



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joel Tisza

# Cobotin integroiminen CNC-sorville

Tekniikka  
2024

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Konetekniikka

Tekijä	Joel Tisza
Opinnäytetyön nimi	Cobotin integroiminen CNC-sorville
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	43 + 6 liitettä
Ohjaaja	Juho Pölönen

---

Opinnäytetyö tehdään Kilkanen Oy:lle. Tavoitteena on tutkia ja selvittää, millä tavoin cobottia tai vastaavaa järjestelmää voidaan hyödyntää CNC-sorvauksessa ja varsinkin piensarjatuotannossa. Opinnäytetyössä vertaillaan, mikä robotti on kannattavin hankinta sekä mallinnetaan ja etsitään sopivat osat. Lisäksi tehdään prosessikuvaus robotin ja CNC-sorvin toiminnasta, simuloidaan robotin toimintaa ja tehdään kustannuslaskelma.

Työstä tehdään prosessikuvaus, joka sisältää kaikki robotin toiminnan välivaiheet alusta loppuun. Prosessikuvaus tehdään, jotta nähdään kaikkien vaiheiden onnistuvan. Työssä selvitetään kaikki vaiheet, jotka robotin tulee suorittaa. Layoutin pohjalta simuloidaan robotin toiminta ja varmistetaan, että prosessi toimii käytännössä.

---

Avainsanat cobotti, integroiminen, koneistus, robotiikka



# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO .....	6
1.1 Yritysesittely .....	6
1.2 Sorvin ja työpisteen esittely .....	7
1.3 Työstettävä kappale .....	8
2 ROBOTIT .....	9
2.1 Robottien määrittelyä .....	11
2.2 Teollisuusrobotit .....	12
2.3 Erilaisia teollisuusrobotteja .....	13
2.3.1 Nivelrobotti .....	13
2.3.2 Karteesinen robotti .....	14
2.3.3 Sylinterimäinen robotti .....	15
2.3.4 Delta-robotti .....	16
2.3.5 SCARA-robotti .....	17
2.3.6 Pallonivelrobotti .....	18
2.3.7 Gantri-robotti .....	19
2.3.8 Yhteistyörobotti eli cobotti .....	20
3 COBOTIN VALINTA JA MALLIEN VERTAILU .....	21
3.1 ABB Gofa 15000 12 .....	22
3.2 Fanuc CRX-10iA/L .....	23
3.3 Universal Robotics UR10e .....	24
3.4 KUKA LBR IISY 11 R1300 .....	25
4 YHTEENVETO VERTAILUSTA .....	26
5 TARTTUJAT .....	27
5.1 Pneumaattiset tarttijat .....	27
5.2 Hydrauliset tarttijat .....	28

5.3 Servotarttijat .....	29
5.4 Tarttujan valinta ja mittojen ottaminen .....	30
6 PLC JA PROSESSIKUVAUS .....	32
7 TARVITTAVIEN OSIEN MALLINNUS .....	33
7.1 Mittojen ottaminen sorvista ja mallinnus .....	33
7.2 CNC-sorvin 3D-mallinnus .....	34
7.3 Pöydän suunnittelu ja mallinnus .....	35
7.4 Kääntötelineen suunnittelu ja mallinnus .....	36
7.5 Aihiojigi .....	37
7.6 Jigi valmiille kappaleille .....	38
7.7 Sorvin istukka .....	38
7.8 Sorvin istukan mittaus ja mallinnus .....	39
7.9 Aluslevyn mallinnus .....	40
8 COBOTTISOLUN TESTAUS ROBOTSTUDIOSSA .....	41
8.1 Simulaatioon liitetyt osat .....	41
8.2 Simuloinnin hyödyt .....	41
8.3 Toiminnan varmistus .....	42
9 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tehdään Kilkanen Oy:lle kartoitus cobotin integroimisesta CNC-sorville. Lisäksi vertaillaan, mikä robotti on kannattavin hankinta, ja mallinnetaan kaikki tarvittavat osat kuten pöytä, sorvi, kääntöteline, aluslevy ja aihio. Kaikki osat mallinnetaan NX12-ohjelmalla. Mallinnuksesta tehdään myös prosessikuvaus, joka sisältää kaikki robotin toiminnan välivaiheet alusta loppuun. Prosessikuvaus tehdään sen varmistamiseksi, että kaikki vaiheet ja kappaleen vaihto onnistuvat. Layoutin pohjalta simuloidaan robotin toiminta ja varmistetaan, että prosessi toimii käytännössä.

## 1.1 Yritysesittely

Kilkanen Oy on vaativaan koneistukseen ja vauhtipyörien valmistukseen erikoistunut yritys Vaasan Vaskiluodossa. Vuonna 1969 perustettu yritys laajensi toimintaansa vuonna 2020 aloittamalla moottorilohkojen valmistuksen. Kilkanen työllistää noin 200 ammattilaista ja sen liikevaihto on yli 40 miljoonaa euroa. Kilkanen tarjoaa palvelujaan kansainvälisesti kone-, moottori- ja laitevalmistajille (Leinolat Group, 2024.) Asiakkaina ovat alan johtavat asiantuntijat erityisesti laiva-, energiantuotanto-, prosessi- sekä öljy- ja kaasuteollisuuden aloilla. Näihin kuuluu esimerkiksi uusiutuvan energian ja autoteollisuuden yrityksiä. Käytössä on nykyaikaista ja monipuolista konekanta, joka takaa vaativien osien ja kokonaisuuksien tarkan valmistuksen (Leinolat Group, 2024.) Kilkanen kuuluu Leinolat Group-konserniin. Leinolat Group on 1968 perustettu perheyritys, joka yhdistää kuusi yritystä. Kaikki yritykset sijaitsevat Vaasassa ja sen ympäristössä (Leinolat Group, 2024.)

## 1.2 Sorvin ja työpisteen esittely

Työpisteen sorvi on malliltaan GOODWAY GA-2600. Se on suunniteltu erityisesti keskikokoisten ja painavien kappaleiden koneistukseen. Sorvilla voidaan kuitenkin koneistaa myös pieniä kappaleita kuten myöhemmin esiteltävä kappale. GOODWAY GA2600 kuuluu GA2000-sarjaan, jonka mallit ovat erityisen tehokkaita käsittelemään kovaa materiaalia (Gnee Steel, n.d.)

Sorvin istukka pyörittää kappaletta, ja työkalurevolveri valitsee ohjelman mukaisesti työkalun. Se lähestyy pyörivää työstettävää kappaletta ja leikkaa kappaleen toivotun muotoiseksi. Tämä tehdään useammassa vaiheessa yksi puoli kerrallaan. Sorvi ajaa siis kappaleen toisen puolen, kappale käännetään, ja sorvi ajaa toisen puolen. Kappale sorvataan niin monessa eri vaiheessa kuin on tarpeellista (CNC Training, n.d.)

Kun työpisteelle oli valittu paras mahdollinen cobotti, selvitettiin sorvin ohjekirjasta, että I/O-paikkoja on cobotille riittävästi. Sorvin yhteensopivuus todennettiin myös ammattilaisten toimesta tutkimalla PLC-ohjelmaa. Jos sorvissa ei olisi ollut riittävästi I/O-paikkoja, niitä olisi joko asennettu lisää, tai projektiin olisi valittu toinen CNC-sorvi tai keskus.



**Kuva 1.** GOODWAYGA-2600. (Alfa metalmachinery, n.d.)

### 1.3 Työstettävä kappale

Projektiin valittiin s355j0-rakenneteräksestä valmistettuja aihioita. Kyseinen aihio painaa 1.8kg ja valmis kappale n. 600 grammaa. Projektiin valittiin juuri tämä kappale, koska niitä tulee vuositasolla merkittävä määrä koneistettavaksi (SSAB Multisteel, 2024.)

Toimeksiantajan yrityksessä tehdään runsaasti alihankintaa, ja tuotteet koneistetaan piensarjatuotantossa. Cobotin integroimisen kannalta tämä on olennainen tieto, koska silloin cobottisolusta kannattaa tehdä mahdollisimman modulaarinen.

CNC-sorville tulee lähes päivittäin uusia aihioita koneistettaviksi. Tämän vuoksi jigit ja kääntöelineet kannattaa valmistaa mahdollisimman yksinkertaisiksi, kestäväviksi ja vähän tilaa vieviksi.

Kuvassa näkyy rakenneteräsrungosta sahattu aihio ja kappale valmiina koneistuksen jälkeen.

