

**Robottiikan soveltuvuus
erikoispuusepäntalan pientuoteteollisuuteen.**

opetusympäristön kartoitus 2. asteen koulutukseen
huonekalupuusepäntalan alalla

Jukka Ilmari Jussila

Opinnäytetyö
Joulukuu 2017
Automaatioteknologian koulutusohjelma
Ylempi ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologia

Jussila Jukka:

Robottiikan soveltuvuus erikoispuusepänanalan pientuoteteollisuuteen.

(Opetusympäristön kartoitus 2. asteen koulutukseen huonekalupuusepän alalla)

Opinnäytetyö 121 sivua, joista liitteitä 20 sivua

Joulukuu 2017

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia erikoispuusepänalalla käytettäviä työstömenetelmiä, joissa voitaisiin hyödyntää robottiavusteista jyrshintää. Lähtökohtana työn laatimiseen oli omakohtainen kokemus ja ammattilaisilta saatu palaute, jossa mainittuihin työstöihin kaivattiin CNC:n korvaajaa.

Kaikki palautetta antaneet olivat yhtä mieltä siitä, että numeerisen jyrhintekniikan käyttäminen kuuluu nykyään perustekniikoihin myös huonekalupuusepän alalla. Kyseisen tekniikan avulla saavutettavat hyödyt ovat nykyään konkreettisia ja erilaisten työstösovellusten myötä myös erittäin tehokkaita. Tämän kaltainen tehokkuus on kuitenkin saavutettavissa vain investoimalla kokonaisvaltaiseen laitekantaan ja näin ollen se samalla nostaa yritysten kustannuksia.

Vaikkakin maamme taloudellinen tilanne on jo elpymään päin, niin se vaikuttaa silti yhä kaikkeen liiketoimintaan. Potentiaaliset asiakkaat ovat edelleen varovaisia ostopäätöksissään. Tätä kautta tilanne heijastuu myös erikoispuusepänanalan yrityksiin, jotka toimivat pääosin yksityisyrittäjä pohjalta. Näin ollen tällä hetkellä vaikuttava tilanne on suoraan verrannollinen yrityskohtaisiin investointeihin ja sitä kautta myös CNC- ja robotti jyrshintän vastakkainasetteluun. Investointikustannusten lisäksi robotiikkaa puoltaa suhteellisen pieni koko ja sitä kautta myös mahdollinen liikuteltavuus. Robottisovelluksiin verrattuna CNC-työstökeskukset vievät paljon kaikille yrittäjille arvokasta työskentely- ja varastotilaa.

TREDUn, Tampereen seudun ammattiopiston, Hepolamminkadun yksikön 2. asteen huonekalupuusepän linjalla on tarkoitus ottaa robotiikka mukaan automaatio-opetukseen tulevien vuosien aikana. Näyttötöyön ohella on tarkoitus luoda pohjaa huonekalupuusepänanalan robotiikkakoulutuksen opetusympäristölle ja linjata tutkimuksen perusteella tarvetta erilaisille työstömenetelmille, sekä niiden toteutukselle ja laajuudelle.

Nykyisin robottisovelluksia löytyy monelta tekniikan eri osa-alueelta. Erikoispuusepänanalan näkökulmasta katsottuna robotiikka investointien kokonaiskustannukset ovat tulleet alaspäin n. 30 %:in luokkaa viimeisen viidentoista vuoden aikana. Kuluneena aikana robotiikan sovellukset ovat monipuolistuneet ja samalla erikoistuneet, joten erilaisia kokoonpanoja on mahdollista modifioida entistä paremmin tiettyihin käyttötarkoituksiin sopiviksi. Hintakehitykseen on vaikuttanut osaltaan tietenkin myös kilpailu, jonka puolestaan valmistajien määrän lisääntyminen robotiikan saralla on mahdollistanut.

Erikoispuusepänanalan yrittäjien kannalta erilaisten robottisovellusten kustannus- ja tekninen kehitys on ollut siis suotuisa. Tästä syystä ei olekaan mikään yllätys, että kiinnostus robotiikan ja sen sovellusten käyttöön on herännyt ja kyseistä tekniikkaa mietitään tosiaan lähitulevaisuudessa tehtävien investointihankkeiden yhteydessä.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Automation Technology

JUSSILA JUKKA:

The Suitability of Robotics for the Small Product Industry in the Specialty Carpenter Business (The Inventory of Teaching Environments for Secondary Education in the Wooden Furniture Industry)

Bachelor's thesis 121 pages, appendices 20 pages
December 2017

The purpose of this thesis was to study the machining methods used in the specialty carpenter sector, which could exploit robot-assisted milling. The starting point for the drafting of the work was personal experience and the feedback from professionals requiring CNC substitutes for these jobs.

