

# **Robottien ulottumien tarkastelu**

**3D-tarkastelun tapa/malli eri robottimalleille**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2023

Anton Rohesalu

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Rohesalu, Anton	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 18	Valmistumisaika 2023
Työn nimi <b>Robottien ulottumien tarkastelu</b> <b>3D-tarkastelun tapa/malli eri robottimalleille</b>		
Tutkinto Insinööri (AMK), Konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Joni Tukiainen, pääinsinööri, Orfer Oy		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää tehokkaampi menetelmä robotin mittojen varmistamiseksi SolidWorksissa. Työn toimeksiantajana toimi Orfer, joka tarvitsi uuden tavan tarkistaa robotin mitat nopeammin ja tarkemmin kuin nykyinen suunnittelu-prosessi mahdollistaa. Tavoitteena oli siis kehittää uusi menetelmä, joka auttaisi insinöörejä suorittamaan robotin työalueen tarkistuksen nopeasti ja tarkasti.</p> <p>3D-tiedosto luotiin SolidWorksissa, jonka avulla voitiin nopeasti ja tarkasti verrata robotin työaluetta. Ideoita keskusteltiin insinöörien kanssa käyttäen PDF-robottiluette-loita valmistajilta. DXF- ja PDF-tiedostoja valmistajan verkkosivustolta käytettiin SolidWorks-osan luomiseen, joka voidaan kiinnittää robotin kokoonpanoon tai piilottaa.</p> <p>Tehtävä oli aikaa vievä standardoidun menetelmän luomisen haasteiden vuoksi. Tulokset olivat tyydyttävät ja osoittivat, että uusi menetelmä voi olla hyödyllinen insinööritoimistoille.</p>		
Asiasanat robotti, ulottuvuus, Solidworks		

## Abstract

Author(s) Rohesalu, Anton	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 18	
Title of Publication <b>Examining the reach of robots 3D inspection method/model for different robot models</b>		
Name of Degree Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client Joni Tukiainen, Chief Engineer, Orfer Oy		
Abstract <p>The topic of this thesis was to develop a more efficient method for verifying the dimensions of a robot in SolidWorks. The client for this work was Orfer, who needed a new way to check the robot's dimensions faster and more accurately than the current design process allows. The goal was to develop a new approach that would help engineers quickly and accurately check the robot's workspace.</p> <p>A 3D file was created in SolidWorks, which allowed for a quick and accurate comparison of the robot's workspace. Ideas were discussed with engineers using PDF robot catalogs from manufacturers. DXF and PDF files from the manufacturer's website were used to create a SolidWorks part that can be attached to and hidden within the robot assembly.</p> <p>The task was time-consuming due to challenges in creating a standardized method. The results were encouraging and showed that the new approach could be useful for engineering offices.</p>		
Keywords Robot, Working Range, Solidworks		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Solidworks .....	2
3	Robotit.....	3
3.1	Automaatio .....	3
3.2	Robottien tyypit.....	5
3.3	Liikeradan laajuus.....	9
3.4	Työalue.....	11
3.5	Työsolu.....	12
4	Menetelmät.....	13
5	Tulokset.....	15
6	Johtopäätökset .....	16
	Lähteet .....	17

## 1 Johdanto

Oppinäytetyössä käsiteltiin Solidworks-ohjelmistossa robottien ulottuvuustarkastelun helpottamiseen liittyvää kehitystyötä. Insinöörien kohdatessa aikaa vievää suunnitteluprosessia tavoiteltiin uuden toimintamallin luomista, jonka avulla robottien ulottuvuuksien tarkastelu olisi nopeampaa ja tarkempaa. Ratkaisuksi valittiin Solidworks-ohjelmistoon toteutettu 3D-tiedosto, jonka avulla robottien työalueiden vertailu olisi nopeasti suoritettavissa.

Orfer Oy kehittää, suunnittelee ja valmistaa robottiteknologiaa hyödyntäviä kappaleenkäsittelyjärjestelmiä teollisuudelle. Yritys tarjoaa asiakkailleen helppokäyttöisiä Turnkey-kokonaisuuksia. Tuotteet suunnitellaan yrityksen oman asiantuntijaryhmän voimin ja ne ovat asiakasräätälöityjä ratkaisuja, jotka sisältävät mekaniikan, ohjauksen, ohjelmistot ja käyttöliittymät. Valmistus tapahtuu yrityksen omissa tehtaissa alusta loppuun ja luotettavia partnereita hyödynnetään. Valmistusprosessi kattaa teräksen esikäsittelyn, koneistuksen, hitsauksen, maalauksen ja laitekoonpanon. Yritys hyödyntää omaa automaatio-osaamistaan tuotannossa. Laitteistot toimitetaan asiakkaille koeajettuina ja tuotantovalmiina. Sitoutunut asiakaspalvelu jatkuu koulutus-, huolto- ja modernisointipalveluina, joiden tarkoituksena on tehostaa ja tukea asiakkaan tuotantoa. (Orfer 2023.)

## 2 Solidworks

SolidWorks on erityisesti koneenrakennuksen, mekaniikan ja sähkötekniikan aloille suunniteltu 3D-mallinnusohjelmisto, joka on yksi markkinoiden johtavista CAD-ohjelmistoista. SolidWorksin avulla käyttäjä voi luoda tarkkoja 3D-malleja ja piirustuksia sekä simuloida erilaisia mekaniikka- ja fyysisiä prosesseja. Ohjelmisto tarjoaa myös laajan valikoiman työkaluja erilaisten osien ja kokoonpanojen hallintaan. SolidWorksilla on käyttäjäystävällinen käyttöliittymä ja se tukee erilaisia tiedostomuotoja, kuten 3D-malleja, 2D-piirustuksia, tiedostoja ja tietoja. SolidWorks mahdollistaa myös yhteistyön ja tiedon jakamisen eri osapuolten kesken, ja se sopii hyvin niin suurille kuin pienille yrityksille. SolidWorks on erittäin käytetty ohjelmisto teollisuudessa ja se on erittäin tärkeä osa teknologiaprosessia. (Rokstad 2022.)

SolidWorksin monipuolisuus, tehokkuus ja käyttäjäystävällisyys tekevät siitä erittäin arvostetun ohjelmiston teollisuudessa. Sen avulla käyttäjä voi luoda erittäin tarkkoja malleja, mikä on erittäin tärkeää teknisissä sovelluksissa. Ohjelmiston avulla voi myös simuloida erilaisia prosesseja, mikä auttaa käyttäjää ymmärtämään paremmin tuotteen käyttäytymistä eri olosuhteissa. SolidWorks mahdollistaa myös tehokkaan yhteistyön eri osapuolten kesken, mikä parantaa projektin sujuvuutta ja vähentää virheiden määrää. SolidWorksin merkitys teknologiassa tulee vain kasvamaan, sillä se mahdollistaa entistä paremman tuotannon kehittämisen ja tehokkuuden parantamisen. (Rokstad 2022.)