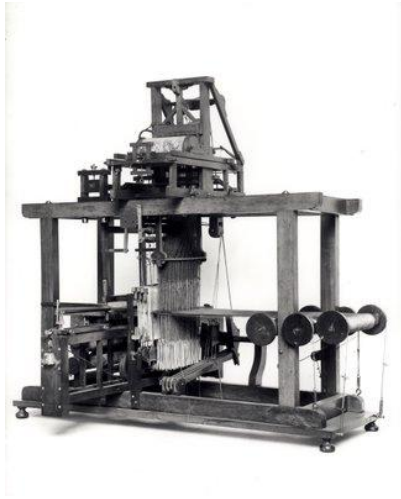


**Kuva 2.** Aihio ja valmiskappale

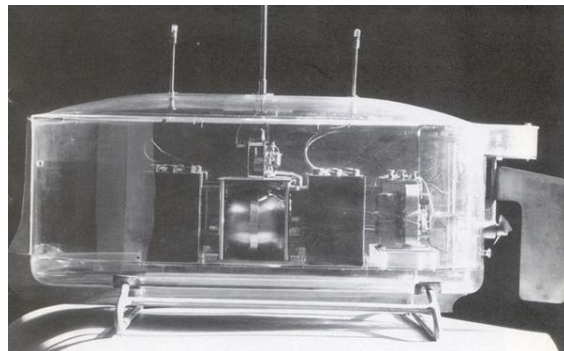
## 2 ROBOTIT

Sana robotti tulee tšekinkielisestä sanasta *robota*, joka tarkoittaa pakkotyötä tai orjaa. Alun perin sanan tultua käyttöön, sillä viitattiin ihmisen kaltaiseen keinotekoiseen olentoon, joka oli orjuutettu tekemään työt ihmisten puolesta. Sanaa käytti ensimmäistä kertaa tšekkiläinen kirjailija Karel Capek näytelmässään RUR. Hänen teoksessaan nämä orjuutetut robotit nousevatkin kapinaan. Nykyään ihmisen kaltaisista roboteista käytetään termiä android (Hänninen, 2022.) Kirjailijat jatkoivat robotiikan kehitystä Venäjällä tietekirjailija Isaac Asimovin toimesta. Kirjallisuudessa robotit olivat vuoteen 1950 asti ihmisiä tuhoavia hirviöitä. Isaac Asimov esitteli kuitenkin uuden robottityypin. Sen sisälle oli rakennettu käskykanta, joka pohjautui ihmisen olemassaolon suojaamiseksi tehtyihin robotiikan kolmeen lakiin:

1. Robotti ei saa vahingoittaa ihmistä eikä laiminlyönnin johdosta saattaa tätä vahingoittumaan.
  2. Robotin on toteltava ihmisen sille antamia määräyksiä paitsi, jos ne ovat ristiriidassa ensimmäisen pääsäännön kanssa.
  3. Robotin on varjeltava omaa olemassaoloaan niin kauan kuin se ei ole ristiriidassa ensimmäisen eikä toisen pääsäännön kanssa. (Hänninen, 2022)
- Kuvissa näkyy Vaucansin kutomakone vuodelta 1738 ja Nikola Teslan kauko-ohjattava robottivene vuodelta 1898 esimerkkeinä varhaisesta robotiikasta.



**Kuva 3.** Vaucansin automaattinen kutomakone vuodelta 1738  
(Meisterdrucke, n.d.)



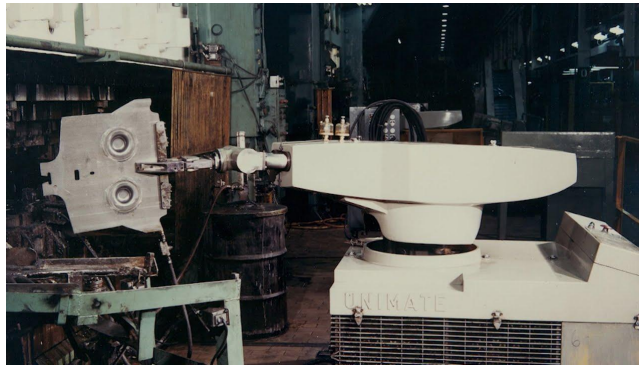
**Kuva 4.** Teslan kauko-ohjattava robottivene vuodelta 1898  
(New Saga Media, 2024)

## 2.1 Robottien määrittelyä

Arkipuheessa robotilla viitataan yleensä melko laajasti ihmisen tekemiin mekaanisiin laitteisiin, jotka jotenkin vuorovaikuttavat ympäröivän maailman kanssa. Tämä määritelmä on kuitenkin liian laava. Määritelmiä roboteille on useampia, mutta ne muistuttavat paljon toisiaan. Hännisen mukaan Websterin tietosanakirjassa todetaan: ”Robotti on laite, joka muistuttaa elävää olentoa pystyessään liikkumaan itsenäisesti ja suorittaessaan monimutkaisia tehtäviä.” Tämä määritelmä kuitenkin olettaa, että robotin täytyisi muistuttaa ihmistä. Näin ei tarvitse olla (Hänninen, 2022.) Robot Institute of American määritelmän mukaan taas: ”Robotti on uudelleenohjelmoitava, monitoiminen manipulaattori, joka on suunniteltu siirtämään materiaalia, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitujen liikkeiden avulla suorittaakseen erilaisia tehtäviä.”(Hänninen, 2022) Tämä määritelmä on jo huomattavasti laajempi. Yleisimmin käytetty ja virallinen robotin määritelmä on kuitenkin International Organization for Standardizationin määritelmä: ”Robotti on ympäristöönsä vaikuttava laite, joka on ohjelmoitavissa toimimaan vähintään kahdella akselilla. Robotti kykenee liikkumaan itsenäisesti sille tarkoitettussa ympäristössä suorittaakseen sille annettuja tehtäviä.” Jos tämä on robotiikan määritelmä, millaisia robotteja sitten on? Tyypillisintä on luokitella robotit käyttötarkoituksensa mukaan. Tyypillisesti robotit jaotellaan teollisuusrobotteihin ja palvelurobotteihin. Missä sitten menee teollisuusrobottien ja muiden robottien välinen raja? International federation of robotiksin mukaan: ”Teollisuusrobotti on automaattisesti ohjattava, uudelleenohjelmoitava ja monikäyttöinen manipulaattori, joka on ohjelmoitavissa vähintään kolmelle akselille.” Palvelurobottien määritelmä taas on seuraavanlainen: ”Palvelurobotteja ovat ne robotit, jotka suorittavat niille annettuja tehtäviä ihmisten hyväksi tai ihmisten parissa lukuun ottamatta teollisuuden tehtäviä.” (Hänninen, 2022)

## 2.2 Teollisuusrobotit

Teollisuusrobotit ovat nousseet keskeiseen rooliin modernissa tuotannossa, automaatioissa ja logistiikassa. Niiden kehitys on luonut yrityksille mahdollisuuden parantaa tuotantoprosessien laatua ja tehokkuutta, vähentää kustannuksia sekä lisätä joustavuutta tuotannossa. Teollisuusrobotteja käytetään laajasti eri aloilla, kuten autoteollisuudessa, elektroniikkateollisuudessa ja lääketeollisuudessa. Robotit suorittavat monimutkaisia tehtäviä usein suuremmalla tarkkuudella ja nopeudella kuin ihmiset. Ne ovat usein ohjelmoitavissa useille akseleille, mikä mahdollistaa liikkumisen monimutkaisissa työympäristöissä ja tehtävissä, jotka vaativat tarkkuutta ja toistoa (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 5.** Ensimmäinen teollisuusrobotti Unimate vuodelta 1960 (Alwire, 2024)

## 2.3 Erilaisia teollisuusrobotteja

Seuraavaksi esitellään hieman erilaisia teollisuusrobotteja.

### 2.3.1 Nivelrobotti

Nivelrobotti tunnetaan myös nimellä kärkirobotti. Se on yleisin teollisuusrobottityyppi. Nivelrobotit on suunniteltu erityisesti raskaisiin ja monimutkaisiin tehtäviin, kuten hitsaukseen ja kokoonpanoon. Ne voivat olla erittäin suuria ja voimakkaita, joten niitä käytetään eristettyinä ihmisistä turvallisuussyistä. Kärkiroboteilla on useita niveliä, jotka liikkuvat kuin ihmisen käsivarsi. Tämän vuoksi niillä on korkea joustavuus. Nivelrobotin jokainen nivel voi pyöriä, minkä vuoksi se omaa laajan liikkumisalueen. Nivelrobottiin voi liittää erilaisia työkaluja ja tarttuja, jolloin sitä voidaan käyttää myös esineiden nostamiseen, siirtämiseen tai hitsaamiseen (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 6.** Nivelrobotti (Limax General Trading, 2024)

### 2.3.2 Karteesinen robotti

Karteesinen robotti tunnetaan myös nimellä lineaarinen robotti. Niitä käytetään esimerkiksi pakkaamisessa. Tämä robotti on erittäin tarkka, mutta liike on rajoitettu lineaarisiin suuntiin. Sen liikkeitä tapahtuvat kolmella akselilla. Rakenne perustuu yksinkertaiseen mekanismiin, joka mahdollistaa liikkeen suoraan pituussuuntaan. Kolme akselia mahdollistavat robotin liikkumisen kolmiulotteisessa tilassa. Karteesiseen robottiin voidaan liittää erilaisia työkaluja tai tarttuja, jolloin sitä voidaan käyttää esineiden nostamiseen, siirtämiseen tai käsittelyyn (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 7.** Karteesinen robotti (Tallman Robotics, 2022)

### 2.3.3 Sylinterimäinen robotti

Sylinterimäinen robotti liikkuu sylinterimäisellä liikeradalla ja soveltuu hyvin erilaisiin kokoamis- ja käsittelytehtäviin. Sitä käytetään usein yksinkertaisissa tehtävissä, kuten materiaalin käsittelyssä ja kokoonpanossa. Liike perustuu sylinterimäiseen rakenteeseen, joka mahdollistaa liikkeen yhdellä akselilla ja pyörimisliikkeen ympäri. Tämä rakenne mahdollistaa tarkan ja hallitun liikkeen (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 8.** Sylinterimäinen robotti (BCON Instruments, n.d.)

### 2.3.4 Delta-robotti

Delta-robottia käytetään usein pakkaamisessa ja poimintatehtävissä erityisesti elintarviketeollisuudessa. Se on suunniteltu pääasiassa kevyiden esineiden nopeaan käsittelyyn, kuten poiminta- ja pakkaustehtäviin, minkä vuoksi se on erityisen nopea ja tarkka. Delta-robotit toimivat eristettynä. Niillä on kolme vapaasti liikkuvaa vartta, jotka on yhdistetty keskeiseen liikkuvaan osaan. Tämä rakenne mahdollistaa robotin liikkumisen nopeasti ja tarkasti kolmiulotteisessa tilassa. Siihen voidaan kiinnittää erilaisia työkaluja tai tarttuja, jotka mahdollistavat esineiden nostamisen, siirtämisen ja pakkaamisen. Delta-robotin liikkeet ovat mekaanisesti rajoitettuja, mikä tarkoittaa, että se toimii erityisesti tietyissä suunnissa ja liikeradoissa, mutta soveltuu huonosti laajaa liikerataa vaativiin tehtäviin (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



*Kuva 9. Delta-robotti (Vendict Media, 2024)*

### 2.3.5 SCARA-robotti

SCARA on erityisesti kokoonpanoon tarkoitettu robotti, jolla on jäykkyyttä tietyillä akseleilla ja joustavuutta toisilla. Se on suunniteltu erityisesti pystysuoraan suuntautuviin asennus- ja kokoonpanotehtäviin. Se on erittäin nopea ja tarkka poiminta- ja sijoitustehtävissä. Robotti on myös vakaa ja jäykkä, mikä mahdollistaa suuren liikenopeuden.