All the respondents agreed that the use of numerical milling technology nowadays is a basic technique also in the field of furniture industry. Today, the benefits of this technology are tangible and, thanks to the variety of work tools, very effective. However, this kind of efficiency can only be achieved by investing in a comprehensive set of hardware and thus at the same time raising the costs of businesses.

Although the financial situation of our country is already recovering, it still has an impact on all business. Potential customers are still cautious about their purchasing decisions. In this way, the situation also reflects to the companies in the specialty industry, which are mainly run by private entrepreneurs. Consequently, the current situation is directly proportional to company-specific investments and thus also to the CNC and robot milling. In addition to the investment costs, robots are favored by a relatively small size and thus also by possible mobility. Compared to robotic applications, CNC machining centers take up valuable business and storage space for all entrepreneurs.

Tampere Vocational College, Hepolamminkatu Unit and its 2nd-grade furniture making line is supposed to take robotics into automation teaching in the next few years. In addition to screening, the aim is to provide a basis for the teaching environment for robotic education in the furniture department, and to determine the need for different methods of working, as well as their implementation and scope, based on the study.

Today, robotic applications are found in many different areas of technology. From the perspective of the special-purpose carpentry, the total costs of robotics have fallen by about 30% in the last fifteen years. During that time, robotic applications have become more diversified and specialized, so it is possible to make different configurations more suitable for specific uses. Of course, price development has also been affected by competition, which in turn has led to an increase in the number of manufacturers in the field of robotics.

The cost and technical development of various robot applications has been favorable for the enterprising entrepreneurs. For this reason, it is no surprise that the interest in robotics and its applications has arisen, and this technology will be seriously dealt with in the near future investment projects.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITE.....	10
2.1	Kehitystehtävän alkuvaiheet	10
2.1.1	henkilökohtainen kokemus ja nykyiset työtehtävät	11
2.2	Tutkimuksen käynnistäminen	12
2.3	Automaatiotekniikan opetus puuosastolla	14
2.3.1	Oppilaitoksessa käytössä olevat laitteet ja ohjelmistot	14
2.3.2	Käytännön opetus nyt ja tulevaisuudessa.....	23
3	TUTKIMUSKYSYMYKSEN MUODOSTUMINEN.....	24
3.1	Näkökulmat osaamistarpeista	24
4	HAASTATTELUTUTKIMUS	28
4.1	Haastattelututkimuksesta yleisesti	28
4.2	Haastattelututkimuksen alkuvaiheet	29
4.2.1	Haastattelututkimuksen rajaus	29
4.2.2	Haastattelututkimuksen suuntaviivat ja toteutus.....	30
4.3	Haastattelututkimus yrityksille	32
4.3.1	Haastattelututkimuksen yhteenveto yritysten osalta	33
4.4	Haastattelututkimus opiskelijoille.....	40
4.4.1	Haastattelututkimuksen yhteenveto opiskelijoiden osalta	41
4.5	Haastattelututkimus opettajille	43
4.5.1	Haastattelututkimuksen yhteenveto opettajien osalta	44
5	ROBOTIT KESKUUDESSAMME	48
5.1	Robotit meillä ja muualla.....	48
5.1.1	Robottiikan historiaa	49
5.1.2	Globaali robotiikka ja merkittävät valmistajat.....	51
5.1.3	Robottiikka Suomessa	54
5.2	Robotin määritelmä ja erilaiset robottityypit	58
5.2.1	Robottityypit	61
6	ROBOTTISOLUN SOVELTUVUUS TYÖYMPÄRISTÖÖN	64
6.1	Robotti ja ihminen työparina	64
6.2	Robottisolun turvallisuus yleisesti	65
6.3	Robottiikan avulla saavutettu turvallisuus	66
6.3.1	Robottisolun turvalaitteet	67

7	ROBOTTISOLU OPETUSYMPÄRISTÖÖN	75
7.1	Robotilta vaadittavat edellytykset.....	76
7.2	Ehdotus jyrsin voimien määritykseksi puuntyöstössä	79
7.2.1	Sovelluksin saavutettavat hyödyt.....	84
7.3	Robotisoinnin kannattavuus ja kustannukset.....	85
7.3.1	Investoinnin takaisinmaksuaika	87
7.4	Robotin elinkaari.....	90
7.5	Robotin hankinta.....	91
8	POHDINTA.....	93
	LÄHTEET.....	98
	LIITTEET	102
	Liite 1. Kyselykaavake yrityksille	102
	Liite 2. Kyselykaavake puualan opiskelijoille	104
	Liite 3. Kyselykaavake robotiikan opettajille	106
	Liite 4 Haastattelu robotiikan opetuksesta no:1 / Hellsten	107
	Liite 5 Haastattelu robotiikan opetuksesta no:2/ Sumujärvi	112
	Liite 6 Haastattelu robotiikan opetuksesta no:3/ Häkkinen	119

