



Samuli Hietala

Osien syöttötavat yhteistyörobotille, linssinsyöttölaitteen 3D-mallinnus ja simulointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

1.11.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Samuli Hietala
Otsikko:	Osien syöttötavat yhteistyörobotille, linssinsyöttölaitteen 3D-mallinnus ja simulointi
Sivumäärä:	45 sivua
Aika:	
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Koneautomaatio
Ohjaajat:	Lehtori Antti Liljaniemi Projektiassistentti Daniel Korhonen

Insinööriyössä tutkittiin erilaisia menetelmiä, joilla pieniä osia voidaan syöttää ja järjestellä kobotin eli yhteistyörobotin käyttöä varten. Työn tavoitteena oli selvittää ja suunnitella, kuinka LED-valaistuksessa käytettävät linssit voitaisiin syöttää kobotille työntekijän työajan säästämiseksi. Kobotin tehtävänä on poimia kyseisiä 11 mm:n kokoisia linsskejä imukupilla ja liimata ne alusholkkeihin kiinni. Linssit ovat muodoltaan kuperia, ja niillä on tasainen pohja. Tasaisen pohjan on oltava alaspäin, kun ne liimataan holkkeihin. Tätä varten työssä käytetään linssien kääntämiseen perustuvaa tekniikkaa.

Tutkimus toteutettiin tutkimalla kahden yrityksen osiensyöttölaitetta, joita voitaisiin hyödyntää linssien syöttämiseen, sekä kehittämällä erilaisia kokeita linssillä, kuten testaamalla, miten linssit kääntyvät erilaisilla pinnoilla. Selvitystyön pohjalta luotiin erilaisia konsepteja, joista valittiin yksi jatkokehitykseen. Lopulliseen jatkokehitykseen valittiin eräänlainen linssien käsittelylaite, jota kutsutaan nimellä linssilautanen. Laite perustuu omiin innovaatioihin ja hyödyntää jo olemassa olevia osien käsittelymenetelmiä.

Laitteen suunnittelussa käytettiin tuotekehitysmallia, jonka pohjalta laitteesta luotiin toteutussuunnitelma, rakennettiin 3D-malli ja luotiin simulaatio virtuaalista käyttöönottoa varten. Lopputuloksena saatiin suunniteltua laite, joka pystyy kääntämään linssit oikeinpäin ja järjestämään ne yksitellen kobotin käyttöön.

Avainsanat: Kobotti, Automaatio, Syöttölaite, CAD, Simulointi

Abstract

Author:	Samuli Hietala
Title:	Methods of Feeding Parts to the Cobot, 3D Modeling and Simulation of the Lens Feeding Device
Number of Pages:	45 pages
Date:	
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Mechanical Engineering
Professional Major:	Machine Automation
Supervisors:	Antti Liljaniemi, Senior Lecturer Daniel Korhonen, Project Assistant

In the bachelor's thesis, various methods were studied for feeding and organizing small parts for the use of a cobot, i.e., a collaborative robot. The aim of the work was to investigate and design a way to feed lenses used in LED lighting to the cobot to optimize the worker's time. The task of the cobot is to pick up 11 mm lenses with a suction cup and glue them onto base sleeves. The lenses are convex in shape with a flat bottom. The flat bottom must face downward when the lenses are glued to the sleeves. For this purpose, the thesis utilizes a technique based on flipping the lenses.

The research involved studying the part feeders from two companies, which would be utilized in feeding the lenses, and conducting various experiments with the lenses, including how they would rotate on different surfaces. Based on the research, several concepts were created, one of which was selected for further development. The concept chosen for final development was a type of lens handling device called the lens plate. The device is based on original innovations and incorporates existing methods for handling parts.

A product development model was used for the design of the device, from which an implementation plan was created, a 3D model was built, and a simulation for virtual commissioning was developed. The result was a device capable of turning the lenses to the correct orientation and organizing them one by one for the cobot's use. In the future, a prototype of the device may be built for use by the client company.

Keywords: Cobot, automation, feeder, CAD, simulation

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimusmenetelmä	2
1.2	Cariitti Oy	4
2	Kobotti ja pienosien syöttötavat	5
2.1	Minkälainen on kobotti	5
2.1.1	Kobotin rakenne	7
2.2	Tärymalja	8
2.3	Muut pienosien syöttötavat ja oheislaitteet	10
3	Projektin tausta	13
3.1	Nykyinen kobottisolu	13
3.2	Techman kobotti	14
3.3	Vuoden 2023 projekti	15
4	Konseptit ja ongelman kartoitus	17
4.1	Linssi ongelma	17
4.2	Osien käsittelylaitteen alustava suunnittelu ja konseptit	17
4.2.1	JTL/Kone Oy - Tärymalja konsepti	18
4.2.2	Wisematic Oy - Osien syöttölaite konsepti	21
4.2.3	Linssilautanen konsepti	22
4.3	Lopullisen konseptin valinta	23
5	Tulokset	26
5.1	Johdanto linssilautasen kehitykseen	26
5.2	Pyyhkäisytekniikka	26
5.3	Linssilautasen toteutussuunnitelma	27
5.4	Linssilautasen kootut ominaisuudet	29
5.5	3D-malli	30
5.6	Simulointi	38
6	Loppupäätelmät ja yhteenveto	45
	Lähteet	1

1 Johdanto

Yhteistyörobotteja, eli kobotteja, voidaan hyödyntää automaatio- tai kokoonpanolinjastoilla erilaisten osien poimimiseen ja käsittelyyn. Kobotti tarvitsee kuitenkin oikeanlaisen syöttöjärjestelmän osille, jotta sen työskentely olisi sujuvaa ja tehokasta. Sopivalla osiensyöttötavalla voidaan säästää sekä tuotannon että työntekijöiden aikaa ja helpottaa prosessien sujuvaa etenemistä.

Tämän insinööriyön tavoitteena on parantaa yhteistyörobotin toimintaa ja tehokkuutta Cariitti-nimiselle yritykselle. Nykyinen kobotti suorittaa erilaisia liimaus- ja ruuvaustehtäviä, kuten LED-linssien liimaamista holkkimuotoisiin alustoihin. Tässä työssä keskitytään ratkaisemaan ongelmaa, joka liittyy näiden linssien syöttämiseen kobotille. Tällä hetkellä työntekijä joutuu järjestelemään ja lajittelemaan linssit käsin kobotin poimittavaksi, mikä on aikaa ja resursseja vievää. Työssä tutkitaan erilaisia pienosien syöttömenetelmiä automaatiojärjestelmissä sekä niiden soveltamista nykyiseen kobottisoluun.

Työn päätavoitteena on kehittää ratkaisu, joka poistaa ylimääräiset työvaiheet linssienkäsittelyssä. Tähän tarkoitukseen suunnitellaan kobotin kanssa yhteistyössä toimiva laite, joka lajittelee linssit yksitellen kobotille. Linssit ovat pieniä 11 mm:n kokoisia, kuperia päältä ja litteitä pohjasta. Linssit tulee olla oikeinpäin, eli litteä puoli alaspäin, kun ne tuodaan kobotille poimittavaksi. Nämä ovat seikoja, jotka otetaan huomioon laitteen suunnittelussa.

Työssä käytetään tuotesuunniteluun pohjautuvaa toimintamallia. Ensimmäisessä vaiheessa tutkitaan olemassa oleva kobotti ja dokumentoidaan sen ominaisuudet ja toimintatavat. Tutkimuksen aikana kehitetään erilaisia konsepteja linssien syöttämiseksi yhteistyörobotille. Parhaaksi arvioitu konsepti valitaan jatkokehitykseen, jonka perusteella luodaan 3D-malli ja simulaatio. Simulaatiolla voidaan havainnollistaa laitteen toimintaa. Työvaiheet toteutetaan tunnetuilla simulointi- ja CAD-ohjelmilla, kuten NX, CATIA V5 ja AutoCAD Inventor.

1.1 Tutkimusmenetelmä

Tässä insinööriyössä käytetään tuotekehitykseen painottuvaa lähestymistapaa projektin toteuttamiseksi. Projektin suunnittelu alkaa prosessin kokonaisuuden, lähtökohtien ja elinkaaren hahmottamisella. Työssä keskitytään prosessin elinkaaren viiteen eri vaiheeseen: alustava suunnittelu, konseptisuunnittelu, pääsuunnittelu, toteutus/kokoonpano sekä tuotantokäyttö ja ylläpito.

Vaihe 1: Alustava suunnittelu

Ensimmäisessä vaiheessa, eli alustavassa suunnittelussa, käydään läpi asiakkaan lähtötilanne ja tavoitteet. Lähtötilanne voi olla, että kokonainen robottisolu kehitetään alusta alkaen, tai olemassa oleva robottisolu vaatii parannuksia ja uusia ratkaisuja. Lähtötilanteen ymmärtäminen on oleellista, ja prosessista tarvitaan selkeä kuvaus. Yleisesti asiakasyritys laatii tuotantodokumentin, jossa kuvataan valmistusprosessin vaiheet, työkalut ja muut keskeiset tekijät. Myös budjetti ja kustannukset lasketaan suunnittelun alussa.

Vaihe 2: Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelu aloitetaan, kun kaikki prosessin lähtövaatimukset on täytetty. Suunnittelija tai laitevalmistaja tekee luonnosmaisen kuvauksen laitteesta tai järjestelmästä asiakkaalle, jota kutsutaan konseptiksi. Konsepteja voi olla useita, esimerkiksi piirroksia, laiteselostuksia tai 3D-malleja ja layout-kuvia. Hyvä määrä konsepteja on 2–5. Konseptin avulla tunnistetaan laitteen tai järjestelmän osa-alueet sekä alustavat tekniset ratkaisut, mutta yksityiskohtaiset ratkaisut jäävät myöhempisiin vaiheisiin. Konseptisuunnittelun aikana voidaan myös arvioida projektin riskejä ja toimitusaikaa. Valmis konsepti mahdollistaa kaupallisen tarjouksen tekemisen asiakkaalle.

Vaihe 3: Pääsuunnittelu

Pääsuunnittelu alkaa, kun konseptivaihe on saatu päätökseen. Tässä vaiheessa valittua konseptia aletaan työstämään toteutuskelpoiseksi. Projekti

puretaan eri vaiheisiin, joista jokainen dokumentoidaan. Keskeisiä suunnittelu-vaiheita ovat mekaniikkasuunnittelu, sähkösuunnittelu, automaatio-suunnittelu, turvajärjestelmien suunnittelu, käyttöliittymäsuunnittelu ja tuotantoprosessin suunnittelu. Tärkeinä työkaluina ovat simulointi ja 3D-mallinnus, joiden avulla varmistetaan sekä rakenteelliset että toiminnalliset ratkaisut. Lisäksi projektissa on huomioitava CE-merkinnän vaatimukset ja tehtävä riskianalyysi.

Vaihe 4: Toteutus ja kokoonpano

Toteutus ja kokoonpano voidaan aloittaa, kun pääsuunnitteluvaiheet on suori-tettu. Näiden vaiheiden lopputuloksena syntyy tuoterakenne ja osaluettelo, jotka määrittelevät käytettävät komponentit ja raaka-aineet. Seuraavaksi aloitetaan komponenttien ja materiaalien hankinta. Toimitusajat voivat vaihdella, ja aika-tila-ja saatetaan joutua mukauttamaan niiden mukaan. Kun kaikki komponentit on saatu, järjestelmän kokoaminen aloitetaan vaiheittain: ensin mekaniikka (runko, rakenne), sitten sähkö (johdotus, sähköjärjestelmät), automaatio (auto-maatiojärjestelmät), turvajärjestelmät (anturit, suojaukset) ja lopulta käyttöliitty-mät (ohjaus).

Vaihe 5: Tuotantokäyttö ja ylläpito

Tuotantokäyttöön ja ylläpitoon kuuluu laitteen tai järjestelmän säännöllinen huolto ja käyttöänsä varmistaminen. Säännölliset laadun tarkistukset ja varaosien saatavuus ovat keskeisiä tuotannon jatkuvuuden turvaamiseksi. Tuotantoajan avulla voidaan analysoida laitteen käyttöikä, laatua ja tuotannon sujuvuutta. Tätä varten on olemassa ohjelmistoja, jotka keräävät dataa robottisolun toimin-nan vaiheista. On myös tärkeää muistaa, että robottisolun käyttö ei välttämättä pysy samana koko sen käyttöajan ajan, vaan työtehtävät voivat muuttua, ja työ-kalut sekä oheislaitteet voidaan vaihtaa. (1, s. 70–78.)

1.2 Cariitti Oy

Cariitti Oy on perheyritys, joka valmistaa kotimaisena käsityönä erilaisia valais-
tuksia, pukuhuonekalusteita ja saunanlauteita. Yritys on perustettu vuonna 1997
ja sen toimitusjohtaja on Peter Ernst Ruokonen. Yrityksessä työskentelee 17
henkilöä. Cariitti sijaitsee Suomenojalla Espoossa, missä yrityksellä on myös
myymälä ja näyttelytilat, joissa voi tutustua erilaisiin valaisuratkaisuihin sekä
sauna- ja kylpyhuonetiloihin. Yritys kehittää erilaisia tunnelmavalaisuksia sau-
noin, kylpyhuoneisiin, altaisiin, keittiöihin ja muihin tiloihin. Yritys tarjoaa va-
laistuksiinsa erilaisia efektejä kuten revontulia, tähtitaivaita, tulenloimuja ja mo-
nia muita. Lisäksi yritys valmistaa valoverhoja ja muita valaistukseen liittyviä
oheistuotteita. Yrityksen verkkosivuilla voi myös suunnitella täysin oman sau-
nan. Lähes kaikki Cariitin tuotteet valmistetaan kotimaisista raaka-aineista, ja
yrityksen arvoin kuuluu kotimaisuus, ympäristöystävällisyys ja tuotteiden
pitkä käyttöikä. (2.)

2 Kobotti ja pienosien syöttötavat

2.1 Minkälainen on kobotti?

Kobotti eli yhteistyörobotti on robotti, joka toimii turvallisesti ihmisen läheisyydessä. Se eroaa tavallisesta tuotantorobotista siinä, että se työskentelee vuorovaikutuksessa ihmisen kanssa tai läheisyydessä. Kobotit on varustettu antureilla, jotka pysäyttävät toiminnan, jos ihminen tulee liian lähelle tai koskettaa kobottia. Kobotin runko voi olla pyöristetty ja nivelet piilotettu niin, että puristumisvaaraa ei ihmiselle synny. Kobotin turvallinen käyttö vaatii riskiarvion, jossa tarkastellaan työympäristöä, käytettäviä materiaaleja ja työkalujen vaikutuksia. Riskejä voidaan vähentää muovaamalla muun muassa kobotin nopeuksia ja tunnistusetaisyyksiä. Kobottien tulee täyttää ISO/TS 15066 -turvallisuusstandardit, mikä kattaa kaikki vaatimukset ja suositukset yhteistyörobotin turvallisuudesta. (3.)

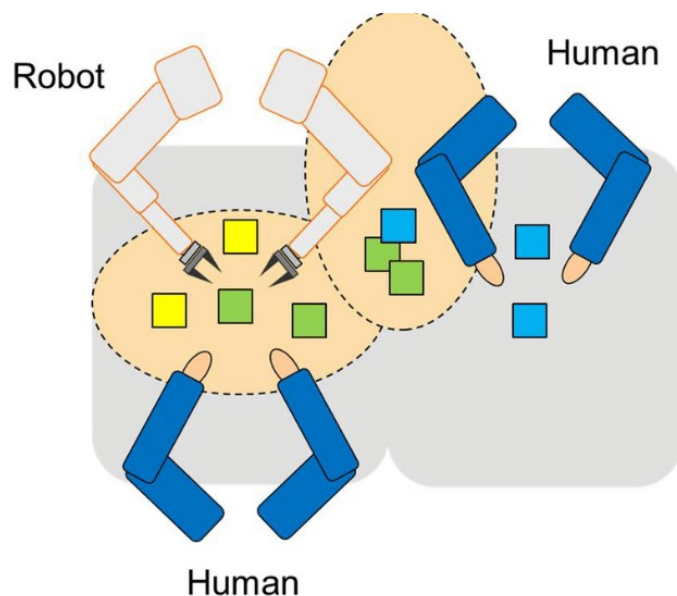
Kobotti on hyödyllinen työkumppani ihmiselle monella eri tapaa. Yhteistyörobotin tärkein tehtävä on nopeuttaa tuotantoa ja vapauttaa henkilöresursseja muihin tehtäviin. Kobotteja hyödynnetään lähes missä tahansa, kuten tuotannossa, logistiikassa, palvelualoilla sekä monilla eri teollisuuden aloilla. Yleisimmät kobotin työtehtävät ovat esineiden nostelu/siirtely, toistuvien tehtävien suorittaminen, tuotteen valmistus ja muut monimuotoiset avustustehtävät.

