



# **FANUC-ROBOTIN KÄYTTÖOPPAAN KEHITTÄMINEN**

Tommi Mikkonen

Opinnäytetyö

Helmikuu 2012

Automaatioteknologian koulutusohjelma

Ylempi AMK-tutkinto

Tampereen ammattikorkeakoulu

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
**Tampere University of Applied Sciences**

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Automaatioteknologian koulutusohjelma, ylempi AMK-tutkinto  
Tommi Mikkonen

Tekijä	Tommi Mikkonen
Opinnäytetyö	Fanuc - robotin käyttöoppaan kehittäminen
Sivumäärä	70 sivua + 27 liitesivua
Helmikuu 2012	
Työn ohjaaja	Lehtori Pauliina Paukkanen
Työn tilaaja	Tampereen ammattiopisto, ohjaajana insinööri Kyösti Lehtonen

---

Tämän tutkintotyön aiheena on Fanuc-robotin käyttöoppaan kehittäminen Tampereen ammattiopiston Hepolamminkadun toimipisteen kone- ja metalliosaston käyttöön. Tavoitteena oli kehittää helppokäyttöinen ohjekirja. Lisäksi käyttöohjeen avulla tuli voida opettaa robottiohjauksen perusteet mahdollisimman havainnollisesti ja informatiivisesti yksinkertaisilla harjoituksilla. Manuaalista oli myös tarkoitus jättää pois kaikki sellainen tieto, jota opiskelija ei tarvitse alkaessaan perehtyä robotiikkaan. Käyttöoppaan tavoitteena on myös esitellä käyttäjälle robotiikka kiinnostavana aiheena. Jotta manuaali palvelisi mahdollisimman hyvin sekä opettajien, opiskelijoiden että mahdollisesti työelämässä harjoittelussa olevien tarpeita, on kaikkien näiden ryhmien edustajien mielipiteitä kerätty kyselyillä ja haastatteluilla. Työtä kehitettiin oppilaiden kanssa normaaleissa opetustilanteissa. Lisäksi opiskelijoilta ja henkilöstöltä kyseltiin eri aihealueiden tarpeellisuutta, tärkeysjärjestystä ja käsittelylaajuutta ja tarjottiin mahdollisuus kertoa omia ideoita ja kehittämistoiveita. Saatuja tuloksia on käytetty hyväksi manuaalin tekemisessä. Työn on myös tarkoitus lisätä oppilaitoksen henkilöstön tietoja robotin ohjelmoinnista.

---

Asiasanat: Fanuc-robotti, käyttömanuaali, oppimateriaalin kehittäminen

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Automaatioteknologian koulutusohjelma, ylempi AMK-tutkinto

Writer	Tommi Mikkonen
Thesis	Development of a Fanuc robot manual
Pages	70 pages + 27 annexes
Date	20.2.2012
Tutor	Pauliina Paukkanen
Commissioner	Tampere College Kyösti Lehtonen

---

The subject of this thesis is the development of a Fanuc robot's user manual to be used in the office of Hepolamminkatu at the mechanical engineering department of Tampere College. The main objective of the project was to develop an easy-to-use instruction manual for the teaching of the basics of robot control. To achieve this goal, the intention was to develop simple exercises that would be as illustrative and informative as possible. All information that was not necessary for understanding the basics of robotics was left out of the manual.

Another objective in writing the manual was to present robotics as an interesting subject. In order for the manual to better meet the needs of the teachers, students and those in work training, surveys and interviews were made to collect opinions from representatives of all these groups. The user manual was developed in interaction with students in a typical classroom situation. In addition, students and members of the staff were asked about the importance, priority and extent of the instructions and were offered the opportunity to express their own views and ideas about developing the manual. The results that were obtained were used in the manual. The manual is also designed to help less experienced personnel about robot programming.

---

Key words: Fanuc- robots

## Sisältö

1	JOHDANTO.....	6
2	TAMPEREEN AMMATTIOPISTO .....	8
	2.1 Nuorten koulutus.....	9
	2.2 Kone- ja metalliala.....	9
	2.3 TAO:n Tulevaisuus.....	9
3	ROBOTIIKAN HISTORIAA.....	10
	3.1 Miksi sitten robotti?.....	12
	3.2 Teollisuusrobotti – kone koneiden joukossa.....	13
	3.3 Robottityypit.....	13
	3.4 Robottien koordinaatistojärjestelmät.....	15
	3.5 Koordinaatistokehykset.....	16
	3.6 Robotin ohjelmointi.....	17
	3.6.1 Opettamalla ohjelmointi.....	18
	3.6.2 Ohjelmointi käsiohjaimella.....	18
	3.6.3 Näyttämällä ohjelmointi.....	18
	3.6.4 Konenäköpohjainen ohjelmointi.....	19
	3.6.5 Tekstipohjainen etäohjelmointi.....	19
	3.6.6 Oliopohjainen etäohjelmointi.....	19
	3.6.7 Etäohjelmointi virtuaalisella käsiohjaimella ja mallipohjainen etäohjelmointi.....	20
	3.6.8 Automaattinen etäohjelmointi.....	20
	3.7 Liikkeen käskyt ja liiketyypit.....	21
	3.8 Tarraimet ja työkalut.....	22
	3.8.1 Tarraimet.....	23
	3.8.2 Mekaaniset tarraimet.....	23
	3.8.3 Imu- ja tyhjiötartunnat.....	24
	3.8.4 Tarraimen suunnittelun ja valinnan lähtökohtia.....	25
	3.8.5 Robotissa käytettävät muut työkalut.....	26
	3.8.6 Aistinjärjestelmät.....	26
	3.8.7 Konenäön tehtävät robottisovelluksissa:.....	27
	3.9 Teollisuusrobottien käyttökohteet.....	27
4	TAMPEREEN AMMATTIOPISTON ROBOTIT.....	30
	4.1 FANUC M-16i B 20 -robotti.....	30
	4.2 Kiertyvänivelinen robotti.....	30
	4.3 Fanuc M-16i B 20 -Robotin tekniset tiedot.....	31
5	KEHITTÄMISTYÖHÖN LIITTYVÄÄN MATERIAALIIN TUTUSTUMINEN.....	33
6	PEREHTYMINEN OPETUSSUUNNITELMAAN .....	36
	6.1 Kone- ja metallialan perustutkinto.....	36
	6.2 Automaatioasennus (4.3.2).....	37
	6.3 Koneautomaation asennus (4.5.2).....	38
	6.4 Levy- ja hitsaustyöt (4.2.2) ja levy- ja hitsausalan CNC-valmistus (4.5.17).....	38
7	KEHITTÄMISTYÖN PEDAGOGISET LÄHTÖKOHDAT.....	40
	7.1 Taitojen oppimisen vaiheet.....	40
	7.2 Havainnointiin perustuva oppiminen.....	41
	7.3 Opettajan toiminta oppimisen ohjaajana.....	42
	7.4 Opetuksen suunnittelun vaiheet ja tasot.....	43

8	OPPIMATERIAALIN KEHITTÄMINEN .....	45
8.1	Oppimateriaalin kehittämisen kohteet .....	45
8.2	Oppimateriaalin kehittämisen sykli .....	46
8.3	Vinkkejä kehittämiseen.....	46
8.4	Erlaisia opetuksen ja opetusmateriaalin kehittämismenetelmiä .....	47
8.4.1	Yhteisiä vahvuuksia .....	47
8.4.2	Yhteisiä haasteita .....	47
8.5	Keskustelut opiskelijoiden kanssa .....	48
8.6	Kysymykset opiskelijoille.....	48
8.7	Omat havainnot.....	49
8.8	Opintosuoritukset.....	49
8.9	Kyselylomakkeet .....	50
8.10	Kurssityöryhmä.....	50
8.11	Haastattelut .....	51
9	Sisältö ratkaisee .....	52
10	KEHITTÄMISTYÖ .....	54
10.1	Projektin aloitus .....	55
10.2	Oppilaitoksesta löytyvä materiaali.....	55
10.3	Vanhan materiaalin testaaminen .....	56
10.4	Kollegoiden haastattelut .....	56
10.5	Yrityselämän edustajan haastattelu.....	58
10.6	Vastaukset .....	58
10.7	Vastausten analysointi .....	59
11	ENSIMMÄINEN VERSIO .....	60
11.1	Versio 1.0.....	60
11.2	Version 1.0 palautteen analysointi.....	61
11.3	Versio 2.0.....	62
11.4	Version 2.0 testaus .....	63
11.5	Version 2.0 palautteen analysointi.....	64
11.6	Versio 3.0.....	64
12	TULOKSET JA POHDINTAA.....	65
13	TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT .....	67
	LÄHTEET.....	68
	LIITTEET .....	70

## 1 JOHDANTO

Tampereen ammattiopiston tekniikan koulutusalojohtajan Kyösti Lehtosen kanssa käymä keskustelu ylemmän AMK -tutkinnon suorittamiseen liittyvästä lopputyöstä esille nousi ajatus kone- ja metallialan perustutkintoon yhtenä osana kuuluvasta robottikoulutuksesta ja sen koulutusmateriaalin kehittamisestä. Lisäksi ammattiopiston halusta vastata kone- ja metallialan jatkuvasti kehittyviin haasteisiin ja toisaalta varmistaa opetus suunnitelmissa esitettyjen ammatillisen koulutuksen tehtävien ja tavoitteiden täyttymisestä. Tehtävänä oli suunnitella ja kehittää kone- ja metalliosaston jo olemassa olevan robottien käyttö- ja koulutusmanuaalia paremmin vastaamaan tämän päivän haasteita. Tärkeimpänä näkökohtana tehtävässä on saavuttaa oppilaiden helpompi lähestyminen moderniin tuotantomalliin, robotiikkaan.

Robotti koulutus kaipaisi uutta ja selkeää käyttömanuaalia, jossa tärkeimmät asiat olisi selitetty selkeämmin, kiinnostavammin ja niin, että oppilaille syntyisi myös innostusta ja edellytyksiä itsenäiseen opiskeluun ja tiedonhankintaan. Tavoitteena oli kehittää manuaali, jota nimenomaan olisi helpompi lähestyä. Lisäksi manuaalin avulla tuli voida opettaa robottiohjuksen perusteet mahdollisimman havainnollisesti ja informatiivisesti yksinkertaisten harjoitusten avulla.

Tarkoituksena ei ollut tehdä käyttömanuaalia, jonka avulla olisi ainoastaan helppo opettaa. Tarkoituksena oli tehdä manuaali, josta on helppo oppia. Kehitystyössä haastateltiin nykyisiä robotiikan opettajia, yritysten edustajia sekä nykyisiä oppilaita ja otettiin selvää heidän näkemyksistään, kehittämisideoistaan ja vaatimuksistaan nykyisen opetusmateriaalin kehittämiseen. Palautteen perusteella tehtiin tarvittavat johtopäätökset ja kehitettiin niitä parempaan suuntaan vertaamalla jo olemassa olevaan materiaaliin. Materiaalia testattiin ammattiopiston opiskelijoiden kanssa työn edistyessä. Palautteen perusteella tehtiin tarvittavat johtopäätökset ja kehitettiin materiaalia parempaan suuntaan. Lopputuloksena saatiin uusi, parempi ja helpommin lähestyttävä manuaali, joka vastaisi paremmin jatkuvasti kehittyviin teollisuuden haasteisiin. Näiden tavoitteiden kanssa toteutuu myös tavoite robottiopetuksen kehittamisestä entistä käytännön läheisempään suuntaan.

Ammattiopisto haluaa omalta osaltaan olla mukana tukemassa tavoitteiden saavuttamista. Tavoiteltavaa on myös saada investoinnit mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön, eli ammattiopiston tiloissa välineistön käyttöaste kasvaisi mielekkäämmän opetusmateriaalin avulla.

Lisäksi yksi tärkeimmistä työn lähtökohdista oli allekirjoittaneen oman robotti tietämyksen lisääminen ja kehittäminen, sillä tarkoituksena on ottaa robotiikka ja tämä materiaali mukaan omaan opetukseen. Siksi työssä on laaja osuus roboteista ja robotiikasta.

## 2 TAMPEREEN AMMATTIOPISTO



Kuva 1. Tampereen ammattiopisto; Hepolamminkadun yksikkö

Tampereen ammattiopistossa (TAO) opiskelee vuosittain yli 4500 nuorta, joista 700 suorittaa samalla lukio-opintoja. TAO tarjoaa yli 20 ammatillista perustutkintoa, joissa on lähes 40 eri koulutusohjelmaa. TAO on myös ammatillinen aikuiskouluttaja, joka tarjoaa noin 6000 aikuiselle ammatillista perus-, jatko- ja täydennyskoulutusta vuosittain. Jatkotutkintoina tarjotaan yli 20 ammattitutkintoa ja yli 10 erikoisammattitutkintoa. Ammatillisen perustutkinnon ohella TAO:ssa voi suorittaa myös lukion tai lukio-opintoja sekä osallistua ylioppilaskirjoituksiin. Opinnot kestävät kolme tai neljä vuotta, valinnoista riippuen. Ammatillisen lukio-opinnot järjestetään yhteistyössä Tampereen aikuislukion kanssa. TAO:ssa voi opiskella myös kaksi ammatillista tutkintoa samanaikaisesti. Elokuussa 2008 organisaatiouudistus muutti yksikkökohtaisen rakenteen koulutusalaakohtaiseksi. Tampereen ammattiopisto muodostuu nykyisin viidestä koulutusalaasta ja yhtenä kokonaisuutena toimivasta aikuiskoulutuksesta. Koulutusaloja ovat: tekniikka, palvelut ja liiketalous, sosiaali- ja terveysala, liikenne ja metsä sekä maahanmuuttajakoulutus. ([www.tao.tampere.fi](http://www.tao.tampere.fi))



## **2.1 Nuorten koulutus**

Tampereen ammattiopisto, TAO, tarjoaa peruskoulunsa päättävälle ponnahduslaudan tuhansiin töihin ja jatko-opintoihin. TAO:ssa arvostetaan tekemistä, osaamista ja ammattitaitoa. Tahto oppia ja kehittyä antaa hyvät avaimet menestymiseen tulevaisuudessa. TAO:ssa on välittävä ilmapiiri ja päivät työskennellään nykyaikaisissa oppimisympäristöissä hyvässä porukassa. Jatko-opintoihin tähtäävälle TAO:n tarjoama pohja antaa hyvät mahdollisuudet. Tiede- ja ammattikorkeakoulujen ovia voit aukoa sekä ammatillisella perustutkinnolla että ylioppilastutkinnolla - tai niiden yhdistelmällä.

([www.tao.tampere.fi](http://www.tao.tampere.fi))

## **2.2 Kone- ja metalliala**

Opiskelijamäärältään (noin 1350) suurin Tampereen ammattiopiston koulutusaloista on tekniikka, johon myös kone- ja metalliala kuuluu. Kone- ja metallialan opinnot opiskellaan pääsääntöisesti Hepolamminkadun toimipisteessä joitain poikkeuksia lukuun ottamatta. Kone- ja metallialan opiskelijamäärä on noin 490 opiskelijaa.

([www.tao.tampere.fi](http://www.tao.tampere.fi))

## **2.3 TAO:n Tulevaisuus**

Kaupunginhallitus on päättänyt 10.10.2011 kokouksessaan esittää lausuntonaan seutuhallitukselle, että Pirkanmaan koulutuskonsernin ja Tampereen ammattiopiston toiminnot yhdistetään ns. isäntäkuntamallilla. Myös Tampereen kaupungin järjestämä lukio-koulutus on samassa organisaatiossa. Lausunnossa esitetään, että yhdistyminen tapahtuu vuoden 2013 alusta lukien ja että neuvottelut Pirkanmaan koulutuskonsernin jäsenkuntien kanssa aloitetaan pikimmiten.

([www.tampere.fi/hallintojatalous/ajankohtaista/62Ka5Ieyq.html](http://www.tampere.fi/hallintojatalous/ajankohtaista/62Ka5Ieyq.html))

### 3 ROBOTIIKAN HISTORIAA

Usein roboteista muodostunut mielikuva on peräisin tieteiselokuvista. Robotteihin liittyvien tekniikoiden kehittyminen on ollut huimaa, ja robotit ovatkin tulleet ihmisille paljon läheisemmiksi mm. palvelurobotiikan ansiosta. Valtaosa roboteista on vielä teollisuuden tarpeisiin tehtyjä. Teollisuuden robotit ovat tärkeä osa sen toimintaa, ja ilman niitä monen yrityksen kilpailukyky ei riittä kovassa kansainvälisessä kilpailussa. Kuitenkin tärkein lenkki robottien käytössä on ihminen. Ihminen edelleen suunnittelee järjestelmät, kokoaa, ohjelmoi ja huoltaa ne. Robotiikassa yhdistyy eri alojen tietämys ja osaaminen. (Robotiikka. M. Pitkälä. 2008 )

Ennen kappaleenkäsittelyn automatisoiduissa sovellutuksissa käytettiin mekaanisia, hydraulisia ja pneumaattisia toimilaitteita, jotka rakennettiin sovelluskohtaisiksi. Laitteiden asetukset kestivät useita päiviä, mikäli asetuksia voitiin muuttaa ilman laitteiden täydellistä uusimista. Työstökoneiden panostus, työkappaleiden siirrot työnvaiheiden välillä ja valmiiden tuotteiden purku koneesta olivat tyypillisiä automatisointikohteita. Nämä ratkaisut soveltuivat suurien sarjojen ja pitkäikäisten tuotteiden valmistukseen. Vaatimukset tuotannon joustavuudesta, asiakasmyötävyydestä ja pienien sarjojen yleistyminen edellyttivät, että tuotantoautomaatioissa otettiin käyttöön ohjelmallisesti muunneltavat toimi- ja kappaleenkäsittelylaitteet. (Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

Ohjelmoitavat robotit olivat ideaalinen ratkaisu sarjatuotannon kappaleenkäsittelyn ongelmiin. 1980- ja 90 luvuilla robottisovellutukset vastasivat joustavuudeltaan aikaisempia toimilaitteautomatisointeja. Robottien työläs ohjelmointi esti robottien joustavuuden hyödyntämisen piensarjatuotannossa. Robottien nykyinen käyttövarmuus ja luotettavuus on hyvä. Robottien ohjelmointi on kehittynyt nopein askelin. Korkean tason ohjelmointitekniikat nopeuttavat robotti ohjelmien tekoa. Robotteihin liitetyt erilaiset anturit mahdollistavat älykkäiden ympäristön muutoksiin automaattisesti reagoivien robottien käytön entistä vaativammissa sovellutuksissa. (Robotiikka. M. Pitkälä. 2008 )

Seuraavat tilastot ovat Suomen robotiikkayhdistyksen julkaisemia :

- ensimmäinen robottilaite, autopilotti 1913, robottisana 1923 (näytelmässä RUR)
  - ensimmäinen teollisuusrobotti USA 1962
  - teollisuusrobotit yleistyivät 70-luvulla, lähinnä autoteollisuudessa (hitsaus)
  - 1980 maailmassa noin 8000 teollisuusrobottia
  - 1995 maailmassa noin 650 000 teollisuusrobottia
  - Suomessa robotisointi käyntiin 70-luvulla, pääpaino maalausrobotiikassa
  - 80-luvulla mukaan tuli hitsaus ja kappaleenkäsittely
  - 1984 -1987 hitsaussovelluksia 50 %, kokonaismäärä noin 500 kpl 1988...1991, uusia sovelluksia mm. laserleikkaus, robotteja yhteensä noin 1000 kpl, 1996 robotteja Suomessa noin 1650, vuonna 2000 robottien määrä oli 3193 ja vuonna 2007 jo 5821 kpl.
- Lukumäärä kasvaa kovaa vauhtia.

([www.roboyhd.fi](http://www.roboyhd.fi))

Robottivalmistajia:

- ABB (<http://www.abb.com/robotics>)
- Motoman (<http://www.motoman.com>)
- Fanuc (<http://www.fanucrobotics.co.uk>)
- KUKA (<http://www.kuka.com/en>)
- Kawasaki (<http://www.kawasakirobot.de/en>).

### 3.1 Miksi sitten robotti?

- tarve järkeistää raskaita työtehtäviä ja kappaleensiirtoja
- halu parantaa tuotteiden laatua
- tarve siirtyä miehittämättömien tuotantojaksojen käyttöön
- tarve turvallisuutta vaarantavien työtehtävien poistamiseen
- halu nostaa yrityksen imagoa uuden teknologian soveltajana
- saavuttaa kilpailijoiden mahdollisesti saama tuotantotekninen etumatka
- asiakkaan vaatimusten myötäileminen yrityksissä
- tuottavuuden ja kilpailukyvyn lisääminen
- ammattitaitoisten työntekijöiden puute (esim. hitsaus)
- raskaiden työtehtävien järkeistäminen ja eliminointi
- terveydelle vaaralliset työt tai työvaiheet, jotka aiheuttavat rasitusvammoja, voidaan automatisoida, robotit soveltuvat erinomaisesti käsityön korvaajiksi
- robotit mahdollistavat koneiden ja laitteiden käytön myös taukojen ja lomien aikana sekä iltaisin, öisin ja viikonloppuisin
- monessa yrityksessä miehittämättömien tuotantojaksojen käyttö on robotisointi investoinnin tavoite.

