



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# MOTION CONTROL –KAMERA- ALUSTAN SUUNNITTELU

Zoan Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Suunnittelupainotteinen mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Tommi Ranta

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

Ranta, Tommi Ari Olavi:

Motion Control –kamera-alustan suunnittelu

Suunnittelupainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 23 sivua, 5 liitesivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Zoan Oy:lle videokuvauksessa ja valokuvauksessa käytettävä kuvauslaite. Laite suunnitellaan annettujen vaatimusten perusteella. Vaatimukset ja käyttökohteet tarkentuivat yrityksen kanssa käymissäni keskusteluissa. Tarkoituksena oli tuottaa mahdollisimman yksinkertainen, mutta vaatimukset täyttävä laitteisto.

Laitteistossa käytettäisiin järjestelmäkameraa, joka liikkuisi vaaka- ja pystysuunnassa. Laitteella tulisi olla mahdollista ottaa identtisiä otoksia useampaan kertaan. Liikkeen nopeutta pitäisi voida säätää, ja sen tulisi olla mahdollisimman tasaista. Kahden akselin ohjauksen tulisi olla tietokoneohjattua ja liikeratojen mahdollisimman monipuolisia.

Työhön kuului tarvittavan mekaniikan eri vaihtoehtojen vertaileminen käyttökohteen mukaan ja valitun tekniikan selvitys. Kuvattua materiaalia hyödynnettäisiin yrityksen tuottamien verkkosivujen visuaalisen ilmeen parantamisessa.

Työn olen tehnyt pääasiassa itsenäisesti ohjaavien opettajien avustuksella. Zoan Oy:n puolelta projektin alullepanija ja yhteyshenkilö oli toimitusjohtaja Miikka Rosendahl. Alun perin työ oli tarkoitus myös toteuttaa. Tämän konkretisoitumisen estivät muun muassa aikataululliset ongelmat työn antaneen yrityksen puolella. Tämän takia työn sisältö jäi huomattavasti suunniteltua pienemmäksi.

Avainsanat: suunnittelu, kuvaus, kaksi akselia, liikeradat, tietokoneohjaus

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Ranta, Tommi Ari Olavi:

Designing the Motion Control camera  
platform

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 23 pages, 5 appendices

Spring 2012

## ABSTRACT

---

The purpose of this thesis was to design a device that would be used in photography. The device was planned on the basis of the requirements. Requirements and end uses were specified in discussions with the company. The aim was to produce as simple a device as possible, while still meeting the requirements.

The device would be a platform for a systems camera, which would be moving horizontally and vertically. The device should be able to take identical shots several times. The speed of the movement should be controllable, and it should be as smooth as possible. The two axes should be controlled by a computer and trajectories should be as versatile as possible.

In the study, different alternative mechanical solutions were compared and the chosen technique was examined. The footage taken with the help of the device would be used in the websites that the company produces, in order to improve the visual image.

The work was done mostly independently, with guidance by the teachers. The original intention was also to build the device. This was cancelled due to schedule related problems. For this reason the scope of the thesis was significantly smaller than planned.

Key words: design, camera equipment, two axes, trajectories, computer control

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	I
1.1	Yritys	I
1.2	Tuotteet	I
1.3	Kamera-alustan käyttö yrityksessä	I
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	2
2.1	Vaatimukset	2
2.1.1	Olemassa olevat laitteet	3
2.1.2	Liikkeet	3
2.2	Tavoitteet	4
3	MEKANIIKAN VERTAILU	5
3.1	Moottorit	5
3.1.1	Servomoottori	5
3.1.2	Askelmoottori	7
3.1.3	Oikosulkumoottori	9
3.2	Lineaariyksiköt	12
3.2.1	Kuularuuvi	12
3.2.2	Hammashihnakäyttö	14
4	TEKNIIKAN VALINTA	15
4.1	Moottori	15
4.2	Lineaariyksikkö	18
4.3	Valittu kokoonpano	19
4.3.1	Servomoottori	19
4.3.2	Lineaariyksikkö	20
4.3.3	Ohjain	21
4.4	Käyttöönotto	22
5	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24
	LIITTEET	27

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Yritys

Vuonna 2010 perustettu Zoan Oy vaikuttaa verkkokehityksen ja sisällöntuotannon alalla. Zoan Oy itsessään on nuori yritys, mutta sen juuret juontavat vaateteollisuutta palvelleeseen ohjelmistoalan yritykseen. Yrityksen henkilöstö palveli muun muassa osto- ja myyntiohjelmien kehitystyössä. Asiakaskunnan lisääntyessä yritys itsenäistyi toimimaan erityisesti verkkoratkaisujen ja sähköisen sisällöntuotannon parissa. (Zoan 2012.)

## 1.2 Tuotteet

Zoan Oy tuottaa verkkosivuja ja niiden mobiiliversioita. Yrityksen tarjoamat verkkosivut perustuvat Joomla! –julkaisujärjestelmälustaan. Joomla! on vapaa avoimeen lähdekoodiin perustuva sisällönhallintajärjestelmä, jonka avulla dynaamisen sisällön muokkaus onnistuu Internet-selaimen kautta. (Zoan 2012.)

Verkkosivut tehdään asiakkaiden tarpeiden mukaan käyttämällä tarvittavia julkaisujärjestelmä- ja lisäosamoduuleita. Zoan on tuottanut verkkosivuja muun muassa seurakunnille, vaatealan yrityksille, kansanedustajille, organisaatioille, konepajoille ja myymälöille. Toinen tärkeä tuote ovat verkkosivujen mobiili-ratkaisut. Erityisesti älypuhelimille ja tableteille suunnattujen mobiilipalveluiden tarpeellisuus kasvavat koko ajan laitteiden yleistyessä. (Zoan 2012.)

## 1.3 Kamera-alustan käyttö yrityksessä

Opinnäytetyönä olevaa kamera-alustaa hyödynnettäisiin verkkosivujen graafisessa ilmeessä. Järjestelmällä kuvatulla materiaalilla lisättäisiin sivustojen visuaalisuutta. Käyttökohteet esimerkiksi videokuvauksen suhteen ovat rajattomat.

## 2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Vaatimukset

Työn tavoitteena oli suunnitella videokuvauksessa käytettävä laite. Lähtöarvoina olivat laitteen mitat, joiden sisällä liike tulisi suorittaa. Laite muodostuisi kahdesta akselistä, vaaka ja pysty, joilla kameraa liikuteltaisiin. Akselit liikkuisivat tarvittaessa samanaikaisesti ennalta määrättyjen ratojen mukaan. Vaakaliikkeen tulisi olla 1500 - 2000 millimetriä ja pystyliikkeen 500 - 1000 millimetriä. Lisämahdollisuutena tuli ottaa huomioon kolmas liike, jolla kameraa olisi mahdollista pyörittää vaakasuunnassa.

Videokuvaus tapahtuisi eri ympäristöissä, joten laitteen siirrettävyys pitää ottaa huomioon. Liikkeen tulisi olla mahdollisimman tasaista parhaan kuvauslaadun takaamiseksi. Kuvausratojen tulisi olla toistettavissa, joten liikkeen tarkkuuden on oltava riittävä. Ohjauspuolen edellytyksenä olisi, että käyttö on mahdollisimman yksinkertaista eikä esimerkiksi vaadi logiikkaohjelmoinnin taitoja. Laitteiston kannalta rajoittavia tekijöitä kuvaamisen kannalta on myös liikenopeudet. Liikkeen tulisi olla mahdollisimman monipuolista, niin nopeuden, kuin liikeratojen kannalta. Erityisesti nopeus on mekaniikalle rajoittava tekijä, sillä sen on oltava pienimmillään noin 0,1 millimetriä sekunnissa. Tällöin kahden metrin matka kestäisi noin 6 tuntia. Hitausajo onkin yksi tärkeimmistä vaatimuksista. Toinen tärkeä tavoite ovat tietenkin alhaiset kokonaiskustannukset. Laitteen budjetin tulee olla järkevä käyttökohdetta ajatellen. Pelkkä hinta ei laitteeseen valittavia osia määrää, mutta poissulkee joitakin vaihtoehtoja.

Työn ohjeiden perusteella laitteistossa käytettävän teknologian valinta on siis vapaa. Sen tulee kuitenkin täyttää edellä mainitut vaatimukset järkevän hinnan puitteissa. Projektin budjetin kartoittaminen alkoikin tarjouspyynnöillä.

Vaatimukset tarkentuivat aina käydessäni keskusteluja yrityksen kanssa. Hinnan mukaan pystyimme poistamaan laskuista monia vaihtoehtoja, liian hinnakkaina ja tarpeeseen sopimattomina.

### 2.1.1 Olemassa olevat laitteet

Kyseessä on aivan uusi tuote, joten suunnittelutyö alkoi aivan perusasioista. Alkuun perehdyttiin jo olemassa oleviin samankaltaisiin järjestelmiin, joilla saadaan samanlaisia tuloksia. Etsinnän tuloksena löydettiin useita kiskoilla ja kelkoilla liikuteltavia kuvaustelineitä. Erona näissä järjestelmissä oli, että niitä ohjattiin lähinnä manuaalisesti. Löytyi järjestelmiä, joissa kelkkaa ohjattiin moottorilla, mutta opinnäytetyössä käytettävän laitteen kaksi akselia aiheuttavat omat vaatimuksensa. Kuvassa 1 on esimerkki pelkistetyimmästä laitteesta. Työssä liikkeen ohjelmoiminen suoritettaisiin tietokoneen kautta automatisoidusti, ennalta syötettyjen ohjelmien kautta.