## 3 Robotit

### 3.1 Automaatio

Teollinen automaatio näyttelee ratkaisevaa roolia valmistusprosessien tehostamisessa ja monipuolistamisessa korvaamalla manuaalista työvoimaa automatisoiduilla järjestelmillä, kuten tietokoneilla, roboteilla ja koneilla. Automaatio lisää läpivirtausta nopeilla nopeuksilla ja ympäri vuorokauden toiminnalla mahdollistaen jatkuvan tuottavuuden. Automaattiset valmistusprosessit vähentävät kiertoaikoja tarjoamalla luotettavia, nopeita ja tarkkoja toimintoja minimoiden tuotteiden valmistusvirheitä. Automaatio vähentää käyttökustannuksia, kuten työvoimaa ja hyödykkeitä, koska automatisoidut laitteet eivät tarvitse palkkoja, etuja tai ilmastoiduissa tiloissa työskentelyä. Materiaalijätettä vähennetään myös lisääntyneen tarkkuuden avulla, mikä edistää valmistajan tulosta. Automaatiojärjestelmät takaavat korkealaatuiset tuotteet noudattamalla tarkkoja sovelluspolkuja ja parametreja, eliminoiden inhimillisen virheen. Automaatio minimoi riskit ja parantaa työntekijöiden turvallisuutta teollisissa ympäristöissä. (Robots Done Right 2023a.)

Robotit parantavat myös automaation aineetonta puolta. Robottiautomaatio parantaa tehtaan ergonomiaa ja vähentää työntekijöiden turvallisuuteen liittyviä riskejä automatisoimalla vaarallisia tehtäviä. Tämä johtaa alentuneisiin työntekijöiden korvauksiin ja työkyvyttömyysvaatimuksiin sekä välttää tuotantoviivästyksiä onnettomuuksien vuoksi. Niveliä sisältävät robotit voivat mukautua ohjelmien, sovellusten ja prosessien muutoksiin, mikä mahdollistaa yritysten vastata kuluttajien kysyntään ilman, että toimintaa tai työntekijöiden koulutusta tarvitsee uudistaa. Teollisuusrobotit on suunniteltu suurelle tarkkuudelle ja toistettavuudelle, mikä minimoi virheet verrattuna ihmistyöntekijöihin, johtuen parantuneeseen tuotteen laatuun ja vähentyneeseen materiaali-jätteeseen. Robotit tehostavat tuotantolattioita korvaamalla kömpelöt koneet ja liiallisen henkilöstön, tarjoamalla erilaisia asennusvaihtoehtoja ja vapauttamalla tilaa tärkeämmille toiminnoille. Automatisoimalla toistuvia ja vaarallisia tehtäviä työntekijät voivat keskittyä arvokkaampiin ja palkitsevampiin rooleihin, mikä lisää tyytyväisyyttä, sitoutumista ja vähentää vaihtuvuutta. Robottiautomaatio minimoi suunnittelemattomat seisokit, kuten työvoimapulan ja onnettomuudet, lisäten tuotannon käyttöaikaa ja kokonaistuottavuutta. (Robots Done Right 2023b.)

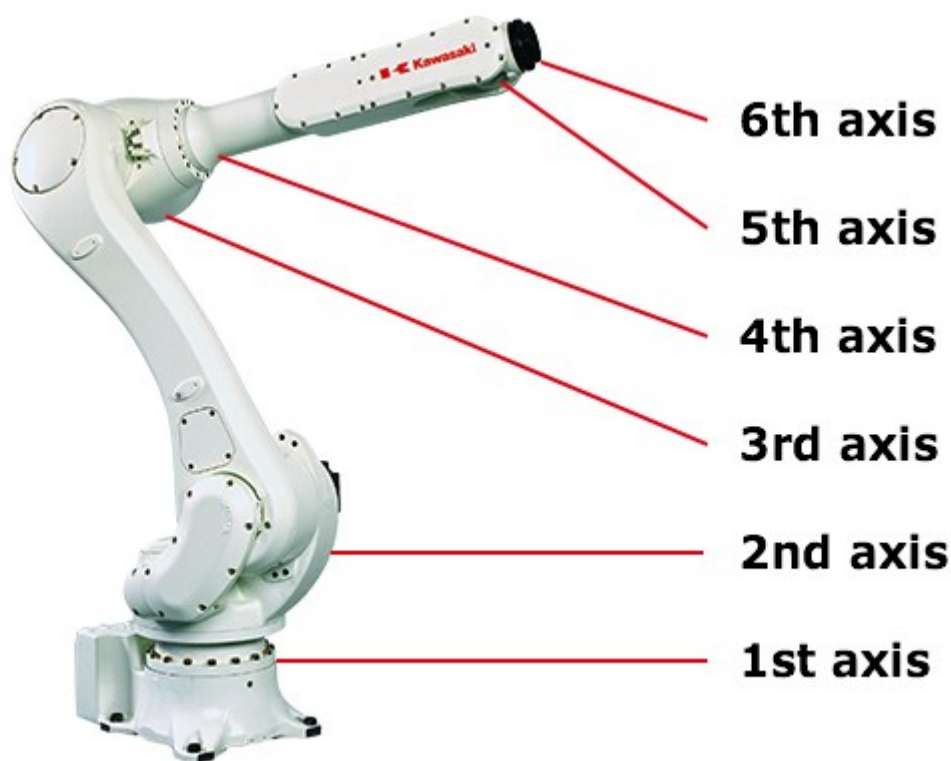
Teollisuusrobotit tarjoavat monipuolisia automaatoratkaisuja, joita voidaan helposti säätää sopeutumaan valmistusprosessien muutoksiin. Nämä monikäyttöiset koneet tehostavat tuotantoa automatisoimalla erilaisia sovelluksia ja suorittamalla useita tehtäviä yhden tuotantosyklin aikana. Ottamalla käyttöön robottityökalujen vaihtajat ja näköjärjestelmät, robotit voivat käsitellä monenlaisia osia ja materiaaleja ilman laajaa uudelleenohjelmointia. Alun

perin autoteollisuudessa käytössä olleet teollisuusrobotit ovat laajentuneet ilmailu-, elektro-  
niikka- ja lääkinnällisten laitteiden tuotantoaloille, osoittaen niiden sopeutumiskykyä ja mo-  
nipuolisuutta erilaisten automaatiotarpeiden täyttämässä. (Robots Done Right 2023d.)