Kobotit ovat yleensä 6-akselisia käsivarsirobotteja. Kobotteja on erikokoisia ja ne vaihtelevat ihmisen kokoisesta kompakteihin pöytäkokoisiin kobotteihin. Isoimmat eli noin ihmisen kokoiset kobotit ovat usein tarkoitettu painavien esineiden ja kuormien nosteluun teollisessa ympäristössä. Pienemmät pöydälle mahtuvat kobotit ovat taas tarkoitettu pienten osien käsittelyyn, joita voidaan hyödyntää kokoonpanotehtävissä. Tehtäviin lukeutuu muun muassa osien liimaus, juovaus, ruuvaus, järjestely tai muu tarkkuutta vaativa tehtävä. Monessa

kobotissa on vaihdettava ”työkalu” joka mahdollistaa niiden käyttötarkoituksen mukauttamisen moneen eri työtehtävään.

Kobottien käyttöönotto on yleensä helppoa ja vaivatonta, koska niitä ei tarvitse ruuvata lattia-alustaan kiinni kuten perinteisiä teollisuusrobotteja. Kobottien liikkeenohjaus on yleisesti myös helppoa sovelluksen tai ohjelman kautta. Arvoltaan yhteistyörobotit ovat kalliimpia kuin normaalit teollisuusrobotit, koska ne sisältävät enemmän turvallisuusominaisuuksia ja tekniikkaa, joka mahdollistaa turvallisen työskentelyn ihmisen kanssa. Hinta vaihtelee kobottien välillä 20 000 yli 100 000 euroon. Kobotin hintaan vaikuttaa valmistaja, lisävarusteet ja niiden käyttötarkoitus.

Ensimmäinen yhteistyörobotti keksittiin jo vuonna 1996 J. Edward Colgaten ja Michael Peshkin toimesta. He olivat konetekniikan professoreja yliopistossa. Yhteistyörobottien myynti markkinoilla kasvoi 2008–2010 vuosien aikana, jolloin robottitekniologia ja turvallisuusstandardit olivat kehittyneet riittävästi. Suurimpia yrityksiä, jotka valmistavat tällä hetkellä yhteistyörobotteja ovat mm. Universal Robots, ABB, OMRON, KUKA, FANUC ja Yaskawa. (4.)



Kuva 1. Layout-kuva kobotin ja ihmisten yhteistyöstä (5).

2.1.1 Kobotin rakenne

Yhteistyörobotin rakenne koostuu monista eri komponenteista, jotka mahdollistavat turvallisen ja tehokkaan työskentelyn ihmisen rinnalla.

1. Runko

Kobotin runko sekä perusta koostuu monista osista ja nivelistä. Runkona voidaan pitää kobotin käsivartta eli robottivartta. Robottivarsi jäljittelee ihmisen käsivarren toimintaa. Runko on yleisesti tehty jostain kevyestä materiaalista kuten alumiini tai muovi.

2. Ohjausjärjestelmä

Kobotin sisällä on jokin integroitu pientietokone tai mikroprosessori, tätä kutsutaan ohjausjärjestelmäksi. Tämä laite toimii ikään kuin kobotin aivoina, joka antaa käskyt kobotille ohjelman tai muun viestinnän avulla, joiden seurauksena kobotin liikkeet syntyvät.

3. Anturit

Kobotti sisältää useita antureita, jotka mahdollistavat turvallisen työskentelyn ihmisen kanssa. Näitä ovat erilaiset lähestymis-, voima ja momenttianturit. Näiden antureiden avulla voi kobotti reagoida ihmisen lähestymiseen ja ympäristöönsä.

4. Ohjausyksikkö/käyttöliittymä

Ihminen voi ohjata ja ohjelmoida kobottia ohjausyksikön avulla. Tämä voi olla jokin sovellus tai muu graafinen käyttöliittymä tietokoneessa tai mobiililaitteessa kuten mobiilisovellus.

5. Näköjärjestelmä

Kobotissa voi olla jokin konenäkökamera, joka toimii ikään kuin kobotin silminä. Tämä laite on oleellinen, jos lisänäkyvyyttä tarvitaan mm. poimimaan osia, jotka eivät ole järjestyksessä. Kamera tallentaa ympäristönsä kuvamateriaaliksi ja lähettää sen ohjelmaan. Ohjelma tulkitsee kuvat, jonka jälkeen kobotti säätää toimintaansa näiden tietojen mukaan.

6. Toimilaitteet

Jotta kobotti voi suorittaa tehtävänsä oikein, tarvitsee se toimilaitteen. Näitä voi olla lukemattomia eri tehtävän mukaan. Toimilaitteita voi olla mm. tarttijat, porat tai hitsaussuutin.

7. Turvallisuusjärjestelmät

Hyvin tärkeä ominaisuus on, että kobotti sisältää laajat turvallisuusjärjestelmät. Näihin lukeutuu hätäpainikkeet, pehmeät suojausosat, jotka vähentävät iskun sattuessa vahinkoa ja törmäyksenestoanturit.

8. Moduulit tiedonsiirtoon ja kommunikointiin

Koboteissa on integroituna moduuleja, jotka mahdollistavat tiedonsiirron ja yhteyden muihin laitteisiin. Nämä voivat olla langallisia tai langattomia. Tällainen voi olla yksinkertainen I/O (input/output) moduuli. (6.)

2.2 Tärymalja

Tämän työn keskeinen tavoite on suunnitella pienosien käsittelylaite, joka helpottaa osien lajittelua ja syöttöä yhteistyörobotille. Tärymaljat ovat yksi yleisimmistä robottisolujen osien syöttölaitteista. Tärymalja on automaattinen laite, joka perustuu värähtelytekniikkaan. Sen toiminta perustuu värähtelyyn, jonka avulla eri osat erotellaan hienovaraisesti.

Tärymaljat valmistetaan yleensä kestävästä materiaalista, kuten kumista tai metallista, joka tukee jatkuvaa värähtelyä. Laite koostuu useista osista, jotka

yhdessä mahdollistavat värähtelyn tuottamisen. Laitteen runko, malja, voi olla erikokoinen tai -muotoinen riippuen käsiteltävistä osista.

Värähtelyn tuottamiseen laitteessa on oltava esimerkiksi moottori tai sähkömagneetti, joka on kiinnitetty maljaan. Värähtely voi vahingoittaa maljan rakennetta tai muita osia, jolloin malja tarvitsee tukirakenteen, tämä voi olla jokin jousitusjärjestelmä. Järjestelmän jouset ja iskunvaimentimet suojaavat värähtelyltä ja vaimentaa liikettä. Jotta värähtelyn voimakkuutta tai taajuutta voidaan hallita, pitää tärymaljassa olla jokin ohjaus/säätöjärjestelmä. Lopuksi laite tarvitsee toimia-
kseen tehonlähteen, jonka se saa sähkövirrasta

Tärymaljojen heikkouksina on niiden tuottama meteli, kun osat värisee maljassa, sekä osien riski vaurioitua, jos värähtely on säädetty liian isolle. Tärymaljat joudutaan yleensä suunnittelemaan sen mukaan mitä osia se käsittelee. Hyvinä puolina tärymaljoissa on niiden helppokäyttöisyys ja luotettavuus. Osat voidaan syöttää suoraan tärymaljaan ja laite hoitaa järjestelyn ja kuljetuksen robotille nopeasti. Vikatilanteita harvemmin tärymaljoissa syntyy niiden yksinkertaisen toimintatavan ja rakenteen ansiosta. (7; 8, s. 157–158.)



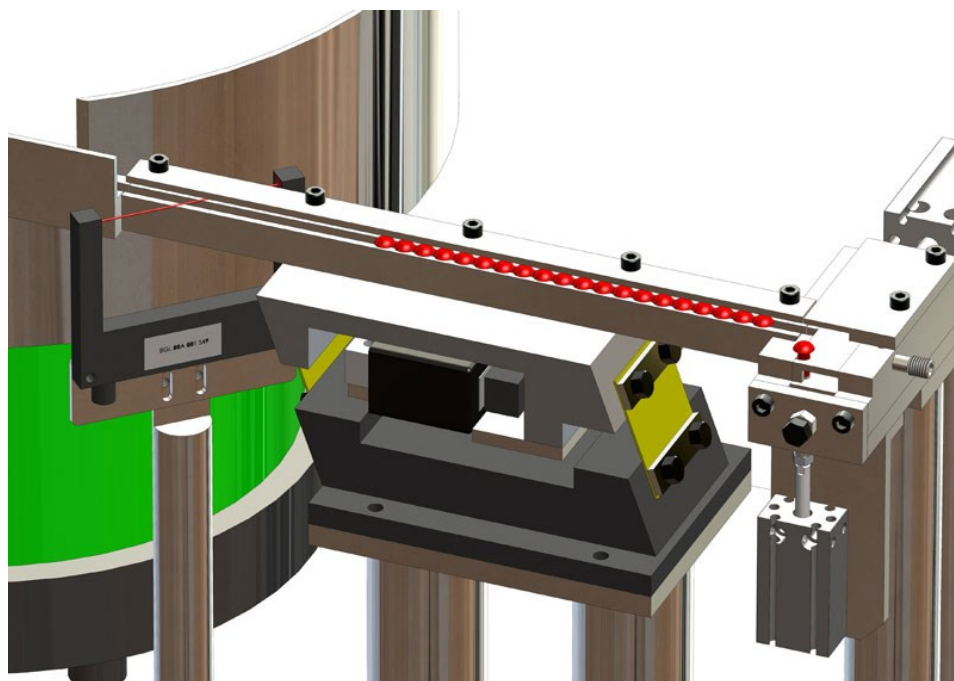
Kuva 2. Perinteinen tärymalja (8, s. 158).

2.3 Muut pienosien syöttötavat ja oheislaitteet

Pienosien syöttämiseen ja lajitteluun lukeutuu myös monenlaisia muita tapoja. Näihin lukeutuu erilaiset kuljettimet, jotka voivat olla rulla tai hihnakuljettimia. Kuljettimien avulla osat saadaan liikutettua robotin luokse tai alustalle, josta robotti poimii osat. Kuljettimia voidaan räätälöidä syötettävien osien mukaisesti. Näin voidaan tehdä lisäämällä mm. erilaisia antureita kuljettimeen tunnistamaan tiettyjä kappaleita. Kuljettimet ovat yksi joustavimpia tapoja osien siirtämiseen ja lajitteluun robottisoluissa. (9, s. 155.)

Yksinkertainen osien syöttötapa on, että robotti poimii osat suoraan jonkunlaisesta säiliöstä tai välivarastosta. Osat laitetaan säiliöön, josta robotti poimii osat konenäkökameran avulla, jonka jälkeen siirtää ne muottiin, laatikkoon, pussiin tai muuhun pakkaukseen. Tämä tapa on edullisin ja paras valinta jos osat eivät vaadi erillistä järjestäytymistä tai asentoa. (10.)

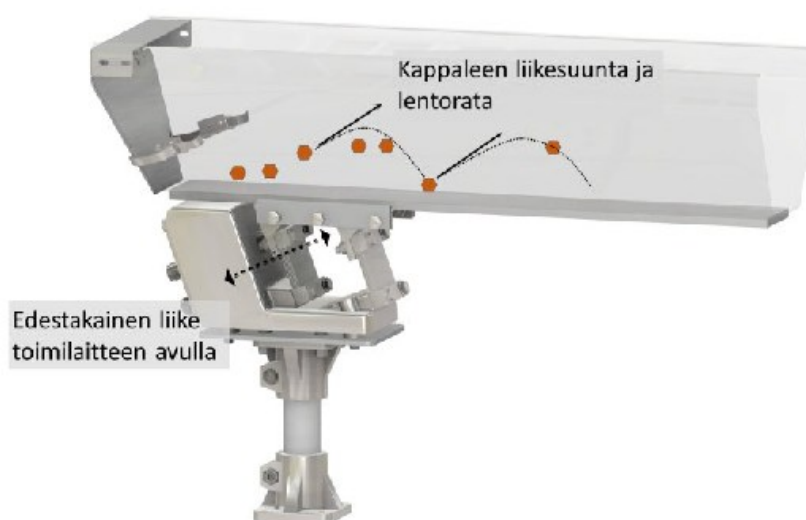
Lineaariset syöttölaitteet toimivat tarkkuuta vaativaan osien käsittelyyn. Lineaariset syöttölaitteet ovat usein yhteydessä tärymaljan tai muun osien käsittelylaitteen kanssa (kuva 3).



Kuva 3. Lineaarisyötin tärymaljan yhteydessä, laite kuljettaa pienosia. (11.)

Lineaarisyötin kuljettaa osia suorassa linjassa osan ollessaan tiiviisti oikeassa asennossa johtimessa kiinni. Nämä syöttimet voivat liikuttaa osia eri tavoin kuten värinällä, ilmanpaineella tai muulla mekaanisella liikkeellä kuten hihnan avulla. Lineaarisyöttimillä voidaan kuljettaa pitkiäkin matkoja kokoonpanosolusta toiseen. Tämä syöttötapa on hyvä, kun tarvitaan järjestelmällisyyttä, osien tarkkaa syöttämistä tai jos syötettävä osa on hauras ja helposti vahingoittuvaa materiaalia, kuten lasia. (12.)

Tärykuljettimia tai toisella nimellä, esiannostelijoita käytetään mm. tärymaljan rinnalla varastoimaan ja syöttämään lisää osia, kun kaikki osat ovat siirtyneet pois tärymaljasta. Esiannostelija on kauhan, kourun tai säiliön muotoinen laite, joka kaataa osia suoraan kuljettimeen tai syöttölaitteeseen. Laitteeseen on kytketty toimilaite kuten tärymoottori, jonka avulla se tuottaa liikettä, jolla se siirtää osat eteenpäin (kuva 4). Annostelijoita voi olla erikokoisia eri osille 1 litrasta jopa 40 litraan asti. (13; 14, s. 157.)



Kuva 4. Kuvassa tärykuljetin, toimilaite tuottaa edestakaisen liikkeen, jolla osat liikkuvat (14, s. 157).

Pienosien syöttämiseen ja käsittelyyn kehitetään jatkuvasti uusia tapoja, ja yleensä järjestelmä koostuu useammasta kuin yhdestä syöttölaitteesta tai toimilaitteesta. Kokonaisuuteen yhdistyy yleensä useita eri menetelmiä ja oheislaitteita; esimerkiksi tärymaljaan voidaan liittää lineaarisyötin sekä tärykuljetin. Usein osille tarvitaan omat järjestelmänsä, jos niiden koko ja materiaali vaihtelevat merkittävästi. Tärkeimmät seikat, joita on syytä pohtia valittaessa sopivaa syöttötapaa, ovat osien koko, muoto, mihin niitä syötetään ja millä aikataululla.

(15.)

3 Projektin tausta

3.1 Cariitti Oy:n kobottisolu

Yrityksen kobottisolu sijaitsee yrityksen kokoonpano-osastolla pienessä tilassa. Kobottisolu sisältää Techmanin kobotin, 2 jigi-pöytää, linssialustan, holkkialusta sekä ruuvien syöttölaitteen (kuva 5). Yhteen jigi-pöytään mahtuu 20 valokuituprojektoria. Alustoihin mahtuu 60 linssiä ja 60 holkkia.



Kuva 5. Nykyinen kobottisolu, kobotti on varustettu ruuvinvääntimellä.

Kobotilla on solussa 2 käyttötarkoitusta: linssien liimaus holkkeihin sekä projektorien kansien ruuvaus. Kobotin vasemmalla puolella on pöytä, jossa se hoitaa linssien liimauksen ja oikealla puolella pöydät projektoreille, jossa se hoitaa kansien ruuvauksen. Kobotilla on 2 erilaista työkalua, joilla se suorittaa nämä työvaiheet.

