuvat ja komponenttien hinnat. Muutamia valmistuskuvia on esimerkin vuoksi laitettu esille ja ne löytyvät työn liitteistä.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 LASERMERKINTÄ	2
3 LASERMERKINTÄASEMA	4
3.1 Lasermerkintäaseman vaatimukset	5
3.2 Rungon kokoonpano ja suojaus	6
4 SUUNNITTELUPERIAATTEET	7
5 LASERMERKKAIMEN VALINTA	8
5.1 Lasereiden vertailua	8
5.2 Laserin valinta	9
6 LINEAARIAKSELISTO	10
6.1 Lineaariakseliston speksit	11
6.2 Lineaariakselistojen vertailua	12
6.3 Lineaariakseliston suunnittelu	12
6.4 Komponenttien valinta	13
6.4.1 Moottorien vertailua	18
6.4.2 Moottorien valinta	18
6.5 Lineaariakseliston runko	19
6.6 Lineaariakseliston rakenne ja valmistuskuvat	21
7 MERKINTÄPÖYTÄ	27
7.1 Merkintäpöydän komponentit	27
7.2 Merkintäpöydän ja rungon rakenne	30
8 RUNKO	31
8.1 Rungon kokoonpano	32
8.2 Rungon suojaus	35
8.3 Moduulien kiinnitys runkoon	37
9 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	39
10 YHTEENVETO	41

LIITTEET

LIITE 1: MOOTTORIENTEN VERTAILUTAULUKKO

LIITE 2: Z-AKSELIN KOKOONPANOKUVA

LIITE 3: Z-AKSELIN RÄJÄYTYSKUVA

LIITE 4: KUULARUUVIN VALMISTUSKUVA

LIITE 5: MOOTTORIN KIINNITYSADAPTERIN VALMISTUSKUVA

LIITE 6: LINEAARIJOHTEEN KATKAISUKUVA

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty Tech Point Oy:n ja Servicepoint Kuopio Oy:n toimeksiannosta. Yritykset kuuluvat Service Groupiin, johon kuuluu lisäksi Kuopion Konepaja Oy, Sähköfinne Oy ja Sermatech Oy. Servicepoint Kuopio Oy tarjoaa asiakkailleen teollisuuden kunnossapitopalveluja, automaatio- ja sähköistysprojekteja sekä robottisovelluksia. Sen tuotepartnerit ovat Festo, Siemens, Kuka, Orbis ja Suomen Teollisuusmerkinä. Tech Point Oy tarjoaa asiakkailleen mm. mekaniikkasuunnittelu-, konsultointi- ja dokumentointipalveluja. [1.] [2.] [3.]

Työn tavoitteena oli suunnitella lasermerkintäasema, joka voidaan räätälöidä ja myydä asiakkaan toivomaan kohteeseen. Sen tulee olla mahdollisimman edullisesti valmistettavissa. Lasermerkintäasemalla merkitään erilaisia kappaleita, joita voi olla samalla merkintäalustalla useita. Asema varustetaan lineaariakselistolla, jolloin laserilla saadaan merkittyä kerralla suurikin ala, ja lisäksi kappaleiden korkeus voi vaihdella.

Asema rakentuu moduuleista, jolloin se on helposti räätälöitävässä aina eri käyttökohteiden vaatimusten mukaiseksi. Merkintäala on 600 x 600 x 300 mm, sen tulee täyttää CE-vaatimukset ja on oltava helposti huollettavissa. Asemaan on lisättävissä myöhemmässä vaiheessa erilaisia lisälaitteita, kuten konenäkö, tai se on liitettävissä osaksi automaattista tuotantojärjestelmää. Lasermerkintäasemia on tarkoitus myydä asiakkaille useita vuosittain.

Työn teoriassa esitetään lyhyesti lasermerkkauksen ja mekaniikkasuunnittelun perusperiaatteet. Teoriaa on jaoteltu myös komponenttien ja toimilaitteiden valinnan ja suunnittelun yhteyteen, ja näin se on järkevästi asiayhteydessään. Työn loppupuolella kerrotaan lasermerkintäaseman osien ja kokoonpanojen suunnittelusta ja dokumentoinnista. Yksittäisten osien ja kokoonpanon valmistuskuvia on työn liitteissä.

2 LASERMERKINTÄ

Lasermerkintä on nopea, tarkka, monipuolinen ja pysyvä merkintämenetelmä, jolla voidaan merkitä erittäin monia materiaaleja. Lasersäde on ideaalinen väline merkintään, sillä se on kulumaton, kosketukseton ja joustava työkalu. Sen tuottama merkintäjälki on korkealaatuista, ja se ylittää hankaliin ja ahtaisiin paikkoihin. Yleisemmin käytetään CO₂-, Nd:YAG- ja kuitulaseria, joiden keskimääräiset tehot ovat muutamia kymmeniä watteja. Eri lasertyyppien ominaisuudet vaihtelevat, ja sopiva laser valitaan käyttökohteen mukaan. [4, s. 85.] [5.]

Lasersäde saadaan optiikan avulla merkittävän alueen pinnalle. Yleisimmät optiikkatyypit ovat skannerioptiikka ja maskioptiikka. Skannerioptiikassa liikutellaan kääntyviä peilejä, jotka poikkeuttavat lasersädettä xy-suunnissa. Se on joustava ja optimaalinen menetelmä muuttuvien kuvioiden tai grafiikan merkintään. Maskioptiikassa lasersäde ohjataan merkittävälle pinnalle maskilevyn läpi ja kuvio saadaan merkittyä yhdellä kertaa. Tämä on erittäin nopea, joskin kankea merkintätapa. Maskilevy on vaihdettava, mikäli merkittävä kuvio vaihtuu. [4, s. 85.] [5.]

Merkintätapoja on monia. Ne vaihtelevat halutun lopputuloksen, merkittävän materiaalin ja käytössä olevan lasertyypin mukaan. Yleisimpiä lasermerkintämenetelmiä on viisi. Ne ovat vaahdotus, värinmuutos, laserkaiverrus, päästövärjäys ja materiaalin poisto, joka myös tunnetaan nimellä ablaatio. Vaahdotuksessa muodostuu pieniä kaasukuplia merkittävän pinnan läheisyyteen. Kuplat voivat myös rikkoontua, lisäten kontrastia. Merkintäjälki näkyy yleensä vaaleampana, ja usein se on myös koholla. Mikäli pinnan lämpötila jää riittävän alhaiseksi, vain kiderakenne muuttuu. [4, s. 85.] [5.]

Värimuutos tai valkaisu saadaan aikaiseksi, kun materiaalin pintaa lämmitetään, kunnes materiaalin pinnan hajoaminen alkaa. Puussa ja muoveissa tapahtuu hiiltymistä ja näkyvä jälki on musta. Valkaisussa tiettyjen muovien väripigmentit voidaan vaihtaa fotokemiallisella reaktiolla. Lyhyellä aallonpituudella tapahtuva säteily hajottaa molekyyliä, aiheuttaen värinmuutoksen. Kaiverruksessa kappaleen pinta kuumennetaan paikallisesti sulamis- tai höyrystymispisteeseen, jonka seurauksena pintamateriaali höyrystyy. Kaiverrustapaa käytetään silloin, kun halutaan merkinnälle hyvä kulutuskestävyys ja se soveltuu lähes kaikille materiaaleille. [4, s. 85.] [5.]

Päästövärjäystä käytetään rautapohjaisille materiaaleille ja titaanille. Kuumennettuun pintaan muodostuu ohut oksidikerros ja väri määräytyy sen paksuuden mukaan. Oksidikerroksen värit tunnetaan myös nimellä päästövärit. Päästövärjäyksessä saadaan sileä pinta. Materiaalin poistossa eli ablaatiossa merkittävän materiaalin pinnoitteen lämpötila nostetaan höyrystymispisteen yläpuolelle. Materiaali poistuu höyrystymällä jättäen siistin ja tarkan rajan ympäröivään pintaan. Tapaa käytetään pinnoitetuissa rakenteissa, merkittävä pinta haihtuu ja paljastaa alla olevan materiaalin. Kuvassa 1 näkyy piirilevyn osa, johon on materiaalia poistamalla merkitty numerosarja ja datamatrix-viivakoodi. [4, s. 85.] [5.] [6.]

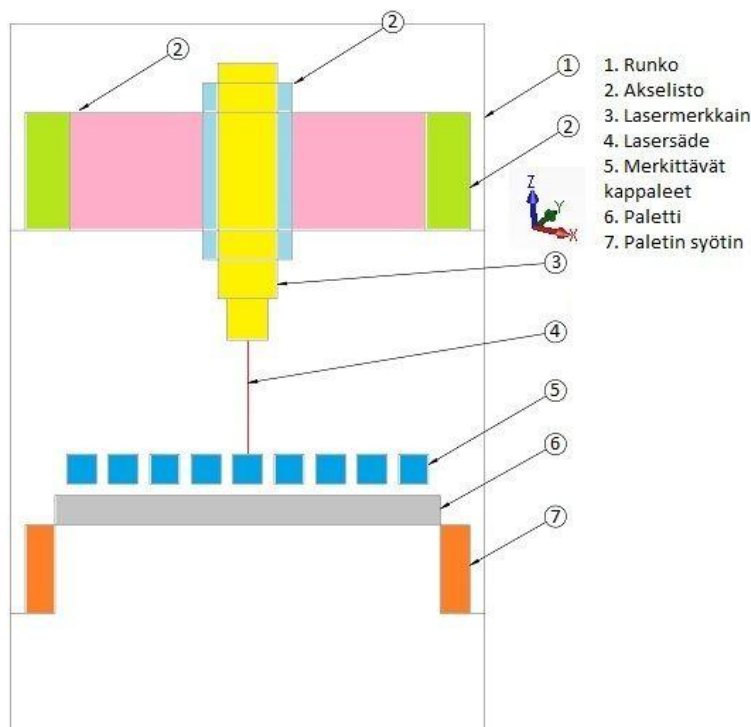


Kuva 1. Materiaalin poistolla merkitty piirilevyn osa [6.]

3 LASERMERKINTÄASEMA

Lasermerkintäasema on laite, jossa tuotteita merkitään laserin avulla. Lasermerkintäasema koostuu rungosta, johon kiinnittyy lineaariakselisto ja paletinsyötin. Lineaariakselistoon kiinnittyy lasermerkintäyksikkö, joka pääsee näin merkitsemään suuremman alan. Paletti on alusta, jonka päälle merkittävät kappaleet asemoidaan. Sitä voidaan kutsua myös merkintäpöydäksi. Paletinsyötin syöttää paletin merkintäasemaan ja pois.

Lasermerkintäaseman periaate selviää parhaiten kuvasta 2. Kuva on piirretty käyttäen apuna SolidWorks-suunnitteluohjelmaa ja Paintia. Runko (numero 1) toimii kantavana elementtinä ja määrittää aseman ulkomitat. Siihen kiinnittyy lineaariakselisto (numero 2), joka mahdollistaa lasermerkkaimen (numero 3) liikkumisen xyz-suunnissa. Lineaariakseliston vapausasteita on oltava kolme, johtuen lasersäteen kiinteästä polttopisteestä. Tällainen akselisto mahdollistaa erikorkuisten merkittävien kappaleiden merkitsemisen (numero 5). Merkittävät kappaleet asemoidaan merkintäpöydälle eli paletille (numero 6), jota liikuttelee paletinsyötin (numero 7). Lasermerkintäaseman tulee sisältää myös sähköiset ohjauskomponentit, kuten logiikkaohjaus, lineaariakseliston moottorien ohjaimet ja lasermerkkaimen ohjaimen.



Kuva 2. Lasermerkintäaseman periaatekuva

Lasermerkintäasema voidaan jakaa viiteen päämoduuliin, ja ne voidaan jakaa päämoduulien alla oleviin alimoduuleihin. Päämoduuleja ovat runko, akselisto, lasermerkkain, paletin syötin ja ohjauskeskus. Moduulit ovat tarvittaessa asiakaskohtalaisesti räätälöitävissä ja mahdollistavat helpomman laajennettavuuden, huollon ja kokoonpanon.

3.1 Lasermerkintäaseman vaatimukset

Perimmäinen vaatimus on pystyä merkitsemään erilaisia tuotteita riittävän tarkasti ja laadukkaasti. Merkittävän alueen koko on 600 x 600 mm, ja tuotteen korkeus saa vaihdella 300 mm. Aseman tulee olla moduulirakenteinen, siinä tulee olla suodatettu savukaasunpoisto ja valmius konenäölle. Konenäön avulla kappaleet ja niiden asennot voidaan tunnistaa, mikäli niitä ei ole paikoitettu paletille. Lasermerkintäaseman tulee olla turvallinen, ja sen tulee täyttää CE-vaatimukset. CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa, että tuote täyttää siihen kohdistuvat turvallisuusvaatimukset ja siihen on tehty tarvittavat tarkastukset. CE-merkintä on pakollinen mm. koneissa, sähkölaitteissa ja suojavälineissä. [7.] [8.]

Merkintäaseman rakenteet tulee suunnitella sellaisiksi, että se on helposti huollettavissa. Usein huollettaville tai tarkastusta vaativille osille on tehtävä helppo pääsy. Sähköiset ja pneumaattiset ohjauskomponentit on sijoitettava selkeästi ja yhteen paikkaan. Merkintäaseman liikkuvat osat täytyy suojata, jotteivät käyttäjien kehon osat pääse jäämän liikkuvien osien väliin. Koska laserasema saatetaan sijoittaa sellaiseen paikkaan, jossa oleilee tai työskentelee ihmisiä, tulee lasersäteen tai sen heijastumien pääsy merkintäaseman ulkopuolelle estää. Käytännössä tämä tarkoittaa merkintäaseman kotelointia, jolla toteutuvat molemmat suojausehdot. Suojarakenteiden tulee olla helposti purettavissa, jotta huolto helpottuu.

3.2 Rungon kokoonpano ja suojaus

Runko valmistetaan pursotetusta alumiiniprofiilista. Useilla valmistajilla on monia erilaisia alumiiniprofiileja, ja niiden ominaisuudet vaihtelevat. Kuitenkin niiden strategiset mitat ja kiinnityspisteet ovat kaikissa hyvin samankaltaisia. Ne ovat mittatarkkoja sekä lujia ja jäykkiä. Runko asennetaan paksun teräslevyn päälle. Jäykkä teräslevy pitää rungon suorassa ja estää rungon vääntymiä. Siihen kiinnitettyjä jalkoja säätämällä saadaan runko seisomaan suorana ja suorassa epätasaisellakin pinnalla. [9.]

Laserin tehot ovat suuret, ja osuessa ihoon säde aiheuttaa palovammoja. Säteen tai sen heijastumien osuessa silmään voi aiheutua pysyviä silmävammoja. Tämän takia lasersäteen tai sen heijastumien karkaaminen merkintäaseman ulkopuolelle on estettävä. Polykarbonaatti absorboi hiilidioksidilaserin säteen, joten käytettäessä hiilidioksidilaseria voidaan suojaus toteuttaa vaikka kirkkaasta polykarbonaatista [7] [8] [9].

Polykarbonaatti on edullinen ja järkevä suoja. On kuitenkin käytettävä vähintään 5 mm paksua levyä, että se on riittävän jäykkä ja absorboi mahdollisen lasersäteen heijastuman sulamatta. Polykarbonaatti ei kuitenkaan absorboi kuitulaserin sädettä, johtuen sen lyhyemmästä aallonpituudesta [8]. Tämän takia käytettäessä kuitulaseria on merkintäasema suojattava esimerkiksi teräslevyillä.

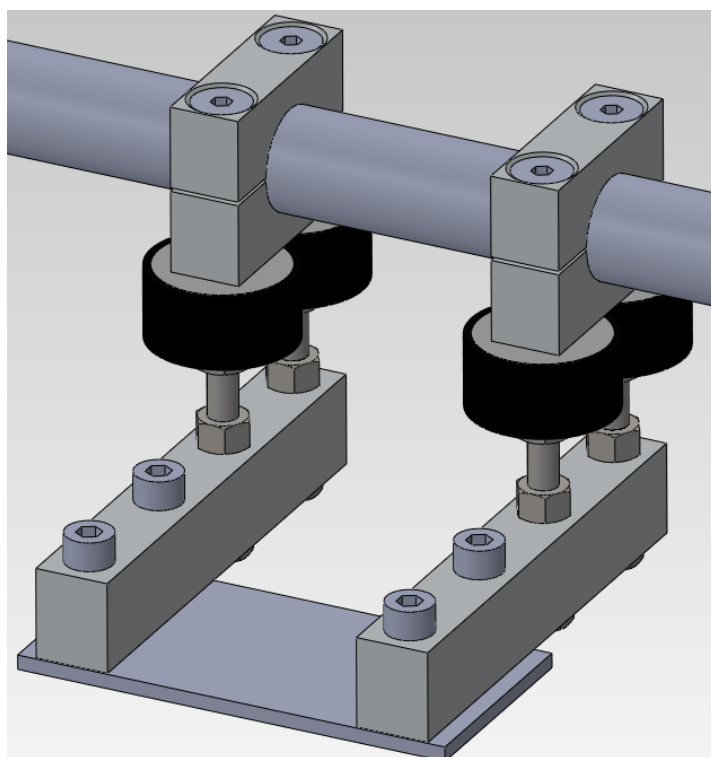
Suojat on kiinnitettävä runkoon työkaluja apuna käyttäen. Suojia ei saa pystyä purkamaan irti käsin ilman työkaluja. Suojien on myös kestettävä rikkoontumatta lasermerkkaimen osuman, mikäli se pääsee irtoamaan. Nämä ovat konedirektiivin vaatimukset, jotka suojauksen on täytettävä, jotta valmistaja voi antaa tuotteelleen CE-merkinnän. [10.]

Kun merkitään erilaisia pintoja, niistä höyrystyy usein savukaasuja. Höyrystyvät savukaasut voivat olla myrkylliset, ne voivat jäähtyessään muodostaa laserin linssin pinnalle häiritsevän kalvon tai ne voivat sumentaa merkittävän alueen pinnan. Tämän vuoksi savukaasut on poistettava hallitusti. Savukaasut voidaan johtaa huone- tai ulkoilmaan, mutta vain suodatettuina. Myrkylliset savukaasut voidaan puhdistaa esimerkiksi aktiivihiihisuodattimien avulla. Savukaasujen puhdistukseen ja poistoon on saatavilla valmiita kaupallisia imureita, mutta sellaisen voi rakentaa myös itse. [8.]

