



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

KARI KUPARINEN

Robotin käyttö CNC- työstökeskuksen palvelussa

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

2022

Tekijä(t) Kuparinen, Kari	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Syyskuu 2022
	Sivumäärä 31	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Robotin käyttö CNC-työstökeskuksen palvelussa		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja esiteltiin erilaisten koneteknisten tuotantolaitteiden kuten CNC-koneiden ja robottien toimintaa ja ominaisuuksia. Näiden laitteiden perustiedon yleiskatsaus luotiin helposti ymmärrettävässä muodossa.</p> <p>Lisäksi Robottiikka Akatemian opiskelijoiden tekemän robottisolun testaus esiteltiin ja kolme erilaista tuotannon layout ehdotusta laadittiin Oy Hollmén & Co -yritykselle. Tuloksena suositeltiin layout-ehdotusta 1.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> CNC, layout, robotti</p>		

Author(s) Kuparinen, Kari	Type of Publication Bachelor's thesis	Date September 2022
	Number of pages 31	Language of publication: Finnish
Title of publication Utilization of a robot in the service of a CNC machining center		
Degree programme Mechanical Engineering		
Abstract <p>In this thesis, the operation and characteristics of various mechanical production equipment such as CNC machines and robots were investigated and presented. An overview of the basic information of these devices was created in an easy-to-understand format.</p> <p>In addition, the testing of the robot cell by the students of the Robotics Academy was presented and three different production layout proposals were prepared for the Oy Hollmén & Co company. As a result, layout proposal 1 was recommended.</p>		
<u>Key words</u> CNC, layout, robot		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	3
2	CNC-KONEIDEN YLEISKATSAUS	4
2.1	CNC-koneiden perustyytit	5
2.2	CNC-työstökeskus	7
3	TUOTANTOROBOTTIEN YLEISKATSAUS.....	8
3.1	Teollisuusrobotti	8
3.2	Yhteistyörobotti	11
3.3	Turvallisuus robotiikassa	12
4	ROBOTIN TARTTUJAT.....	15
4.1	Tyhjiötarttuja.....	15
4.2	Pneumaattinen tarttuja	17
4.3	Hydraulinen tarttuja	19
4.4	Servo-sähköinen tarttuja	20
5	ROBOTTISOLUN TESTAUS.....	23
6	TUOTANNON LAYOUT-SUUNNITTELU	27
6.1	Alkuperäinen layout.....	27
6.2	Layout-ehdotus 1	28
6.3	Layout-ehdotus 2	29
6.4	Layout-ehdotus 3	30
	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET.....	32

1 JOHDANTO

Satakunnan ammattikorkeakoulun Robotiikka Akatemia sai keväällä 2022 toimeksiannon kehittää Ulvilassa sijaitsevan Oy Hollmén & Co:n tuottavuutta tutkimalla mahdollisuuksia robotisoida osaa heidän tuotannostaan. Yritys valmistaa alumiinista erilaisia CNC-työstettyjä koneenosia Fanuc Robodrill CNC-työstökeskuksilla ja käyttää laserhitsaus-menetelmää hitsattaviin osiin. Yritys ilmoitti halustaan tehostaa tuottavuutta yhteistyörobotti-integraatiolla. Projektiin sisältyi sopivan yhteistyörobotin ja sen käyttämien kappaleenkäsittelyosien, CNC-työstökeskuksen kappalekiinnittimen ja sopivan layout-suunnittelun valinta.

Tavoitteena oli aikaansaada automatisoitu tuotantosolu, jossa hyödynnetään pneumaattisesti toimivia osia: robotin tarttujaa ja CNC-työstökeskuksen kappalekiinnitintä. Robotti kommunikoi CNC-työstökeskuksen kappalekiinnittimen kanssa IO-liitäntöjen kautta lähetetyillä signaaleilla ja sen toistuvana tehtävänä oli poimia aihio sille varatusta paikasta, viestiä kappalekiinnittimen avaus tai sulkeminen, viedä aihio kappalekiinnittimeen ja poimia valmis kappale sille varattuun paikkaan.

Projektin demonstraatioissa päätimme käyttää robottina Han's Robot Elfin 5 -yhteistyörobotia, joka löytyy Satakunnan ammattikorkeakoulun tiloista. Tuotantosolun automatiikan toimivuuden testaamiseen käytimme SAMK:n konetekniikan laboratorion löytyvää Haas VF-1 CNC-työstökeskusta. Robotiikka Akatemian opiskelijat suunnittelivat yhteistyörobotin käyttämät kappaleenkäsittelyosat, ohjelmoivat robotin sekä testasivat robottisolun toiminnan. Omaksi tehtäväkseni muodostui tuotannon layout-suunnittelu, jonka tarkoituksena oli selvittää erilaisten layout vaihtoehtojen sopevuutta yrityksen tarpeisiin.

2 CNC-KONEIDEN YLEISKATSAUS

CNC-koneilla valmistetaan osia ympäri maailmaa lähes jokaiselle toimialalle. Niillä luodaan tuotteita muovista, metallista, puusta ja monista muista kovista materiaaleista. Lyhenne "CNC" tulee englanninkielisistä sanoista Computer Numerical Control eli suomeksi tietokoneen numeerinen ohjaus. Kaikissa automaattisissa liikkeenohjauskomponenteissa on kolme pääkomponenttia – komentotoiminto, käyttö/liikejärjestelmä ja palautejärjestelmä. CNC-työstö on prosessi, jossa tietokoneohjatulla työstökoneella tuotetaan osa kiinteästä materiaalista eri muodossa. CNC muodostuu digitaalisista ohjeista, jotka yleensä tehdään tietokoneavusteisella valmistuksella (CAM) tai tietokoneavusteisella suunnittelulla (CAD). Ohjelmisto kirjoittaa G-koodin, jonka CNC-koneen ohjain voi lukea. Ohjaimessa oleva tietokoneohjelma tulkitsee mallin ja liikuttaa leikkaustyökaluja ja/tai työkappaletta useilla akseleilla halutun muodon leikkaamiseksi työkappaleesta. Automatisoitu leikkausprosessi on paljon nopeampi ja tarkempi kuin työkalujen ja työkappaleiden manuaalinen liike, joka tehdään vivuilla ja vaihteilla vanhemmissa laitteissa. Nykyaikaisissa CNC-koneissa on useita työkaluja ja ne tekevät monenlaisia leikkauksia. Liiketasojen (akselien) määrä sekä työkalujen määrä ja tyypit, joihin kone pääsee automaattisesti käsiksi koneistuksen aikana, määrää, kuinka monimutkainen työkappale CNC-koneella voidaan tehdä. (CNC Machines, 2022.)

Vaikka G-koodia pidetään vakiona, jokainen valmistaja voi muokata tiettyjä osia, kuten aputoimintoja, jolloin yhdelle koneelle tehty G-koodi ei välttämättä toimi toisessa. Myös monet konevalmistajat ovat kehittäneet omia ohjelmointikieliään. CAM-ohjelmiston sisäisesti laskettujen polkujen kääntämiseksi tietyksi G-koodiksi, jonka CNC-kone voi ymmärtää, on olemassa käännösohjelma, jota kutsutaan postprosessoriksi eli jälkiprosessoriksi. Kun jälkiprosessori on määritetty oikein, se tulostaa valitulle koneelle sopivan koodin, joten ainakin teoriassa mikä tahansa CAM-järjestelmä voi tulostaa koodin mille tahansa CNC-koneelle. (McNeel Wiki, 2022.)

Nykyään on olemassa lukemattomia erilaisia CNC-koneita. CNC-koneet ovat työstökoneita, jotka lisäävät tai poistavat materiaalia ohjaimen ohjelmoidulla tavalla, kuten

edellä on kuvattu. Leikkaustyyppi voi vaihdella plasmaleikkauksesta laserleikkaukseen, jyrsintään tai sorveihin. CNC-koneet voivat jopa poimia ja siirtää kohteita kokoonpanolinjalla. (CNC Machines, 2022.)

2.1 CNC-koneiden perustyyppit

CNC-koneet jaetaan yleensä viiteen päätyyppiin, joiden toiminta perustuu joko materiaalin poistamiseen tai lisäämiseen. Ohessa lyhyesti yleisimmistä CNC-konetyypeistä:

- Sorvi: Tämän tyyppinen CNC-kone kääntää työkappaletta ja siirtää leikkaustyökälun työkappaleeseen. Perussorvi on 2-akselinen, mutta siihen voidaan lisätä monia muita akseleita lisäämään mahdollisen työstön monimutkaisuutta. Materiaali pyörii karalla ja puristuu hioma- tai veistustyökäluu vasten, joka tekee halutun muodon. Sorveja käytetään symmetristen esineiden, kuten pallojen, kartioiden tai sylintereiden valmistukseen. Monet CNC-koneet ovat monitoimisia ja yhdistävät kaikenlaisia leikkaustyyppiejä. (CNC Machines, 2022.)
- Jyrsin: Manuaaliset jyrsinkoneet käyttävät käsipyöriä ja johtoruuveja leikkuutyökälun niveltämiseksi työkappaleeseen. CNC-jyrsinkone siirtää erittäin tarkkoja kuularuuveja tarkkoihin ohjelmoituihin koordinaatteihin. CNC-jyrsintäkoneita on laaja valikoima kokoja ja tyyppiejä, ja ne voivat toimia useilla akselilla. (CNC Machines, 2022.)
- Leikkuri: CNC-leikkureita käytetään yleensä suurten mittojen leikkaamiseen puusta, metallista, levyistä ja muovista. Vakiroleikkurit toimivat 3-akselisilla koordinaateilla, joten ne voivat leikata kolmella akselilla. Markkinoilla on myös 4-, 5- ja 6-akselisia koneita, joita hyödynnetään tyypillisesti prototyypimalleihin ja monimutkaisiin muotoihin. CNC-plasmaleikkuri käyttää leikkaamiseen tehokasta paineilmaplasmaa tai esim. hienosädeplasmaa. Useimmat plasmaleikkurit leikkaavat ohjelmoituja muotoja arkista tai levyistä. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen plasmaleikkuri. (CNC Machines, 2022.)



Kuva 1. WellCut P1503 CNC-plasmaleikkuri

- 3D-tulostin: 3D-tulostimia on erilaisia tyyppisiä ja niitä voidaan hyödyntää eri materiaaleille. Esim. muovitulostuksessa sulatetaan pieni määrä muovia CNC-ohjelmaan sisältyvän muodon rakentamiseksi. Osat rakennetaan kerros kerrokselta.
- Ladontakone: Ladontakone toimii samalla tavalla kuin CNC-leikkuri, mutta materiaalin leikkaamisen sijaan koneessa on monia pieniä suuttimia, jotka poimivat komponentteja alipaineella, siirtävät ne haluttuun paikkaan ja laskevat ne alas. Niitä käytetään mm. pöytien, tietokoneiden emolevyjen ja muiden sähkökokoonpanojen valmistukseen. (CNC Machines, 2022.)