### 3.2 Robottien tyypit

Artikuloitut robottikäsivarret tarjoavat joustavan liikkeen ja kyvyn nostaa raskaita esineitä, mikä tekee niistä sopivia erilaisiin teollisiin sovelluksiin. Ne saattavat kuitenkin vaatia monimutkaisia ohjausjärjestelmiä ja lisäsuojatoimenpiteitä. Ihmisen käden kaltaisella muotoilulla ja kuudella akselilla tai nivelellä varustettuina nämä robotit ovat erinomaisia tehtävissä, kuten poimi ja aseta, kaarihitsaus ja materiaalinkäsittely. Nykyaikaisten artikuloitujen robottien sensorien ja ohjausohjelmistojen integrointi mahdollistaa turvallisemman toiminnan ihmis-työntekijöiden rinnalla. Vaikka niiden hinta on korkeampi ja nopeus hitaampi verrattuna muihin tyypeihin, artikuloitut robottikäsivarret ovat monipuolinen valinta useille eri aloille. (Fairchild 2021.)

Niin kuin kuvalla (Kuva 1) voi nähdä artikuloitulla robotilla on kuusi akselia, jotka pystyvät liikkua saman aikaisesti, mutta eri nopeuksilla. Artikuloitulla robotilla työalue on pallomainen, mutta takana niillä yleensä on vähemmän ulottuvuutta. (Kawasaki 2022.)

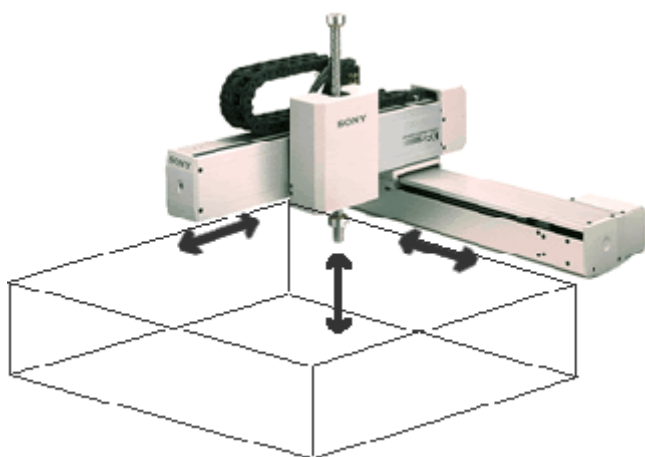


Kuva 1. Artikuloitu robotti (Kawasaki 2022.)

Kartesiolaiset robotit, jotka tunnetaan suoraviivaisista ohjausjärjestelmistään ja lineaarisista liikkeistään kolmella akselilla, tarjoavat tarkkuutta, jäykkyyttä ja edullisuutta artikuloituihin käsivarsiin verrattuna. Ne eivät kuitenkaan pysty suorittamaan rotaatioliikkeitä. Sopivia sovelluksiin, kuten poimi-ja-asetta, materiaalinkäsittely ja pakkausautomaatio, nämä robotit ovat monipuolisia ja tehokkaita. Portaalirobotit, kartesiolaisten robottien alaluokka, voidaan

räätälöidä eri kokoisiksi, käsitellä raskaita kuormia ja kattaa suuria tiloja säilyttäen tarkkuuden. Vaikka ne eivät pysty suorittamaan rotaatioliikkeitä, sekä kartesiolaiset että portaalirobotit tarjoavat kustannustehokkaita automaattioratkaisuja monille eri aloille. (Fairchild 2021.)

Cartesian robotit ovat tärkeä työkalu monille teollisuuden aloille, joissa vaaditaan tarkkaa ja toistuvaa liikettä. Tämän tyyppiset robotit käyttävät koordinaatistojärjestelmää, joka mahdollistaa tarkan liikkeen ja paikannuksen monimutkaisissa tehtävissä. Niin kuin kuvalla (Kuva 2) näkyy Cartesian robotti liikkuvat kolmessa suunnassa, x-, y- ja z-akseleilla, mikä mahdollistaa suuren liikkumisalueen. Tällaisia robottijärjestelmiä käytetään usein tarkkojen tehtävien suorittamiseen, kuten elektroniikan valmistuksessa tai lääketieteellisissä sovelluksissa, joissa tarvitaan tarkkaa ja toistuvaa liikettä. Cartesian robotit ovat myös suosittuja teollisuusautomaation sovelluksissa, joissa liikkeen tarkkuus ja nopeus ovat tärkeitä tekijöitä. (Danielle Collins 2018.)

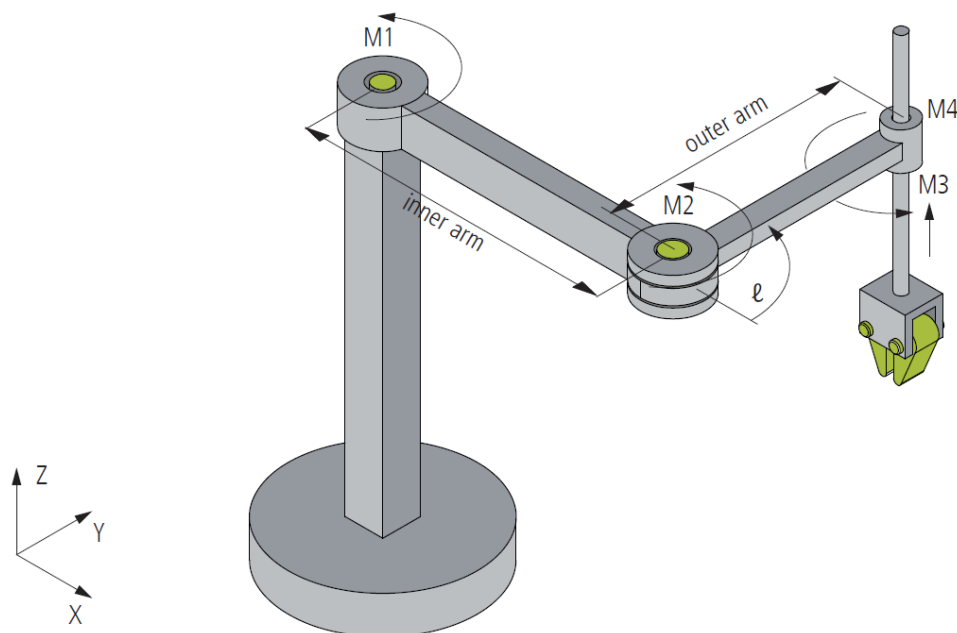


Kuva 2. Cartesian robotti (Danielle Collins 2018.)