LYHENTEET JA TERMIT

AT	ammattitutkinto (kisälli)
avaimet käteen	esim. kokonaisvaltainen laitetoimitus kaikkine tarpeineen, joita vaaditaan ko. toteutuksen toimintaan saattamiseksi.
CAD	tietokone avusteinen suunnittelu / computer aided design
CAM	tietokone avusteinen valmistus / computer aided manufacture
CNC	tietokoneistettu numeerinen ohjaus / computerized numerical control
EAT	erikoisammattitutkinto (Mestari)
erikoistekniikat	puusepäälalla mm: sorvaus, koristeveisto, intarsia, taivutus, soitinrakennus
jigi	esim. pienen, reiällisen tai monimuotoisen kappaleen kiinnityksen mahdollistava apukappale, johon työstettävän kappaleen voi kiinnittää työstön ajaksi
kentältä	toiminnan tasolta, jossa varsinainen työ tehdään työntekijän ja yksityisyrittäjän näkökulmasta.
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TREDU	Tampereen seudun ammattiopisto
op	opintopiste
osp	osaamispiste
postprosessointi	prosessi, jossa esim. CAM-ohjelmalla laadittu työstörata käännetään tietyn työstökoneen ymmärtämäksi esim. G-koodiksi.
räätälöidä	muokata/modifioida esim. sovellus, menetelmä, kone, laite ym. tiettyyn tarkoitukseen soveltuvaksi.
ylimääräinen puu	valmistuksen aikana tavalla tai toisella poistettava puuaines

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa robotiikan mahdollisuuksia ja tutkia kuinka se voisi osaltaan vastata CNC- työstökoneilla saavutettavaan hyötyyn jyräntuotuksen osalta. TREDUn tilaaman opinnäytetyön odotetaan antavan suuntaviivat opetusympäristön tarpeista, jotka osaltaan määräytyvät alan huippuosaajilta kerättävän aineiston pohjalta.

Pienten- ja keskisuurten huonekalu- ja erikoispuusepän-alan yritysten näkökulmasta oli oleellista käytettävien laitteiden käyttö-, huolto- ja hankintakustannukset. Lisäksi käytettävien menetelmien tulisi olla riittävän joustavia ja monipuolisia mahdollistaakseen niin sarja- kuin yksittäistuotannonkin, aina protoista tuotekehityksen kautta tuotantoon.

Tutkimusta on rajattu opetuksen näkökulmaa painottaen, unohtamatta kuitenkaan opiskelijan ja yrittäjän näkökulmaakaan. Työstömenetelmien kartoituksessa on huomioitu kentältä kerättyä, erilaisiin jyräntuotuksiin ja robotiikalla mahdollisesti toteutettaviin töihin kohdentuvaa tietoa. Näin ollen sitä voidaan hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla tulevan opetusympäristön suunnittelussa, jolloin se toteutuessaan vastaisi samalla yrityksillä käytössä olevia ja todellisia työstömenetelmiä.

Varsinainen opinnäytetyössä käytettävä aineisto muodostuu oman työhistorian ja kokemuspohjan lisäksi haastattelututkimuksilla, sekä robotiikan sovellusten myyjille ja laitevalmistajille kohdennetuilla kyselyillä. Yritysvierailujen yhteydessä suoritettujen haastattelujen perusteella tutkittiin alueemme erityisosaajien valmistusprosesseja ja tuotteiden vaatimustasoa jyräntuotuksen kannalta. Opetuksen näkökulmaa saatiin mukaan haastatteleamalla automaatiota ja robotiikkaa opettavia kollegoita. Lisäksi automaatioon ja robotiikkaan liittyviä kyselyjä suoritettiin puusepäntuotuksen eri tutkintoasteita suorittaville opiskelijoille. Näin kerättyä tietoa tullaan hyödyntämään 2. asteen opetusympäristön laittamiseksi puualalle.

Lähtökohtaisesti oli selvää että automaatioteknologiaan valitsemani kehitystehtävän aihe tulisi olemaan robotti- ja CNC-tekniikkaan liittyvä. Tällä valinnalla pystyin eniten käyttämään omaa ammattitaitoani ja kokea tehtävän tätä kautta merkitykselliseksi itselleni ja työympäristölleni. Opinnäytetyö ja sen aihepiiri on nivoutunut osittain kokoon tarpeesta, jonka mukaan TREDUssa on tarkoitus uudistaa opetusympäristöä automaation saralla. Robottien hankkiminen ja niiden ottaminen mukaan puualan opetustarjontaan, lisännee oppilaitoksen mahdollisuuksia palvella talousalueellaan toimivia puusepäntalouden yrityksiä erilaisten yhteistyöprojektien muodossa, sekä auttaa osaltaan tulevaisuuden opiskelijarekrytoinnissa.