CNC-koneet voivat tehdä monia asioita. Nykyään tietotekniikkaa voidaan käyttää lähes mihin tahansa kuviteltavissa olevaan koneeseen. CNC-koneiden automatiikka korvaa ihmisrajapinnan, jotta koneen osia ei tarvitse itse siirtää halutun tuloksen saavuttamiseksi. Nykypäivän CNC-koneet pystyvät aloittamaan raaka-aineesta, kuten teräslohkosta, ja tekemään erittäin monimutkaisien osien tarkalla toleranssilla ja hämmästyttävällä toistettavuudella. (CNC Machines, 2022.)

2.2 CNC-työstökeskus

CNC-työstökeskus on monipuolinen koneistuslaite, joka pystyy suorittamaan erilaisia työstötoimintoja kuten poraus-, jyrsintä- ja sorvitoimintoja erittäin tarkasti ja korkealla pinnan viimeistelyllä. Sen toimintaa ohjataan G-koodilla, jolla määritetään koneen liike ja sen nopeus, jäähdytysnesteen käyttö, työkalun valinta ja työstöarvot. Työkalut kiinnitetään työstökeskuksen mukaan joko pysty- tai vaakakaraisesti. CNC-työstökeskuksen terien jäähdytys tapahtuu jäähdytysnesteen avulla, jota kierrätetään koneen sisällä. Kuvassa 2 on esitetty Haas VF-1, joka on tyypillinen 3-akselinen CNC-työstökeskus.



Kuva 2. Haas VF-1 CNC-työstökeskus

CNC-työstökeskuksissa voi olla useita liikeakseleita, ja nämä liikkeet voivat olla joko lineaarisia tai pyöriviä. Monissa koneissa on molempia tyyppisiä. Leikkauskoneissa on yleensä vain kaksi lineaarista akselia, X ja Y. Jyrsinkoneissa on yleensä vähintään kolme akselia, X, Y ja Z, ja niissä voi olla enemmän pyöriviä aksleita. Viisiakselinen jyrsinkone on kone, jossa on kolme lineaarista akselia ja kaksi pyörivää akselia, mikä mahdollistaa jyrsimen toiminnan täydellä 180 asteen kulmalla. (McNeel Wiki, 2022.)

3 TUOTANTOROBOTTIEN YLEISKATSAUS

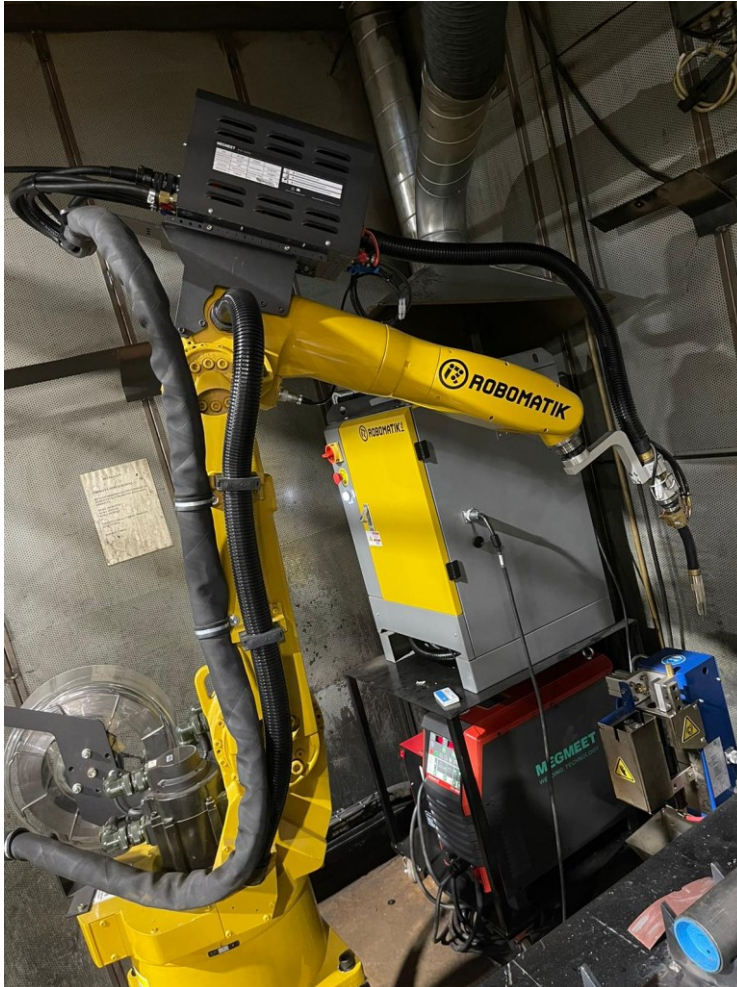
Robotit lisäävät tuottavuutta ja kilpailukykyä. Tehokkaasti käytettynä ne mahdollistavat yritysten kilpailukyvyn tai säilymisen. Tämä on erityisen tärkeää pienille ja keski-suurille yrityksille, jotka ovat sekä kehittyneiden että kehitysmaiden talouksien selkäranka. Se mahdollistaa myös suurten yritysten kilpailukyvyn lisäämisen nopeamman tuotekehityksen ja logistiikan avulla. Robottien lisääntynyt käyttö mahdollistaa myös korkean kustannustason maiden yrityksille mahdollisuuden "uudelleen rantautua" tai tuoda takaisin kotimaisen perusosansa toimitusketjusta, jonka ne ovat aiemmin ulkoistaneet halvemman työvoiman lähteille. (International Federation of Robotics, 2021.)

3.1 Teollisuusrobotti

Teollisuusrobotti määritellään mekaaniseksi koneeksi, joka on ohjelmoitu suorittamaan automaattisesti tuotantoon liittyviä tehtäviä teollisuusympäristöissä. Teollisuusrobotteja pidetään yhtenä joustavan automaation muotona, koska ne ovat uudelleen ohjelmoitavissa ja niitä voidaan käyttää moniin erilaisiin robottiikkasovelluksiin. Roboteista on tulossa valmistajien suosima automaatiovaihtoehto, koska ne lisäävät erittäin tehokkaasti tuottavuutta, tuottavat korkealaatuisia tuotteita ja alentavat kustannuksia. Teollisuusrobotit koostuvat viidestä pääkomponentista: ohjaimesta, antureista, robottimanipulaattorista, päätelaitteesta ja käyttölaitteesta. Robottiohjain on pohjimmiltaan robotin aivot. Se on tietokonelaite, joka opastaa robottia toimimaan koodattujen ohjelmien kautta. (Robots Done Right, 2022.)

Robottiin voidaan liittää erilaisia antureita kuten esim. kameroita. Ne antavat roboteille ympäristöpalautetta työtilassa. Robottimanipulaattori tai robottikäsi, kuten sitä yleisemmin kutsutaan, on vastuussa päätelaitteen eli robotin työkalun siirtämisestä ja sijoittamisesta. Yleensä robottikäsi on suunniteltu jäljittelemään ihmisen kättä, mutta tämä voi vaihdella robotin tyyppin mukaan. Joissakin teollisuusroboteissa robottimanipulaattori on kiinnitetty robotin pohjaan. Robotin työkalut kiinnittyvät teollisuusrobotin varren päähän ja ovat laitteita, jotka vastaavat suoraan työstökappaleiden vuorovaikutuksesta. Työkaluja on monia erilaisia. Teollisuusrobotin kanssa integroidun työ-

kalun tyyppi riippuu automatisoitavasta sovelluksesta. Teollisuusrobotin käyttövoimana on moottori, joka vastaa robotin tehosta. Robottikäytöt voivat olla hydraulisia, sähköisiä tai pneumaattisia. Kuvassa 3 on esitetty Suomessa suunniteltu hitsausrobotti. (Robots Done Right, 2022.)



Kuva 3. Robomatik TKP1400 hitsausrobotti

Teolliseen valmistukseen käytetään tyypillisesti viittä päätyyppiä robotteja. Nämä ovat nivel-, delta-, SCARA-, karteesisia ja yhteistyörobotteja. Yleisin on nivelrobotti, joissa on tyypillisesti neljästä kuuteen vapausastetta, ja niitä voi olla monenlaisia tai kokoisia, hyötykuormakapasiteettia ja ulottuvuusvaihtoehtoja. Delta-roboteissa on ainutlaatuinen rinnakkaislenkkivarsirakenne. Ne ovat uskomattoman kevyitä ja nopeita. SCARA-robotit ovat suunniteltu toimimaan yhdessä tasossa useammalla akselilla. Karteesiset robotit toimivat suorakaiteen muotoisella työalueella, jossa on lineaarinen

johdinjärjestelmä. Yhteistyörobotit mahdollistavat suoran ihmisten välisen vuorovaikutuksen kehittyneiden turvaominaisuuksiensa ansiosta. (Robots Done Right, 2022.)