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

”Robotisointi on investointi, jonka kannattavuus on selvitettävä kustannus- ja investointilaskelmilla. Työvoimakulujen nousu tekee robotisoinnista yhä useammin kannattavan investointikohteen.” (Veikko Vainio ; Opinnäytetyö; 2009)


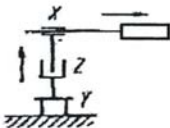
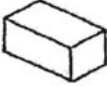

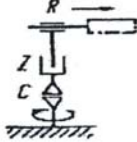


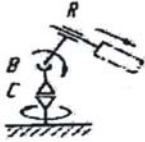


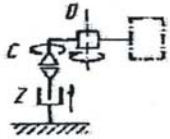


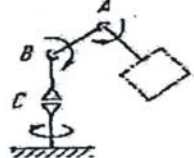


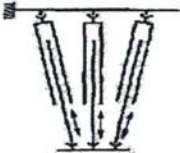

### 3.2 Teollisuusrobotti – kone koneiden joukossa

ISO 8373 määritelmän mukaan teollisuusrobotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen, vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. Uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennainen piirre. Yksinkertaistettuna teollisuusrobotti on mekaaninen kone, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla. Liikerata voi olla kokonaan etukäteen määritetty, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai antureiden perusteella liikkeiden aikana määritelty. Robotin jalustan ja työkalun välissä on tukivarsia, joita nivelet liittävät toisiinsa. Niveleitä liikuttavat takaisinkytketysti ohjattavat servotoimilaitteet. Teollisuusrobotit jaetaan yleensä luokkiin mekaanisen perusrakenteensa ja liikekoordinaatistonsa mukaan. Niitä kuvaavat termit (suorakulmainen, rinnakkaisrakenteinen, sylinteri, napakoordinaatisto ja rinnakkainen rakenne sekä SCARA ja kiertyvänivelinen). Kiertyvänivelinen on yleisin robottityyppi. Sen kaikki kuusi niveltä ovat kiertyviä. ([www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Robotit.doc](http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Robotit.doc))

### 3.3 Robottityypit

Teollisuusrobotti määritellään ohjelmointitavan, toimilaitteiden, nivelrakenteen ja käyttötarkoituksen perusteella monella tavalla. (kuva 2.)”Teollisuusrobotti on ohjelmoitava monitoimilaitte, joka on suunniteltu sekä käsittelemään että kuljettamaan osia tai työkaluja ja tarkoitettu muunneltavine ja ohjelmoitavine ratoineen erilaisiin tuotantotehtäviin”. Yksinkertaista toimilaitetta, joka lataa ja purkaa työstökoneita, ei voida vielä kutsua robotiksi, ellei sitä voida ohjelmoida uudelleen toiseen työtehtävään. Robottien rakenteessa on yritetty usein matkia ihmisen raajojen toimintaa ja rakenteissa onkin usein ihmisen käsivartta, rannetta ja kouraa vastaavat nivelliikkeet. Robotin käyttäjää ei kiinnosta liikkeisiin ihmisen kaltainen analogia eikä liikkeiden taustalla oleva eri koordinaatistojen matemaattinen hallinta eivätkä liikenopeuksien laskemiseksi käytetyt algoritmit. Käyttäjä on ainoastaan kiinnostunut siitä, suoriutuuko robotti sille suunnitelluista käsittely- ja siirtotehtävistä. (Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

Käyttösovelluksissa robotin tarkkuus on tärkeä tekijä. Useimpien robottien tarkkuus on rakenteesta riippumatta  $\pm 1$  mm, mutta nykyisin päästään parempaan tarkkuuteen. Koonpanarobotilta vaaditaan usein parempaa tarkkuutta, robotin on pystyttävä  $\pm 0.05 \dots 0.1$  mm:n asemointitarkkuuteen. Robottien kappaleenkäsittelykyky vaihtelee laajassa skaalassa: pienemmät robotit on suunniteltu 1- 5 kg kappaleiden käsittelyyn, suurimmat robotit nostavat jopa satojen kilojen taakkoja. ( Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

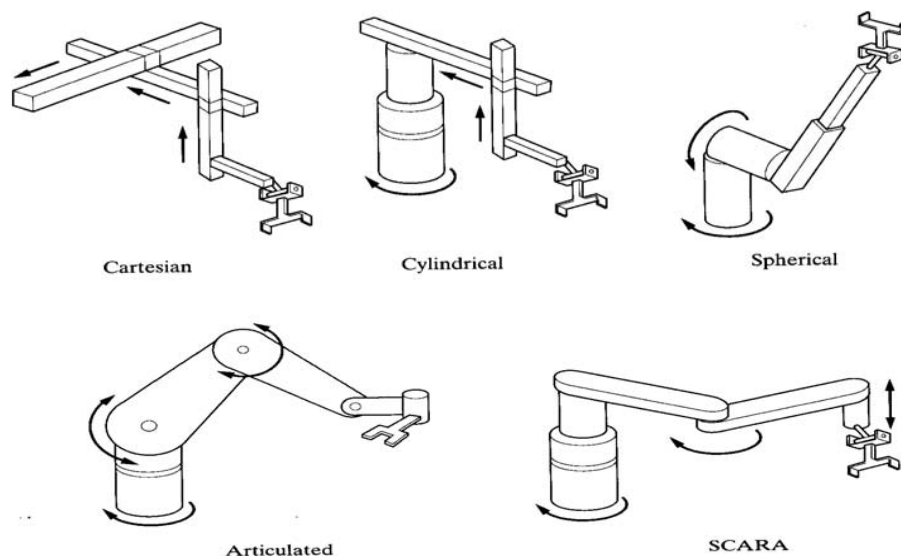
Nimitys pääakseleiden mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatistirobotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

Kuva 2. Yleisimpien robottityyppien rakenteita, kinematiikkaa ja työalueita (Kuivanen 1999, 12)

### 3.4 Robottien koordinaatistojärjestelmät

Robottien nivelet voivat olla rakenteeltaan hyvin monenlaisia, kuten pallomaisia, kiertäviä, suoraviivaisia tai liukuvia liikkeitä suorittavia. Yleisimmät robottien liikemuotoja ovat suoraviivaiset ja kiertävät liikkeet. Lineaariliikkeitä tarkoitetut toimilaitteet ovat yleensä hydrauliset tai pneumaattiset sylinterit sekä sähköiset lineaaritoimilaitteet. Kiertävät liikkeet ovat toteutettu yleensä sähköisillä servomootoreilla, mutta myös sähköisillä askelmootoreilla. Kiertoliikkeet voidaan toteuttaa myös hydraulisilla tai pneumaattisilla vääntömootoreilla. Robottien asetuksien säädössä niiden mekaanisen rakenteen on yhdenmukainen niiden käyttämän koordinaatistojärjestelmän kanssa.

- Cartesian (Suorakulmainen), kolme lineaarista nivelakselia
- Cylindrical (Sylinterimäinen), yksi kiertävä ja kaksi lineaarista nivelakselia
- Spherical (Pallomainen), kaksi kiertävää ja yksi lineaarinen nivelakseli
- Articulated (Nivelmäinen), kolme kiertävää nivelakselia
- Selective Compliance Assembly Robot Arm (SCARA), kaksi rinnakkaista vaakatason suuntaisen liikkeen kiertävää nivelakselia sekä yksi pystysuoran liikkeen lineaarinen nivelakseli (Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)



Kuva 3. Robottien koordinaatistojärjestelmät. Robotiikka. M. Pitkälä. 2008

### 3.5 Koordinaatistokehykset

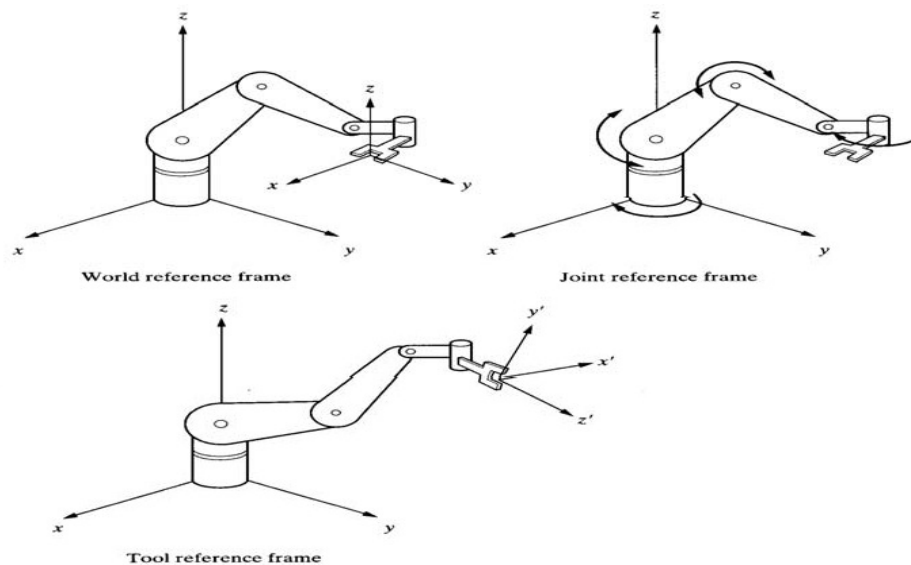
Teollisuusrobotin koordinaatistot (ISO 9787-1990) standardin mukaan ovat :

**Maailmakoordinaatisto**, kohdekehyksessä robotti liikkuu pääakselien  $x$ -,  $y$ -, tai  $z$ -, akselien suuntaisesti, jolloin samanaikaisesti voi robotin nivelistä useampi suorittaa oman liikkeensä. (Kuivanen 1999, 20)

**Nivel- eli peruskoordinaatisto**, kohdekehyksessä robotin jokaista yksittäistä niveltä liikutetaan erikseen.

(Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 261.)

**Työkalukoordinaatisto**, kohdekehyksessä on luotu työkalun mukainen koordinaatisto, jonka mukaisesti robotti suorittaa liikkeensä, mutta erona maailmankoordinaatiston mukaiseen liikkuttamiseen on se, että työkalukoordinaatisto liikkuu myös robotin liikkeen mukana. (Kuivanen 1999, 20)



Kuva 4. Robotin kohdekoordinaatistot : Maailmankoordinaatisto, työkalukoordinaatisto ja nivel- ja peruskoordinaatisto ( Introduction to robotics, Saeed B Niku 2010)



### 3.6 Robotin ohjelmointi

Ohjelmoinnin tärkeimmät tehtävät ovat seuraavat:

- Laatia logiikka ja toimintajärjestys robottivarsien liikkeille sovelluksessa tarvittavan työkalun liikkeiden toteuttamiseksi
- Käsivarren liikkeet tahdistetaan ympäristön signaaleihin tai muihin laitteisiin ja välitetään tietoa niiden välillä.
- Robotin toiminta virhetilanteissa.

Ohjelmointimenetelmät voidaan jakaa kahteen pää luokkaan :

	<b>OFF-LINE</b>
Ohjelmointi opettamalla	Tekstipohjainen etäohjelmointi
Ohjelmointi oliopohjainen	Oliopohjainen etäohjelmointi
Ohjelmointi tekstipohjainen	Ohjelmointi ”Etäohjaimella”
Ohjelmointi näyttämällä	Graafinen ohjelmointi
Ohjelmointi konenäköpohjainen	Automaattinen etäohjelmointi

Taulukko 1. Ohjelmointimenetelmät (Kuivanen 1999.)

On-line-ohjelmoinnissa huomioitavaa on se, että robottia tarvitaan ohjelmoinnissa eikä se samalla voi tehdä muuta työtä. Ohjelmointi off-line -ohjelmoinnissa tehdään ilman tuotantorobottia. Off-line- ohjelmoinnin jälkeen on usein tarpeen tehdä kalibrointi ohjelmoidun ympäristön ja todellisen ympäristön välillä.

(Malm, Viitaniemi, Marstio, Toivonen, Koskinen, Venho, Salmi, Laine, Latokartano. 2008, 95.)

### 3.6.1 Opettamalla ohjelmointi

Robotti ohjelmoidaan robotin käsiohjaimella ajamalla haluttuun pisteeseen. Piste tallennetaan ja siirrytään seuraavaan haluttuun pisteeseen. Samalla tallennetaan ympäristöön ja muuhun liikkeeseen liittyvät määrittöt (Malm ym. 2008.)

### 3.6.2 Ohjelmointi käsiohjaimella

Ohjelmointi voi olla myös oliopohjaista, valikkopohjaista tai tekstipohjaista. Kaksi ensimmäistä tapaa eivät edellytä ohjelmointikielen osaamista, kun taas viimeinen edellyttää sen.(kuva 5.) (Malm ym. 2008.)



Kuva 5. Fanuc -robotin käsiohjin. TAO T.Mikkonen 2012

### 3.6.3 Näyttämällä ohjelmointi

Robotille opetetaan tietty rata tai robotin käsivarsi viedään haluttuun asemaan. On olemassa erillisiä näyttölaitteita ja opetus käsivarsia, joilla robotille näytetään sen asema tai rata. (Malm ym. 2008.)

### **3.6.4 Konenäköpohjainen ohjelmointi**

Ensimmäisenä kohde kuvataan. Ohjelma laskee arvot esimerkiksi hitsattaville kohteille. Järjestelmästä riippuen käyttäjä merkitsee pisteiden väliset viivat tai hyväksyy/hylkää ehdotukset ja tarkistaa ehdotetut makrot. Ohjelmointi on nopeaa, koska käyttäjän ei tarvitse ohjelmoida pisteitä erikseen, vaan konenäköjärjestelmä päättelee ne itse. Ennen robotin opetusta on järjestelmään pitänyt ohjelmoida tiettyjä makroja, tunnistettavia kohteita ja kohdeaihoita. Etäisyystieto perustuu paneelityyppisissä kappaleissa kohteen korkeuteen. (Malm ym. 2008.)

### **3.6.5 Tekstipohjainen etäohjelmointi**

Ohjelmointi toteutetaan ulkopuolisella tietokoneella. Eri robottivalmistajien ohjaimilla on eri ohjelmointikieli. Ohjelmointi mahdollistaa monimutkaiset ohjelmarakenteet, kuten aliohjelmat yms. (Malm ym. 2008.)

### **3.6.6 Oliopohjainen etäohjelmointi**

Ohjelmointi tehdään ulkopuolisella tietokoneella valmiita ikoneja käyttämällä. Pisteet opetetaan erikseen. (Malm ym. 2008.)

### **3.6.7 Etäohjelmointi virtuaalisella käsiohjaimella ja mallipohjainen etäohjelmointi**

Ohjelman tuottamiseen käytetään tietokoneen 3D-graafista käyttöliittymää ja robotin sekä oheislaitteiden simulointimalleja. Ohjelmoinnissa voidaan hyödyntää myös tuotteen suunnittelun 3D-kuvia. Valmis ohjelma voidaan ajaa ja testata virtuaaliympäristössä. (Malm ym. 2008.)

Mallipohjaisen etäohjelmoinnin tyypillisiä vaiheita ovat seuraavat:

1. mallintaminen
2. kalibrointi
3. ohjelmointi
4. simulointi
5. alaslataus
6. testaus

(Malm ym. 2008.)

### **3.6.8 Automaattinen etäohjelmointi**

Tietokoneelle syötetään CAD-kuva, jota tietokoneohjelma analysoi ja pääättelee, mitä sille pitää tehdä. Ohjelma luo robotin liikkeitä ja korjaa törmäystilanteet ja ulottuvuusongelmat. Käyttäjä hyväksyy/hylkää tehdyt liikkeet ja tekee tarvittavat lisäykset. Toiminta jatkuu tämän jälkeen kuten mallipohjaisessa etäohjelmoinnissa. Tietokoneelle pitää opettaa ennen ohjelman käyttöönottoa sääntöjä, joiden mukaan ohjelmat tehdään. Kun ohjelmointi tehdään huolellisesti, ohjelman toiminto tarkastetaan myös käytännössä.

Tyypillisiä ohjelmien virheitä ovat mm.

- valittu väärä ohjelma
- muutoksista johtuva ohjelmavirhe
- ohjelmointivirhe, ilmenee robotin oikaistessa reittiä
- robotille ohjelmoitu mahdoton reitti

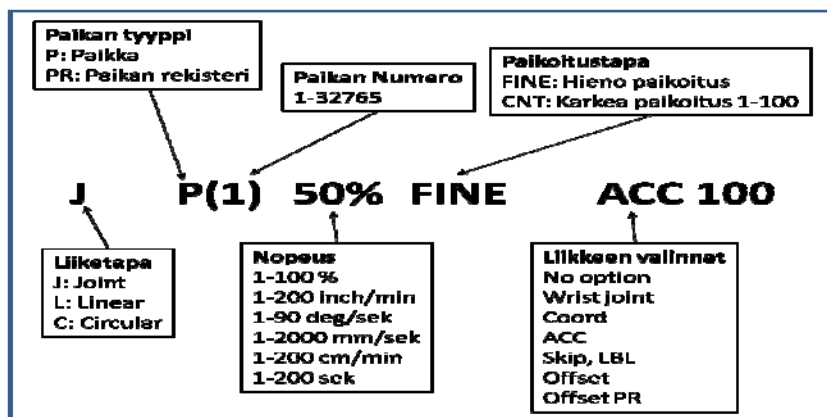
(Malm ym. 2008.)

### 3.7 Liikkeen käskyt ja liiketyypit

Liikkeen käskyt ohjaavat robottia liikkumaan määrättyyn asemaan solussa määritellyllä nopeudella. Liikkeen käskyjä ovat:

- liiketapa ( kuinka robotti liikkuu )
- paikan tyyppi ( mihin robotti liikkuu )
- nopeus % ( nopeus millä robotti liikkuu )
- paikoitustapa ( kuinka robotti paikoittuu tavoitepisteeseen )
- liikkeen valinnat

(Malm ym. 2008.)



Kuva 6. Liikkeen käskyt havainnollistettuna. J P (1) 50 % FINE ACC 100 on ohjelmointikäsky, joka tarkoittaa seuraavaa : Pisteeseen 1 liikutaan nivelliikkeellä nopeuden ollessa 50% maksiminopeudesta. Paikoitustapana hienopaikoitus.

### 3.8 Tarraimet ja työkalut

Robotin työkalulla tarkoitetaan mekaanista osaa, jota robotti siirtää asemasta tai pisteestä toiseen. Tavallisin työkaluista on tarrain. Toinen ryhmä on johonkin tiettyyn prosessiin osallistuvat työkalut, mm. hitsauspistooli, liimasuutin tai maalausruisku. Robottisovelluksessa yksi järjestelmäsunnittelun välttämättömiä osia on tarraimen suunnittelu. (Kuivanen 1999.)

Tarttujan tulee olla mahdollisimman kevyt, jotta robotin rajallinen kuorman käsittelykyky ei hupene pelkän tarttujan liikutteluun, vaan robotilla on myös voitava siirtää suuria hyötykuormia. Tarttujen materiaaliksi kannattaa valita keveitä ja lujia alumiiniseoksia sekä erilaisia kuituvahvisteisia muoveja.

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

Huomioitavaa tarttujen suunnittelussa on

- Soveltuvuus eri kappaleille
- Keveys
- Tartuntavoimien muodonmuutokset ja suuruus
- Voimien välitys (magnetismi, hydraulikka, paineilma)
- Tilavaatimukset
- Aseteltavuus eri kappaleille

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

### 3.8.1 Tarraimet

Tarraimen valinnassa ja suunnittelussa on tunnettava mahdolliset tartuntatavat ja tarraintyypit. Tarraimet voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- Avautuvat ja sulkeutuvat tarraimet: ulko- tai sisäpuolisella otteella
- Kiertyväsormiset ja rinnakkain suoraviivaisesti liikkuvilla sormilla varustetut tarraimet
- Pneumaattiset, hydrauliset tai sähköiset tarraimet
- Kaksi-, kolmi- ja useampisormiset tarraimet
- Jäykät ja joustavat tarraimet
- Kappalekohtaiset tai yleistarraimet sen kappalemäärän mukaan, johon tarraimella tartutaan
- Keskittävät tarraimet
- Magneettiset tarraimet
- Alipainetarraimet
- Sisäisesti laajenevat tarraimet
- Yksittäinen, kaksois- tai revolveritarrain
- Älykkäät anturoidut tarraimet
- Erikoistarraimet

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

### 3.8.2 Mekaaniset tarraimet

Erilaisilla mekanismeilla voidaan tuottaa sormien liikkeet. Mekaanisten tarraimien rakenteet ovat seuraavat:

- Epäkesko
- Ruuvi
- Nivelmekanismi
- Hammaspyörä ja hammastanko
- Vaijeriväkipyörä; myös muita on

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

### 3.8.3 Imu- ja tyhjiötartunnat

Alipainetartuntaelimiä käytetään sovelluksissa, joissa mekaanisen tarraimen käyttö on hankalaa. Imutartunnassa tartutaan työkappaleeseen yleensä vain yhdeltä suunnalta. Muoviset tai kurviset imukupit eivät naarmuta nostopintaa. Suurille kappaleille tartuntavoiman lisäys onnistuu lisäämällä imukuppeja. Usean imukupin järjestelmässä on turvallisuustekijänä huomioitava, että yhdenkin imukupin irtoaminen aiheuttaa alipaineen häviämisen, mikä johtaa kappaleen irtoamiseen, ellei käytetä varolaitteita. Imukupit vaativat tiiviin, puhtaan, sileän ja tasaisen pinnan. Tartunta kannattaa toteuttaa keskeisesti, kappaleen painopisteen kohdalle. Alipaineen muodostamiseen käytetään kahta tapaa: erillistä alipainepumppua tai ejektoria. Imukupin etuna on, että rakenne on yksinkertainen ja yleensä luotettava, sillä siinä on liikkuvia osia vähän. Huonot puolet ovat virhe- ja vaaratilanteet, jos alipaine katoaa äkillisesti. Imukuppi ei myöskään keskitä kappaletta. (Robottiikka. M. Pitkälä. 2008)



Kuva 5. Alipainetarttuja. TAO T.Mikkonen 2012



### 3.8.4 Tarraimen suunnittelun ja valinnan lähtökohtia

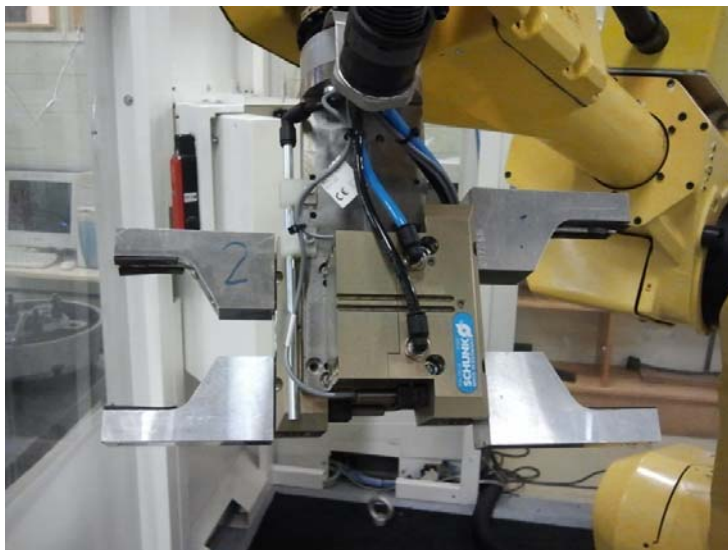
Robotin tarraimen suunnittelu on järjestelmäsuunnittelun yksi tärkeimmistä vaiheista.