4 SUUNNITTELUPERIAATTEET

Suunnittelussa noudatetaan yleisiä suunnitteluperiaatteita. Näitä ovat mm. ylimääräisten osien karsiminen, rakenteen pitäminen mahdollisimman yksinkertaisena ja valmiiden kaupallisten komponenttien käyttö. Rakenteissa on pidettävä mielessä myös osien edullinen valmistettavuus, helppo asennettavuus ja huollettavuus.

Suunnitteluohjelmistona käytetään SolidWorks 2011 -suunnitteluohjelmaa. SolidWorksin käyttäminen on tässä tapauksessa järkevin vaihtoehto, sillä se on käytössä Tech Point Oy:llä. Kajaanin ammattikorkeakoulussa opetus painottuu samaan ohjelmaan. Ohjelmalla voidaan suunnitella yksittäisiä kappaleita ja valmistaa niistä kokoonpanoja. Kuvassa 3 on yksittäisistä kappaleista koottu kokoonpano, jossa on käytetty sekä itse piirrettyjä että komponenttikirjaston valmiita osia. Ohjelmalla tehdään myös piirustukset sekä esimerkiksi monipuolista simulointia ja lujuuslaskentaa. [11.]



Kuva 3. SolidWorks-suunnitteluohjelmalla luotu 3D-malli

Muotoilu on otettava suunnittelussa huomioon, sillä se on yksi tärkeä osa-alue. Muotoilu vaikuttaa oleellisesti käyttäjäkokemukseen. Muotoilu yhdistää insinöörien työn lähemmäksi käyttäjää, ja sillä pyritään hyvään käytettävyyteen ja ulkonäköön. [12.]

5 LASERMERKKAIMEN VALINTA

5.1 Lasereiden vertailua

Lasermerkintäasemaan sopiva lasermerkkaimia oli kolme. Niitä oli saatavissa eri tehoisina ja eri linssivaihtoehdoilla varustettuina. Oleellimmat erot lasereiden välillä olivat lasertyyppi, hinta, teho ja paino. Taulukossa 1 on esitetty laserit ja niiden ominaisuudet. Kaikissa lasereissa on skannaava optiikka eli liikuteltavat peilit. Laserit on lueteltu halvimmasta kalliimpaan, joista kuitulaser on kaikista kallein. Lasereiden todelliset hinnat ovat salassapidettävää tietoa. [6.] [8.]

Taulukko 1. Suomen Teollisuusmerkinnän edustamien lasereiden ominaisuudet [6.] [8.]

Videojet	3020	3120, 3320	7210, 7310
Lasertyyppi	CO ₂ (hiilidioksidi)	CO ₂ (hiilidioksidi)	Kuitulaser
Paino	n. 7 kg	n. 13–15 kg	n. 4–6 kg
Teho	10 W	10–30 W	10–30 W
Asennusasento	Vaaka	Pysty / vaaka	Pysty / vaaka
Merkintärajoitukset	Metalli, tietyt muovit	Metalli, tietyt muovit	-
Muut ominaisuudet	Kolme linssikokoja	Useita linssikokoja Nopea merkintä	Useita linssikokoja Elintarvikekäyttöön Pienin

Asiakkaan kannalta olennaisin asia on hinta. Laserin tyyppi vaikuttaa siihen, millaista pintaa laserilla on mahdollista merkitä. CO₂- eli hiilidioksidilaser on edullisin, mutta sillä ei pystytä merkitsemään tiettyjä muovilaatuja eikä metalleja. Metallien merkintä CO₂-laserilla on mahdollista vain poistamalla niiden pinnasta pinnoite, kuten maali tai eloksointi. Kaikkia muita materiaaleja pystytään merkitsemään. Kuitulaserilla voidaan jättää merkintäjälki mihin pintaan tahansa. Se on myös kevein ja soveltuu elintarvikekäyttöön. Ongelmana kuitulaserissa on sen korkea hinta. [5.] [6.] [8.]

Kuitulaser on kevein ja kooltaan pienin sen rakenteen vuoksi. Lasersäde synnytetään lasermerkintäyksiköstä erillään ja johdetaan siihen valokuitua pitkin. Hiilidioksidilaserissa lasersäde synnytetään merkintäyksikön sisällä. Tästä syystä hiilidioksidilaser on fyysisesti suurempi ja painavampi kuin vastaavanlainen kuitulaser. Se myös vaurioituu helpommin esimerkiksi terävistä liikkeistä tai iskuista. [6.] [8.]

5.2 Laserin valinta

Lasermerkintäasema on pystyttävä varustamaan millä tahansa edellä mainituista kolmesta laserista. Teho vaikuttaa merkintäaikaan. Merkittävä pinta määrittelee lasertyypin, mikä vaikuttaa hintaan. Eri linseillä vaikutetaan kerralla merkittävän alueen kokoon ja laserin asennusasentoon. Edullisimmassa vaihtoehdossa on tarjolla vain kolme eri linssiä ja asennusasento vain vaakasuoraan. [8.]

Pysty- eli z-akselin kelkkaan kiinnittyy adapterilevy, johon kiinnitetään lasermerkkain ja mahdolliset lisävarusteet, kuten konenäkö. Lasereita 3120, 3320, 7210 ja 7310 on saatavilla vaaka- ja pystymallisina, jolloin ne voidaan asentaa luontevasti pystyyn z-akselin suuntaisesti. Sen sijaan 3020-laseria on saatavilla vain vaakamallisena, joten sille on tehtävä kiinnitys vaaka-asentoon. Rajapinta eli kiinnitys z-akseliin on kaikissa samanlainen, ja laser kiinnittyy siihen yksilöllisellä adapterilevyllä. Kuvassa 4 on Videojetin kuitulaserit ja virtalähde, jossa lasersäde syntyy. [6.]

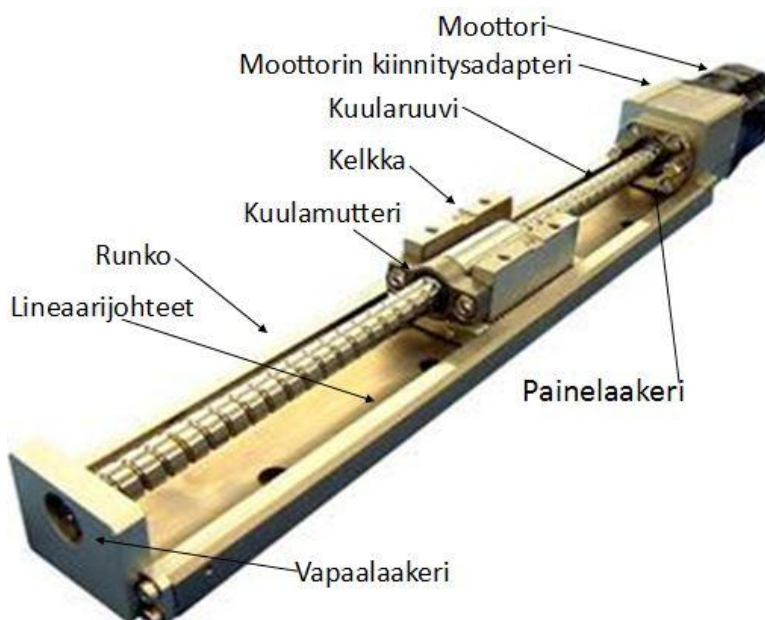


Kuva 4. Lasermerkintäyksikkö Videojet 7210 ja 7310 vaaka- ja pystymallisena [6.]

6 LINEAARIAKSELISTO

Lasermerkkainta liikuttelee lineaariakselisto. Lineaariakselisto on sähkömekaaninen laite, jolla voidaan suorittaa pystysuoria liikkeitä. Lineaariakseli koostuu yleisimmin rungosta, lineaarijohteista, liikkuvasta kelkasta, moottorista sekä voimansiirtoelimestä, joka voi olla esimerkiksi ruuvi- tai hammashihnakäyttöinen. Kuvassa 5 näkyy tyypillinen lineaariakseli, sen rakenne ja komponentit. Kuvan lineaariakseli on SMC:n valmistama LTF-sarjan akseli [13]. Samanlaisia lineaariakseleita toimittavat myös lukuisat muut toimittajat. Niiden rakenne voi hieman vaihdella, peruseriaatteen pysyessä samana.

Lineaariakselin kelkka on laakeroitu runkoon lineaarijohteiden avulla. Moottori pyörittää kuularuuvia, joka siirtää voiman kelkkaan kuulamutterin avulla. Kuularuuviin kohdistuvat aksiaaliset voimat siirretään runkoon painelaakerin avulla. Vapaalaakerilla laakeroidaan kuularuuvin vapaa pää. Moottori kiinnitetään runkoon kiinnitysadapterin avulla. Akselistoja myydään erikokoisia, erimittaisilla iskun pituuksilla. Niihin voidaan myös valita haluttu moottori tai kuularuuvin nousu. Moottorin ja kuularuuvin väliin voidaan asentaa vaihteisto. Lineaariakseleita on olemassa myös hammashihavetoisia tai lineaarimoottorilla toteutettuja, jolloin niistä saadaan nopeita ja liikkuvien osien määrä minimoidaan.



Kuva 5. SMC:n LTF-lineaariakseli [13].

Yhdistämällä kolme eri suuntaan liikkuvaa lineaariakselia voidaan toteuttaa kolmen vapausasteen liike, ja sitä kutsutaan lineaariakselistoksi, mutta myös 3D-servoakseliston nimeä käytetään. Silloin haluttua kappaletta voidaan liikuttaa x- y- ja z-suunnassa. Nimityksiä ristisyöttöpöytä, ristisyöttöakselisto tai ristiliikeakselistoa käytetään alan kirjallisuudessa, ja yleensä sillä tarkoitetaan kahden vapausasteen lineaariakselistoa. Kuvassa 6 on tyypillinen esimerkki kolmen vapausasteen lineaariakselistosta. Kuvassa näkyy Bosch Rexrothin xyz-akselisto, ja samankaltaisia akselistoja on saatavilla myös monilla muilla toimittajilla [14].



Kuva 6. Kolmen vapausasteen lineaariakselisto [14.]

6.1 Lineaariakseliston speksit

Lasermerkintäasemaan tarvitaan kolmen vapausasteen akselistoa. Akseliston liikematkat ovat x: 600 mm, y: 600 mm ja z: 300 mm. Pystysuuntainen z-liike vaaditaan erikorkuisten kappaleiden merkitsemistä varten, ja siinä tulee olla jarru. Tarvittaessa akseliston mittoja voidaan kasvattaa, ja näin saadaan isompi merkintäalue katetuksi. Akselit toimivat sähkömekaanisilla komponenteilla.

Akseliston tulee pystyä paikoittamaan lasermerkkain $\pm 0,1$ mm tarkkuudella. Nopeudet x- ja y-akselille ovat 100 mm/s ja kiihdytys täyteen vauhtiin 1 s. Nopeus ja kiihtyvyys eivät ole olennaisia z-akselilla, sen satunnaisesta käytöstä johtuen. Akseliston tulee olla mahdollisimman edullinen, ja sen pitää pystyä käsittelemään maksimissaan 18 kg kuormaa, joka on lasermerkkaimen maksimipaino kiinnityslevyn ja konenäön kanssa varustettuna.

6.2 Lineaariakselistojen vertailua

Valmiista lineaariakselistoista kysyttiin tarjoukset eri toimittajilta. Hinnoissa ja valmiusasteissa oli suuria eroja. Tarjoukset kysyttiin Festolta, Movetecilta, Bosch Rexrothilta, Omronilta ja SMC:ltä. Speksit täyttävät valmiit akselistokokoonpanot löytyivät Bosch Rexrothilta, Omronilta ja Festolta. Omronin hinta oli liian korkea, samoin Feston, mutta sen hintaa onnistuttiin laskemaan olennaisesti oikeanlaisilla komponenttivalinnoilla. Bosch Rexrothilta ei saatu tarjousta.

Feston akselisto oli kattava, ja hinta sisälsi lineaariakseliston, moottorit, ohjaukset, energiansiirtoketjut, suunnittelun ja dokumentoinnin. SMC:n tarjoamilla komponenteilla ei olisi pystytty saavuttamaan vaadittua paikoitus- ja toistotarkkuutta samansuuntaisten akseleiden sähköisestä synkronoinnista johtuen. Movetec tarjosi komponenteista räätäloitävää akselistoa. Se olisi vaatinut omaa suunnittelua, eikä olisi ollut juurikaan Festoa edullisempi. Lineaariakselisto päätettiin suunnitella itse. Yksittäisessä projektissa on järkevämpää ja edullisempää ostaa valmis akselisto, mutta koska kyse on tuotteesta, on oma akselisto yritykselle tuottavampi vaihtoehto [8].

6.3 Lineaariakseliston suunnittelu

Lineaariakseliston suunnittelu aloitettiin katsomalla mallia markkinoilla olevista akselistoista. Akselistosta haluttiin edullinen ja tarkka. Sitä piti pystyä myös käyttämään yrityksen muissa projekteissa. Huolellinen esisuunnittelu ja sopivien komponenttien valinta oli tärkeää, ja sillä on suuri vaikutus valmiin akseliston loppuhintaan.

Internetissä on useita 3D-komponenttikirjastoja, joista voi ladata ilmaiseksi komponenttien 3D-malleja. Komponentteja voi useimmiten ladata myös valmistajien sivuilta. Näitä sivustoja ovat mm. 3D ContentCentral, SolidComponents ja TraceParts. Näille sivustoille voi kuka tahansa ladata omia 3D-malleja. Tästä syystä ladattaessa muita kuin valmistajan tuomia 3D-malleja on syytä tarkistaa mitoitus, sillä ne voivat olla väärin mallinnettuja. [15.] [16.] [17.]

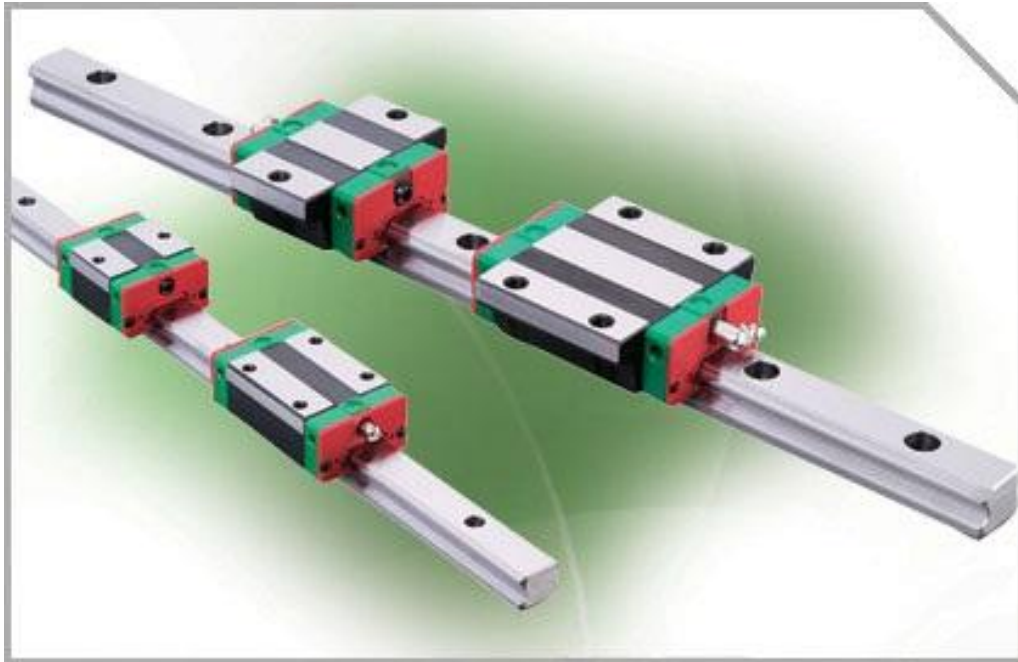
Pitkien liikematkojen ja vaadittujen toisto- ja paikoitustarkkuuksien vuoksi on x-akseli toteutettava kahdella rinnakkaisella lineaariakselilla, jotka ovat keskenään synkronoituja. Akselit voidaan synkronoida keskenään sähköisesti, jolloin kumpaakin akselia ajetaan omalla moottorilla. Se asettaa moottorille ja niiden ohjaimille suuret vaatimukset, jotka tuovat lisähintaa. Synkronointi voidaan toteuttaa myös mekaanisesti, mikä on tässä tapauksessa edullisempi vaihtoehto [18.]

Mekaaninen synkronointi voidaan toteuttaa väliakselilla tai hammashihnalla. Kummallakin tavalla on omat etunsa. Hammashihnalla toteutettavaan synkronointiin päädyttiin, sillä se on kokonaiskustannuksiltaan edullisempi, yksinkertaisempi ja sopii paremmin rakenteeseen, jota lähdettiin suunnittelemaan.

6.4 Komponenttien valinta

Koneenrakennukseen sopivia komponentteja myyvät useat toimittajat. Komponentit ovat eri toimittajilla samat tai samankaltaiset. Lasermerkintäasemassa päädyttiin käyttämään Movetecin toimittamia komponentteja, edullisen hintatason ja hyvän teknisen tuen vuoksi. Komponenttien hintaan vaikuttaa koko sekä tarkkuus- ja vällyluokka. Komponenttien valinnassa päätettiin käyttää välyksettömiä komponentteja. Niiden käyttö mahdollistaa saavuttamaan tarvittavan paikoitus- ja toistotarkkuuden [19].

Valinta aloitettiin lineaarijohteista ja niihin soveltuvista kelkoista. Kelkat ja johteet ovat HIWINin valmistamia. Valittiin välyksettömät 20 mm kuulajohteet ja -kelkat, jotka ovat tarkkuuskoneistettuja. Nämä komponentit olivat hinnaltaan riittävän edulliset, mutta myös tarkat. Kuvassa 7 näkyy tyypilliset lineaarijohteet ja -kelkat. [19.] [20.]



Kuva 7. Tyypilliset lineaarijohteet ja kelkat [20.]

Kuularuuvi ja -mutteri ovat myös HIWINin valmistamia. Kuularuuviksi valittiin valssattu 16 mm kuularuuvi ja siihen sopiva välyksetön laippamutteri. Ruuvin nousuksi valikoitui 5 mm/kierros. Nousun valintaan vaikuttavat sitä pyörittävä moottorityyppi ja -teho, liikuteltavat massat, liikenopeudet sekä halutut kiihtyvyydet ja hidastuvuudet. Kuvassa 8 on tyypillinen kuularuuvi ja -mutteri. [19.] [20.]