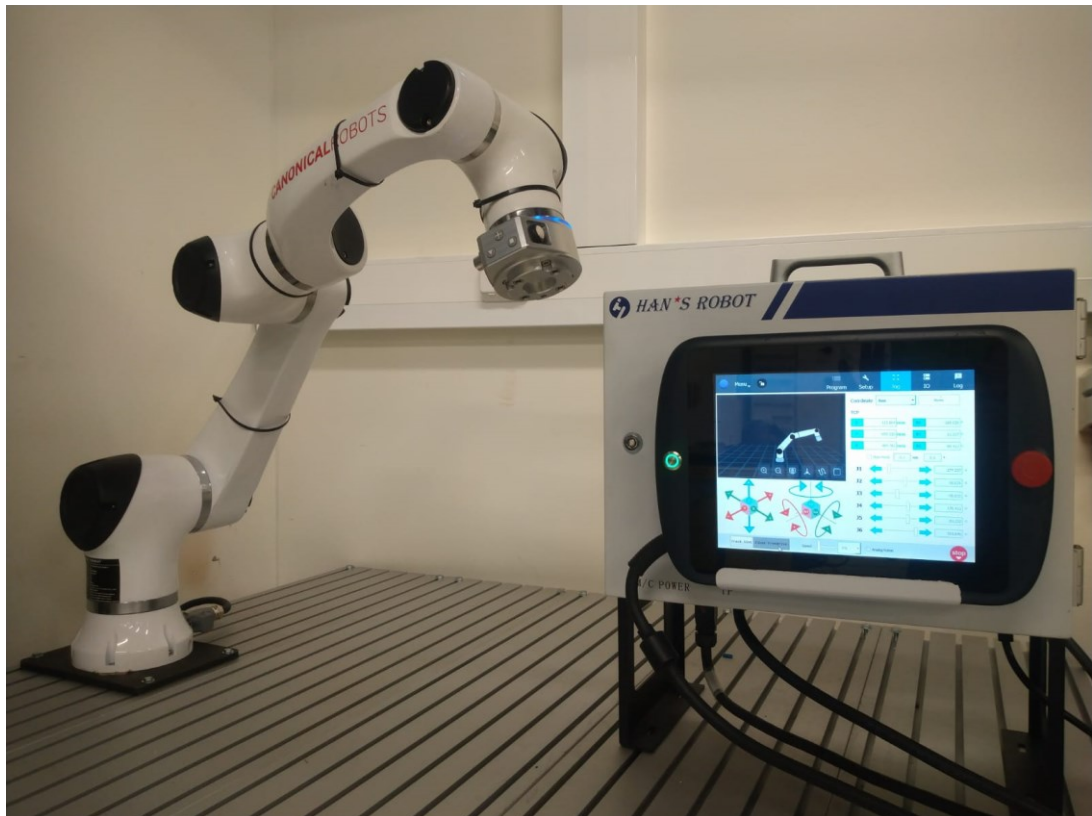
Teollisuusrobotteja käytetään useilla teollisuudenaloilla monien eri sovellusten automatisoimiseen. Auto-, elektroniikka-, ilmailu-, elintarvike- ja lääketieteellisyys ovat eräitä suurimmista robottiautomaation käyttäjistä. Teknologian edistymisen ansiosta teollisuusrobotit pystyvät työskentelemään suurista ja vähäisistä tuotantomääristä ja yksinkertaisista monimutkaisiin prosesseihin. Kaarihitsaus, pistehitsaus, kokoonpano, lavaus, materiaalin poisto, tarkastus, materiaalinkäsittely ja pakkaus ovat eräitä suosituimmista robottien sovelluksista, mutta luettelo ei lopu vain niihin. Teollisuusrobotit vähentävät ihmisten vuorovaikutuksen tarvetta ja pystyvät suorittamaan tehtäviä tarkasti ja korkealla toistettavuustasolla. Teollisuusrobotit optimoivat valmistuksen kokonaistehokkaaksi prosessiksi. (Robots Done Right, 2022.)

Teollisuusrobotti on robottikäsi, joka voi liikkua useisiin suuntiin ja joka voidaan ohjelmoida suorittamaan monenlaisia tehtäviä eri ympäristöissä. Teollisuusrobotti voidaan varustaa millä tahansa työkalulla. Siinä voidaan käyttää monia erilaisia tarttuvia käsittelemään joko herkkiä kappaleita tai useita tonneja painavia kuormia. Näitä työkaluja käytetään tarkasti, nopeasti ja toistuvasti. (VEX Robotics, 2022.)

Koska teollisuusrobotit voidaan ohjelmoida suorittamaan vaarallisia, likaisia ja toistuvia tehtäviä tasaisella tarkkuudella, niitä käytetään yhä enemmän useilla eri aloilla ja sovelluksissa. Niitä on saatavana laajassa valikoimassa malleja, joiden yleisimmät ominaisuudet ovat ulottuvuus, hyötykuorma ja nivelvarren liikeakselien lukumäärä (tyypillisesti kuusi). Sekä tuotanto- että käsittelysovelluksissa robotti käyttää työkalukiinnitystä pitämään ja käsittelemään joko prosessia suorittavaa työkalua tai kappaletta, jolla prosessi suoritetaan. Robotin toimintaa ohjaa ohjelmointiohjelmiston ja ohjaimien yhdistelmä. Niiden automaattinen toiminta mahdollistaa niiden käytön kellon ympäri ja viikonloppuisin – sekä vaarallisten materiaalien kanssa että haastavissa ympäristöissä – vapauttaen henkilöstön muihin tehtäviin. Robottitekniikka lisää myös tyypillisesti tuottavuutta ja kannattavuutta samalla kun se eliminoi työvoimavaltaisia toimintoja, jotka voivat aiheuttaa fyysistä rasitusta tai mahdollisia vammoja työntekijöille. (MHI, 2022.)

3.2 Yhteistyörobotti

Yhteistyörobotit ovat tarkoitettu toimimaan yhteistyössä ihmisen kanssa. Ne eivät tarvitse erillisiä turvajärjestelmiä johtuen automaattisesta esteentunnistuksesta, kevyestä rakenteesta, pienestä käytetystä liikevoimasta ja pyöristetyistä reunoista. Niiden opeointi on yksinkertaista helpon ohjelmoitavuuden ja pienen koon vuoksi. Tämä mahdollistaa esim. useamman CNC-työstökeskuksen palvelemisen yhdellä yhteistyörobotilla, mikäli robotti on sijoitettu tarpeeksi lähelle työstökeskuksia tai se on kiinnitetty liikuttettavaan jalustaan. Yhteistyörobotteja voidaan käyttää monenlaisissa erilaisissa tarkkuutta ja toistoa vaativissa tehtävissä. Konenäön ja antureiden avulla niitä voidaan käyttää myös muuttuvissa tuotanto-olosuhteissa.



Kuva 4. Han's Robot Elfin 5 yhteistyörobotti

Mobiiliteknologian, konenäön, kognitiivisen tietojenkäsittelyn ja kosketustekniikan (mukaan lukien törmäysten välttämisen) kehitys mahdollistaa nykyään sen, että pienet, pienemmän tehon robotit voivat olla tietoisia ympäristöstään ja suorittaa monenlaisia tehtäviä turvallisesti lähellä työntekijöitä. Yhteistyörobotti, joka työskentelee ihmisen

rinnalla, voi nopeasti oppia tehtäviä vahvistusoppimisen avulla. Suurin osa teollisuusroboteista on autonomisia, kalliita, suuria ja sijaitsevat turvalaitteiden takana. Vaikka ne ovat olleet tärkeässä roolissa autoteollisuudessa ja sen toimittajissa, niiden korkea hinta, suuri koko, paino ja monimutkaiset ohjelmointivaatimukset ovat rajoittaneet niiden käyttöä muilla teollisuudenaloilla. Toinen käytön lisääntymisen este on kulttuurinen pelko robottien hallitsemisesta työpaikalla ja korvaavan ihmistyöntekijöitä. Yhteistyörobotit ovat tarkoituksella suunniteltu käsittelemään tätä pelkoa. Yhteistyörobotin ei ole tarkoitus syrjäyttää ihmistyöntekijää vaan vähentää ihmistyöntekijän kuormitusta. Monissa tapauksissa yhteistyörobotti on käsivarren muotoinen, mikä tarjoaa työntekijälle ylimääräisen käden. Yhteistyörobotteja käytetään nykyään useilla aloilla, mukaan lukien valmistus, toimitusketjun hallinta ja terveydenhuolto. Niillä on yleensä pienempi virrankulutus kuin suurilla ja autonomisilla teollisuusroboteilla, ne ovat usein liikkuvia sekä käyttävät törmäystunnistusta estääkseen ihmisten loukkaantumisen tai muiden yhteistyörobottien rikkoontumisen. (TechTarget, 2018.)

3.3 Turvallisuus robotiikassa

Teollisuusrobotit ovat ohjelmoitavia monitoimisia mekaanisia laitteita, jotka on suunniteltu siirtämään materiaalia, osia, työkaluja tai erikoislaitteita vaihtelevilla ohjelmoituilla liikkeillä erilaisten tehtävien suorittamiseksi. Robotteja käytetään yleensä suorittamaan vaarallisia, erittäin toistuvia ja epämiellyttäviä tehtäviä. Niillä on monia erilaisia toimintoja, kuten materiaalinkäsittely, kokoonpano, hitsaus, työstökoneiden lataus- ja purkutoiminnot, maalaus, ruiskutus ja niin edelleen. Tutkimukset osoittavat, että monet robottionnettomuudet tapahtuvat ei-rutiininomaisissa käyttöolosuhteissa, kuten ohjelmoinnin, huollon, testauksen, asennuksen tai säädön aikana. Monien näiden toimenpiteiden aikana työntekijä voi tilapäisesti olla robotin työskentelyalueella, missä tahattomat toimet voivat johtaa vammoihin. (Occupational Safety & Health Administration, 2022.)

Teknologisen kehityksen ansiosta yhteistyörobotit voivat nyt työskennellä työntekijöiden kanssa turvallisesti. Vaikka perinteiset teollisuusrobotit ovat sidottu suljettuun soluun, yhteistyöroboteissa on ominaisuuksia, jotka rajoittavat niiden tehoa ja voimaa

sopivalle tasolle, jotta ne eivät aiheuta vahinkoa. Yleensä ne ovat turvallisia heti laitekosta otettuna, mikäli niitä käytetään niiden turvallisuusrajojen puitteissa. Kuitenkin, kun niitä käytetään todellisessa skenaariossa ja tuotetaan todellista arvoa, se edellyttää robotin työkalujen ja muiden ympäröivien lisävarusteiden käyttöä, mikä taas edellyttää turvallisuuden uudelleenarviointia. Jokaisen yrityksen toiminta vaihtelee tavalla tai toisella, mikä vaikuttaa viime kädessä lopullisen ratkaisun turvallisuuskonfiguraatioon. Saattaa jopa esiintyä skenaarioita, joissa osa yhteistyörobotin turvaominaisuuksista uhrataan suorituskyvyn vuoksi, mikä edellyttää vaihtoehtoista turvallisuusratkaisua. Voima, nopeus ja ulottuvuus ovat yhteistyörobottien keskeisiä toimintaan vaikuttavia tekijöitä, ja ne ovat arvioitava huolellisesti sovelluksen turvallisuuden varmistamiseksi. Kun yhteistyörobotit ovat varustettu laitteilla, jotka voivat havaita yhteistyötyötilan rikkomukset, ne saavat usein toimia suuremmilla nopeuksilla, jolloin valmistajat voivat lisätä tuotannon nopeutta ja parantaa tuottavuutta, kun yhteistyötila on vapaa. Rajoitetun pääsyn turvaratkaisuja käytetään, kun työntekijän pääsy on rajoitettu aidalla, mutta siinä on aukko, jossa turvallistamista vaaditaan. Tyypillisesti nämä ratkaisut on tarkoitettu sovelluksiin, joissa suorituskyky on avainasemassa, mikä usein johtaa joidenkin yhteistyörobotin turvaominaisuuksien uhraamiseen vaihtoehtoisen turvallisuusratkaisun hyväksi. (Reeco Automation Ltd., 2022.)