SCARA robotit, jotka tunnetaan nopeudestaan, tarkkuudestaan ja kustannustehokkuudestaan, sopivat erinomaisesti erilaisiin kokoonpanosovelluksiin, erityisesti pienielektronikkateollisuudessa. Niiden valikoivan jäykkyyden ja kahden rotaationivelen ansiosta ne tarjoavat monimutkaisempia liikkeitä kuin kartesiolaiset robotit, mutta ne ovat vähemmän tarkkoja. Vaikka niillä on vähemmän vapausasteita verrattuna artikuloituihin käsivarsiin, ne ovat tarkkoja, toistettavia ja edullisia. Ne eivät kuitenkaan pärjää artikuloitujen käsivarsien joustavuudelle, kartesiolaiskäsivarsien tarkkuudelle tai Delta-robottikäsivarsien nopeudelle. Näistä rajoituksista huolimatta SCARA-robotit sopivat sovelluksiin, jotka edellyttävät lyhyempiä etäisyyksiä ja tiettyjä työalueita. (Fairchild 2021.)

SCARA-robotit ovat erittäin monipuolisia ja niitä voidaan käyttää monilla eri teollisuudenaloilla, joissa tarvitaan nopeaa ja tarkkaa liikettä. Kuvalla (Kuva 3) voi nähdä SCARA-robotilla on yleensä neljä akselia, jotka mahdollistavat niiden liikkumisen x-, y- ja z-akseleilla

sekä pyörimisakselilla, mikä tekee niistä erittäin joustavia monimutkaisten tehtävien suorittamisessa. SCARA-roboteilla on suuri liikkumisalue, mikä tekee niistä erittäin hyödyllisiä esimerkiksi valmistusteollisuudessa, jossa niitä voidaan käyttää esimerkiksi tuotteiden koaamiseen tai pakkaamiseen. Lisäksi SCARA-robottijärjestelmiä voidaan käyttää monissa muissa sovelluksissa, kuten lääketieteellisessä kuvantamisessa ja laboratoriotutkimuksissa, joissa vaaditaan nopeaa ja tarkkaa liikettä. (Cyan-Tec 2023.)



Kuva 3. SCARA robotti (Beckhoff 2023.)

Sylinterimäiset robotit sisältävät vähintään yhden rotaationivelen pohjassa ja yhden prisma-maisen nivelen yhdistämässä nivelet, mikä johtaa sylinterimäiseen työtilaan. Näillä roboteilla on kääntyvä akseli, pystysuuntaista liikettä mahdollistava laajennettava käsivarsi sekä liukuominaisuudet, jotka tarjoavat sekä pysty- että vaakasuuntaista lineaarista liikettä sekä rotaatioliikettä pysty akselin ympäri. Niiden kompakti käsivarsirakenne mahdollistaa pääsyn ahtaisiin työtiloihin nopeuden tai toistettavuuden heikentymättä. Sylinterimäisiä robotteja käytetään pääasiassa yksinkertaisiin sovelluksiin, kuten materiaalien nostamiseen, kiertämiseen ja asettamiseen. (Technavio 2018.)

Sylinterirobotit ovat erittäin hyödyllisiä monissa teollisuuden sovelluksissa, joissa tarvitaan lineaarista liikettä. Kuvalla (Kuva 4) voi nähdä, että sylinterirobotit koostuvat sylinteristä, joka liikkuu edestakaisin ohjaimen avulla, mikä mahdollistaa nopean ja tehokkaan liikkeen. Tämän tyyppisiä robottijärjestelmiä käytetään usein tehtävissä, joissa tarvitaan nopeaa ja toistuvaa liikettä, kuten esimerkiksi materiaalin siirtämisessä tai kappaleiden asettamisessa tiettyihin paikkoihin. Sylinterirobotit ovat myös suosittuja sovelluksissa, joissa on tarpeen

työskennellä ahtaissa tiloissa tai alhaisissa korkeuksissa, koska ne ovat yleensä kompakteja ja kevyitä. Tämän tyyppisiä robottijärjestelmiä käytetään laajalti monilla teollisuuden aloilla, kuten auto-, elintarvike- ja lääketeollisuudessa. (MWES 2023.)

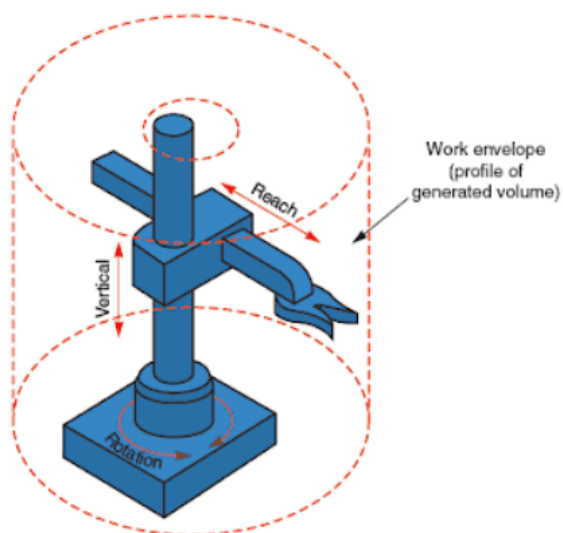


Figure: Cylindrical Work Envelop

Kuva 4. Sylinterimäinen robotti (Throat 2023.)

Delta-robotit, joita kutsutaan myös rinnakkaisten nivelten roboteiksi, koostuvat rinnakkaisista nivelettömistä yhteyksistä, jotka on liitetty yhteiseen pohjaan. Jokaisen nivelen suora ohjaus loppuvaikuttimessa mahdollistaa helpon sijoittelun ja nopean toiminnan. Delta-robotteilla on kupolin muotoinen työtila, ja niitä käytetään tyypillisesti nopeisiin poimi- ja aseta- tai tuotteen siirto-sovelluksiin. (Technavio 2018.)