Kuva 8. Tyypillinen kuularuuvi ja -mutteri [20.]

Kuularuuvi täytyy tukea, jotta se pysyy paikallaan liikuttaessa kelkkaa. Kuularuuvin vetävä puoli tuetaan välyksettömällä painelaakeriyksiköllä, joka ottaa vastaan aksiaalisen voiman. Toinen pääty laakeroidaan kelluvalla päätylaakeroinnilla, joka sallii kuularuuvin lämpölaajenemisen, mutta antaa säteittäistä tukea. Laakeriyksiköiden valmistaja on SYK. Kuvassa 9 on esitetty SYK:n vapaalaakeri- ja painelaakeriyksiköt. Kuularuuvin laakeroinnin voisi suunnitella myös itse. Se ei ole kuitenkaan järkevää, sillä kaupalliset laakeriyksiköt ovat edullisia. [19.] [21.]



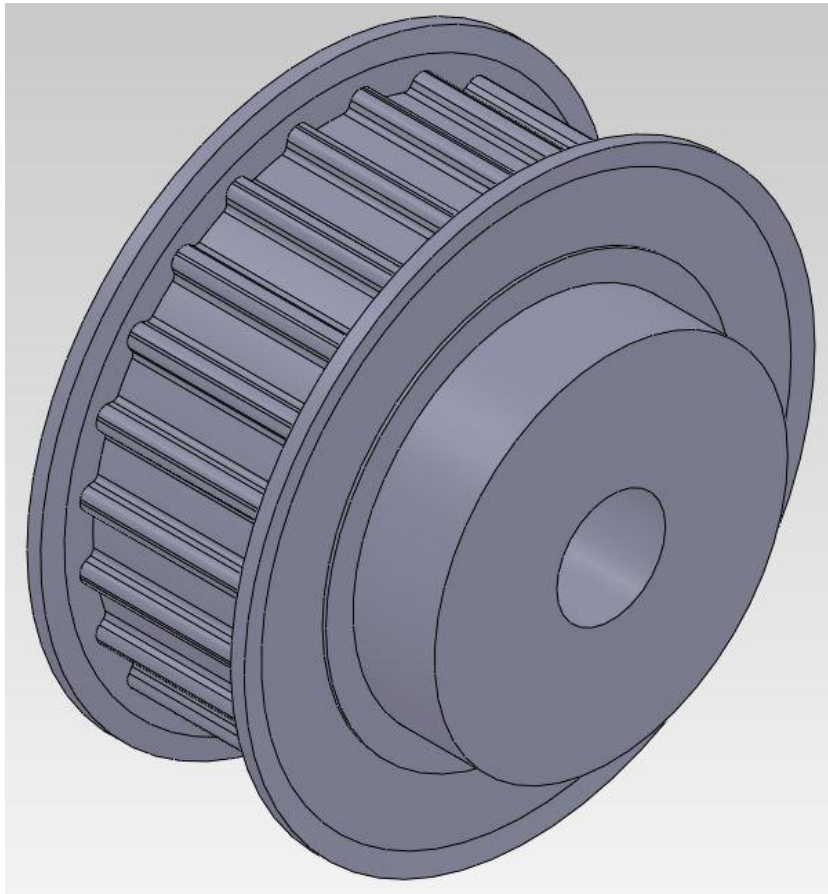
Kuva 9. Tyypillinen vapaalaakeri- ja painelaakeriyksikkö [21.]

Moottorien akselit liitetään kuularuuveihin paljekylläytinien avulla. Lineaariakselistossa käytetään R+W:n valmistamia paljekylläytimiä. Paljekylläytimet ovat joustavia ja sallivat asennusvirheistä johtuvaa aksiaaliheittoa, kuormittamatta kuitenkaan akselia tai moottoria. Lisäksi ne ovat vääntöjäykät ja välyksettömät. Paljekylläytinien tilalla voidaan käyttää myös sakarekylläytimiä, mutta niiden tarkkuus on teoriassa hieman huonompi. Sopiva kytkin määräytyy akselin halkaisijan ja väännön mukaan. Kuvassa 10 on R+W:n paljekylläytin ja sakarekylläytin. [19.] [21.] [22.]



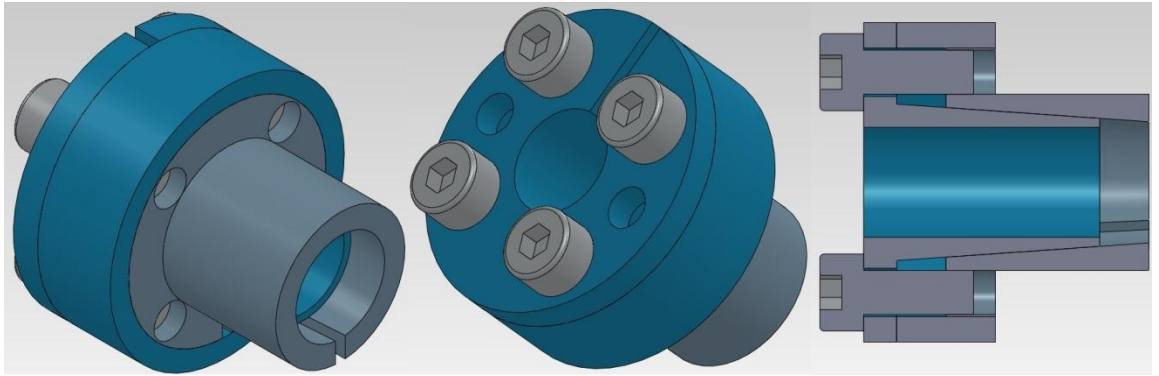
Kuva 10. Tyypillinen paljekylläytin ja sakarekylläytin [22.]

Hammashihnakomponentit rinnakkaisten lineaariakselien synkronointiin ovat Mulcon valmistamat. Hihnapyörät ja hihnat ovat lineaaritekniikkaa varten suunnitellut ja välyksettömät. Ne mahdollistavat halutun paikoitus- ja toistotarkkuuden saavuttamisen. Kuvassa 11 on Mulcon hammashihnapyörän 3D-malli. Välyksettömien hammashihnapyörien korkeasta hinnasta huolimatta edulliset komponentit onnistuttiin löytämään Movetecin asiakaskohtaisista hihnapyöristä, jotka ovat suunniteltavaan lineaariakselistoon sopivat. [19.] [21.] [23.] [24.]



Kuva 11. Välyksettömän hammashihnapyörän 3D-malli [24.]

Hammashihnapyörien kiinnittäminen kuularuuviakseliin tapahtuu Tollok-lukitusholkkien avulla. Lukitusholkki kiinnittää hammaspyörän akselille välyksettömästi ja lujasti. Se myös keskittää hammaspyörän tarkasti keskelle, mikä on tärkeää tasaisen liikkeen kannalta. Lukitusholkki on tällaiseen kohteeseen järkevämpi- ja kokonaiskustannuksiltaan edullisempi ratkaisu kuin kiilalukituksen käyttäminen. Lukitusholkkeja on olemassa useita erilaisia, joista kuvissa 12 on esitetty hammashihnapyörän kiinnittämiseen soveltuvan Tollok-lukitusholkin 3D-malli ja sen leikkauskuva. [17.] [19.] [21.] [25.]



Kuva 12. TLK 110 -lukitusholkki ja sen leikkauskuva [25.]

Kaapelien reititys viedään lineaariakseliston liikkuville akseleille energiansiirtoketjujen avulla. Ketjun toinen pää on kiinni rungossa ja toinen pää kiinnitetään liikkuvaan kelkkaan, ja se rullautuu hallitusti edestakaisen liikkeen aikana. Energiansiirtoketju on tyypillisesti muovista valmistettu taipuisa kotelo, jonka sisälle kaapelit reititetään. Energiansiirtoketjuja on olemassa lukuisia erilaisia käyttökohteen ja koon mukaan. Lasermerkintäasemassa käytetään IGUSin valmistamaa Easy Chain -ketjua, joka on edullinen ja johon on helppo ja nopea asentaa kaapeli sisälle. IGUSin Easy Chain -energiansiirtoketju on kuvassa 13, josta näkee energiansiirtoketjun tyypillisen rakenteen. [26.]



Kuva 13. Easy Chain -energiansiirtoketju [26.]

6.4.1 Moottorien vertailua

Moottori ja sen ohjain on lineaariakseliston kallein komponentti. Service Point Kuopio Oy on virallinen Siemensin edustaja, joten lasermerkintäasemaa tullaan ohjaamaan Siemensin logiikalla. Tavoitteena oli löytää moottori ja ohjain, joilla saavutetaan riittävä toisto- ja paikoitustarkkuus mahdollisimman edullisesti. Eri moottorien vertailussa oli otettava huomioon moottorien ohjaimet ja niiden vaatimat lisälaitteet kokonaishinnassa sekä ohjaimien kytkentä Siemensin logiikkaan. [27.]

Vertailtavat moottorityypit olivat askelmoottori, servo ja oikosulkumoottori. Askelmoottorin ja servon oleellisin ero on servon suurempi pyörimisnopeus. Oikosulkumoottorin rakenne ja ohjaus eroaa oleellisesti servon ja askelmoottorin ominaisuuksista, mutta oikeanlaisella takaisinkytkennällä ja ohjaimella sen paikoittaminen riittävällä tarkkuudella on mahdollista. Moottorin pyörimisnopeuden tuli olla 1200 r/min tai suurempi. Moottorissa tuli olla mahdollisuus mekaaniseen jarruun z-akselille ja väyläliitäntä, mielellään ProfiNet. Matkanmittausanturiksi sopii inkrementti- tai absoluuttianturi. [18.] [27.] [28.]

Vertailuun otettiin kahdeksan moottoria. Vertailu tehtiin yhteistyössä moottorien toimittajien kanssa, ja heidän osaamisestaan oli suurta hyötyä. Toimittajille lähetettiin tarjouskysely, jossa oli kerrottu käyttökohde ja speksit. Niiden perusteella toimittajat mitoittivat ja tarjosivat sopivaa moottoria. Tärkein painoarvo oli moottorin ohjauksessa ja hinnassa. Vertailussa selvitettiin moottorien ja ohjaimien ominaisuuksia sekä ohjaimien liitettävyyttä Siemensin logiikkaan. Käyttämällä älykästä paikoitusta lasermerkintäaseman ohjaamiseksi voivat riittää pelkät älyreleet. Se tosin riippuu lasermerkintäyksikön ohjaimesta ja vaatii lisäselvittelyä.

6.4.2 Moottorien valinta

Moottorien valintaa varten tehtiin taulukko, johon taulukoitiin moottorin ja ohjaimen tiedot, ominaisuudet, lisälaitteet ja näiden kaikkien hinnat. Taulukkoon liitettiin toimittajien yhteistiedot helpottamaan yhteydenottoa toimittajiin. Taulukko löytyy liitteestä 1. Taulukkoon 2 on laitettu olennaisimmat tiedot ja moottorit on lueteltu halvimmasta kalliimpaan. Todelliset hinnat ovat salassapidettävää tietoa.

Taulukko 2. Moottorien vertailu [28.] [29.] [30.] [31.] [32.] [33.] [34.]

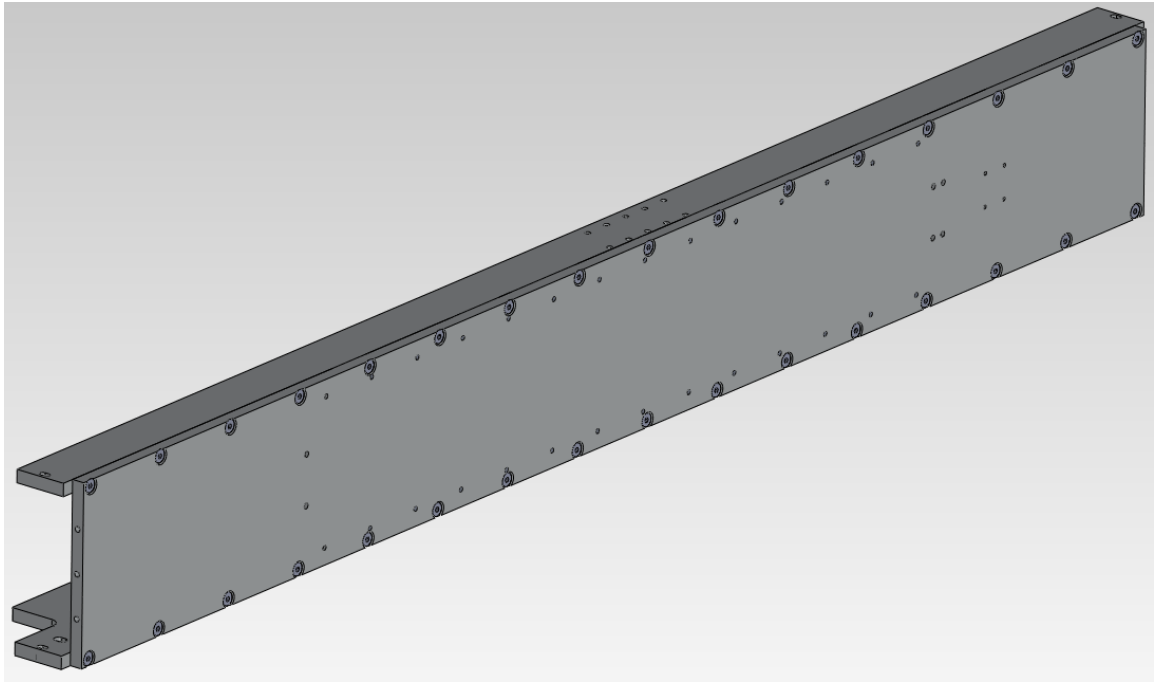
Merkki	Moottorin tyyppi	Ohjaimen tyyppi
ORIENTAL MOTOR	Askelmoottori	Älykäs ohjaus
YASKAWA	Servo	Servovahvistin
FESTO	Askelmoottori	Älykäs ohjaus
MOVES	Oikosulkumoottori	Taajuusmuuttaja
BOSCH REXROTH	Servo	Älykäs ohjaus
HIWIN	Servo	Älykäs ohjaus
SIEMENS	Servo	Älykäs ohjaus
YASKAWA	Servo	Servovahvistin

Moottorien toimittajaksi valittiin Siemens. Sen servo-ohjaimet ovat älykkäitä ja osaavat paikoittaa moottorit itsenäisesti. Ne eivät siis ole halvimpien mallien tapaan pelkkiä servovahvistimia. Tällä kokoonpanolla aseman ohjaukseen saattaa riittää älyrele, joka on logiikkaa huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Tarvittaessa Siemensin moottorit voidaan korvata vaihtoehtoisilla moottoreilla. [27.]

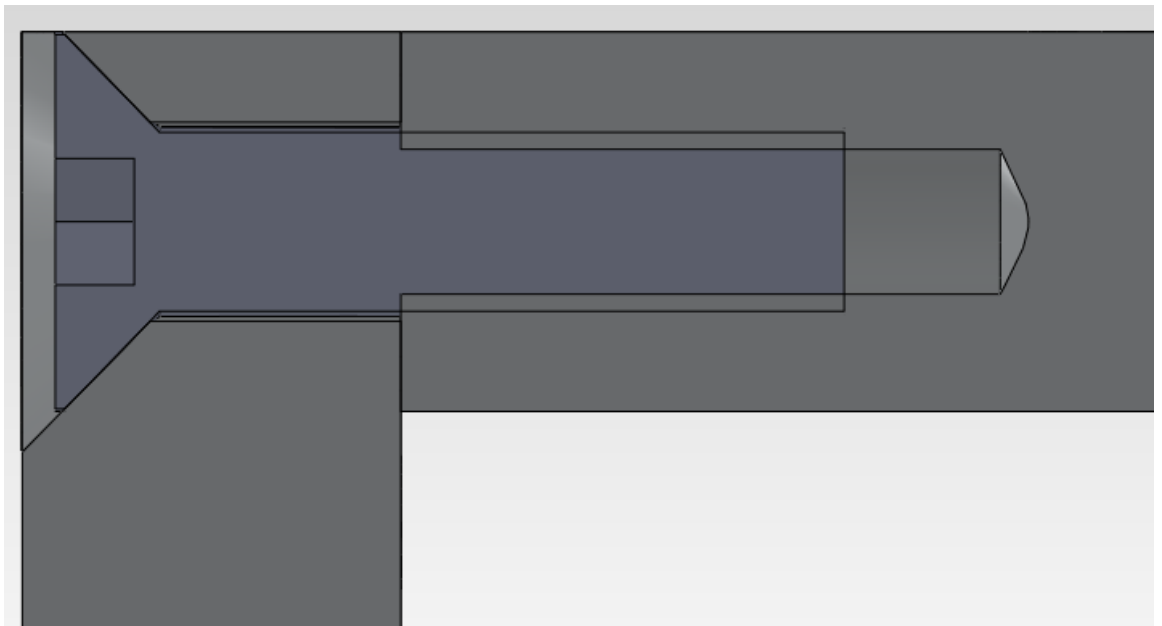
6.5 Lineaariakseliston runko

Lineaariakseliston komponentit, kuten lineaarijohteet, laakeriryksiköt ja moottorit, tulee kiinnittää tukevasti suoraksi plaanattuun pintaan, jotta kelkat ja kuularuuvi liikkuvat jouhevasti ja takertelematta. Komponentit voidaan kiinnittää suoraan pursotettuun alumiiniprofiiliin, sillä sen tasomaisuus on riittävä. Edullisin ratkaisu olisi plaanata U-palkki, mutta työstövoimien vaikutuksesta se todennäköisesti vääntyy. Runko voidaan valmistaa myös esiplaanatuista alumiinilevyistä, joissa on tarkat paksuus- ja tasomaisuustoleranssit. Tällaisilla levyillä on useita kaupallisia nimiä, ja ne tunnetaan esimerkiksi nimillä PL5083, ALCA PLUS tai PLANCAST. [9.] [37.] [38.] [39.]

Lineaariakseliston runko päätettiin valmistaa esiplaanatuista alumiinilevyistä. Levyt koneistetaan tarkasti mittoihinsa, ja niistä tehty runko on kevyt, jäykkä ja suora. Runko on suorakulmainen, ja sen pitkät sivut muodostavat jäykän kotelorakenteen. Kuvassa 14 on esitetty kotelomainen lineaariakseliston runkorakenne. Jäykisteet kiinnitetään runkolevyyn uppokantapulteilla. Halkileikkaus kiinnityksestä on esitetty kuvassa 15.