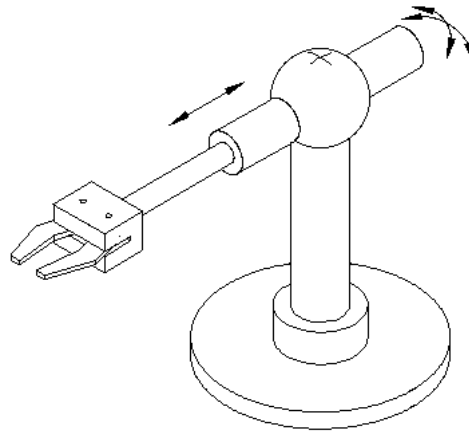
SCARA-robotit ovat usein eristettyjä ihmisistä turvallisuussyistä. Niiden liikerata muistuttaa ihmisen käsivartta vaakatasossa, mutta liikkuu pystysuunnassa. Erityisesti elektroniikkateollisuus hyödyntää SCARA-robotteja matkapuhelinten ja muiden laitteiden tuotantolinjoilla (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 10.** SCARA-robotti (TM Robotics, 2024)

### 2.3.6 Pallonivelrobotti

Pallonivelrobotin liikerata perustuu pallon muotoon. Se soveltuu hyvin hitsaus- ja käsittelytehtäviin, joissa tarvitaan laajaa liikealuetta. Robotti liikkuu pallon muotoisten nivelten avulla, mikä mahdollistaa sen liikkumisen monimutkaisilla ja pyöreillä liikeradoilla. Tämä rakenne mahdollistaa vapaamman liikkuvuuden verrattuna perinteisiin robottimalleihin. Pallonivelrobotissa on tyypillisesti useita liikuttavia akseleita. Yleensä se toimii eristettynä (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 11.** Pallonivelrobotti (ResearchGate, n.d.)

### 2.3.7 Gantri-robotti

Gantri-robotit on suunniteltu raskaiden ja suurten kappaleiden käsittelyyn, esimerkiksi siirtämiseen. Gantri-robotit ovat yleensä isoja kehikkorakenteisia robotteja, jotka liikkuvat vaakasuorilla kiskoilla. Tämä rakenne mahdollistaa suuren kantavuuden ja vakauden, mikä on tärkeää raskaiden kappaleiden käsittelyssä. Tämä mahdollistaa liikkumisen suurilla alueilla vaakasuunnassa, jolloin se voi käsitellä ja siirtää suuria esineitä ilman esteitä. Gantri-robotti toimii eristettynä ihmisistä (Aaltonen & Torvinen, 1997.)



**Kuva 12.** Gantri-robotti (JustDial, n.d.)

### 2.3.8 Yhteistyörobotti eli cobotti

Yhteistyörobotit eli cobotit ovat nimensä mukaisesti robotteja, jotka toimivat yhteistyössä ihmisen kanssa. Ne on suunniteltu liikkumaan ja työskentelemään läheisessä vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa ilman vaaraa. Suurimmat erot perinteiseen varsirobottiin ovat kokoluokka, turvallisuusominaisuudet ja ohjelmointi. Cobotit on suunniteltu turvalliseksi matalan kynnyksen vaihtoehdoksi automaation toteuttamiseen.

Cobotin ohjelmointi ei vaadi erityistä ohjelmointitaitausta, koska sitä voi ohjelmoida myös manuaalisesti painamalla nappia tai kosketusnäytön liikuttamistoiminnon avulla samalla, kun siirtää cobotin vartta haluamiinsa kordinaattipisteisiin. Cobotti muistaa käsin opetetut pisteet ja pystyy toistamaan niiden kierron. Cobotin voi ohjelmoida helposti; kymmenessä minuutissa tekemään yksinkertaisia ohjelmia, vaikka ei olisi aiempaa kokemusta robotiikasta. (Nortio, n.d.) Cobotteja markkinoidaan myös sillä, että turva-aitauksia ei tarvita kuten perinteisissä teollisuusroboteissa. Cobotit voivat työskennellä ihmisen kanssa samalla työalueella rajoitetun nopeuden ja kevyen rakenteen vuoksi, mutta niistäkin kannattaa tehdä aina turvallisuusselvitys cobottisolun turvallisuuden varmistamiseksi (Välimäki & Niemelä, 2023.)



**Kuva 13.** Cobotti (Omron Corporation, 2024)

### 3 COBOTIN VALINTA JA MALLIEN VERTAILU

Cobottien vertailuun valittiin neljä laajasti tunnettua valmistajaa, joita on markkinoilla Suomessa ja löytää hyvin tietoa jälleenmyyjiltä ja netistä. Cobotit, jotka valittiin vertailunkohteiksi ovat:

- ❖ ABB:n Gofa 12 15000
- ❖ KUKA LBR IISY 11 R1300
- ❖ Universal robotics UR10e
- ❖ Fanuc CRX 10iaL

(Man+Machines, 2021.)

Cobottien ominaisuudet kerättiin Excel-taulukkoon, jossa niiden ominaisuuksia vertailtiin toisiinsa. Tiedot kerättiin puhelimitse maahantuojilta, valmistajien sivuilta ja muista verkkolähteistä. Vertailtavat ominaisuudet ovat:

- ❖ Hinta, mitä halvempi sitä enemmän pisteitä
- ❖ Takuu, joka selvitetty maahantuojalta
- ❖ Yltävyys: mitä kauemmas cobotin varsi yltää sitä enemmän pisteitä
- ❖ Simulointi: simulointi ohjelmien hinta ja laajuus
- ❖ IP-luokitus: kuinka hyvin kestää vettä ja pölyä
- ❖ Toimitusaika: kuinka nopeasti saadaan cobotti tehtaalle
- ❖ Kuorma kapasiteetti; kuinka paljon painoa cobotti jaksaa kuljettaa
- ❖ Toistotarkkuus: cobotin toiston tarkkuutta
- ❖ I/O paikat: Riittääkö paikat integrointiin
- ❖ Huolto ja tuki: Paikkakunnat, joista cobotin integrointi ja huollot tulee
- ❖ Maahantuojan integrointi kokemus: onko ennakkotapauksia cobotin integroinnista sorviin
- ❖ Cobotin momenttimittaus: Kuinka moni nivel mittaa liikkeiden ja voiman rasiusta
- ❖ Ohjauspaneeli: pelkkä kosketusnäyttö ilman nappeja saa miinusta.

### 3.1 ABB Gofa 15000 12

ABB on mukana vertailussa, koska sillä on pitkä historia robotiikan valmistajana. Ensimmäinen mikroprosessorilla toimiva robotti olikin ABB:n edeltäjän ASEA:n julkaisema IRB6 vuonna 1974. ASEA yhdistyi Sveitsiläisen Brown Boverin kanssa samaksi konserniksi, ASEA Brown Boveriksi eli ABB:ksi vuonna 1988. Tämän jälkeen ABB on julkaissut vuosien saatossa useita robotteja. Ensimmäisen cobottinsa ABB julkaisi vuonna 2015. Tämä oli kaksivartinen YuMi-cobotti. Myöhemmin 2021 julkaistiin Gofa-sarjan cobotit, jotka kuuluvat uusimpiin markkinoilla oleviin robotteihin (Marshall & Chambers, 2014.)

- ❖ 72 pistettä vertailussa, eli eniten pisteitä
- ❖ Integrointi, huolto ja tuki lähellä toimeksiantajan yritystä
- ❖ Kehittyneimmät simulointi mahdollisuudet
- ❖ Kestää eniten kuormaa 12kg
- ❖ - Kalliimpi, kuin KUKA
- ❖ - Lyhyt takuu

(ABB, n.d.)



**Kuva 14.** ABB-cobotti (Racparts, 2019)

ABB Gofa 15000 12	Kommentti	Arvot	Pisteet
Hinta	Hyvä	36k	3
Takuu	Tyydyttävä	1v	2
Yltävyys	Erinomainen	1400mm	5
Simulointi	Erinomainen		5
IP-luokitus	Erinomainen	IP67	4
Toimitusaika	Hyvä	4 viikkoa	4
Kuorma kapasiteetti	Erinomainen	12kg	5
Toistotarkkuus	Erinomainen	± 0,02 mm	5
I/O paikat vakiona	Erinomainen		5
Huolto ja tuki (mistä)	Huolto ja tukipalvelut Vaasassa		5
Ohjelma	Erinomainen		4
Jälleenmyyjän integrointi kokemus	Cobottien integroiminen sorviin vähäistä		2
Rekrytointi (ohjelmointi osaaminen)	Vamk		5
Momenttimittaus	Jokaisesta nivelestä	6 niveltä	5
Ohjauspaneeli	Hyvä		4

### 3.2 FANUC CRX-10iA/L

Japanilainen FANUC, jonka on perustanut Dr. Inaba Seichi vuonna 1956 oli ensimmäinen yritys, joka rakensi toimivan automatisoidun tehtaan CNC-työstökoneilla ja roboteilla. FANUC on myös selvästi eniten robotteja myynyt yritys koko maailmassa. Se esitteli ensimmäisen yhteistyörobottinsa Euroopassa vuonna 2015 (FANUC, n.d.)