Vuosien varrella olen käynyt useita keskusteluja alakohtaiseen automaatioon ja sen kehittämiseen liittyen. Keskusteluja on käyty mm. maamme puualan kouluttajien ja paikallisten yrittäjien kanssa, sekä oppilasvaihtojen ja projektien yhteydessä tapaamieni kansainvälisten kollegoiden, kuten viimeisimmässä safety woodworking- projektissa mukana olleiden osallistujien kanssa (Suomi, Saksa, Tanska, Ranska, Ruotsi). Tämän kaltaiset keskustelut ovat yleensä liittyneet ennen kaikkea työturvallisuuteen ja sen parantamiseen entisestään. Huonekalupuusepäntalouden alalla robotiikan käyttö on käytyjen keskustelujen perusteella mielletty pääosin kappaleiden kuljettamiseen, keventämiseen ja pintakäsittelyyn. Tästä syystä tietoja ja kokemuksia sen soveltuvuudesta varsinaiseen jyrsintyöstöön kaivataan monella erikoistumisalueella.

Paikallisten yrittäjien ja toimijoiden kanssa käydyissä keskusteluissa tuli nopeasti selväksi, että CNC-tekniikka ja sen käyttömahdollisuudet mielletään alalla jo kohtuullisen tutuksi. Talousalueella toimivien puualan yrittäjien keskuudessa CNC-koneiden ja -laitteiden mielletään olevan yleisesti ottaen suuria ja tilaa vieviä. Suurelta osin tästä syystä robotiikka kiinnostaa CNC-työstökeskuksen korvaajana. Investointikustannukset ovat kummankin tekniikan osalta aina suoraan verrannollisia haluttujen ominaisuuksien määrään ja laatuun. Laittevalmistajilta saadun tiedon mukaan uuden viisiakselisen CNC-työstökeskuksen tämän päivän hinnalla sai vuosikymmen sitten vain kolme akselisen CNC-työstökeskuksen. Tämän tiedon valossa voidaan todeta kehityksen ja kilpailun tuottaneen odotettua tulosta ainakin yrittäjien näkökulmasta.

Haastattelujen mukaan yrittäjät kaipasivat enemmän tietoa erityisesti roboteista. Lähinnä kiinnostusta oli siitä, mihin robotit ja niiden sovellukset pystyvät CNC:hen verrattuna. Työstönopeutta ja tarkkuutta peräänkuulutettiin lähes kaikkien haastattelujen yhteydessä.

Aihealue osoittautui hyvin laajaksi ja moniulotteiseksi, joten tutkimuksessa käsiteltävän aihe-alueen rajaamiselle oli tarvetta. Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa jyrsintyöstöjen osuutta erikoispuusepän alalla ja kerätä aineistoa 2. asteen ammattikoulutuksen puusepänanalan automaatiotekniikkaan, robotiikka-opetuksen näkökulmasta. Lähtökohtana oli kerätä aineistoa erikoispuusepänanalan yritysten käyttämistä jyrsintekniikoista ja soveltaa niitä robotiikan avulla toteutettaviksi. Aihetta käsitellään opetusteknisesti ja fyysisen tekemisen näkökulmasta siten, että siinä tuodaan esiin niitä työstöjä ja menetelmiä, joita aidoissa työskentelytilanteissa ja työstötapauksissakin suoritetaan.

2 PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITE

Tämän kehitystehtävän tilaajana on Tampereen seudun ammattiopisto, TREDU.

Hervannassa sijaitsevan puuosaston lähivuosien (5-vuotis) suunnitelmiin kuuluu robotiikan käyttöönotto puutekniikan opetuksessa ja sen oppimisympäristössä. Tämän kehitystehtävän odotetaan antavan tarvittavat suuntaviivat automaatio opetuksen sisältöön, suunnitteluun sekä laajuuteen robotiikan osalta. Robotiikan avulla saavutettavan automaation odotetaan kohdentuvan erityisesti puualan jyrskintyöstöihin, mutta opetusteknisesti sitä voidaan käyttää myös teoriapainotteisesti, sekä muihin alakohtaisiin sovelluksiin. Opin- näytetyönä laadittava kehitystehtävä onkin näin ollen ajankohtainen ja siten myös sopiva koulutuksemme sisältöön ja sen tavoitteisiin sekä nuoriso-, että aikuiskoulutuksenkin puolella.

2.1 Kehitystehtävän alkuvaiheet

Aiheen lopulliseen valintaan ja rajaukseen vaikutti kentältä haastatteluiden muodossa saatu palaute. Sen mukaan alalla toimivat yrittäjät eivät tällä hetkellä käytettävissä olevien resurssien puitteissa pysty, eivätkä myöskään ehdi päivätyönsä ohella jalkautumaan tai keskittymään uuden tekniikan omaksumiseen. Haastattelujen ja niiden yhteydessä saadun palautteen mukaan he kaipaisivat valmiista konseptia, jonka mukaan he voisivat tehdä johtopäätöksiä mahdollisista robotiikkaan ja CNC-tekniikkaan liittyvistä investoinneista.