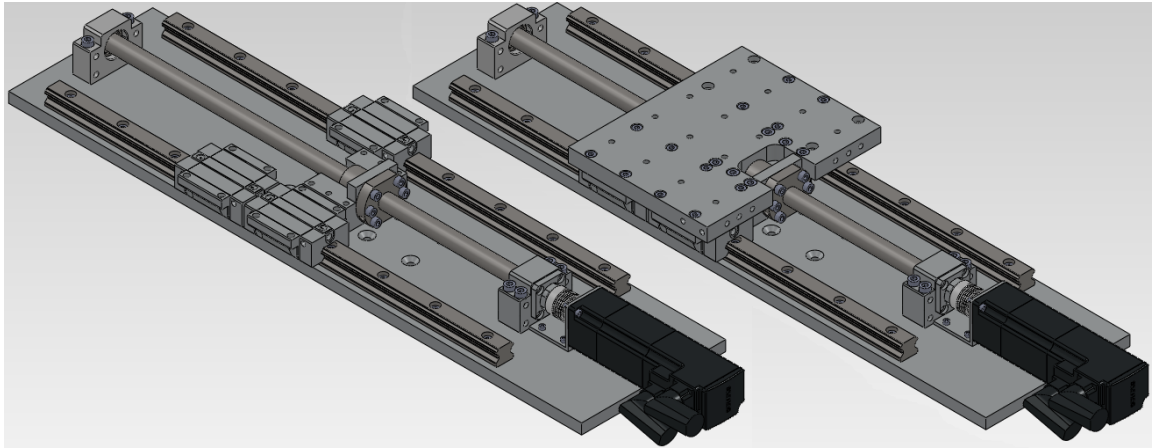
Kuva 14. Lineariakselin kotelomainen runkorakenne



Kuva 15. Halkileikkaus uppokantapulteilla toteutetusta kiinnityksestä

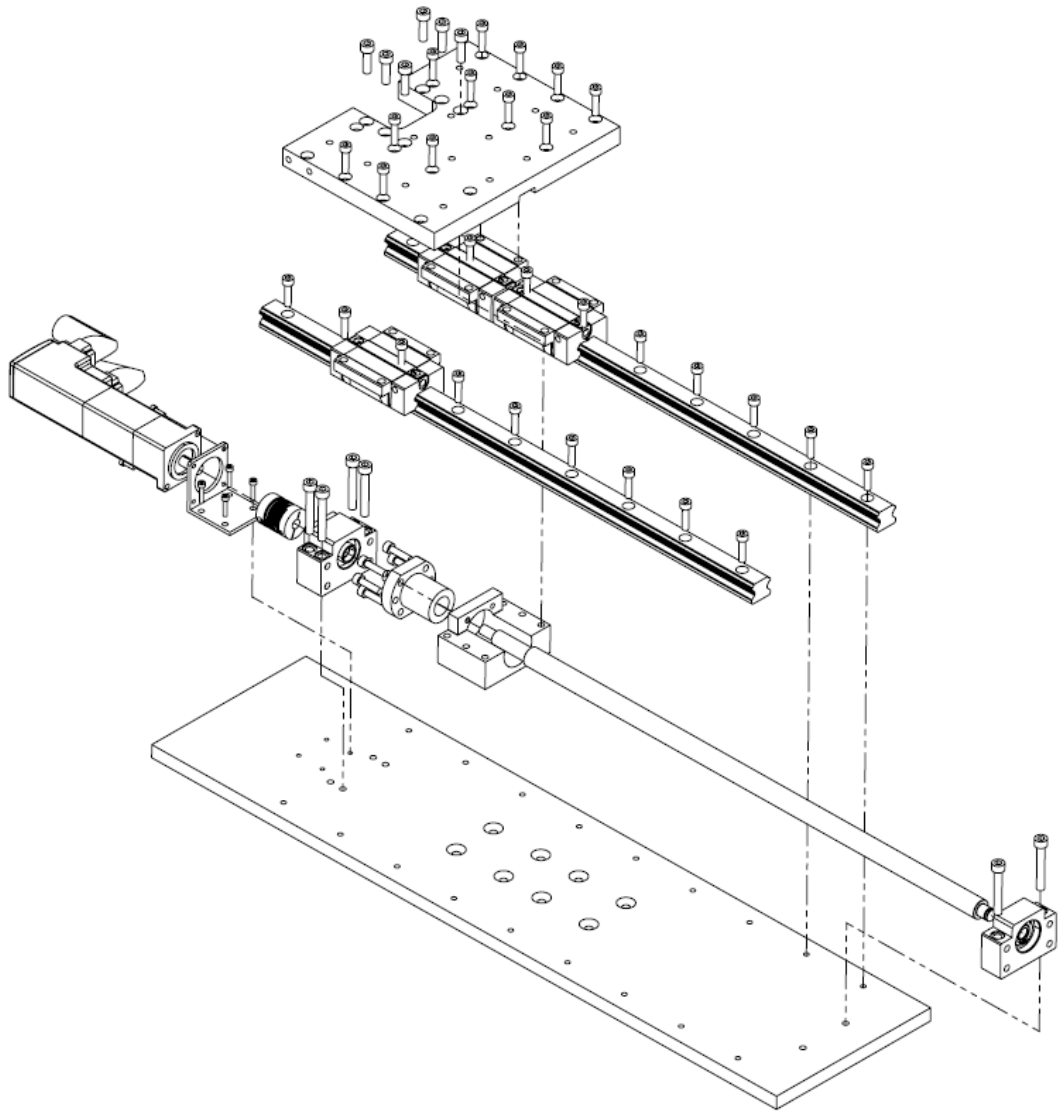
6.6 Lineaariakseliston rakenne ja valmistuskuvat

Lineaariakselisto rakentuu yksittäisistä lineaariakseleista, jotka ovat x, y ja z. Kaikki moduulit ovat toistensa kaltaisia, ja niissä käytetään samoja komponentteja. Johtuen rakenteen vaatimuksista ja eri iskun pituuksista, niiden rakenteissa on pieniä eroja. Kuvassa 16 on z-akseli, ja siinä näkyvät molemmat akselit ovat samanlaisia. Toisesta on piilotettu kelkka ja sen kiinnityspultit, jotta rakenne erottuu paremmin. Kuvasta voidaan tunnistaa samat komponentit kuin kuvasta 4, ja nähdään, että rakenne on samankaltainen.



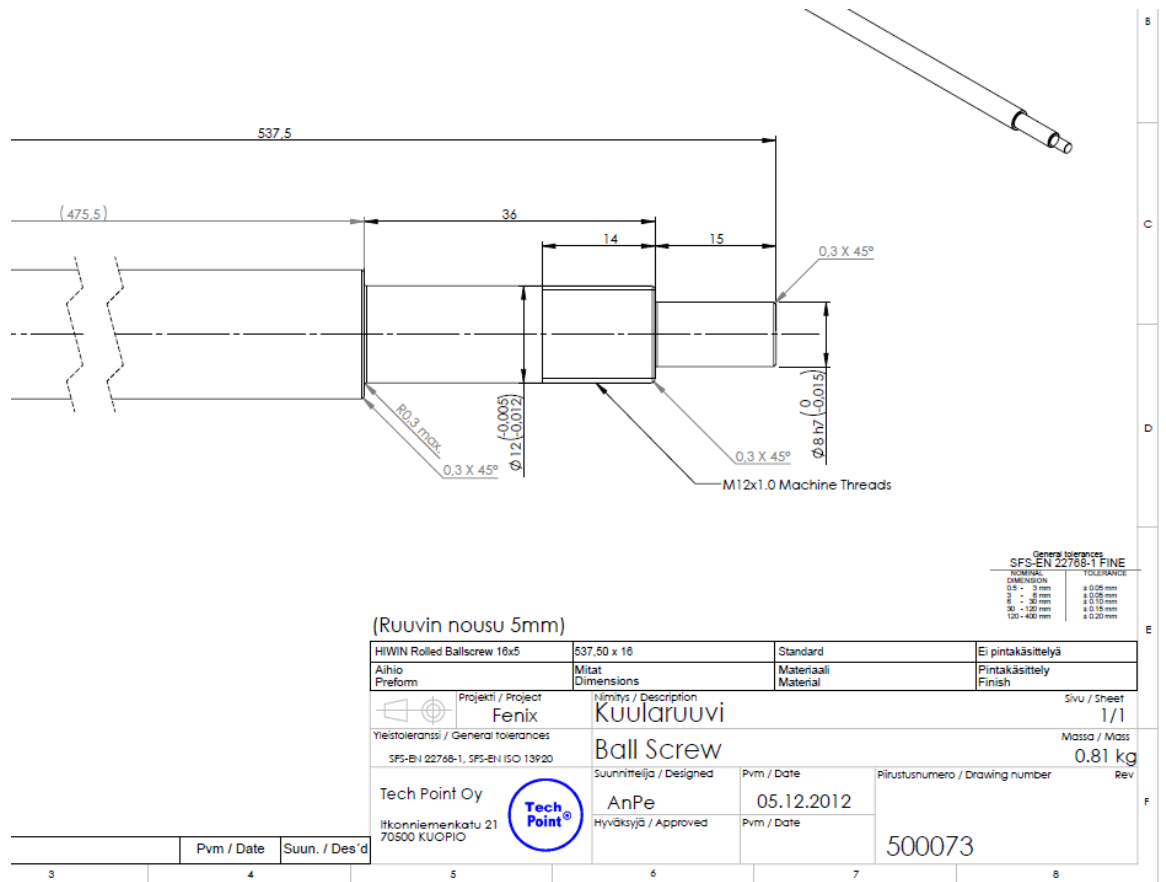
Kuva 16. Lineaariakselin rakenne

Kaikista lineaariakseliston osista tehtiin myös valmistuskuvat eli piirustukset. Valmistuskuvia ei luonnollisesti tarvitse tehdä osto-osista, kuten kuulamutterista tai laakeriyksiköistä. Kaikkia valmistuskuvia ei julkaista, jotteivät kilpailijat saisi niistä mahdollista etua. Kuvassa 17 on z-akselin räjäytyskuva. Liitteessä 2 on z-akselin kokoonpanokuva ja liitteessä 3 räjäytyskuva, josta selviää sen mitat, komponentit ja niiden tarve.



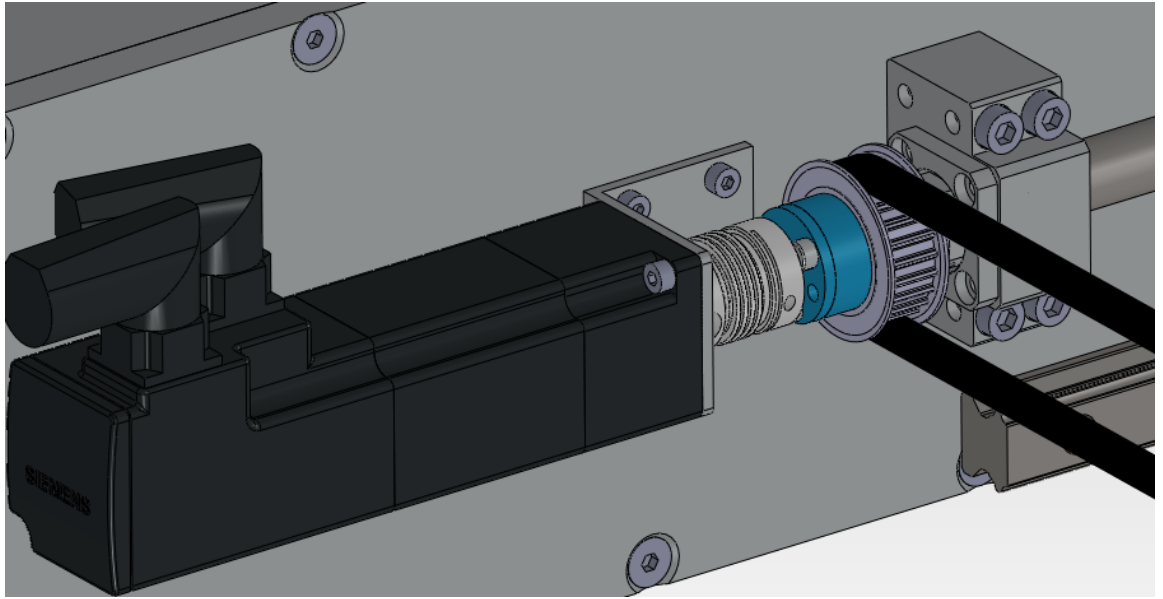
Kuva 17. z-akselin räjäytyskuva

Tehtäessä valmistuskuvia on tärkeää mittojen oikea toleranssi ja haluttu pinnanlaatu. Toleranssi tarkoittaa mittojen sallittua poikkeamaa. Väärin toleroitu rakenne voi pahimmillaan olla toimimaton. Pinnanlaatu kertoo pinnan tasaisuuden. Osien valmistuskustannukset voivat olla moninkertaiset, jos mitat ylitoleroidaan ja pinnanlaatu määritellään liian korkeaksi. Kuvassa 18 näkyy kuularuuvien toleroidut halkaisijamitat ja yleistoleranssi. Sen valmistuskuva näkyy täydellisenä liitteessä 4. Kuularuuvien 3D-malliin tai valmistuskuvaan ei ole piirretty kuularaata. Liitteissä 5 ja 6 ovat moottorin kiinnitysadapterin ja lineaarijohteen valmistuskuvat.



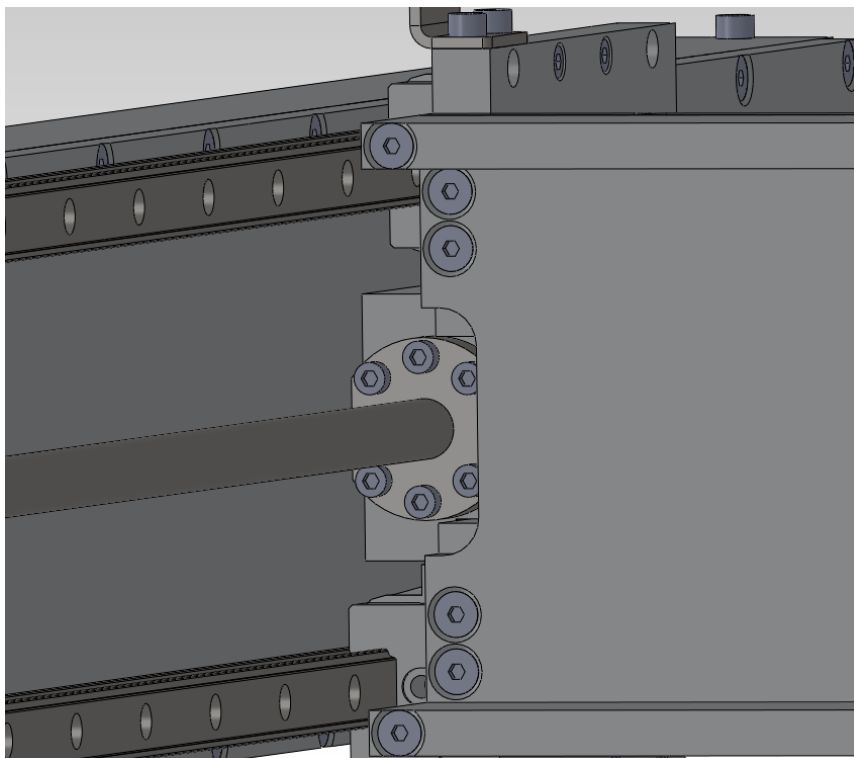
Kuva 18. Kuvakaappaus kuularuuvin valmistuskuvasta

Kuularuuvi kiinnitetään moottorin akseliin paljekyllimellä. Hammashihnalla synkronoiduissa rinnakkaisissa x-akseleissa kuularuuviin kiinnitetään lisäksi hammashihnapyörä. Se kiinnitetään lukitusholkin avulla. Kuvassa 19 lukitusholkki näkyy sinisenä, ja sen rakenteesta on kerrottu aiemmin komponenttien valinnan yhteydessä. Paljekyllin on moottorin ja lukitusholkin välissä.



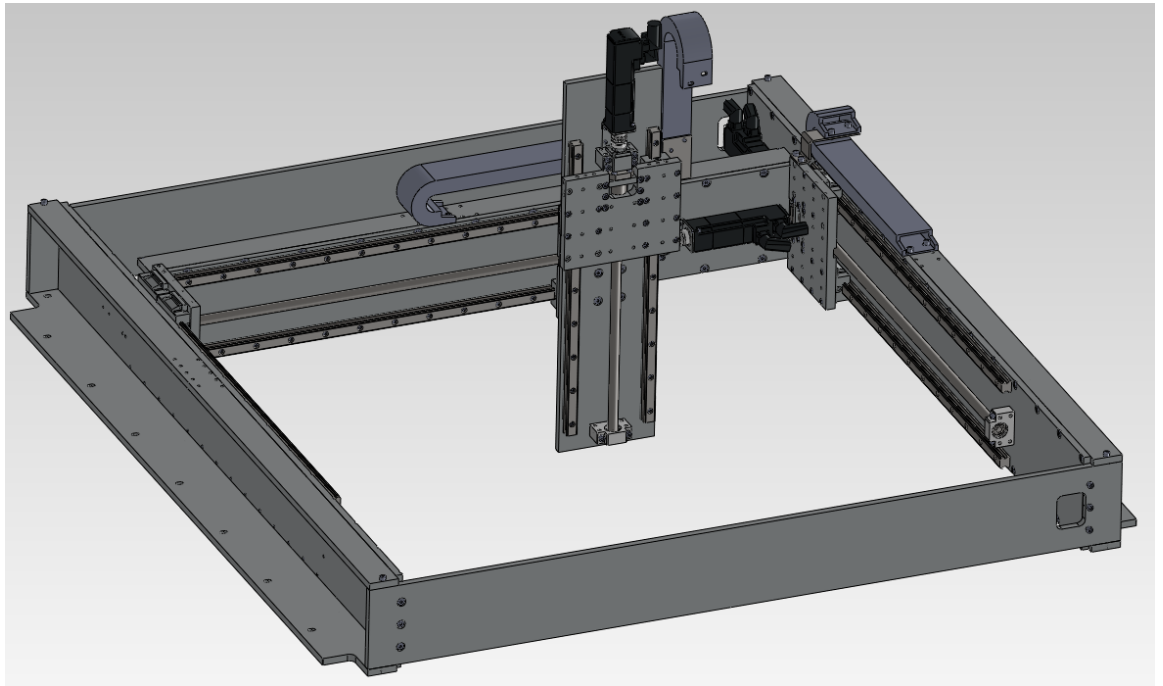
Kuva 19. Kuularuuvin, hammashihnapyörän ja moottorin kiinnitys

Vaaka-asennossa liikkuva y-akseli kiinnitetään kiinteästi rinnakkaisten x-akselien kelkkoihin. Kiinnitys tapahtuu uppokantapulteilla, joita on kuusi kummallakin puolella. Uppokantaiset pultit ovat hyvin keskittäviä, joten niillä saadaan varsin tarkka kiinnitys. Kuvassa 20 on y-akselin kiinnitys x-akselin kelkkaan, y-akseli on oikealla ja x-akseli vasemmalla.