- ❖ 64 pistettä vertailussa, toiseksi paras
- ❖ Tunnettu laadusta ja kestävydestä
- ❖ Pisin yltävyys 1418mm
- ❖ Integraattorilla paljon kokemusta cobotin integroimista sorviin
- ❖ - Ohjelmointi voi olla haastavaa
- ❖ - Integrointi kaukana

(FANUC, n.d.)



**Kuva 15.** FANUC-cobotti (FANUC Europe, n.d.)

FANUC CRX-10iA/L	Kommentti	Arvot	Pisteet
Hinta	Hyvä	36k	3
Takuu	Hyvä	2v	3
Yltävyys	Erinomainen	1418mm	5
Simulointi	Tyydyttävä		2
IP-luokitus	Erinomainen	IP67	4
Toimitusaika	Hyvä	4-5viikkoa	4
Kuorma kapasiteetti	Hyvä	10kg	3
Toistotarkkuus	Hyvä	± 0,04 mm	3
I/O paikat vakiona	Erinomainen	16+16	5
Huolto ja tuki (mistä)	Turku		3
Ohjelma	Hyvä		3
Jälleenmyyjän integrointi kokemus	Paljon kokemusta		5
Rekrytointi (ohjelmointi osaaminen)	Tyydyttävä		2
Momenttimittaus	Jokaisesta nivelestä	6 niveltä	5
Ohjauspaneeli	Hyvä		4

### 3.3 Universal Robotics UR10e

Esben Østergaardin ja Kasper Støyn vuonna 2005 perustama Universal Robotics on kasvanut maailman suurimmaksi cobotti-valmistajaksi ja hallitsee markkinoita maailmanlaajuisesti. Universal Roboticsin cobotit ovat tunnettuja käyttäjäystävällisyydestään ja turvallisuusominaisuuksist, kuten säädettävästä turvajärjestelmästä, jonka avulla cobotin tehoa ja liikemäärää voidaan rajoittaa työntekijän työskennellessä sen lähellä (Universal robots, 2024.)

- ❖ Käyttäjäystävällisyys
- ❖ Turvallisuusominaisuudet
- ❖ - Kallis hinta
- ❖ - Hävisi vertailussa muille coboteille 52 pisteellä

(WiredWorkers, n.d.)



**Kuva 16.** UR cobotti (Tech-con, 2024)

Universal Robotics UR10E	Kommentti	Arvot	Pisteet
Hinta	Välttävä	40k	1
Takuu	Hyvä	2v	4
Yltävyys	Hyvä	1300mm	3
brändi	Hyvä		4
Simulointi	Tyydyttävä		2
IP-luokitus	Tyydyttävä	IP54	3
Toimitusaika	Hyvä	4vko	4
Kuorma kapasiteetti	Hyvä	10kg	3
Toistotarkkuus	Tyydyttävä	± 0,05 mm	2
I/O paikat vakiona	Erinomainen	16+16	5
Huolto ja tuki (mistä)	Kokkola		4
Ohjelma	Hyvä		3
Jälleenmyyjän integrointi kokemus	Erinomainen		5
Rekrytointi (ohjelmointi osaaminen)	Vamialla UR cobotteja		4
Momenttimittaus	Vain 1 nivel mittaa	1 nivel	2
Ohjauspaneeli	Välttävä		2

### 3.4 KUKA LBR IISY 11 R1300

Vuonna 1898 Jakob Knappichin ja Johann Kellerin perustama KUKA on ehtinyt kehittämään useita innovatiivisia muutoksia. Lyhyen ajan sisällä yrityksen perusmisestä asetyleenikaasun hinta romahti, koska sähköiset valot tulivat markkinoille. KUKA käytti tämän tilanteen hyväkseen laajentamalla tuotantoaan oksiasetyleenikaasuhitsaukseen (KUKA AG, 2024.) KUKA:lla on myös muita merkittäviä innovaatioita, kuten PC-pohjainen robottiohjain paradigmaalisen sijaan. KUKA kehitti myös ensimmäisen robotin, jossa oli kuusi sähkömoottorista akselia (Robots Done Right LLC, n.d.)

- ❖ Vertailussa 52p
- ❖ Halvin vaihtoehto
- ❖ Momenttimittaus 6 niveltä
- ❖ - Integrointi kaukana
- ❖ - 1300mm yltävyys
- ❖ - Toistotarkkuus 0.05

(KUKA AG, 2024.)

**Kuva 17.** KUKA-cobotti (OEM, n.d.)



Kuka LBR IISY 11 R1300	Kommentti	Arvot	Pisteet
Hinta	Erinomainen	29,5K	5
Takuu	Hyvä	2v	4
Yltävyys	Hyvä	1300mm	3
Simulointi	Tyydyttävä		2
IP-luokitus	Tyydyttävä	IP54	3
Toimitusaika	Hyvä	6 viikkoa	3
Kuorma kapasiteetti	hyvä	11kg	5
Toistotarkkuus	Erinomainen	± 0,05 mm	2
I/O paikat vakiona	Erinomainen	16+16	5
Huolto ja tuki (mistä)	Turku, Kuopio		3
Ohjelma	Hyvä		3
Yrityksen kokemus integroinnista	Tyydyttävä		3
Rekrytointi (ohjelmointi osaaminen)	Tyydyttävä		2
Momenttimittaus	Jokaisesta nivelestä	6 niveltä	5
Ohjauspaneeli	Erinomainen		4

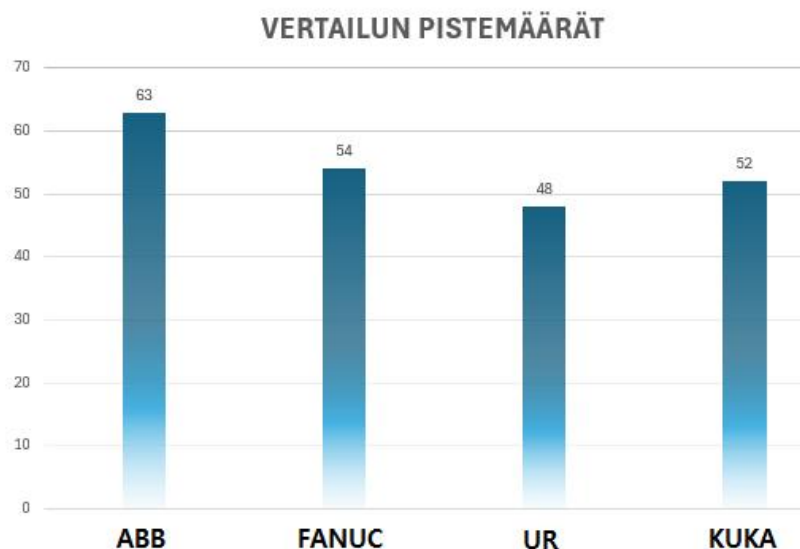
## 4 YHTEENVETO VERTAILUSTA

**ABB gofa 12 15000** sai vertailussa **63** pistettä, eli eniten neljästä eri cobottimallista. Vertailun tulos kertoo, että tämä cobotti on kannattavin valinta kappaleenvaihtajaksi sorviin. ABB:n offline simulointi mahdollisuudet ovat myös kehittyneimmät.

**Fanuc CRX-10iA/L** sai vertailusta **54** pistettä, eli toiseksi eniten. Tämä cobotti on toiseksi kannattavin valinta, mutta esimerkiksi integrointi- ja huoltopalvelut sijaitsevat kaukana toimeksiantajan yrityksestä, ja tästä koituisi ylimääräisiä kustannuksia.

**UR10E** Sai vertailusta **48** pistettä. Kyseistä cobottia käytetään paljon koneistuksessa. Se on tunnettu turvallisuudestaan ja käyttäjäystävällisyydestään. Vertailussa UR sai kuitenkin vähän pisteitä.

**KUKA LBR IISY R1 1300** Sai vertailusta **52** pistettä. Se on laadukas ja huomattavasti halvempi kuin muut vertailun cobotit. Vertailussa cobotti sai kuitenkin toiseksi vähiten pisteitä.



**Kuva 18.** Excel-vertailutaulukko

## 5 TARTTUJAT

### 5.1 Pneumaattiset tarttajat

Pneumaattiset eli paineilmatarttajat ovat suosittu vaihtoehto, koska ne tarjoavat kokoonsa ja painoonsa nähden suuren tartuntavoiman. Tehtaissa on monesti valmiiksi ilmanpainelähtöjä, joista saadaan helposti ilmaa robotin tarttujalle. Pneumaattiset tarttajat toimivat paineilmalla, jota voidaan syöttää kompressorista tai pumpusta. Tämä paineilma liikuttaa sylinterissä olevaa mäntää, jonka tehon avulla voidaan liikuttaa tarttujan sormia auki ja kiinni (Universal Robots, 2020.)

- ❖ Erinomainen toistotarkkuus tyypillisesti 0.1
- ❖ Lämmönkestävyys -14C ja 120C astetta
- ❖ Monesti edullisempi verrattuna samankokoluokan servo ja hydraulisiin tarttujiin
- ❖ - Mahdolliset ilmavuodot voivat alentaa tehoa
- ❖ - Ilman puristuvuuden hyötysuhde häviää hydrauliselle öljylle
- ❖ - Syötettävää ilmaa on oltava valmiiksi puristettuna, vaikka tarttuja ei olisi toiminnassa sillä hetkellä

(Machine Design, 2015.)