KUVA 1. Itse tehty kamera-alusta, jossa moottori vetää kameraa kiskoilla. (Lowe 2009)

### 2.1.2 Liikkeet

Työssä liikkeet tapahtuisivat vaaka- ja pystysuunnassa. Molemmat liikkeet toteutaisi oma lineaariyksikkö. Yksiköt olisivat toisissaan kiinni, jolloin pystyliikkeen hoitava yksikkö liikkuisi vaakatasossa olevan yksikön mukana. Tällöin kamera olisi kiinnitetty y-suunnassa olevan lineaariyksikön kelkkaan.

## 2.2 Tavoitteet

Lopullinen tuote olisi siis siirrettävissä oleva videokuvajärjestelmä. Kahdella akselilla tuotettava videokuva olisi vakaata ja kuvauslinjat säädettävissä. Säätö tapahtuisi tietokoneohjelman kautta. Ohjelmassa määritettäisiin pisteet, joiden kautta rata kulkisi. Pisteiden välisten matkojen kaaret asetettaisiin halutunlaisiksi. Haluttu rata tulee olla mahdollista ajaa useaan kertaan samalla tavalla. Järjestelmän tulisi sallia niin nopea kuin hidaskin ajo. Tietokoneella käytettävän ohjelman käytön ei tule vaatia ohjelmointikoodin hallintaa. Projektissa tulee muutenkin painottaa helppokäyttöisyyttä kaikin puolin.



### 3 MEKANIIKAN VERTAILU

Järjestelmä oli toteutettavissa eri mekaniikoilla. Valintaan vaikuttivat mekaanisten ominaisuuksien asettamat rajoitukset ja tietenkin hinta. Työ aloitettiin budjetin kartoittamisella. Aluksi selvitettiin eri mekaniikoissa tarvittavat komponentit. Näiden perusteella pyydettiin eri yrityksistä tarjouksia niiden laitteista. Yritykset myös omalta osaltaan antoivat neuvoja ja auttoivat mekaniikan valinnassa muun muassa poissulkemalla tiettyjä kokoonpanoja. Hinta ei ollut ainoa kriteeri, vaan myös toiminnalliset asiat vaikuttivat valintaan.

#### 3.1 Moottorit

Moottorivaihtoehtoina punnittiin muun muassa erilaisia servomoottoreita, askelmoottoreita, oikosulkumoottoreita, lineaarimoottoreita ja karamoottoreita. Moottoreiden valinnassa otettiin huomioon myös moottoreiden ohjaukseen vaadittava tekniikka. Seuraavassa on paneuduttu muutamaaan projektin kannalta tärkeimpään vaihtoehtoon.

##### 3.1.1 Servomoottori

Servojärjestelmää tarvitaan, kun tehtävänä on säätää mekaanista suuretta, kuten asemaa, nopeutta kiihtyvyyttä, vääntömomenttia tai voimaa, dynaamisessa tilanteessa. Suureiden muutoksia pystytään toteuttamaan lyhyillä vasteajoilla ja tarkasti. Servotekniikka itsessään on syntynyt osana sotatekniikan kehitystä. Esimerkiksi laivatykeissä ja lentokoneissa tarvittiin nopeita ja tarkkoja liikkeitä. Teollisuudessa servojärjestelmät kehittyivät prosessiteollisuuden säätöventtiileissä ja konepajojen työstökoneissa, esimerkkinä CNC-jyrsin. (Korkonen 2011, Aalto 2011.)

Servo-ohjaimilla varustettuna servomoottorit korvaavat esimerkiksi oikosulkumoottorin vaatiman monimutkaisemman järjestelmän. Servomoottorissa takaisin-kytkentä hoituu moottorissa olevalla anturilla, joten pulssianturia paikka-tiedon saamiseksi ei tarvita. Myöskään esimerkiksi oikosulkumoottorin ohjaukseen vaadittavia taajuusmuuttajaa ja logiikkaa ei tarvita. Servomoottoreilla on myös pa-

remmat vääntömomenttiominaisuudet alhaisilla kierroslukemilla. Servomootoreita on sekä DC-, että AC-moottoreina ja servomootoreita on saatavilla monen tyyppisiä. Kuvassa 2 on esitetty Omronin Sigma II-sarjan servomootoreita. Eri periaatteella toimivia moottoreita ovat mm. DC-servo-moottori, harjaton DC-servomoottori ja AC-servomooottori. Harjalliset DC-servomoottorit ovat tällä hetkellä yleisimmän käytössä hyvien käyttöominaisuuksiensa ansiosta, mutta AC-servotekniikka yleistyy koko ajan transistoreiden kehittyessä suurempien ja korkeataajuisempien virtojen säätöön soveltuvaksi. (Korkonen 2011, Aalto 2011.)



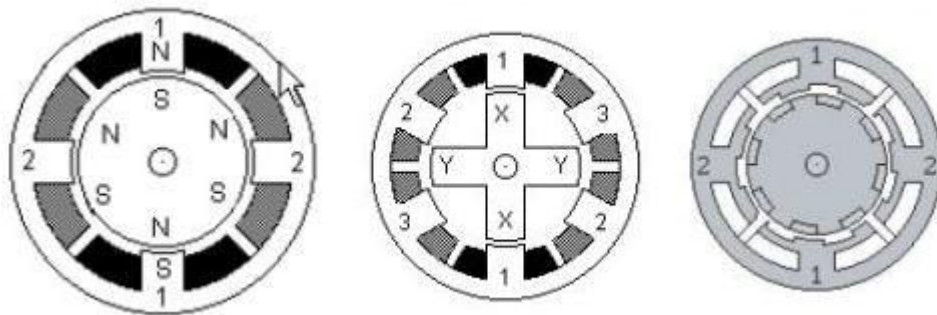
KUVA 2. Omronin Sigma II-sarjan servomootoreita. (Omron 2012)

Moottorin rakenne perustuu normaaliin kolmivaiheiseen oikosulkumoottoriin. Ulkokuoressa kiinnitettynä on siis staattori, jonka ympärille on tehty käämitys. Kestomagneettinen roottori on staattorin sisällä, ja pyöriessään se siirtää roottorin napaan kiinnitetyn akselin kautta voiman toimilaitteelle. Asematieto saadaan moottoriin sijoitetun pulssityyppisen anturin avulla, joka laskee akselin kulmaa ja mittaa pyörimiskertoja. Näin ollen erillinen pulssianturi on siis tarpeeton. Servovahvistin saa anturilta asematiedon, jota se vertaa haluttuun tietoon ja tämän mukaan vaikuttaa moottorin pyörimiseen. Moottoria ohjaa erillinen servo-ohjain, jolta ohjearvo myös saadaan. Servomootorin vahvuus oikosulkumoottoreiden käyttöihin verrattaessa on sen herkyys nopeuden muutostilanteissa, jota kutsu-

taan inertiaaksi. Herkkyys saavutetaan jättämällä roottorin halkaisija pieniksi. Tällöin hitausmomentti ja kehänopeus pysyvät pieninä. Normaalisti servomoottorit jäävät vääntömomentiltaan oikosulkumoottoreista, mutta voimaa ja vääntöä voidaan kasvattaa tekemällä roottorista ja staattorista pidempiä. (Tekes 2005, Liski 2011.)

### 3.1.2 Askelmoottori

Askelmoottoreita käytetään tarkkuutta vaativissa tehtävissä, oli kyseessä sitten lineaarisen tai pyörivän liikkeen nopeuden tai aseman säätö. Ne vaativat erillisen ohjauspiirin ohjausta varten. Askelmoottoreita pyöritetään askeleittain, jolloin takaisinkytkentää akselilta ei tarvita. Syöttämällä staattorille yhden virtapulssin roottori kääntyy yhden staattorin napavälin verran eli yhden askeleen. Askelmoottori tarvitsee toimiakseen ohjausyksikön. Moottoreiden pieni vääntömomentti rajoittaa käyttösovelluksia.

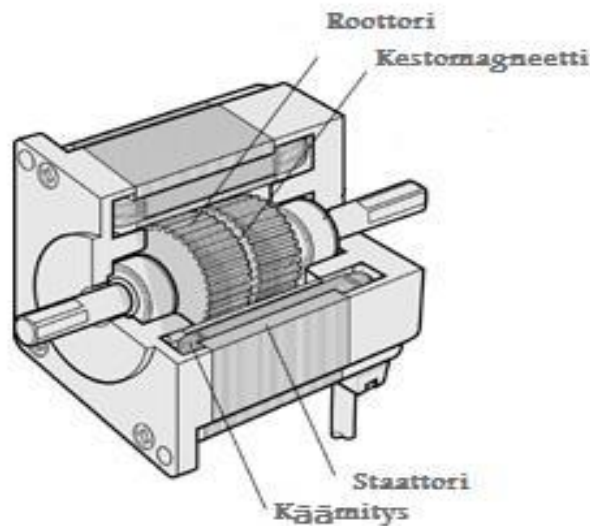


KUVA 3. Askelmoottorityyppien poikkileikkaus: kestmagneetti-, reluktanssi- ja hybridiaskelmoottori (vasemmalta oikealle). (Laine 2009)

Askelmoottorit jaetaan kolmeen ryhmään: kestmagneetti-, hybridi- ja reluktanssiaskelmoottorit. Kuvassa 3 on esitetty kolmen erityyppin poikkileikkaukset. Ohjauksen ja kytkennällisyyden mukaan askelmoottorit jaetaan bipolaariseen ja unipolaariseen ryhmään.