Linssit, jotka kobotti poimii, hoituu OnRobot-alipaine tarttujalla. Tämä työkalu sisältää imukupin, joka paineilman avulla pystyy tarttumaan linseistä kiinni ja vieään ne holkkeihin. Työkalu on kompakti ja sen pystyy muokkaamaan lähes kaikenlaisille osille. Työkalu toimii sähköisesti eikä siihen tarvitse erillistä ilman-syöttöä. Työkalussa on valmiiksi integroitu ohjelma, joten sen käyttöönotto on todella helppoa. Samassa työkalussa on kiinni liimanannostelija, joka levittää liiman holkkeihin, johon linssit tulevat. (16.)

Toinen työkalu on OnRobot-ruuvinväännin. Tämä työkalu ruuvaa ja poimii projektorien kansien ruuveja kiinni. Tämä ruuvinväännin on monikäyttöinen ja soveltuu eri kokoisille ruuveille. Ruuvinvääntimellä voi säätää kobotin käyttöliittymän avulla tarkan vääntömomentin ja ruuvin pituuden. Ruuvin pituus voi olla jopa 50 mm ja momentti olla 5 Nm maksimissaan. Ruuvinvääntimessä on älytoimintoja, joiden avulla se voi havaita ruuvin oikean koon, momentin, kiristysnopeuden ja muuta. Ruuvinvääntimen sisäisen akselin ansiosta ruuvaus tapahtuu ilman robottikäden ylimääräistä liikettä, joka yksinkertaistaa ohjelmointia. Työkalu sopii lähes kaikille yhteistyöroboteille.

Ruuvit kobotti hakee ruuvinsyöttölaitteesta. Ruuvinsyöttölaitteena toimii OnRobot-ruuvinsyöttölaite. Laite on kompakti ja soveltuu eri kokoisille ruuveille. Laitteessa on vaihdettava kisko, jotta ruuvikokoa pystyy vaihtamaan. Kobotin alustassa on säädettävä korkeus. (17.)

3.2 Techman-kobotti

Yrityksen kobottisolussa on toiminnassa Techman TM5-900 -kuusiakselinen kobotti. Kobotti painaa 22,6 kg, sen maksimikuorma on 4 kg, ja sen robottivarren kantavuus on 946 mm. Kobotti täyttää robottistandardit ISO 10218-1:2011 ja ISO/TS 15066:2016. Kobotti on varustettu OnRobotin-alipainetarttujalla, ruuvinvääntimellä, ruuvinsyöttäjällä ja liimanlevitystyökalulla. Kobotissa on sisäänrakennettu tekoäly nimeltään AI Vision. Sen avulla kobotti voi automaattisesti tunnistaa osien läsnäolon ja suunnan, havaita ympäristönsä ja suorittaa jatkuvia visuaalisia tarkastuksia. Tämä tekoäly voi myös lukea tuloksia eri laitteista ja

koneista sekä tehdä itsenäisiä päätöksiä näiden tulosten perusteella. Kobotti pystyy analysoimaan ja integroimaan tietoja automaatioprosessien aikana, mikä mahdollistaa vikatilanteiden tehokkaan estämisen ja tuotteiden laadun parantamisen. Kobotti on helppo ohjelmoida, eikä se vaadi perinteistä ohjelmointikokemusta. Kobotissa on oma graafinen käyttöliittymä nimeltään TMflow, joka helpottaa ohjelmointia. TMflow-ohjelmassa on "klikkaa ja raahaa" -toiminto, joka vähentää monimutkaisuutta. Ohjelmointi tapahtuu siten, että valitset ohjelmapalkin ja raahaat sen funktiopalkin sisään, jolloin ohjelma muodostuu. Kobotissa on myös yksinkertainen käsiohjaus, joka helpottaa eri asentojen opetusta. Kobotin kalibrointi on erittäin helppoa erillisellä kalibrointilevyllä, jonka avulla kalibrointi voidaan suorittaa visuaalisesti suoraan näytöltä. (18.)

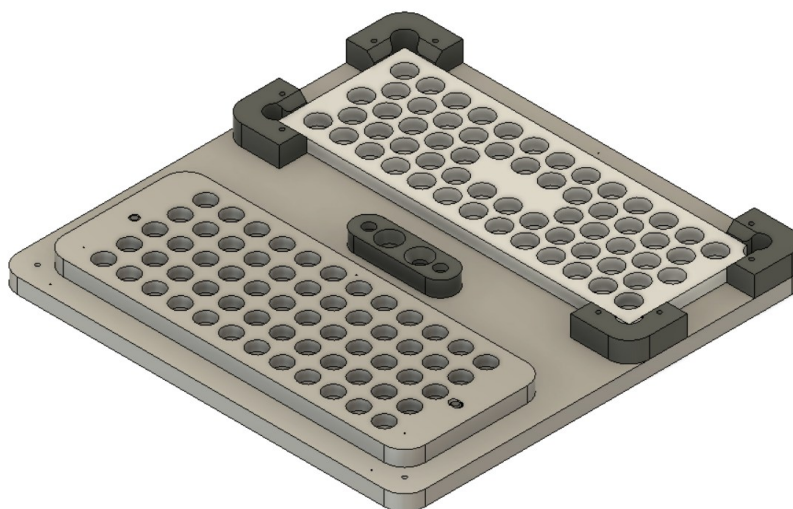
3.3 Vuoden 2023 projekti

Vuoden 2023 projektissa opiskelijat paransivat kobottisolun toimintavarmuutta ja tehokkuutta. Projektin aikana parannettiin olemassa olevaa ruuvaussovellusta, jonka isoin ongelma oli sen epävarma toimivuus. Ruuvaussovellus antoi virheilmoituksia toiminnan aikana, jotka piti kuitata joka kerta pois, että toiminta jatkuisi. Ohjelma luotiin kokonaan alusta, josta tehtiin selkeämpi ja helpommin luettava. Uudessa ohjelmassa virheilmoitukset tulevat suoraan tietokoneen näytölle eivätkä pysäytä ruuvausprosessia. Osa virheilmoituksista johtui kobotin vanhentuneesta ohjelmistosta, joista päästiin eroon päivittämällä se.

Projektissa oli myös kobotin älykameran kanssa ongelmia. Kamera ei tunnistanut pöydän ja ruuvinsyöttäjän sijainteja riittävän tarkasti, jolloin päädyttiin lisäämään suoraan ohjelmaan tarkat koordinaatit, jonka mukaan kobotti työskentelee. Nyt robotista löytyy toimiva ruuvaussovellus, jonka avulla kobotti toimii ilman virheilmoitusten aiheuttavia häiriöitä.

Projektissa parannettiin myös jigipöydän toimivuutta, jossa ruuvattavat projektorit ovat kiinni. Projektorit saattoivat heilua pöydässä ruuvauksen aikana, vaikka projektoreja varten pöydässä oli jousitetut pidikkeet. Ratkaisuksi 3D-tulostettiin kumiset levikkeet pidikkeiden päähän, joka vähensi heilumista.

Linssien liimauksen kannalta projektissa luotiin alustava liimausohjelma linssien liimaukseen. Liimaussovellukseen ohjelmoitiin toimivat liikeradat linssien liimaukseen. Kobotin tehtävänä tässä sovelluksessa on liimata projektorin LED-linssejä kiinni alusholkkeihin. Linssit ovat pieniä 10–11 mm:n kokoisia. Sovelluksessa kobotti hakee linssin alustasta alipainetarttujalla, jossa on kiinni imukuppi, vie sen kohdistimeen kohdistettavaksi, jonka jälkeen vie linssin holkkiin, johon kobotti on levittänyt liiman valmiiksi. Linssejä varten 3D-mallinnettiin ja tulostettiin alustat linsseille ja holkeille sekä kohdistin, jonka avulla kobotti pystyy asettamaan linssin tarkasti oikeaan asentoon liimausta varten (kuva 6). Myöhemmin alustoista valmistettiin alumiiniset versiot. Linssien liimauksessa huomattiin, että kuuma liima sulatti liittimen, jota varten tilattiin uusi kestävämpi liitin.



Kuva 6. Alustat linsseille ja holkeille sekä keskellä kohdistin linsseille.

4 Konseptit ja ongelman kartoitus

4.1 Linssiongelma

Projektin pääsääntöinen ongelma oli, että linssien syöttö kobotille on hankalaa ja epäkäytännöllistä. Linssit ovat pieniä 11 mm:n kokoisia valaistukseen tarkoitettuja linsskejä, jotka liimataan eräänlaisiin holkkialustoihin kiinni. Linssit on lajiteltava yksi kerrallaan 60 muotin alustalle, joka hidastaa tuotantoa sekä vie aikaa työntekijöiltä. Jokaisessa alustan muotissa, joita on 60, pitää olla oma koordinaatti ohjelmassa. Tähän ongelmaan tulisi kehittää laite tai menetelmä, joka tekisi linssien poimimisesta sujuvampaa. Laitteen kriteerinä olisi, että kobotti voisi noutaa linssin yhdestä koordinaattipisteestä ja että linssi olisi oikeinpäin, kun kobotti sen poimii. Hyödyksi olisi myös, että laite pystyisi käsittelemään 60 linssiä kerrallaan, eli yhden liimauserän verran.

4.2 Osien käsittelylaitteen alustava suunnittelu ja konseptit

Ensimmäiseksi tutkitaan, minkälainen pienosien käsittelylaite voitaisiin suunnitella helpottamaan linssien syöttöä kobotille. Ensimmäiseksi ratkaisuksi löydettiin tärymalja. Tärymaljoja on erilaisia, riippuen valmistajalta. Tärymaljaa muokattaisiin linssien käsittelyyn sopivaksi.

Alustavassa konseptissa tärymaljaan yhdistettäisiin kuljetin, joka kuljettaisi linssit kobotille, ja kobotti noutaisi linssit imukupilla. Tärymaljan koko ja muoto riippuvat käsiteltävistä osista. Kobottisolusta tehdään 3D-layout, jonka avulla hahmotetaan tärymaljan sijainti solussa.

Tärymaljan suunnittelussa ensimmäinen askel on selvittää, mitä osia käsitellään, kuinka paljon niitä on ja minkä muotoisia ovat. Maljan muoto ja paksuus vaikuttavat sen värähtelyyn. Maljan materiaali tulisi olla kestävä, mutta taipuvaa materiaalia kuten terästä tai messinkiä, jotta se voisi tukea värähtelyä.

Tärymaljan lisäksi voidaan tarvita jokin esiannostelija, joka helpottaa linssien syöttämistä tärymaljaan ja säilyttäisi isompaa linssierää. Jotta kobotti voi

tarkasti poimia linssit, tärymaljan yhteyteen tarvitaan kuljetin, johon on yhdistetty kohdistin linseille.

Sovelluksessa kobotti poimii 11 mm:n kokoisia linssejä, joten kuljettimen päähän tarvitaan kuppimainen kohdistin, joka varmistaa tarkat koordinaatit linssien poimintaan. Kuljetin voi olla joko lineaarijohteinen tai hihnakäyttöinen. Linssi on myös saatava oikeinpäin kohdistimeen, kupera puoli ylöspäin, jotta kobotti voi poimia sen oikein.

Kobotti voi poimia yhden linssin kerralla, jonka aikana uuden linssin pitäisi siirtyä kohdistimeen. Tätä varten tarvitaan jonkinlainen anturiratkaisu. Jotta paras vaihtoehto osien käsittelylaitteelle voidaan valita, on arvioitava eri vaihtoehtoja laitevalmistajilta tai suunniteltava ratkaisu itse. Konsepteja luodaan 3–5 kappaletta, joista yksi valitaan jatkokehitykseen.

4.2.1 JTL/Kone Oy - Tärymaljakonsepti

Ensimmäistä konseptia alettiin suunnittelemaan tärymaljalaitteesta. Tärymaljan suunnittelua varten otettiin yhteyttä Sipoossa sijaitsevaan yritykseen nimeltään JTL kone Oy. Yrityksellä on pitkä kokemusta erilaisista tärymaljoista, säätimistä ja syöttölinjastoista.

Tärymalja-asiantuntijan kanssa järjestettiin asiakastapaaminen laitevalmistajan omissa tiloissa. Hänen kanssaan keskusteltiin tarvittavista ominaisuuksista laitetta varten ja kokeiltiin linssien käsittelyä itse tärymaljalla. Laitteen toiminta linssien kanssa oli moitteetonta, ja linssit kulkeutuivat spiraalimaisesti tärinän avulla ulos maljasta putoamatta kuljetusuralta (kuva 7).



Kuva 7. Linssit kulkemassa tärymaljassa spiraalin muodossa.

Tapaamisessa pohdittiin samalla tärymaljan budjettia, ja laitteelle asetettiin hinnaksi 4000–5000 euroa. Lopputuloksena sovittiin, että asiakkaan tarpeisiin voidaan kehittää edullinen tärymalja, joka sopii linssien käsittelyyn ja järjestelyyn.

Tärymaljan muotoa ja kokoa pohdittiin suunnittelun alkuvaiheessa. Tärymaljan muodoksi päätettiin kartion malli, jossa on spiraalimainen kuljetusura. Asiantuntija ehdotti lineaarista syöttölinjastoa tärymaljan kanssa, mutta se nosti laitteiston hintaa liikaa, joten päädyimme jättämään linjaston pois. Linjaston sijaan

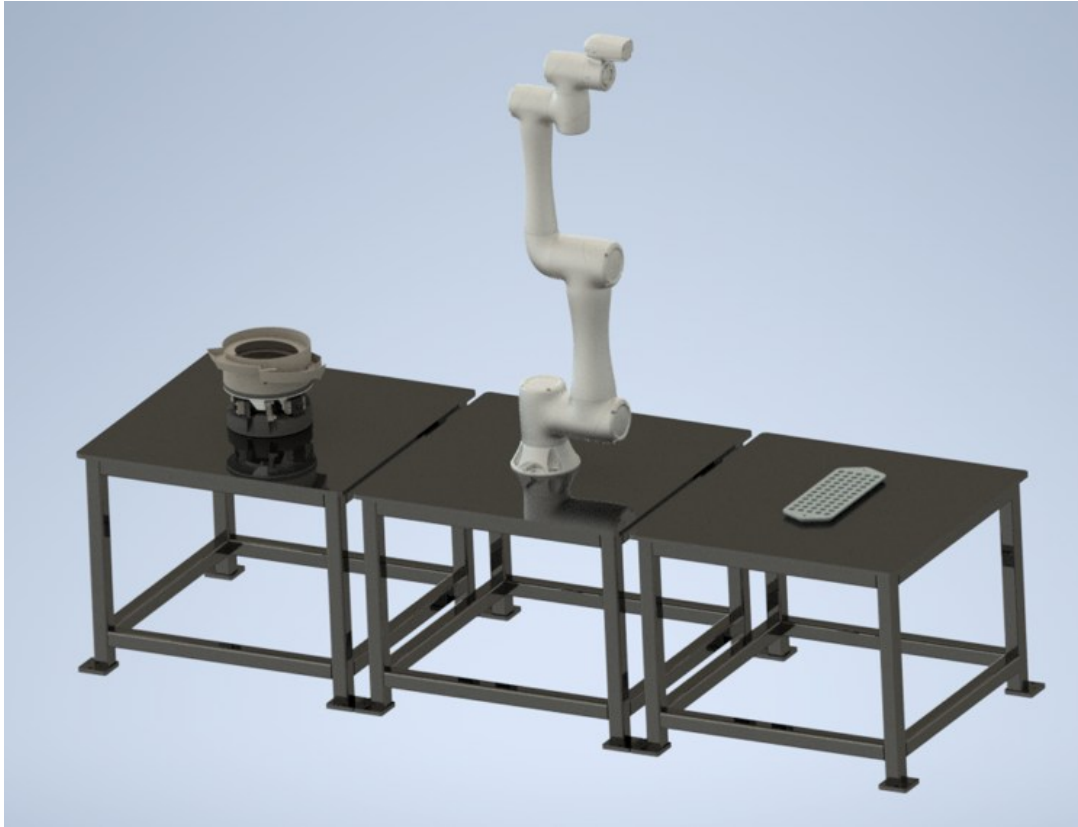
tärymaljaan yhdistettäisiin pelkkä linssinkohdistin, johon linssit kulkeutuvat. Kobotin on helppo noutaa linssit suoraan kohdistimesta, jossa ne ovat oikeinpäin.