**Kuva 19.** Pneumaattiset tarttajat (Universal Robots, 2024)

## 5.2 Hydrauliset tarttujat

Hydraulisia tarttujia käytetään, kun siirrettävät tavarat painavat erityisen paljon tai käsittely vaatii paljon voimaa. Hydrauliset tarttujat eroavat pneumaattisista siinä, että niissä käytetään paineistetun ilman sijaan paineistettua öljyä männän liikuttamiseen. Tämän teho mahdollistaa tarttujan leukojen avaamisen ja sulkemisen. Hydrauliset tarttujat ovat harvinaisia verrattuna pneumattiisiin- ja servotarttujiin (Universal Robots, 2024.)

- ❖ Moninkertaisesti suurempi voima kuin vastaavilla pneumaattisilla- tai servotarttujilla
- ❖ Öljyn tiiveyden ansiosta voima ja paine pysyvät vakiona ilman, että pumppu lisää jatkuvasti painetta.
- ❖ - Monimutkaisuus: hydraulinen järjestelmä vaatii paljon erinäisiä osia
- ❖ - Vuodot: voi aiheuttaa tehon alenemista ja mahdollisia vaurioita hydraulijärjestelmään tai ympäristöön
- ❖ - Hinta: monimutkaisuus nostaa hintaa

(Machine Design, 2015.)



**Kuva 20.** Hydraulinen tarttuja (Shobai automation, 2023)

### 5.3 Servotarttijat

Servotarttijat toimivat servomootoreilla, ja niiden mekaaninen toiminta perustuu kahden männän yhteistoimintaan. Männät on yleensä liitetty toisiinsa pneumaattisilla sormilla, jotka liikkuvat rullan ja tapin avulla. Rakenne on erikoinen, sillä se saa sormet liikkumaan keskikohtaa kohti. Tarttujassa sormet liikkuvat yhdessä. Yhden sormen liikkuessa yhteen suuntaan se puristaa toisen männän kokoon. Jos sormet liikkuvat toiseen suuntaan, toinen mäntä tyhjenee ja toinen puristuu kokoon. Servomootorit ovat tarkkoja sähköllä toimivia moottoreita. Voimaa ja parametreja pystyy myös hienosäätämään helposti (Unbox Industry, 2023.)

- ❖ Ei tarvitse hydraulii- tai ilmanpaineletkuja
- ❖ Mahdollisesti kalliimpi kuin saman kokoluokan pneumaattinen tai hydraulinen tarttuja
- ❖ Sopii hyvin jaettuun työtilaan ihmisen kanssa
- ❖ Tarkka paikannus ja jännitesuoja
- ❖ Soveltuu hyvin paikkoihin, joissa on korkea puhtausvaatimus
- ❖ Sisäänrakennettu moottori, joka yhdistää aktiivisesti käyttö- ja viestintätoiminnot
- ❖ - Muita huonompi hinta-laatusuhde kokoon nähden

(Machine Design, 2015.)



**Kuva 21.** Servotarttuja (Bila, n.d.)

#### 5.4 Tarttujan valinta ja mittojen ottaminen

Tarttujan valinta on aina tilannekohtaista. Ainakin seuraavat asiat täytyy ottaa huomioon tarttujan valinnassa:

- ❖ Cobotti: yhteensopivuus, liitännät, cobotin painokapasiteetti tarttujan kanssa
- ❖ Siirrettävä tai työstettävä kappale: kappaleen muoto ja paino
- ❖ Työalue: törmäysvaarat, mahtuuko tarttuja joka paikkaan avattuna ja suljettunakin  
(OnRobot, n.d.)

Cobotille valittiin tarttujaksi 3FG15-servomoottoritarttuja, koska sitä käytetään paljon coboteissa, jotka suorittavat kappaleen vaihtoa koneistuksessa. Yllä mainitut kohdat käytiin läpi, ja ehdot täyttyivät.

- ❖ Tarttuja on yhteensopiva cobotin kanssa
- ❖ Työstettävä aihio mahtuu tarttujan leukoihin
- ❖ Tarttuja ei törmää muihin komponentteihin
- ❖ Tarttuja kestää leikkuunestettä, lastua ja likaa

(ISEL USA, 2024.)

Kuvassa näkyy 3FG15-tarttija kiinnitettynä Gofa IRB 12 15000- cobottiin. Vasemman puoleisessa kuvassa näkyy työntömitalla otettu mitta istukan alueelta. Siinä tarkistetaan onko tarttujalla tarpeeksi tilaa sulku- ja avausliikkeen aikana. Tuloksena on 62mm tartunta-alue ennen leukojen seinämää. Tilaa on siis tarttujalle riittävästi.



**Kuva 22.** Leukojen mitat



**Kuva 23.** Solesco ABB (Toolkit technologies, 2024)

## 6 PLC JA PROSESSIKUVAUS

Prosessikaavio kuvaa, miten cobotti ja CNC-sorvi keskustelevat keskenään ja kappaleenvaihdon prosessit tapahtuvat. CNC-sorvi ja cobotti keskustelevat I/O-sähköisten avulla. Liitäntä voidaan toteuttaa digitaalisella I/O-kytkennällä, jossa cobotti ja sorvi yhdistetään suoraan yksinkertaisilla sähköisillä liitännöillä. Tiedon siirto tapahtuu ilman erillisten väylien tarvetta.

### Kappaleenvaihtoprosessi

Ohjelma käynnistetään -> paineilmasylinteri avaa oven -> cobotti hakee aihion jigistä ja vie sen leukojen väliin -> cobotti poistuu sorvin sisältä ja paineilmasylinteri sulkee sorvin oven -> sorvi koneistaa ensimmäisen vaiheen aihioista -> Ensimmäinen vaihe valmis, liukuovi avautuu -> cobotti siirtyy työstettävän kappaleen lähelle ja puhalttaa lastut ja leikkuunesteen pois -> cobotti tarttuu kappaleeseen ja leuat avautuvat -> cobotti kääntää kappaleen kääntötelineellä ja vie takaisin sorviin toisen vaiheen koneistukseen -> liukuovi sulkeutuu avautuu ja cobotti puhalttaa liat pois kappaleesta -> cobotti tarttuu kappaleeseen ja vie valmiiden kappaleiden jigiin -> Prosessi toistuu



Kuva 24. Prosessikaavio



## 7.2 CNC-sorvin 3D-mallinnus

Sorvin kokoonpano koostuu yhdestätoista eri osasta, jotka mallinnettiin yksitellen. Mallinnus tapahtui numeroituna seuraavassa järjestyksessä:

1. sorvin pohja

2. sorvin ylempi pohja

3. sorvin välikappale

4. pääkappaleen

5. yläosan

6. sivukappale

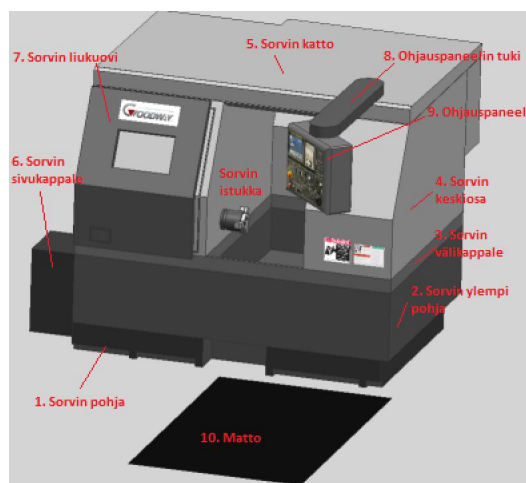
7. liukuovi

8. näytöntuki

9. näyttö

10. matto

11. istukka

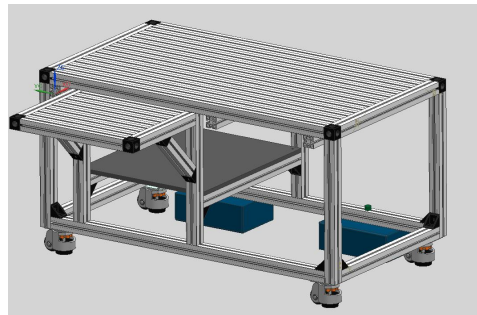


Kuva 26. Mallinnettu sorvi

### 7.3 Pöydän suunnittelu ja mallinnus

Coboteille on olemassa valmiiksi rakennettuja pöytiä. Tähän cobottisoluuun kuitenkin suunniteltiin oma pöytä, jotta se olisi mahdollisimman modulaarinen, oikean kokoinen ja kustannukset pysyisivät alhaisina. Suunnittelu aloitettiin mittojen ottamisella työalueelta, jotta tiedettäisiin, kuinka suuri pöytä alueelle mahtuu. Pöydän materiaaliksi valittiin alumiiniprofiili, koska se on yleisesti käytetty teollisuudessa ja robottipöytien valmistuksessa. Pöydästä tuli lopulta kooltaan 1200x625x690, ja siihen tuli myös lisäsiipi aihioille.

Alumiiniprofiilit mallinnettiin Siemensin NX12-ohjelmalla luonnostemalla muodot ja pursottamalla ne eri pituisiksi. Nämä osat liitettiin myöhemmin yhteen pöydäksi. Pöydän alle tuli 50kg painot valuraudasta, johon on laitettu kierteet, jotta pöytä voidaan tukea ja paikoittaa alumiiniprofiili tukipalkista läpi menevillä kierrerruuveilla. Pöytään tulee myös erikoisrenkaat, joiden avulla cobottia voidaan jatkossa siirtää toisille CNC-koneille tai muihin työtehtäviin. Ruuvaamalla pöydän renkaat ne vaihtuvat kiinteiksi jaloiksi, jolloin pöydästä tulee tukeva ja lukittu. Pöytä myös vahvistetaan tukipaloilla, ja renkaat kiinnitetään T-uramuttereilla. Uramuttereilla saadaan vapaasti säädettyä pöytään tulevien osien paikkoja ja cobotin sijaintia.