Delta-robotit ovat erittäin monipuolisia robottijärjestelmiä, joita voidaan käyttää monilla eri teollisuudenaloilla, joissa vaaditaan nopeaa ja tarkkaa liikettä. Delta-robottien ominaispiirre on niiden kolmijalkainen rakenne, joka mahdollistaa nopean ja joustavan liikkeen x-, y- ja z-akseleilla. Tämän tyyppisiä robottijärjestelmiä käytetään yleisesti esimerkiksi elektroniikan, elintarvike- ja lääketeollisuuden sovelluksissa, joissa vaaditaan korkeaa tarkkuutta ja nopeutta. Delta-robotit ovat myös suosittuja sovelluksissa, joissa on tarve käsitellä pieniä ja hauraita esineitä, kuten elektronisia komponentteja tai lasisia putkiloita. Näiden ominaisuuksien ansiosta deltarobotit ovat tärkeä työkalu monille teollisuuden aloille, joissa vaaditaan nopeaa ja tarkkaa liikettä. (Acrome 2023.)

### 3.3 Liikeradan laajuus

Teollisuusrobottien eritelmät ovat ratkaisevia oikean robotin valinnassa valmistusprosessien optimointiin. Avaintekijöitä ovat akselit (vapausasteet), kuormankantokyky, toistettavuus, ulottuvuus (pystysuora ja vaakasuora), robotin massa, rakenne (esim. nivelletty, delta, SCARA ja portaali), liikenopeus ja liikealue. Näiden ominaisuuksien ymmärtäminen varmistaa, että valittu robotti täyttää tiettyjen sovellusten, kuten hitsausautomaation tai robotin kokoonpanon vaatimukset, ja voi tehokkaasti käsitellä työkappaleiden ja loppuvaikutimien painoa ja kokoa. (Robots Done Right 2023c.)

Teollisuusrobotit eroavat usein akselien määrän perusteella, jotka edustavat vapausasteita tai itsenäisiä liikkeitä. Mitä enemmän robotilla on akseleita, sitä suurempi sen liikealueen laajuus. Robot-tien akselit tai nivelet koostuvat useista toisiinsa liitetyistä nivelosista, ja jo-kaista niistä ohjaa moottori. (Robots Done Right 2023e.)

Viisi ensisijaista robottien akselityyppiä ovat: lineaariset ja ortogonaaliset nivelet lineaarisille liikkeille sekä rotaatio-, vääntö- ja pyörivät nivelet pyöriville liikkeille. Roboteilla voi olla yksittäisiä tai yhdistettyjä akselityyppejä, ja nivelletyt robotit sisältävät yleensä useita pyöriviä nivelosia. (Robots Done Right 2023e.)

Yleisiä kokoonpanoja ovat neljän, viiden ja kuuden akselin robotit. Kuusiakseliset robotit tarjoavat täyden liikeradan, kun taas neljän ja viiden akselin robotit tarjoavat vakautta raskaiden nostojen varalle palettiautomaatiossa. Vähemmän yleisiä kokoonpanoja ovat kolmiakseliset robotit yksinkertaiseen osien käsittelyyn ja seitsemän akselin robotit lisääntyneeseen loppuvaikutajan liikkuvuuteen. Yli seitsemän akselin robotit ovat tyypillisesti kaksikäsi-robotit, jotka tarjoavat lisääntynyttä kyvykkyyttä. (Robots Done Right 2023e.)

Teollisuusrobotin liikeradan laajuus on kriittinen tekijä, koska se määrittää robotin suorittamat liikkeet ja sen automatisoimien sovellusten monimutkaisuuden. Liikeradan laajuus perustuu robotin vapausasteisiin, joita edustavat akselit. Jokainen akseli sisältää moottorin, joka vastaa tiettyjen liikkeiden tuottamisesta. (Robots Done Right 2023f.)

Teollisuusrobotit koostuvat yleensä kolmesta kuuteen akseliin. Alle kuusiakselisilla roboteilla on rajoitettu liikealue, kun taas yli kuusiakselisia robotteja pidetään korkea-asteisten vapausasteiden robotteina. Siitä huolimatta kuusiakseliset robotit ovat suosittuja monipuolisen liikeradan ansiosta, mikä antaa niille mahdollisuuden päästä mihin tahansa kulmaan ja jäljitellä ihmisen käsivartta. Tämä kyky mahdollistaa niiden automatisoida erilaisia valmistusprosesseja ja toimia x-, y- ja z-tasoilla, samalla tarjoten kyvyn siirtää ja kiertää. (Robots Done Right 2023f.)

Vaikka kuusiakseliset robotit ovat yleisiä laajan liikeradan ansiosta, kaikki sovellukset eivät tarvitse sitä. Yksinkertaisempiin prosesseihin voidaan käyttää vähemmän akselisia robotteja, mikä voi osoittautua kustannustehokkaammaksi, käyttäjäystävällisemmäksi ja joissakin tapauksissa nopeammaksi. Esimerkiksi yksinkertainen nouto- ja paikkaussovellus ilman osien suuntautumisen muutoksia voidaan automatisoida kolmiakselisella robotilla. Lisäksi palettisovelluksiin soveltuvat paremmin neljän tai viiden akselin robotit niiden parannetun vakauden ja raskaiden kuormien nostokyvyn ansiosta sekä osien uudelleensijoittamisvaatimusten puuttumisen vuoksi. Teollisuusrobotin valinnassa on tärkeää ottaa huomioon akselien määrä, koska se määrittää robotin liikeradan laajuuden. (Robots Done Right 2023f.)

Akseli-spesifikaatio sisältää tiedot robotin liikkuma-alueesta ja maksiminopeudesta, jolla se voi toimia jokaisen akselin negatiivisen ja positiivisen arvon mukaan. Yhdessä robotin pituuden kanssa tämä tieto mahdollistaa robottien työskentelyn tiettyjen ulottuvuuksien sisällä. JT1-akseli mahdollistaa lineaariset liikkeet manipulaattorivarrelle, JT2-akseli antaa alavarren liikkua eteen- ja taaksepäin, JT3-akseli ohjaa ylävarren liikettä, JT4-akseli mahdollistaa ranteen kiertämisen, JT5-akseli antaa ranteen kallistua ylös ja alas ja JT6-akseli mahdollistaa loppukäyttölaitteen vapaan kääntymisen. Nämä akselit antavat lisäjoustavuutta ja tarkkuutta robottien toimintaan erilaisissa tehtävissä, kuten ruuvaamisessa, hitsauksessa, kokoonpanossa ja materiaalinkäsittelyssä. (Robots Done Right 2023f.)