Suunniteltavaan tärymaljaan mahtuu noin 200 kpl 11 mm:n kokoisia linssejä. Aluksi harkittiin tärymaljan lisäksi esiannostelijaa, joka olisi mahdollistanut suuremman linssierän käsittelyyn, mutta se todettiin tarpeettomaksi, koska viikoittain ei liimata näin paljon linssejä, että tästä olisi yritykselle hyötyä.

Linssien oikeinpäin saamiseksi kohdistimeen, tärymaljaan hitsattaisiin tai yhdistettäisiin kiila/kynsi, joka työntää väärinpäin olevat linssit takaisin maljan pohjalle. Tärymaljaan lisätään 2 anturia: toinen tunnistaa linssit kohdistimessa ja toinen kobotin. Kun linssi saapuu kohdistimeen, tärymaljan toiminta pysähtyy, ja toiminta jatkuu vasta, kun kobotti on noutanut linssin.

Tärymaljan moottorin ei tarvitse olla kovin suuri, koska linssit ovat kevyitä, eikä värinän taajuuden tarvitse olla korkea. Taajuuden säätämiseen riittää perus taajuussäädin, jolla voidaan säätää taajuutta 50–100 Hz välillä. Tärymaljaa harkittiin myös suuremmille, 30 mm linsseille, jolloin maljan koko muuttuisi, mutta toiminta pysyisi samana. Tämä kuitenkin nostaisi laitteen hintaa yli budjetin.

Tärymaljan sijaintia kobottisolussa hahmoteltiin 3D-layoutin avulla Autocad Inventor -ohjelmalla (kuva 8). Layout-kuvan kobottisolu ei ole täysin samanlainen kuin yrityksen tiloissa sijaitseva solu, mutta sillä pystyttiin hahmottelemaan tärymaljan kokoa ja sijaintia. Kaikki 3D-mallit olivat valmiita malleja GrabCadin kirjastosta, paitsi kobotin 3D-malli oli haettu Techmanin verkkosivuilta.



Kuva 8. 3D-layout: Vasemmalla tärymalja, keskellä robotti ja oikealla muotialusta holkeille, joihin linssit liimataan.

4.2.2 Wisematic Oy - Osien syöttölaitekonsepti

Seuraavaksi konseptiksi pohdittiin osien syöttölaitetta, joka ei ole tärymalja, mutta toimisi lähes samalla periaatteella. Yritys nimeltä Wisematic on kehittänyt Flexibowl-nimisen syöttölaitteen, joka soveltuu lähes kaikenlaisten osien järjestykseen ja roboteille. Tämä laite on hyvä vaihtoehto linssien käsittelyyn sekä tulevaisuudessa muiden osien, kuten isompien linssien, mutterien tai ruuvien käsittelyyn. Laitteessa on monipuoliset tekniset ominaisuudet, ja sitä voidaan muokuttaa erikokoisten ja -muotoisten osien käsittelyyn. Siinä on ominaisuuksia, joiden avulla voidaan säätää esimerkiksi osien syötön nopeutta, hidastumista, kulmaa ja järjestystä. Laitteessa on oma ohjelmisto, jolla sitä voi hallita ja ohjelmoida käyttötarkoituksen mukaisesti. Laitetta oli mahdollista testata lähettämällä linsskejä laitevalmistajalle, jolloin he olisivat räätälöineet laitteen linssien käsittelyyn sopivaksi. Valitettavasti syöttöjärjestelmän hinta oli kuitenkin erittäin

korkea, joten se ei ollut yritykselle kannattava sijoitus. Pelkkä laite maksoi hie-
man yli 10 000 euroa, ja laitteen räätälöinti linssien käsittelyyn olisi saattanut
nostaa hintaa vielä lisää.

Laitteen etuina ovat muokattavuus, pitkäikäisyys ja monipuolinen soveltuvuus
erikokoisille ja -muotoisille osille. Haittapuolena on hyvin korkea hinta. (19.)



Kuva 9. Flexibowl 500 syöttölaite, joka sopii 5–50 mm osille (19).

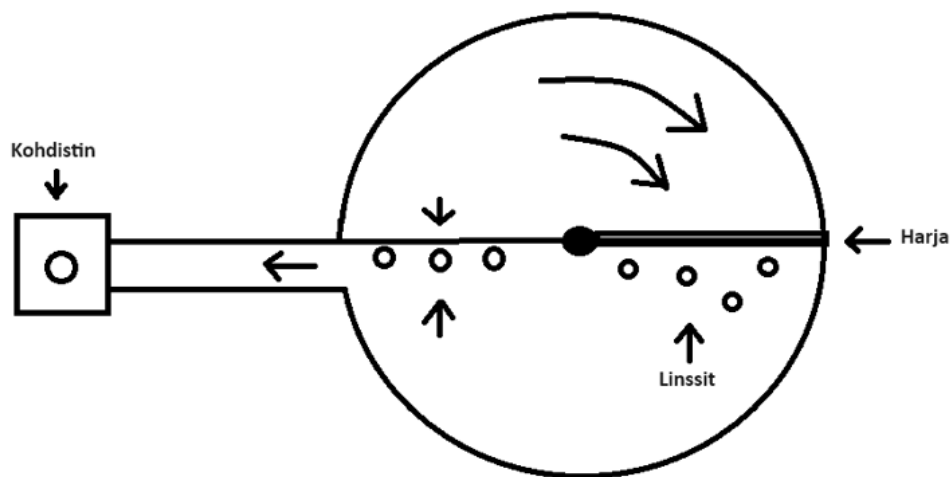
4.2.3 Linssilautanen-konsepti

Kolmanneksi konseptiksi esille nousi idea osien käsittelylaitteesta nimeltä "linssi-
lautanen". Laite ei toimisi tärytyksellä, vaan linssit pyörisivät lautasen muotoisella
alustalla. Toiminta ja rakenne ovat melko yksinkertaisia. Linssit kaadettaisiin lau-
tasen muotoiselle alustalle, jossa on pyörivä harja. Harja pyörii lautasen päällä ja
pyyhkäisee linssit kuljettimen päälle, josta ne jatkavat kohdistimeen.

Linssit saattavat olla väärinpäin lautasella, kuperapuoli alaspäin. Tällöin harja
auttaa kääntämään ne oikeinpäin. Tämä tapahtuu siten, että harja siirtää linssit
kuljettimen kohdalle, jossa on "stoppari". Stoppari pysäyttää linssit, ja harja

samalla pyyhkäisee väärinpäin olevat linssit oikeinpäin. Harja palaa sitten takaisin aloituspaikkaansa, jolloin seuraavat linssit voidaan kaataa lautaselle. Konseptista luotiin ylhäältä päin piirretty layout-kuva sen toimintatavasta (kuva 10).

Tämän osien käsittelylaitteen rinnalle saatetaan tarvita linssienannostelija, koska lautaselle ei voi kaataa suurta määrää linsskejä kerralla. Tämän laitteen kustannus olisi selvästi edullisempi kuin tärymaljan tai Flexibowlin, koska järjestelmä ei vaadi niin paljon ominaisuuksia, kuten säätimiä tai tärytykseen tarvittavaa moottoria. Kuljettimena toimisi yksinkertainen hihnakuljetin, ja moottorin ei tarvitse olla kovin tehokas, koska se pyörittää vain kevyttä harjaa lautasen päällä.



Kuva 10. Linssilautasesta konseptikuva ylhäältäpäin.

4.3 Lopullisen konseptin valinta

Cariitti Oy:n kanssa päätettiin, mikä kolmesta luodusta konseptista valitaan jatkokokehitykseen. Päätökseen vaikutti eniten yrityksen budjetti. Jokaisessa konseptissa oli omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Seuraavassa on listattuna kunkin konseptin vahvuudet sekä heikkoudet:

Tärymalja Kone/JTL

- Hyvät puolet: Takuuvarma toimivuus, voidaan helposti räätälöidä toiminnaltaan sopivaksi, saatavilla eri kokoisia maljoja erikokoisille linsseille.
- Huonot puolet: Kallis, suunnittelu vaatii paljon resursseja, Suomessa on vähän valmistajia, mikä vaikeuttaa varaosien saamista.

Wisematic osien syöttölaite

- Hyvät puolet: Laajat ominaisuudet, toimii kaikkien kobottien kanssa samalla ohjelmalla, sopii lähes kaikkien muiden osien lajitteluun, helppo käyttöönotto ja ohjelmointi.
- Huonot puolet: Todella kallis, lisävarusteet aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia, varaosien saatavuus on vaikeaa.

Linssilautanen

- Hyvät puolet: Edullinen toteuttaa, yksinkertainen rakenne, varaosien hyvä saatavuus (osia voidaan ostaa tukkukaupoista), voidaan mukauttaa tarvittaessa, helppo integroida kobottisoluun.
- Huonot puolet: Prototyyppi täytyy rakentaa toimivuuden varmistamiseksi, alustalle mahtuu maksimissaan noin 15–20 linssiä, joten tätä varten pitäisi suunnitella erillinen välivarasto linsseille, joka syöttää uudet linsierät alustalle.

Konseptin valintaan käytettiin myös konseptin valintatyökalua, jonka avulla pisteytettiin jokainen konsepti ja vertailtiin laitteiden ominaisuuksia. Valintatyökaluun koottiin tärkeimmät laitteelle asetetut vaatimukset ja määriteltiin pisteytysperusteet. Jokaiselle konseptille annettiin pisteet vaatimusten perusteella, ja lopuksi laskettiin pisteiden keskiarvo. Tärymaljan ja linssilautasen pisteet olivat hyvin tasaiset, mutta parhaaksi valikoitui linssilautanen (kuva 11).

Konseptin valinta

Arvostelukriteerit: 1-5, 5=saavuttaa vaatimukset täydellisesti, 1=ei saavuta vaatimusta

Vaatus	Suure	Tarkeys	Tärymalja		Wisematic laite		Linssilautanen	
			Arvostelu	Pisteet	Arvostelu	Pisteet	Arvostelu	Pisteet
Hinta	Edullisempi valinta	8,0	2	16	1	8	5	40
Linssien kääntö	Varmuus että linssi kääntyy oikeinpäin	7,0	5	35	3	21	4	28
Linssien järjestely kobotille	Kuinka helppoa kobotin ottaa linssi ilman välivaihetta	6	5	30	3	18	5	30
Varastointi	Kuinka monta linssiä mahtuu laitteeseen kerralla	5,0	5	25	3	15	2	10
Sulauttaminen kobottisoluun	Kuinka helppoa on käyttöönottaa laite	4,0	4	16	5	20	5	20
Varaosien hankinta, huolto	Kuinka helposti saadaan varaosia sekä huollon tarve	3,0	2	6	2	6	5	15
Laitteen rakentaminen	Kuinka helposti voidaan osat valmistaa ja laite rakentamaan	2,0	5	10	5	10	3	6
Muokattavuus	Mahdollinen räätälöinti isommille linseille	1,0	4	4	3	3	5	5
Total Rating			142		101		154	
Normalized Rating			1		0,71127		1,084507	
Final Ranking			X		X		✓	

Tulos

Kuva 11. Kuvassa konseptin valintatyökalu, jossa näkyvät asetetut vaatimukset laitteelle ja pisteytysmenetelmät.

Kaikki konseptit olivat linssien käsittelyyn toimivia vaihtoehtoja, mutta yritys teki lopullisen päätöksen, jossa jatkokehitykseen valittiin linssilautanen. Linssilautasessa päästään toteuttamaan uudenlaista innovaatiota osien käsittelyyn. Linssilautanen on myös edullisin toteuttaa, ja se täyttää kaikki tarvittavat vaatimukset. Seuraavana vaiheena luodaan laitteesta toteutus suunnitelma, 3D-malli sekä simulaatio. Prototyyppiä ei kuitenkaan valmisteta tässä insinööriyössä, vaan sen toteuttavat mahdollisesti seuraavat opiskelijat.

5 Tulokset

5.1 Johdanto linssilautasen kehitykseen

Laitesuunnittelun ensimmäisessä vaiheessa laadittiin laitteelle toteutussuunnitelma. Suunnitelma sisältää laitteen toimintakaavion, laiteluettelon sekä työn vaiheet. Tämän jälkeen luotiin 3D-malli ja simulaatio. Konsepti-osiossa käsiteltiin jo lyhyesti laitteen toimintatapaa, mutta seuraavaksi käydään läpi laitteen rakenne ja ominaisuudet. Laitteen inspiraationa on käytetty tärymaljaa, Flexibowl-laitetta sekä erilaisia syöttökuljettimia, joita hyödynnetään osien käsittelyssä. Laitteessa käytetään pyyhkäisytekniikkaa, joka mahdollistaa osien siirtämisen ja kääntämisen oikeinpäin. 3D-malli luotiin käyttämällä CATIA V5- ja AutoCAD Inventor -ohjelmia. Simulaatio tehtiin Siemens NX Mechanical Concept Designer -ohjelmalla.

5.2 Pyyhkäisytekniikka

Linssien kääntämiseen käytettäisiin niin sanottua pyyhkäisytekniikkaa. Kevyet osat, kuten linssit ruuvit, mutterit ja muut pienosat, voidaan kääntää oikeinpäin pyyhkäisemällä. Pyyhkäisyyn voidaan käyttää esimerkiksi harjaa tai muuta taipuisasta materiaalista valmistettua esinettä. Tässä työssä keskitytään kuperien pienlinssien kääntämiseen oikeinpäin. Paras tapa linssien kääntämiseen olisi harjan avulla. Tässä toimintatavassa harja pyyhkäisee väärinpäin olevan linssin yli, ja linssin kupera osa nousee ylöspäin, kun harjakset osuvat linssiin. Linssi kääntyy oikeinpäin, kun harjakset taittuvat sisään päin ja linssi pyörähtää samalla ympäri. Harjakset eivät saa olla liian jäykkiä, sillä muuten ne eivät taipuisi tarpeeksi eikä linssit pääse pyörähtämään. Lisäksi alustan, jolla linssit ovat, tulee olla pitävää materiaalia, kuten polyeteenimuovia, jotta linssit eivät liukuisi vaan kääntyisivät oikein. Tätä menetelmää testattiin asettamalla linssi pöydän päälle ja pyyhkäisemällä harjalla sen yli, mutta linssi liukui harjan mukana ilman, että se kääntyi. Kun linssi asetettiin frisbeen päälle, joka oli valmistettu pitävästä muovista, ja harjalla pyyhkäistiin linssin yli, linssi kääntyi oikeinpäin pyyhkäisyyn

seurauksena. Lisäksi havaittiin, että linssi kääntyy paremmin, kun pyyhkäisyssä käytetään pyörivää liikettä.

5.3 Linssilautasen toteutussuunnitelma

Laitteen suunnittelu aloitetaan rungosta, joka koostuu kevyestä metallista, kuten alumiinilevystä tai muovista. Runko on lieriön muotoinen, ja sen sisään mahtuu moottori pyörittämään harjaa. Rungon päälle tulee alusta, jossa linssit pyörivät. Alusta olisi joko osa runkoa tai erikseen siihen kiinnitettävä.

Moottorista lähtee akseli, joka kulkee lautasen keskeltä ja sen päähän kiinnittää harja. Lautanen, eli linssien alusta, ei itsessään pyöri, vaan ainoastaan harja, joka siirtää osat kuljettimen päähän. Kuljetin on yhdistetty lautaseen, jotta osat voivat kulkea sujuvasti lautaselta kuljettimeen ja siitä kohdistimeen. Kohdistin olisi muotoiltu siten, että linssit liukuvat kourua pitkin suoraan "kuppiin", josta kobotti poimii linssit.

Moottorin ei tarvitse olla voimakas; esimerkiksi pieni tasavirtamoottori riittää. Lautasen pinnan, jonka päällä linssit pyörivät, tulee olla pitävää materiaalia, jotta linssien kääntyminen onnistuu. Lautasen tulee olla pyöreän kaukalon muotoinen, ja sen ympärillä on kaiteet estämässä linssien putoamista.

Kuljetin, joka siirtää linssit eteenpäin, voisi olla yksinkertainen hihnakuljetin, ja myös kuljettimen sivuilla on kaiteet linssien putoamisen estämiseksi. Kohdistin, josta robotti poimii linssit, voi olla muovia, kuten vuoden 2023 projektin kohdistin, ja sen voisi mahdollisesti myös 3D-tulostaa.