Sen kaksi nyrkisääntöä ovat seuraavat:

1. Älä matki ihmisen toimintoja
2. Mieti kokonaisuutta.

Robotilla ei ole ihmisen monipuolista aistijärjestelmää, eikä näitä kahta voi verrata työtehtävissä. Työkaluja ja tarraimia suunniteltaessa on katsottava kokonaisuutena koko automatisointitehtävää, jossa työkalun tai tarraimen suunnittelu on vain yksi pieni mutta tärkeä osa sitä. Lähtökohtia ovat pieni koko ja paino, yksinkertainen rakenne, tartuttavien kappaleiden keskitys, luotettava tartunta ja perustilassa kiinni oleva tarrain. Luotettavan toiminnan kannalta tärkeimmät asiat ovat robotin hyötykuorma, toleranssianalyysi, tartuntamenetelmä ja kunnossapitönäkökohdat. On huomattava, että siirrettävät kappaleet ja tarrain muodostavat yhdessä robotin kuorman eli painava tarrain pienentää hyötykuormaa.

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)



Kuva 6. Tao:n Fanuc-robotin käytössä oleva tarttuja. T.Mikkonen 2012

### 3.8.5 Robotissa käytettävät muut työkalut

Joustavien työkalujen avulla on työstävien työkalujen kanssa (tasoitus, hionta, ja jäysteenoisto) kappaleiden muotopoikkeamien aiheuttamaa epätarkkuuden ongelmaa usein pienennetty. Kun epätarkkuudet aiheuttavat työkalulle voimia, työkalu joustaa. Joustavuuden ollessa sopivasti suunnattu ympäristön ja robotin välinen epätarkkuus ei aiheuta työskennellessä ongelmia. Joustavuutta käytetään jopa hyväksi jäljen tasoittamiseksi ja robotin anturiohjauksen viiveiden vaikutusten poistamiseksi. Oikeanlainen anturointi ja joustavuus on suunniteltava jokaiselle työkappaleelle ja työkalulle erikseen.

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

Prosessityökaluja ovat:

- Ruiskumaalaus-, liimaus- ja saumasuutin
- Kaari- ja pistehitsauspää
- Polttoleikkain
- Jyrsin tai hiomalaite
- Ruuvaustyökalu tai niittauslaite
- Valukauha

### 3.8.6 Aistinjärjestelmät

Konenäköjärjestelmät ovat tietokoneohjelmistoilla ja kameratekniikalla toteutettuja kappaleen ja hahmontunnistusta. Konenäköjärjestelmien hyödyt ja mahdollisuudet on tunnettu tuotantoautomaation ja robotiikan sovelluksissa jo pitkään. Robotiikkaan ensimmäiset yksinkertaiset näköjärjestelmät tulivat 80-luvulla. Sovellukset liittyivät kappaleen asennon tunnistamiseen. Tietokoneiden liian pieni laskentakapasiteetti asetti suurimman esteen konenäkösovellusten soveltamiselle. Kehitys tietokoneiden laskentatehoissa on mahdollistanut edullisten konenäköjärjestelmien toteuttamisen.

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

### 3.8.7 Konenäön tehtävät robottisovelluksissa:

Robottijärjestelmissä konenäköä tarvitaan silloin, kun perinteinen anturointi ei enää riitä ja kun halutaan minimoida mekaanisten kiinnittimien tai paikoittimien tarve. Konenäkö ei kaikissa tapauksissa kykene kilpailemaan hinnalla perinteisten (anturipohjaisten tai mekaanisten) ratkaisujen kanssa, vaan lähinnä sovelluskohteet ovat erikoissovelluksissa. Tilanne muuttuu hyvin nopeasti, sillä konenäköjärjestelmien lukumäärän huima kasvu tulee laskemaan järjestelmiin liittyvien komponenttien hintoja.

Robottisovelluksissa konenäköjärjestelmän tehtävät voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- Kappaleen tai kohteen sijainnin määrittäminen
- Kohteen luokittelu tai tunnistus laadun, värin, muodon, koon, tunnisteiden tai kappaleessa olevan tekstin perusteella.
- Kappaleen mittaus robotin liikeohjelman luomiseksi tai muokkaamiseksi

(Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)

### 3.9 Teollisuusrobottien käyttökohteet

Robotiikan hyödyntäminen ja robottien käyttö on Suomen konepajoissa voimakkaassa kasvussa. Tähän on vaikuttanut kone- ja metalliteollisuuden kehitys kilpailtaessa tuotantokustannuksien alentamiseksi. Robottien ominaisuudet ovat monipuolistuneet ja niiden hinnat ovat myös laskeneet. Robottien yleistymiseen Suomessa on vaikuttanut myös työn kalleus. Palkat ovat tasaisesti nousseet koko ajan, ja robotin hankintaa perustellaan tuotantokustannuksia alentavina. Aikaisemmin robotteja on ollut kannattavaa käyttää vain konepajateollisuuden suurten sarjojen tuotannossa. Nykyisin robotiikan käyttäjien kirjo on paljon laajempi ja perusteita sen käytölle löytyy monia. Robotiikan avulla yritys voi helposti järjeistää ja tehostaa tuotantoaan sekä vapauttaa henkilöresurssiaan mielekkäämpiin ja vaativampiin tehtäviin. Robotit oheislaitteineen ovat kuitenkin hinnakkaita investointeja, joiden takaisinmaksuaika voi olla pitkä. Robotin uudelleen ohjelmoitavuus on tästä syystä yksi sen tärkeimmistä ominaisuuksista. Mikäli jokin työvaihe lakkautetaan tai jonkin tuotteen valmistus lopetetaan, voidaan robotti ohjelmoida uudelleen suorittamaan muita tehtäviä. ( Opinnäytetyö, Riikka Mäki-Rahkola, 2009)



Kuva 7. Kuka-robotti sovellus. Kokoonpano- ja lajittelutehtävissä. ([www.penope.fi](http://www.penope.fi))

Suomessa robotteja käytetään eniten Suomen robotiikkayhdistyksen tekemien tilastojen mukaan elintarvike-, metalli- sekä kumi- ja muoviteollisuudessa. Näiden lisäksi paperi-, lääke- ja autoteollisuus ovat tavallisia robotisoinnin kohteita. Robotteja hyödynnetään yleisimmin erilaisissa kokoonpanotehtävissä, kappaleiden käsittelyssä, hitsauksessa tai muissa tuotannollisissa tehtävissä. Teollisuuden robottisovelluksia on olemassa lukuisia, ja uusia kehitellään koko ajan lisää. (Opinnäytetyö, Riikka Mäki-Rahkola, 2009)

Teollisuusrobotteja käytetään työstökeskusten tai –koneiden, sorvien palvelutehtävissä työkalun vaihtajana tai kappaleiden panostajana. Robotti huolehtii työstettävien kappaleiden asettamisesta esim. sorvin leukoihin sekä niiden poistamisesta työvaiheen jälkeen. Yksi robotti voi palvella useita työstökoneita. Koska konepalvelujärjestelmä sisältää vähintäänkin kaksi eri konetta (robotin ja työstökoneen), on järjestelmän toimivuuden kannalta tärkeää, että koneet synkronoidusti työskentelevät keskenään. Yleisimpiä teollisuusrobottien sovelluskohteista on hitsaus. Tavallisimmin robotisoituja ovat piste- ja kaasukaarihitsaus. Tehokkaan, automatisoidun hitsausprosessin suorittamiseen ei robotti kuitenkaan yksistään riitä. Hitsausrobotti tarvitsee myös hitsattavasta kappaleesta riippuen erilaisia pyöritys- ja kääntöpöytiä sekä hitsauskiinnittimiä, joiden avulla hitsattavat kappaleet voidaan paikoittaa tarkasti. (kuvat 9-12). (Opinnäytetyö, Riikka Mäki-Rahkola, 2009)



Kuva 8. FANUC-robotti työstökeskuksen kappaleen vaihtajana. ([web.satuoy.fi](http://web.satuoy.fi))



Kuva 9. Motoman hitsausrobotti. ([www.ttp-yhtiot.fi](http://www.ttp-yhtiot.fi))



Kuva 10. Maalausrobotti. ([www.nipema.fi](http://www.nipema.fi))

## 4 TAMPEREEN AMMATTIOPISTON ROBOTIT

### 4.1 FANUC M-16i B 20 -robotti

Tampereen ammattiopiston käytössä olevat robotit ovat mallia FANUC M-16i B20.

Se on Fastemsin toimittama robotti, jolla on tarkoitus siirtää materiaalia työstökoneiden käsiteltäväksi. Robotti voi toimia valmistuslinjalla kokoonpanotehtävissä, jäysteenpoistossa ja levyseppähitsaajaopiskelijat opettelevat niillä robottihitsausta.

### 4.2 Kiertyvänivelinen robotti

Nivelrobotti on robottityypeistä yleisin (kuva 13), jonka kaikki vapausasteet ovat kiertäviä. Robotilla on useimmiten kuusi vapausastetta, ja sen ulottuvuus sekä työalue ovat suhteellisen suuret. Kiertyvänivelisen robotin etuna ovat sen monipuoliset käyttömahdollisuudet, esim. kappaleenkäsittelyssä ja hitsauksessa sekä kyky suorittaa hankalia liikkeitä.



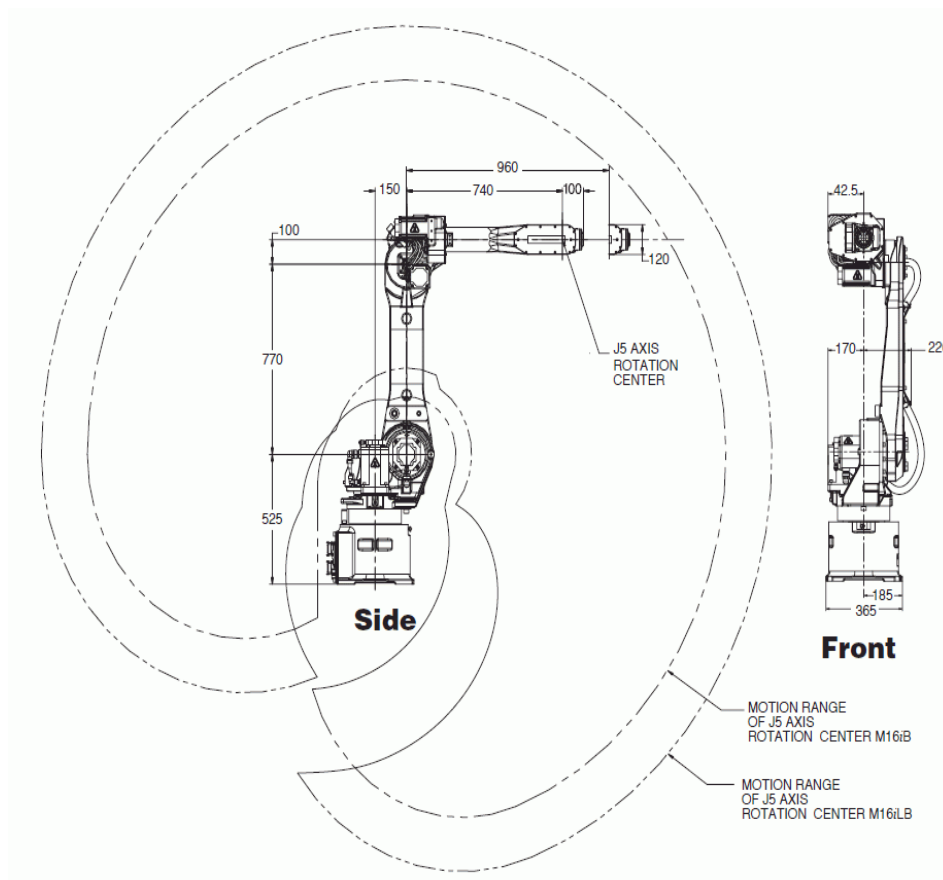
Kuva 11. Fanuc M16ib-20 robotti. ([www.robots.com](http://www.robots.com))

### 4.3 Fanuc M-16i B 20 -Robotin tekniset tiedot

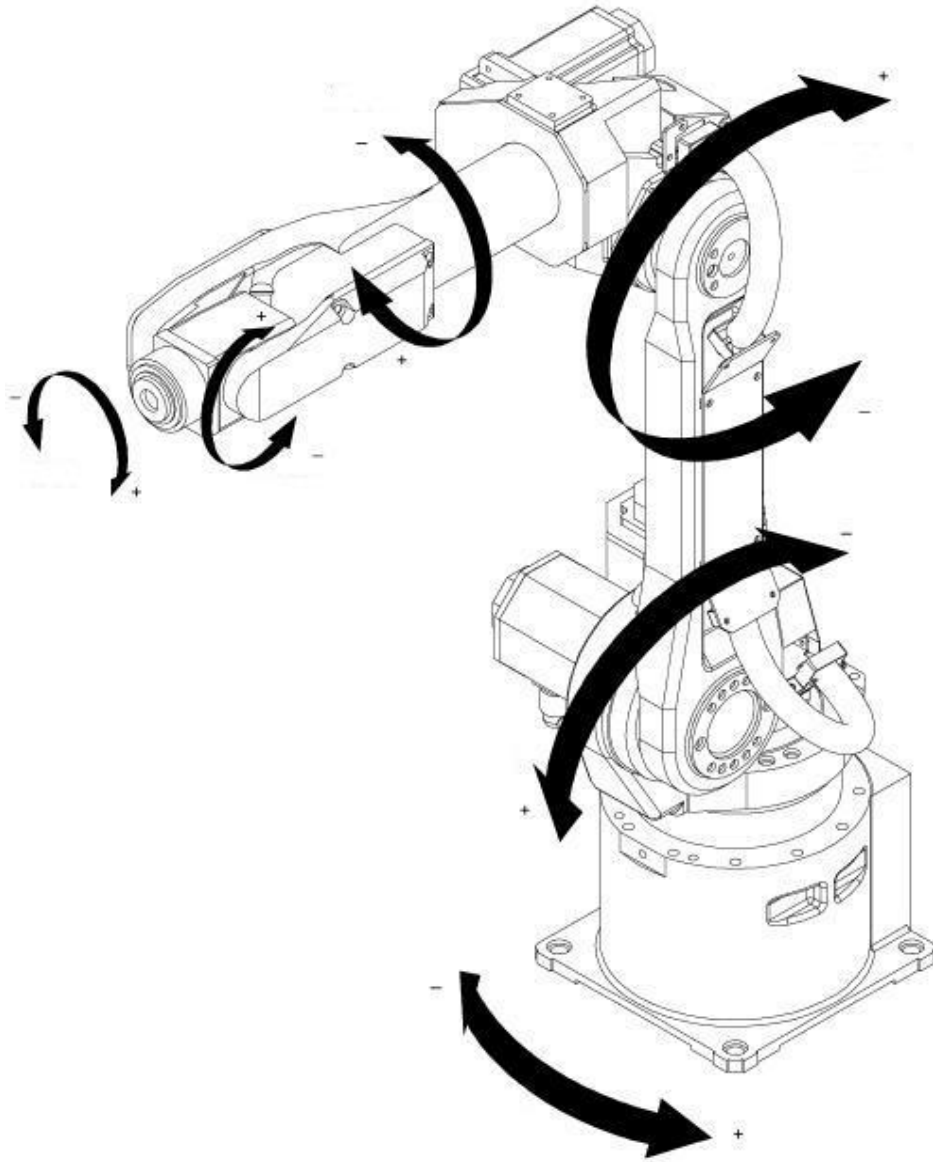
<b>Akselit :</b>	6
<b>Kantavuus :</b>	20 kg
<b>H-REACH :</b>	1667 mm
<b>Toistettavuus :</b>	± 0,08 mm
<b>Massa :</b>	220 kg
<b>Rakenne :</b>	Runko
<b>Asennus :</b>	pystyyn, ylösalaisin, kulma, seinä

Robot Motion Range :

$J1 \pm 170^\circ$ ,  $J2 +160^\circ$ ,  $-90^\circ$   $J3 +290^\circ$ ,  $-170^\circ$ ,  $J4 \pm 200^\circ$ ,  $J5 \pm 140^\circ$ ,  $J6 \pm 450^\circ$



Kuva 12.Fanuc -robotin työskentelyalue. ([www.robots.com](http://www.robots.com))



Kuva 13. Fanuc-robotin mekaaninen rakenne ja akselien liikesuunnat. (Fanuc manual)



## **5 KEHITTÄMISTYÖHÖN LIITTYVÄÄN MATERIAALIIN TUTUSTUMINEN**

Ensimmäisenä vaiheena oli tutustuminen oppilaitoksesta löytyvään robottimateriaaliin. Oppilaitoksesta löytyi robottivalmistajan ja robottitoimittajan robotin mukana tulleita kansioita ja lehtiöitä.

Yksi suurimmista ongelmista nousi heti tässä vaiheessa esiin. Robottitoimittaja (Fas-tems) pitää maksullisen koulutuksen robotin käytön ja ohjelmoinnin perusteista robotin kanssa työskenteleville ja luovuttaa heille, tässä tapauksessa oppilaitokselle kansion joka pitää sisällään tietoa, jota ainoastaan jo robotin ohjelmoinnin perusasioihin perehtynyt henkilö pystyisi hyödyntämään. Eli kansio sisältää ainoastaan ja vain niin sanottua ”hifistelyä”.

Ollessani yhteydessä robottitoimittajaan kävi ilmi että robottitoimittajat pidättävät itsellään oikeuden luovuttaa tätä robotin käytön ja ohjelmoinninperusteiden osiota.

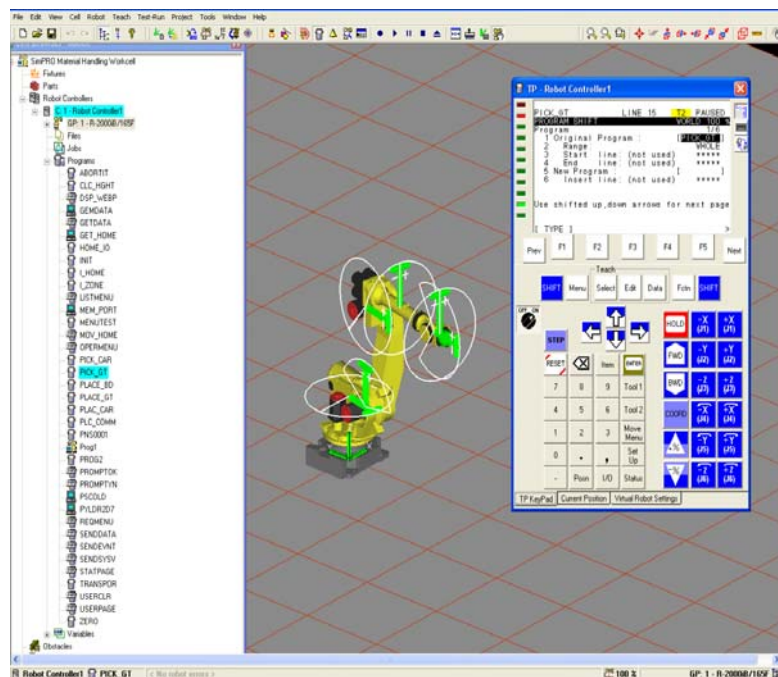
Materiaaleja tarkemmin tutkiessa huomattiin, että aineistoa ammattiopistolta manuaalin tekoon kyllä löytyi, mutta se oli pahasti hajallaan oppilaitoksen kansioissa ja siksi vaikeasti hyödynnettävissä tässä muodossa opetuskäyttöön.

Löytääkseen mahdollisesti muita lähteitä ja ideoita manuaalin kehittämiseen ammattiopistolta löytyvän materiaalin lisäksi oltiin yhteydessä yhteen yrityselämän edustajaan jolta tiedettiin löytyvän saman robottitoimittajan toimittaman samanmerkkisen Fanuc-robotin. Mutta yrityksellä oli aivan samankaltainen ongelma. Heiltä löytyi aivan sama materiaalikansio, josta puuttui juuri tuo robotin käytön ja ohjelmoinninperusteet osio. Heitä haastatteleamalla saatiin ideoita manuaalin kehittämiseen nimenomaan työelämän edustajan näkökulmasta eli siitä, mitä yrityselämä haluaisi opiskelijoiden jo osaavaan ennen työharjoittelun alkamista.

Internetiä selatessa huomattiin että suoraan opetuskäyttöön soveltuvaa materiaalia ei löytänyt, toki maksullisia versioita oli. Joitain englanninkielisiä sivustoja löytyi mutta niitä tutkittaessa huomattiin niiden olevan hyödyttömiä tässä tapauksessa.

Aivan uutena opetusmenetelmänä oppilaitokselta löytyy myös lisenssi Roboguide HandlingPRO-ohjelmaan.