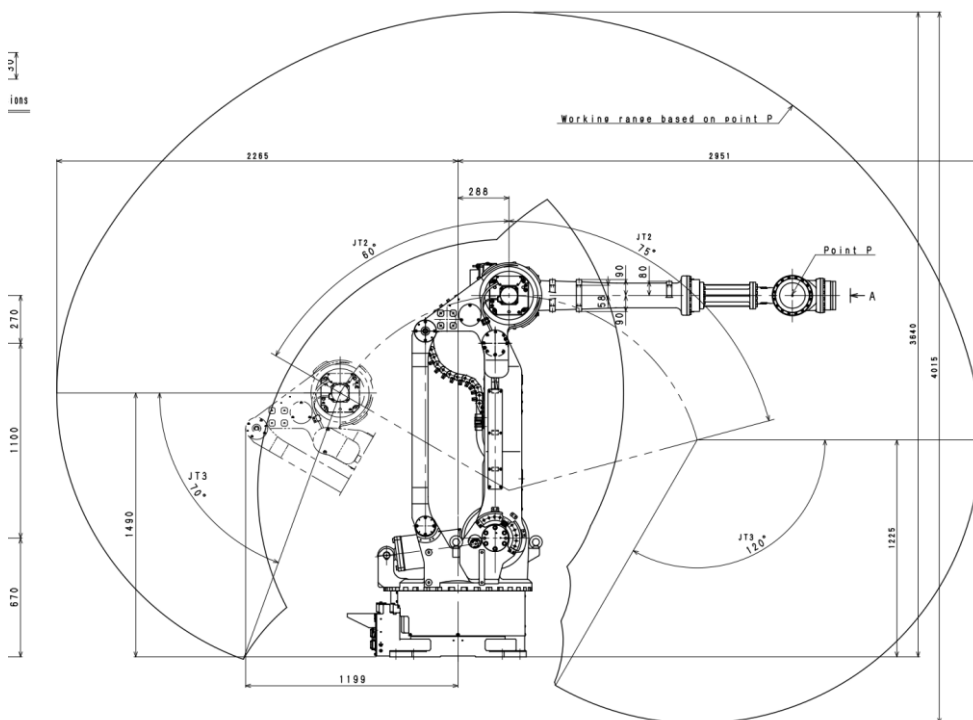
### 3.4 Työalue

Työalue viittaa teollisuusrobotin liikkeiden alaan, joka määritellään robotin jalustan ja robotin käsivarren joustavuuden perusteella. Työalueen ymmärtäminen on olennaista, koska se vaikuttaa suoraan robotin kykyyn suorittaa tehtäviä sen rajojen sisällä. Työalueen tulkitsemiseen on kuitenkin otettava huomioon joitakin tekijöitä. (EVS TECH 2023.)

Ensinnäkin alue edustaa robotin käsivarren ulottumaan pääsemää työtilavuutta. Toiseksi työalueella voi olla kuolleita alueita, joihin robotin käsivarsi ei pääse. Lopuksi suurin kuormituskapasiteetti on saavutettavissa vain tietyillä käsivarren ulottuvuuksilla, ei välttämättä robotin maksimietäisyydellä. (EVS TECH 2023.)

Työalueet ovat ratkaisevia määrittäessä robotin käsivarren muotoa ja suunnittelua, ja niitä käytetään erilaisia tyyppisiä maailmanlaajuisesti. Työalueiden ymmärtäminen ja optimointi voi parantaa robotin suorituskykyä ja soveltuvuutta tiettyihin sovelluksiin. (EVS TECH. 2023)

Kuvassa alhaalla (Kuva 5) näkyy valmistajan nettisivulta löytyvä työalue, joka esitetään ainoastaan kaksiulotteisena näkymänä. Esimerkissä on havaittavissa, että robotin edessä on usein enemmän tilaa työskennellä, kun taas takana tila on huomattavasti rajoitetumpi. (Kawasaki 2023.)



Kuva 5. Kawasaki ZX130L robotin työalue (Kawasaki 2023.)

### 3.5 Työsolu

Teollisen automaation ja teollisuusrobottien käytön kasvu on johtanut odottamattomien vuorovaikutusten riskiin ihmistyöntekijöiden ja liikkuvien laitteiden tai liikkuvien koneiden välillä. Turvallisuuden takaamiseksi suunnittelijoiden on otettava huomioon alkuinvestoinnit ja kokonaiskustannukset omistajuuden aikana ja toteutettava sopivia turvatoimenpiteitä. (Digi-Key 2018.)

Turvallisen teollisen ympäristön saavuttamiseksi on käytettävä monikerroksista lähestymistapaa, joka yhdistää aktiivisia toimenpiteitä, kuten turvamattoja, valoverhoja ja lasereita, yhdistettynä visuaalisiin ja kuuluvuusvaroitussilmäisiin. Nämä laitteet voidaan yhdistää teollisuusverkon kautta seuraamaan tapahtumia ja tunnistamaan parannuksia tulevaisuudessa. Suunnittelijoiden on kehitettävä vaarojen hallintahierarkia, joka sijoittaa turvatoimenpiteet tehokkuuden ja kunkin riskin suosimisen mukaan, ja oltava perehtyneitä asiaankuuluviin turvallisuusstandardeihin. (Digi-Key 2018.)

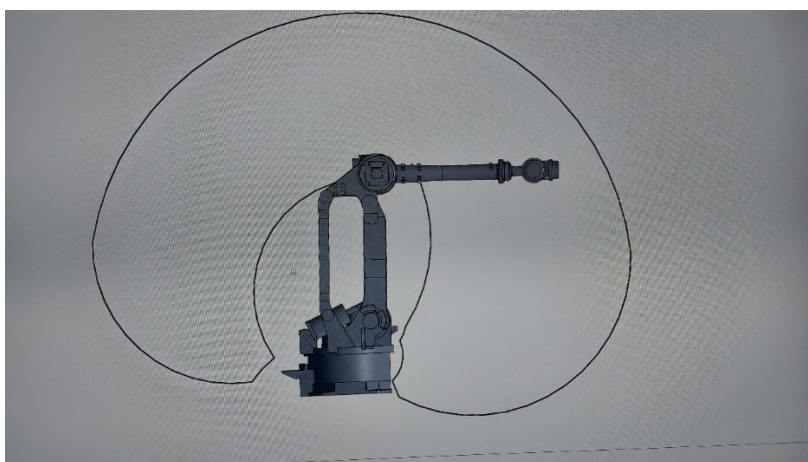
## 4 Menetelmät

On päätetty tehdä Solidworksissä osan, joka pystyy liittämään kokoonpanossa robotille. Se osa pystyy piilottaan ja häivyttää. On monta eri robottimalleja ja jokaisella on ainutlaatuinen työskentelyalue. Pohjana käytin robotin valmistajan antamat DXF ja PDF tiedostot, joita pystyy löytämään niiden nettisivuilla. (Kawasaki 2023.)