Edellä esitetyn tarpeen kartoittaminen, sekä automaatio opetuksen kehittäminen oppilaitoksemme puuosastolla, olivat ne asiat jotka tässä työssä on pyritty sitomaan yhteen. Samalla TREDUn puuosasto voi jatkossa avustaa yrityksiä heidän omissa projekteissaan esim. protopajan muodossa tai vaikkapa robotiikkaan suuntautuneissa yrityskohtaisissa investointihankkeissa. Lisäksi tämän kaltainen yhteistyö ja uuden tekniikan käyttöönotto lisää oppilaitoksen vetovoimaa myös opiskelijoiden suuntaan. Näin ollen projektilla saattaa olla myönteisiä vaikutuksia myös yritysten rekrytointiin liittyvissä asioissa tulevaisuudessa.

2.1.1 henkilökohtainen kokemus ja nykyiset työtehtävät

Ensi kosketukseni CNC-tekniikkaan tuli aikanaan Tampereen ammattikoulussa. Saatuaani konepuusepän opinnot Tampereella suoritettua, suuntauduin käsityövaltaisempaan suuntaan hakeutuessani käsi- ja taideteolliseen oppilaitokseen Jurvaan. Vahva kiinnostus perinteiseen puusepänalaa ja sen erikoistekniikoihin, kuten koristeveistämiseen on ollut oman urani kulminaatiopiste ja sitä kautta myös selkeä suunnannäyttäjä tällä numeerisinkin työstön saralla. Pitkäaikainen kiinnostus tietotekniikkaan ja omakohtainen uppoutuminen numeeriseen työstötekniikkaan on suurelta osaltaan auttanut yhdistämään käden taidot ja huipputekniikan. Tämä kaikki yhdessä konkretisoi ajatuksen ”ylimääräisen puun” poistamisesta mahdollisimman nopeasti ja miksei samalla myös hyvinkin tarkasti. Kyseisten tekniikoiden omaksuminen ja hyödyntäminen mahdollistaa mm. esityöstämisen siten, että päästään esim. koristeveiston kaltaisissa kädentaitoja vaativissa tekniikoissa nopeammin viimeistelyvaiheeseen.

Robottiikkaan tutustuin puualan AMK insinööriopiskelijana Seinäjoen ammattikorkeakoulussa, jossa toimin myös laboratorio assistenttina. Käytössämme oli mm. täysimittainen FMS-solu, joka piti sisällään 5-akselisen Heian CNC- työstökeskuksen ja kaksi sitä palvelevaa Fanuc-robotia. Työtehtäviini kuului mm. CNC-työstökeskuksen ohjelmointi, kunnossapito, tilojen ja laitteiden esittely sekä CNC-työstettyjen tilaustöiden valmistus ja huonekalujen testaus.

Osaamistani pohtiessa olen tullut tulokseen, jonka mukaan henkilökohtainen ”kaksijakaisuuteni” nykytekniikan mahdollisuuksien ja samalla myös perinteisten menetelmien peräänkuuluttajana on auttanut osaltaan hyödyntämään molempia suuntautumisia toisiaan tukien. Mielestäni puusepän alalla juurikin käsityövaltaisuus ja sen mahdollistamat tekniikat antavat tuotteille korkean laadun ja tarvittavan etulyönnin erottuakseen kilpailijoiden vastaavista. Automaation avulla saavutettava tehokkuus puolestaan auttaa ottamaan sen ”ylimääräisen” puun pois mahdollisimman nopeasti ja tarkasti, jolloin päästään nauttimaan puun muovaamisesta.

Tällä hetkellä toimin nuoriso- ja aikuispuolen lehtorina Tampereen seudun ammattiopistossa TREDU:ssa, Hepolamminkadun yksikön puutekniikan osastolla. Työssäni olen lähes päivittäin tekemisissä CNC- ja CAD/CAM-tekniikoiden, 2- ja 3D-mallinnusten sekä muiden huonekalupuusepänelällä käytettävien erikoistekniikoiden parissa.

2.2 Tutkimuksen käynnistäminen

Tutkimuksen alussa kartoitettiin robotiikka- ja CNC-sovellusten hyödyntämistä erikoispuusepän alalla yleisesti. Tällä hetkellä ollaan tilanteessa, jossa alakohtaisia käyttäjäkokemuksia on vielä todella niukasti. Näin ollen asiaa koskevaa kotimaista kirjallisuutta ja lähdeaineistoa on saatavilla hyvin vähän. Haastattelututkimukselle oli siis tarvetta ja näin ollen se antaa ainoan oikean lähestymiskulman opetuksen tulevaisuudelle ja yritys yhteistyölle.