**Kuva 29.** Cobotin pöytä



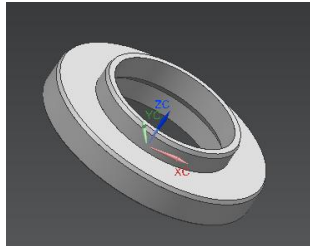
**Kuva 27.** T-uramutteri (Amazon.com, n.d.)



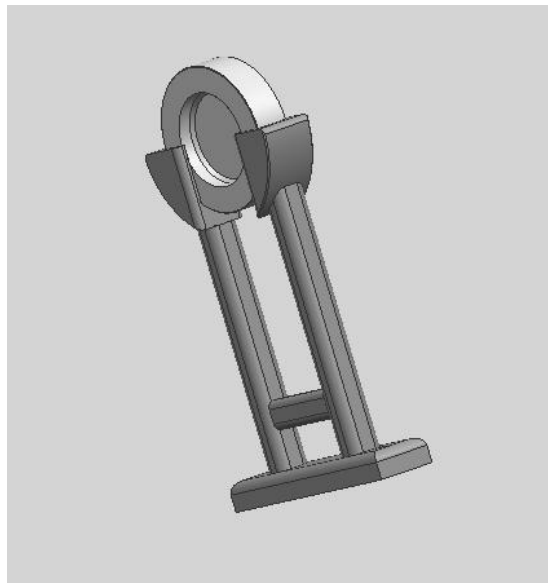
**Kuva 28.** Pöydän renkas (RS Components, 2020)

#### 7.4 Kääntötelineen suunnittelu ja mallinnus

Kappaleelle mallinnettiin kääntöteline, koska aihio koneistetaan kahdessa vaiheessa. Kun aihioista on koneistettu ensimmäinen vaihe, cobotti käy viemässä puoleksi koneistetun aihion kääntötelineelle kuvan mukaisesti. Telineen "tasku", eli osa johon kappale tulee, on printattu hieman isommaksi kuin kappale, jotta kappale mahtuisi siihen paremmin. Kääntöteline laitetaan pöytään kiinni kahdella T-uramutterilla, jolloin sen sijaintia voi helposti muuttaa muttereiden avulla alumiiniprofiilien urissa. Kääntötelineen voi koneistaa osissa ja kiinnittää nämä yhteen, mutta koska kappaleet muuttuvat piensarjatuotannossa jatkuvasti, kääntöteline kannattaa 3D-printata kovasta muovista, esimerkiksi Onyx-hiilikuitumuovista. 3D-printtaus on nopeaa ja halpaa eivätkä kääntötelineen pintavaatimukset ole korkeita. Kääntötelineen osat printataan osissa ja insertit kolvataan niihin kiinni ja ruuvataan yhteen yhdeksi kappaleeksi, eli kääntötelineeksi.



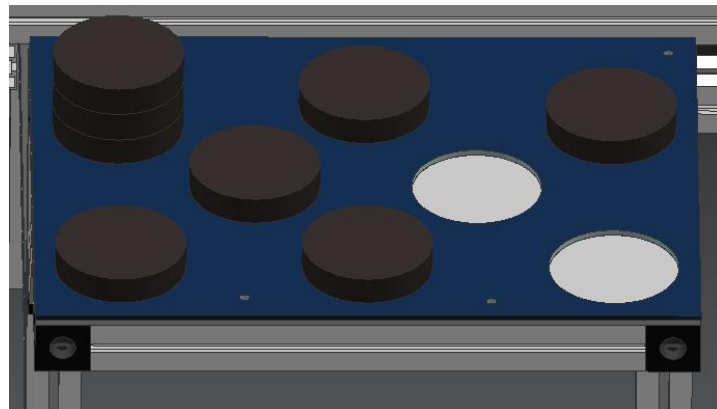
**Kuva 30.** Valmiskappale mallinnettuna



**Kuva 31.** Kääntöteline

## 7.5 Aihiojigi

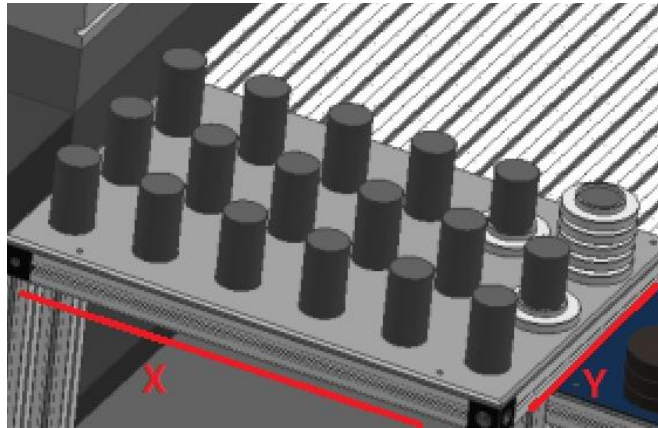
Aihioille mallinnettiin oma jigilevy, johon tulee 105mm kokoiset pinottavat ahiot. Jigin alapuolella on suojalevy, ja ylempi levy vesileikataan teräksestä muotoonsa. Mallinnuksessa oli tärkeää ottaa huomioon muutamia seikkoja. Tarttujan avautuminen ja sulkeuminen oli tärkeää ottaa huomioon, jotta cobotin tarttuja ei kolaroisi toisiin ahiopinoihin hakiessaan ahiota työstettäväksi. Jigin alle on mallinnettu myös toinen suojalevy, joka on muovinen ja suojaa alumiiniprofiilipöytää naarmuilta ja kulumiselta. Tämä kiinnittyy samoilla pulteilla, jotka kinnitetään ylempään levyn kautta pöytään t-uramuttereita hyödyntäen. Toisessa reunassa kiinnityskulmat tulivat vastaan, joten kiinnitysreikiä siirrettiin ulkoreunalta 166mm mustista kiinnityskulmista poispäin. Täytyy myös muistaa, että ahiot tulevat suoraan sahalta. Niissä on helposti heittoa eivätkä ne ole täysin pyöreitä. Tämän vuoksi vesileikkausta ei tehdä aihion halkaisijan mukaisesti vaan ainoastaan suurennetaan noin 1mm, jotta ahiot saadaan asetettua jigiiin.



**Kuva 32.** Aihioden jigii

## 7.6 Jigi valmiille kappaleille

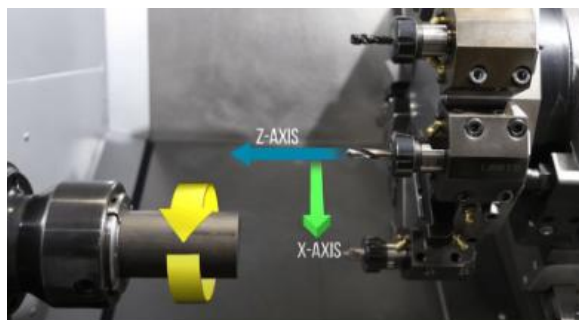
Toinen jigilevy suunniteltiin valmiille kappaleille. Cobotti käy asettamassa tolpan päälle yksittäisen kappaleen, joka tippuu tolpan mukaisesti paikoilleen. Tolppaan mahtuu aina 5kpl. Tolppien välinen turvaetäisyys 120mm X- suunnassa ja Y- suunnassa 150mm, jotta tarttuja ei törmäisi lastauksessa. Tämä testattiin Robotstudiossa.



*Kuva 33. Valmiiden kappaleiden jigi*

## 7.7 Sorvin istukka

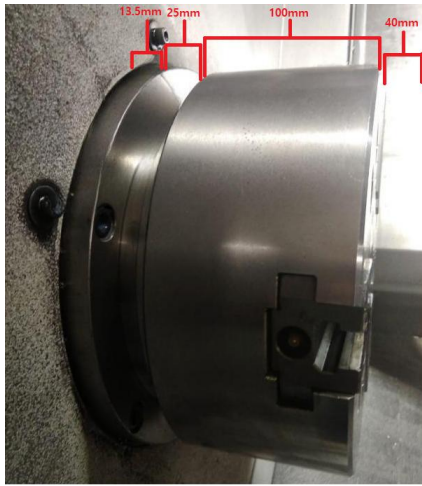
CNC-sorvaamisessa istukan tehtävä on pyörittää kappaletta, jotta työkalut pääsevät työstämään sitä. Istukkaan asetetaan sopivat leuat, jotka sulkeutuvat aiemmin esitellylle 105millisen aihion ympärille ulkoa sisäänpäin liikeradalla. Tässä tapauksessa käytettiin kolmea leukaa.



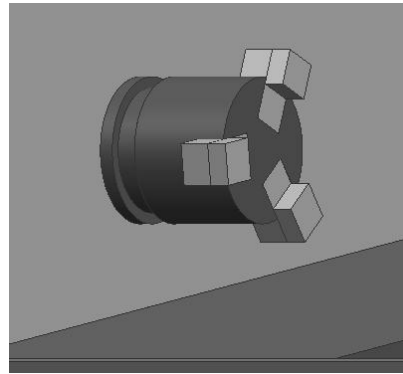
*Kuva 34. Istukka ja työkalut (Haas automation, 2024)*

## 7.8 Sorvin istukan mittaus ja mallinnus

Istukka täytyi mallintaa, jotta saatiin oikea etäisyys tarttujan ja istukan välille. Tässä tapauksessa tiedetään, että istukka tulee 14cm ulos sorvin seinämästä, joka tuo työstettävää kappaletta lähemmäs eikä cobotin runko törmää liukuoveen kappaleen vaihdon aikana. Kuvissa näkyy alkuperäinen istukka mittoineen vasemmassa alakulmassa ja oikealla alakulmassa leukoineen 3D-mallinnettu istukka, jota käytetään myöhemmin simuloinnissa.