Tehtyä manuaalia voidaan toivottavasti hyödyntää tulevaisuudessa myös tätä ohjelmaa käytettäessä. Tämän ohjelman käyttöä on tarkoitus lisätä opetuksessa. Ohjelmalla voidaan harjoitella robotin ohjelmointia luokkatilassa aivan kuin käytettäisiin oikeaa robotia ja tarvittaessa voidaan siirtää tehty ohjelma suoraan robotille. Tämä on niin sanottua OFF-LINE-ohjelmointia. Ohjelman sisältöön en sen enempää tässä yhteydessä paneudu. Alla olevassa kuvassa otanta ohjelmasta. ”*Robottien mallipohjainen ohjelmointi (off-line) tarkoittaa: robotin ohjelmointia ilman tuotantorobottia, tuotannon ulkopuolisessa tietokoneessa käyttäen 3D graafista käyttöliittymää ja robotin ja sen oheislaitteiden simulointimalleja sekä hyödyntäen valmistettavan tuotteen suunnittelun 3D-muototietoa.*” (Robotiikka. M. Pitkälä. 2008)



Kuva 14. Robotguide

Lisäksi haastateltiin oppilaitoksen muutamaa robottikoulutusta vetävää opettajaa mahdollisen materiaalin löytämiseksi. Opettajista yksi oli itse tehnyt pienimuotoisen aloituskansion robotin käytön ja ohjelmoinnin perusteista. Tämä kansio saatiin käyttöön kehitettäessä uutta manuaalia. Opettajilta saatu palaute nykyisestä materiaalista kasvatti uskoani opetusmateriaalin uudistamistarpeeseen. Opettajien antamat haastatteluvastaukset ja kehittämisideat löytyvät työn myöhemmässä osassa.

Lopuksi tutustuttiin opetussuunnitelmaan siitä, mitä opetushallitus määrää kone- ja metallialan perustutkinnon sisällöstä ja nimenomaan robotiikasta. Viimeisenä tutkiskeltiin myös pedagogisia lähtökohtia.

## 6 PEREHTYMINEN OPETUSSUUNNITELMAAN

Osiossa tutustuttiin mitä opetushallitus määrää kone- ja metallialan perustutkinnon sisällöstä ja nimenomaan robotiikasta. Nykyinen robotiikan koulutuksen laajuus oppilaitoksessamme ei riitä tuottamaan teollisuuteen korkeatasoisia robottiosaajia osittain suppean käyttö- ja koulutusmateriaalin takia. Kehittämistyö pureutuu myös tähän ongelmaan. Työssä on pyritty löytämään työkaluja robotiikan koulutuksen kehittämiseen. Seuraavissa kappaleissa tulee esille niiden koulutussuuntien laajuus, joissa robotiikkaa ammattiopistolla opetetaan. (Opetushallitus. Opetussuunnitelma. 2010)

### 6.1 Kone- ja metallialan perustutkinto

Opetushallitus: Kone- ja metallialan perustutkinto. Ammatillisen perustutkinnon perusteet

#### MÄÄRÄYS

DNro : D: 39/011/2010

Antopäivä : 19.05.2010

Voimaantulopäivä : 01.08.2010

Voimassa : Toistaiseksi

Laki ammatillisesta koulutuksesta 630/1998 § 13 mom 2

Asetus ammatillisesta koulutuksesta 811/1998 § 10 § 12

Laki ammatillisesta aikuiskoulutuksesta 631/1998 § 13 mom 2

## AMMATILLISEN PERUSTUTKINNON PERUSTEET

### Kone- ja metallialan perustutkinto

Opetushallitus on päättänyt kone- ja metallialan perustutkinnon perusteista (opetus-suunnitelman ja näyttötutkinnon perusteet) liitteen mukaisesti. Määräystä on noudatettava 1.8.2010 jälkeen alkavassa peruskoulutuksessa (opetussuunnitelmaperusteinen koulutus) ja näyttötutkinnoissa. Opetussuunnitelmaperusteisessa koulutuksessa koulutuksen järjestäjän tulee laatia ja hyväksyä opetussuunnitelma noudattaen, mitä näissä tutkinnon perusteissa on määrätty. Järjestettäessä näyttötutkintoon valmistavaa koulutusta koulutuksen järjestäjä päättää koulutuksen sisällöstä ja järjestämisestä tutkinnon perusteiden mukaisesti. Koulutuksen osallistuvalla tulee osana koulutusta järjestää mahdollisuus suorittaa näyttötutkinto. Koulutuksen järjestäjä, tutkinnon järjestäjä ja tutkintotoimikunta eivät voi jättää noudattamatta tätä määrystä tai poiketa siitä. (Opetushallitus. Opetussuunnitelma. 2010)

### 6.2 Automaatioasennus (4.3.2)

#### **Ammattitaitovaatimukset :**

Tutkinnon osan suorittaja pystyy asennuspiirustusten ja kytkentäkaavioiden mukaan rakentamaan annettujen toimintavaatimusten mukaisen automaatiolaitteen tai sen osakokonaisuuden. Hän osaa tehdä käyttöönottoon liittyvät mittaukset ja säätää automaatiojärjestelmän toimimaan haluttujen toiminta-arvojen mukaisesti. Hän osaa käynnistää ohjausjärjestelmän, tehdä siihen pieniä muutoksia ja laatia pienimuotoisia ohjausohjelmia mallien avulla.

Tutkinnon osan suorittaja osaa mm:

- robotiikan käytön perusteet automaatiojärjestelmän osana
- ohjelmoida robottia ja käyttää sitä osana automaatiojärjestelmää.

(Opetushallitus. Opetussuunnitelma. 2010)

### 6.3 Koneautomaation asennus (4.5.2)

#### **Ammattitaito vaatimukset:**

Tutkinnon osan suorittaja tuntee robotin toiminnan ja sähköpneumaattisen järjestelmän rakenneosat sekä niiden toimintaperiaatteet niin, että hän pystyy asennuspiirustusten ja kytkentäkaavioiden mukaan rakentamaan annettujen toimintadokumenttien mukaisen pienimuotoisen ohjausjärjestelmän. Hän osaa ohjelmoida robotin ja järjestelmän toimimaan haluttujen toiminta-arvojen mukaisesti, tehdä siihen pieniä muutoksia ja laatia pienimuotoisia ohjausohjelmia. (Opetushallitus. Opetussuunnitelma. 2010)

Tutkinnon osan suorittaja osaa mm:

- tunnistaa erilaiset robottityypit ja rakenteet
- tehdä itsenäisesti käsiohjaimen avulla robotille ohjelman
- kytkeä robottiin liitettäviä automaatiolaitteita ja yhdistää ohjelmallisesti laitteet toimivaksi kokonaisuudeksi
- käyttää tarvittaessa erilaisia koordinaatistoja sekä paikoitustapoja.
- koeajaa tuottamansa ohjelman ja käyttää ohjelmaa myös tuotantoajossa
- tuntee CNC-koneiden ja robottien ohjauksen periaatteet
- laatia yksinkertaisia ohjelmia robotille

### 6.4 Levy- ja hitsaustyöt (4.2.2) ja levy- ja hitsausalan CNC-valmistus (4.5.17)

#### **Ammattitaitovaatimukset**

Tutkinnon osan suorittaja osaa tehdä työpiirustuksen mukaan jonkin yksinkertaisen ohutlevytyökokonaisuuden, siihen liittyvät peruslevytyöt, polttoleikkauksen ja levyjen liittäminen eri menetelmillä sekä hitsauksen kaasu-, puikko- ja MAG-hitsausprosesseilla. Lisäksi hän osaa laatia levykappaleiden työpiirustuksia käsin piirtämällä ja CAD-ohjelmalla sekä tehdä kappaleiden viimeistelytyöt ja tarkistusmittaukset. Tutkinnon osan suorittaja osaa tehdä levytyökokonaisuuksia alkaen levyraaka-aineesta ja päätyen hitsatuksi kokonaisuudeksi, joka on viimeistely pintakäsittelyä tai muuta jatkokäsittelyä varten. (Opetushallitus. Opetussuunnitelma. 2010)

Tutkinnon osan suorittaja tekee työohjeiden ja piirustusten mukaan monimuotoisia levyosia jollakin CNC-ohjatulla levyntyöstökoneella (laser-, vesi-, poltto- ja plasmaleikkauskoneella tai robotilla ja siihen kiinnitetyillä laitteilla). Hän tuntee hyvin käyttämänsä koneen toimintaperiaatteet ja osaa käyttää sitä turvallisesti ja tuottavasti.

Tutkinnon osan suorittaja osaa mm:

- tehdä CNC-ohjatulle levyntyöstökoneelle levyosien leikkaukseen liittyviä ohjelmia piirustusten mukaisesti (CNC-laserleikkauskone, CNC-vesileikkauskone, CNC-polttoleikkauskone, CNC-plasmaleikkauskone tai robotti)
- yleisimmät hitsausrobottijärjestelmät ja niissä käytetyt ohjelmointitavat
- robotin koordinaattitot ja liiketyypit
- ohjelmoida ja käyttää työpaikkansa hitsaus- tai kappaleenkäsittelyrobottia

Tutkinnon osan suorittaja osaa käyttää hitsauksen mekanisointilaitteita ja hitsata automatisoidulla hitsausprosessilla, kuten robotihitsausasemalla, asettaa robotihitsauslaitteiston käyttökuntoon, ohjelmoida robotin hitsaustehtäviin ja käyttää sitä, syöttää ohjelman robotin käyttömuistiin sekä suorittaa ohjelman toiminnan tarkistuksen käsinajona ja automaattiajona robotin koordinaattijärjestelmät.

(Opetushallitus. Opetussuunnitelma. 2010)

## 7 KEHITTÄMISTYÖN PEDAGOGISET LÄHTÖKOHDAT

Kehittämistyötä tehtäessä tutustuttiin myös pedagogisiin lähtökohtiin. Tarkoitus oli löytää mahdollisia hyviä lähestymisnäkökulmia manuaalin kehittämiseen.

Käytännön työtaitoja ei voi oppia pelkästään lukemalla tai katsomalla. Työtaitojen oppimiseen tarvitaan myös tekemällä oppimista. Perusteiden oppimisen jälkeen kehittyminen tapahtuu tekemällä käytännön työtä. Ammattiin tarvittavia perusteita opitaan oppilaitoksissa tai koulutuksissa, kun taas työpaikoilla opitaan työkuulttuuri, työrutiinit ja joutuisa työskentely. Työyhteisössä oppija oppii itse tekemällä ja omaa työtään tarkkailemalla sekä kokeneemmilta ammattilaisilta saadulla hiljaisella tiedolla.

(Salakari 2007, 7.)

### 7.1 Taitojen oppimisen vaiheet

Taitojen oppiminen jaetaan kolmeen vaiheeseen:

- 1) kognitiivinen
- 2) kiinnittäminen
- 3) automaatio

Työn periaatteet opitaan kognitiivisessa vaiheessa. Opittavaa asiaa analysoidaan ja kuvaillaan sanallisesti yhdessä oppijan ja opettajan kanssa. Kuvaillaan menettelytapoja ja sitä mitä on odotettavissa ja mitä korostetaan erityisesti sekä pohditaan mahdollisia virhemahdollisuuksia. Vaiheen kesto vaihtelee muutamasta tunnista muutamiin päiviin riippuen opittavasta asiasta. (Salakari 2007, 25.)

Opittujen taitojen periaatteita harjoitellaan kiinnittämävaiheessa. Jatkuvalle harjoituksella kiinnitetään oikeat käyttäytymismallit. Vaiheen aikana soveltumattomien menettelytapojen ja virhesuoritusten määrä putoaa lähelle nollaa. Vaihe kestää viikkoja tai jopa kuukausia, jos opittava tehtävä on monimutkainen. (Salakari 2007, 25.)



Automaatiovaiheessa oppija lisää vähitellen virheettömien suoritusten suoritusnopeutta ja tarkkuutta. Oppija kykenee vähentämään muista tekijöistä johtuvaa häiriöalttiutta ja lisäämään asteittain stressinsietokykyään.

(Salakari 2007, 25.)

## **7.2 Havainnointiin perustuva oppiminen**

Taitoja oppiessa oppija muodostaa työsuorituksestaan malliin perustuvan kuvan ja suoritus jäljittelee saatua mallia. Malli työn suorittamiseen on voitu saada opettajalta, kouluttajalta, työpaikalta, vanhemmilta tai jollain muulla tavalla. Suurimman osan käyttäytymisestään ihminen oppii havainnoimalla malleja. Havainnointi eli mallioppimiseen perustuva oppiminen muodostuu neljästä prosessista, jotka voidaan jakaa alaprosesseihin:

- 1) huomion kiinnittäminen
- 2) muistaminen
- 3) motoristinen toistaminen
- 4) motivationaalinen

Oppiakseen havainnoimalla on kiinnitettävä huomiota tiettyihin toiminnan merkittäviin piirteisiin. Se, mitä asiaa havainnoidaan, määritetään huomion kiinnittämisellä.

Oppimisen kannalta osa havainnoista on olennaisempia kuin toiset. Opimme kohtaamalla asioita niissä asiayhteyksissä kuin ne ilmenevät. Oppimisen vaikuttaa kykymme käsitellä tietoa. Aiemmat kokemukset ja taustamme vaikuttavat siihen, miten tulkitsemme huomioimaamme ja huomioimme asioita.

(Salakari 2007, 49.)

Emme voi oppia, jos emme muista toimintoja, jotka olemme mallintaneet. Hyötyäksemme malleista, jotka eivät ole enää havainnoitavissa, on mallien oltava symbolisessa muodossa muistissamme tallentuneina. (Salakari 2007, 49 - 50.)

Osataitojen tarvittava osaaminen tekee oppimisen mahdolliseksi. Suoritus jää epätäydelliseksi, jos ei osata osaitaitoja. Suoritusta ei osata alkuvaiheessa virheettömästi. Tarkkaan suoritukseen päästään vasta korjaavien suoritusten jälkeen. (Salakari 2007, 50.)

Uudenlaisen toiminnan omaksuminen parantuu, jos siitä on jotain hyötyä oppijalle. Helpoimmin omaksutaan sellainen käyttäytyminen tai toiminta, joka on tehokkaampaa. Mallin taustalla vaikuttavat tekijät on tunnettava. Oppiakseen on huomioitava asioita, muistettava oppimaansa ja saatava palkkioita. (Salakari 2007, 50.)

### **7.3 Opettajan toiminta oppimisen ohjaajana**

Opettajan rooli taitojen opetuksessa on alkuvaiheessa merkittävä. Esimerkiksi opettaessa ympäristössä, jossa toimitaan konkreettisten asioiden, kuten lopputuotteen, valmistamisessa erityisen merkittäviä taitoja opettajan osalta ovat oppimisen ohjaus, palaute, arviointi, tavoitteiden asettaminen ja tiedon ja taidon siirtämisen edistäminen. Arviointi voidaan tehdä vertaisarviointina, itsearviointina ja opettajan tekemänä arviointina. (Salakari 2007, 76 - 77.)

Periaatteena demonstraatiossa on, että oppija jäljittelee opettajan esittämää suoritusta. Ongelmaksi voi tulla oppijoiden rohkeuden heikkeneminen, jos he eivät osaa suoritusta, jonka opettaja on vaivattomasti heille esittänyt. Ratkaisuna opettaja voi jakaa suorituksen pienempiin osiin, jotka hän demonstroii vaihe vaiheelta. Suorituksen hidastaminen edistää myös oppijoiden mukana pysymistä. (Salakari 2007, 77.)

Vierailut auttavat oppijaa muodostamaan oikeanlaisen mallin työn lopputuloksesta tai työtavoista. Oppijat voivat jakaa oppimiskokemuksensa keskenään ja arvioida opittua yhdessä opettajan kanssa vierailun jälkeen. (Salakari 2007, 77.)

Vain riittävän harjoittelun myötä on mahdollista taitojen oppiminen. Taitojen kehittymisen kannalta on tärkeää saada kokeneen ammattilaisen tai opettajan palaute. Vain tekemällä työtä voi oppia. (Salakari 2007, 78.)

#### **7.4 Opetuksen suunnittelun vaiheet ja tasot**

Opetuksen suunnittelun vaiheet ovat:

- 1) koulutustarpeen arviointi
- 2) oppija-analyysi
- 3) oppimistavoitteiden asettaminen
- 4) oppimissisältöjen valinta ja jäsennys
- 5) työtavat ja opetusmenetelmät
- 6) oppimisen ja opetuksen arviointi

Koulutustarpeen arviointi riippuu siitä, millaiset tavoitteet koulutukselle asetetaan. Kouluttajan on määriteltävä oppijoiden oppimistasot koulutuksen tavoitteisiin sekä tunnettava oppijoiden osaamisen tasot. Oppija-analyysissä selvitetään, mitä oppijat osaavat tai tietävät jo? Kiinnostuksen kohteet, taustat ja ikä vaikuttavat siihen, mitä oppijat jo osaavat ja miten opetusta on parasta toteuttaa. Tyypillistä on, että eri oppijat oppivat eri tavalla. (Salakari 2007, 181.)

Oppimistavoitteiden asettamisen tulee olla konkreettista tekemisen osaamista kuvaava, kun kyseessä on taitojen oppiminen. Hyvä oppimistavoite on ohjaava, mielekäs, realistinen ja selkeä sekä toimintaa ja arviointia suuntaava. Oppimissisältöjen valinnassa ja jäsennyksessä mietitään mitä halutaan oppijan oppivan. Kokonaisuuksista edetään yksityiskohtiin. On eroteltava sen välillä mikä olisi hyvä osata ja mikä täytyy osata. (Salakari 2007, 181.)

Suunnitellessa työtapoja ja opetusmenetelmiä on tekemällä oppiminen perusmenetelmä taidon oppimisessa. Tavoitetta tukee oppijoiden oma tiedonhankinta ja monipuolinen tiedonjakaminen. Taitojen oppimisen alkuvaiheen kannalta on keskeistä opettajan tai vanhemman kollegan esittämä demonstraatio. (Salakari 2007, 181.)

Oppimisen ja opetuksen arvioinnissa tiedon taso saadaan selville perinteisellä teoriakokeella tai kyselemällä. Taidon taso selviää vasta, kun oppija tekee suorituksen itse. Pidempiaikainen seuranta on arvioinnin kannalta parempi. Oppijan oppimisen perusedellytys on oppijan itsearviointitaito. (Salakari 2007, 182.)

## 8 OPPIMATERIAALIN KEHITTÄMINEN

Oppimateriaalin kehittämisen avulla voit

- hankkia tietoa oman opetuksen tueksi
- arvioida oppimisen ja/tai opetuksen laatua

Oppimateriaalin kehittämisen menetelmä tai tapa vaikuttaa siihen mitä tietoa saadaan. Kun kerätään tietoa tai laaditaan mittareita, määritellään samalla mitä tietoa kerätään. Itsessään tiedon keruu ei ole hyödytöntä tai hyödyllistä. Hyöty tulee sen mukaan mitä tietoa kerätään ja mihin sitä aiotaan käyttää ja millaisia johtopäätöksiä siitä pystytään vetämään. Tiedonkeruun kautta opettaja pystyy samalla määrittelemään, mitä pitää huonona tai hyvänä opetuksena. (O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

### 8.1 Oppimateriaalin kehittämisen kohteet

Kehittämisen kohteita voivat olla :

- Asian oppiminen (tärkein kohde?)
- Ryhmätöiden kehittäminen
- Oppimisen arvioinnin kehittäminen
- Oppituntien kehittäminen
- Opettajan toiminta
- Opetusjärjestelyt

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.2 Oppimateriaalin kehittämisen sykli

- Halu kehittää
- Tieto tai aavistus siitä missä osa-alueissa voisi olla kehitettävää tai minkä kehittämisen vaikuttaa eniten materiaalin onnistumiseen.
- Kehitettävien kohteiden valinta (mietitään mihin omat resurssit riittävät ja kannattaako keskittyä vain muutamaaan).
- Huonon ja hyvän toiminnan määrittely. Määritellään mitä onnistuminen ja epäonnistuminen kehittämiskohteessasi merkitsee. Määritellään nämä niin, että se ohjaa tiedonhankintaa
- Tiedon keruu
- Saadun tiedon analysointi ja johtopäätökset. Käydään läpi kerätty tieto, verrataan sitä asetettuihin onnistumisen ja epäonnistumisen määrittelyihin. Vedetään johtopäätöksiä siitä mikä oppimisessa ja opetuksessa vaatii kehittämistä
- Kehittämiskohteiden valinta. Mietitään , mistä ongelmat tai haasteet oikeasti johtuvat. Pyritään korjaamaan seurauksien sijasta syitä
- Kehittämistoimenpiteiden tekeminen.

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.3 Vinkkejä kehittämiseen

- Otetaan kehittämiseen mukaan opiskelijat (kohteet) ja tehdään kehittämistä yhdessä
- Otetaan muita opettajia mukaan kehittämiseen
- Luotetaan omaan intuitioon
- Yksikään palautejärjestelmä ei kehitä suoraan opetusta mutta sen pohjalta voi kehittää opetusta
- Suunnittelematon palautteen kerääminen tuhlaa opiskelijoiden ja omaa aikaa
- Ei luoteta suoraan kerättyyn tietoon vaan omaan kykyyn vetää johtopäätöksiä tiedon pohjalta

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.4 Erilaisia opetuksen ja opetusmateriaalin kehittämismenetelmiä

### 8.4.1 Yhteisiä vahvuuksia

- Materiaalin arvioinnin kautta voi hankkia tietoa opetuksesta ja oppimisesta
- Materiaalin arviointi on yksi tapa kehittää opetusta
- Materiaalia arvioimalla saa käsityksen kehittämiskohteista ja materiaalin vahvuuksista

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

### 8.4.2 Yhteisiä haasteita

- Materiaalin kehittämisen alulle panijan pitää tietää mihin tarkoitukseen materiaali tehdään. On hyvä suunnitella etukäteen mitä saatavilla arvioinnin tuloksilla tehdään
- Kehittämistyö jää helposti pöytälaatikkoon
- Kehittämistyön kohteet (opiskelijat ja/tai opettajat) eivät välttämättä kehittämiseen ole sitoutuneet
- Jos kehittämistyö koetaan uhkana tai sen avulla arvotetaan opetusta voi kerättävä palautetieto olla vääristynyttä
- Kehittämistyöstä ei heti vedetä käytännön toimenpiteitä kurssille vaan odotetaan siihen sopivaa hetkeä
- Kehittämiskohteiden löytäminen ei usein suoraan vastaa kysymykseen: miten voi opettajana tehdä, että asia kehittyy
- Kehittämiskohteiden kautta voi huomaamattaan korjata ongelmien seurauksia, ei syitä
- Kehittäminen voi myös taannuttaa jotakin aikaisempaa toimivaa asiaa
- Kehittämisen tuloksia ei voi välttämättä analyttisesti päätellä ilman kokeilua
- Syyt ongelmissa eivät aina ole opettajan korjattavissa
- On haastavaa arvioida ei näkyviä asioita
- On helppo arvioida näkyviä asioita

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.5 Keskustelut opiskelijoiden kanssa

**Kuvaus:** Opettaja käy kehittämistyön aikana eri tyyppisiä keskusteluja opiskelijoiden kanssa. Keskustelujen kautta saa kerättyä tietoa monista oppimiseen liittyvistä tekijöistä: opiskelijoiden tavasta ajatella, motivaatiosta, tavasta toimia, kurssin ulkopuolisista vaikuttavista tekijöistä ja kurssin ongelmallisista kohdista. Keskustelut voidaan käydä esimerkiksi luennoilla tai harjoituksissa.