Haastattelujen perusteella robotiikan käyttäminen varsinaiseen puun työstöön on siis edelleen vähäistä. Valta-osa erikoispuusepänelän yrityksistä pyrkii valmistamaan uniikkeja tilaustuotteita, joten isompien sarjojen valmistus on suhteellisen vähäistä. Isommissa yrityksissä robotiikkaa on puolestaan hyödynnetty monin eri sovelluksin, mutta käyttökohteet ovat olleet pääosin kappaleiden liikuttamiseen, hiomiseen ja pintakäsittelyyn liittyviä, eikä siis varsinaisesti puun työstöön keskittyviä.

Haastattelujen perusteella robotiikka on osalle alan toimijoista, jo ennestään tuttua tekniikkaa. Kuitenkin kaikki kokemukset ja tietoisuus sen käyttömahdollisuuksista ovat suurelta osin muilta teollisuuden aloilta. Puusepänelän kannalta robotiikalle näyttäisikin käyneen samoin, kuin CNC-tekniikalle aikanaan. Ensimmäiset puun työstöön käytetyt CNC-työstökeskukset oli lainattu metallitekniikan puolelta ja käytön yleistettyä niitä ruvettiin sittemmin räätälöimään myös puun työstöön. Näiden kokemusten mukaan ja käytön lisääntymisen myötä työstökeskuksia valmistetaan nykyään kohdennettuna myös huonekalupuusepänelän vaatimuksiin ja tarpeisiin vastaten.

Ensimmäiset varsinaiseen puuntyöstöön suunnitellut työstökeskukset, kuten suurelta osin vielä nykyisetkin, ovat pääsääntöisesti suunnattu yksinomaan levytuotteiden valmistukseen. Näissä laitteissa on yleensä suuret työstöpöydät, jotta suurien kaapistojen, ovien ja pöytälevyjen koneistaminen on mahdollista ja helppoa. Tämän lisäksi niissä on yleensä vakiona urasahaus mahdollisuus, sekä porapalkit, jotka mahdollistavat poraukset kappaleen pinnan lisäksi myös niin kutsutut vaakaporaukset kaikille reunoille.

Pääosin levytavaratyöstöihin suunnatuilla peruslaitteilla kita-aukon korkeus (Z) on rajallinen, yleensä vain muutamia senttejä. Tästä johtuen esim. korkeita 3D- kappaleita ei voida työstää muuten, kuin ”siivuttamalla” työstettävät mallinnukset pienemmiksi, koneeseen mahtuviksi osiksi. Näin menettelemällä kappaleet on kyllä mahdollista työstää esim. kohdistintappien avulla pinottaviksi, palapelin kaltaisiksi kokonaisuuksiksi.



Kuva 1. Näsinneula kokonaisena ja "siivutettuna" (kuva: JIJ 2016)

2.3 Automaatiotekniikan opetus puuosastolla

Alakohtaisen opetussuunnitelman mukaan varsinaista työstöautomaatiota ei käsitellä kovinkaan laajasti. Automaatiotekniikan osalta numeeriseen työstötekniikkaan tutustutaan aluksi terätekniikan yhteydessä ja myöhemmässä vaiheessa syvällisemmin erillisessä CNC- tekniikan osiossa. Tähän asti on pitäydytty perusteiden tasolla, jotka käsittelevät mm. terämateriaaleja, teroitusta, sekä syöttö- ja työstönopeuksia eri materiaaleissa. Näiden lisäksi on käsitelty CNC-työstötekniikkaa ja sen mahdollisuuksia huonekalupuusepänalalla yleisellä tasolla. Opiskelijalla on mahdollisuus laajentaa opintojaan myöhemmässä vaiheessa, valitsemalla mukaan esim. 3D-mallinnusta ja CAD/CAM-tekniikkaa.

2.3.1 Oppilaitoksessa käytössä olevat laitteet ja ohjelmistot

Puusepänkoulutuksen työpainotteiseen automaatio-opetukseen kuuluu tällä hetkellä CNC- työstökeskukset puun ja viilun työstöön, sekä niihin liittyvät ATK- ja CAD/CAM ohjelmistot. Näiden lisäksi meillä on tarvittaessa mahdollisuus saada käyttöömmme naapuriosastollamme, valumallinvalmistajilla olevat laitteet. Heillä on käytössään kaksi kolmen akselin CNC-työstökeskusta ja vuoden käytössä ollut työstörobotti.

Tarkoituksena on että kolmevuotisen koulutuksen jälkeen opiskelijalla on tarvittava perusosaaminen ATK-pohjaisista CAD ohjelmista. Tämän lisäksi hänen tulisi osata laatia 2D- huonekalupiirustuksia, sekä omata valmiudet laatia ja korjata G-koodiperusteista ohjausdataa. Kurssien aikana suoritettavien käytännön harjoitusten avulla on tarkoitus saattaa opiskelija tasolle, jossa hän työstää laatimansa ohjelman CNC-työstökeskuksella oma-toimisesti. Koulutuksen aikana opiskelijan on mahdollista syventää opintojaan esim. vapaasti valittavien opintojen muodossa, jossa mukaan tulee 3D mallinnus ja siihen tarvittavat vaativammat työstöt erilaisine kiinnitysjigeineen.