Jotta linssit kulkeutuisivat kohdistimeen linjassa, kuljettimen ja kohdistimen väliin tulisi asettaa ohjurit, jotka ohjaavat linssit jonoon. Nämä voitaisiin 3D-tulostaa ja liittää kuljettimen yhteyteen.

Koko rungon ja lautasen hinnaksi arvioidaan 100–150 euroa, moottorin hinnaksi 40–100 euroa, hihnakuljettimen 100–200 euroa, ja muut komponentit, kuten johdot ja kohdistin, maksavat noin 20–50 euroa. Huomioitavaa on, että rungon voisi mahdollisesti 3D-tulostaa, mikä laskisi kustannuksia.

Jotta laite toimisi oikein, se tarvitsee myös antureita. Kuljettimen alkuun tulisi anturi, joka tunnistaa, kun harja on siirtänyt linssit kuljettimelle. Kun robotti on poiminut linssin kohdistimesta, kuljetin lähtee taas liikkeelle, kunnes uusi linssi saapuu kohdistimeen, jolloin se pysähtyy.

Kuljettimen lopussa on anturi, joka tunnistaa, kun linssi saapuu sen kohdalle, ja pysäyttää kuljettimen, jotta kohdistimeen ei pääse useita linssejä kerralla. Koska linssit ovat läpinäkyvää akryylimuovia, anturin täytyy olla kapasitiivinen lähestymisanturi, jotta se tunnistaa linssit kosketuksesta.

Anturit ovat laitteiston kalleimpia komponentteja, ja niiden kappalehinnat vaihtelevat 100–200 euron välillä. Prototyyppiin voisi liittää tietokone- tai mobiilisovelluksen, jonka avulla laitetta voidaan ohjata etänä. Tätä varten laitteeseen voisi integroida yksipiirisen tietokoneen, kuten Raspberry Pi 3, jonka hinta on noin 60 euroa.

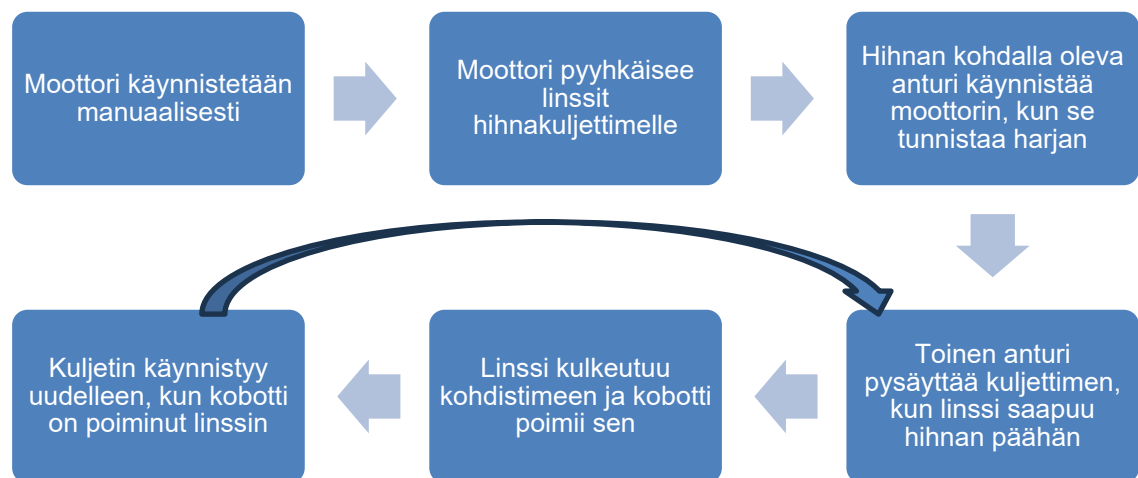
Laitetta voisi ohjata IoT-järjestelmän kautta, johon sisältyisi on/off-kytkin ja antureiden hallinta. Yhteys voisi toimia wifi- tai Bluetooth-yhteyden kautta. MQTT-protokolla voisi toimia tässä tapauksessa, jolloin anturi lähettää tiedon Raspberry Pi -tietokoneeseen, josta tieto välittyy IoT-laitteeseen, kuten älypuheliin.

Anturi voisi myös laskea linssien määrän, kunnes yksi erä, esimerkiksi 60 kappaletta, on käsitelty, ja lähettää tiedon älypuheliin tai muuhun laitteeseen. Laitteen haasteena on se, että siihen ei voi asettaa liikaa linssejä kerralla, sillä se vaikeuttaisi linssien pyyhkäisyä oikein päin ja kuljetin tukkeutuisi. Sopiva määrä olisi noin 15–20 linssiä alustalle.

Tämän ongelman voisi ratkaista erillisellä välivarastolla, joka annostelisi linssejä laitteeseen tarvittaessa. Annostelija nostaisi laitteiston hintaa paljon tai vähän riippuen siitä, ostetaanko se valmiina vai rakennetaanko se itse. Ilman annostelijaa laitteiston hinnaksi tulisi keskimäärin 700–800 euroa. Rungon voisi valmistaa suoraan 3D-mallista laserleikkaamalla alumiinista tai 3D-tulostamalla muovista.

Laite voisi toimia myös perinteisellä releohjauksella, jolloin kaikki toimilaitteet toimisivat sähköisen signaalin avulla aina, kun anturi tunnistaa kappaleen ja

antaa tiedon eteenpäin. Prosessi toimisi seuraavasti:



Prosessikaavio 1. Linssilaitteen toimintaperiaate antureiden avulla.

5.4 Linssilautasen kootut ominaisuudet

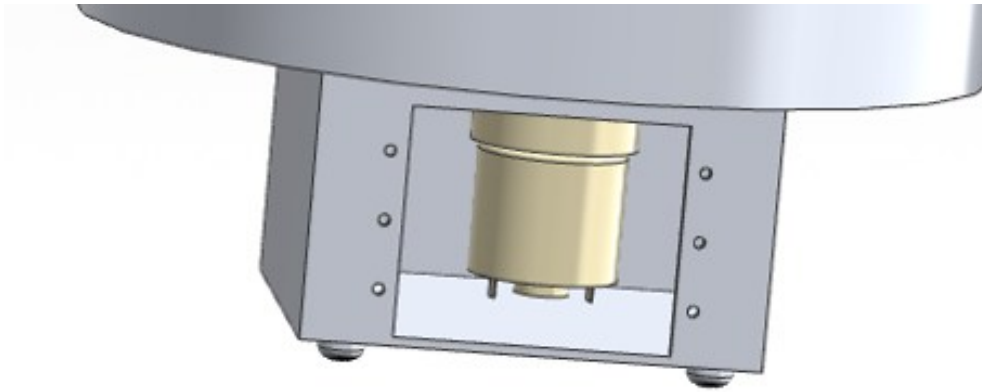
- Runko kevyestä metallista tai muovista
- Moottorit, pienmoottoreita 12VDC-jännitteillä
- Kuljetin, hihnakujeitin, joka on sovitettu pienille linssille
- Kaukalon muotoinen linssialusta, osana runkoa tai erillisenä
- Kaksi kapasitiivista anturia kuljettimen alku- ja loppupäähän
- Mahdollisuus liittää integroitu pientietokone, jonka avulla laitetta voi etä-ohjata
- Hinta noin 700–800 e.
- Voidaan rakentaa valmiista tilatuista komponenteista ja rakentaa itse
- Runko ja kohdistin voidaan 3D-tulostaa
- Releohjaus, kommunikointi kobotin kanssa
- Motorisoitu harja
- Harjaksien tiheys ja jäykkyys säädetty siten, että ne voivat pyyhkäistä linssit ja siirtää ne kuljettimeen
- Liitokset ruuveilla tai hitsaamalla

- Ohjaus robotin oman I/O (input/output) kautta
- Releohjaus: Kaikki toimilaitteet yhdistetään releen avulla input- ja output-signaaleina. Anturit toimivat inputsignaaleina, ja kuljetin sekä moottori outputsignaaleina.
- Input: Anturit kuljettimen alku- ja loppupäässä
- Output: Harjan moottori, kuljettimen moottori, kobotti, rele
- Kun input antaa signaalin, se käynnistää outputlaitteen
- Linssialustan halkaisija noin 400 mm sekä korkeus 200 mm
- Tarvitsee välivaraston, jos linssejä halutaan käsitellä suurempia määriä kerralla
- Linssialustan pinnan tulee olla pitävä, jotta linssit eivät liu'u, vaan voivat kääntyä oikeinpäin.

5.5 3D-malli

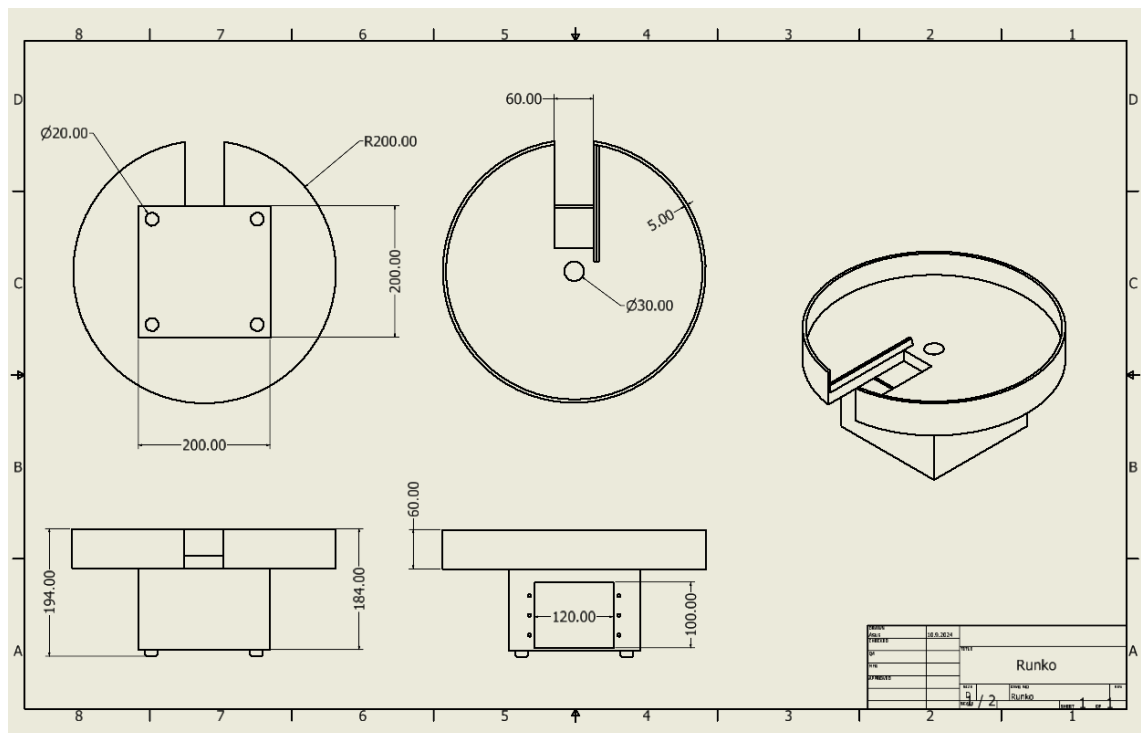
Työn seuraava vaihe oli luoda koko laitteesta 3D-malli. Lähes kaikki laitteen osat ja komponentit ovat mallinnettu Autocad Inventor -ohjelmalla. Autocad Inventor on monipuolinen 3D-mallinnusohjelma, jossa on yksinkertainen ja selkeä käyttöliittymä.

Laitteen 3D-mallin luominen aloitettiin rungosta. Aluksi pohdittiin, koostuisiko runko yhdestä vai kahdesta osasta, eli moottorilaatikosta sekä lautasesta. Lopputuloksena runkolaatikko ja lautanen mallinnettiin yhtenä kokonaisuutena, jotta koko mallin toteuttaminen olisi yksinkertaisempaa. Rungon suunnittelussa huomioitiin hihnakuljettimen sijainti kokoonpanossa, rungon leveys sekä moottorilaatikon koko. Moottorilaatikko mitoitettiin siten, että perus DC-moottori mahtuu sen sisään ja että siitä tulisi riittävän tukeva kantamaan laitteistoa (kuva 12).



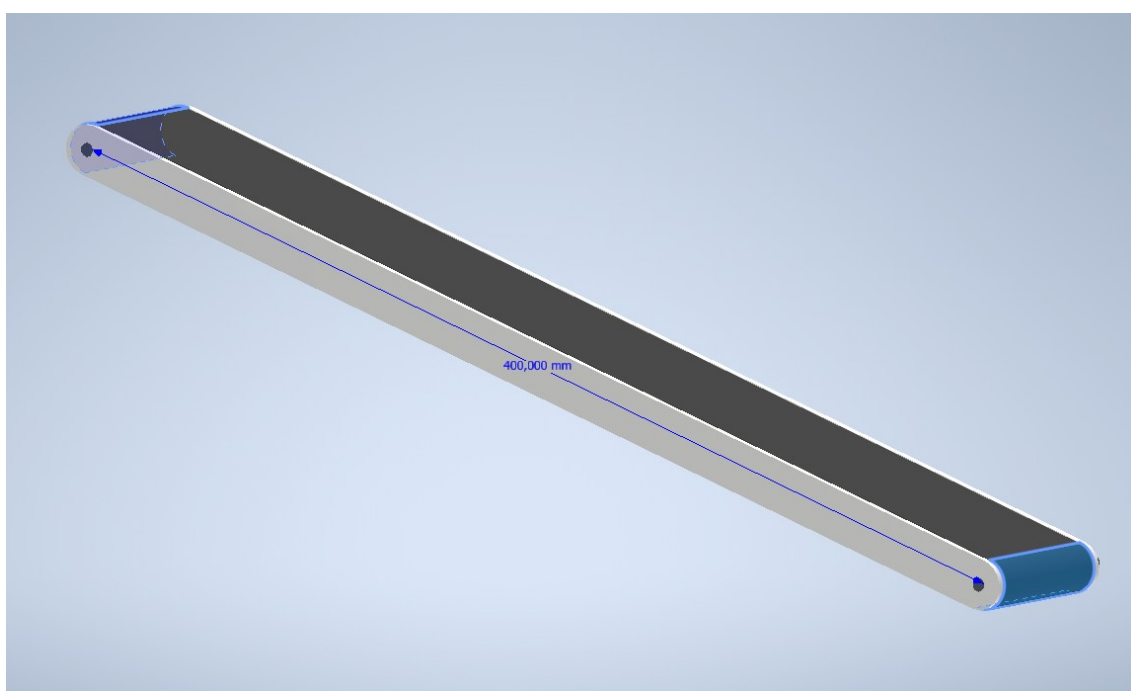
Kuva 12. Kuvassa laitteen moottorilaatikko ja sen sisällä moottori.

Moottorilaatikon pituus ja leveys ovat 200 mm. Lautanen, eli linssien alusta mallinnettiin moottorilaatikon päälle. Lautasen halkaisija mitoitettiin, että se olisi noin 2 kertaa moottorilaatikkoa leveämpi, eli 400 mm. Koko runko on suunniteltu niin, että se mahtuisi keskikokoiselle työpöydälle kobotin viereen. Rungosta tehtiin 3D-mallin perusteella työpiirustus (kuva 9). Rungon materiaaliksi 3D-malliin valittiin alumiini.



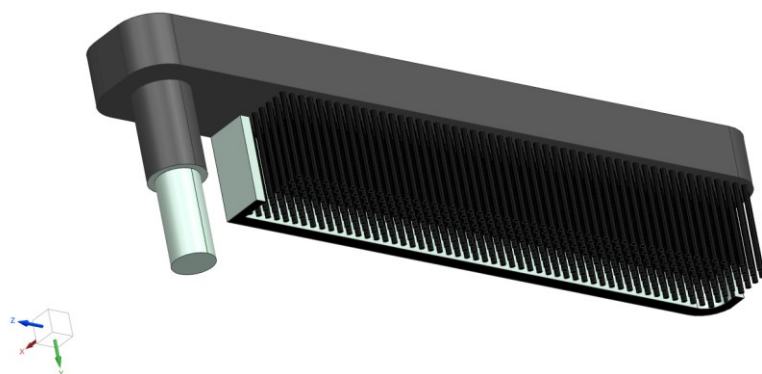
Kuva 13. Tekninen piirustus rungosta. Oikealla piirustuksessa nähdään myös 3D-malli.