**Vahvuudet:** Opettaja pääsee keskusteluissa lähemmäksi opiskelijoiden ajattelumaailmaa ja voi arvioida, miten kurssille asetetut toiminnat ja tavoitteet todellisuudessa toteutuvat. Keskustelujen kautta voi löytyä opettajalla uusia näkemyksiä materiaaliin, koska opiskelijalla on mahdollisuus tuoda omia ajatuksiaan esille. Keskusteluja voi käyttää kehittämistyön alkuvaiheessa mahdollisten ongelma-alueiden löytämiseen.

**Haasteet:** Keskusteluissa käsitellään yksittäisten opiskelijoiden haasteita tai näkemyksiä. Haastavaa onkin vetää yleisiä johtopäätöksiä yksittäisten tapausten pohjalta. Keskustelujen käyminen vaatii aikaa opiskelijoilta ja opettajilta ja kohdistuu yleensä vain osaan opiskelijaryhmästä.

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.6 Kysymykset opiskelijoille

**Kuvaus:** Opettaja kysyy materiaaliin liittyviä asioita opiskelijoilta. Opettaja miettii etukäteen, mistä asioista hän haluaa opiskelijoiden näkemyksen. Kysymykset voidaan esittää f-2-f, pyytää kirjallisena huomiot havainnoista tai sähköpostin välityksellä.

**Vahvuudet:** Kysymyksiä esittäessään opettaja on jo päättänyt, mitkä arvioinnin kohteista ovat keskeisiä. Kysymyksillä opettaja voi horjuttaa tai vahvistaa omia käsityksiään kehittämiskohteista. Kysyttäessä f-2-f- tilanteissa voidaan varmistaa, millä tavalla opiskelijat ymmärtävät kysymykset. Opettaja voi selventää kysymyksiä tai tarkentaa kysymyksiään.

**Haasteet:** Haastavaa on kysymyksen suunnittelu. Opettajan on hyvä tietää etukäteen, mitä hän aikoo kysyä. Kysymysten muotoilu vaikuttaa paljon siihen, mitä niiden kautta saa selville. Kysymyksen esittäminen isolle ryhmälle vaatii aikaa. Yksittäisiltä opiskelijoilta kysyttäessä taas on vaikeaa päätellä, miten yleisistä ilmiöistä on kyse.

(O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)



## 8.7 Omat havainnot

**Kuvaus:** Opettaja havainnoi opiskelijoiden toimintaa. Havaintoja voi ja kannattaa kirjata kehittämistoimenpiteitä varten.

**Vahvuudet:** Havaintoja tekee, jos seuraa tai ohjaa opiskelijoiden toimintaa. Havainnot ovat usein luotettavaa materiaalia. Omien havaintojen yhdistäminen johonkin muuhun havaintomenetelmään voi antaa samasta asiasta kaksi kilpailevaa kuvaa. Havainnointien tulkitseminen ja kehittämistoimenpiteiden keksiminen voi olla haastavaa.

**Haasteet:** Omasta toiminnasta havaintojen tekeminen on hankalaa. Havainnot sopivat paremmin opiskelijoiden toiminnan arviointiin. Usein havainnot koskevat yksittäistapauksia ja niistä voi olla vaikea vetää yleistyksiä koko opiskelijaryhmään. (O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.8 Opintosuoritukset

**Kuvaus:** Opettaja arvioi opiskelijoiden tekemiä suorituksia. Töistä voi nähdä mitä puuttuu ja mitä asioita on opittu ja mitä on ymmärretty puutteellisesti.

**Vahvuudet:** Opintosuoritusten kautta voi arvioida manuaalin avulla tapahtuvaa oppimista. Oppimisen arviointi voi taas olla mielekäs lähtökohta manuaalin kehittämiseksi. Opintosuorituksista ei suoraan kuitenkaan voi nähdä mistä puutteet osaamisessa johtuvat. Syiden selvittäminen vaatii opettajan älykästä päättelyä ja muita mahdollisia arviointimenetelmiä.

**Haasteet:** Haastavaa on epäselviksi jääneiden asioiden selvittäminen. Sen mikä on jäänyt epäselväksi, opiskelijat usein pyrkivät taitavasti piilottamaan. Ongelmakohtien syiden löytäminen voi vaatia vuorovaikutusta opiskelijoiden kanssa. (O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.9 Kyselylomakkeet

**Kuvaus:** Opettaja laatii kysymyksiä, joissa kysytään jotakin manuaalin kehittämiseen liittyvää. Käytetään avokysymyksiä selvittämään syitä ja määrällisiä kysymyksiä arvioimaan koko ryhmän tasoa.

**Vahvuudet:** Lomakkeen avulla voi kerätä tietoa suurilta ryhmiltä (vrt. opiskelijoiden kanssa keskustelut).

**Haasteet:** Kysymysten laatiminen vaatii, että opettaja jo tietää mitkä ovat manuaalissa ongelmallisia alueita. Lomakkeen kautta voi verrata eri vuosikurssien ryhmiä toisiinsa ja voi varmistaa, miten yleisestä ilmiöstä ryhmässä on kyse. Haastavaa on hyvien kysymysten laatiminen. Lomake ei yleensä vastaa kysymykseen, miten virheet voisi korjata tai mistä ilmiö johtuu. Voi olla vaikea vetää kehittämistoimenpiteitä tietojen pohjalta. Avokysymysten vastauksista ei suoraan pysty päättelemään miten yleisestä ilmiöstä on kyse. Niissä voi pyytää ehdottamaan kehittämistoimenpiteitä kurssille ja pyytää opiskelijoita perustelemaan omia näkemyksiään. Tarkkana pitää olla laatiessaan määrällisiä kysymyksiä, että tekee kysymyksistä yksiselitteisiä eikä yhdistä kahta asiaa samaan kysymykseen. Jos haluaa saada jostakin asiasta varmuuden, kannattaa sen tiimoilta laatia monta kysymystä. (O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 8.10 Kurssityöryhmä

**Kuvaus:** Opettaja perustaa muutamista oppilaista kootun ryhmän, jonka tehtävä on kehittää manuaalia ja antaa palautetta sen onnistumista. Kurssityöryhmä voi saada jotakin hyvitystä työstään. Ryhmä voi kokoontua sopimuksen mukaan viikottain esimerkiksi luentojen yhteydessä.

**Vahvuudet:** Osallistujien kanssa mahdollisuus keskustella. Sitoutuminen manuaalin kehittämiseen on tasokkaampaa kun kehittämistyöryhmä pysyy koossa pidemmän aikaa. Opiskelijat otetaan mukaan kurssin kehittämiseen ja he pääsevät tutustumaan materiaaliin ja opetettavaan aiheeseen paremmin. ( kehittyvät osaajiksi samalla)

**Haasteet:** Työryhmän muodostaminen voi olla joissakin tapauksissa haastavaa. Työryhmä voi olla opiskelijoille uusi työmuoto ja vaatii heiltä opettelua. Opettajalta työryhmän ohjaaminen vaatii taitoja. Työryhmän hyöty tulee opettajan ohjaamiskykyjen ja opiskelijoiden sitoutumisen kautta . (O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

### 8.11 Haastattelut

**Kuvaus:** Opettaja haastattelee jotakin otosta opiskelijaryhmästä. Haastattelun voi suunnitella etukäteen ja keskittyä siinä haluttuihin kehittämiskohteisiin. Haastattelut pitää jollakin tavoin koota yhteen ja kirjata.

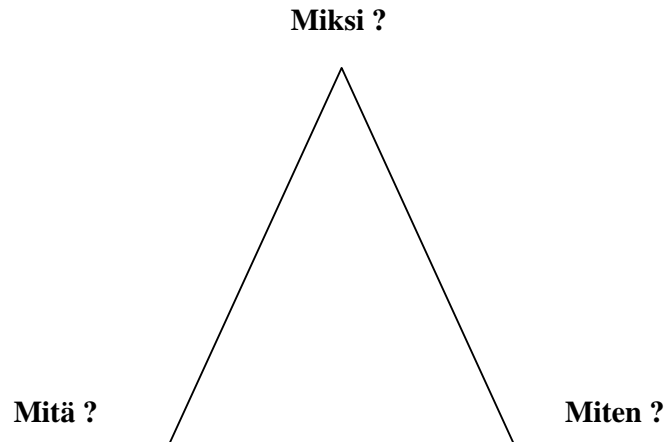
**Vahvuudet:** Haastattelujen kautta pääsee syvälle yksittäisen opiskelijan ajatusmaailmaan. Opiskelijoille haastattelut osoittavat, että opettaja on valmis käyttämään aikaansa heihin ja on kiinnostunut heidän näkemyksistään. Haastatteluista voi nousta esille asioita, joita ei etukäteen voinut aavistaakaan.

**Haasteet:** Haastattelu voidaan kokea ahdistavaksi tilanteeksi tai keinotekoiseksi . Tämä riippuu paljon opettajan etäisyydestä ja persoonasta opiskelijoihin. Hyvän haastattelun pitäminen on taito, jossa voi kehittyä ja jota pitää harjoitella. Kysymyksiä laatiessa pitää tietää, mihin osa-alueisiin manuaalissa haluaa keskittyä. Koko ryhmästä ei vielä voi vetää johtopäätöksiä yksittäisten haastatteluiden kautta. (O. Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005)

## 9 Sisältö ratkaisee

Opetusta (Didaktiikkaa) käsitellään usein kysymysten kautta. Opetukseen liittyy kolme keskeistä kysymystä: miksi, mitä ja miten? Jos jotain opetetaan niin siihen on jokin syy (miksi?). Opetuksella on yleensä myös jokin sisältö (mitä?). Opetuksessa käytetään myös jotakin menetelmää (miten?).

Kun kaikki tämä esitetään kolmiona, niin se näyttää seuraavanlaiselta :



Sisältö on keskeisellä sijalla esim. Jankin ja Meyerin (1997, 17) malleissa. Heidän mielestään didaktiikassa (opetuksessa) on kyse siitä, että on vastattava seuraaviin kysymyksiin: mitä on opittava, kenen on opittava jotakin, milloin on opittava, missä on opittava, miten on opittava kenen kanssa on opittava, miksi on opittava, minkä kautta on opittava, ja mitä tarkoitusta varten on opittava? Toinen tapa on edetä vielä kauemmas opetuksesta, jolloin puhutaan pelkästään oppimisesta, kuten esim. erilaisista oppimisen tavoista. Välillä tuntuu, että kysymyksessä ei enää ole se, mitä opiskelijan tulisi osata ja mitä hän osaa. Päähuomion ovat vieneet erilaiset oppimispsykologiat, kuten esim. oppimisstrategiat ja -tyylit. Pian olemme tilanteessa, jossa oppimispsykologit määrittelevät, mikä väärää ja mikä on oikeaa oppimista. Sisältö on silloin menettänyt merkityksensä, ja opettajan osaaminen mitataan lähinnä oppimispsykologisten teorioitten soveltamisena ja luettelemisena.

Suotavaa olisi , että opettaja hallitsisi oman sisältöalueensa eli hänellä olisi jotakin opetettavaa. Ammatilliseen koulutukseen oppikirjarumba ei ole pesiytynyt samalla tavalla kuin lukioon. Yksi syy siihen on, että ammattiin opiskelu tapahtuu käytännön harjoitteluna. Oppikirja ei ole kenttätöissä kovin käytännöllinen eikä edes tarpeellinen. Toisaalta usein kuluu myös valitusta siitä, ettei oppikirjoja ole tarjolla. Tarjontaa puolestaan säätelee kysyntä, eikä yksittäiselle tietyn ammatillisen opintojakson kirjalle ole riittävä kysyntää. (verkkopedagogiikka.fi)

## 10 KEHITTÄMISTYÖ

Työ aloitettiin keskustelemalla koulutusalojohtaja Kyösti Lehtosen kanssa näkökulmis- ta, mihin työssä olisi hyvä tähdätä, esimerkiksi helposti lähestyttävyyteen ja investointien parempaan käyttöasteeseen. Yhtenä tärkeänä lähtökohtana oli myös oman robotti tietämyksen kehittäminen.

Samalla keskusteltiin mahdollisuudesta ottaa mukaan avuksi kehittämään tätä robottimanuaalia kone- ja metallialanperuslinjalla aloittanut G-luokka. Luokalla oppilaat (18) ovat käyneet joko lukion tai heillä on jo joku toinen toisen asteen koulutus takana. Näin saataisiin hyvä tutkimuskenttä kehitettäessä robottimanuaalia. Samalla saataisiin oppilaiden omia näkemyksiä tulevaan opetusmateriaalin sisältöön.

Haastattelun perusteella luokka oli erittäin innostunut ja motivoitunut osallistumaan projektiin. Kävi ilmi, että osa luokan oppilaista on suunnitellut jatkavansa opiskelua joko TAMK:ssa tai TTY:ssä ja automaatiotekniikan parissa. Kukaan oppilaista ei ollut ennen tätä tutustunut robottiin tai robotin ohjelmointiin. Näin oppilaat saivat kosketuksen tuleviin opintoihinsa tutustuessaan jo nyt robotiikkaan. Projektissa roolini oli toimia projektipäällikkönä ja neuvonantajana. Lisäksi haastattelin kollegoita ja työelämän edustajia hankiakseni ohjeita ja vinkkejä materiaalin kehittämiseen.

## **10.1 Projektin aloitus**

Projekti aloitettiin tutustumalla oppilaitoksessa olevaan FANUC M-16i B20 -robottiin ja robottimateriaalin. Haasteita projektissa tulisi olemaan, sillä kukaan, mukaan lukien allekirjoittanut, ei robottia ennen ollut käyttänyt, saati ohjelmoinut. Materiaaliin tutustumisen jälkeen ei ihme kyllä mennyt kauaakaan, kun robotti saatiin liikkumaan. Haasteita projektiin toi lisäksi ryhmän suuri koko, joten päätimme rajoittaa projektiin lähemmin tutustuvan ryhmän hieman pienempään eli viiteen oppilaaseen. Loput luokan oppilaista toimivat apuna ja koekenttänä manuaalin kehittäessä.

## **10.2 Oppilaitoksesta löytyvä materiaali**

Kuten alussa mainittiin, materiaalia löytyi, mutta se oli liian hajallaan hyödynnettäväksi tässä muodossaan opetuskäyttöön ja kaiken lisäksi suurimmalta osiltaan englannin kielellä. Materiaali oli robottivalmistajan ja robottitoimittajan kansioita ja lehtiöitä. Robottitoimittaja pitää kurssin robotin käytöstä ja luovuttaa lehtiön kurssin lopuksi täydentämään käytyä kurssia. Tämä materiaali ei sovellu robotin käyttöä aloittaville opiskelijoille. Robottitoimittaja pidättää oikeiden luovuttaa opettamaansa aloitus materiaalia eteenpäin. Kollegani tekemä oma materiaalipaketti osoittautui erittäin hyväksi lähtökohdaksi tämän projektin kehittämiseen. Materiaalia opettajat olivat käyttäneet robottikoulutuksen tukena.

### 10.3 Vanhan materiaalin testaaminen

Projektiryhmä keräsi oleelliset materiaalit vanhoista robottikansioista ja aloitti testaamaan materiaalia. Samalla päädyttiin käyttämään kehitystyön pohjana opettajien tekemää materiaalia. Tätä materiaalia testattiin muutamia kertoja, minkä jälkeen ruvettiin tekemään versiota 1.0, kuten sen itse nimesimme. Siihen pyrittiin tekemään saamaan aikaan jo joitain parannuksia ennen haastattelujen tulosten lisäämistä.

Havainnot vanhasta materiaalista olivat seuraavanlaisia :

- Liikaa tekstiä
- Robotin turvallisuusohjeiden puute
- Huonoja kuvia
- Kuvia ”vääristä” kohdista
- Turhan laaja
- Ei tarpeeksi harjoitustöitä

### 10.4 Kollegoiden haastattelut

Työ aloitettiin haastattelemalla kollegoita, jotka opettavat robotiikkaa ja robotin käyttöä oppilaitoksessamme. Ensimmäinen haastateltava oli opettanut levyseppähitsaajille hitsausrobotin käyttöä, toinen automaatioasentajille kappaleenvaihtajarobotin käyttöä ja kolmas aikuispuolella samaa kuin edellinen. Tämä oli riittävä haastateltavien määrä kehitettäessä aloittavien opiskelijoiden robottikoulutusmateriaalia. Ensin haastateltiin kahta kollegaa ja version 1.0 jälkeen vielä kolmatta kollegaa.

Haastattelun myötä kävi ilmi, että kaikki kolme kollegaani olivat käyttäneet itse tekemäänsä materiaalia opetuksen tukena. Ja kokivat tarvetta materiaalin kehittämiseen erittäin ajankohtaisena.



Haastattelu alustettiin kertomalla kehittämistyön tilaajan eli koulutusalojohtajan näkemyksiä materiaalin kehittämisen lähtökohdista. Kyselyillä pyrittiin kartoittamaan eri aihealueiden tarpeellisuutta, tärkeysjärjestystä ja käsittelylaajuutta. Tämän lisäksi heitä pyydettiin kertomaan omia ideoitaan ja kehittämistoiveitaan tulevaan manuaaliin.

Lähtökohdat manuaaliin olivat seuraavanlaiset:

- Helposti lähestyttävissä
- Selkeästi selitetty
- Kuvia runsaasti
- Informatiivinen
- Harjoitustöitä
- Lisäisi kiinnostusta robotiikkaan

Kysymykset olivat yksinkertaisuudessaan muotoa

- Mitä materiaalissa pitäisi olla?
- Nykyisen materiaalin hyvät puolet?
- Nykyisen materiaalin huonot puolet?
- Kuvien tarpeellisuus?
- Off-line- opetus?
- Omat ideat?

## 10.5 Yrityselämän edustajan haastattelu

Yrityselämän edustajalta kyseltiin lähinnä siitä näkökulmasta, että kun oppilaat menevät heille mahdollisesti työharjoitteluun, niin mitä yritys toivoisi opiskelijoiden tietävän robotin käytöstä ja ohjelmoinnista. Tätä kautta saataisiin ehkä uusia näkökulmia manuaalin kehittämiseen. Heilläkään ei varsinaista robotin käyttömanuaalia ole. Robotintoimittaja oli pitänyt kurssin ja luovuttanut materiaalin jota voi käyttää käydyn kurssin tukena. Yrityksellä ei varsinaisesti ole aikaa ja resursseja kouluttaa robotin käyttöön. Yrityksessä muutama asentaja osasi ohjelmoida robottia ja tarve oli suuri saada lisää osaajia, joten tulevien työharjoittelijoiden tulisi osata tiettyjä asioita robotin käytöstä. Sain heiltä melko samoja ideoita kuin opettajilta manuaalin kehittämiseen. Vastaukset seuraavissa kappaleissa samassa opettajien vastausten kanssa.

## 10.6 Vastaukset

Lähtökohtana manuaaliin kehittämiseen otettiin opettajien tekemä manuaali. Manuaali oli kerätty ja tehty Fastemsin toimittamista kansioista sitä kuitenkaan suoraan kopioimatta. Opettajat tiedostivat materiaalin puutteet ja kehitystarpeen. Haastateltavat esittivät alenpana mainittavia toiveita ja ideoita manuaalin kehittämiseen. Saatujen toiveiden jälkeen koottiin lista asioista, joita manuaalissa tulisi olla. Seuraavassa kollegoiden vastaukset ja kehitysideat vanhasta manuaalista.

- Kuvaus turvapiireistä. Esim. ovet, hätä seis-kytkimien kuvat /selostus
- Voisi selittää lyhyesti robotista
- Pitää selvittää robotin liikeradat
- Pitää ymmärtää koordinaatistot
- Aluksi ehkä vain USER -koordinaatisto
- Etäohjelmointi ( off-line)
- Värilliset kuvat”, esim. hätä seis-kytkin, merkkivalot, käyttöpaneeli/ohjain, etupaneeli yms.
- Ohjelmointitavat
- Nollapisteestä kotipisteeseen ajo

- Luokkatilassa ensin opetusta robotiikasta ja robotista
- Selkeät selitykset, esim. ohjelman läpi käynnissä ohjelman virheen paikantaminen
- Ohjelman lopetus
- Harjoitustöitä, yksinkertaisia monta
- Liikuttamisharjoituksia
- Uuden ohjelman teko ja vanhan poistaminen
- Kynätelineen teko robottitarttujaan, harjoitustyöhön
- Aiemmin printatun ohjelman kirjoitus/tekeminen robotille
- Yksinkertaisempi
- Selkeempi

### 10.7 Vastausten analysointi

Tämän jälkeen selvitettiin vanhan materiaalien suurimmat ongelmat ja puutteet vertailemalla niitä saatuihin haastattelutuloksiin. Vertailemalla selvitettiin, miten asiat oli käyty läpi tässä olemassa olevassa manuaalissa ja pyrittiin heti tekemään uudesta manuaalista yksinkertaisempi ja informatiivisempi versio.