CNC-jyrsin puuntyöstöön

Puuntyöstöön tarkoitettu CNC-työstökeskus on merkiltään Masterwood 320 Projekt. Työstökeskus on 3+1 akselinen ja sen 4. akseli on manuaalisesti asetettavissa ja erona viisi akseliseen on siis interpoloivan pään puuttuminen. Lisäksi laitteesta löytyy kahdeksan terän revolverivaihtaja, 25 terän poravaihtaja vaakaporauksin, X ja Y suuntainen sahayksikkö, 3,5m x 1,2m imupalkkipöytä, alipaine- ja talle kiinnityksellä, kita-aukko 110mm.

Laitteen ohjaus suoritetaan joko työstökeskuksen omalla käyttöliittymällä manuaalisesti G-koodia käyttämällä, tai Mastercam- ohjelmalla tuotetun 2D- ja 3D-mallin postprosessoinnilla.

Opetussuunnitelmallisesti CNC-työstökeskuksella toteutettavat koneistukset ovat pääosin tasomaisten 2D kappaleiden jyrsintöjä ja porauksia. Valmistettavat tuotteet ovat esim. kaapiston osia reikineen ja urineen, pöytälevyjä aukkoineen ja reunamuotoineen tai vaikkapa nimikylttejä, logoja ja piirroshahmoja erilaisiin tuotteisiin. Vaihtoehtoisesti tuotteet voivat olla 3D mallinnettuja muotoja kuten esim. kaarevat jalat, istuimien- ja selkänöjien osat, kaiutin kaapit sekä erilaiset sähkökitarat.

Kyseessä on 3+1 akselinen laite, mutta sen mahdollisuudet verrattuna esim. vastaavaan viisi-akseliseen ovat sängen hyvät. Vaikkakaan kone ei pysty esim. kohtisuoraan työstöön pystysuuntaisella kaarella, niin osaava ohjelmoija pääsee lähes- ja jopa samaan pinnan laatuun kuin viisi-akselisella.

Tässä kohtaa haluan todeta, että ruusuinen ajatus täysin valmiista puukappaleesta CNC-työstön jälkeen on mielestäni utopiaa niin kauan kuin puu on puuta. Viisi-akseliseen verrattuna työstönopeudessa ja kappaleiden kiinnitysten määrässä saatetaan hävitä, mutta kolmiakselisenkin koneen käyttömahdollisuudet ovat pitkälti korvien välissä olevan ”pultonkaulan” kokoiset.



Kuva 2. TREDUN, Hepolamminkadun yksikössä toimivan puuosaston CNC-työstökeskus MW310 Project. (kuva: JIJ 2016)

Kuvassa oleva työstökeskus on kaikkien niiden opiskelijoiden käytössä, jotka ovat saaneet koulutuksen CNC-tekniikan perusteisiin. Työstettävät kappaleet ja tuotteet ovat koluokaltaan pienistä pelinappuloista aina isoihin pöydän kansiin.

Laitteen tekniset tiedot: työstettävän kappaleen max. mitat / työstö-alueen koko:
 pituus X 3500mm, leveys Y 1200mm, korkeus Z 110mm.
 Laitteen vaatima staattinen pinta-ala n.20 m² ja työskenneltäessä n.30 m²



Kuva 3. Kolme akselisella CNC-koneella työstettyjä 3D tuotteita. (kuva: JIJ 2016)

CNC työstökeskuksen turvallisuus on pyritty varmistamaan usealla eri tavalla. Laitteessa ulkoinen käyttöjännitteen ohjaus, mikä tarkoittaa että koneeseen ei saa käyttölupaa ilman opettajan lupaa / kuittausta. Tämän lisäksi laite on varustettu kolmelta suunnalta työskentelyalueelle pääsyn estävällä seinällä. Yksi seinä on varustettu huolto-ovella, jossa avattaessa käyttövirran katkaiseva rajakytkin. Laitteen käynnissä ollessa edessä olevat turvamatot estävät alueelle pääsyn ja aktivoituessaan pysäyttävät laitteen. Laitteessa on näiden lisäksi kolme hätä-seis kytkintä, joista kaksi sijaitsee työskentelyalueen nurkissa olevissa ohjaustolpissa, jotka ovat tarvittaessa siirrettäviä. Kolmas hätä-seis kytkin on laitteen ohjausyksikön käyttöpaneelissa.

CNC-leikkuri viiluntyöstöön

Osastollamme oleva viilujen työstämiseen tarkoitettu, kolme akseli-ohjauksella toteutettu CNC leikkuri on merkittävään Datacut 2020.