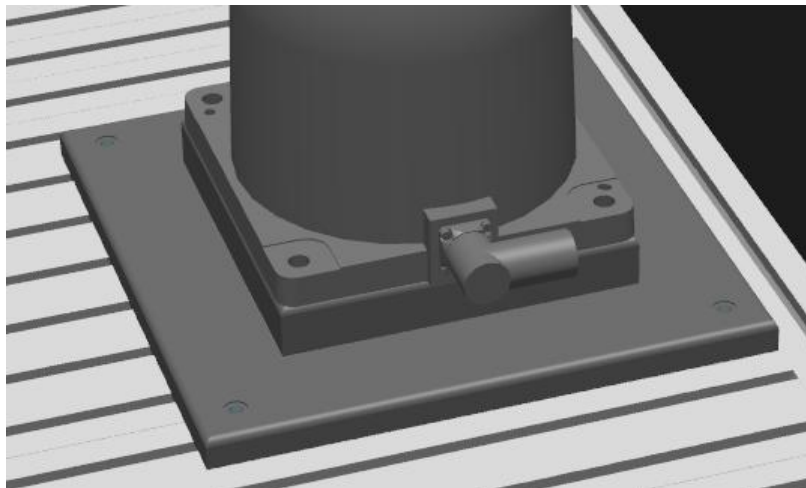
**Kuva 35.** Sorvin istukka



**Kuva 36.** Mallinnettu istukka

## 7.9 Aluslevyn mallinnus

Työpisteelle mallinnettiin aluslevy, koska cobottia ei voi suoraan liittää pöytään. Aluslevyn alasosa on mitoiltaan 316x316 ja ylempi osa 200x200. Aluslevy ruuvataan ensin m6 T-uramutterin avulla pöytään kiinni siihen kohtaan uria, johon se halutaan kohdistaa. Tämän jälkeen cobotti nostetaan aluslevyn päälle ja pultataan M10x35-ruuveilla kiinni noudattaen  $32\text{Nm} \pm 10\%$ -kivistysmomenttia. Aluslevyn suunnittelussa täytyi myös ottaa huomioon, että aluslevyn yläosan täytyy olla riittävän luja ja paksu. Kierteiden täytyy olla vähintään 15mm syvät, jotta saavutetaan tarvittava lujuus. Myös tasaisuus on erittäin tärkeää. Pinnanlaaduksi on määritelty 0.1/500mm, eli aluslevyn tasaisuus ei saa poiketa enempää kuin 0,1mm 500 mitatulta matkalta. Tämä voidaan varmistaa tasomittarilla mittaamalla. Aluslevyn voi koneistaa sopivan kokoisesta aihioista (ABB, 2024.)



**Kuva 37.** Cobotin aluslevy

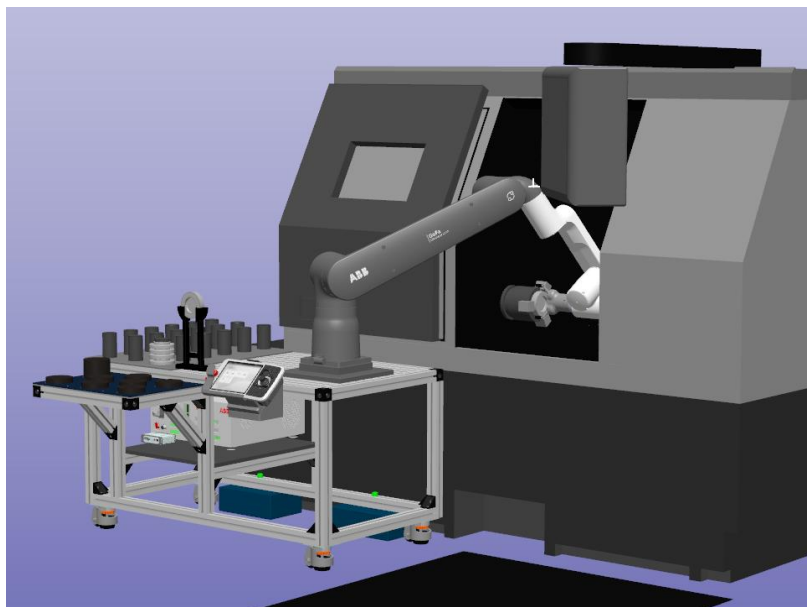
## 8 COBOTTISOLUN TESTAUS ROBOTSTUDIOSSA

### 8.1 Simulaatioon liitetyt osat

Mallinnusten jälkeen kaikki paitsi liikkuvat osat on koottu kokoonpanoksi. Liikkuvia osia ovat kääntöpöytä, liukuovi ja jigi. Näitä ei voisi liikuttaa vapaasti, jos ne olisivat samassa kokoonpanossa sorvin ja pöydän kanssa. Joitakin malleja löytyi valmistajan sivuilta valmiina kuten tarttuja, tarttujan ohjauslaatikko, pöytä ja renkaat. Robotstudion kirjastosta löysi suoraan cobotin, Omnicore30c-ohjauspaneelin ja pendantin eli kosketusnäytön cobotin ohjaamiseen.

### 8.2 Simuloinnin hyödyt

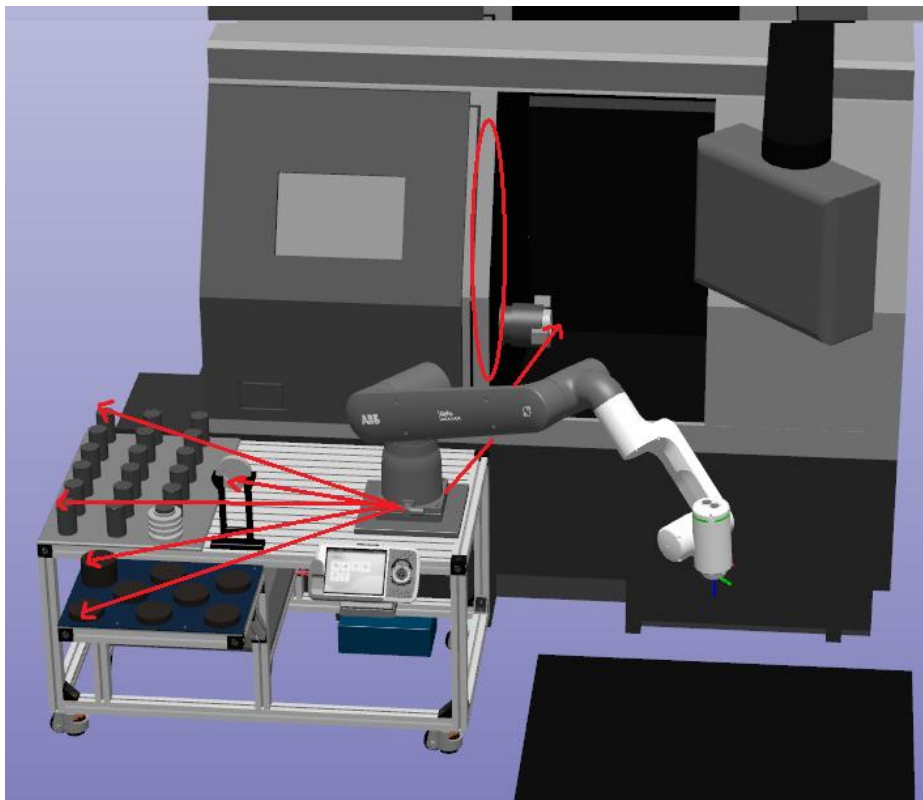
Robotstudion avulla voidaan kokeilla cobotin toimintaa halutussa ympäristössä. Jos ympäristö vastaa todellisia mittoja, simulointi on erittäin hyödyllinen etäisyyksien hahmottamisessa. Tällä tavalla voidaan varmistua, että cobotti sopii työympäristöön, eli ei ole liian pieni tai suuri. Jos etäisyydet on laskettu väärin, cobotti ei joko ylety johonkin pisteeseen tai on liian lähellä muita komponentteja.



Kuva 38. Cobottisolu

### 8.3 Toiminnan varmistus

Viimeiseksi testattiin, ylettääkö cobotti jokaiseen haluttuun pisteeseen. Mallinnuksessa jouduttiin tekemään eniten muutoksia juuri yltämis- ja törmäysongelmien vuoksi. Cobotin asettelu täytyi saada kohdilleen, jotta se yltää sekä sorvin istukan luo että levyjgien etäisimpiin pisteisiin. Kääntöteline ei myöskään saanut olla liian lähellä cobottia, jotta cobotti pääsee siihen. Punaisella merkattu pyöreä merkki näyttää seinämän, jota täytyi varoa cobotin kääntyessä sorvin sisälle vaihtamaan kappaletta.



Kuva 39. Cobottisolun toiminnanvarmistus

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kartoitus cobotin integroimisesta sorville on valmis ja johtopäätökset seuraavanlaiset:

Projekti kannattaa jakaa kahteen osaan. Toimeksiantaja-yrityksen on mahdollista tehdä sopimus, että osa hankinnoista tehdään etukäteen itse. Näitä olisivat cobotti, aluslevy, tarttuja, painot, pöytä sekä jigit. Tarpeelliset mekaaniset asennukset tehtäisiin valmiiksi. Integrointiyrityksen vastuulle jäisi automaatio suunnittelu, sähkösuunnittelu, sähköasennustyö, projektityö, I/O-ohjelmointi, oven avaus ja sulkupaineilmasynterillä, mahdollisesti turvaskanneri ja joitakin hankintoja. Opinnäytetyöllä saavutettiin:

- ❖ Cobotin työnkierron prosessisuunnitelma
- ❖ Selvitys CNC-sorvin I/O kytkennästä
- ❖ Cobottien vertailu, jonka myötä projektiin valittiin eniten pisteitä kerännyt ABB gofa irb 15000 12
- ❖ Cobotille ja työstettävälle kappaleelle yhteensopivan tarttujan valinta.
- ❖ Mekaaninen suunnittelu, cobotin ympäristön mittaus ja mallinnus sekä projektiin tarvittavien osien suunnittelu ja mallinnus
- ❖ Selvitys yrityksistä, jotka ovat valmiita tekemään integroinnin.
- ❖ Laskelma projektin kustannuksista.