Vastauksissa huomioitiin selkeästi jaottelemalla :

- Robotin turvaohjeita
- Robotin liikeradat
- Koordinaatistot
- Paremmat kuvat
- Harjoitustöitä enemmän

Robotin turvaohjeita tulisi uudessa manuaalissa selittää tarkemmin. Näitä olisivat robotin liikeradat, turvakytkimet (ovent, hätä seis-kytkin), robotin lähellä liikkuminen. Näistä kohdista otettiin myös selventävät kuvat. Koordinaatistoista selitettiin kuvien kanssa niiden paikat ja käyttökohteet. Näiden parannusehdotusten perusteella teimme ensimmäisen version 1.0, jota sitten testasimme muilla ryhmän oppilailla. Versio 1.0:ssa olivat vielä vanhat kuvat.

## 11 ENSIMMÄINEN VERSIO

### 11.1 Versio 1.0

Ensimmäisen version valmistuttua sitä testattiin luokan muiden oppilaiden kanssa. Ennen testauksen aloittamista kerrottiin testiryhmille havainnoinnin tärkeydestä. Manuaalin käytön aikana olisi hyvä laittaa paperille vähäpätöisemmätkin asiat havainnoista. Testauksen jälkeen haastateltiin ja pyydettiin opiskelijoita kirjoittamaan manuaalista kaiken edellä mainitun lisäksi hyvät ja huonot puolet. Positiivinen havainto materiaalin testauksessa oli se, että kaikki ryhmät saivat robotin toimimaan ja yllättävän lyhyessä ajassa. Mitkään ryhmistä eivät tyrmänneet manuaalia suoraan. Vastaukset ja havainnot olivat rakentavia ja antoivat hyviä näkökulmia version 2.0 kehitykseen.

Oppilaille esitetyt kysymykset olivat seuraavat :

- Havainnot
- Hyvät ja huonot puolet
- Kuvien tarpeellisuus
- Selkeät puutteet
- Ohjelmien selkeys
- Omat kehitys ideat

Seuraavassa oppilaiden havaintoja versiosta 1.0 :

- Liikaa liian vaikeaa tietoa ennen robotin varsinaista liikuttamista
- Liian vähän harjoituksia
- Liian vähän kuvia
- Turvallisuuspuoli puutteellinen
- Vikatilasta liian vähän infoa
- ”Kuollenmiehenkytkimestä” heikot tiedot
- Milloin pitää painaa kuolleenmiehenkykintä
- Punaisesta Fault-napista ei mainintaa alussa
- Oikeinkirjoitus

- Epätarkka kytinkuvaus ( avainkytkin)
- F”/TYPE-näppäintä ei ole. Ohjaus ilman ohjelmaa ei onnistunut
- Mallikuva väärästä laitteesta (käyttäjän ohjauspaneeli)
- Mallikuvien järkevä järjestys
- Sisällysluettelon ja sivunumeroiden puute
- Puutteellinen ohje ohjelman teosta ja varsinkin käynnistämisestä
- Ei-asiakirjamaisesti muotoiltuja lauseita
- Robotin nimi puuttuu
- Hyvät käsiajo-ohjeet
- Käsiajo-ohjelmalla nivelten liikutus helppoa
- Käsiohjaimesta hyvä kuva selostuksineen
- Kuva hätä seis -painikkeesta
- Kuva toiminnanvalintakytkimestä ennen ohjeita
- Nivelkoordinaatiston valinta
- Robotin sammutus
- Pitääkö robotin antaa ajaa ohjelma loppuun, ennenkuin sammuttaa laitteet
- Nopeuden suurentaminen, kun rupee sujumaan
- Liikekuvat väärässä kohdassa
- Ohjelman lopetus ja ajo

## 11.2 Version 1.0 palautteen analysointi

Haastattelujen perusteella saatiin hyviä vinkkejä seuraavan version tekoon. Kuvia pitäisi olla lisää ja niiden tulisi olla selkeämpiä ja värillisiä. Oikeinkirjoitukseen tulisi panostaa enemmän. Ohjelmien selostuksissa edelleen epäselvyyksiä. Turvaohjeissa puutteita. Näihin lisättävä paremmat ja selkeämmät kuvat selostuksineen. Yksi isoimmista haasteista oli edelleen robottiryhmän oma robotti ja robotin ohjelmoinnin tietämys. Ne toki kehittyivät työn edistyessä hyvää vauhtia.

### 11.3 Versio 2.0

Ennen seuraavan version tekoa haastateltiin vielä kolmatta kollegaa hänen näkemyksistään uuden manuaalin sisällöstä. Haastattelu pohjustettiin samoin kuin edellisille kollegoille eli kerrottiin kehitystyön lähtökohdista ja lisäksi kerrottiin mitä tähän asti oltiin saatu aikaiseksi. Vastaukset olivat lähestulkoon sanasta sanaan samoja kuin edellisillä haastateltavilla. Muutamia hyviä ehdotuksia tuli ja ne pyrittiin myös uuteen 2.0 versioon saamaan. Kollegat ehdottivat aluksi vain USER- eli käyttäjäkoordinaatiston käyttämistä. Tämä ehdotus sai myös muiden kollegoiden hyväksynnän. Yksinkertaisten harjoitustöiden lisäämistä kannatettiin. ”Tanssiva-robotti ” ja ”pacman-robotti” harjoituksia. Eli näissä harjoituksissa robottia harjoiteltaisiin vaan liikuttamaan tietyllä tai halutulla tavalla. Pacman-harjoituksessa robotin akseleiden liikkeiden lisäksi otettaisiin mukaan tarttujan liikuttaminen auki ja kiinni.

Manuaalin sisällön järjestystä päädyttiin muuttamaan yksinkertaisempaan suuntaan haastattelujen tulosten perusteella. Manuaalin sisältö jaettiin neljään eri pääosaan. Ensimmäinen osa sisältää turvaohjeita, hallintalaitteet ja robotin käynnistämisen. Toinen osa, ohjelmoinnin muodostaminen, sisältää ensin käsin ajon ja yksinkertaisen ohjeen robotin ajamiseksi kotipisteeseen. Kolmannessa osassa on uuden ohjelman luominen yksityiskohtaisten ohjeiden mukaan. Tässä ohjelmoinnissa käytettäisiin vain USER-koordinaatistoa. Tässä kohdassa pyrittiin mahdollisimman yksiselitteisesti kertomaan askel askeleelta, miten robottia ohjelmoidaan. Neljänteen osaan laitettiin syventävää tietoa. Esimerkiksi muiden koordinaatistojen selitykset kuvien kanssa siirsimme tähän manuaalin osaan. Versioon 2.0 vaihdettiin jälleen uudet kuvat. Kuvat helpottavat toimintaa paljon, kun hahmottaa, mitä akselia robotissa pitää tai mitä juuri operoidaan. Samalla päädyimme johtopäätökseen poistaa yleinen robotiikan selostaminen. Robottikurssia vetävä opettaja saa kertoa yleisen osan robotiikasta ja robotista luokassa ennen robotille siirtymistä. Näin manuaalista saataisiin yksinkertaisempi eli se sisältäisi vähemmän tekstiä.

#### 11.4 Version 2.0 testaus

Seuraavan 2.0- version valmistuttua sitä testattiin jälleen oppilailla. Mukaan otettiin myös oppilaita toisilta ensimmäisen vuoden luokilta. Jälleen opiskelijoita pyydettiin merkitsemään kaikki vähäpätöisemmätkin huomiot ylös ja kirjaamaan myös hyvät ja huonot puolet. Testiryhmiä oli kaiken kaikkiaan 8 ja oppilaita yhteensä 16.

Kukaan ryhmäläisistä ei ennen ollut robottia ohjelmoinut. Tulokset olivat tähän nähden rohkaisevia materiaalin toimivuudesta. Ryhmistä viisi kertoi manuaalin olevan selkeä ja yksinkertainen, jopa helppo käyttää. Heiltä robotin ohjelmointi onnistui nopeasti ja ilman ongelmia. Kolmella ryhmällä oli manuaalin käytössä aivan samoja ongelmia. Ongelmat tulivat huonosti luetuista ohjeista, eivätkä olleet suoranaisesti manuaalin syytä vaan oppilaat eivät edenneet ohjeiden mukaisesti. Pienen ohjeistuksen jälkeen nämäkin ryhmät saivat kyllä ohjelman tehtyä ja robotin toimimaan halutulla tavalla. Kaikki ryhmät olivat innostuneita.

Oppilaiden huomioita seuraavassa :

- Helppoa käyttää
- Selkeä
- Joitain kirjoitusvirheitä
- Ohjelman tekemishojeista puuttui kohta, jossa kursori pitää olla ”END” kohdan päällä.
- Robotin liikeratojen selvittäminen (törmääkö robotti turvaseiniin?)
- Paljonko robotti maksaa
- Kiinnostavaa
- Koska päästään tätä ohjelmoimaan
- Kuvien selitystekstit
- Sisällysluettelo

### **11.5 Version 2.0 palautteen analysointi**

Palaute oli pääsääntöisesti positiivista ja innostavaa. Oppilaiden innostus robotin käyttöön ja ohjelmointiin oli käsin kosketeltavissa. Ketään ei tarvinnut patistaa testaamaan manuaalia ja robotin ohjelmoimista. Tähän versioon saatiin tehtyä ne muutokset jotka pitikin. Oppilaat osasivat uuden manuaalin avulla käyttää robottia ilman opettajan opastusta. Otanta oppilaista oli kattava ja näin saatiin riittävä koekenttä testaamaan tehtyä manuaalia. Joukossa oli sekä tyttöjä ja poikia. Jokaiseen ryhmään pyrittiin saamaan eritasoisia opiskelijoita.

### **11.6 Versio 3.0**

Versioon 3.0 pyrittiin saamaan korjattua kaikki edellä mainitut virheet ja huomiot. Mm seuraavia uudistuksia tehtiin: kuviin laitettiin selitystekstit, lisättiin selkeämpi sisällysluettelo, sisältöä järjestettiin loogisemmaksi, poistettiin pahimmat kirjoitusvirheet, lisättiin myös muutama harjoitustyö robotin ohjelmoinnista, esimerkiksi edellä mainittu ”pacman”-harjoitus. Näin saatiin yksi versio yksinkertaisemmasta ja helpommin lähestyttävästä robottimanuaalista tehtyä. Mutta manuaali ei missään nimessä ole vielä valmis. Siihen on lisättävä vielä harjoitustehtäviä ja loogisempi siirtyminen perehdyttäessä muihin koordinaatistoihin. Versio 3.0 on tämän kehitystyön liitteenä.



## 12 TULOKSET JA POHDINTAA

Työtä aloittaessani ehkä suurimpia haasteita oli se, etten tiennyt robotin ohjelmoinnista mitään ennen tätä kehittämistyötä. Tärkeimpiä lähtökohtia olikin oman robottitietämykseni lisääminen ja robotin ohjelmoinnin ottaminen mukaan opetukseen yhtenä koneistuksen osana.

Kehittämistyön aluksi tutustuin robotiikkaan aivan yleisesti, selvitin miksi robotteja käytetään, mitkä ovat robottien käyttökohteita, tutustuin erilaisiin robottimalleihin, ohjelmointitapoihin, koordinaatistoihin ja robottikäytön turvallisuuteen. Yhtenä tämän kehittämistyön osana onkin osuus tutustumastani robottiaineistosta.

Kollegani auttoivat työn alkuun ja materiaali, jonka kollegani olivat tehneet, auttoi sisäistämään robotin ohjelmoinnin saloja. Kollegoiden ja työelämän edustajan haastatteluilla ja kyselyillä ennen työn aloittamista sain hyvät lähtötiedot manuaalin kehittämiseen. Matkan varrella kollegat opastivat kiitettävästi ongelmakohtien tullessa eteen. Työn edetessä myös robottitietämykseni lisääntyi ja osasin kysellä oikeita asioita.

Työtä aloittaessani ja materiaaleja kerätessäni eteeni tuli korkeakoulun kirjastosta aineistoa ”Opetuksen arvioinnin kehittämisestä” tai oikeastaan tässä tapauksessa opetusmateriaalin kehittämisestä. Siitä materiaalista sain todella hyviä neuvoja manuaalin kehittämiseen, esimerkiksi opiskelijaryhmän mukaan ottamisen ja yhdessä opetusmateriaalin kehittäminen. Ryhmän mukaan ottamisessa ja ryhmää valitessani onnistuin mielestäni hyvin. Aikaisemmin mainitsin, että kukaan ryhmän jäsenistä ei ollut robottia ennen käyttänyt, saati ohjelmoinut. Samalla se oli myös suuri haaste ja jopa ongelma. Ryhmää haastateltuani ja itsekin olin laittanut merkille, että jokainen oli ottanut manuaalin kehittämisen tosissaan ja olivat siitä innoissaan. Haastattelussa kävi myös ilmi, että osa ryhmästä oli suunnitellut jatkavansa opiskelua ammattiopistossa nimenomaan automaatioasentaja-koulutuksessa, jossa robottiohjelmointi on yhtenä osana ja jatkavansa siitä opintojaan joko TAMK:ssa tai TTY:ssä samalla alalla. Eli valinta oli ollut osuva. Toivottavasti opiskelijoille jäi manuaalin kehittämisestä jotain muistiin.

Tutustuessani pedagogisiin lähtökohtiin käsiini osui Salakarin Taitojen opetus -kirja” ja sieltä löysin hyviä näkökulmia siihen, mitä tässä kehittämistyössä voisin käyttää. Näistä kohdista laitoin osuuden myös tähän kehittämistyöhön.

Manuaalia testatessamme jokainen testiryhmä oli innoissaan mukana . Oppilaat kertoivat hyvin ja tarkasti eteen tulleet huomiot ja virheet. Mielestäni jo nyt sain muutaman oppilaan innostumaan robotin ohjelmoinnista eli olin jo nyt onnistunut tehtävässäni. Useat testiryhmäläiset kyselivät, koska he pääsevät käyttämään robottia lisää, ja he kyselivät kovasti missä ja miten robottia yleensä käytetään. Yhtenä tärkeimmistä kehitystyön lähtökohdistahan oli, että saisimme oppilaat innostumaan robotin ohjelmoinnista ja robotti-investoinnit parempaan käyttöön.

Kaiken kaikkiaan projektista jäi todella positiivinen tunne. Oma innostukseni ja tietämykseni robotiikasta lisääntyi ja otan manuaalin varmasti mukaan opetukseeni, sillä tällä hetkellä robotiikan opetus on auttamatta todella minimaalista. Saamani palaute oppilailta oli rohkaisevaa ja innostavaa. Mielestäni tehty manuaali herättää jo nyt innostuksen robotin ohjelmoinnista.

### 13 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Manuaali ei missään nimessä ole vielä valmis. Siihen on saatava lisää harjoitustöitä ja loogisempi siirtyminen ohjelmoinnissa koordinaatistosta toiseen ja niiden yhteiskäyttämiseen. Harjoitustöiden laatua on kehitettävä yhdessä opiskelijoiden ja kollegoiden kanssa. Yhteistyötä erikoistuvien luokkien opettajien kanssa pitää jatkaa, sillä he tietävät, mitä opiskelijoiden olisi hyvä tietää ennen siirtymistä erikoistuville luokille. Tämän projektin saamieni tietämyksen ja kokemusten perusteella se ei tule olemaan mikään ongelma vaan odotan sitä mukavana haasteena. Tulevaisuudessa otan robottiohjelmoinnin ehdottomasti mukaan koneistuksen, tuotantoautomaation ja konepajatekniikan opetukseen. Robottiohjelmoinnin perusteita opettaa tällä hetkellä ammattiopistolla eri alojen erikoistuvien luokkien opettajat. Koulutusalapäällikön ja näiden erikoituvien luokkien opettajien mielestä robottikoulutusta pitäisi olla jo aloittavilla luokilla, jatkaisivat opiskelijat millä linjalla tahansa opintojaan. Näin erikoistuvien luokkien opettajat jatkaisivat robottikoulutusta alkeista eteenpäin. Näin säästyisi paljon aikaa ja robotti osaajien laatu ja määrä samalla myös kasvaisi ja parantuisi. Käyttömanuaalista on tarkoitus painattaa opetuskäyttöön ammattiopiston kirjapainossa muutaman kappaleen painos värikuvineen.

## LÄHTEET

1. Robotiikka. M. Pitkälä. 2008.  
[miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf\\_tiedostot/ Robotiikka\\_yleinen.pdf](http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf)
2. Robotworx. Expert in automation. [www.robots.com/fanuc.php?robot=m-16ib/20](http://www.robots.com/fanuc.php?robot=m-16ib/20)
3. Fanuc robotics. Roboguide-Handlindpro.  
[training.fanucrobotics.com/p86447597/](http://training.fanucrobotics.com/p86447597/)
4. Finlex. Valtion säädöstietopankki.  
[www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/660001/36202](http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/660001/36202)
5. Opetushallitus. Opetussuunnitelma. Kone- ja metallialan perustutkinto 2010.  
[www.oph.fi/download/125257\\_KoMe.pdf](http://www.oph.fi/download/125257_KoMe.pdf)
6. Salakari, H. 2007. Taitojen opetus. Saarijärvi; Saarijärven Offset.
7. Suomen Automaatioseura ry. Robotit. Hannu Lehtinen VTT.  
[automaatioseura.fi/index/tiedostot/Robotit.doc](http://automaatioseura.fi/index/tiedostot/Robotit.doc)
8. Suomen robotiikkayhdistys ry. [www.robayhd.fi](http://www.robayhd.fi)
9. Kuivanen, R. (Toim) 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/ Metalliteknikka.
10. Robotin huolto-ohjekirja. Fanuc Robot M16iB Mechanical Unit Maintenance Manual.
11. TTP-Yhtiöt Oy. Tuotanto. [www.ttp-yhtiot.fi/fi/yritys/tuotanto](http://www.ttp-yhtiot.fi/fi/yritys/tuotanto)
12. Penope. Solutions for wood.  
[www.penope.fi/suomeksi/Tuotteet/Tuotehaku/tabid/2743/ProductId/138/language/fi-FI/Default.aspx?Search=1](http://www.penope.fi/suomeksi/Tuotteet/Tuotehaku/tabid/2743/ProductId/138/language/fi-FI/Default.aspx?Search=1)
13. Uudet oppimisympäristöt yrityksissä. Vexve Oy.  
[web.satuoy.fi/sasky/sivu.tpl?sivu\\_id=1762](http://web.satuoy.fi/sasky/sivu.tpl?sivu_id=1762)
14. Opinnäytetyö; Riikka Mäki-Rahkola,; Liikuteltavan robotiikan koulutuslaitteiston hankinta,; TAMK 08/2009; publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8658/M%C3%83%3Fki-Rahkola.Riikka.pdf?sequence=2
15. Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007)  
Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat.
16. Malm, T., Viitaniemi, J., Marstio, I., Toivonen, S., Koskinen, J., Venho, O., Salmi, T., Laine, E., Latokartano, J. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry.

17. Opetuksen ja opiskelun tuki; Kirjasto; Teknillinen korkeakoulu; Erilaiset opetuksen arviointimenetelmät; Kuvaukset, vahvuudet ja haasteet; Olli Hyppönen; Opetuksen ja opiskelun tuki 2005; [www.dipoli.hut.fi/ok/p/yoop/2004](http://www.dipoli.hut.fi/ok/p/yoop/2004)
18. TAO:n tulevaisuus.  
[www.tampere.fi/hallintojatalous/ajankohtaista/62Ka5Ieyq.html](http://www.tampere.fi/hallintojatalous/ajankohtaista/62Ka5Ieyq.html)
19. Tampereen ammattiopisto. [www.tao.tampere.fi](http://www.tao.tampere.fi)
20. Opinnäytetyö METSÄKONEEN TAKARUNGON HITSUKSEN ROBOTISOINNIN TUTKIMINEN Veikko Vainio Kone- ja tuotantotekniikka 2009
21. Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications, 2nd Edition; Saeed B. Niku 2010
22. Verkkopedagogiikka. Rohkeasti kasvatuksen maailmaan kulkemaan. Oppimateriaalin tekeminen. Jari Sarja 2011.  
[verkkopedagogiikka.fi/verkkopedagogikka/oppimtek.html?start=1](http://verkkopedagogiikka.fi/verkkopedagogikka/oppimtek.html?start=1)

**LIITTEET**

Robotti manuaali .



**FANUC** ROBOT M-16iB 20

## SISÄLTÖ

1.0 TURVALLISUUS.....	4
1.1 Varoitusmerkit.....	5
1.2 Hallintakaitteet.....	6
1.3 Kuolleenmiehenkytkin.....	7
1.4 Robotin käynnistys.....	8
1.4.1 Käännä pääkytkin ON asentoon.....	8
1.4.2 Paina käyttäjän ohjauspaneelista valkoista ON-	
1.4.3 näppäintä.....	8
1.4.4 Vapauta sisään painetut hätä-seis-painikkeet (4kpl).....	9
1.4.5 Paineilman päälle kytkeminen.....	9
2.0 OHJELMAN MUODOSTAMINEN.....	11
2.1 Käsiäjo.....	11
2.2 Robotin tarttuja.....	12
2.3 Kotipiste.....	12
3.0 UUDEN OHJELMAN LUOMINEN.....	13
3.1 Ohjelmointipisteen tallennus.....	14
3.2 Rivien kopiointi, COPY.....	15
3.3 Rivien poistaminen, DELETE.....	15
3.4 Harjoituksia.....	16
4.0 KOORDINAATISTOT.....	17
4.1 Nivelkoordinaatisto.....	17
4.2 Käsiäjokoordinaatisto.....	18
4.3 Työkalukoordinaatisto.....	19
4.4 Käyttäjakoordinaatisto.....	20
5.0 LIIKUTTAMISTAVAT.....	21
5.1 J (Joint).....	21
5.2 L (Lineaarisesti).....	22
5.3 C (Ympyrä).....	22
5.3.1 Ympyräohjelman luonti.....	23
6.0 PAIKOITUSTAVAT.....	26
7.0 LÄHESTYMINEN KAPPALEESEEN.....	27



## 1.0 TURVALLISUUS

- **ÄLÄ OLESKELE ROBOTIN TURVA-ALUEELLA (KAAPPI)**
- **TARKISTA HÄTÄ-SEIS- KYTKIMIEN SIJAINNIT (4kpl).**
- **PIDÄ KATSEKONTAKTI ROBOTTIIN SILLÄ TYÖSKENNELTÄESSÄ.**
- **NOUDATA TURVALLISIA TYÖSKENTELYMENETELMIÄ**
- **KIINNITÄ HUOMIOTA ROBOTIN LETKUIHIN JA JOHTOIHIN KUN LIIKUTAT SITÄ, SILLÄ NE SAATTAVAT VAURIOITUA**
- **ROBOTTI VOI TÖRMÄTÄ ITSEENSÄ SEKÄ SEINIIN!**
- **ÄLÄ KOHELLA**



Kuva 15; FANUC - ROBOTIN TYÖSKENTELYALUE

## 1.1 Varoitusmerkit



LÄMMIN PINTA, ROBOTIN MOOTTORI VOI OLLA  
KUUMA



VAARALLINEN JÄNNITE



EI SAA ASTUA

## 1.2 Hallintalaitteet

Robotin käyttöliittymä muodostuu kahdesta erillisestä paneelista (kts. kuva 2).