Kestomagnetoidun askelmoottorin muodostavat magnetoitu roottori ja kaksi käämiä. Kuvassa 4 on jaoteltu kestmagneettimoottorin eri osat. Moottorin

toiminta perustuu roottorin ja staattorin vastakkaisten napojen vetovoimaan. Tällöin roottorissa vaihtelevat N- ja S-napa. Moottoreiden askelkulmaan vaikuttaa napojen määrä ja yleisimmät askelkulmat ovat  $3,6^\circ$  ja  $7,5^\circ$ . Moottori voidaan kääntää kolmella eri tavalla, bipolaarisesti, unipolaarisesti ja bifilaarisesti. Johdotuksista kaksi ensimmäistä on kuitenkin yleisimpiä. Unipolaarisessa moottorissa käämien keskellä kulkee keskusjohdin, jota bipolaarisista moottoreista puuttuu. Tämän johdosta bipolaarisessa versioissa virta kulkee koko käämin kautta, kun taas unipolaarisessa vain puolikkaan. Eroksi muodostuu bipolaarisen moottorin pienempi vääntömomentti ja monimutkaisemmat ohjauspiirit. (Laine 2009.)



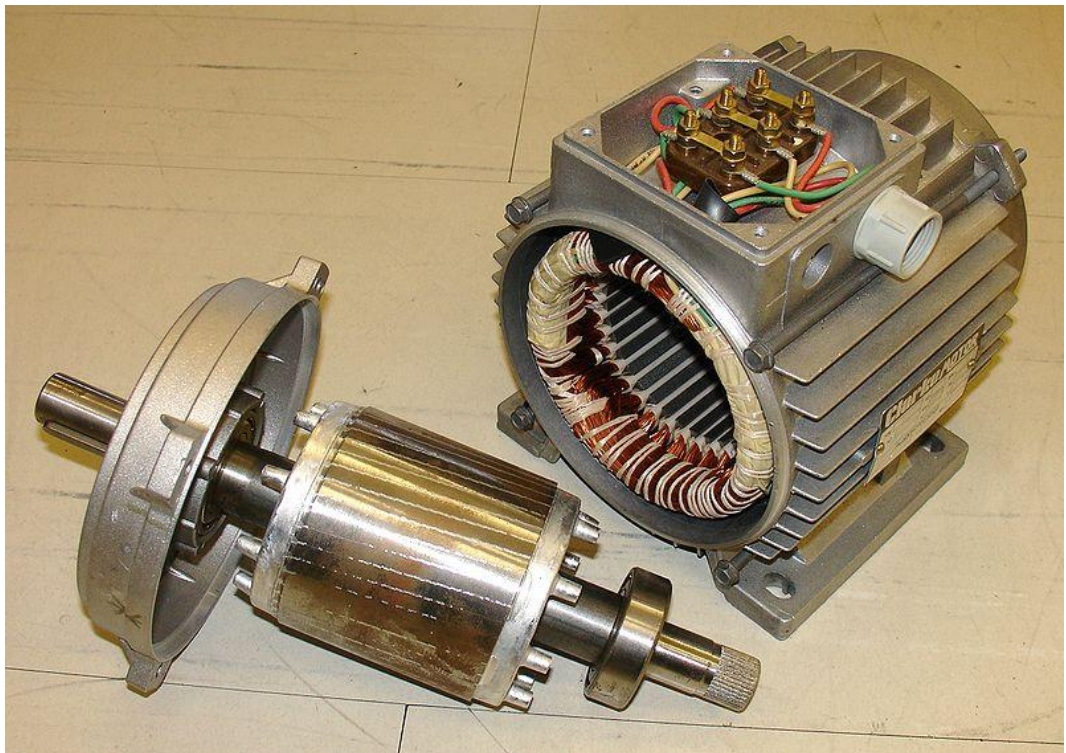
KUVA 4. Kestomagnetoidun askelmoottorin poikkileikkaus. (Laine 2009)

Reluktanssisessa askelmoottorissa erona on muun muassa hammastettu roottori. Tässä tapauksessa tiettyyn käämiin ohjataan virta, ja roottori liikkuu navan kohdalle roottorin ja navan välille muodostuvan magneettivuon ansiosta. Roottori liikkuu, kunnes se on vuon suuntainen. (Sainio 2010.).

Hybridiaskelmoottorissa taas yhdistetään kestopolettimoottorin ja reluktanssimoottorin ominaisuuksia. Siinä tiheällä hammastuksella varustettua roottoria ympäröi kestopolettinen. Liike perustuu siihen, että roottorin ja staattorin navat, vastakkaismerkkisinä, vetävät toisiaan puoleensa. Hybridien huonoina puolina pidetään monimutkaisuutta ja kallista hintaa. (Sainio 2010.)

### 3.1.3 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on teollisuuden yleisin käytetty sähkö- ja epätahtimoottorityyppi. Syynä tähän on muun muassa sen yksinkertainen ja kestävä rakenne. Moottorityyppejä on olemassa monivaiheisia ja yksivaiheisia. Yksivaiheisia versioita käytetään pienemmissä sovellutuksissa. Niiden nopeuden määrää syöttövirran taajuus, minkä vuoksi niitä käytetäänkin yleisimmin vakionopeutta vaativissa laitteissa. Taajuusmuuttajalla ohjattu nopeuden säätäminen on kuitenkin yleistynyt teollisuuden käytöissä. Oikosulkumoottorin tärkeimmät rakenteelliset osat ovat staattoripakka ja sen käämitys, häkkikäämitysroottori, laakerit, tuuletin ja kytkentäkotelo. Liikkeen tuottamisesta vastaavat etupäässä staattori ja roottori. Kuvassa 5 näkyy irrotettu roottori ja rungon sisällä oleva staattorikäämitys. (LTT 2012.)



KUVA 5. Perus oikosulkumoottori, josta on irrotettu roottori. Rungon sisällä näkyy staattorikäämitys. (Wikipedia 2012)

Vaihtovirralla toimivan oikosulkumoottorin toiminta perustuu induktioon. Moottorin voima tuotetaan kahden magneettikentän välisen vuorovaikutuksen avulla. Vaihtovirta muodostaa staattoriin pyörivän magneettikentän, joka liikkuessaan

napaparin kerrallaan eteenpäin, indusoi roottorin oikosuljettuihin alumiinisauvoihin pyörivän virran, joka muodostaa roottoriin erillisen magneettikentän. Staattorin pyörivän magneettikentän pyörimisnopeuteen ja sitä kautta moottorin pyörimisnopeuteen vaikuttavat syöttöjännitteen taajuus ja napapariluku. Roottorin sauvoihin syntyneet magneettiset navat alkavat seurata staattorin magneettikehän pyörimistä ja moottori alkaa pyöriä. 50 Hz:n taajuudella saatavalla syöttöjännitteellä yhden napaparin oikosulkumoottori pyörii 3000 kierrosta minuutissa. Napapareja lisäämällä moottorin pyörimisnopeutta voidaan hidastaa. Nostamalla napaparien määrää kahteen, kierrosnopeus laskee 1500 kierrokseen minuutissa, ja vastaavasti neljällä napaparilla moottori pyörii 750 kierroksen minuuttivauhdilla. (Lahtinen 2007.)

Oikosulkumoottorin toiminta perustuu Lenzin lakiin, jonka mukaan magneettikentän indusoiman sähkövirran suunta on vastakkainen aiheuttajaan nähden. Roottoriin indusoituneen virran aiheuttaja on staattorin pyörivä magneettikenttä, joten tätä vastustaakseen roottori alkaa pyöriä samansuuntaisesti pyörivän magneettikentän kanssa. Roottori pyrkii saamaan suhteellisen nopeutensa samaksi staattorin magneettikentän kanssa. Kuitenkin jotta virta pystyisi indusoitumaan roottoriin, on sen nopeuden oltavan staattorin magneettikentän pyörimisnopeutta hitaampi. Tätä energiahäviötä pyörimisnopeuksien välillä kutsutaan jättämäksi. Kuorman kanssa nopeus laskee ja jättämä kasvaa luodakseen tarvittavan väännön pyörittääkseen moottoria. Epälineaarista kuormitusvirtaa yhdessä epävakaisuuden kanssa pidetäänkin oikosulkumoottoreiden huonoina puolina. (MSU 2012.)



KUVA 6. Vacon NXS taajuusmuuttaja. (Vacon 2012)

Kytettäessä oikosulkumoottori sähköverkkoon se pyörii verkon taajuuden määrämällä nopeudella. Helpoin tapa ohjata oikosulkumoottoria on säätää syöttöjännitteen taajuutta. Taajuuden säätäminen onnistuu taajuusmuuttajalla. Kuvassa 6 on esitetty Vaconin NXS-sarjan taajuusmuuttaja ja sen osien selitykset. Se kytketään sähköverkon ja laitteen välille. Taajuusmuuttajaan kytketyllä ohjauselektronikalla, kuten ohjelmoitavalla logiikalla pystytään ohjaamaan moottorin toimintoja. Moottoria ja taajuusmuuttajaa valittaessa on varmistettava niiden yhteensopivuus. (Lahtinen 2007.)