## LÄHTEET

**Aaltonen, Kalevi. Torvinen, Seppo.** 1997. *Konepajan tuotantotekniikka: Konepaja-automaatio*. WSOY.

**ABB.** Noudettu 9.6.2024 osoitteesta <https://global.abb/group/en/about/history#:~:text=In%201988%2C%20ABB%20is%20formed,%20417%20billion%20and%20160%2C000%20employee>

**ABB.** Noudettu 9.6.2024 osoitteesta <https://new.abb.com/products/robotics/robots/collaborative-robots/crb-15000>

**ABB.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/TkWUY>

**Alwire, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://inews.ifeng.com/55108201/news.shtml>  
[https://www.aiwire.net/2011/08/16/robotics\\_pioneer\\_george\\_c\\_devol\\_dies\\_at\\_99/](https://www.aiwire.net/2011/08/16/robotics_pioneer_george_c_devol_dies_at_99/)

**Apex automation.** Noudettu 13.6.2024 osoitteesta <https://apexautomation.fi/yhteistyorobotit/>

**Avertas robotics.** Noudettu 9.6.2024 osoitteesta <https://avertasrobotics.fi/robotit>

**BCON Instruments.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://bcon-instruments.nl/product/platecrane-sciclops/>

**Bila.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/V6fM8>

**CNC Training.** *CNC Turning: The Fundamentals You Need to Know.* Noudettu 23.11.2024 osoitteesta <https://www.cnctraining.gr/en/activities/blog/272-cnc-turning-the-fundamentals-you-need-to-know>

**CNC Training.** *CNC Turning: The Fundamentals You Need to Know.* Noudettu 18.11.2024 osoitteesta <https://www.cnctraining.gr/en/activities/blog/272-cnc-turning-the-fundament>

**FANUC.** Noudettu 13.6.2024 osoitteesta <https://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots>

**FANUC.** Noudettu 15.11.2024 osoitteesta <https://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-10ial>

**FANUC.** Noudettu 15.11.2024 osoitteesta <https://www.fanuc.eu/fi/en/who-we-are/fanuc-history>

**Fanuceurope.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/W84ZU>

**Gnee Steel Co. Ltd.** Noudettu 9.6.2024 osoitteesta <https://www.gneesteel.com/fi/products/steel-plate/carbon-steel/en10025-2-s355j0-steel-plate.html>

**Haas automation, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://www.haascnc.com/fi/video/tipoftheday/m17gr9xbk.html>

**HK LEE HING INDUSTRY CO.** 2020. *The Complete Guide To Waterproof IP Rating - IP44, IP54, IP55, IP65, IP66, IPX4, IPX5, IPX7.* Noudettu 26.6.2024 osoitteesta <http://www.iec-test.com/news/The-Complete-Guide-To-Waterproof-IP-Rating---IP44-IP54-IP55-IP65-IP66-IPX4-IPX5-IPX7.html>

**Hänninen, Pasi.** 2022. *Robottiikka ja tekoöly: Johdatus aiheeseen.* Tammertekniikka.

**Inductive Automation.** 2024. *PLC: Programmable Logic Controller: PLC Basics, Operation, Programming and the Future of PLCs.* Noudettu 23.11.2024 osoitteesta <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-a-PLC>

**ISEL USA.** 2024. *T-Slot Table Top.* Noudettu 4.10.2024 osoitteesta <https://www.isel-us.com/industrial-workbench-with-t-slot-table>

**Keinänen, Toimi. Kärkkäinen, Pentti.** 2005. *Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka.* Sanoma Pro.

**KUKA AG.** Noudettu 16.11.2024 osoitteesta <https://www.kuka.com/en-de/company/about-kuka/history>

**KUKA AG.** 2024. Noudettu 20.6.2024 osoitteesta [https://my.kuka.com/s/product/lbr-iisy-11-r1300/01t1i0000025v06AAI?language=en\\_US](https://my.kuka.com/s/product/lbr-iisy-11-r1300/01t1i0000025v06AAI?language=en_US)

**KUKA. Youtube.** Noudettu 1.7.2024. video. [https://www.youtube.com/watch?v=BKLOeYeXKBM&ab\\_channel=KarlSingline](https://www.youtube.com/watch?v=BKLOeYeXKBM&ab_channel=KarlSingline)

**Leinolot Group.** 2024. *Kilkanen Oy.* Noudettu 13.6.2024 osoitteesta <https://leinolatgroup.fi/fi/kilkanen/kilkanen-etusivu>

**Limax General Trading, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://limaxuae.com/product/robotics/>

**Machine Design.** 2015. *Sorting Out Linear Actuators.* Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21832047/sorting-out-linear-actuators>

**Man+Machines.** 2021. Noudettu 13.6.2024 osoitteesta <https://manplasmachines.com/best-cobot-companies/>

**Marshall, David. Chambers, Nick.** 2014. *Rise of the robot.* Noudettu 9.6.2024 osoitteesta [https://issuu.com/abbrobotics/docs/short\\_abb\\_review\\_2-2014\\_72dpi](https://issuu.com/abbrobotics/docs/short_abb_review_2-2014_72dpi)

**Meisterdrucke.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://www.meisterdrucke.fi/hieno-taidepainatus/French-School/421304/>

**New Saga Media, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://alittlebithuman.com/the-coolest-and-most-famous-inventions-of-nikola-tesla/>

**Nortio, Jukka.** *Cobotti tehostaa tuotantoa.* Noudettu 3.7.2024 osoitteesta <https://www.automaatiovayla.fi/artikkelit/cobotti-tehostaa-tuotantoa/>

**OEM.** Noudettu 9.6.2024 osoitteesta <https://www.oem.fi/tuotteet/robotiikka/cobotit/lbr-iisy-11-r1300-cobotti- -916060>

**OEM.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/v2vbk>

**ONrobot.** Noudettu 4.10.2024 osoitteesta <https://onrobot.com/en/products/3fg15-three-finger-gripper>

**Onrobot. Youtube.** Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=4gFcmjCWnnl>

**Onrobot. Youtube.** Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=Xru8Kh3554k>

**Omron Corporation, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://industrial.omron.fi/fi/products/collaborative-robots>

**QVIRO.** Noudettu 30.6.2024 osoitteesta <https://qviro.com/product/abb/gofa-12/specifications>

**QVIRO arvostelut.** Noudettu 1.7.2024 osoitteesta <https://qviro.com/product/universal-robots/ur10e/reviews/review?back=&filterIds=&search=&ordering=&page=>

**Racparts, 2019.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/Fyjq5>

**ResearchGate.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/gY2i9>

**Robotmation Oy.** Noudettu 13.6.2024 osoitteesta <https://robotmation.fi/teollisuusrobotit/>

**Robots Done Right LLC.** *KUKA Robotics History.* Noudettu 16.11.2024 osoitteesta <https://robotsdoneright.com/Articles/kuka-robotic-history.html#:~:text=The%20company%20was%20founded%20in,invention%20of%20oxy%2Dfuel%20welding>

**roboDK.** Noudettu 20.6.2024 osoitteesta <https://robodk.com/robot/KUKA/iisy-3-R130020.6.2024>

**RSComponents, 2020.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/7S7nQ>

**SSAB Multisteel.** 2024. Noudettu 18.11.2024 osoitteesta <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/ssab-multisteel/tuotevalikoima/ssab-multisteel-snl>

**SYNERTECH AUTOMATION.** Noudettu 6.10.2024 osoitteesta <https://synertechusa.com/product/crx-10ia/>

**Shobai automation, 2023.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://www.shobaiautomation.com/robot-end-of-arm-tooling-in-saudi-ara-bia.php>

**T.I.E. Industrial.** 2024. Noudettu 16.11.2024 osoitteesta <https://www.robots.com/articles/abb-robot-history>

**Tallman Robotics, 2022.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://www.tallman-robotics.com/xy-gantry-robots-finished-for-a-client-from-france/>

**Tech-con, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/ciPOK>

**TM Robotics, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://www.tmrobotics.com/scara-the800/>

**Toolkit technologies, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://toolkittech.com/shop/onrobot-2-finger-parallel-2fg7/>

**Universal Robots.** 2020. *Robot Gripper Showdown: Air Gripper vs. Electric Gripper.* Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.universal-robots.com/blog/robot-gripper-showdown-air-gripper-vs-electric-gripper/>

**Universal Robots.** 2024. Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.universal-robots.com/fi/blogi/industrial-gripper-showdown-pneumatic-gripper-vs-hydraulic-gripper/>

**Universal Robots.** 2024. Noudettu 13.6.2024 osoitteesta <https://www.universal-robots.com/fi/tuotteet/ur10-robot-new/>

**Universal Robots A/S.** 2024. Noudettu 16.1.2024 osoitteesta <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>

**Universal Robots USA.** Noudettu 16.1.2024 osoitteesta <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>

**Universal Robots, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://www.universal-robots.com/plus/products/weiss-robotics/gripkit-p-series/>

**Unbox Industry.** 2023. *What are servo grippers.* Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.unboxindustry.com/blog/8-what-are-servo-grippers>

**Välimäki, Kari, Niemelä, Marketta.** 2023. *Teollisuuden robotiikka.* Suomen Robotiikkayhdistys.

**Vendict Media, 2024.** Noudettu 5.12.2024 osoitteesta <https://shorturl.at/C7hSH>

**WiredWorkers.** Noudettu 16.1.2024 osoitteesta <https://www.wiredworkers.io/cobot/brands/#pp-toc-r39xpf6z85e-anchor-1>