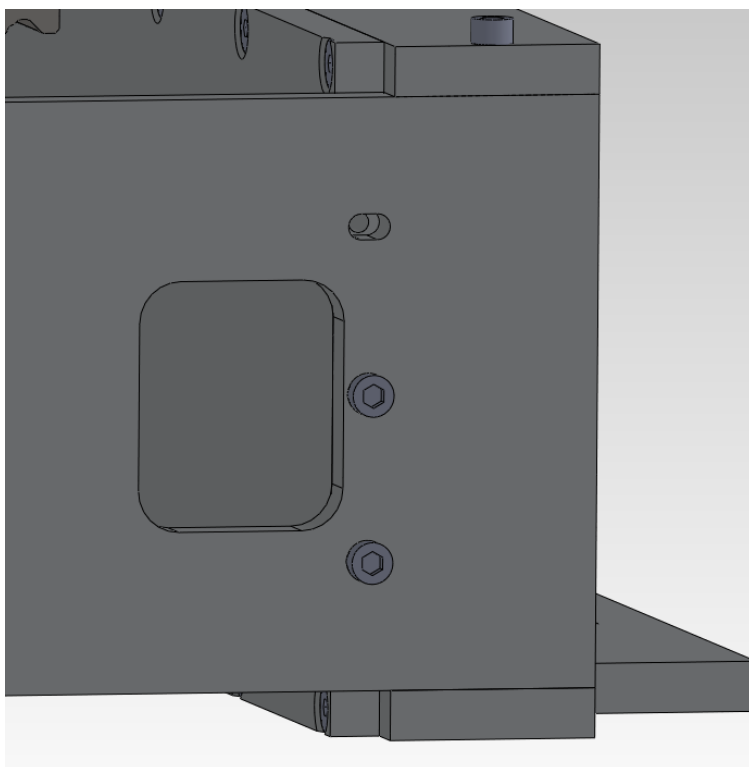
Kuva 20. y-akselin kiinnitys x-akselin kelkkaan

Lineaariakselisto koostuu siis moduuleista, joissa käytetään samaa rakennetta ja samoja komponentteja. Kuvassa 21 on täydellinen kolmen vapausasteen lineaariakselisto. Kokonaisuudessaan rakennelma on varsin kookas. Äärimitat ovat noin 140 x 140 x 75 cm, ja painoa on noin 84 kg. Kuvassa näkyvät rinnakkaiset x-akselit, poikittainen y-akseli ja pystysuuntainen z-akseli. Energiansiirtoketjujen 3D-mallia on yksinkertaistettu piirustusteknisistä syistä. Rakenteen sitoo yhteen edessä ja takana olevat kaksi päätylevyä.

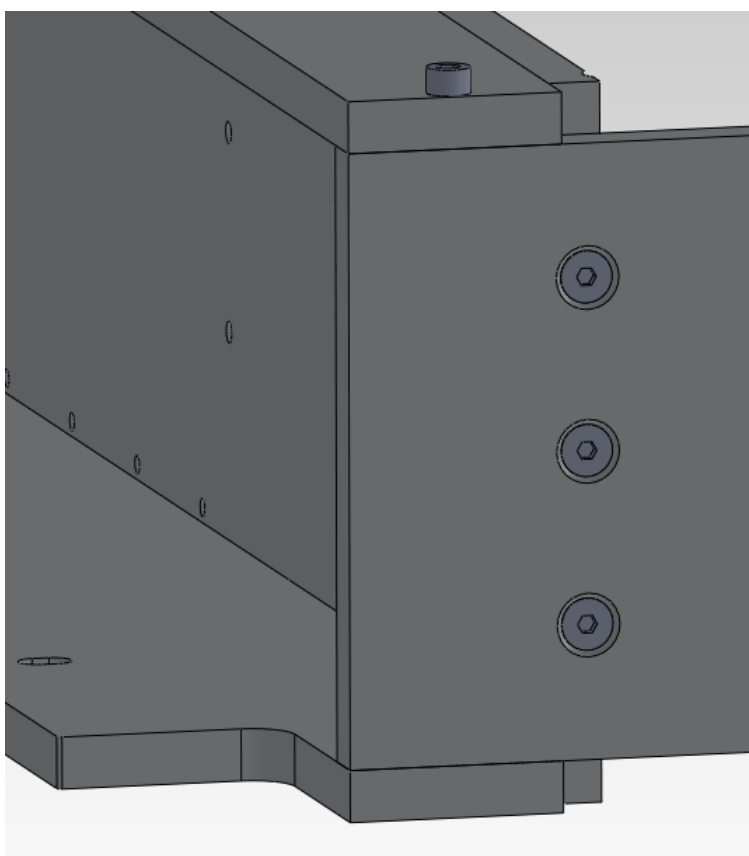


Kuva 21. Kokonainen lineaariakselisto

Lineaariakselisto pitää pystyä säätämään siten, että se liikkuu jouhevasti ja takertelematta. Rinnakkaisiin x-akseleihin kiinnittyvä y-akseli voi aiheuttaa ongelmia. Sen kiinnityksen on oltava toisesta päästä kelluva, jotta x-akselin liike saadaan säädettyä jouhevaksi. Kellutus voidaan toteuttaa myös tekemällä x-akseleiden välisten tukilevyjen toiset päät kelluviksi. Koska käytetään välyksettömiä komponentteja, jo 0,5 mm:n heitto tai asennusvirhe voi aiheuttaa takertelua ja ennen aikaista kulumista. Kellutus toteutettiin sijoittamalla tukilevyjen toiseen päähän hahlot. Rakenne näkyy kuvassa 22, jossa on yksi pultti piilotettu selvyiden vuoksi. Tukilevyn toinen pääty on kiinnitetty keskittäväillä uppokantapulteilla ja se näkyy kuvassa 23.



Kuva 22. Tukilevyn kelluva pääty



Kuva 23. Tukilevyn kiinteä pääty

7 MERKINTÄPÖYTÄ

Merkintäpöydälle eli paletille asemoidaan merkittävät kappaleet. Merkittävä alue on 600 x 600 mm, mutta merkintäpöydän tulee olla tätä isompi, jotta siihen mahtuu suuret kappaleet merkittäviksi. Käytännössä merkintäpöydän tulisi olla niin suuri kuin vain lasermerkintäaseman sisälle saadaan järkevästi mahtumaan. Rakenteen on oltava sellainen, että merkintäpöytä voidaan vaihtaa helposti ja nopeasti toiseen samanlaiseen. Merkintäpöydän pinnassa tulee olla kiinnityspisteitä, jotka ovat yleensä kierrereiat. Niiden avulla merkittävät kappaleet asemoidaan tarkasti omille paikoilleen. Kiinnityspisteiden paikat määräytyvät lopullisesti vasta kun merkittävät tuotteet ovat tiedossa.

Merkintäpöydän on tultava helposti lasermerkintäaseman ulkopuolelle merkittävien kappaleiden vaihtoa varten. Se voi liikkua käsin, automaattisesti, tai se voidaan varustaa palauttavalla tai läpivirtaavalla kuljettimella. Lähtökohtaisesti lähdettiin suunnittelemaan käsin liikuteltavaa vaihtoehtoa. Se on myöhemmässä vaiheessa helposti automatisoitavissa tai korvattavissa esimerkiksi kuljettimella.

7.1 Merkintäpöydän komponentit

Merkintäalusta eli paletti valmistetaan esiplaanatusta alumiinilevystä. Se on samaa kuin lineaariakseliston rungossa käytetty levy. Merkintäalusta asemoidaan apurungon päälle, joka liikkuu johteiden varassa. Kun käytetään teleskooppijohteita, säästetään tilaa ja saavutetaan silti riittävä liikematkä. Teleskooppi- eli pöytälaatikkojohteet ovat hinnaltaan varsin edulliset. Tähän käyttötarkoitukseen niiden tarkkuus on riittävä. Teleskooppijohteita on olemassa useita erilaisia, joiden mitat, iskunpituudet ja kuormankantokyky vaihtelee. Niitä valmistaa esimerkiksi Chambrelan. Tyypillinen teleskooppijohde on kuvassa 24 [38].

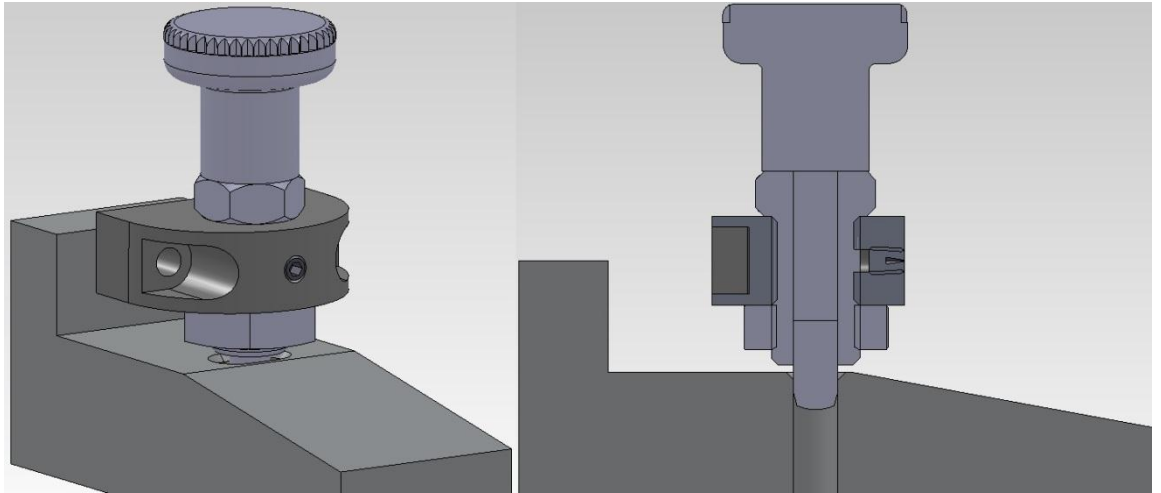


Kuva 24. Tyypillinen teleskooppijohde [38.]

Merkintäpöytä pitää pystyä lukitsemaan, kun se on oikeassa paikassa. Lukitus täytyy olla tarkka ja helposti avattavissa, mutta se ei saa aueta itsestään. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi indeksitapeilla, jotka ovat varsin edullisia. Indeksitapin päässä on tarkkuuskoneistettu tappi, jota jousi painaa alaspäin. Nupista vetämällä tappi saadaan nousemaan sisälle. Indeksitappeja ja niihin sopivia komponentteja, kuten valmiita kiinnitysadaptereja, toimittaa esimerkiksi Halder. Kuvassa 25 on Halderin indeksitappi ja sen kiinnitysadapteri. Kuvassa 26 on indeksitapin 3D-malli käyttökohteessaan ja sen leikkauskuva. 3D-malli on yksinkertaistettu, joten siinä ei näy indeksitapin sisällä olevaa joustaa eikä rakennetta tarkemmin. [39.]

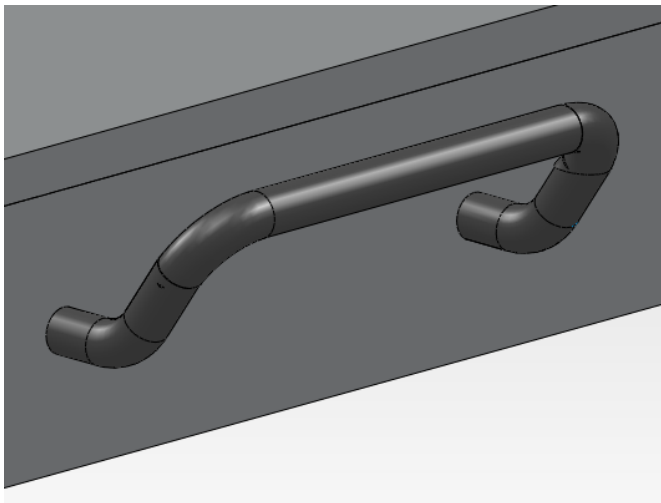


Kuva 25. HALDER-indeksitappi ja sen kiinnitysadapteri [39.]



Kuva 26. Indeksitapin käyttökohde ja leikkauskuva

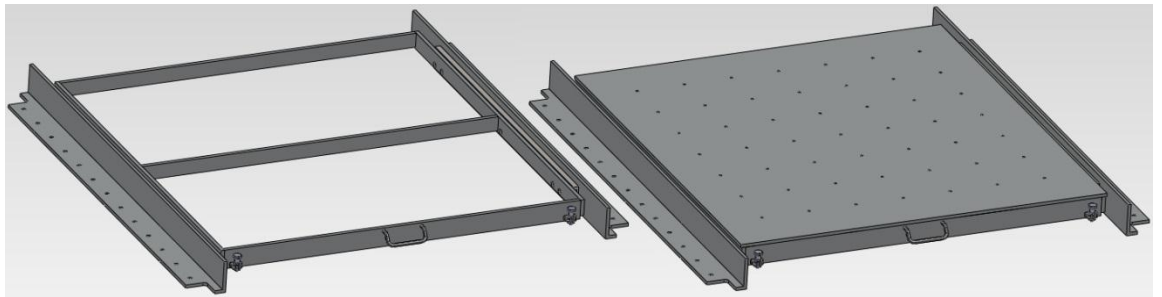
Merkintäpöydän käsittelyn helpottamiseksi on sen etureunaan kiinnitettävä kahva. Kahva valittiin MiniTec-alumiiniprofilivalmistajan tuotekatalogista [9.] Kahvavaihtoehtoja on useita erilaisia, ja taivutetun kahvan käyttöön päädyttiin ahtaan paikan vuoksi. Se näkyy kuvassa 27. Samaa kahvamallia käytetään myös rungon ovien kahvoissa (kuva 33).



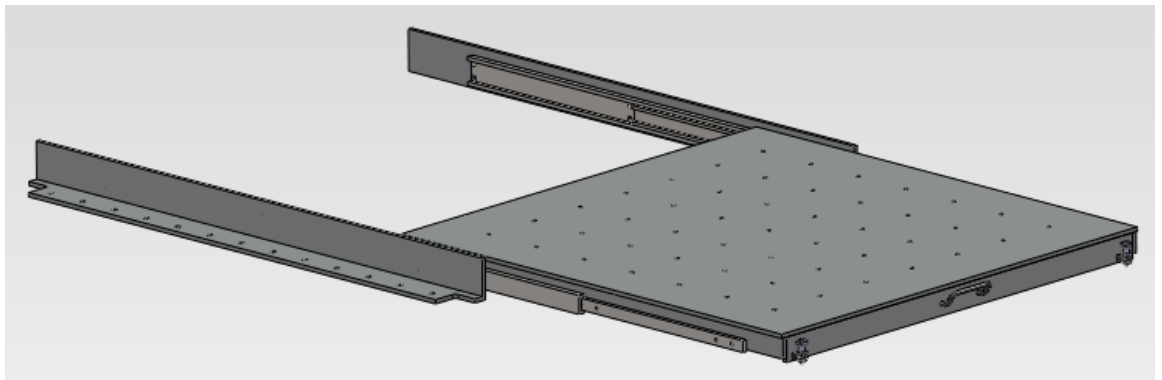
Kuva 27. Indeksipöydän kahva [9.]

7.2 Merkintäpöydän ja rungon rakenne

Merkintäpöydän runko tehdään alumiinista. Runkoon kiinnittyy teleskooppijohteet ja merkintäalusta. Teleskooppijohteet kiinnittyvät alumiinisiin L-profiileihin, jotka taas kiinnittyvät lasermerkintäaseman runkoon. Kuvassa 28 on kuvattuna koko rakenne. Oikealla on merkintäpöytä runkoineen ja vasemmalla merkintäpöytä piilotettuna, jotta rakenne selviää paremmin. Kuvassa 29 on sama rakenne, ulosvedetyllä merkintäpöydällä.



Kuva 28. Merkintäpöydän rakenne



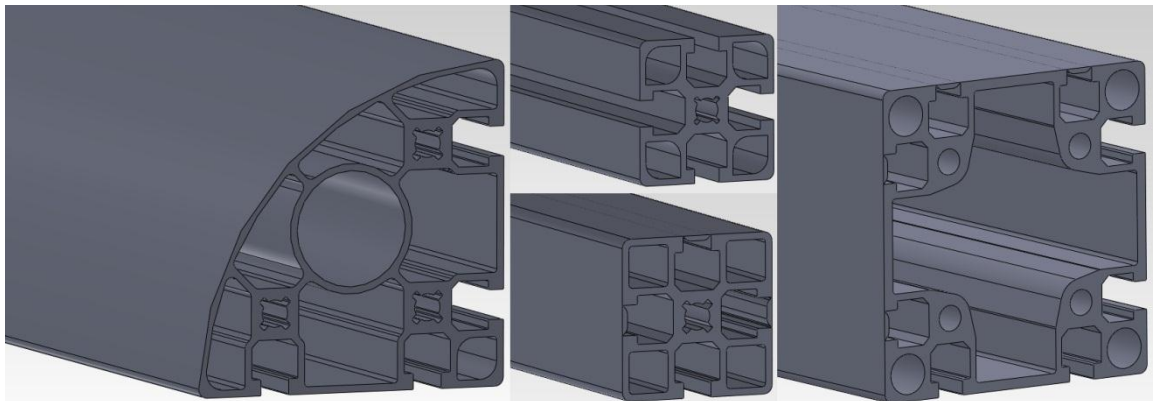
Kuva 29. Merkintäpöytä ulosvedettynä

On huomioitavaa, että kuvien 28 ja 29 3D-malleista puuttuu kiinnitystarvikkeet eli pultit ja mutterit. Ne asennetaan 3D-malliin viimeiseksi, kun muu rakenne on suunniteltu loppuun. Merkintäpöydän suunnittelu ei ole lopullinen, vaan voi muuttua hiukan merkattavien kappaleiden mukaan. Merkintäpöytä suunniteltiin sellaiseksi, että se käy sellaisenaan lasermerkintäaseman pohjalle, missä sen päälle tulevat kaikki ohjauskomponentit. Ulosvedettävä alusta helpottaa säätö- ja huoltotöitä, alumiinisen merkintäalustan tilalle vaihdetaan silloin esimerkiksi peltilevy. Kuvassa 29 näkyvän rakenteen ulkomitat ovat 140 x 140 x 10 cm ja paino on noin 85 kg.