Taajuusmuuttaja rakentuu tasasuuntaajasta, välipiiristä ja vaihtosuuntaajasta. Ensin syöttöjännite muutetaan tasajännitteeksi tasasuuntaajan avulla. Välipiirin tehtävä on suodattaa jännite ja virta ja samalla ne toimivat jännite- ja virtavarastona vaihtosuuntaajalle. Vaihtojännitettä moottorille saadaan kun vaihtosuuntaaja kytkee moottorin käämejä suurella taajuudella välipiirin tasajännitteeseen. Saadun vaihtojännitteen taajuus ja suuruus ovat säädettävissä taajuusmuuttajalla. Moottorin nopeuden säädön lisäksi taajuusmuuttajasta on hyötyä muun muassa energiansäästämisessä. Energiaa säästyy, kun prosessia pystytään ajamaan aina halutulla nopeudella, ilman erillisiä vaihteita tai kuristimia. (Lahtinen 2007.)

### 3.2 Lineaariyksiköt

Moottoreiden lisäksi liikkeen toteutukseen tarvitaan liikkuva toimilaite. Laitteelle asetettujen vaatimusten, kuten tarkkuuden ja vakauden, takia keskityttiin mekaniikkaa tarkastellessa lähinnä erilaisiin lineaarimekaniikan laitteisiin. Niillä saavutetaan helpoiten vaadittu tarkkuus. Avoimien profiilirakenteiden sijaan keskityin kokonaisiin lineaariyksiköihin. Ne ovat kompakteja valmiita kokonaisuuksia, ilman erillisiä työstettäviä osia, ja näin ollen soveltuvat paremmin erilaisiin käyttökohteisiin. Lineaariyksiköiden liikematkat riittävät tarvittavan liikkeen suorittamiseen. Ne ovat myös kiinnitysjärjestelmiltään erinomaisia kyseiseen projektiin. Lineaariyksiköitä valmistetaan kuularuuvi- ja hammashihnavedolla. Saksalaisen Isel Oy:n hammashihnakäyttöisiä yksiköitä on esitetty kuvassa 7. Kuormittamiseen voidaan käyttää erilaisia johdejärjestelmiä kuten liuku-, rulla-, profiili- tai kuulajohdetta. Voimalähteekseen lineaariyksiköt tarvitsevat sähkömoottorin, vaikkakin myös integroituja kokonaisuuksia on olemassa. (Keskitalo 2010.)



KUVA 7. Isel Oy:n LEZ-sarjan lineaariyksiköitä. (Isel Oy 2012)

#### 3.2.1 Kuularuuvi

Yleisimpiä liikeruuvikäyttöjä ovat kuularuuvi ja trapetsikierreruuvi. Trapetsikierreruuvi sopii paremmin sovellutuksiin, jossa liike ei ole jatkuvaa ja suurinopeuksis-

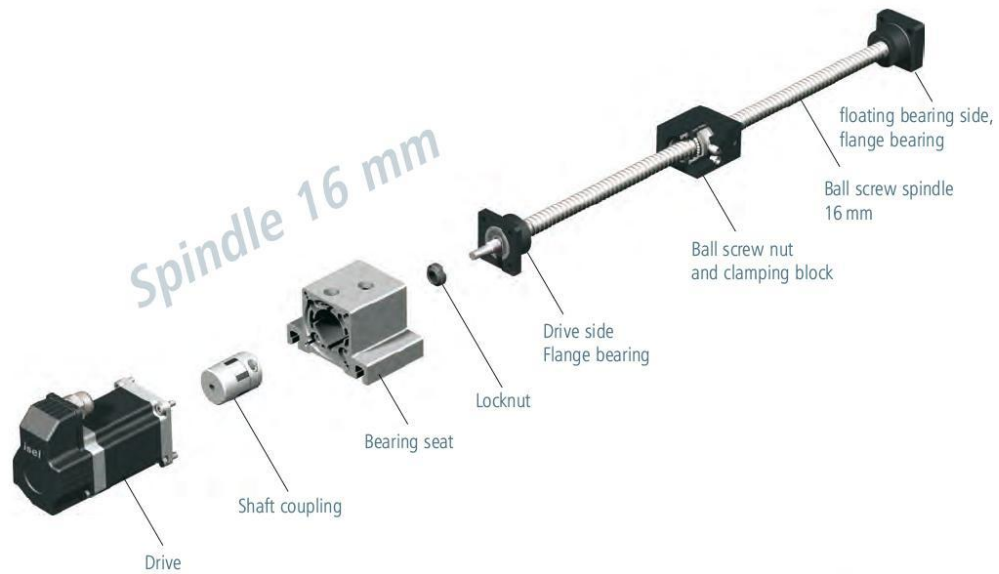


ta. Kuularuuvi sen sijaan sopii jatkuva liikkeisiin ja suurta tarkkuutta vaativiin kohteisiin. Kuularuuvin tärkeimmät osat ovat kierteytetty varsi, jossa on vierintäura kuulalaakereille ja kuulamutteri, joka pitää sisällään vierintäuran kuulalaakeriketjulle. Osat näkyvät kuvassa 8.



KUVA 8. Kuularuuvin poikkileikkaus. (Hiwin 2012)

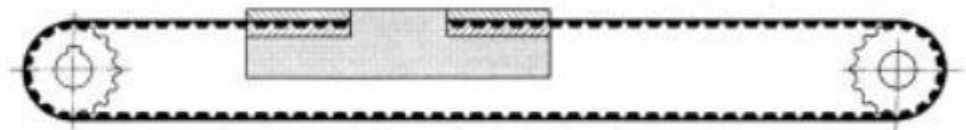
Kuularuuvi-lineaariyksikössä liike toteutetaan välyksettömän ja esijännitetyn kuularuuvin avulla. Moottorin akseli kiinnitetään ruuvin akseliin akselikytkimellä. Moottorin pyöriessä liike välittyy ruuville, joka muuttaa pyörivän liikkeen lineaarisiksi ruuviin yhteydessä olevan kuulamutterin, kuulalaakereiden ja kelkan avulla. Johteisiin tuettu kelkka liikkuu erisuuntiin riippuen moottorin pyörimissuunnasta. Kuvassa 9 on eriteltyinä Isel Oy:n 16 millimetrin kuularuuvilineaariyksikön osat. Lineaariin nopeuteen vaikuttaa moottorin pyörimisnopeuden lisäksi ruuvin nousu. Nousu tarkoittaa matkaa, jonka kelkka liikkuu yhdellä ruuvin kierroksella. Siirrettävä voima kohdistuu koko kuulalaakeriketjuun, joten yksittäisen kuulan rasitus jää pieneksi. (Danaher Motion 2010.)



KUVA 9. Isel Oy:n kuularuuvijärjestelmä 16 mm:n halkaisijalla olevalla ruuvilla. (Isel Oy 2012)

### 3.2.2 Hammashihnakäyttö

Hammashihnakäytössä pyörivä liike muutetaan lineaariseksi liikkeeksi hammashihnan ja kahden hammaspyörän avulla. Hammastettu hihna esikiristetään runko-profiilin molemmissa päissä kiinni olevien hammaspyörien välille, liikuttamalla toista pyörää ulommas. Toisessa päässä olevaan pyörään liitetään pyörittävä moottori. Liikkuvana osana järjestelmässä oleva kelkka kiinnitetään hihnaan. Kuvassa 10 on yksinkertaistettu kuva hammashihnakäytöstä. Hihnat valmistetaan teräksellä vahvistetusta muovista. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat sovellutukset, joissa kevyitä kuormia tarvitsee siirtää keskisuurilla nopeuksilla ja suurella kiihtyvyydellä. Kuularuuveihin verrattuna hammashihnakäytöt ovat huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Ne ovat myös hiljaisempia ja kevyempiä rakenteeltaan. (Danaher Motion 2010.)



KUVA 10. Hammashihnakäytön tärkeimmät osat. (Movetec 2012)

## 4 TEKNIKAN VALINTA

Työhön valittu tekniikka määräytyi eri järjestelmissä vaadittaviin komponentteihin tutustumalla ja yrityksiltä tulleiden tarjousten perusteella. Lähtökohtana ei ollut pelkkä hintoihin tuijottaminen, vaan valinta perustui myös toiminnalliseen puoleen. Moottorivaihtoehtoina projektiin olivat servomoottori, askelmoottori ja oikosulkumoottori. Moottorin ominaisuuksien lisäksi valintaan vaikuttivat moottorinohjauksen vaatimat osat. Liikkeen suorittamisen osalta vaihtoehdot olivat kuularuuvi- ja hammashihnalineaariyksikkö.

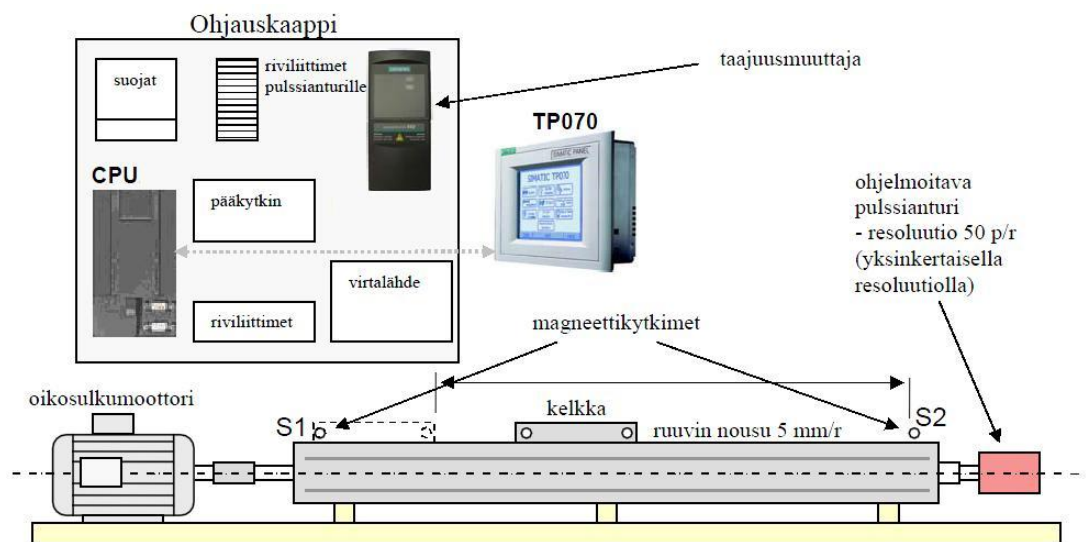
Valintaan vaikutti osaltaan yritysten tarjoamien pakettien yhteensopivuus. Jokaisessa tarjouksessa oli periaatteessa valmis paketti kaapeleita myöten. Hinnat vaihtelivat suuresti eri osien kohdalla, ja osa tarjouksista olikin helppo sivuuttaa liian kalliina. Alkuun tarjouspyynnöt olivat enemmänkin budjetin kartoittamista, mutta laitteiston selventyessä pystyttiin kysymään tarkempia tarjouspyyntöjä tietyistä laitteista.