Tarkkuuden vuoksi käytin mahdollisimman paljon tietoa sekä PDF- että DXF-tiedostoista. Valitettavasti joskus tarjolla oleva tieto ei ollut riittävää, joten jouduin improvisoimaan, mikä saattaa sisältää epätarkkuuksia. Kun tarvitsin tarkempia lukemia, käytin DXF-mittausohjelmaa saadakseni tarkkoja tietoja. Mittaustyökalu ei aina toiminut 1:1-suhteessa, vaan joskus suhde oli esimerkiksi 1:10 tai jokin satunnainen desimaaliluku. Tällöin minun oli käytettävä millimetriä pikseliä kohden, jossa otin jo valmiiksi mitattu DXF-mittaus ja jaoin sen DXF-väärin näyttämällä numerolla. Varmistaakseni, että tämä menetelmä toimii, muuntelin muita DXF-segmenttejä vaakasuorassa ja pystysuorassa akselissa. Tämä menetelmä muunteli mittaukset tarpeeksi tarkasti, jotta voisin olla siitä varma, sillä se ei poikennut yli 0,001 mm.

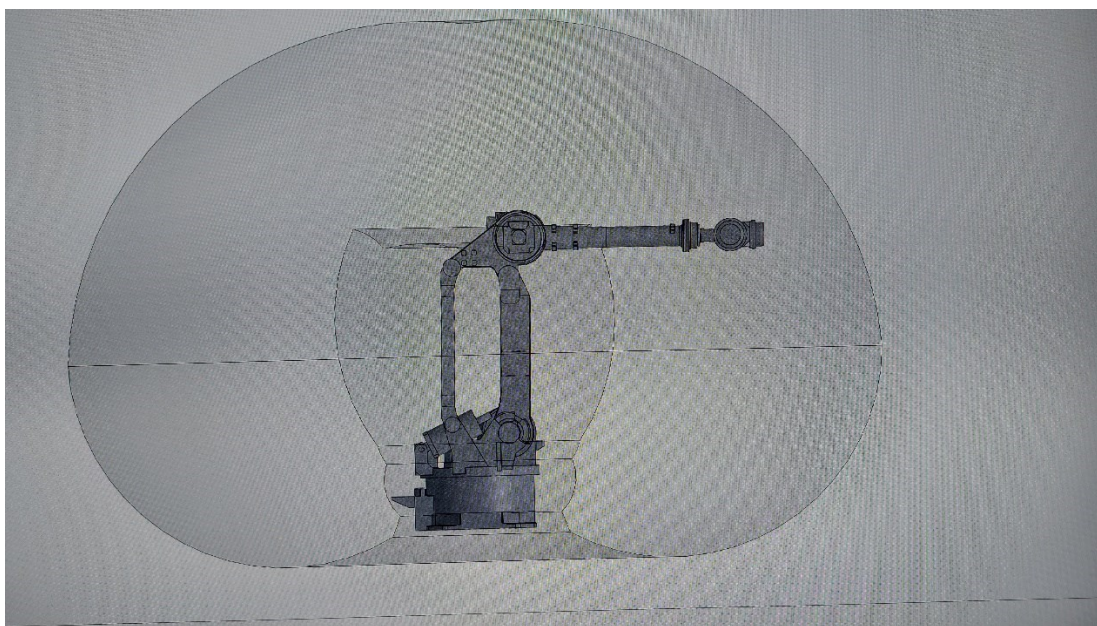
Kokoonpanossa on kaksi osaa. Yksi niistä on se joka näyttää samalla tavalla kuin valmistajan sivuilla ja toinen on pallomainen läpinäkyvä osa, jolla pystyy nopeasti ja helposti nähdä rajat.

Alempi kuva (Kuva 6) esittää robotin ja ensimmäistä osaa, joka on kuvattu ainoastaan reunoiltaan. Tämä osa ei välttämättä vie paljon tilaa, mutta sen tutkiminen ei ole riittävää, sillä koko aluetta ei ole mahdollista havainnoida. Kyseinen osa on erittäin merkittävä, sillä sen avulla on mahdollista tarkastella kaikkia arvoja helposti ja hyödyntää niitä seuraavassa vaiheessa.



Kuva 6. Robotin ulottumien osa

Seuraavalla kuvassa (Kuva 7) näkyy pää pallomainen osa, jonka avulla on mahdollista tarkastella koko työaluetta. Pääalue on asetettu läpinäkyväksi, mutta sen klikkaamalla on mahdollista korostaa aluetta, joten se helpottaa sen tarkastelua.



Kuva 7. Pallomainen osa

Pallomainen osa ottaa huomioon, miten pitkälle robotti pystyy pyörimään ympäri akselia. Esimerkiksi Kawasaki kuvalla JT1 näyttää asteina, miten pitkälle robotti pyörii. Jos se pyörii 180 astetta, sitten on otettu origosta oikea puoli koska se saavuttaa kaukaisimmat kohdat. Alle 180 astetta malleille tulee takana origosta vasen osa robottien työalueesta.

Tavoitteeksi tuli myös määrittää aluetta, jossa robotti merkitettävästi hidastuu. Semmoinen alue on 50 mm ääri rajasta. Pallomainen osa ja raja alue, jotka ovat kuvalla (Kuva 8), on mahdollista peittää, joten niitä olisi helpompi tutkia 3D ympäristössä.



Kuva 8. Pallomainen osa ja raja alueet

## 5 Tulokset

Tavoitteeni toteutuminen tuotti monipuolisen valikoiman robottikomponentteja, jotka oli erityisesti räätälöity käytettäväksi yhdessä robotiikan kanssa. Mallisuunnittelu sisältää tarkan sijoittelun mekanismin, joka kytkeytyy robotin etu-, ylä- ja oikeisiin tasoihin. Tämä menettely on nopea, ja tarvittaessa uusi kokoonpano voidaan helposti luoda mukautumaan robotin ulottuvuuteen. Huomionarvoista on, että syntyneessä mallissa oli 50 mm:n raja, jolla oli merkittävä vaikutus robotin nopeuteen. Tätä rajaa voidaan poistaa käytöstä tai korostaa valikoivasti, mikä parantaa 3D-ympäristön analysoinnin ja manipuloinnin helppoutta.