8 RUNKO

Runko valmistetaan pursotetusta alumiiniprofiilista. Rungon tulee olla riittävän jäykkä ja luja, mutta samalla siisti ja edullisesti rakennettavissa. Useilla valmistajilla löytyy tähän tarkoitukseen sopivia alumiiniprofiilijärjestelmiä. Sijoittamalla runko paksun teräslevyn päälle se jäykistyy. Teräslevyn pohjassa olevilla säädettävillä jaloilla runko saadaan epätasaisellakin alustalla pysymään suorassa. Rungon on oltava sen kokoinen, että sen sisälle saadaan mahtumaan kaikki haluttu.

Rungon nurkkien profiiliksi valittiin MiniTecin 90 R 90° -profiili. Sillä saadaan siisti ulkonäkö kaarevien reunojen ansiosta. 90 R 90° -profiili näkyy kuvassa 30 vasemmalla. Kiinnitysuriin voidaan asentaa DIN M8 -mutteri tai profiilitoimittajan oma mutteri, joka voi olla pienempi. Runkokehikön muissa osissa käytetään 45 x 45 (kuvassa keskellä) ja 90 x 90 (kuvassa oikealla) -profileja. Niissä kiinnitysurien lukumäärä ja sijainti vaihtelee eri profiilivaihtoehtojen välillä. [9.]



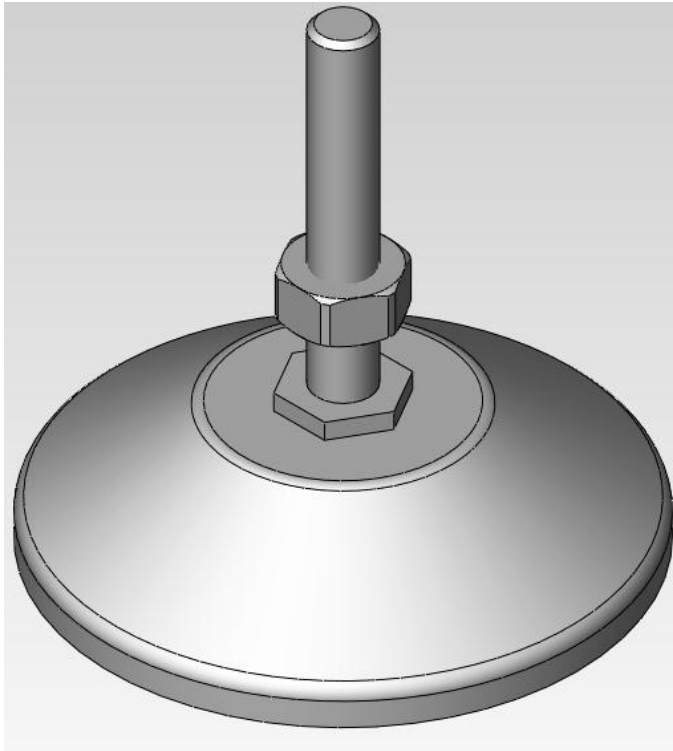
Kuva 30. Rungossa käytettäviä eri profiilityyppejä [9.]

8.1 Rungon kokoonpano

Lasermerkintäaseman runko näkyy kuvassa 31, ja se on teräslevyn päällä, jonka alla on jalat. Profiilirunko on ulkomitoiltaan 150 x 150 x 240 cm ja painaa 82 kg. Profiilien toisensa kiinnittämiseen on olemassa useita eri ratkaisuja halutun käyttökohteen ja ominaisuuksien mukaan. 3D-mallista kiinnikkeet puuttuvat, sillä niiden suunnitteluun ei tässä insinöörityössä jäänyt aikaa. Pohjalla oleva teräslevy on 15 mm paksu, ja sen paino on 260 kg. Kuvassa 32 on eräs MiniTecin jalkamalleista, joka on lasermerkintäasemaan sopiva. Tarvittaessa jalat on helposti vaihdettavissa esimerkiksi malliin, jossa on kiinnitysreiät. [9.]

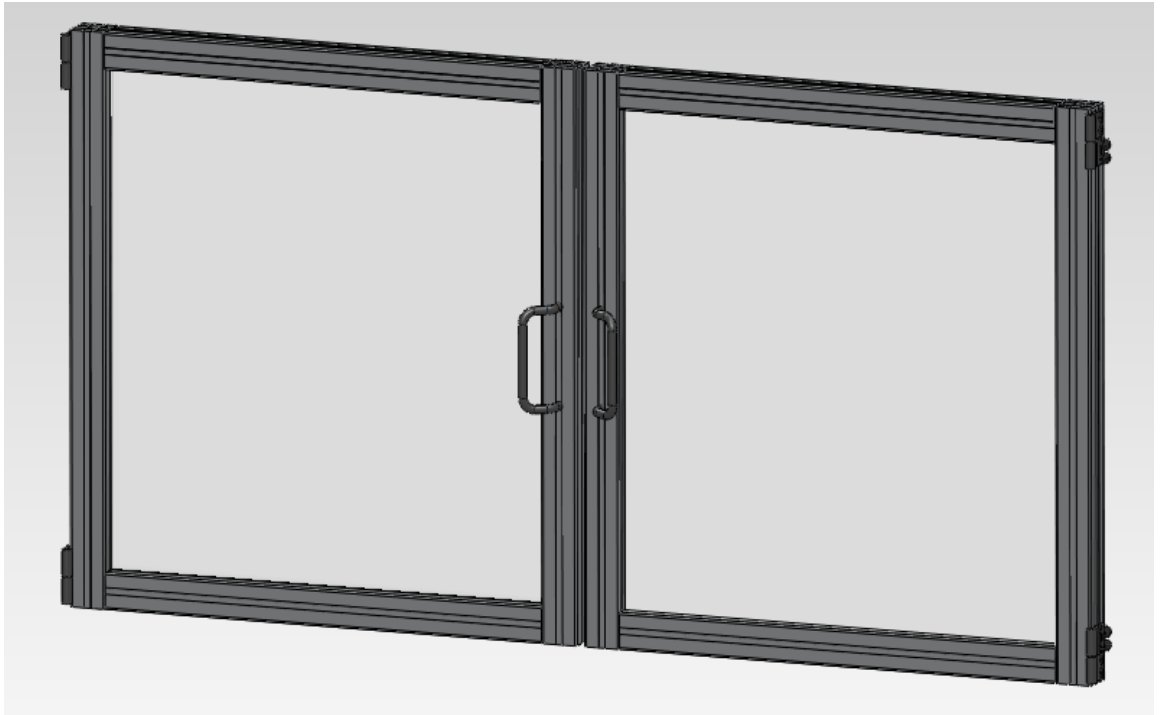


Kuva 31. Lasermerkintäaseman runko, pohjalevy ja jalat

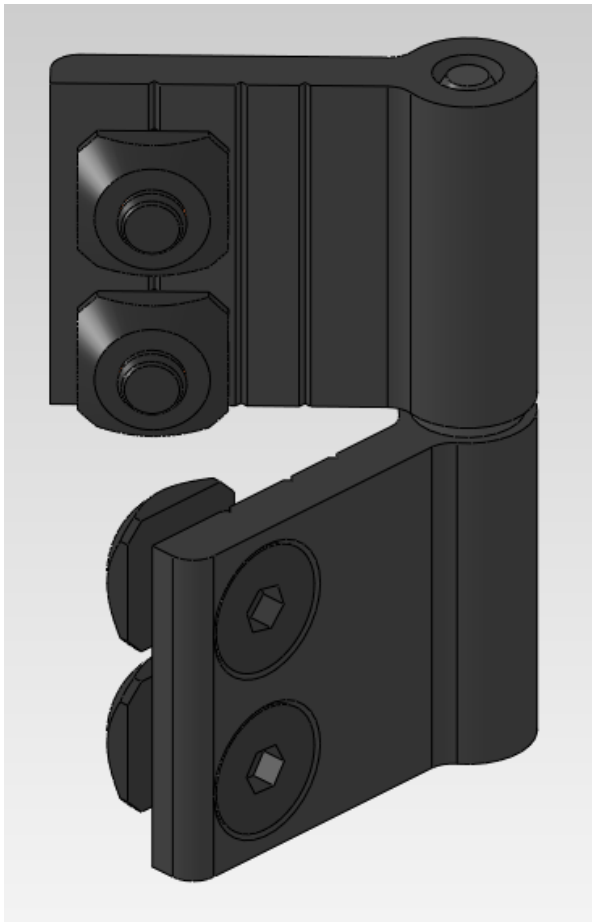


Kuva 32. MiniTec 21.1862/0 -kiinnitysalku [9.]

Lasermerkintäaseman ovet tehdään 45 x 45 alumiiniprofilista ja kiinnitetään MiniTecin saranoiden avulla runkoon. Saranat asennetaan siten, ettei ovia voi nostaa paikaltaan ilman työkaluja. Myös kahvat ovat MiniTecin. Ovien sisälle jääviin uriin saadaan asennusvaiheessa asennettua suojalevy. Käytettäessä ohutta peltilevyä on se tuettava oviin tiivisteillä, jottei se pääse heilumaan. Tiivistettä ei tarvitse käyttää, mikäli käytetään polykarbonaattilevyä, jonka paksuus on 8 mm, sillä se on saman paksuinen kuin profiilissa oleva ura. Kuvassa 33 on ovipari, saranat ja ovenkahvat. Kuvassa 34 on yksi sarana sekä sen pultit ja mutterit. [9.]



Kuva 33. Ovipari, saranat ja kahvat

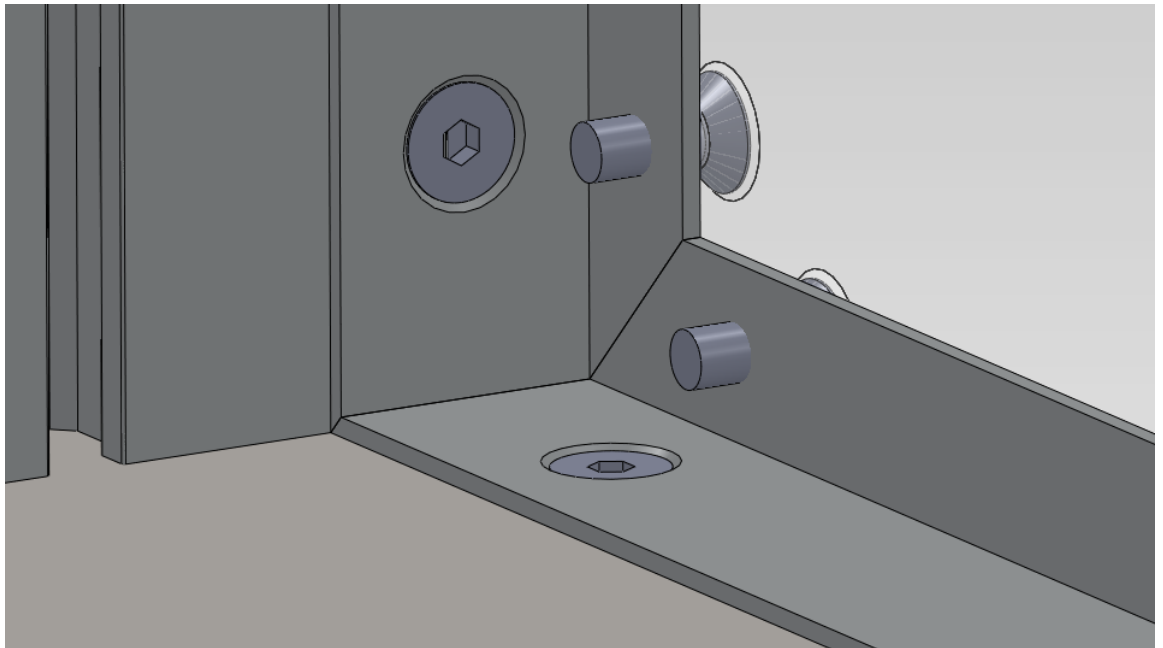


Kuva 34. MinTec 21.1378/0 -sarana [9.]

8.2 Rungon suojaus

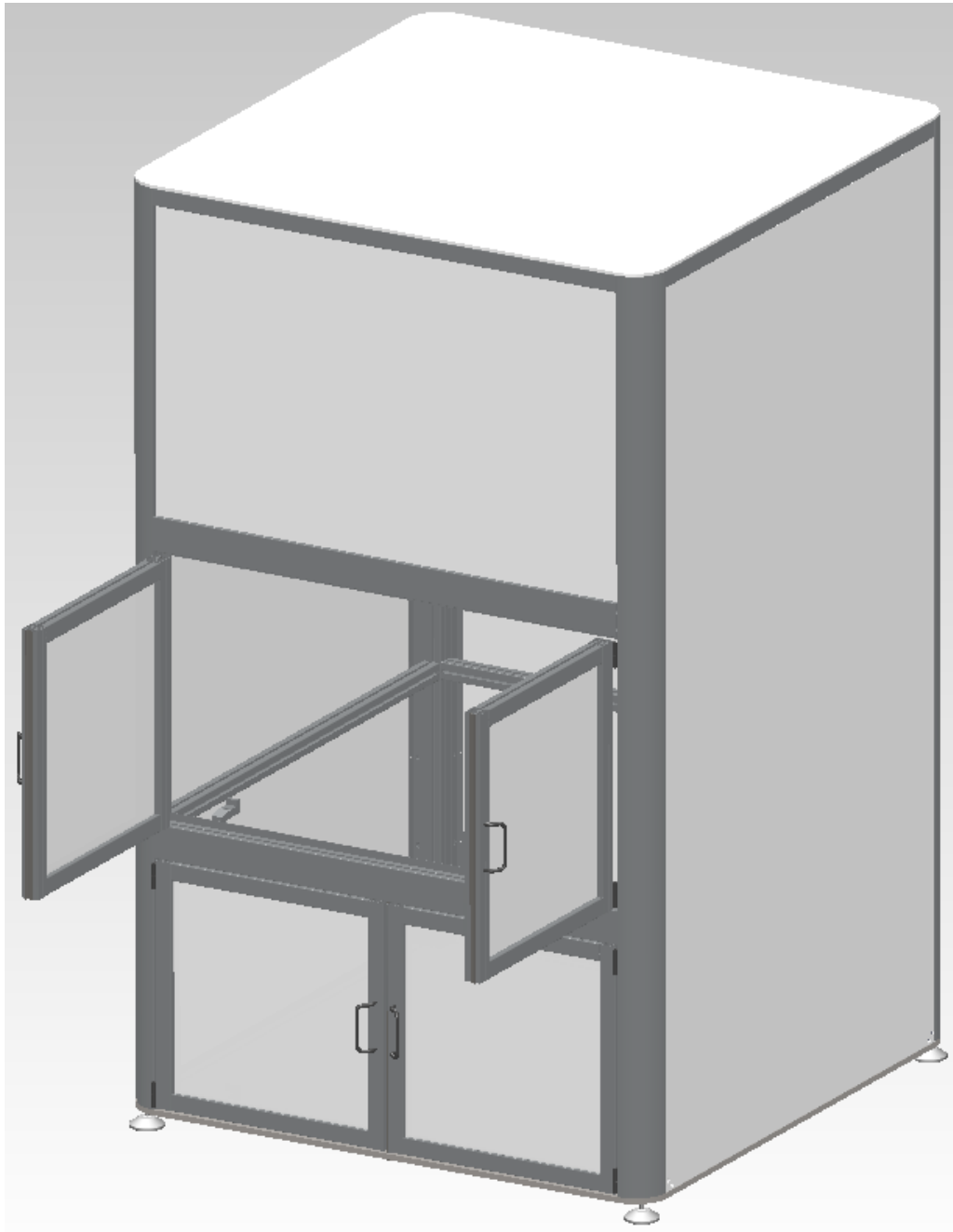
Lasermerkintäasema peitetään suojilla. Suojaus on hyvin olennainen osa lasermerkintäasemaa, ja sillä on kolme keskeistä tehtävää. Se pitää lasersäteet ja savukaasut aseman sisällä, suojaa käyttäjää liikkuvilta osilta ja parantaa aseman ulkonäköä. Isojen ja helposti irrotettavien suojalevyjen käyttö luo siistin ja hillityn ulkonäön, ja se helpottaa huolto- ja asennustöiden suorittamista.

Suojalevyt voidaan valmistaa esimerkiksi muovista tai pellistä. Teräksiset peltilevyt ovat edullisia, ja ne voidaan maalata halutun värisiksi. Levyjen kiinnitys runkoon voidaan toteuttaa käyttämällä valmiita kiinnikkeitä tai alumiinista L-kulmaprofiilia. Kulmaprofiilin käytössä on se etu, ettei lasersäde pääse karkaamaan suojalevyn välistä, vaikka levyn ja rungon väliin jää rako. Se myös tukee levyä hyvin. L-kulmaprofiilin käyttö suojalevyn kiinnitykseen näkyy kuvassa 35. Kuvassa oleva suojalevy on läpinäkyvä, jotta rakenne käy ilmi selvemmin. Ovien ja rungon väliin jäävä rako peitettiin L-kulmaprofiililla.