### 4.1 Moottori

Eri moottorivaihtoehtoja vertailtaessa huomio keskittyi liikkeiden vaatimiin ominaisuuksiin. Nopeuden tuli olla helposti säädettävissä. Säädettävyyteen vaikuttaa muun muassa moottoria ohjaava laitteisto. Kaikilla vertailussa olleilla laitteilla ohjauspuoli oli erilainen. Haluttujen ratojen ajaminen ja toistettavuus vaatii moottorilta erilaisia ominaisuuksia. Nopeuden vaihtelut erittäin hitaasta nopeaan asettaa omat rajoituksensa.

Askelmoottori pudotettiin ensimmäisenä pois laskuista. Hylkäämisen suurimpana syynä oli moottorin puuttuva takaisinkytkentä. Askelmoottori ei takaisinkytkentää tarvitse, sillä se pitää paikkatietonsa sille syötettyjen askelten mukaan. Kuitenkin momenttiarvojen ylittyessä moottori jättää askeleita väliin ja moottorinohjaus menettää asematietonsa. Moottorin suhteellisen alhainen hinta houkutteli, mutta valinta tehtiin kuitenkin servomoottorin ja oikosulkumoottorin välillä.

Oikosulkumoottorikäyttö sen sijaan jätettiin pois vaihtoehtoista sen vaatiman monimutkaisemman ohjauspuolen takia. Oikosulkumoottori itsessään on verrattain halpa, mutta ohjauskomponenttien vuoksi hinta nousee lähes samalle tasolle esimerkiksi servokäytön kanssa. Yhden lineaariyksikön ohjaukseen vaadittava laitteisto on esiteltynä kuvassa 11. Oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden säätäminen vaatii taajuusmuuttajaa. Järjestelmällä tapahtuva erittäin hidas ajo, 0,1 mm/s, aiheuttaisi ongelmia oikosulkumoottorikäytössä muuan muassa jäähdytyksen kannalta. Taajuusmuuttajia tarvittaisiin kaksi, koska akseleitakin on kaksi. Järjestelmän ohjaaminen tietokoneella tarkoittaa ohjauselektroniikan lisäämistä.



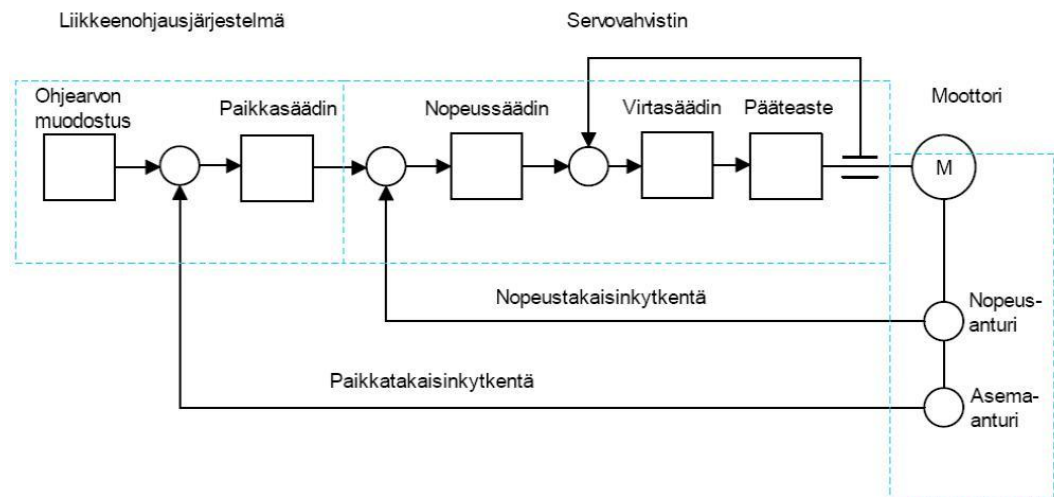
KUVA 11. Taajuusmuuttajakäyttöön vaadittava laitteisto. (LAMK työohje)

Tietokonepohjainen ohjaus onnistuu esimerkiksi ohjelmoitavalla logiikalla. Asematiedon saamiseksi tarvitaan myös kaksi ohjelmoitavaa pulssianturia, yksi molempiin lineaariyksiköihin. Ohjelmoitavan logiikan käyttö kuitenkin vaatisi ohjelmointikielen hallitsemista, mitä laitteen käyttäjiltä ei voi edellyttää. Logiikkaan liitettävä paneeli (Kuva 12) helpottaisi käyttöä, mutta järjestelmän monipuolinen käyttö jäisi silti saavuttamatta.



KUVA 12. Siemensin operointipaneeli TP070. (Synchronics Electronics Pvt. Ltd. 2012)

Moottorivaihtoehtoista valittiin servomoottori. Servomoottori sopii monipuolisten ominaisuuksiensa kannalta parhaiten kyseiseen laitteeseen. Valintaan vaikutti muuan muassa servomoottorin laaja ja helposti säädettävä pyörimisnopeusalue ja alhainen hitausmomentti. Servomoottori tuottaa pienilläkin kierrosnopeuksilla hyvin vääntöä. Korkean hinnan korvaa helppokäyttöisyys. Ohjauspuolella PC-käyttöliittymiä varten on erilaisia ohjelmia servomoottoreiden ohjaukseen. Ohjelmat vaihtelevat valmistajasta riippuen. Ohjelmointiohjelmien ominaisuuksiin vaikuttavat käyttökohteen vaatimukset, joten ohjelmia löytyy yksinkertaisista versioista monimutkaisempiin prosessiteollisuuden tarpeisiin. Taajuusmuuttajakäyttöön verrattuna servokäytöllä selvitään huomattavasti pienemmällä vaivalla ja komponenttien määrällä. Servomoottorit eivät tarvitse rinnalleen taajuusmuuttajaa, erillistä logiikkaa, pulssiantureita tai operointipaneelia.



KUVA 13. Servojärjestelmän lohkokaavio. (Lahtinen 2007)

Servojärjestelmän kannalta keskeisimmät peruskomponentit ovat servomoottori, servovahvistin ja servo-ohjain. Servomoottoriin integroitu anturi pitää huolen takaisinkytkennästä, jonka tehtävä on ilmoittaa ohjausjärjestelmälle fysikaaliset suureet kuten paikka-, nopeus-, voima- ja momenttitieto. Vahvistin toimii järjestelmässä taajuusmuuttajan tavoin. Se säätelee moottorille menevää virtaa takaisinkytkennästä saatujen arvojen mukaan ja pyrkii pysymään annetuissa ohjearvoissa. Kuvassa 13 on havainnollistettu servojärjestelmän ohjausta lohkokaaavion muodossa. Liikkeenohjausjärjestelmänä toimii PC-käyttöliittymä. PC-ohjelmalla tehdään halutut liikeradat ja syötetään nopeudet.

#### 4.2 Lineaariyksikkö

Kahdesta lineaariyksikkövaihtoehdosta päädyttiin hammashihnayksikköön. Hammashihnalla saavutetut tarkkuudet riittävät kysyisessä tapauksessa vaadittujen liikeratojen toistettavuuteen. Teknisten vaatimusten täyttymisen lisäksi hammashihnakäyttö oli kuularuuvia huomattavasti halvempi vaihtoehto. Valinta koskee sekä x-liikettä että y-liikettä.

### 4.3 Valittu kokoonpano

Lopullinen päätös laitekokoonpanosta tehtiin yhdessä Zoan Oy:n toimitusjohtaja Miikka Rosendahlin kanssa. Keskusteluissa käytiin läpi yrityksiltä tulleita tarjouksia ja verrattiin niiden eroja käytön ja helppokäyttöisyyden kannalta. Hinta vaikutti aluksi suurestikin osien kartoittamisessa, mutta lopulta päätettiin, että yksinkertaisuudesta kannattaa maksaa. Vaakakupissa painoivat toiminnallisuuden lisäksi myös esimerkiksi ulkonäölliset seikat. Valmiissa lineaariyksikössä ei ole mitään ylimääräistä ja valittu servo-ohjain yksinkertaistaa järjestelmää sisältämällä kaiken tarpeellisen servomoottoreita lukuun ottamatta. Tällöin erillistä ohjauskaappia ei esimerkiksi tarvita.