Seuraavaksi 3D-mallinnettiin runkoon yhdistyvä hihnakuljetin. Kuljettimen mallintamisessa painotettiin niin, että se olisi helppo yhdistää suoraan runkoon. Leveydeksi määritettiin 60 mm ja pituudeksi 400 mm (kuva 14). Näillä mitoilla hihna ei ollut liian pitkä, mutta siihen mahtuu kulkemaan tarpeeksi monta linssiä. Kuljettimen sivuille mallinnettiin myös kaiteet, jotka estävät linssiä tippumasta. Hihnan pintamateriaaliksi valittiin kumi.



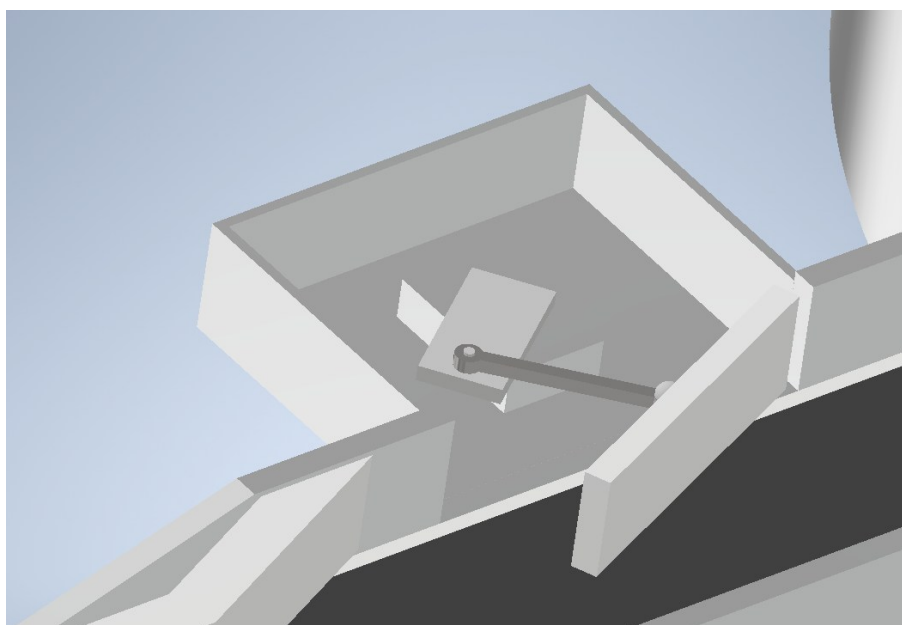
Kuva 14. Kuljetinhihnan 3D-malli.

Seuraavaksi mallinnettiin harja, joka kääntää ja siirtää linssit. Harja piti suunnitella niin, että se voidaan yhdistää moottoriin. Harjasta lähtee akseli, joka kytetään moottoriin. Harjaan mallinnettiin myös stoppari sen taakse, estämään linssiä kulkeutumasta harjaksien läpi. Näin harja voi pyyhkäistä ja siirtää linssit samanaikaisesti kuljettimelle (kuva 15). Harjan materiaaliksi valittiin muovi.



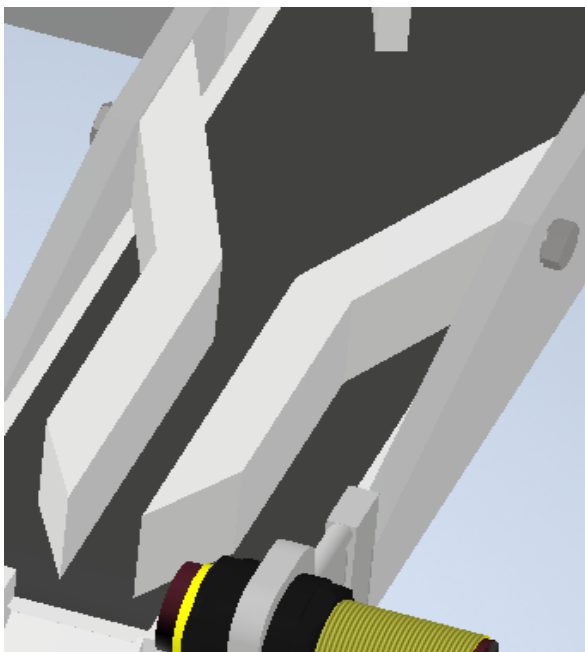
Kuva 15. Harjan 3D-malli, levyn muotoinen stoppari harjaksien takaosassa.

Laitetta mallintaessa huomattiin, että linssit saattavat ryhmittyä huonosti, kun ne kulkeutuvat hihnalla kohdistimeen. Ratkaisuksi mallinnettiin kuljettimen yhteyteen mekanismi, joka siirtää linssit järjestelmällisesti jonoon, jotta ne eivät kasaannu hihnalla (kuva 16). Siirtäjää varten kuljettimen kaiteesta leikattiin pieni osa pois, jotta siirtäjä saatiin yhdistettyä kuljettimeen. Siirtäjä toimii pienenmoottorin avulla, joka pyörii hitaasti ja liikuttaa siirtäjän varsimekanismia.



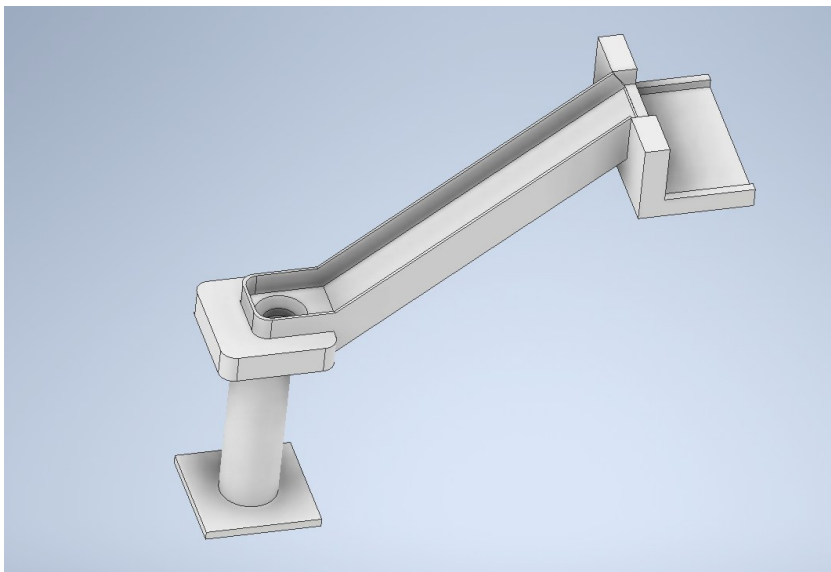
Kuva 16. Linssien siirtäjä, joka siirtää kasaantuvat linssit.

Kuljettimen loppupäähän mallinnettiin eräänlaiset ohjurit, joiden avulla linssit voivat kulkeutua kuljettimen keskelle linjassa. Nämä keskittävät linssit oikeaan linjaan, jolloin ne pääsevät kulkemaan yksi kerrallaan anturin tunnistusetasuudelle ja siitä kohdistimeen. Ohjurit kiinnitettiin kuljettimen kaiteisiin ruuviliitoksilla (kuva 17). Ohjureiden materiaaliksi valittiin muovi, mikä mahdollistaa myös niiden 3D-tulostuksen.



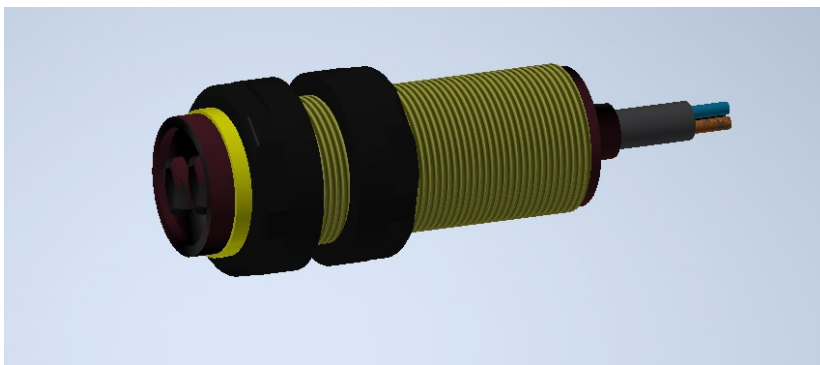
Kuva 17. Ohjurit, jotka keskittävät linssit anturin tunnistettavaksi.

Kohdistimen muoto osoittautui haastavaksi, mutta toimivammaksi ratkaisuksi todettiin, että se on alusta, jossa on linssille kuppimainen muotti, josta kobotti poimii linssin. Alustaan on yhdistetty kouru, jota pitkin linssi kulkeutuu muottiin (kuva 18). Kohdistin voidaan kytkeä kuljettimeen kiinni. Kohdistimen materiaaliksi sopii kevytmetalli tai muovi, 3D-mallin materiaali on muovi.



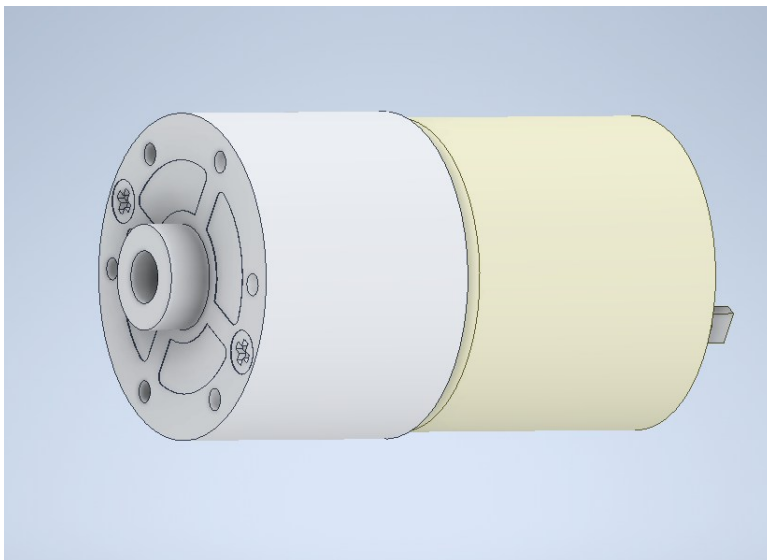
Kuva 18. Kohdistin, jonka saa kytkettyä hihnakuljettimeen kiinni.

Moottoreina ja antureina käytettiin valmiita malleja, jotka ladattiin GrabCad-sivuston kirjastosta. Sopivan kokoinen anturi löytyi sivuston kirjastosta nimellä Optical Proximity sensor (kuva 19).



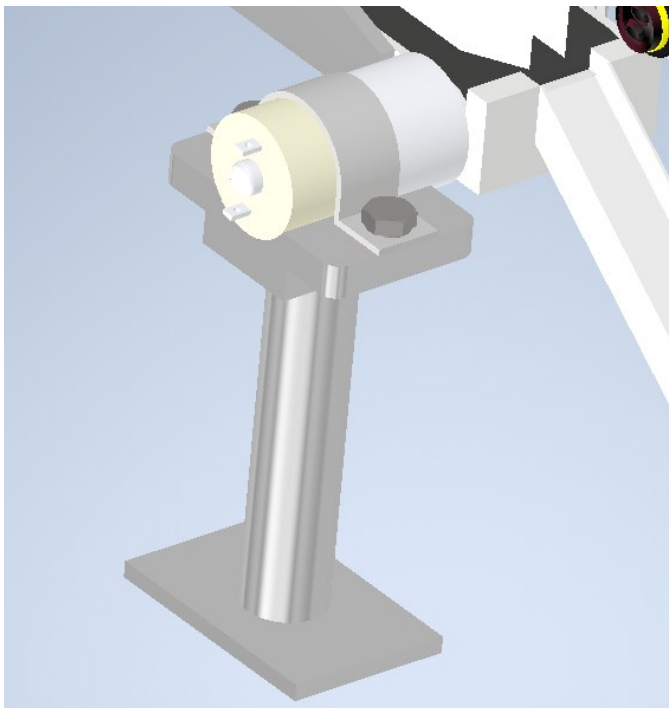
Kuva 19. Optinen lähestymisanturi.

Moottori löytyi GrabCadin kirjastosta nimellä DC 12V Motor (kuva 20). Tärkeänä kriteerinä oli, että moottori ei olisi liian iso. Moottorin halkaisija on 37 mm, joten se on sopivan kokoinen kuljettimen pyörittämiseen. Moottoria muokattiin siten, että siihen saatiin liitettyä oma akseli, joka yhdistyy kuljettimeen. Sivuston mukaan moottorin nopeus on 100 RPM, mikä on riittävä kuljettimen pyörittämiseen.



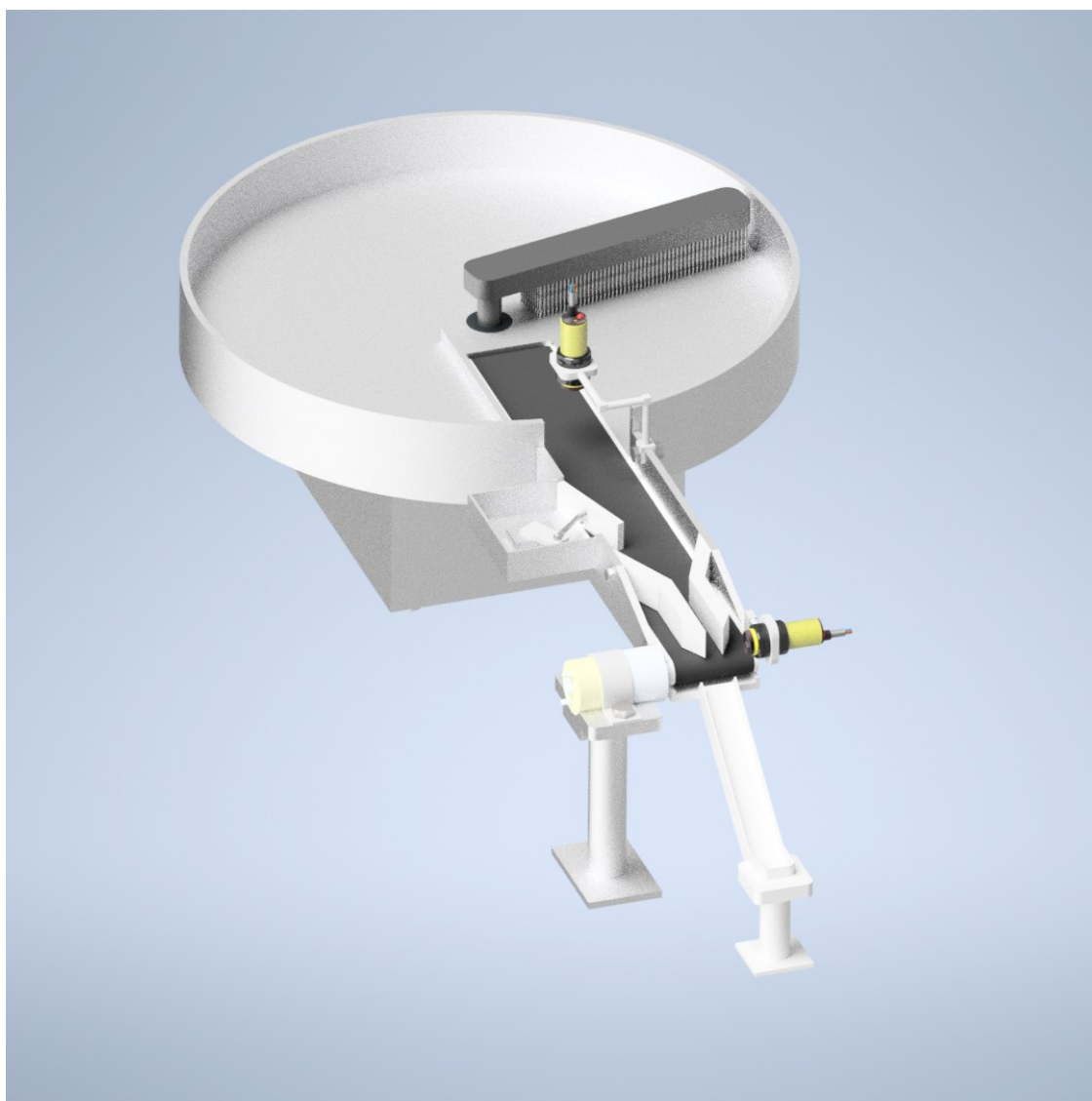
Kuva 20. Tasajännite 12V moottori.