Kuva 35. Suojalevyjen kiinnitys L-kulmaprofiiliin

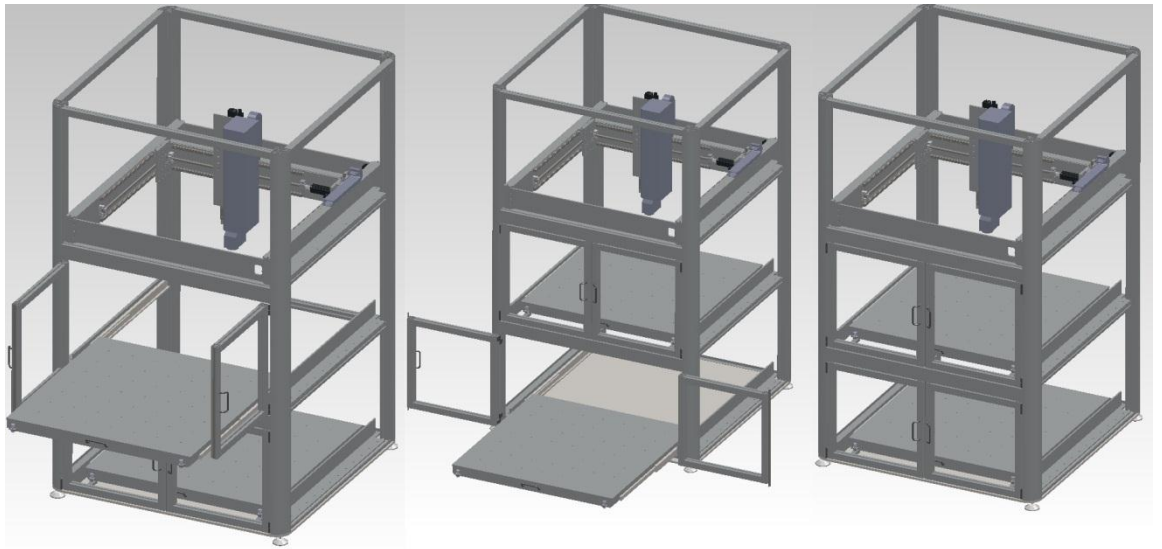
Lasermerkintäaseman runko suojien ja ovien kanssa on kuvassa 36. Painoa rakennelmalla on noin 500 kg. Painon laskennassa on käytetty suojina 8 mm polykarbonaattilevyä. Käyttämällä ohuempaa alumiinilevyä saadaan paino alhaisemmaksi, teräslevyllä paino nousee. Kokonaispainoon vaikuttavat olennaisesti lasermerkintäaseman ulkomitat, esimerkiksi pituus voi olla huomattavasti lyhyempi. Tehokkain CO₂-laser suurimman polttovälin linssillä varustettuna vie korkeussuunnassa varsin paljon tilaa. Käytettäessä lyhyen polttovälin linssiä ja pienintä kuitulaseria voidaan kokonaiskorkeutta pienentää kymmenillä senteillä.



Kuva 36. Lasermerkintäaseman runko suojalevyillä ja ovilla varustettuna

8.3 Moduulien kiinnitys runkoon

Moduulit voidaan nostaa runkoon kokonaisina, ja ne kiinnitetään rungossa oleviin profiileihin. Kuvassa 37 on lasermerkintäaseman täydellinen kokoonpano ilman suojalevyjä, jotta rakenne näkyy paremmin. Vasemmalla ylemmät ovet ovat auki, ja siinä merkittävät kappaleet asetetaan merkintäalustalle. Keskellä alemmat ovet ovat auki ja merkintäasema on huoltoasennossa. Silloin ohjaukseen sekä elektroniikkaan päästään käsiksi. Oikealla olevassa mallissa lasermerkintäasema on asennossa, jossa merkintä tapahtuu.



Kuva 37. Lasermerkintäasema täyttö-, huolto- ja merkintäasennossa

Lasermerkintäasema painaa kokonaisuudessaan noin 770 kg. On kuitenkin muistettava, että mm. elektroniset ohjauskomponentit ja muut lisälaitteet tuovat lasermerkintäasemalle lisäpainoa. Myös lopullinen korkeus vaikuttaa kokonaispainoon. Aseman kokonaiskorkeus on noin 2450 mm, mutta se voi vaihdella hieman, riippuen säädettävien jalkojen asennosta. Asema on neliskulmainen ja mitoiltaan 1500 x 1500 mm. Lasermerkintäasema tulee valmistuttuaan olemaan hyvin samannäköinen kuin kuvassa 38.



Kuva 38. Lasermerkintäasema kokonaisuudessaan

9 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Insinööriyön tuloksena syntyi tutkielma dynaamisesta lasermerkintäasemasta. Se käsittää rungon, lineaariakseliston, lineaariakseliston komponentit, merkintäpöydän ja manuaalisen syöttimen sekä aseman suojat. 3D-mallin suunnittelun ohessa ehdittiin tekemään valmistuskuvat lineaariakselistosta.

Suunniteltu lineaariakselisto on sellaisenaan valmistettavissa valmistuskuvien perusteella. Lineaariakselistosta puuttuu kuitenkin hammashihnan kiristin. Sitä ei lisätty 3D-malliin, koska välyksettömän hihnan saatavuutta ja hintaa ei voitu varmistaa. Hihnoja on saatavilla erimittaisina ja tarvittaessa myös määrämittaan tehtyinä, mutta yksilölliset spesiaaliratkaisut ovat kalliita. Rakenne voidaan myös suunnitella tietylle hihnan pituudelle, jolloin kiristintä ei tarvita lainkaan. Riittävä tarkkuus saatetaan saavuttaa myös standardihihnalla, ja se on edullinen. Hihnakiristin on myöhemmin helposti lisättävissä olemassa olevaan rakenteeseen.

Lineaariakselistosta puuttuvat myös päätyanturit. Asema voidaan toteuttaa tietyin varauksin ilman antureita. Se edellyttää älykkäitä servo-ohjaimia ja absoluuttisia matkanmittausantureita. Valitut Siemensin servot ja servo-ohjaimet sallivat käytön ilman anturointia. Anturit ovat myöhemmin helposti lisättävissä, ja oikean anturin valinnasta ja tarpeellisuudesta on kysyttävä ohjelmoinnista vastaavan mielipidettä. Anturin paikka on oltava säädettävissä.

Kalliimpia yksittäisiä komponentteja ovat moottorit ja niiden ohjaimet. Moottorien vertailu oli kattava ja vei paljon aikaa. Lineaariakseliston suunnittelua ei voinut viimeistellä ennen kuin moottorit oli valittu. Moottoreiksi valittiin Siemensin 100 W servot. Runkoa ei voinut suunnitella lopulliseen korkeuteensa, sillä sen korkeus riippuu merkittävistä kappaleista ja käytössä olevasta laserista. Korkeutta on kuitenkin helppo muuttaa.

Yhteyttä pidettiin työn tilaajaan aina kun oli tarvetta. Rakennerratkaisuista keskusteltiin ja tarvittaessa pohdittiin yhdessä, jotta työ eteni oikealla tavalla. Suunnittelutyöt ovat usein laajoja, ja huolelliseen suunnitteluun kuluu paljon aikaa. Alussa tavoitteena oli käyttää valmista lineaariakselistoa, mutta lineaariakselisto päätettiin suunnitella itse. Aiheena lineaariakseliston suunnittelu itsessään olisi ollut laajuudeltaan yhden insinööriyön laajuinen.

Lasermerkintäaseman mekaniikkasuunnitteluun kului noin 250 työtuntia. Kokonaisuudessaan työ vei aikaa arviolta vajaa 400 tuntia. Komponenttien vertailu ja tarjouskyselyt veivät paljon aikaa. Useinkaan työtä ei voinut jatkaa, ennen kuin edeltävät työvaiheet oli tehty.

Suunnittelussa ei useinkaan ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa vaihtoehtoa. Rakenne voidaan toteuttaa teknisesti useammalla eri tavalla. Tässä insinööriyössä nähdyt ratkaisut edustavat omaa näkemystäni. Niitä on esitetty työn tilaajalle ja tarvittaessa muutettu tilaajan toiveiden mukaisiksi.

Työ kyettiin toteuttamaan siihen valmiusasteeseen, joka oli näillä tiedoilla mahdollista. Työn tuloksena syntyi tutkielma dynaamisesta lasermerkintäasemasta, jonka pohjalta voidaan käynnistää varsinaisen prototyypin suunnittelu ja valmistus.

10 YHTEENVETO

Lasermerkintäaseman suunnittelu itsenäisesti oli laaja ja haastava insinöörityö. Lasermerkintä on nopea ja edullinen merkintätapa, joka on yleistymässä nopeasti. Työ tutustutti eri valmistajiin ja komponenttitoimittajiin ja niiden tarjoamiin ratkaisuihin teollisuuden automatisointiin ja koneenrakennukseen. Lisäksi tutustuttiin alihankkijoihin ja niiden valmistusmenetelmiin.

Työ opetti paljon servotekniikasta ja -ohjaimista. Komponentteja vertaillessa niiden mitoitusperiaatteet tulivat tutuiksi. Lisäksi komponenttitoimittajien järjestämiin koulutuksiin pääsi osallistumaan. Niissä käsiteltiin koneenrakennuksen komponentteihin ja insinöörityöhön liittyviä asioita. Myös lasermerkinnästä ja konedirektiivistä tuli opittua uutta.

Työn tavoitteena oli suunnitella edullinen lasermerkintäasema, jolla merkitään kerralla suuri ala. Työ onnistui odotusten mukaisesti, ja sen pohjalta voidaan aloittaa varsinaisen prototyypin suunnittelu ja valmistus. Prototyypin suunnittelun eteenpäin viemiseksi täytyy tietää merkittävät kappaleet, sekä päättää käytettävä lasermerkkain ja sen linssi. Lasermerkintäaseman valmistus vaatii suunnittelun lisäksi mm. osien valmistamista, kokoonpanoa, lineaariakselien säätämistä ja ohjelmointia.

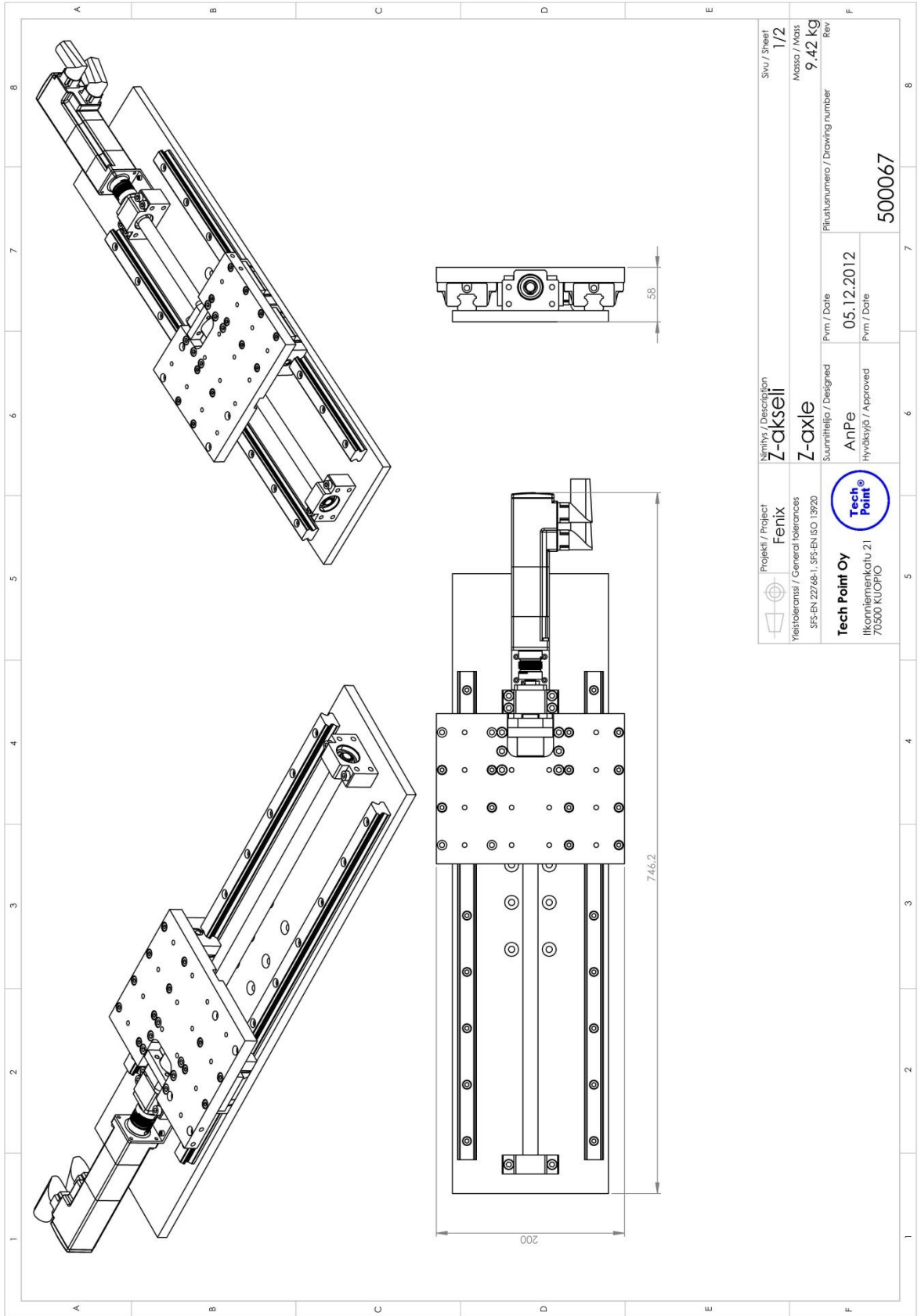
Työ oli suurimmaksi osaksi 3D-mallintamista ja valmistuskuvien tekoa SolidWorks-ohjelmalla ja sopivien komponenttien vertailua. 3D-mallinnustaidot paranivat ja mallinnusohjelman käyttö monipuolistui huomattavasti. Laserin mekaanisen työstön lukuisat mahdollisuudet yllättivät. Tulostimissa lasertulostin on nykypäivänä yleisin tulostintyyppi, todennäköisesti teollisuudessa tulee käymään pian samoin.

LÄHTEET

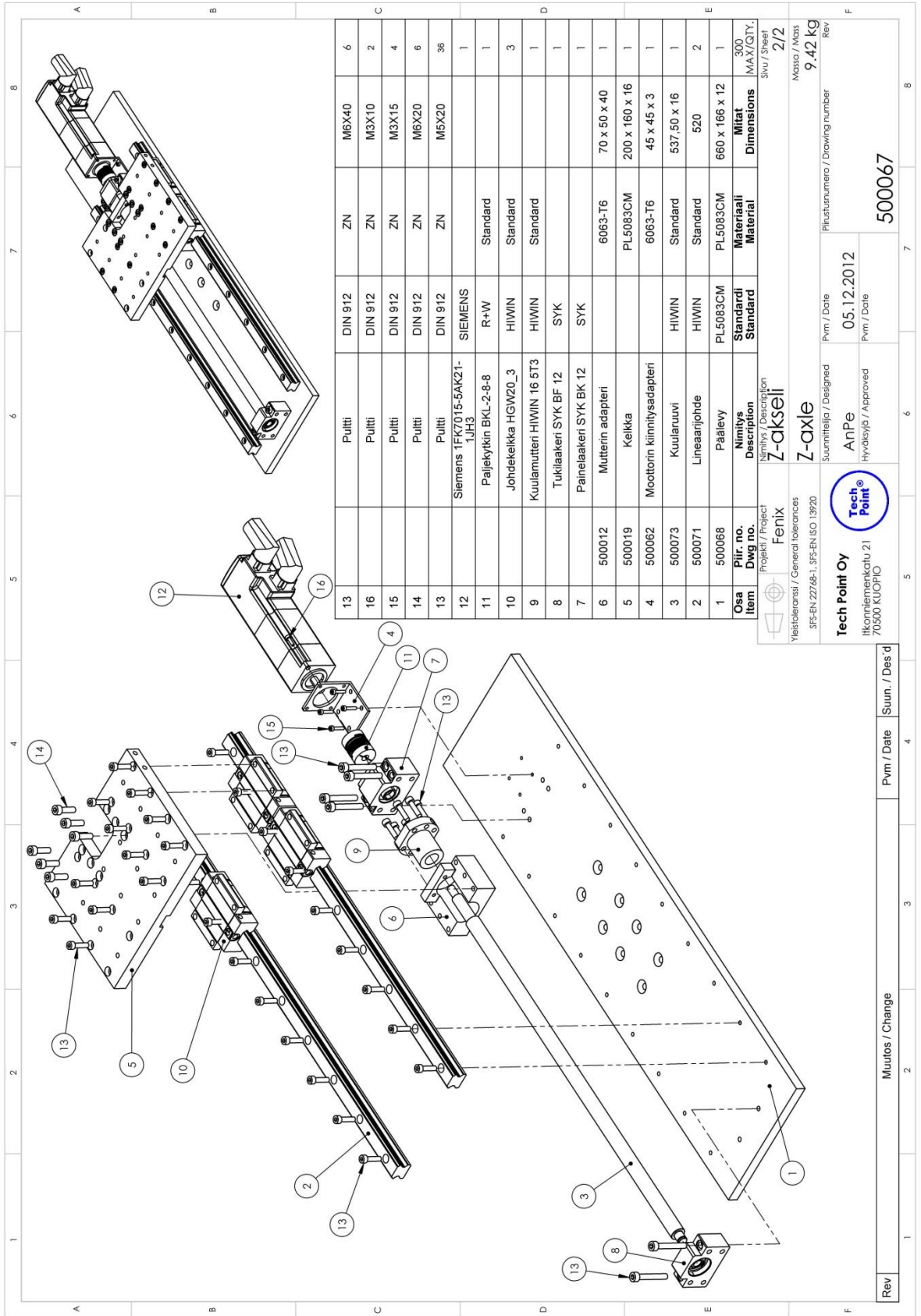
1. Servicepoint Kuopio Oy:n kotisivut. Luettu 27.3.2013. www.servicepoint.fi
2. Service Groupin kotisivut. Luettu 27.3.2013. www.servicegroup.fi
3. Tech Point Oy:n kotisivut. Luettu 27.3.2013. www.techpoint.fi
4. Ion, J.C. 2005. Laser Processing of Engineering Materials: Principles, Procedure and Industrial Application. Jordan Hill, GBR: Butterworth.Heinemann. ISBN 0-7506-6079-1
5. Ionix Oy:n internetsivut [WWW-dokumentti]. Luettu 7.2.2013.
<http://ionix.fi/teknologiat/lasertyosto/lasermerkkaus>
6. Suomen Teollisuusmerkintä Oy:n kotisivut. Luettu 27.3.2013. www.teolmerk.fi
7. EU:n sivusto Edustusta Suomessa, CE-merkintä: tuote vastaa vaatimuksia. Luettu 28.2.2013. http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779_fi.htm
8. Tech Point Oy Timo Tervonen, Servicepoint Kuopio Oy Tomi Akiola, Suomen Teollisuusmerkintä Oy Timo Tornberg, palaveri Tech Pointilla 16.1.2013.
9. MiniTec tuotekatalogi. 2012.
10. Servicepoint Kuopio Oy Tomi Akiola, Tech Point Oy Timo Tervonen. Palaveri Tech Pointilla 4.3.2013.
11. SolidWorks kotisivut. Luettu 27.3.2013. www.solidworks.fi
12. Savonia ammattikorkeakoulun muotoilualan opiskelijan Olli Taskisen Facebook -haastattelu. 27.12.2012.
13. SMC Worldwide leading experts in pneumatics, sähköisten ja pneumaattisten komponenttien valmistajan kotisivut. Luettu 25.1.2013. www.smc.fi
14. Bosch Rexroth lineaaritekniikan esite. Luettu 2.3.2013. [WWW-dokumentti]
www.boschrexroth.fi/country_units/europe/finland/fi/esitteet_ja_dokumentaatiot/downloads/Lineaaritekniikka_2012.pdf
15. 3D ContentCentral, 3D-komponenttikirjasto. Luettu 20.2.2013.
www.3dcontentcentral.com
16. SolidComponents, 3D-komponenttikirjasto. Luettu 23.2.2013.
www.solidcomponents.com
17. TraceParts, 3D-komponenttikirjasto. Luettu 23.2.2013. www.tracepartsonline.net
18. Servicepoint Kuopio Oy:n ohjelmoija Harry Äikäs. Puhelinhaastattelu 22.1.2013.