Yleisimmät robotiikassa käytetyt turvalaitteistot:

- Turvaskannerit ovat ohjelmoitavia turvalaitteita, joita voidaan käyttää joustavammin sovelluksen täyden toiminnan, yhteistyön ja pysäytysalueiden ennalta määrittämiseen. Turvaskannerin avulla sovellusten turvallisuus voidaan ohjelmoida tarkasti lainsäätäjän vaatimusten mukaan ja säätää tarvittaessa. Skannerit eivät myöskään vie ylimääräistä lattiatilaa, koska ne voidaan asentaa robotialustaan ja ohjelmoida sulkemaan pois ympäröivät laitteet, jotka voivat rikkoa yhteistyövyöhykkeitä. (Reeco Automation Ltd., 2022.)
- Turvamatot ovat paineherkkiä suojalaitteita, jotka ovat suunniteltu havaitsemaan työntekijöiden tai ohikulkijoiden läsnäolo. Niiden avulla robotti voi pysähtyä tai hidastaa henkilön läsnäolon aikana sovelluksen vaatimusten mukaan, mikä tekee niistä tehokkaan työkalun käytettävissä olevia turvavaihtoehtoja harkittaessa. (Reeco Automation Ltd., 2022.)

- Turvaloverhoja käytetään useissa teollisissa sovelluksissa vaihtoehtona perinteisemmälle konesuojaukselle. Valoverhot lähettävät infrapunavaloa kahden pään välillä muodostaen sähköherkän esteen, joka havaitsee liikkeen. Jos valoverho havaitsee liikettä se käynnistää sovelluksen mukaan joko seis tai hätä seis -toiminnon. (Reeco Automation Ltd., 2022.)

Robotteja käytetään logistiikkatehtävissä, teollisissa prosesseissa, henkilökohtaisessa hoidossa, lääketieteellisissä toimenpiteissä ja monissa muissa tehtävissä. Kasvava robottimallien valikoima ja robottien suorittamien tehtävien laajuus ohjaavat monia erityisiä suorituskyky- ja turvallisuusstandardeja. Yhteistyörobottien osalta ISO Technical Standard 15066:2016 ja RIA Technical Report 15.606–2016 sisältö ovat pohjimmiltaan samat ja ne sisältävät turvallisia, yhteistoimintakykyisiä robotteja koskevia vaatimuksia ja tietoja. TS 15066 on normatiivinen (yksityiskohtaisesti standardin noudattamisen edellyttämät vaiheet), kun taas TR 15.606 on informatiivinen (jossa on tietoja ja menetelmiä, joita voidaan käyttää standardin noudattamiseen). Molemmat kuvaavat neljää yhteistoimintatekniikkaa, joita käytetään vähentämään ihmistyöntekijöille aiheutuvia riskejä: turvallisuusluokiteltu monitorin pysäytys, käsiohjaus, nopeuden ja erotuksen valvonta sekä tehonrajoitusjärjestelmät. On odotettavissa, että standardeja ISO TS 15066 ja RIA TR 15.606 käytetään yhdessä RIA TR R15.806–2018:n kanssa, joka kuvaa menetelmää painevoimanrajoitusjärjestelmän aiheuttamien voimien testaamiseksi. Fyysisiä lisäsuojatoimia voidaan tarvita, jos riskinarviointi paljastaa niiden tarpeen. Anturijärjestelmiä tarvitaan nopeuden valvonnan standardien noudattamiseen. Tehonrajoitusjärjestelmissä ja turvaluokitelluissa monitoripysäytyksissä vaaditaan hyvää suojausta nopeissa ja suuren riskin toiminnoissa. (Microcontroller Tips, 2022.)

4 ROBOTIN TARTTUJAT

Materiaalinkäsittelyrobottien työkalulaippaan kiinnitettävä osa tunnetaan nimellä robottitarttuja ja se on yksi robottijärjestelmän tärkeimmistä osista. Oikeantyyppinen tarttuja on ehdottoman välttämätön, koska se on suoraan kosketuksessa työkappaleen kanssa. Tarttumat jaetaan tyypillisesti neljään erilaiseen robottitarttumatyyppiin: tyhjiö-, pneumaattinen, hydraulinen ja servosähköinen tarttuja. Robottitarttumat ovat fyysinen rajapinta robotin ja työkappaleen välillä. Yksi materiaalinkäsittelyrobottien monista eduista on osien vaurioiden vähentäminen. Valmistajat valitsevat tarttumat vaadittavan käsittelysovelluksen ja käytetyn materiaalin mukaan. (RobotWorx, 2022.)

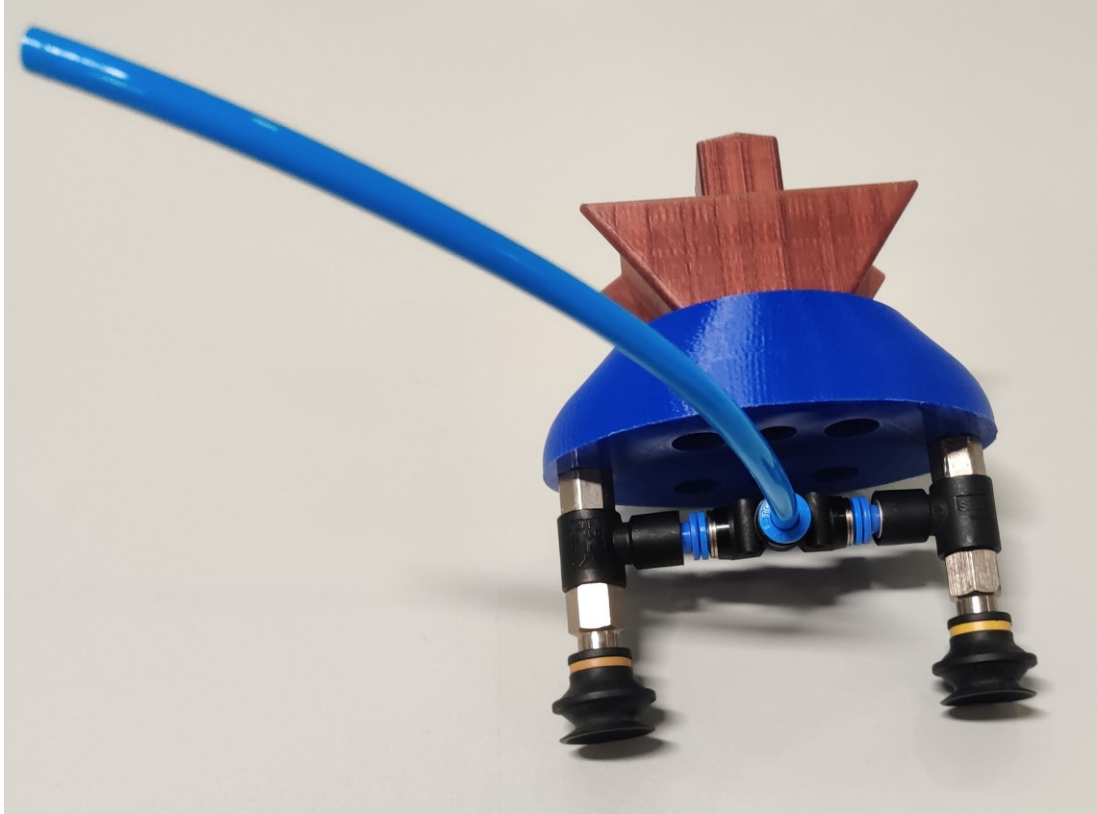
4.1 Tyhjiötarttuja

Tyhjiötarttuja on ollut valmistavan teollisuuden standardi robottityökalu korkean joustavuuden vuoksi. Tämäntyyppinen robottitarttuja käyttää kumi- tai polyuretaani-imukuppia tavaroiden poimimiseen. Jotkut tyhjiötarttumat käyttävät umpisoluista vaahtomuovikerrosta imukuppien sijaan sovelluksen viimeistelyyn. (RobotWorx, 2022.)

Tyhjiötarttuja, joka tunnetaan myös imukuppitarttumatana, voi olla yksinkertainen, mutta erittäin tehokas tartuntaratkaisu monenlaisiin sovelluksiin. Kun oikeantyyppinen tarttuja on oikeassa integraatiossa, tyhjiötarttumat tarjoavat turvalliset ja tehokkaat otteet robotiikan sovelluksissa. Tyhjiötarttumat nostavat, pitelevät ja siirtävät esineitä käyttämällä tyhjiön ja ilmakehän paineen eroa. Tyhjiön muodostaa miniatyyri sähkömekaaninen tai paineilmakäyttöinen pumppu. (PFA Inc., 2022.)

Imukuppitarttumatalla varustetun robotin tyhjiövirtausta ei tule keskeyttää liikkeen aikana, koska kappale voi pudota tai jopa sinkoutua pois robotin työalueelta. Tyhjiötarttumatassa on lisäetuja, kuten kyky käsitellä erilaisia esinetyyppejä ja alhaisempi hinta muihin tarttumatyyppisiin verrattuna, mutta niiden tarvitsemat paineilma- tai tyhjiöpumput tuovat ylimääräisiä energiakustannuksia. Lisäksi tyhjiötarttumat ovat herkkiä pölyisille ja öljyisille olosuhteille. On hyvä huomioda, että tyhjiötarttumatyypeillä

on eroja ja eri tyhjiötarttujatyypeillä on omat etunsa ja haittansa. Tyhjiötarttijat käyttävät yleensä joko paineilmakäyttöistä pumppua tai miniatyyriä sähkömekaanista pumppua. Kuvassa 5 on tyypillinen imukuppitarttuja. (PFA Inc., 2022.)



Kuva 5. Imukuppitarttuja

Paineilmakäyttöiset tarttijat tuottavat neljästä kymmeneen kertaa enemmän tehoa kuin sähkömekaaniset vastineensa. Sähkömekaaniset tyhjiötarttijat ovat kuitenkin erinomaiset sovelluksissa, jotka vaativat suurta liikkuvuutta. Vaikka paineilmakäyttöinen pumppu tarjoaa erinomaisen nostokapasiteetin, se voi myös lisätä käyttökustannuksia kompressorin käyttämiseen tarvittavan sähkön vuoksi. Sitä vastoin miniatyyrit sähkömekaaniset pumput soveltuvat sovelluksiin, joissa tarvitaan liikkuvuutta. Ne tuottavat kuitenkin usein vähemmän tehoa kuin paineilmakäyttöiset pumput. (PFA Inc., 2022.)

Tyhjiötarraimet toimivat parhaiten sovelluksissa, joissa tyhjiövirtaus on keskeytymätöntä. Alipainetarraimet ovat ihanteellisia osiin, jotka ovat riittävän suuria ja litteitä luomaan riittävän paine-eron tyhjiön ja ilmakehän paineen välille. Tämä tarkoittaa, että osat, joissa on suuret, litteät sivut, ovat ihanteellisia tyhjiötarttujalle. Liian raskaat

osat eivät kuitenkaan välttämättä sovellu, koska siihen tarvitaan valtava määrä alipainetta. Yhteistyörobotti-sovelluksissa, joissa on kevyitä litteitä osia, tyhjiötarttumat ovat tehokas tartuntaratkaisu. Koska on muitakin tarttumatyyppejä, jotka käyttävät voimaa tarttuessaan osien sisä- tai ulkopuolelle, voi olla vaikea tietää, onko tyhjiötarrain optimaalinen ratkaisu yhteistyörobotille. Siksi on tärkeää verrata vaihtoehtoja sovelluksen tarpeisiin. (PFA Inc., 2022.)