- Käyttäjän ohjauspaneelista (FANUC System R-J3iB)
- Ohjelmointipaneelista (käsiohjain)



Kuva 16; KÄYTTÖLIITTYMÄ

### 1.3 Kuolleen miehen kytkin

Ohjelmointipaneelin sallintakytkin (ns. kuolleen miehen kytkin) sallii robotin liikuttamisen käsiohjaimen avulla ainoastaan silloin, kun kytkintä painetaan KEVYESTI. Kuolleen miehen kytkin sijaitsee käsiohjaimen takana (kuva 4).



Kuva 17; KUOLLEEN MIEHEN KYTKIN

**KUOLLEEN MIEHEN KYTKINTÄ TÄYTYY PITÄÄ POHJASSA KUN  
LIIKUTAT ROBOTIA!**

## 1.4 Robotin käynnistys

Ennen robotin käynnistämistä tulee tarkistaa että robotti, käsiohjain ja ympäröivä alue ovat kunnossa. Tämän jälkeen toimitaan seuraavasti.

### 1.4.1 Käännä pääkytkin ON asentoon.

(Huom. Kytkimen ”väärät” värit. ON -punainen ja OFF -vihreä)



Kuva 18; HÄTÄ-SEIS-KYTKIN

### 1.4.3 Paina käyttäjän ohjauspaneelista valkoista ON näppäintä



Kuva 19; OHJAUSPANEELIN "ON" NÄPPÄIN

#### 1.4.4 Vapauta sisään painetut hätä – seis - painikkeet ( 4 kpl )



Kuva 20; TURVAKAAPIN HÄTÄ-SEIS-KYTKIN

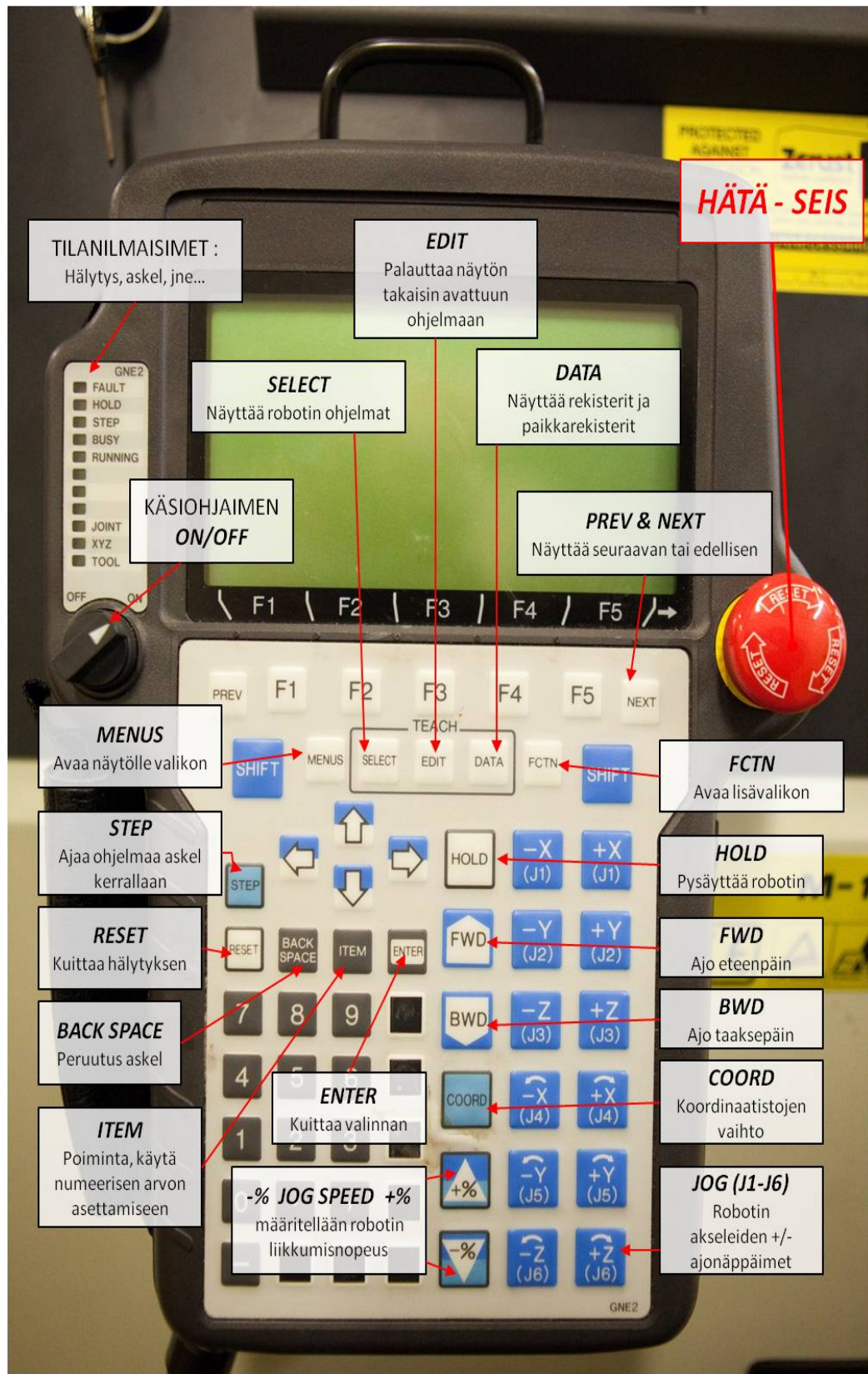
#### 1.4.5 Paineilman päälle kytkeminen

Robotti tarvitsee toimiakseen verkkovirtaa ja paineilmaa. Paineilmaa on otettu luokan nurkasta olevasta paineilmanottopisteestä. Ensimmäisenä otettaessa robotisolua käyttöön on tarkistettava robotin työalue sekä katsottava työturvallisuusasiat kuntoon ennen kuin työt voidaan aloittaa robotilla. Tämän jälkeen voidaan kytkeä paineilma ja sähköt päälle.



Kuva 21; PAINEILMALIITIN





Kuva 22; KÄSIOHJAIN

## 2.0 OHJELMAN MUODOSTAMINEN

### 2.1 Käsiajo

Robottia voidaan liikuttaa myös luomatta sille ohjelmaa. Tällöin robotin liikkuminen tapahtuu käsiohjaimen avulla. On hyvin tärkeää opetella liikuttelemaan robottia ja kokeilla eri koordinaatioilla kuinka robotti liikkuu. Robotin liikuttaminen ilman ohjelmaa tapahtuu seuraavasti:

Käynnistyksen jälkeen paina kuolleen miehen kytkin pohjaan ja paina samalla RESET -näppäintä. Pidä kuolleen miehen kytkin kokoajan pohjassa.

Paina SHIFT -näppäin pohjaan ja pidä se pohjassa.

Nyt voit liikutella robotin akseleita painamalla esim. SHIFT +J1 näppäimiä jolloin robotin akseli J1 liikkuu

Käsiajonopeutta voidaan lisätä tai vähentää alla olevan kuvan mukaisesti.



### Kokeile liikuttaa robotin kaikkia niveliä.



**HUOM: JOS OHJAUSPANEELISSA PALAA "FAULT" VALO, PIDÄ KUOLLEEN MIEHEN KYTKIN POHJASSA JA PAINA "RESET" NÄPPÄINTÄ KÄSIOHJAIMESTA.**



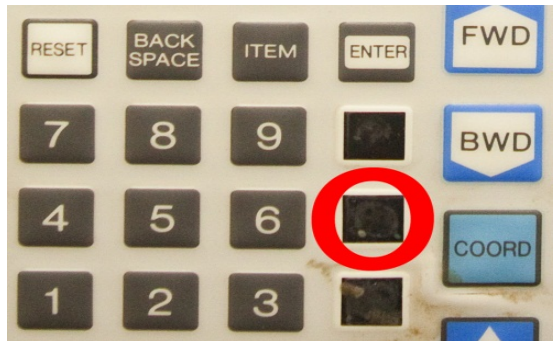
## 2.2 Robotin tarttuja

Robotin tarttujaa ohjataan manuaalisesti:

Paina toiseksi ylintä mustaa nappia.

Vie kursori riville 1 ( Grip 1 on/off) tai riville 2 (Grip 2 on/off).

Paina F3.



Kuva 23

## 2.3 Kotipiste

Robotille on luotu kotipiste, joka on turvallisen matkan päässä pöydistä (tai esim. NC-jyrsimestä). Robotti tulee ohjelmoida kotipisteentyökierron alusta, välissä ja aina kun robotin tulee olla pois pöytien luota ( tai esim. NC-jyrsimen työskentelyalueella). Robotin kotipisteeseen ajo suoritetaan seuraavasti:

- Paina käsiohjaimesta **SELECT** -näppäintä
- Siirry nuolipäppäimillä **KOTIP** -ohjelmaan kohdalle ja paina **ENTER** -näppäintä
- Paina kuolleenmiehenkytkin pohjaan ja paina **RESET** -näppäintä, jolloin **FAULT**- valo sammuu
- Pidä **SHIFT** -näppäin pohjassa ja paina samanaikaisesti **FWD** -näppäintä, jolloin robotti suorittaa kotipisteeseen ajon (**STEP** -valo ei saa palaa). Huomaa että robotti pysähtyy jos **SHIFT**- näppäin vapautetaan ennen kotipisteeseen saapumista

### 3.0 UUDEN OHJELMAN LUOMINEN

- Paina käsiohjaimesta **SELECT** –näppäintä.
- Paina **F2 CREATE** –näppäintä, jos **CREATE** ei ole näkyvässä niin paina **NEXT** –näppäintä.
- Kirjoita ohjelman nimi **PROGRAM NAME [ ]**, voit käyttää seuraavia vaihtoehtoja:

**WORDS (SANAT)**, lista sanoja käytettäväksi ohjelman nimeksi

**UPPER CASE (ISOT KIRJAIMET)**

**LOWER CASE (PIENET KIRJAIMET)**

**OPTIONS (VALINNAT)**, nimen tai kommentin muokkaus.

**HUOM!** Ohjelman nimen kirjoittamiseen käytetään F1 – F5 näppäimiä.

**HUOM!** Backspace näppäimellä voi kumittaa, jos olet tehnyt esim. kirjoitusvirheen.

**HUOM!** Pääset takaisin alkuvalikkoon. Painamalla käsiohjaimesta **Menus** sen jälkeen vie kursori tekstin **utilities** kohdalle ja paina **enter** .

Paina kaksi kertaa **ENTER** –näppäintä vahvistaaksesi valinnan, jolloin sinulle aukeaa näyttöön ”tyhjä sivu” luomallasi nimellä.

### 3.1 Ohjelmointipisteen tallennus

Ohjelman alkuun ja loppuun on syytä laittaa käsky, joka suorittaa kotipisteeseen ajon. Näin tiedetään aina, mistä robotti aloittaa ohjelman.

- Paina **INST (F1)** –näppäintä, jos **INST** ei ole näkyvässä, paina **NEXT** –näppäintä
- Siirry nuolinäppäimillä **CALL**- valikon päälle ja paina **ENTER** –näppäintä
- Siirry nuolinäppäimillä **CALL PROGRAM**- valikon päälle ja paina **ENTER** –näppäintä
- Siirry nuolinäppäimillä **KOTIP** –ohjelman päälle ja paina **ENTER**–näppäintä, jos **KOTIP** –ohjelma ei ole näkyvässä, niin paina 8–näppäintä niin kauan kunnes näet **KOTIP**–ohjelman
- Valitse **USER1** koordinaatisto **COORD** –näppäimellä
- Vie kursori (valitsin) **END:**in kohdalle
- Aja robotti haluttuun pisteeseen käsiajolla (**SHIFT** –näppäin pohjassa + liikuttava akseli esim. J1–näppäin)
- Paina **F1 (POINT)** –näppäintä ja valitse rivi 1-4 halutun paikoitustavan mukaan (**FINE** tai **CNT**, jos **POINT** ei ole näkyvässä, niin paina **NEXT** -näppäintä)
- Tallennetun pisteen nopeuden voi muuttaa menemällä nuolinäppäimillä lukuarvon päälle ja kirjoittamalla uuden lukuarvon ja hyväksyä **ENTER** –näppäimellä
- Liikuta robotti seuraavan pisteen kohdalle ja tallenna piste.( Vaiheet 7-9)
- Ohjelmaa ei tarvitse erikseen tallentaa. Vaan se tallentuu samalla kun sitä luodaan.

Ohjelmaa voidaan ajaa :

1. Vie kursori sen rivin kohdalle mistä haluat alkaa ajamaan ohjelmaa( sen ei tarvitse olla ensimmäinen rivi)
2. Pidä kuolleenmiehen kytkin pohjassa.
3. Pidä **shift** pohjassa
4. Paina  **fwd** näppäintä (jos haluat ajaa ohjelmaa eteenpäin. Mutta jos haluat ajaa ohjelmaa käänteisesti paina  **bwd** näppäintä)

**HUOM: TARTTUJAN OHJAUS OHJELMASSA ONNISTUU KUTSUMALLA OHJELMA ”GRIP1” TAI ”GRIP2”!**

### 3.2 Rivien kopiointi, COPY

COPY -toiminnolla voit kopioida rivejä paikasta toiseen saman ohjelman sisällä tai toiseen ohjelmaan. Sekä logiikat että paikat voi kopioida.

- Siirrä kohdistin ensimmäiselle riville, jonka haluat kopioida, paina **EDCMD (F5)** ja valitse **Copy (F3)**
- Paina **COPY (F2)**
- Käytä nuolinäppäimiä merkitäksesi rivit ja paina **COPY (F2)**, kun olet valmis
- Nyt kopiointisi on tallennettu robottiin

### 3.3 Rivien poistaminen, DELETE

Siirrä kohdistin ensimmäiselle riville jonka haluat poistaa.

- Paina **EDCMD (F5)**, valitse **Delete (2)** ja paina **ENTER**.
- Käyttäen nuolinäppäimiä, 'Maalaa' rivit jotka haluat poistaa.
- Valitse **YES (F4)** poistaaksesi rivit.

### 3.4 Harjoituksia

➤ **Harjoitus EDCMD.2**

Käytä EDCMD (F5) ja DELETE (2) poistaaksesi rivejä.

➤ **Harjoitus OHJELMAT .1**

Luo ohjelma, jolla on sama nimi kuin itselläsi ja sen perässä numero, esim. jukka1

➤ **Harjoitus OHJELMAT .2**

Aktivoi STEP -tila ja kokeile miten se vaikuttaa ohjelman ajoon.

➤ **Harjoitus OHJELMAT .3**

Kokeile pysähtyä ohjelman jollekin riville, siirry toiselle riville ja paina FWD. Kokeile valita sekä YES että NO, mutta ei samanaikaisesti.

➤ **Harjoitus OHJELMAT .3**

Koeaja ohjelma ajamalla sitä eteenpäin (FWD). Pysähdy ohjelmassa ja kokeile ajaa sitä takaperin (BWD).

➤ **Harjoitus OHJELMAT .4**

Mitä riskejä ohjelman lopettamiseen voi liittyä?

➤ **Harjoitus OHJELMAT .5**

Nimeä kaikki ohjelman pisteet.

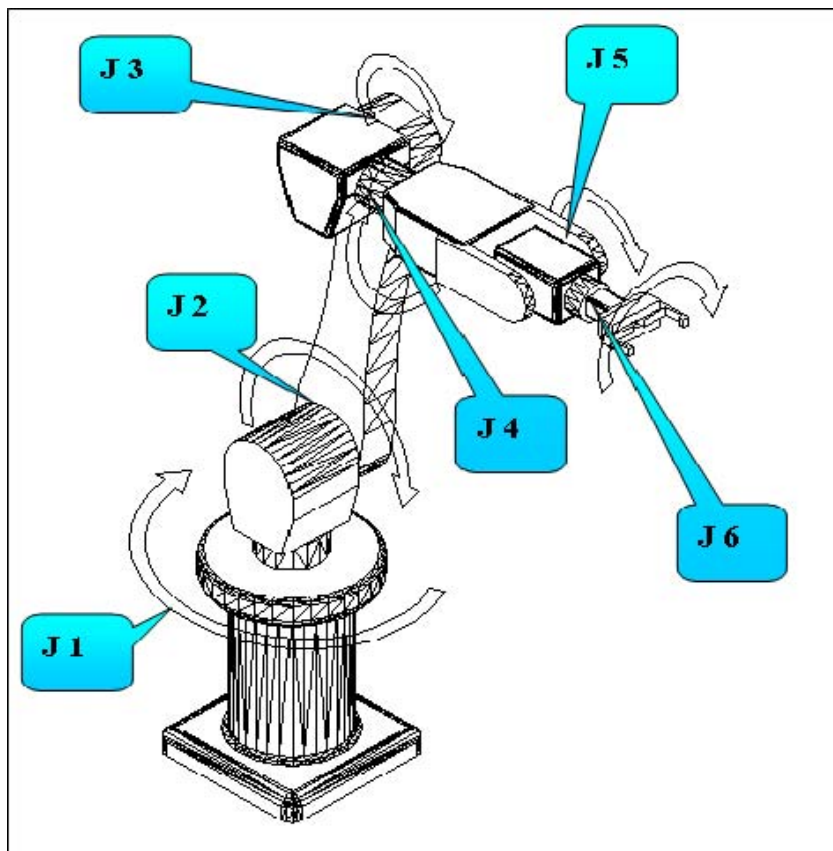
## 4.0 KOORDINAATISTOT

Koordinaatiston avulla määritellään robotin liikkumista sen liikkeen aikana. Koordinaatistotyyppinä ovat:

- Nivelkoordinaatisto (**JOINT**)
- Käsiajokoordinaatisto (**JOGFRAME**)
- Työkalukoordinaatisto (**TOOL**)
- Käyttäjakoordinaatisto (**USER**)

### 4.1 Nivelkoordinaatisto

Nivelkoordinaatisto (JOINT) liikuttaa robotin yksittäisiä akseleita. Robotin akselit on merkitty J1:stä J6:een.



Kuva 24; NIVELKOORDINAATISTO

➤ **Harjoitus JOINT. 1**

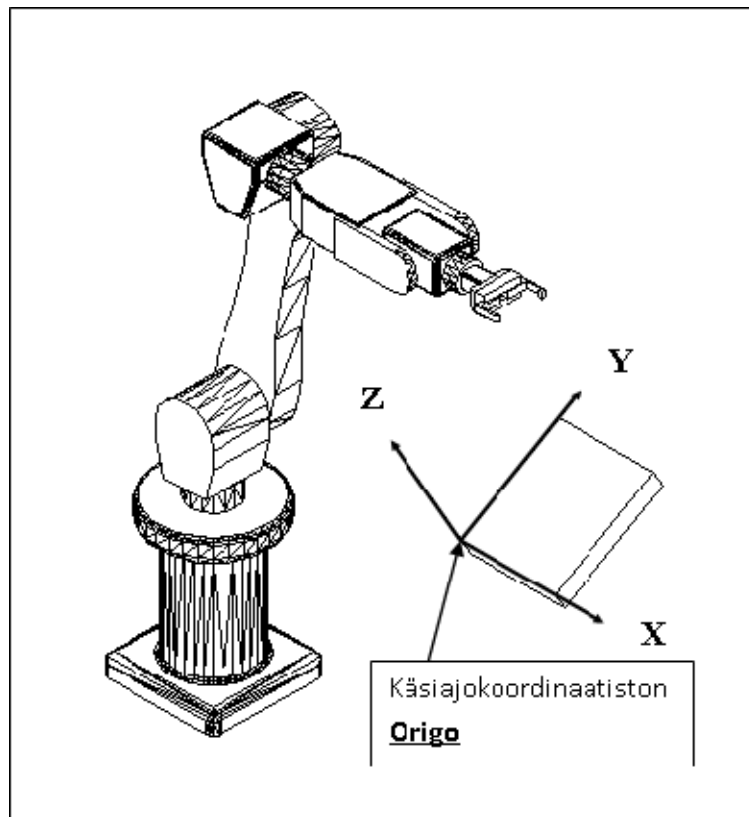
Aja robotin kaikkia akseleita, yksi kerrallaan.

➤ **Harjoitus JOINT. 2**

Kokeile eri nopeuksia.

#### 4.2 Käsiäjokoordinaatisto

**Käsiäjokoordinaatisto (JOG FRAME)** voidaan asettaa mihin tahansa ja minkä suuntaisena tahansa. Käsiäjokoordinaatisto on tarkoitettu helpottamaan käsin ajoa kappaletta pitkin.