19. Movetec Oy:n myyntiedustaja Jere Korhonen. Puhelinhaastattelu 4.2.2013.
20. HIWIN komponenttitoimittajan kotisivut. Luettu 24.1.2013. www.hiwin.com
21. Movetec komponenttitoimittajan kotisivut. Luettu 24.1.2013 www.movetec.fi
22. R+W kytkintoimittajan kotisivut. Luettu 24.1.2013. www.rwcouplings.com
23. Movetec. Hammashihnat, Lineaaritekniikka -esite. Luettu 4.3.2013. [WWW-dokumentti]
www.movetec.fi/images/pdf/lineaaritekniikka2.pdf
24. Mulco -hammashihnavalmistajan kotisivut. Luettu 5.1.2013.
<http://mulco.gwj.de/en/index.htm>
25. Tollok -lukitusholkkien esite. Luettu 1.3.2003. [WWW-dokumentti]
www.tollok.com/cataloghi/Catalogo%20TOLLOK%20inglese.pdf
26. IGUS teollisuuskomponenttien valmistajan kotisivut. Luettu 25.2.2013. <http://igus.com>
27. Servicepoint Kuopio Oy Harry Äikäs, Tomi Akiola. Palaveri Tech Pointilla 4.3.2013.
28. Moves Oy:n Matti Palomäki. Puhelinhaastattelu ja sähköpostiviesti 20.2.2013.
29. Bosch Rexroth Oy:n Petri Salminen. Puhelinhaastattelu ja sähköpostiviestit 27.2.2013 ja 1.3.2013.
30. Festo Oy:n Anssi Gröhn. Sähköpostiviesti 22.2.2013.
31. Lönne Scandinavia Oy:n Aleksi Lappalainen. Puhelinhaastattelu ja sähköpostiviestit 22.2.2013.
32. Movetec Oy:n Vesa Seiriö. Sähköpostiviesti 29.1.2013.
33. Movetec Oy:n Tomi Juutilainen. Sähköpostiviestit 22.2.2013.
34. Siemens Oy:n Petri Salminen. Puhelinhaastattelu ja sähköpostiviestit 13.3.2013.
35. Thyssen Krupp Aerospace Finland Oy materiaalitoimittajan tuoteartikkeli. Luettu 5.3.2013. www.thyssenkrupp.fi/tasoalumiinit/alumiinit/tasoalumiinit
36. Kuopion Konepaja Oy:n myyntipäällikkö Ilkka Finne. Puhelinhaastattelu 15.2.2013.
37. Wegera Oy:n Petri Lyytinen. Sähköpostiviesti 21.2.2013.
38. Chambrelan teleskooppijohteiden valmistajan kotisivut. Luettu 20.3.2013.
www.chambrelan.com
39. Halder komponenttitoimittajan kotisivut. Luettu 20.3.2013. www.halder.com

Merkki	FESTO	HIWIN	ORIENTAL MOTOR	MOVES
Moottorin nimi	EMMS-ST-57-S-SE-G2		AR69AK-2	MS71B-6
Moottorin tyyppi	Askelmoottori	Servo	Askelmoottori	Oikosulkumoottori
Ohjaimen tyyppi	CMMS-ST-C8-7-G2 (älykäs)	ABB (älykäs paikoitus)	Pulssijanaohjaus (servovahvistin)	Vektorisäätoinen taaajuusmuuttaja
Väyliäliitäntä ja tyyppi	Profibus/CANopen	Profinet	RS 485 (sarjaväylä)	Modbus RTU
Moottorin vääntö	0.8 N	1.3 N	2 N	2.65 N
Jännite	24-48 V		24-48 V	400 V
Kierrosnopeus rpm		2720		1600 900 -1800
Akselin halkaisija mm		14		10 14
Takaisinkytkentä		Inkrementaali	Resolveri	Inkrementaali
Yhteyshenkilö	Jukka Virta	Tomi Juutilainen	Vesa Seiriö	Matti Palomäki
Numero	(0)40 776 3721	(0)400 465 971	(0)400228288	(0)50 557 1311
Sähköposti	jukka.virta@fi.festo.com	tomi.juutilainen@movetec.fi	vesa.seiriö@movetec.fi	matti.palomaki@moves.fi
Muuta	can väylä vakiona Hallittu hätäpysäytys			Huom! Ei täytä ohjauksen speksejä! Taaajuusmuuttaja ei takaisinkytketty.
Merkki	YASKAWA	YASKAWA	SIEMENS	BOSCH REXROTH
Moottorin nimi	SGMJV-01ASA61 AC- 0.10KW 20Incd	SIME-01AMC41-OY AC MOTOR 0.1kW	1FK7011-5AK21-1JH3	MM5M031B-0300-NN-M0-CHO
Moottorin tyyppi	Servo	Servo	Servo	Servo
Ohjaimen tyyppi	SGDV-R90A01A (servovahvistin)	SIDE-01APA-OY (servovahvistin)	Älykäs ohjaus	IndraDrive HCS01.1E-W0003 (älykäs)
Väyliäliitäntä ja tyyppi	Profinet	Mechatrolink 2	Profinet	Profinet/multi ethernet
Moottorin vääntö	1.11 N		0,42 N	0,32/0,95 N
Jännite		300 V		1x230 N
Kierrosnopeus rpm	3000 (max 6000)		6000	5000
Akselin halkaisija mm			8	8
Takaisinkytkentä		Absoluutti encoder	Absoluutti encoder	Multiturn absoluutti encoder
Yhteyshenkilö	Aleksi Lappalainen	Aleksi Lappalainen	Jukka Pusa	Petri Salminen
Numero	(0)45 2755 373	(0)45 2755 374	(0)50 543 5182	(0)10 3441 549
Sähköposti	aleksi.lappalainen@lonne.com	aleksi.lappalainen@lonne.com	jukka.pusa@siemens.com	petri.salminen@boschrexroth.fi
Muuta	Ei älykäs ohjaus	Ei älykäs ohjaus	Älykäs ohjaus	Älykäs ohjaus



Projekti / Project Fenix		Nimi / Description Z-akseli		Sivu / Sheet 1/2	
Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768-1, SFS-EN ISO 13920		Suunnittelija / Designed Z-oxle		Massa / Mass 9,42 kg	
Tech Point Oy Ilkominenkatu 21 70500 KUOPIO		ArPe Hyväksyjä / Approved		Pvm / Date 05.12.2012	
Tech Point®		Puhutunnus / Drawing number 500067		Rev	



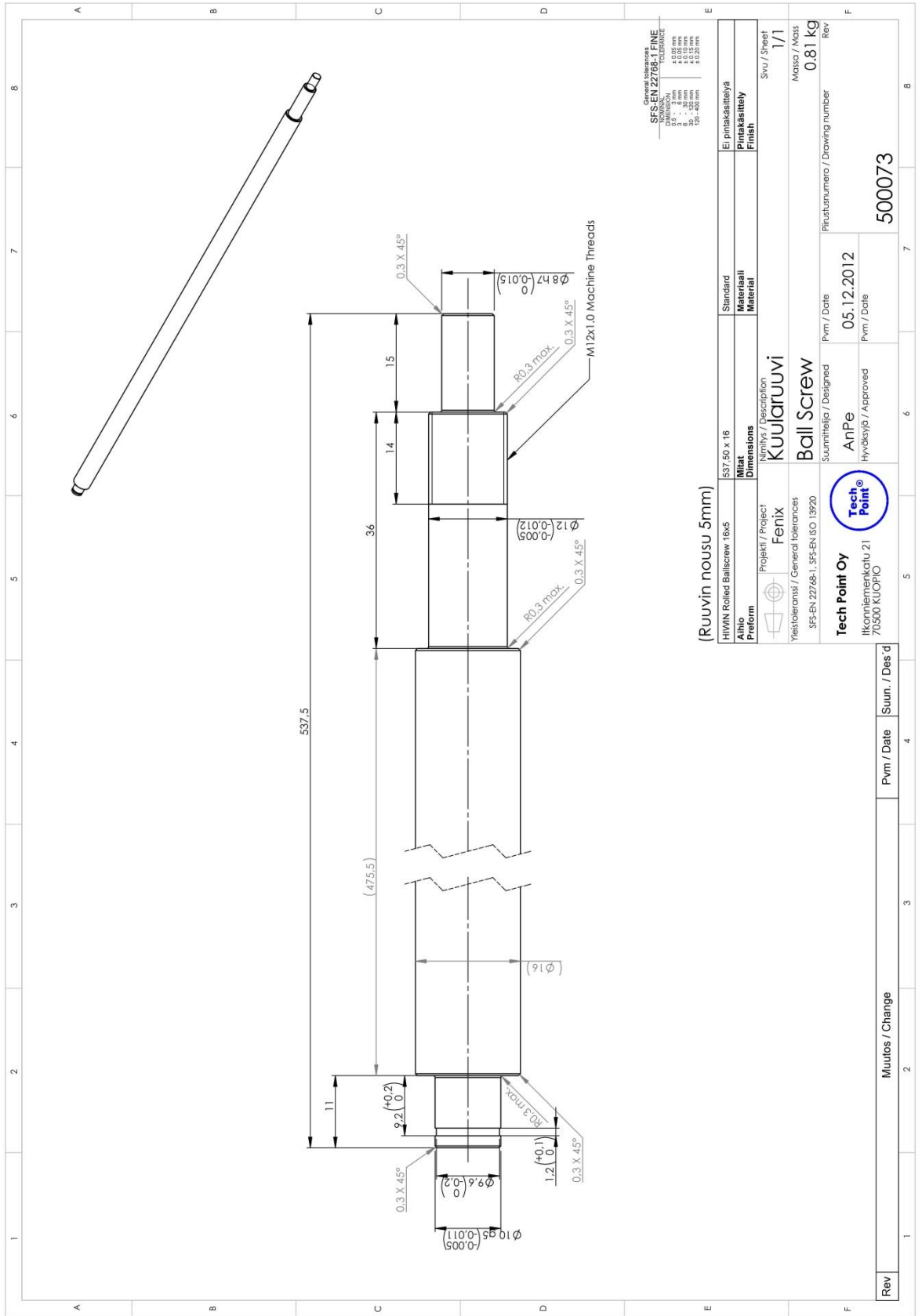
Osa Item	Piir. no. / Dwg no.	Nimitys / Description	Standardi / Standard	Materiaali / Material	Mitat / Dimensions	Määrä / Qty.
13		Pultti	DIN 912	ZN	M6X40	6
16		Pultti	DIN 912	ZN	M3X10	2
15		Pultti	DIN 912	ZN	M3X15	4
14		Pultti	DIN 912	ZN	M6X20	6
13		Pultti	DIN 912	ZN	M5X20	36
12		Siemens 1FK7015-5AK21-1JH3	SIEMENS			1
11		Pajekytin BKL-2-8-8	R+W	Standard		1
10		Johdekeikka HGW20_3	HIWIN	Standard		3
9		Kuulamutteri HIWIN 16 5T3	HIWIN	Standard		1
8		Tukilaakeri SYK BF 12	SYK			1
7		Painelaakeri SYK BK 12	SYK			1
6	500012	Mutterin adapteri		6063-T6	70 x 50 x 40	1
5	500019	Keikka		PL5083CM	200 x 160 x 16	1
4	500062	Mootorin kiinnitysadapteri		6063-T6	45 x 45 x 3	1
3	500073	Kuularuuvi	HIWIN	Standard	537,50 x 16	1
2	500071	Lineaarijohde	HIWIN	Standard	520	2
1	500068	Päälevy	PL5083CM	PL5083CM	660 x 166 x 12	1

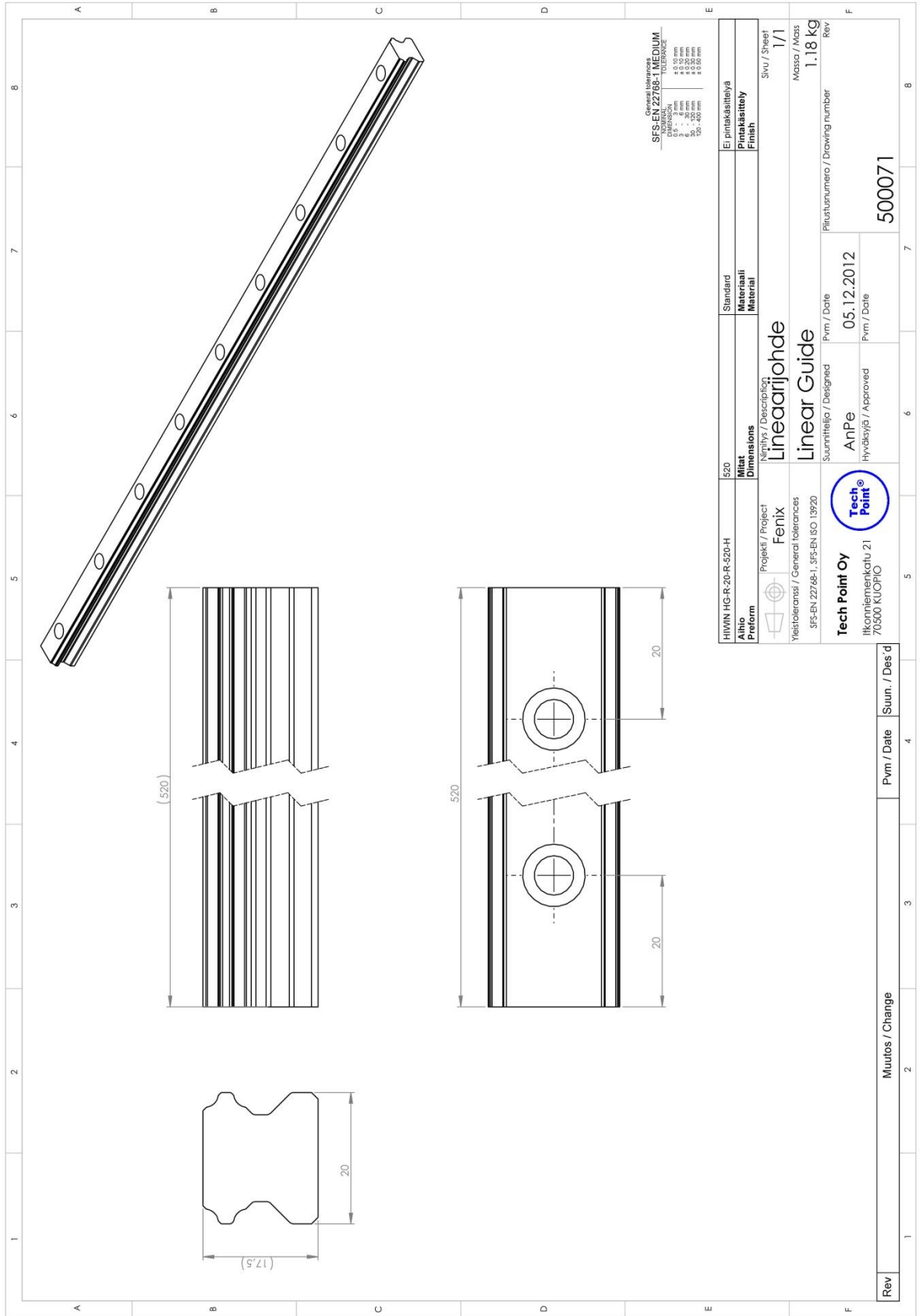
Nimitys / Description: **Z-akseli**
 Projekt / Project: Fenix
 Yleistoleranssi / General tolerances: SFS-EN 22768-1, SFS-EN ISO 13920
 Pvm / Date: 05.12.2012
 Hyväksyjä / Approved: ANPE
 Suunnittelija / Designed: Piiusunnitelma / Drawing number: 500067
 Pvm / Date: 05.12.2012
 Hyväksyjä / Approved: ANPE
 Määrä / Qty.: 300
 Sivut / Sheets: 2/2
 Massa / Mass: 9.42 kg



Tech Point Oy
 Itkonniemenkatu 21
 70500 KUOPIO

Rev	Muutos / Change	Pvm / Date	Suun. / Des'd





General tolerances
SFS-EN 22768-1 MEDIUM

Dimension	Tolerance
0 - 3 mm	± 0.10 mm
3 - 6 mm	± 0.15 mm
6 - 30 mm	± 0.20 mm
30 - 120 mm	± 0.30 mm
120 - 400 mm	± 0.50 mm

HIMIN HG-R-20-R-520-H		520	Standard	Ei pintakäsittelyä
Aihio		Mitat	Materiaali	Pintakäsittely
Preform		Dimensions	Material	Finish
Projekti / Project		Nimi / Description		
Fenix		Lineaarijohde		
Yleis toleranssi / General tolerances		Linear Guide		
SFS-EN 22768-1, SFS-EN ISO 13920		Suunnittelija / Designed		
Tech Point Oy		Pvm / Date		
Ikkomienkatu 21		ANPe		
70500 KUIOPIO		Hyväksyjä / Approved		
Pvm / Date		05.12.2012		
Pvm / Date		Pivustusnumero / Drawing number		
Pvm / Date		1.18 kg		
Pvm / Date		Rev		
Pvm / Date		500071		