4.2 Pneumaattinen tarttuja

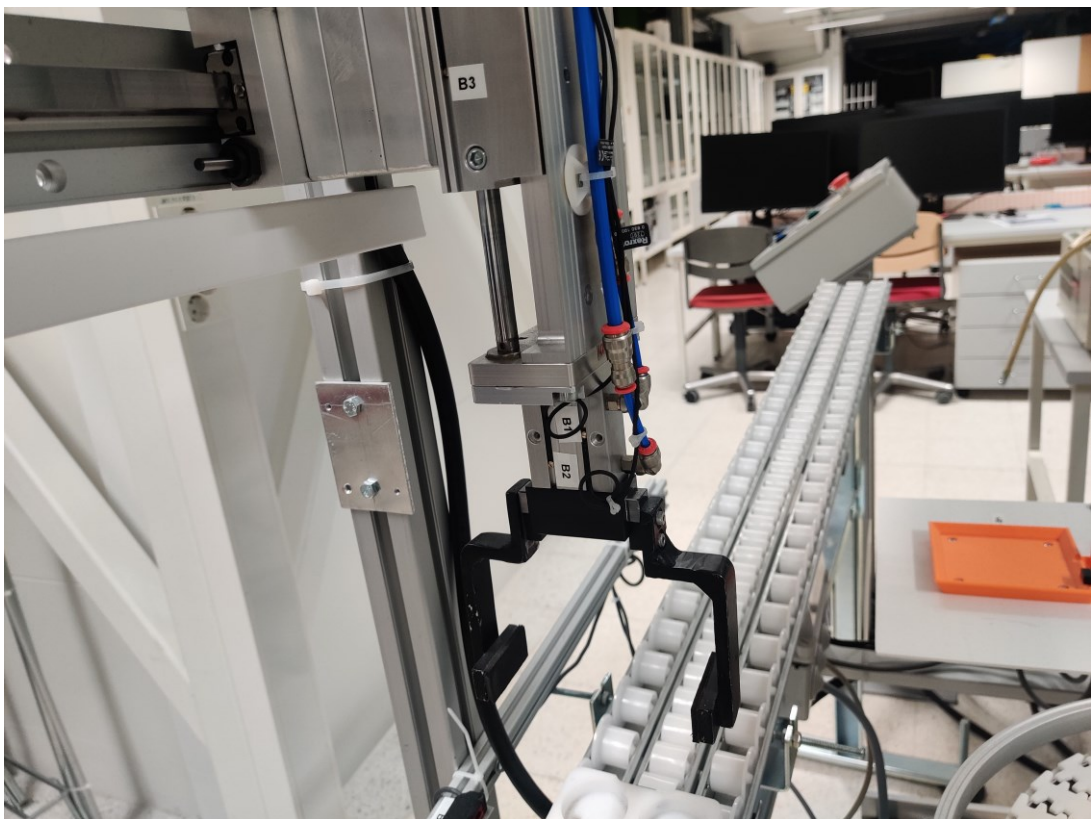
Pneumaattisesti toimiva tarttuja on yleisimmin käytetty tarttuja; se on pohjimmiltaan paineilmailla toimiva sylinteri. Kun ilma paineistuu, tarttujan leuat sulkeutuvat esineeseen ja tarttuvat siihen tiukasti toiminnan aikana, ja tarttuja vapauttaa esineen, kun ilmanpaineen suuntaa muutetaan. Tyypillisiä sovelluksia ovat kohteen suunnan muuttaminen tai sen siirtäminen, kuten poimi ja aseta -operaatiossa. (Chakraborty, 2022.)

Pneumaattiset tarttumat käyttävät paineilmaa: Joidenkin komentosignaalien jälkeen venttiilit päästävät ilman kulkemaan sisäisten kanavien läpi ja aktivoivat mekaanisia niveliä, jotka puolestaan avaavat ja sulkevat tarttumasormet. Tätä pääkomponenttisarjaa tukevat pneumaattiset letkut, ohjausosalakomponentit ja johdot, asennuslaipat koneisiin ja robotteihin kiinnitystä varten, vikaturvalliset mekanismit ja kotelo, joka ympäröi näitä komponentteja. Vaikka vapautettu asento (mekaanisen puristusjousen pitämä) on yleensä oletusarvo, markkinoilla on myös tarttujamalleja, joissa oletuksena on tarttuma. Kun suljettu tarttuma-asento on oletusarvo, jousi antaa tartuntavoiman ja paineilman päästäminen tarttumaan avaa leuat. Itse asiassa tietyt tarraimet käyttävät paineilmaa sekä tarttumiseen että irrotusvoimaan. (Uko, 2022.)

Pneumaattiset tarttumat, joissa on yhdensuuntainen leuan toiminta: Rinnakkaisissa tarttujissa kaksi sormeä liukuvat sisään- ja ulospäin suoraviivaisessa liikkeessä ja samalla akselilla pitkin tarttujan ylärungon uria. Tyypillisesti sisäänpäin liukuva toiminta tarttuu työkappaleisiin tai muihin esineisiin. On kuitenkin runsaasti sovelluksia, joissa kaksi sormeä liukuvat ulospäin kiinnittääkseen ontot tai avoimet työkappaleet (kuten O-renkaat tai sylinterit) sisähalkaisijastaan. Näiden yksinkertaisten tarttujien etuja on runsaasti. Tällaisten tarrainten eri osakomponentit ovat yksinkertaisempia valmistaa

kuin muut, mikä tekee niistä erittäin kustannustehokkaita. Lisäksi koko sormen iskun aikana on yksi tasainen tartuntavoima, mikä yksinkertaistaa työskentelyä, joka liittyy herkkiin tai muuten paineherkkiin työkalupaleisiin. Lopuksi rinnakkaiset tarttajat voidaan suunnitella sulkeutumaan ja avautumaan melko leveästi - jopa muutaman metrin tai enemmän. (Uko, 2022.)

Pneumaattiset tarttajat, joissa on vino sormi: Näissä tarttujissa sormien aktivoituvat päät ovat kiinnitetty kiinteään kääntöpisteeseen. Pneumaattista voimaa käytettäessä männän toiminta ja mekaaninen kiilaelementti saavat sormet heilumaan kiinni (tai muissa muunnelmissa auki) kuten ranskalaiset ovet. Avoimessa asennossa leuat lentävät ulospäin tarraimen rungon yli tai työntyvät suoraan ulos. Suljetussa (tyypillisesti tarttuvassa) asennossa tarraimen sormien kärjet kallistuvat sisäänpäin sulkeutuakseen kapeenevaan tarttumismuotoon. Yksi suunnitteluvaroitusta näitä tarttujia käytettäessä on, että toisin kuin samansuuntaisissa sormissa, kulmissa olevilla sormilla on rajoitettu isku ja ne tuottavat tartuntavoiman, joka vaihtelee käyttöiskun aikana. Suoraan männän vaikutuksen alaisena kulmissa olevilla sormitarttujilla voi kuitenkin olla poikkeuksellisen suuri tartuntavoima – jopa 2300 N tai suurempi. (Uko, 2022.)



Kuva 6. Pneumaattinen tarttuja RoboAI-laboratoriossa

Pneumaattiset tarttujat ovat eri kokoisia, ja niiden tartuntavoimat vaihtelevat yhdestä newtonista kymmeneen newtoneihin. Kyky kestää tiettyä kuormaa ei aina ole suoraan verrannollinen tartuntavoiman kasvuun. On myös otettava huomioon toimilaitteen kyky kestää dynaamiset kuormat, jotka syntyvät tarttujan leukoihin liikkeen aikana syntyvistä voimista. Useimmat tarttujan valmistajat tarjoavat mitoitusapua teknisten mitoituskäsikirjojen, mitoitussovellusten tai molempien muodossa. (Chakraborty, 2022.)

Pneumaattinen tarttuja on suosittu kompaktin kokonsa ja kevyen painonsa vuoksi. Se voidaan helposti liittää ahtaisiin tiloihin, mikä voi olla hyödyllistä valmistavassa teollisuudessa. Pneumaattiset robottitarttujat voidaan joko avata tai sulkea, jolloin ne saavat lempinimen "bang bang" -toimilaitteet, koska metallia metallia vasten -tarttujan toimissa syntyy melua. (RobotWorx, 2022.)

4.3 Hydraulinen tarttuja

Yleensä hydraulisella ja pneumaattisella tarttujalla on sama peruskäyttöperiaate. Niihin kuuluu suoravaikutteisia mäntämalleja sekä mäntäkiilamalleja. Suoravaikutteisista mäntärakennetta käytetään, kun hydraulinen voima vaikuttaa suoraan mäntään, joka on suoraan yhteydessä osaa koskettavaan tai tarttuvaan leukaan tai sormeen. Männen kiilan rakenteessa on hydraulinen voima, joka vaikuttaa mäntään, kun taas mäntä itse vaikuttaa kiilaan. Kiila siirtää tämän voiman leukoihin tai sormiin, mikä tarjoaa pito-voiman tarttumaan osaan. Kiila voi antaa mekaanisen edun, koska se voi lisätä pito-voimaa pitäen samalla männen halkaisijan ja mäntään kohdistuvan paineen samana. Tämä mahdollistaa suuremman pito-voiman pienemmässä pakkauksessa kuin ohjausmäntä. Toisin kuin sähkömekaanisessa tarttujassa, joissa on moottorit jokaisessa toimilaitteessa, useimmiten yksi ainoa moottori antaa voiman hydraulinsteelle, joka toimittaa energiaa useille laitteille koko laitoksessa. (Mobile Hydraulic Tips, 2022.)

Hydraulinen tarttuja tarjoaa eniten lujuutta ja sitä käytetään usein sovelluksissa, jotka vaativat suuria määriä voimaa. Nämä robottitarttujat tuottavat voimansa pumpuista, jotka voivat tuottaa jopa 138 baarin paineen. Vaikka hydrauliset tarraimet ovat vahvoja, ne ovat sotkuisempia kuin muut tarraimet pumpuissa käytetyn öljyn vuoksi. Ne

saattavat myös tarvita enemmän huoltoa, koska tarttuja voi olla vaurioitunut käytön jälkeen. (RobotWorx, 2022.)