Lopuksi mallinnettiin kuljettimen moottorille pidike, joka koostuu alumiinista. Pidike pitää moottorin paikallaan ja estää mahdolliset värinästä aiheutuvat ongelmat (kuva 21). Pidike on muotoiltu siten, että pyöreä DC-moottori voidaan kiinnittää siihen tukevasti. Pidikkeen yhteyteen mallinnettiin myös kiinnityslaatta, jonka avulla moottori saadaan kiinnitettyä pidikkeeseen.



Kuva 21. Moottorin pidike, jossa moottori on kiinni.

Kokoonpanon toteutuksen aikana jouduttiin useasti muokkaamaan osia, jotta ne sopeutuisivat kokoonpanoon. Antureiden sijaintia muutettiin, jolloin niiden kiinnitystä muokattiin samalla. Pidike jouduttiin mallintamaan uudestaan koska kuljettimen moottori vaihtui pienempään. Valmis kokoonpano koostuu 16-eri alikokoonpanosta ja 3D-mallista; tähän ei lasketa mukaan ruuveja ja liitososia. Yksinkertaisuudessaan kokoonpano koostuu siis rungosta (linssialustasta), harjasta, kahdesta moottorista, kahdesta anturista, hihnakuljettimesta, linssinsiirtäjästä sekä kohdistimesta (kuva 22).



Kuva 22. Linssilaitteen (linssilautanen) valmis kokoonpano.

Kun linssilaitteen 3D-malli oli valmis, seuraava vaihe oli luoda simulaatio sen toiminnasta. Huomiotavaa on, että simulointimalli poikkeaa hieman alkuperäisestä, sillä simuloinnin aikana ilmeni kokoonpanoon liittyviä ongelmia, minkä vuoksi mallia jouduttiin muokkaamaan.

5.6 Simulointi

Simulointi toteutettiin Siemens NX Mechanical Concept Designer -ohjelmalla, lyhenteeltään NX MCD. Tämä ohjelma on suunniteltu erityisesti mekatronisten järjestelmien suunnitteluun. Ohjelman avulla voidaan luoda virtuaalinen käyttöönotto, joka yhdistää mekaanisen, sähköisen sekä automaattisen järjestelmän yhdeksi prosessiksi. Linssilaite sisältää näitä edellä mainittuja ominaisuuksia, joten ohjelma soveltuu laitteen simulointiin.

Simuloinnin ensimmäisenä työvaiheena määriteltiin jokaiselle laitteen 3D-osalle ominaisuus nimeltä ”jäykkä kappale” (ohjelmassa nimellä ”Rigid Body”), tämä tarkoittaa, että määritettyihin kappaleisiin ei vaikuta ulkoiset voimat tai momentit, jolloin osat käyttäytyvät kiinteänä kokonaisuutena. Seuraavaksi laitteen liikkuville osille määriteltiin nivelet ja liikeradat. Ensiksi valittiin pyörivälle harjalle sarananivel, jolloin sen liikerata saatiin pyöriväksi. Nopeudeksi määriteltiin 30 astetta sekunnissa, mikä oli sopiva linssien pyyhkäisyyn ja siirtämiseen. Kuljettimen hihnan pinnaksi valittiin ominaisuus ”kuljetus pinta” (”Transport Surface”), jota pitkin linssit liikkuvat. Tämä tarkoittaa että, osat liikkuvat valitun pinnan päällä, johon määritellään suunta ja nopeus. Kuljettimelle nopeudeksi valittiin 40 mm/s, mikä oli sopiva linssien kuljettamiseen.

Jotta laitteen toimintaa voitiin kokeilla, piti määritellä tarvittavat törmäyskappaleet (”Collision Body”), tämä tarkoittaa, että kappaleiden pinnat, jotka osallistuvat kosketuksiin muiden kappaleiden kanssa, piti erikseen määrittää, jotta osat eivät kulje toistensa läpi, vaan pysähtyvät törmäyksestä. Pinnoiksi valittiin linssien, lautasen, harjan harjaksien sekä kuljettimen ja kohdistimen pinnat. Näiden vaiheiden jälkeen kokeiltiin simulointia asettamalla noin 10 linssiä linssilautaselle, huomattiin, että laite toimi halutulla tavalla. Valitettavasti linssien kääntöä

ei saatu simuloitua, koska NX-ohjelmassa ei ollut tarpeeksi työkaluja linssien ja harjaksien yksityiskohtaisten muotojen määrittämiseksi.

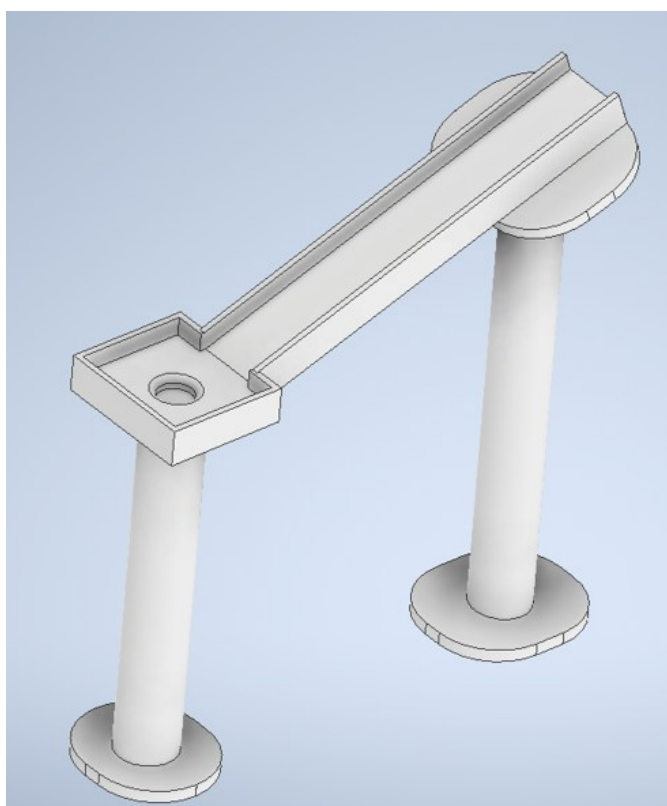
Seuraavaksi määriteltiin linssien siirtäjälle nivelet. Siirtäjän niveleksi valittiin sarananivel, joka liikkuu oven tapaan auki ja kiinni. Tämän ansiosta linssit voivat kulkea hihnalla järjestyksessä. Sitten määriteltiin anturit; jotta anturit tunnistavat objektit, niiden tyypiksi valittiin ”törmäysanturi” (”collision sensor”). Törmäysanturi tunnistaa kappaleet, kun ne osuvat määrätylle alueelleen. Ensimmäinen anturi tunnistaa, kun harja saapuu hihnalle ja tuo samalla linssit. Tämän jälkeen se käynnistää kuljettimen moottorin, jolloin hihna lähtee päälle. Seuraava anturi hihnan päässä tunnistaa saapuvan linssin, jolloin se sammuttaa kuljettimen moottorin sen saapuessa anturin kohdalle. Anturin tunnistusetaisyys on määritetty hihnan loppupäähän, jolloin linssi ehtii kulkeutumaan kohdistimen kuljetuskouruun ennen kuin hihna pysähtyy.

Kun kaikki laitteen kappalepinnat ja anturit olivat määritetty, siirryttiin lisäämään asemaohjaimet (”position controls”). Näiden avulla voidaan ohjata tarkemmin ja yksityisyyskohtaisemmin eri komponenttien toimintaa, kuten kappaleen asemaa ja nopeutta. Jokaiselle liikkuvalla osalla määriteltiin asemaohjaimet: harjalle, kuljetinhihnalle, linssien siirtäjälle sekä kohdistimelle. Tässä vaiheessa kaikki työkalut olivat määritetty, jonka jälkeen päästiin seuraavaan vaiheeseen, sekvenssien määrittämiseen sequence-editorin avulla. Sequence-editorin avulla pystytään määrittämään, mitä toimintoja tapahtuu, missä ajassa ja milloin.

Ensiksi sekvenssiin lisättiin moottorin käynnistys, eli kun harja lähtee pyörimään moottorin toimesta. Harjan asema määritettiin siten, että se tuo linssit hihnalle, jonka jälkeen se palaa takaisin aloituspisteeseen. Tämän jälkeen lisättiin anturi mukaan sekvenssin. Anturille lisättiin komento, että se menee päälle aina kun harja osuu sen tunnistusetaisyydelle. Anturiin kytkettiin tämän jälkeen hihnakuljettimen asemaohjain, joka menee päälle, kun anturi tunnistaa harjan. Tämän jälkeen lisättiin siirtimen asemaohjain, joka aktivoituu pari sekuntia sen jälkeen, kun harjan moottori käynnistyy. Seuraavaksi lisättiin toinen anturi sekvenssiin. Anturi kytkettiin kuljettimeen kiinni ja siihen lisättiin komento, että anturi

sammuttaa kuljettimen aina tietyksi aikaa, jos linssi osuu sen tunnistusetaisyysdelle. Tätä kutsutaan myös ohjelmointikielessä IF-lauseeksi. Tässä ajassa, kun kuljetin on pois päältä, linssi ehtii kulkeutumaan kohdistimeen ja kobotti poimimaan linssin.

Tässä kohtaan simulointia huomattiin kohdistimeen liittyvä ongelma. Linssin liukussa kohdistimen kuljetinkouruun huomattiin, että se on liian jyrkkä, joka sai aikaan linssin lentämisen yli kourusta. Tilalle mallinnettiin uusi kohdistin, joka ei ole näin jyrkkä (kuva 23).

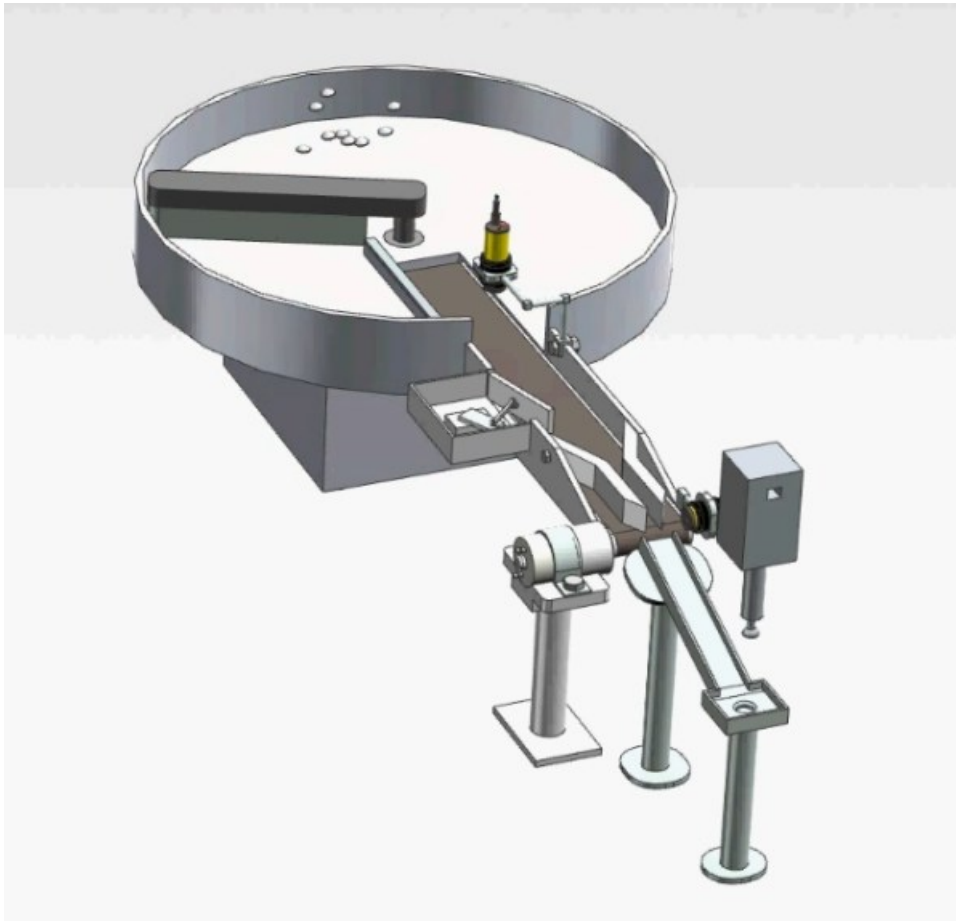


Kuva 23. Uusi kohdistin simulointia varten. Linssit kulkeutuvat kourua pitkin muottiin mistä kobotti poimii sen.

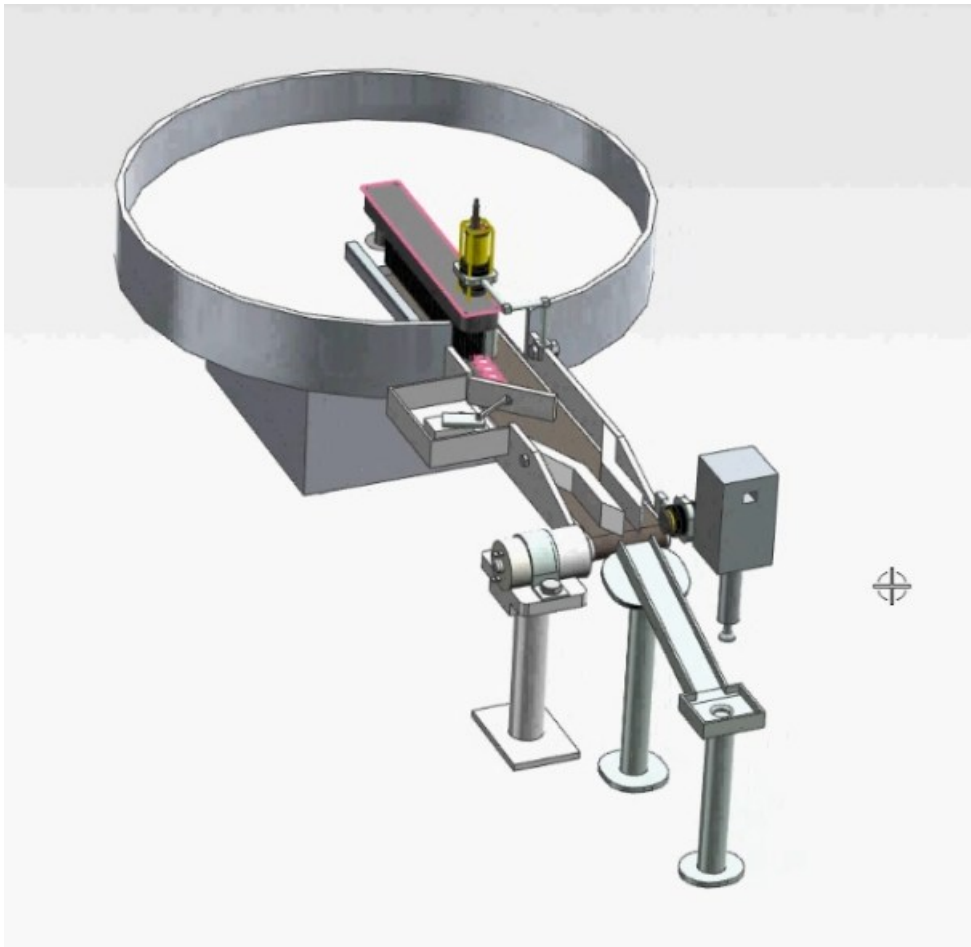
Kohdistimeen määriteltiin kuljetinpinta, jotta linssit pääsevät liikkumaan optimaalisesti muottiin, mistä kobotti poimii linssin. Tämän jälkeen testattiin simulointia ja huomattiin, että linssit kulkeutuvat tasaisesti ja oikein muottiin.