KUVA 14. Roboty Oy:n tarjoama servomoottori DC100. (Isel, Liite 1)

#### 4.3.1 Servomoottori

Servomoottoreiksi valikoituvat Roboty Oy:n tarjouksen mukaiset saksalaisen Isel'in moottorit EC60 ja DC100. Moottoreiden tekniset tiedot löytyvät liitteinä (Liite 1 ja 2). Takaisinkytkentää varten servomoottorit on varustettu inkrementaalilla enkooderilla. DC100 (Kuva 14) on harjallinen servomoottori ja EC60 harjaton. EC60 mallissa on jarruvalmius. Seisontajarru on tarpeen, sillä moottorin on pysyttävä paikallaan y-suunnassa kun y-liike ei ole jatkuvaa. Moottorin sisään rakennettu seisontajarru on jousikuormitettu. Jarrun toiminta perustuu jousiin, jotka puristavat jarrulevyn kitkapintaa vasten käämin ollessa jänniteetön. Tämä estää lineaariyksikön kelkan laskeutumisen kuorman painaessa sitä alaspäin.

#### 4.3.2 Lineaariyksikkö

Roboty Oy:n samasta tarjouksesta (Liite 5) löytyvät myös valitut Isel'in lineaariyksiköt. Molemmat yksiköt ovat hammashihnakäyttöisiä. X-akselin liikkeesta vastaa LEZ-3 ja y-liikkeestä LEZ-9 (Kuva 15). Yksiköiden tekniset tiedot ovat liitteinä (Liite 3 ja 4). Y-liikkeen yksikkö kiinnitetään x-suunnassa toivan yksikön kelkkaan ja näin ollen se liikkuu vaakatasossa x-liikkeen mukana. Pystyssä olevan yksikön kelkkaan kiinnitetään kiinnike kameralle. Molemmat laitteet ovat valmistettu alumiiniprofiilista, jossa kelkka liikkuu kiskojohdetta pitkin. Toistotarkkuus molemmissa on  $\pm 0,2$  millimetriä. Maksiminopeudet vaihtelevat kahdesta metristä sekunnissa viiteen metriin sekunnissa.

X-liikkeeseen tarkoitettu yksikkö on hieman tukevampi siihen kohdistuvan kuorman takia ja painoa sille kertyy noin 20 kg. X-yksikön kelkkaa kuormittaa y-liikkeen komponentit, y-liikkeen yksikkö, kamera ja moottori. Painoa näillä on yhteensä noin 8 kg.



KUVA 15. Roboty Oy:n tarjoama hammashihnalineaariyksikkö LEZ-9.  
(Isel, Liite 4)



### 4.3.3 Ohjain

Ohjaimeksi valikoitui Isel:in CNC-servo-controller (Kuva 16). Isel:in tuotteita myyvän Roboty Oy:n kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta ohjaimesta muodostui kuva hyvin yksinkertaisena laitteena. Ohjaimen rinnalle ei tarvita muita laitteistoa kuin servomootorit. Ohjaimen voi syöttää liikeratoja ja muita arvoja tietokoneen kautta, mutta ohjaimella itselläänkin onnistuu jonkinasteinen säätäminen. Ohjain toimii pistorasiasta saatavalla 230 voltin sähkönsyötöllä.

iMC-sarjan CAN-ohjaimet ovat kompakteja ja voimakkaita ohjaimia, joilla on mahdollista hallita kahdesta kuuteen akselia. Muotoiltu kotelo pitää sisällään kaikki ohjauskomponentit, joita tarvitaan useimmissa automaatiotehtävissä. Komponentteihin kuuluvat ohjaustietokone, servovahvistimet, I/O-moduuli ja suojausmoduuli. Käyttöä helpottamaan paneeliin on integroitu 10,2 tuuman LCD-näyttö ja näppäimistö. Ohjaustietokoneeseen asennettu CANopen -kenttäväyläkortti toimii liityntänä.

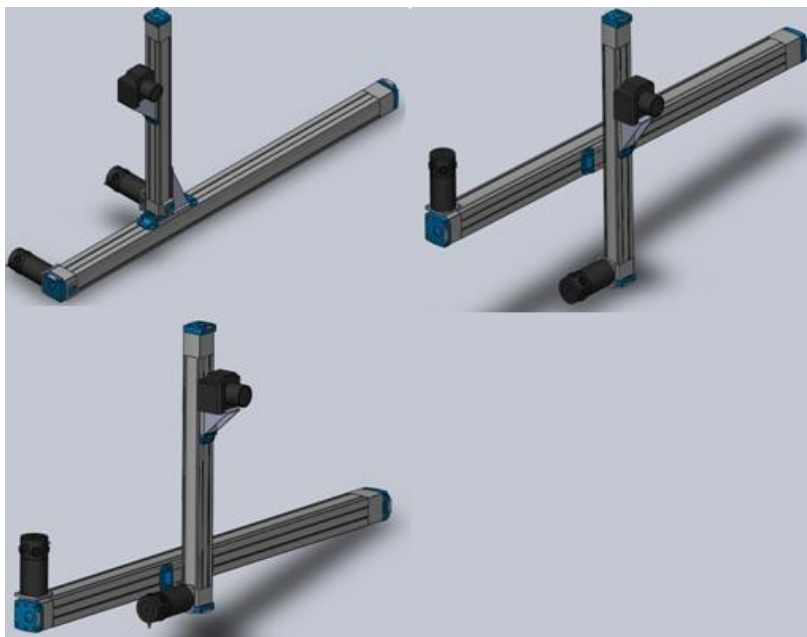


KUVA 16. iMC-sarjan CNC-Servo-Controller. (Isel Oy 2012)

#### 4.4 Käyttöönotto

Kyseisillä komponenteilla laitteen kasaaminen ei ole vaikeaa. Se ei vaadi esimerkiksi ohjauskaapin rakentamista vaan servo-ohjaimessa on itsessään kaikki tarpeellinen. Jäljelle jää servomoottoreiden kiinnittäminen lineaariyksiköihin. Tämän lisäksi servomoottorit tarvitsee kytkeä servo-ohjaimeen. Servo-ohjaimen manuaalissa on ohjeet laitteen käyttöönottoa varten. Koneen mukana tulee ohjelmointiohjelmisto ProNC CD:llä. ProNC on yleiskäyttöinen ohjelmisto, joka sopii hyvin erilaisiin tehtäviin. ProNc:ssä on graafinen editori, jolla voidaan tehdä koodin tarkastelua ja editointia.

Laitteen kokoamiselle on muutamia vaihtoehtoja, joita on esitelty kuvassa 17. Yksiköiden kiinnitystapa ei ole peruuttamaton vaan kiinnitystä voi jälkikäteen muuttaa. Kiinnitys vaikuttaa laitetta kannattelevaan telineeseen. Telineeseen on esimerkiksi varattava enemmän maavaraa kun y-yksikkö kiinnitetään x-akseliin keskikohdastaan. Tämä kiinnitystapa tuo samalla tukevuutta, kun painopiste on alempana. Toiminnallisuuden kannalta kiinnityksellä ei ole juurikaan merkitystä. Kameran kuva saadaan johdettua tietokoneen näytölle, jolloin kameran näytön näkyminen ei ole välttämätöntä. Ristiin koottu kokoonpano vie myös vähiten tilaa, jolloin sitä ei välttämättä tarvitse siirrettäessä purkaa osiin. Servo-ohjainta ei tarvitse kiinnittää koneen runkoon tai telineeseen, vaan sitä käytetään samalta erilliseltä tasolta kuin tietokonetta.



KUVA 17. Eri vaihtoehtoja laitteen kokoamiselle.

## 5 YHTEENVETO

Alkuperäisenä tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa automatisoitu kuvauslaite. Opinnäytetyön antaneen yrityksen aikataulutilanne kuitenkin esti koneen rakentamisen. Näin ollen jäljelle jäi ainoastaan laitteen suunnittelu, jolloin työn laajuus kärsi jonkin verran. Suunnittelussa käytiin läpi jo olemassa olevia laitteita ja kiinnitettiin huomiota niiden ominaisuuksiin. Mekaniikkakomponenttien kartoittamisessa tutustuttiin servomootoreiden, askelmootoreiden ja oikosulkumootoreiden toimintaan. Moottoreiden toimintaperiaatteiden lisäksi pereydyttiin kunkin moottorityypin ohjaamiseen vaadittavaan tekniikkaan. Vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia punnittiin projektin kannalta.

Tarjouspyyntöjen avulla pyrittiin kartoittamaan koneen lopullista hintaa. Hinnan lisäksi valintaan vaikuttivat kuitenkin myös laitteen helppökäyttöisyys ja yksinkertaisuus. Yhdessä tekniikan ominaisuuksien kanssa nämä tekijät vaikuttivat työhön valittuun lopulliseen kokoonpanoon.

## LÄHTEET

Zoan Oy. 2012. Tuotteet. [Viitattu 20.4.2012]. Saatavissa:

<http://zoan.fi/tuotteet.html>

Tekes. 2005. Ac-servomoottori –rakenne, vikaantuminen ja havainnointimenetelmät [Viitattu 25.4.2012]. Tutkimus. Saatavissa:

[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/servomoottori\\_rakenne\\_vika\\_antuminen&havainnointi.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/servomoottori_rakenne_vika_antuminen&havainnointi.pdf)

Liski, A. 2011. Lineariservomoottori osana pakkausautomaatiojärjestelmää.

Metropolia ammattikorkeakoulu [Viitattu 25.4.2012]. AMK-opinnäytetyö.

Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31614/insinoorityovalmis.pdf?sequence=1>

Korkonen, J. 2011. Servotekniikka toisen asteen automaatiotekniikan opetuksessa.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu [Viitattu 25.4.2012]. AMK-opinnäytetyö.