Kuva 7. Hydraulinen tarttuja (Mobile Hydraulic Tips, 2022)

4.4 Servo-sähköinen tarttuja

Sähkökäyttöiset tarraimet antavat erittäin tarkan tartuntavoiman, asennon ja nopeuden säädön, jota on vaikea saavuttaa muilla tarttujatyypeillä. Sähköiset tarttijat, jotka tunnetaan myös nimellä servo-sähköiset tarttijat, ovat suosittuja monissa yhteistyörobotti-sovelluksissa, kuten konepalvelussa ja poiminta- ja sijoittelussa. Sähkömoottorilla sähköiset tarttijat ohjaavat tarttujan sormia. Vaikka sähköiset tarttijat ovat kaksileukaisia ja kolmeleukaisia, ne ovat yleensä suositeltu valinta pyöreiden tai lieriömäisten esineiden kuten pullojen tai tölkkien käsittelyyn. (PFA Inc., 2022.)

Vaikka useimmat sähköiset tarraimet ovat varustettu mikroprosessoreilla, jotka vaihtelevat tartuntavoimaa ja -nopeutta, niihin on lisätty voima-anturi, jonka avulla sähköiset tarraimet voivat määrittää kuhunkin tehtävään tarvittavan voiman. Koska sähkömoottorin virta on suoraan verrannollinen sen kohdistamaan vääntömomenttiin, kohdistettua pitovoimaa voidaan ohjata. Leukojen pito voidaan ohjelmoida pitämään eri kappaleet herkällä tai vahvalla otteella. Tämä tarkoittaa, että sähköiset tarraimet ovat varustettu käsittelemään eri osatyyppejä helposti. (PFA Inc., 2022.)

Sähkökäyttöisten tarrainten määrittelevä piirre on niiden tarkkuushallinta. Toisin kuin perinteisessä tarttujassa, sähköisessä tarttujassa on joustavuus käyttää vain vähimmäisvaraa, joka tarvitaan lähestymään osaa mahdollisimman pienellä iskulla sen poimimiseksi. Lisäksi tarttuja voi havaita, onko jokin osa poimittu antureiden avulla. Toinen sähköisten tarttujen käytön ilmeinen etu on, että kompressoria ei tarvita, mikä parantaa tehokkuutta sekä vähentää melua ja kustannuksia. (PFA Inc., 2022.)



Kuva 8. Robotiq sähköinen tarttuja

Servo-sähköinen tarttuja näkyy yhä enemmän teollisissa olosuhteissa, koska sitä on helppo hallita. Elektroniset moottorit ohjaavat tarttujan leukojen liikettä. Nämä tarttijat ovat erittäin joustavia ja mahdollistavat erilaiset materiaalitoleranssit osia käsiteltäessä. Servo-sähköiset tarttijat ovat myös kustannustehokkaita, koska ne ovat puhdaita ja niissä ei ole ilmajohtoja. (RobotWorx, 2022.)

Sähkökäyttöisten tarrainten kysynnän kasvu on saanut niistä tehokkaampia ja nopeampia kuin ensimmäisen sukupolven sähkötarttijat, jotka ilmestyivät yli kymmenen vuotta sitten. Sähköiset tarttijat olivat tuolloin hitaita ja melko heikkoja verrattuna samankokoisiin pneumaattisiin tarttujiin. Kuitenkin nykyisen sukupolven sähkökäyttöisiä tarttujia voidaan verrata pneumaattisiin tarttujiin pitovoiman ja nopeuden suhteen, samalla kun ne tarjoavat enemmän takaisinkytkentätietoa. Sovelluksissa, joissa tarvitaan valvottua ympäristöä, kuten puhdastila, lääketieteelliset tai farmaseuttiset sovellukset, sähköiset tarraimet ovat toivottavampia kuin pneumaattiset. Sähkökäyttöiset tarttijat tarjoavat enemmän hallintaa ja säädettävyyttä kuin pneumaattiset ja siksi ne sopivat yhteistyörobotin käyttöön. (PFA Inc., 2022.)

5 ROBOTTISOLUN TESTAUS

SAMK:n konetekniikan laboratoriossa tehdyssä robottisolun testauksessa Han's Elfin 5 -yhteistyörobotti liitettiin Haas VF-1 CNC-työstökeskukseen IO-liitännöillä. Tarvitava paineilma otettiin koulun paineilmaverkosta. Robottisolun suunnittelun, kokoaamisen, liittämisen ja testaamisen suorittivat Robotiikka Akatemian opiskelijat. Robottisolu suunniteltiin vain yhteistyörobotin ja CNC-työstökeskuksen yhteistoiminnan esittelyyn eikä se sisältänyt esim. palettia valmiille kappaleille. Testauksessa hyödynnettiin työstökeskuksen etuovia johtuen Elfin 5 -yhteistyörobotin lyhyestä ulottumasta. Haas VF-1 ei sisältänyt robottikäyttöön etuovien avaamiseen suunniteltua mekanismia ja tämän vuoksi Elfin 5 ohjelmoitiin avaamaan etuovet tarttujallaan.



Kuva 9. Robottisolun demonstraatio SAMK:n konetekniikan laboratoriossa

Yhteistyörobotin aihoiden poimintaa tehostamaan tarvitaan ahiopaletti tai vastaava järjestelmä, jossa ahiot sijaitsevat säännönmukaisesti lajiteltuina. Markkinoilta löytyy valmiita paletointiratkaisuja kuten EasyRobotics -yhtiön valmistamat ProFeeder -ro-

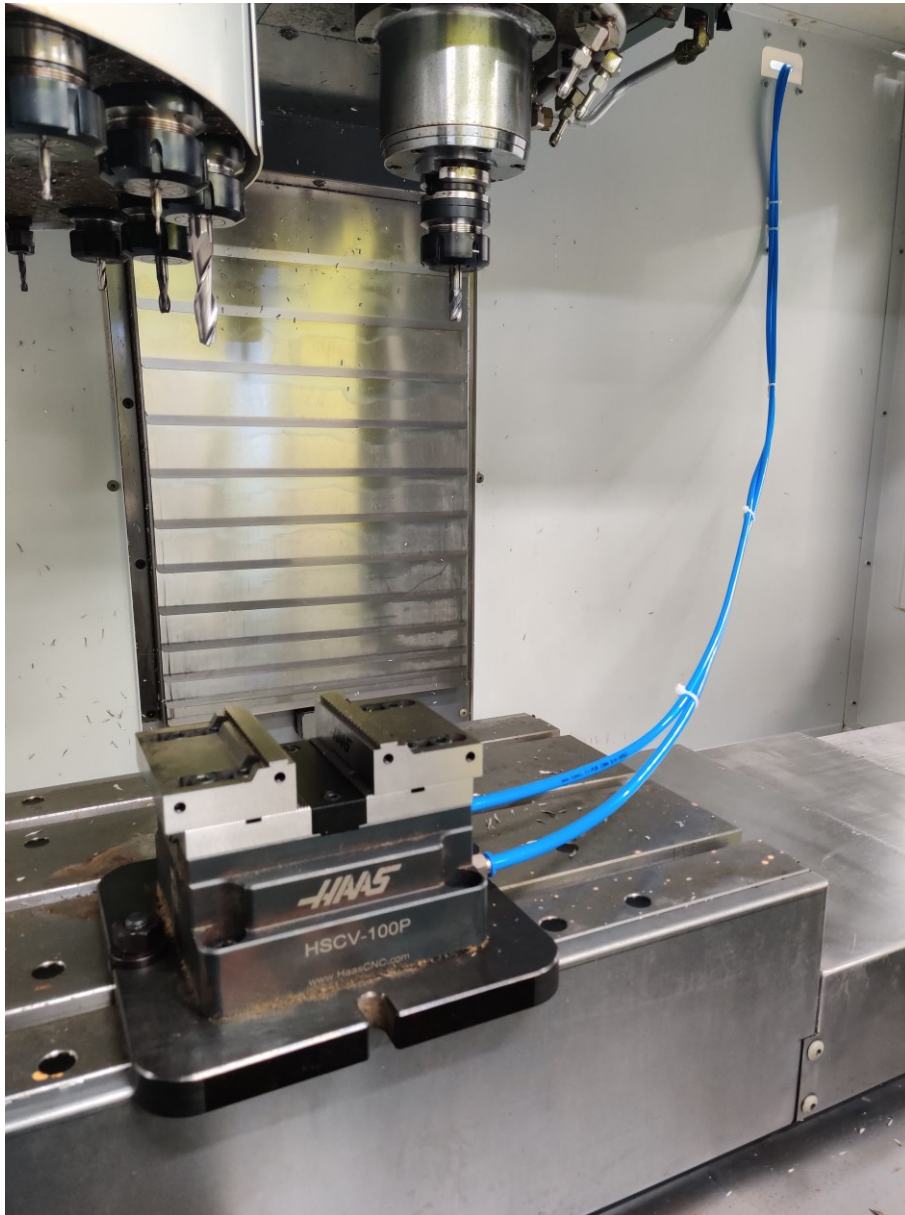
bottipöydät. Koululla Oy Hollmén & Co -yritystä varten luodussa robottisolun demonstraatiossa aiheiden syöttämiseen käytettiin liukujärjestelmää. Liukuun asetettiin aihio, joka liukui poiminta-asemaan lukittuen paikoilleen pneumaattisen paikoittimen voimasta. Yhteen liukuun mahtui vain muutamia aihioita kerrallaan, joka oli riittävä määrä robottisolun toiminnan demonstraatioon.