Viimeisenä vaiheena oli simuloida, miten kobotti poimii linssin, jonka aikana uusi linssi kulkeutuu kohdistimeen. Tässä kohtaan luotiin 3D-malli kuvaamaan kobotin imukuppityökalua, jolla se poimii linssin. Työkalulle määriteltiin toiminto "Suction Cup" eli imukuppi. Tämän jälkeen luotiin liikeradat työkalulle asemaohjaimia käyttäen. Asemaohjaimet lisättiin sekvenssiin, jolloin pystyttiin määrittämään tarkemmin, milloin työkalu poimii linssin. Kaikkien ohjainten nopeudet ja asemat muokattiin lopuksi optimaalisiksi. Tämän jälkeen kokeiltiin simulointia ja todettiin, että simulointi toimii odotetusti ja halutulla tavalla.

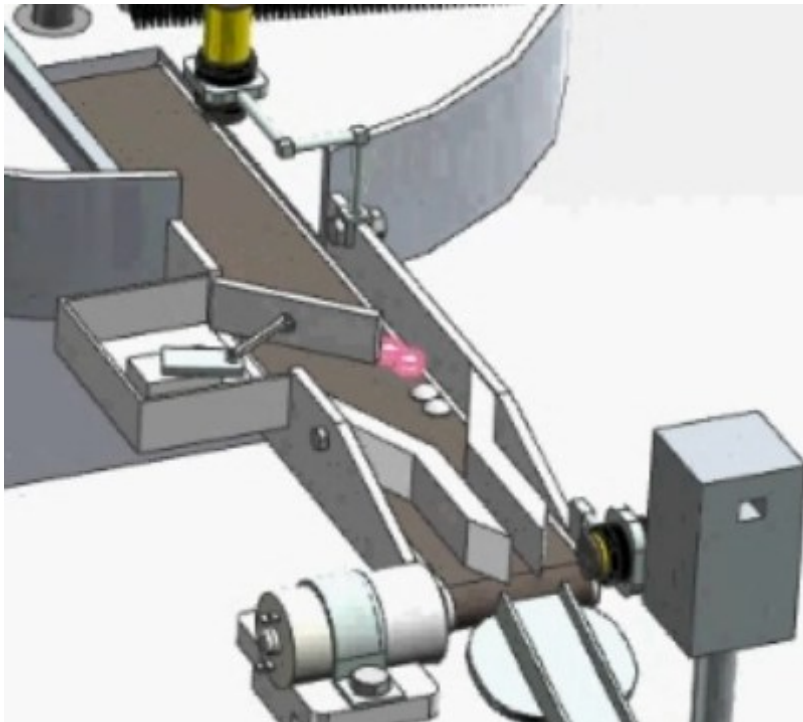
Seuraavaksi näytetään valmiin simuloinnin eri vaiheet kuvina:



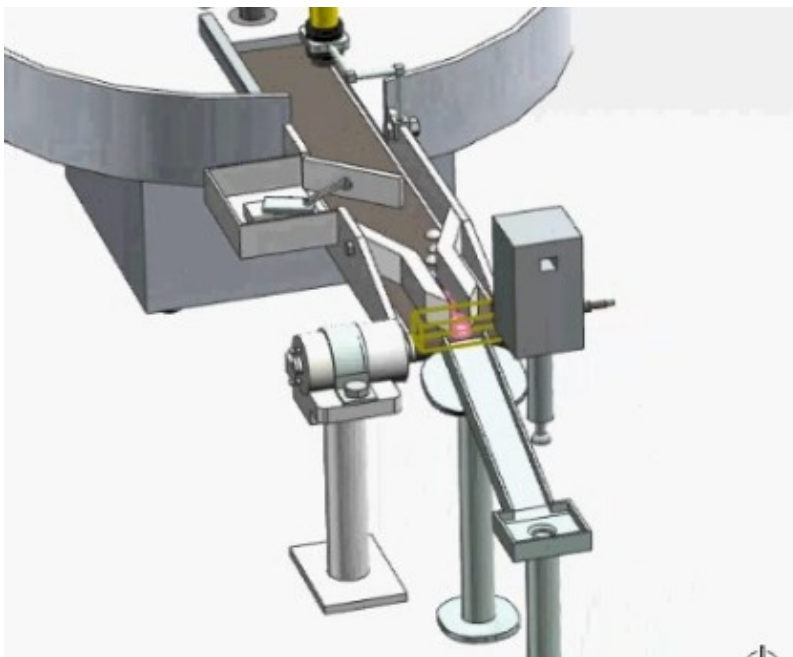
Kuva 24. Vaihe 1: Linssilautanen alkuasennossa, kun painetaan simulaatio käyntiin, linssit tippuvat lautaselle ja harja lähtee pyörimään.



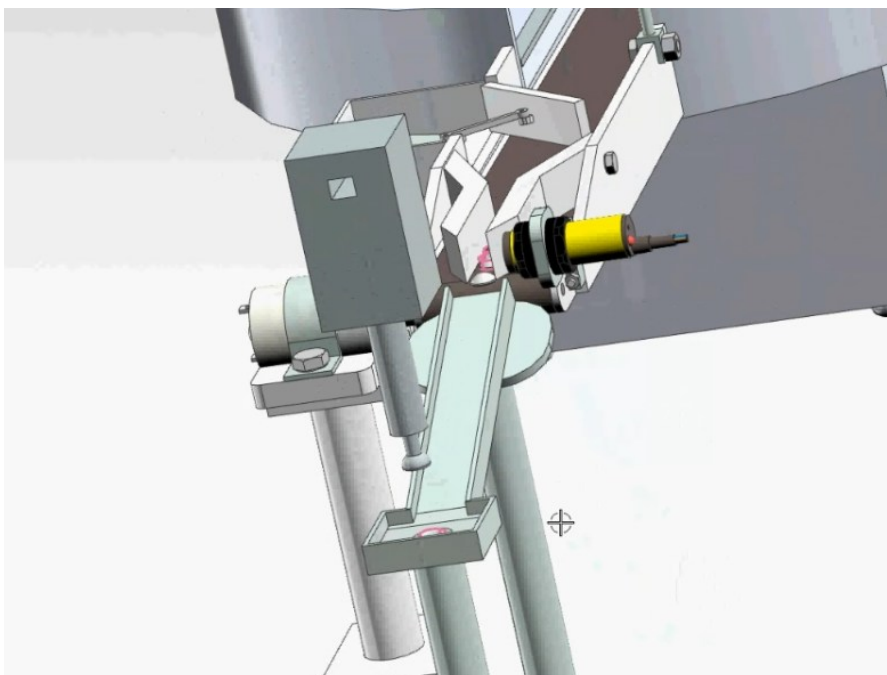
Kuva 25. Vaihe 2: Harja pyyhkäisee linssit kuljettimelle, jonka jälkeen anturi tunnistaa harjan ja käynnistää kuljettimen (nähtävissä on, että anturi välähtää keltaisella, kun se tunnistaa harjan, jonka jälkeen linssit lähtevät liikkeelle kuljettimessa).



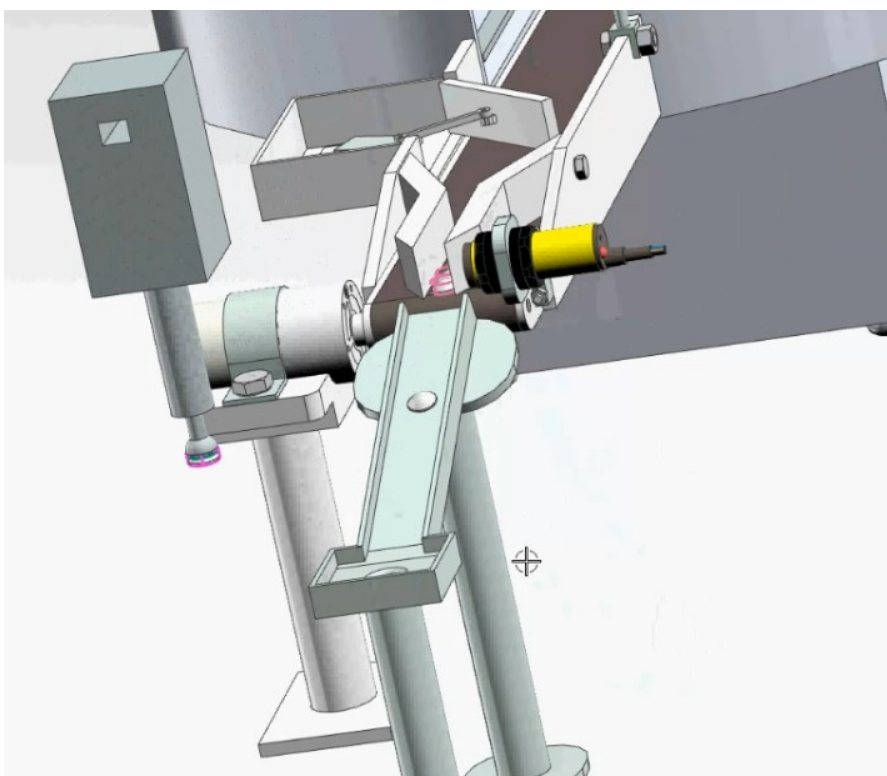
Kuva 26. Vaihe 3: Linssiensiirtäjä työntää linssit oikeaan linjaan ja linssit kulkevat kohti ohjureiden päässä olevaa anturia.



Kuva 27. Vaihe 4: Anturi tunnistaa ensimmäisen linssin ja sammuttaa kuljettimen, ensimmäinen linssi liikuu kohdistimen kouruun (anturin tunnistusalue välähtää keltaisella, kun se tunnistaa linssin).



Kuva 28. Vaihe 5: Linssi on kulkeutunut kourua pitkin kohdistimen muottiin, josta kobotin imukuppityökalu poimii linssin.



Kuva 29. Vaihe 6: Kobotti poimii ja vie linssin liimattavaksi, jonka aikana seuraava linssi kulkeutuu muottiin. Sama sykli toistuu, kunnes kobotti on poiminut viimeisen linssin muotista ja simulointi päättyy.

6 Loppupäätelmät ja yhteenveto

Tämän työn aikana löydettiin lukuisia eri menetelmiä ja tapoja linssien käsittelyyn ja syöttämiseen kobottisolussa. Työn aikana päästiin parantamaan olemassa olevia insinöörin taitoja ja kehittämään tietämystä automaattisen laitteen suunnittelusta. Syvennyttiin laitteen suunnitteluun, joka yhdistää sekä automaation että mekaniikan, eli kyseessä on mekatroninen laite. Työssä sovellettiin omia innovaatioita ja hyödynnettiin valmiita menetelmiä osienkäsittelyratkaisuihin. Cariitti-yritykselle tarjottiin useita ratkaisuja kobottisolun ongelmiin, jotka liittyivät linssien käsittelyn haasteisiin, ja näistä valittiin sopivin vaihtoehto.

Työn lopputuloksena suunniteltiin automaattinen linssien käsittelylaite, josta jatkossa rakennettaisiin toimiva prototyyppi. Tämä prototyyppi tulisi yrityksen Cariitti käyttöön, ja sen rakentamisen toteuttaisivat mahdollisesti seuraavat oppilaat. Laitteesta on koottu tekniset asiakirjat, joiden avulla laitteen rakentaminen onnistuisi. Työn aikana opittiin uusia taitoja, joita pystytään hyödyntämään insinöörin työelämässä. Näihin kuuluvat uusien 3D-ohjelmien käyttö, kuten Autocad Inventor ja NX. Näiden ohjelmien kautta opittiin käyttämään erilaisia 3D-mallinnustyökaluja, joita ei aiemmissa opinnoissa ollut käytetty.

Työn aikana opittiin simuloimaan omia 3D-mallinnuksia ja luomaan niistä virtuaalinen käyttöönotto. Simuloinnin aikana tunnistettiin erilaisten materiaalien ja suureiden vaikutuksia itse simulointiin ja sen toimivuuteen. Näiden avulla ratkaistiin ongelmakohtia simuloinnissa. Projektin edetessä opittiin myös vertailemaan erilaisia menetelmiä ja laitteita konseptisuunnittelun aikana. Laitteista etsittiin vahvuudet ja heikkoudet sekä nostettiin esille tärkeimmät yksityiskohdat, jotka vaikuttivat konseptin valintaan. Konseptien vertailuun löydettiin erilaisia menetelmiä, joiden avulla voitiin vertailla konsepteja keskenään, muun muassa Excelin konseptinvalintatyökalu.

Yrityksen Cariitti tahdosta linssilaitetta tullaan jatkokehittämään eteenpäin, jonka jälkeen se liitetään yrityksen kobottisoluun toimimaan yhteistyössä kobotin kanssa.

Lähteet

- 1 Liuha A, Latokartano J, Lempiäinen J, Billing M, Välimäki K & Niemelä M. 2023. Teollisuuden robotiikka. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry, s. 70–78. Luettu 3.7.2024.
- 2 Tietoa yrityksestä. Verkkoaineisto. Cariitti. <<https://www.cariitti.fi/yritys/>>. Luettu 1.6.2024.
- 3 Quinnell, R. 2022. Miten kobotteja voidaan turvallisesti lisätä teollisuuden työpaikkoihin. Verkkoaineisto. DigiKey. <<https://www.digikey.fi/fi/articles/how-to-safely-incorporate-cobots-in-industrial-workplaces>>. Luettu 1.10.2024.
- 4 Mennings, R. What is cobot? Verkkoaineisto. Wiredworkers. <<https://www.wiredworkers.io/cobot/>>. Luettu 1.6.2024.
- 5 Typical Layouts of work cells for cobot. Verkkoaineisto. Research gate. <https://www.researchgate.net/figure/Typical-layouts-of-work-cells-for-collaborative-assembly-with-robots-operating-according_fig4_310951754>. Luettu 1.6.2024.
- 6 What are collaborative robots? Verkkoaineisto. Esab. <https://esab.com/us/nam_en/esab-university/articles/what-are-collaborative-robots-cobots/>. Luettu 1.6.2024.
- 7 The History of Vibratory Feeder Bowls. 2023. Verkkoaineisto. Feeding Concepts, Inc. <<https://feedingconcepts.com/the-history-of-vibratory-feeder-bowls/>>. Luettu 3.7.2024.
- 8 Liuha A, Latokartano J, Lempiäinen J, Billing M, Välimäki K & Niemelä M. 2023. Teollisuuden robotiikka. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry, s. 157–158. Luettu 3.7.2024.

- 9 Liuha A, Latokartano J, Lempiäinen J, Billing M, Välimäki K & Niemelä M. 2023. Teollisuuden robotiikka. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry, s. 155. Luettu 3.7.2024.
- 10 4 Alternatives for Parts Feeding Systems. 2021. Verkkoaineisto. Flexibowl. <<https://www.flexibowl.com/4-alternatives-of-part-feeding-system-infographic.html>>. Luettu 2.8.2024.
- 11 Vibratory Linear Transfer Feeders. Verkkoaineisto. Alphamation. <<https://alphamation.co.uk/services/vibratory-linear-feeders/>>. Luettu 2.8.2024.
- 12 4 types of linear feeder. 2022. Verkkoaineisto. Hoosierfeedercompany. <<https://www.hoosierfeedercompany.com/4-types-of-linear-feeders>>. Luettu 2.8.2024.
- 13 Bulk feeder. Verkkoaineisto. Thewyzo. <<https://thewyzo.com/bulk-feeder/>>. Luettu 2.8.2024.
- 14 Liuha A, Latokartano J, Lempiäinen J, Billing M, Välimäki K & Niemelä M. 2023. Teollisuuden robotiikka. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry, s. 157. Luettu 3.7.2024.
- 15 3 types of part feeding systems. Verkkoaineisto. SDC-Automation. <<https://sdcautomation.com/3-types-of-part-feeding-systems/>>. Luettu 3.7.2024
- 16 VGC10 Vacuum Gripper. Verkkoaineisto. Onrobot. <<https://onrobot.com/en/products/vgc10>> Luettu 1.6.2024.
- 17 Monikäyttöinen robottimeisseli. Verkkoaineisto. OnRobot. <<https://onrobot.com/fi/toutteet/onrobot-screwdriver>>. Luettu 1.6.2024.
- 18 Tm5-900 Cobot. Verkkoaineisto. Tm-Robot <<https://www.tm-robot.com/en/tm5-900/>>. Luettu 1.6.2024.

19 Part feeding systems. Verkkoaineisto. Wisematic. <<https://www.wisematic.com/part-feeding-system/>>. Luettu 2.8.2024.