Saatavissa:

[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29482/ONT\\_Servot\\_v2\\_JaakkoKorkonen\\_YAMK.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29482/ONT_Servot_v2_JaakkoKorkonen_YAMK.pdf?sequence=1)

Aalto-yliopisto. 2011. Servojärjestelmän viritys. Sähkötekniikan korkeakoulu,

Automaatio- ja systeemitekniikan laitos [Viitattu 25.4.2012]. Laboratoriotyö.

Saatavilla: <http://tiny.cc/gyo6ew>

Sainio, V-M. 2009. Hybridiaskelmoottorin mallinnus ja ohjaus

nosturisovelluksessa. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu [Viitattu

19.5.2012]. Diplomityö. Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2010/urn100145.pdf>

Laine, M. 2009. Askelmoottorit. Tampereen teknillinen yliopisto, Konetekniikan koulutusohjelma [Viitattu 20.5.2012]. Tutkielma. Saatavissa:

<http://www.ele.tut.fi/teaching/ele-3350/askelmoottorit.pdf>

Mississippi state university (MSU). 2012. Induction (asynchronous) motors [Viitattu 24.5.2012]. Saatavissa:

[http://www.ece.msstate.edu/~donohoe/ece3183asynchronous\\_synchronous\\_machines.pdf](http://www.ece.msstate.edu/~donohoe/ece3183asynchronous_synchronous_machines.pdf)

Lahtinen, T. 2007. Sähkömoottorit. Luentomateriaali, Lahden ammattikorkeakoulun Tekniikan laitoksen sisäisessä koulutuksessa 20.10.2007 [Viitattu: 24.5.2012]. Saatavissa:

[http://reppu.lamk.fi/pluginfile.php/25886/mod\\_folder/content/1/Sahkomoottorit2007.pdf?forcedownload=1](http://reppu.lamk.fi/pluginfile.php/25886/mod_folder/content/1/Sahkomoottorit2007.pdf?forcedownload=1)

Lappeenranta teknillinen tiedekunta (LTT). 2012. Sähkömoottorit [Viitattu 24.5.2012]. Saatavilla:

[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/articles/electrical\\_motor/Sivut/Default.aspx](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/electrical_motor/Sivut/Default.aspx)

Keskitalo, A. 2010. Lineaarimoottoreilla varustetun portaalirobotin suunnittelu ja toteutus. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos [Viitattu 28.5.2012].

AMK-opinnäytetyö. Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17156/Keskitalo%20Antti.pdf?sequence=1>

Danaher Motion. 2010. Linear units. [Viitattu 26.5.2012]. Saatavissa:

[http://www.tollo.com/pdf/LMS\\_EU200502-03\\_july07.pdf](http://www.tollo.com/pdf/LMS_EU200502-03_july07.pdf)

Danaher Motion. 2010. Linear units. [Viitattu 27.5.2012]. Saatavissa:

[http://www.tollo.com/pdf/LMS\\_EU200502-03\\_july07.pdf](http://www.tollo.com/pdf/LMS_EU200502-03_july07.pdf)

Kuvien lähteet:

Lowe, T. 2009. Timelapse dolly project. Vimeo. [Viitattu 14.4.2012] Saatavissa:

<http://i39.tinypic.com/qreuwy.jpg>

Vacon. 2012. Vacon NXS - monipuolinen ratkaisu luotettavaan prosessin säätöön.  
[Viitattu 24.5.2012] Saatavissa:

<http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=461937>

Wikipedia. 2012. Oikosulkumoottori. [Viitattu 25.5.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Oikosulkumoottori>

Isel Oy. 2012. Mechanics. [Viitattu 26.5.2012] Saatavissa:

<http://www.isel-germany.de/?lang=en>

Omron. 2012. Monipuolinen servovalikoima liikkeenohjaukseen. [Viitattu 24.5.2012] Saatavissa:

[http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/motion\\_and\\_drives/servo\\_systems/rotary\\_servo\\_motors/sigma\\_ii/default.html](http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/motion_and_drives/servo_systems/rotary_servo_motors/sigma_ii/default.html)

Hiwin. 2012. Ball screw. [Viitattu 26.5.2012] Saatavissa:

<http://www.directindustry.com/prod/hiwin/ball-screws-14370-28821.html>

Synchronics Electronics Pvt. Ltd. 2012. Touch Panel TP070. [Viitattu 24.5.2012]  
Saatavissa:

<http://www.synchronics.co.in/items/touch-panel-tp070.aspx>

Movetec. 2012. Lineaaritekniikka. [Viitattu 23.5.2012] Saatavissa:

<http://www.movetec.fi/images/pdf/lineaaritekniikka2.pdf>

LIITTEET

LIITE 1. Servomoottori DC100, tekniset tiedot.


Motors

electronics

## Servomotors

with brush drive

## DC 100



DC servomotor DC 100

### Features

- Servomotor with brushes
- Low-resistance winding construction
- Good dynamic response
- Two-finger brush (long working life)
- Incremental encoder with 512 pulses/turn (optional for DC 300: 1,000 pulses/turn)
- IP43 protection class/IP50 encoder

### General

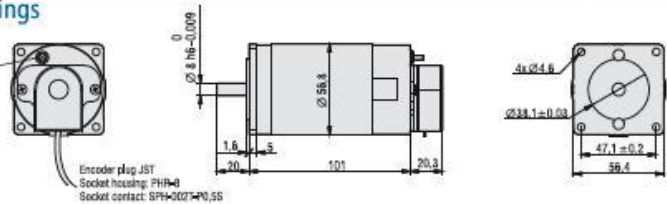
DC servomotors with brushes are the entry into the controlled drive technology class. They have good dynamic response and have proved themselves in drive systems. The attached encoder enables precise positioning. This predestines their use in CNC machines and in automation systems.

### Technical specification

Description	Voltage V	No-load speed rpm	No-load current A	Rated speed rpm	Rated torque Ncm	Rated current A	Rated output W	Peak current A	Part no.
DC 100	48	3,400	0.25	3,000	30	2.8	95	6.5	471022 0020

### Dimensioned drawings

Cable output motor: JST  
Socket housing: WH4-IN  
Socket contact: SW4414P1.1




Encoder plug: JST  
Socket housing: PH4-d  
Socket contact: SPH4027-P0.55

### Pin assignments

Cable coding	1	2	3	4	5	6	7	8
Wire colour	Black	Red	Green	Brown	Grey	White	Yellow	Orange
Driver output	0V	Vcc	SIG A	SIG $\bar{A}$	SIG $\bar{B}$	SIG B	SIG Z	SIG $\bar{Z}$

Subject to technical changes.

B6
ELECTRONICS | Motors




LIITE 2. Servomootori EC60, tekniset tiedot.

Motors

electronics

## Servomotors with brushless drive

### EC 60



#### Features

- Electronically commutated 3-phase servomotor
- Brushless drive
- High output performance concurrently with compact build
- Incremental measuring system
- Hall sensors
- IP44 protection class
- Uses: Positioning controllers, speed control
- Connection via circular plug
- Option: Brake

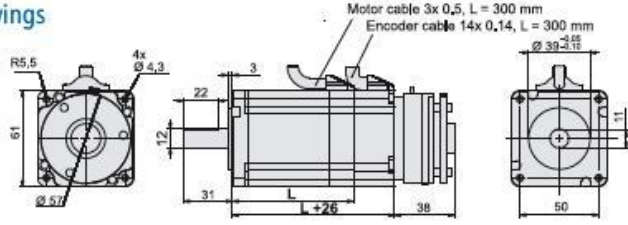
#### General

Brushless EC motors are designed as electronically switched 3-phase synchronous motors. Compared with brush drives, these motors have an even longer working life, because they are subjected to less wear. Moreover, in this case, high power density and dynamic response relative to size must be emphasized. These motors are used in many automation technology areas and in CNC machines.

#### Technical specification

Part no.	Description	Rated output W	Rated voltage V DC	Current A	Number of poles	Rated speed rpm.	Torque at rated speed Nm	Peak torque Nm	length L (mm)	Weight kg
474156 0048	EC 60S	156	48	6.9	8	3,000	0.5	1.75	73	1.25
474156 1048	EC 60S with brake	156	48	6.9	8	3,000	0.5	1.75	73	2.0
474235 0048	EC 60L	235	48	10.5	8	3,000	0.75	2.25	94	1.6
474235 0310	EC 60L	235	310	1.6	8	3,000	0.75	2.25	94	1.6
474235 1310	EC60L with brake	235	310	1.6	8	3,000	0.75	2.25	94	2.35


#### Dimensioned drawings



#### Pin assignments

Encoder cable			Motor cable		
Pin	Colour	Signal	Pin	Colour	Signal
1	yellow	HALL_A_IN	9	white	HALL_B_IN
2	red	VCC_Encoder	10	black	GND_Encoder
3	orange/black	/ENC_Z	11	orange	ENC_Z
4	brown/black	/ENC_B	12	brown	ENC_B
5	grey/black	/ENC_A	13	grey	ENC_A
6	-	-	14	green	HALL_C_IN
7	-	-	15	-	-
8	-	-			

Subject to technical change.

B8
ELECTRONICS | Motors




LIITE 3. Lineaariyksikkö LEZ-3, tekniset tiedot.

Timing Belt Feed Axes

mechanics


## Timing Belt Feed Axis

(Open Timing Belt Feed Axis)

# LEZ 3

(ZF 3)

Feeds and Shaft Slides are also available in Rust-Proof Designs!