Kuva 10. Robottisolun liuku

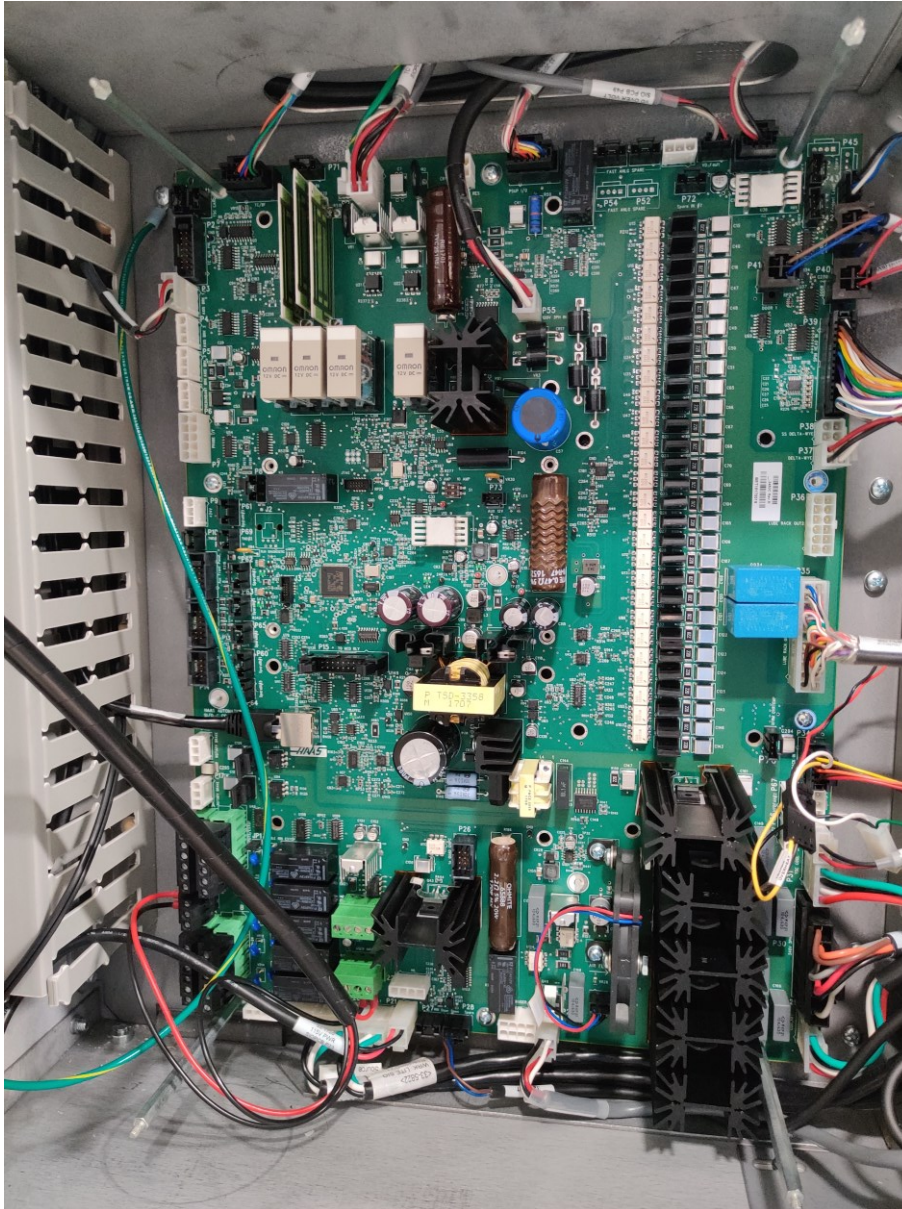
Aihoiden kiinnitys CNC-työstökeskukseen tapahtui pneumaattisesti toimivalla kiinnittimellä, joka tilattiin projektia varten. Kiinnitin liitettiin paineilma- verkkoon ja sen

toimintaa operoitiin yhteistyörobotin hallintapaneelin kautta. Robotin lähtöihin oli kytketty paineilmaventtiili, joka ohjasi kiinnittimen leukojen asentoa.



Kuva 11. Haas HSCV-100P pneumaattinen kiinnitin

Elfin 5 -yhteistyörobotin IO-lähdöt olivat kiinnitetty kaapeleilla Haas VF-1 CNC-työstökeskuksen IO-tuloihin kuvan 12 mukaisesti, jossa punamustat kiinnityskaapelit näkyvät kuvassa alhaalla vasemmalla.



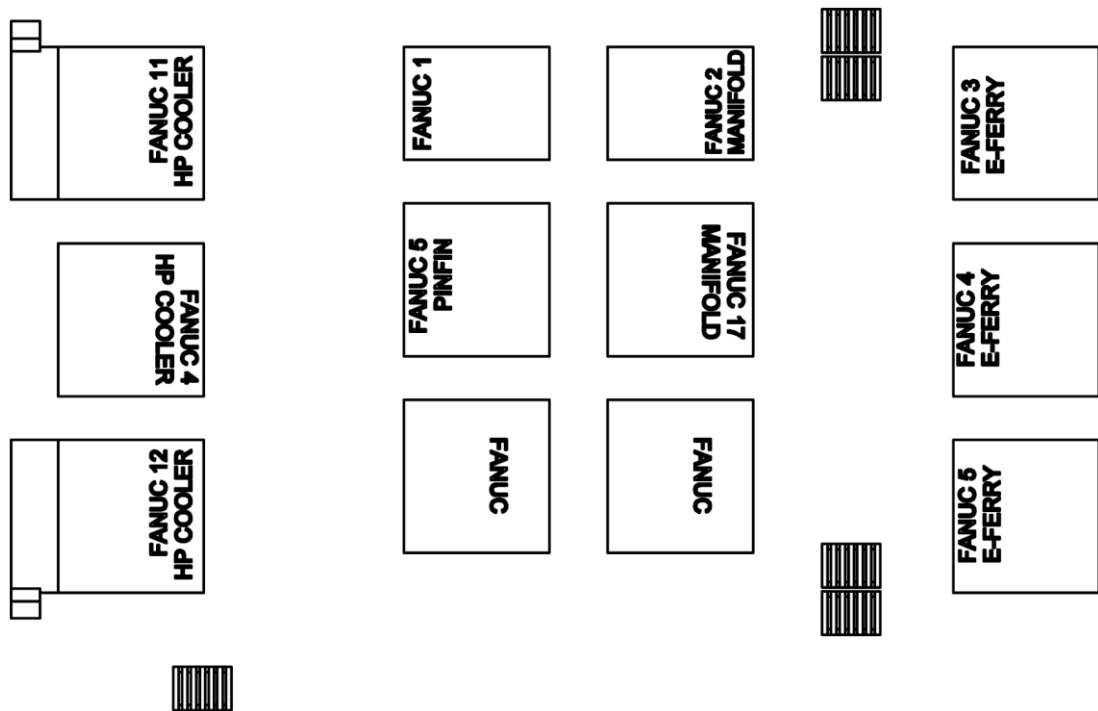
Kuva 12. Haas VF-1 CNC-työstökeskuksen IO-liitännät

Yhteistyörobotin ohjelmakiertoon kuului pneumaattisen tarttujan leukojen avaamisen ja sulkemisen lisäksi työstökeskuksen oikeanpuoleisen etuoven avaus, aihion poiminta liu'ulta ja sen asettaminen työstökeskuksen kiinnittimeen, kiinnittimen leukojen sulkeminen, työstökeskuksen oven sulkeminen ja demo-ohjelman käynnistys ilman työstöä. CNC-ohjelman päätyttyä robotti avasi työstökeskuksen oikeanpuoleisen etuoven, tarttui aihioon, avasi kiinnittimen leuat ja poimi aihion kiinnittimestä pöydälle.

6 TUOTANNON LAYOUT-SUUNNITTELU

6.1 Alkuperäinen layout

Oy Hollmén & Co:n alumiinikappaleiden tuotantolinja käsittää alun perin 12 Fanuc Robodrill CNC-työstökeskusta, joita palvelee ihmisvoimin. Työstökeskukset ovat asetettu kuvan 13 kaltaisesti niille valettujen betonipetien päälle.

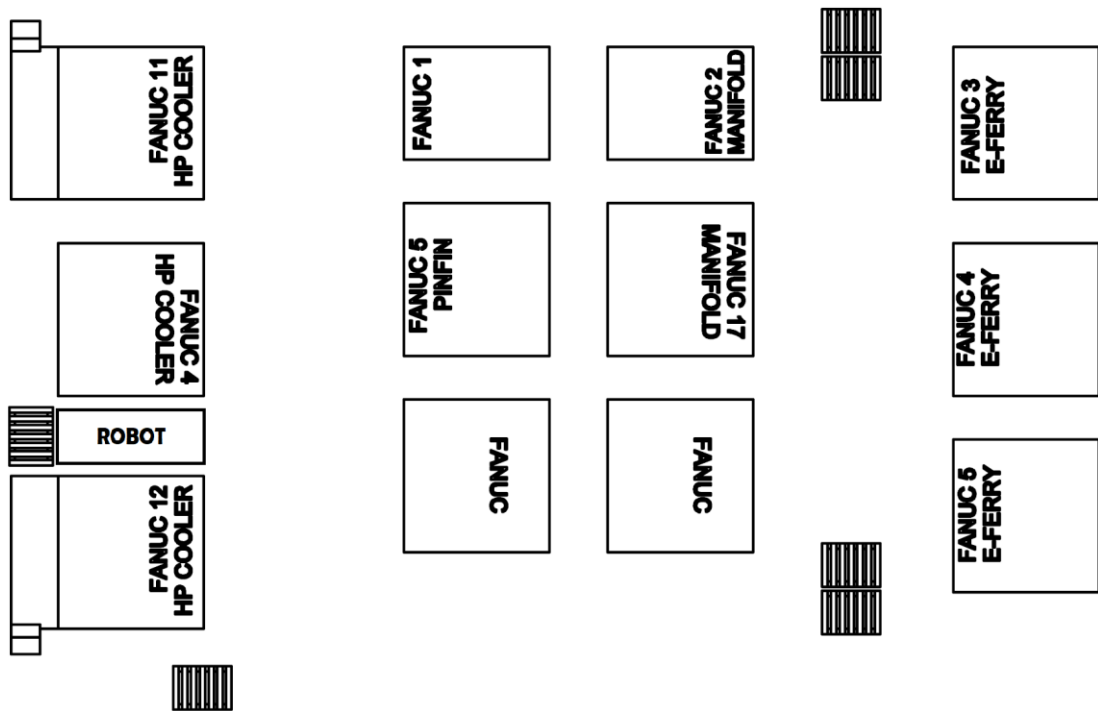


Kuva 13. Alkuperäinen layout

Alkuperäinen layout on selkeä ja toimii hyvin ihmisvoimin, mutta ei sisällä paikkaa robotin sisällyttämiseen ilman layoutiin tehtyjä muutoksia. Oy Hollmén & Co on ilmoittanut halustaan tuottavuuden parantamiseen robotti-integraatiota hyödyntämällä.

6.2 Layout-ehdotus 1

Ensimmäisessä layout-ehdotuksessa on lisätty yhteistyörobotti kahden työstökeskukseen väliin. Yhteistyörobotti palvelee kahta vieressä olevaa työstökeskusta avattavien sivuikkunoiden kautta ja muiden työstökeskusten palvelu hoituu ihmisvoimin.