Kuva 25; KÄSIAJOKOORDINAATISTO

➤ **Harjoitus JGFRM.1**

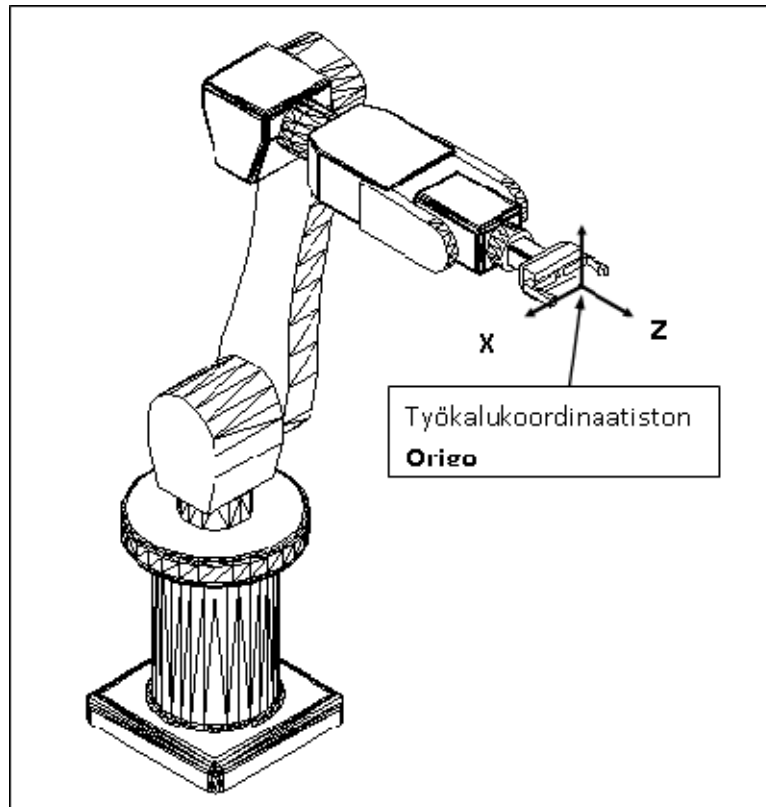
Aja X-, Y- ja Z- suuntiin, jotta opit mikä suunta on mikäkin.

➤ **Harjoitus JGFRM.2**

Kokeile eri nopeuksia, mutta ota rauhallisesti.

### 4.3 Työkalukoordinaatisto

**Työkalukoordinaatisto (TOOL FRAME)** on karteesinen (suorakulmainen) koordinaatisto, jonka origo on työkalupisteessä = TKP (Tool Center Point = TCP). Työkalupiste tulee asettaa työkalussa paikkaan, jossa työ tehdään. Esim. kaarihitsauksessa TKP on langan kärki.

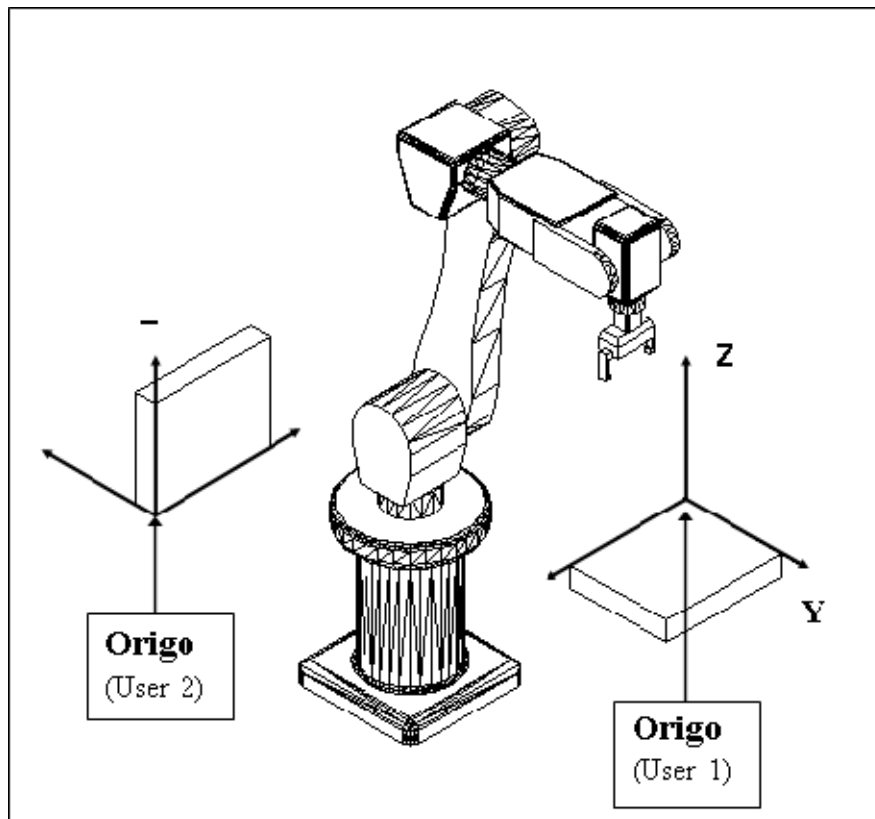


Kuva 26; TYÖKALUKOORDINAATISTO



#### 4.4 Käyttäjäkoordinaatisto

**Käyttäjäkoordinaatisto (USER FRAME)** voidaan asettaa mihin tahansa ja minkä suuntaisena tahansa. Käyttäjäkoordinaatistojen avulla paikan rekistereitä voidaan tallentaa suhteessa koordinaatistojen origoon. Jos asetuksen jälkeen koordinaatiston paikkaa ja suuntaa muutetaan, muuttuvat kaikki ohjelmassa tähän koordinaatistoon tallennetut paikat muutoksen mukana. Robottiin voidaan asettaa viisi käyttäjäkoordinaatistoa, joista vain yksi voi olla kerralla aktiivinen.



Kuva 27; KÄYTTÄJÄKOORDINAATISTO

Robotilla on kolme erilaista liikkumistapaa jolla se voi liikkua pisteestä A pisteeseen B.

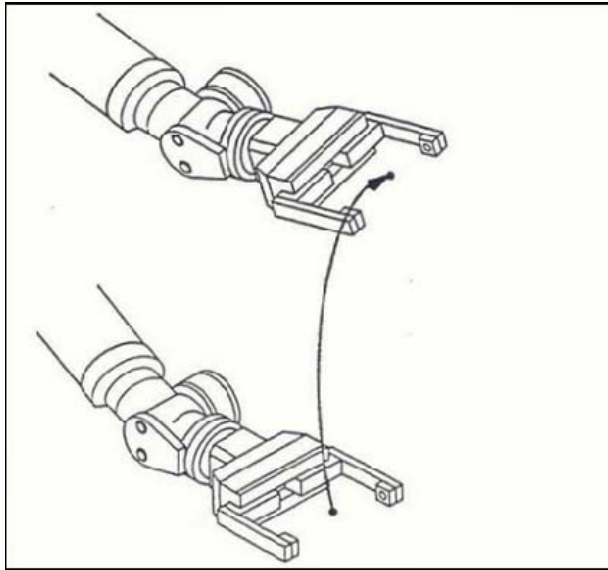
**1: Joint (Nivel)**

**2: Linear (Suora)**

**3: Circular (Ympyrä)**

### 5.1 J (Joint)

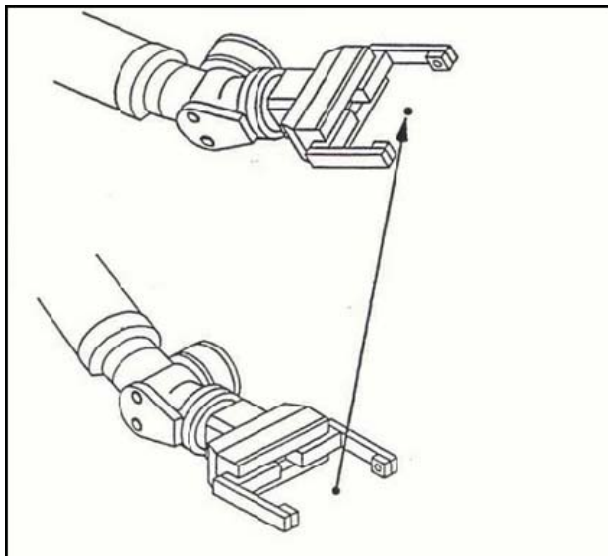
J (Joint) tarkoittaa, että robotti liikkuu nopeimmalla/helpoimmalla tavalla pisteeseen.



Kuva 28; J (Joint)

### 5.2 L (Linearisesti)

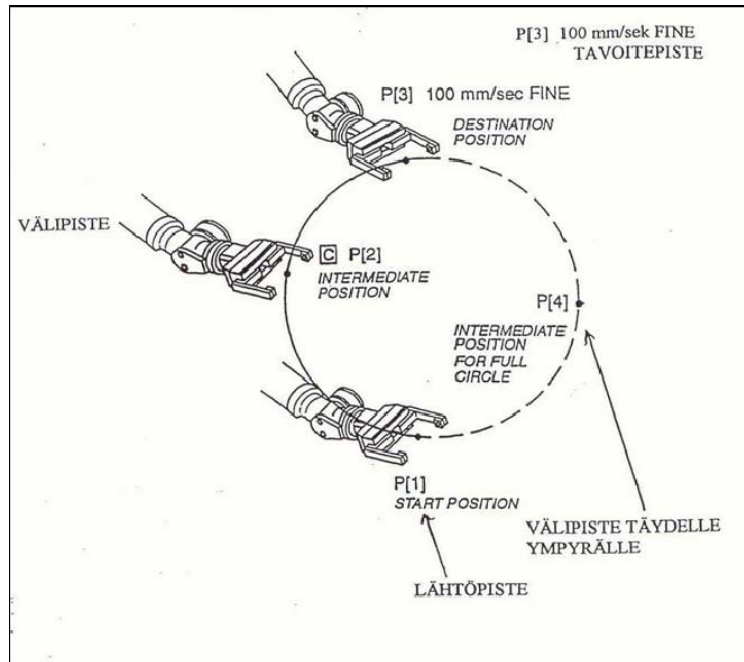
L (Linearisesti) tarkoittaa, että robotti valitsee lyhimmän reitin kohteeseen.



Kuva 29; L (Linearisesti)

### 5.3 C (Ympyrä)

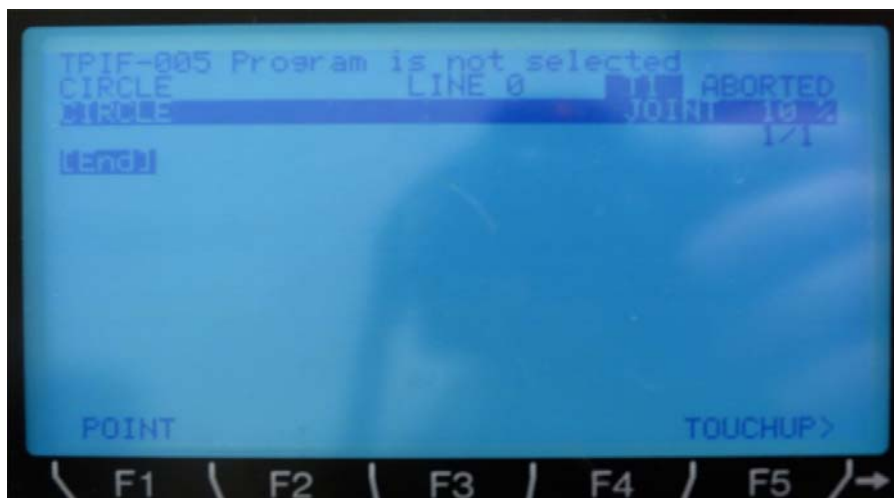
C (Ympyrä) käytetään, kun tehdään ympyrän kaaria.



Kuva 30; C (Ympyrä)

#### 5.3.1 Ympyräohjelman luonti

Ympyränkaaren tekemiseksi tarvitaan aloituspiste **P[1]**, joka on tavallinen paikka. Vie kursori (valitsin) **END**:in kohdalle.



Aja robotti haluttuun pisteeseen käsiäjolla (**SHIFT** –näppäin pohjassa + liikuteltava akseli esim. J1–näppäin). Paina **F1 (POINT)** –näppäintä ja valitse 3.rivi [.../sec FINE] Paina **ENTER**, jos POINT ei ole näkyvässä, niin paina **NEXT** -näppäintä).



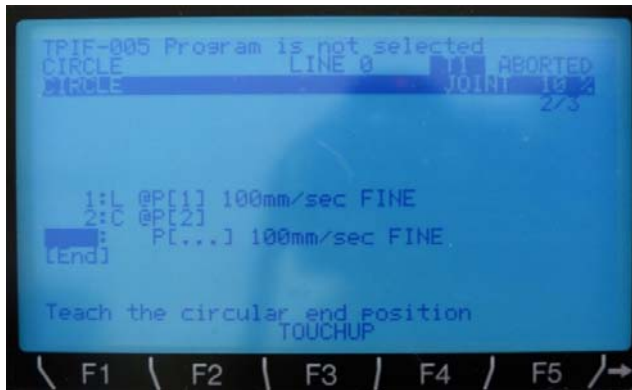
Vie kursori kolmen pisteen kohdalle ja kirjoita 100 ja paina sitten **ENTER**.



Tämän jälkeen tehdään piste kaarelle **P[2]**. Siirrä kursori **END**:in kohdalle aja robotti haluttuun pisteeseen käsiäjolla. Paina **F1(POINT)** –näppäintä ja valitse 3.rivi [100mm/sec FINE], Siirrä kursori **L**:ään Paina **CHOICE(F4)** ja valitse **Circular(3)** Tästä syntyy uusi rivi ohjelmaan josta tulee kaaren loppupiste.



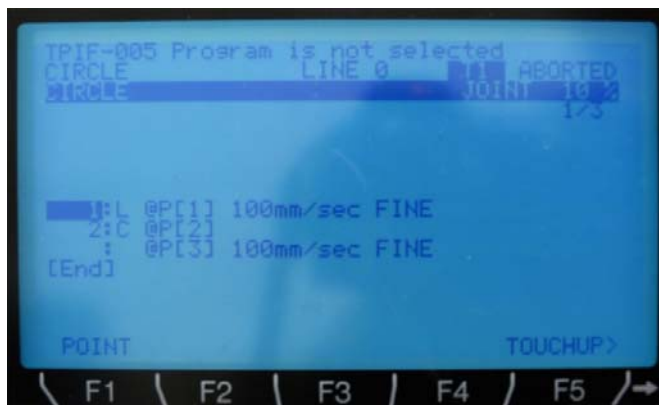
Siirrä kursori niin, että se on uuden rivin vasemmalle puolelle.



Siirrä robotti siihen missä haluat kaaren loppupisteen olevan. Paina **SHIFT** ja **TOUCHUP (F3)**.



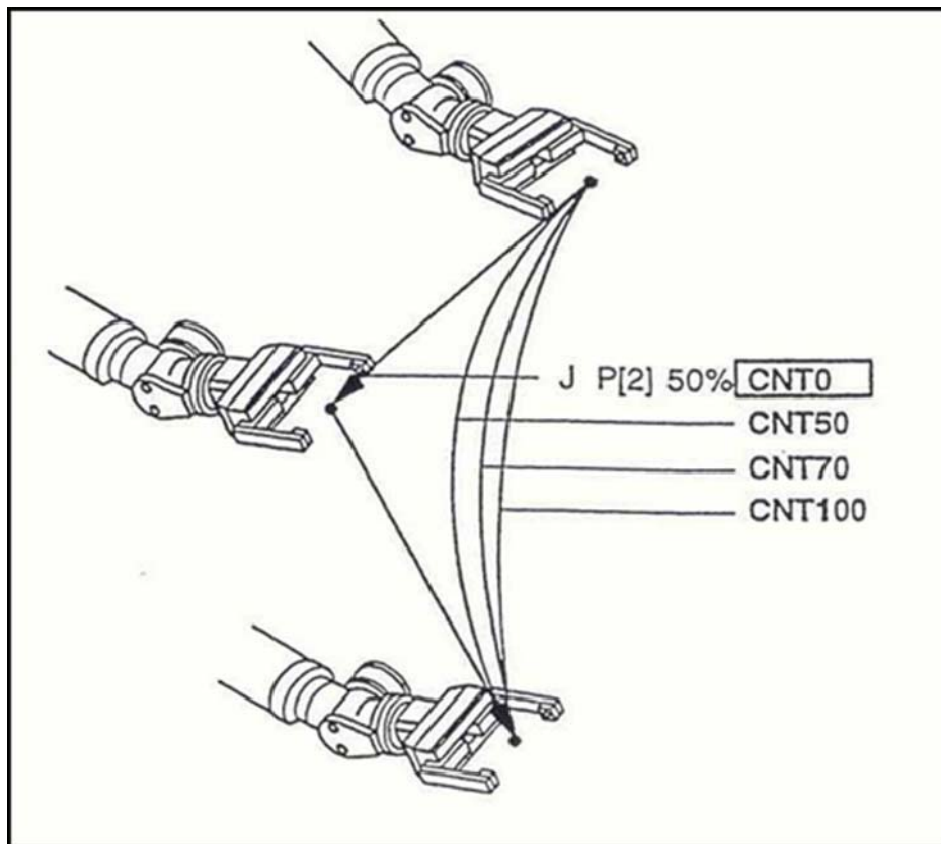
Tämän jälkeen kaari (ympyrä on valmis). Voit ajaa ohjelman alusta siirtämällä kursorin riville 1 ja painamalla **SHIFT + FWD**.



## 6.0 PAIKOITUSTAVAT

Paikoitustapa määrittelee, miten robotti päättää liikekäsänsä. Paikoitustapoja on kaksi: hienopaikoitus (**FINE**) ja karkeapaikoitus (**CNT**). Hienopaikoitustapa aiheuttaa robotin pysähtymisen tavoitepisteessä ennen liikkeen jatkamista seuraavaksi ohjelmoituun pisteeseen.

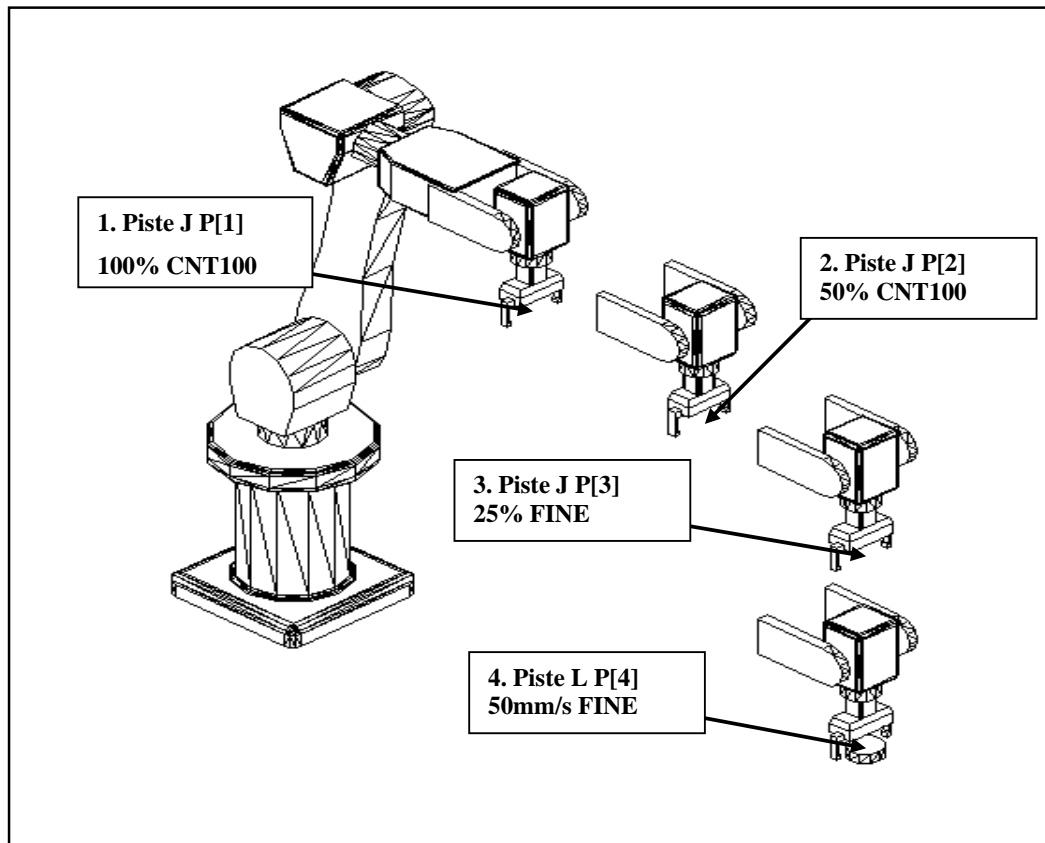
Karkeapaikoitustapa suuntaa robotin liikkeen tavoitepistettä kohti eikä aiheuta robotin pysähtymistä ennen seuraavaa liikettä. Arvot 0 ja 100% välillä määrittelevät kuinka lähelle tavoitepistettä robotti liikkuu. Arvolla 0 robotti ohittaa tavoitepisteen lähimpänä tavoitepistettä hidastaen vauhtia eniten. Arvolla 100 robotti taas liikkuu kauimpana tavoitepisteestä hidastaen vauhtia vähiten.



Kuva 31;

## 7.0 LÄHESTYMINEN KAPPALEESEEN

Robotin lähestyminen kappaleen pintaan suoritetaan aina välipisteiden kautta. Liike viimeisestä välipisteestä kappaleen pintaan suoritetaan yleensä lineaariliikkeellä kohtuullisen hidasta liikettä käyttäen. Kappaleeseen lähestytään siten, että muodostetaan ns. lähestymisramppi (kts. kuva 19) eli kun nopeus puolitetaan niin myös matka puolitetaan. Mikäli kappaleen pintaan saavutaan liian suurella nopeudella robotti suorittaa ns. niaausliikkeen. Tällöin vaarana on, että työkalu tai jokin robotin nivelvaihteista vaurioituu törmäyksessä.



Työvaiheen loputtua kappaleesta poistutaan mahdollisimman nopeasti, mutta hallitusti käyttäen tilanteeseen sopivaa liikenopeutta. On myös syytä ohjelmoida riittävä määrä välipisteitä poistumisreitille, ettei robotti törmää työskentelyalueella oleviin esteisiin. Kun törmäysvaaraa ei enää ole, voidaan liikenopeutena käyttää 100%.