- Option:
  - special lengths (100 1/mm raster) upon request, max. 6,000 mm
  - limit switch with connecting cable (only integrated in connection with drive module)

### Features

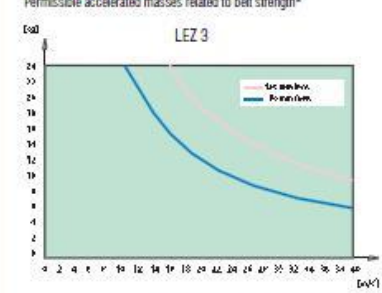
- Aluminium profile with midget linear guide LFS-B-4
- Clearance-free feed with timing belt feed axis
  - timing belt with 5 mm pitch, width 25 mm
- Feed 5 m/s, at the most
- Shaft slide WS 3. L 176 x W 130 mm
- Feed per revolution: 70 mm or 150 mm
- Repeatability lower or equal  $\pm 0.2$  mm
- Limit and/or reference switch, accuracy  $< 0.1$  mm
- Available in lengths up to 6,000 mm
- Motor modules can be flange-mounted on the right or left side

### Technical Data

Belt version.....	HTD 5M, width 25 mm
Weight of slide.....	0.940 kg
Weight without drive module.....	1.000 mm $\approx$ 10.5 kg
Nominal mass of timing belt.....	0.09 kg/m
Weight of slide.....	2.03 kg
Nominal weight of guide.....	0.472 kg/100 mm
Feed per revolution.....	70 mm
Effective diameter of the synchronized pulleys	
Feed 70 mm/revolution.....	22.28 mm
Feed 150 mm/revolution.....	47.75 mm
Moment of inertia of the synchronized pulleys	
Feed 70 mm/revolution.....	$5.58 \times 10^{-6}$ kgm <sup>2</sup>
Feed 150 mm/revolution.....	$1.796 \times 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup>

### Load Diagram

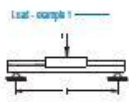
Permissible accelerated masses related to belt strength\*



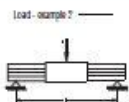
\* At vertical assembly, the acceleration due to gravity ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ) has to be taken into account

### Deflection

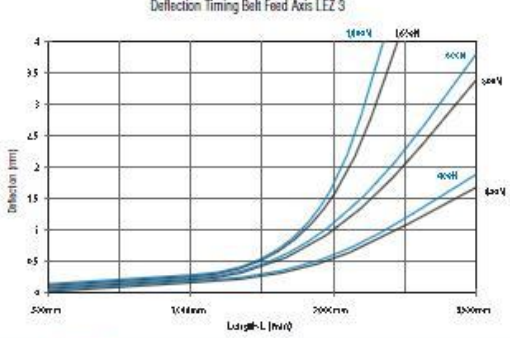
Load - example 1



Load - example 2



Deflection Timing Belt Feed Axis LEZ 3


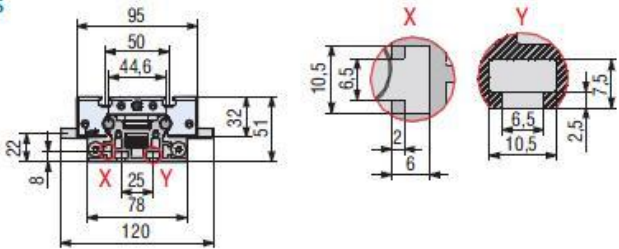


### Idle Torques

<b>70 mm/revolution</b>	
Revolution	Idle torque
[1/min]	[Nm]
500	0.16
1,500	0.24
3,000	0.36
<b>150 mm / Revolution</b>	
Revolution	No-load torque
[1/min]	[Nm]
500	0.60
1,500	0.70
3,000	0.80

C138
MECHANICS | Timing Belt Feed Axes
Iselautomation

## LIITE 4. Lineaariyksikkö LEZ-9, tekniset tiedot.

Linear units																	
<h2 style="color: #0070C0;">Linear unit</h2> <p style="color: #0070C0;">with belt drive</p>	<h2 style="color: #0070C0;">LEZ 9</h2>																
 <p style="font-size: small;">Figure: Drive unit MD 24</p>	<h3 style="color: #0070C0;">Characteristics</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Backlash-free feed with belt drive</li> <li>• Aluminium profile, Linear guide LFS 8-7</li> <li>• Toothed belt with 3 mm gapping Width 15 mm</li> <li>• Repeat accuracy smaller or equal <math>\pm 0.2</math> mm</li> <li>• Feed max. 2 m/s</li> <li>• Shaft slide WS 11 L 96 x W 95 mm</li> </ul> <p style="color: #0070C0; font-size: small;">Options:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Special lengths in a grid 100 mm</li> <li>• Stepper Motor or servo motor</li> <li>• Drive control</li> </ul>																
<h3 style="color: #0070C0;">General</h3> <p>The linear units in the LEZ series with toothed belt feed feature a modular set-up and are suitable for quick positioning in the area of installation automation and machine handling. Due to their sturdy and rigid aluminium constructions they are primarily used where work pieces need to be processed or transported.</p> <p>The patented shaft slides with ball races are used as guide slides. All LEZ series linear units can also be supplied with the matching drive units as well as special connecting angles, allowing various combinations in cross, H-, and multi-axle configurations.</p>																	
<h3 style="color: #0070C0;">Technical specifications</h3> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Belt type</td> <td>HTD 3M, width 15 mm</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Slide weight</td> <td>0.4 kg</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Weight without drive unit</td> <td>1,000 mm <math>\wedge</math> - 4.4 kg</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Specific mass of the toothed belt</td> <td>0.04 kg/m</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Specific guide weight</td> <td>0.29 kg/100 mm</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Effective diameter of the synchronised pulleys</td> <td><math>\varnothing</math> 19.1 mm</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Mass inertia moment of the synchronised pulleys</td> <td><math>5.86 \cdot 10^{-4}</math> kgm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">Theoretic feed per rotation</td> <td>60 mm</td> </tr> </tbody> </table>	Belt type	HTD 3M, width 15 mm	Slide weight	0.4 kg	Weight without drive unit	1,000 mm $\wedge$ - 4.4 kg	Specific mass of the toothed belt	0.04 kg/m	Specific guide weight	0.29 kg/100 mm	Effective diameter of the synchronised pulleys	$\varnothing$ 19.1 mm	Mass inertia moment of the synchronised pulleys	$5.86 \cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup>	Theoretic feed per rotation	60 mm	<h3 style="color: #0070C0;">Order data</h3> <p>Without drive:</p> <p><b>Item no.:</b> 232010 0100 L = 996 mm  <b>Item no.:</b> 232010 0300 L = 2996 mm</p> <p>With stepper motor:</p> <p><b>Item no.:</b> 232010 10005 L = 996 mm  <b>Item no.:</b> 232010 30005 L = 2996 mm</p> <p>With stepper motor and drive unit:</p> <p><b>Item no.:</b> 232010 0100055 L = 996 mm  <b>Item no.:</b> 232010 0300055 L = 2996 mm</p>
Belt type	HTD 3M, width 15 mm																
Slide weight	0.4 kg																
Weight without drive unit	1,000 mm $\wedge$ - 4.4 kg																
Specific mass of the toothed belt	0.04 kg/m																
Specific guide weight	0.29 kg/100 mm																
Effective diameter of the synchronised pulleys	$\varnothing$ 19.1 mm																
Mass inertia moment of the synchronised pulleys	$5.86 \cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup>																
Theoretic feed per rotation	60 mm																
<h3 style="color: #0070C0;">Scale drawings</h3> 																	
Technical specifications subject to change.																	
<p style="color: #0070C0;">made by <b>isel</b></p>	<p style="font-size: small;">Linear units   MECHANICS C53</p>																

## LIITE 5. Roboty Oy:n tarjoama lopullinen laitekokonaisuus.

**ROBOTY OY****Tarjous**

Laskutusosoite

Tommi Ranta

Finland

Toimitusosoite

Tommi Ranta

Finland

Vitteenne Tommi Ranta  
 Myyjä Veijo Meriläinen  
 Toimitusehto Vapaaasti varastosta  
 Toimitustapa Maantie  
 Maksuehto 14 päivää netto

Tarjousno	Tarjouspvm	Asiakasnro
400038	06/02/2012	10063

Voimassa 05/04/2012 asti

Tuotekoodi	Tuotenimi	Lisäimike	Määrä	A-hinta	Alennus	ALV	Yhteensä
	Ohjain:						
299999 0104	Controller and accessories	for EC60L and DC100	1,00 kpl	██████	0,00 %	23%	██████
	Kaapelit:						
392759 0500	Motorleitung Servo	L= 5,0 m	2,00 kpl	██████	0,00 %	23%	██████
392740 0500	Encoder Line	L= 5,0m	2,00 kpl	██████	0,00 %	23%	██████
	Lineaariyksiköt:						
234000 0000	Linear Unit consisting of # 232007 0200 LEZ 3 Belt drive slide L= 1998mm, feed rate 70mm/r, without motor, limit sv carriage WS3 # 39642300 6012 EC-servo module 235W/48V, for LES direct drive, coupl. 40x60 shaft 12,0/ with M23 9pin/SubD 15pin pin		1,00 kpl	██████	0,00 %	23%	██████
234000 0000	Linear Unit consisting of #232010 0150 LEZ 9 Belt drive slide, L = 1496mm, without motor, limit switch, with carriage # 396112 3063 servo motor module DC100, 95W, 48V for LEZ 9 with reduction 2:1, M23 9pi SubD 15pin		1,00 kpl	██████	0,00 %	23%	██████