Kaikkien saatavilla olevasta tietokannasta saatavien robottisovellusten sisällyttäminen oli aikaa vievä tehtävä. Robotin mallien vaihtelevan luonteen vuoksi, joihinkin malleihin sisältyy jopa viisi ainutlaatuista konfiguraatiota, mallisuunnittelua oli mukautettava sen mukaisesti. Lisäksi erilaisten valmistajien käyttämät erilaiset tiedonantomenetelmät edellyttivät jatkuvaa sopeutumista ja suunnittelutavan muuttamista. Vaikka kyseessä olisi yhden valmistajan tuottama tietty robottimallien sarja, tiedoissa esiintyvät eroavuudet vaativat muutoksia mallinnusprosessiin.

## 6 Johtopäätökset

Kyseinen tehtävä osoittautui erittäin aikaa vieväksi, pääasiassa standardoidun menetelmän luomisen haasteiden vuoksi. Vaikka DXF-formaatin käyttö todettiin tarkimmaksi tavaksi luoda malli, sen saatavuus ei kuitenkaan ollut johdonmukaisesti luotettava. Tämän lisäksi työalueiden esityksissä PDF-tiedostoissa havaittiin merkittävää vaihtelua. Vaikka nämä esteet aiheuttivat haasteita, saavutetut tulokset osoittautuivat kuitenkin tyydyttäväiksi ja käytetty menetelmä osoittautui tehokkaaksi.

Työkalujen sisällyttäminen nykyiseen projektiin on ollut merkittävän pohdinnan aiheena, ja monimutkaisuus sekä aikaa vievä toteutus toimivat huomattavina esteinä. Kun otetaan huomioon erilaisten työkalujen valtava määrä, on kaikkien mahdollisten tilanteiden huomioon ottaminen melkoinen tehtävä. Kuitenkin työkalujen integroiminen robottisuunnitelmaan Solidworks-ohjelmiston avulla on suhteellisen helppoa, vaikkakin hieman hankalaa käyttäjän vuorovaikutuksen suhteen. Parhaista yrityksistäni huolimatta yksinkertaisen ratkaisun keksiminen, joka puuttuisi edellä mainittuihin huolenaiheisiin, on osoittautunut haastavaksi tehtäväksi.

Työni laadun parantamisen mahdollisuus edellyttäisi kaavan kehittämistä, joka hyödyntää robotin akselista saatua tietoa rajamallin luomiseksi. Tämä laskenta toteutettaisiin ihanteellisesti usean vaiheen prosessilla Microsoft Excel -ohjelmistoa käyttäen. On odotettavissa, että tämän laskennan kehittäminen vaatisi huomattavan ajan ja vaivan investointia, erityisesti ottaen huomioon menetelmän virtaviivaistamisen ja standardoinnin toivottavuuden.

## Lähteet

Beckhoff. 2023. Beckhoff Information System. Viitattu 08.04.2023 Saatavissa:

<https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tckintransformation/1027789963.html&id=>

Cyan Tec. 2022. What is a SCARA robot? Viitattu 08.04.2023 Saatavissa: <https://cyan-tec.com/laser-systems/when-to-use-a-scara-robot>

Collins, D. 2018. What is a Cartesian robot? 08.04.2023 Saatavissa:

<https://www.linearmotiontips.com/what-is-a-cartesian-robot/>

Digi-Key. 2018. Reducing Robot Risk: How to Design a Safe Industrial Environment.

Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://www.digikey.ee/en/articles/reducing-robot-risk-how-to-design-a-safe-industrial-environment>

EVS TECH. Robot Work Envelope: What Is It? Viitattu 21.01.2023 Saatavissa:

<https://www.evsint.com/types-of-robot-work-envelope/>

Fairchild, M. 2021. Types of Industrial Robots and Their Different Uses. Viitattu

21.01.2023 Saatavissa: <https://howtorobot.com/expert-insight/industrial-robot-types-and-their-different-uses>

Kawasaki. 2022. How Are Industrial Robots Built? A Guide on the Components and the Movement of Robot Arms. Viitattu 08.04.2023 Saatavissa:

<https://robotics.kawasaki.com/ja1/xyz/en/1804-03/>

Kawasaki. 2015. Standard specifications ZX130LFE02001. Viitattu 07.01.2023.

Saatavissa:

[https://kawasakirobotics.com/uploads/sites/2/2022/01/specifications\\_robots\\_large-payload-robots\\_zx\\_zx130l\\_en\\_01\\_2021.pdf](https://kawasakirobotics.com/uploads/sites/2/2022/01/specifications_robots_large-payload-robots_zx_zx130l_en_01_2021.pdf)

MWES. 2023. ABOUT CYLINDRICAL ROBOTS. Viitattu 08.04.2023 Saatavissa:

<https://www.mwes.com/types-of-industrial-robots/cylindrical-robots/>

Orfer Oy 2022. Driving sustainability in packaging and logistics. Viitattu 22.01.2023

Saatavissa:

<https://www.orfer.fi/suomeksi/ORFER/LIIKETOIMINTA/tabid/12874/language/en-US/Default.aspx>

Robots Done Right. 2023a. Benefits of Automation. Viitattu 21.01.2023 Saatavissa:

<https://robotsoneright.com/Articles/benefits-of-automation.html>

Robots Done Right. 2023b. Robotic Automation. Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://robotsdoneright.com/Articles/robotic-automation.html>

Robots Done Right. 2023c. Robot Specifications. Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://robotsdoneright.com/Articles/robot-specifications.html>

Robots Done Right. 2023d. Versatility of Industrial Robots. Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://robotsdoneright.com/Articles/robot-specifications.html>

Robots Done Right. 2023e. What are Robotic Axes? Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://robotsdoneright.com/Articles/what-are-robotic-axes.html>

Robots Done Right. 2023f. Robot Range of Motion. Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://robotsdoneright.com/Articles/robot-range-of-motion.html>

Technavio. 2018. 6 Major Types of Industrial Robots Used in the Global Manufacturing 2018. Viitattu 21.01.2023 Saatavissa: <https://blog.technavio.org/blog/major-types-of-industrial-robots>

Throat, S. 2023. Reducing Robot Risk: How to Design a Safe Industrial Environment. Viitattu 08.04.2023 Saatavissa: <https://learnmech.com/cylindrical-robot-diagram-construction-applications/>

Wikipedia. 2023. Deltarobot. Viitattu 08.04.2023 Saatavissa: [https://en.wikipedia.org/wiki/Delta\\_robot#/media/File:Sketchy\\_portrait-drawing\\_delta\\_robot.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Delta_robot#/media/File:Sketchy_portrait-drawing_delta_robot.jpg)