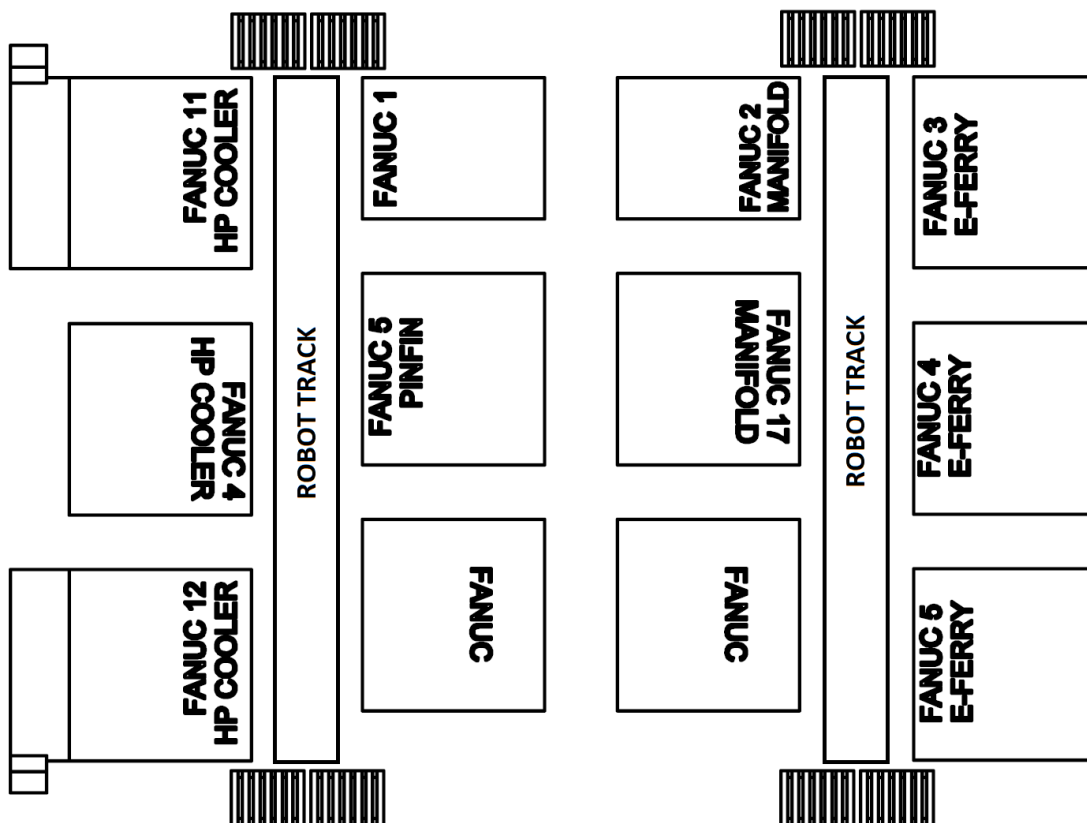
Kuva 14. Layout-ehdotus 1

Tämä layout on ehdotuksista edullisin ja vähäriskisin vaihtoehto yhteistyörobotti-integraatioon. Se mahdollistaa yhteistyörobotin kokeilun osana tuotantoa ja sen tuotantotehokkuuden arvioinnin. Tämä layout vaatii vain yhden työstökeskuksen siirtämistä ja on siten helposti toteutettavissa ilman suurta muutosta alkuperäiseen tuotantotapaan. Lisäksi erillisiä turvaelementtejä ei tarvita yhteistyörobottia käytettäessä. Tuotannon nopeus tehostuu hieman robotisoinnin ansiosta ja kappaleiden kuljetus hoituu ihmisvoimin trukeilla.

Tässä layoutissa on mahdollista käyttää myös teollisuusrobottia yhteistyörobotin sijaan, mutta tällöin eristetty robottisolu on tarpeen turvallisuuden varmistamiseksi.

6.3 Layout-ehdotus 2

Toisessa layout-ehdotuksessa kaksi robottirataa palvelee kaikkia työstökeskuksia niiden etuovien kautta. Tämä layout ei mahdollista työstökeskusten operointia ihmisvoimin robotin ollessa käytössä. Tässä layout-ehdotuksessa teollisuusrobotit ovat suositteluja johtuen niiden paremmasta soveltuvuudesta robottiratakäyttöön.

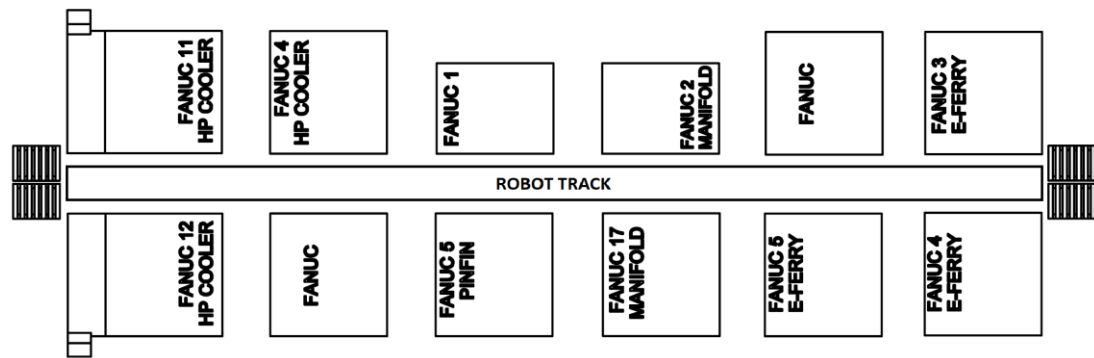


Kuva 15. Layout-ehdotus 2

Tämä layout mahdollistaa koko alumiinikappaletuotannon automatisoinnin kahdella robottiradalla. Tuotannossa tarvitaan vähemmän tuotantohenkilöitä, mutta mahdollisissa vikatilanteissa tuotanto pysähtyy kokonaan yhdellä robottiradalla ja huolto on työläämpää. Aihoiden nouto sekä valmiiden kappaleiden tuonti on sijoitettu robottiratojen pätyihin. Kappaleiden kuljetus tapahtuu ihmisvoimin trukeilla. Turvallisuusratkaisuksi suositellaan turva-aitoja ja valoverhoja. Tämä layout on kustannuksiltaan kallis ja kustannusriskeiltään suuri. Robottien, niiden ratojen tai työstökeskusten vikaantuessa tuotantolaitteiden huolto on hidasta. Tämä aiheuttaa huomattavia kustannuksia yritykselle layoutin kalliin toteutushinnan lisäksi.

6.4 Layout-ehdotus 3

Kolmannessa layout-ehdotuksessa työstökeskukset ovat aseteltu kahteen vastakkaisrivin siten, että työstökeskusten sivut ovat kohtisuorassa robottirataan nähden ja niitä palvelee yhdellä robottiradalla työstökeskusten sivuikkunoiden kautta.



Kuva 16. Layout-ehdotus 3

Tämä layout mahdollistaa ihmisten vapaan pääsyn työstökeskusten etuoville ja hallintapaneeliin robotin käyttäessä sivuikkunoita operointiin. Yksi robottirata tarvitsee vain yhden robotin, joka palvelee jokaista työstökeskusta. Mahdollisissa vikatilanteissa ihminen pääsee helposti operoimaan työstökeskusta. Aihoiden nouto sekä valmiiden kappaleiden tuonti on sijoitettu robottiradan päätyihin. Kappaleiden kuljetus tapahtuu ihmisvoimin trukeilla. Turvallisuusratkaisuksi suositellaan turva-aitoja ja valoverhoja. Robotin vikaantuessa koko tuotanto seisoo ja tämä lisää taloudellista riskiä. Robotin ja robottiradan hankinta sekä työstökeskusten uudelleen siirtäminen maksaa paljon. Todennäköisesti yksi teollisuusrobotti ei kykene palvelemaan kaikkia työstökeskuksia riittävän nopeasti ja tuotantonopeus ei tällöin ole optimaalinen.

YHTEENVETO

Robottien ja erilaisten CNC-koneiden yhteistoiminnan hyödyntäminen mahdollistaa yritysten tuottavuuden tuntuvaan parantamiseen. Yhä useammat yritykset etsivät keinoja tuotannon automatisointiin ja kustannussäästöjä. Tuotannon automatisointi ei silti aina sovi jokaisen valmistajan tarpeisiin ja siksi on tärkeää harkita sen etuja tarkkaan ja aloittaa se vähitellen, mikäli siihen päädytään.

Tämän projektin tuloksena Oy Hollmén & Co vakuutettiin tuotannon robotisoinnin eduista. Yrityksen edustajat tulivat SAMK:n RoboAI- sekä konetekniikan laboratorioihin katsomaan robottisolun demonstraation ja heidän esittämiin kysymyksiin vastattiin. Lisäksi heille esiteltiin yhteistyörobottien toimintaa yleisellä tasolla.

Suosittelen yritykselle layout-ehdotuksen 1 kaltaista alumiinikappaleiden tuotantoa johtuen pienistä kustannusriskeistä. Tällä layoutilla yrityksen on helppo tutustua robotin käyttöön ja saada lisää tietoa robotti-integraation laajentamisesta tulevaisuudessa. Robotti-investointeja voidaan porrastaa ja tämä lienee vähäriskisin tapa tuotannon robotisointiin.

LÄHTEET

Chakraborty, E. (2022). What Is Pneumatic Gripper: 9 Answers You Should Know. Viitattu 10.8.2022. <https://lambdageeks.com/what-is-pneumatic-gripper/>

CNC Machines. (2022). What are CNC Machines? Viitattu 10.8.2022. <https://cnc-machines.com/what-is-a-cnc-machine>

International Federation of Robotics. (2021). Industrial Robots: Main benefits of robot investments. Viitattu 26.8.2022. <https://ifr.org/industrial-robots>

McNeel Wiki. (2022). A Brief Explanation of CNC Machines and How They Work. Viitattu 8.7.2022. <https://wiki.mcneel.com/rhino/cncbasics>

MHI. (2022). Industrial Robots: Overview. Viitattu 5.7.2022. <https://www.mhi.org/fundamentals/robots>

Microcontroller Tips. (2022). International performance and safety standards for robots. Viitattu 26.8.2022. <https://www.microcontrollertips.com/international-performance-and-safety-standards-for-robots/>

Mobile Hydraulic Tips. (2022). Hydraulic Grippers. Viitattu 10.8.2022. <https://www.mobilehydraulictips.com/hydraulic-grippers/>

Occupational Safety & Health Administration. (2022). Robotics: Overview. Viitattu 25.8.2022. <https://www.osha.gov/robotics>

PFA Inc. (2022). What is a Vacuum Gripper? Viitattu 10.8.2022. <https://www.pfa-inc.com/what-is-a-vacuum-gripper/>

PFA Inc. (2022). What is an Electric Gripper? Viitattu 10.8.2022. <https://www.pfa-inc.com/what-is-an-electric-gripper/>

Reeco Automation Ltd. (2022). Cobollaborative Robot Safety. Viitattu 25.8.2022. <https://www.reeco.co.uk/cobot-safety/>

Robots Done Right. (2022). What is an Industrial Robot? Viitattu 10.8.2022. <https://robotsoneright.com/Articles/what-is-an-industrial-robot.html>

RobotWorx. (2022). Grippers For Robots. Viitattu 10.8.2022. <https://www.robots.com/articles/grippers-for-robots>

TechTarget. (2018). Definition: collaborative robot (cobot). Viitattu 5.7.2022. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/collaborative-robot-cobot>

Uko, E. (2022). Fundamentals of Pneumatic Grippers for Industrial Applications. Viitattu 26.8.2022. <https://www.digikey.fi/en/articles/fundamentals-of-pneumatic-grippers-for-industrial-applications>

VEX Robotics. (2022). What are Industrial Robots? Viitattu 5.7.2022. <https://education.vex.com/stemlabs/workcell/stemlab/industrial-robotics/what-are-industrial-robots>