Laitteessa on viilujen kiinnitystä varten 1m x 0,8m imupöytä. Leikkuupaksuuden maksimi on 1,5mm. Laitteella voidaan viilujen lisäksi työstää myös muita ohuita materiaaleja, kuten paperia ja muovia.

Laitteen ohjaus suoritetaan piirtämällä ja lataamalla kuva CorelDraw-ohjelmalla tai tuomalla muulla ohjelmalla luotu valmis vektorikuva. Laitteen teräpää leikkaa viilut tarkasti toisiinsa sopiviksi paloiksi, jotka puun elämisen vuoksi tulee liimata mahdollisimman nopeasti kiinni toisiinsa.



*Kuva 4. Datacut 2020 viiluleikkuri.
(kuva: JIJ 2017)*

CNC-leikkurilla tuotetaan ohuista puuviiluista kuvioita, joita yhteen liittämällä valmistetaan monimuotoisia ja taidokkaita intarsiatöissä (puu-upotus) tarvittavia viiluvuotia. Näitä viiluvuotia voidaan käyttää esim. pöytien, tarjottimien, taulujen tai vaikkapa kokonaisten viilutettavien levymäisten töiden pinnoittamiseen.



Kuva 5. Datacut leikkurilla toteutettuja viilu-upotuksia. (kuva: JIJ 2017)

Fanuc- robotti puun ja kevytmateriaalien työstöön

Valumallin valmistusosaston robotti on malliltaan Fanuc M-710iC/50. Kyseessä on 6 akselinen ja 50 kg hyötykuorman käsittelyyn kykenevä, kiertyvävartinen robotti.

Kyseinen robotti on varustettu jyrinyksiköllä, joka mahdollistaa työstön 20000 rpm nopeudella. Työkalun kiinnitys tapahtuu HSK-istukoilla. Robotin ulottuvuus on maksimissaan 2050mm. Työstöjä voidaan monipuolistaa pyörivällä työstöpöydällä, joka tekee yhdistelmästä käytännössä 7 akselisen. Laitteella voidaan työstää puumateriaalien lisäksi kevytmateriaaleja, kuten erilaisia muoveja sekä erilaisia kevelevyjä.



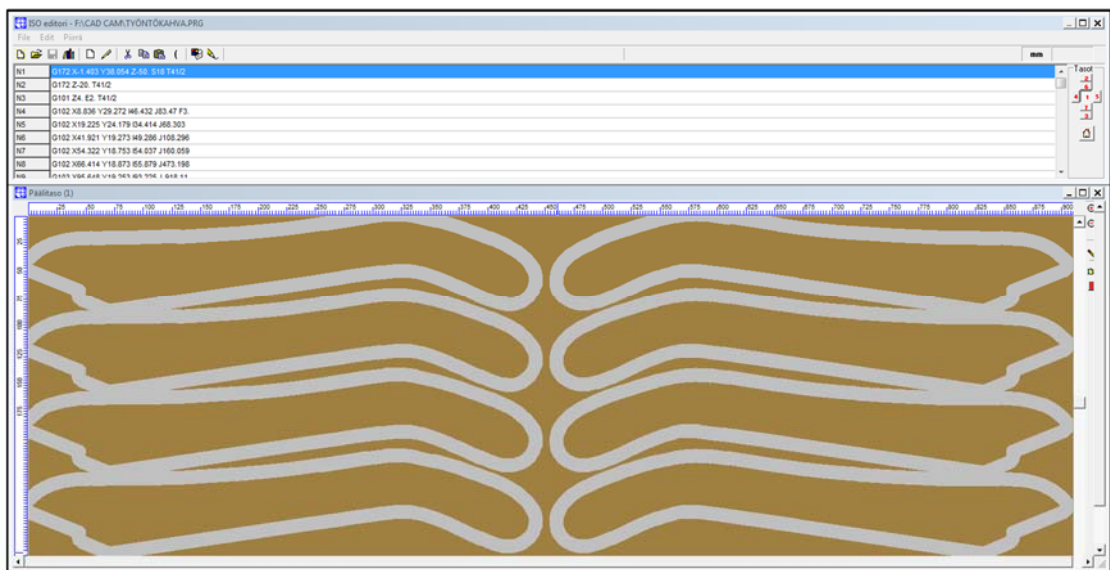
Kuva 6. Omassa huoneessaan olevaa ja turvalaittein varustettua robottia on mahdollista ajaa todellisilla työstönopeuksilla. (kuva: JIJ 2017)

Robotti on sijoitettuna huoneeseen, jonka ovet on varustettu turvakatkaisijoilla. Opetuskäytössä ovet voivat olla auki, jolloin ohjaus tapahtuu käsiohjaimella. Käsiohjainta käytettäessä robotin liikenopeus toimii rajoitettuna. Tällä hetkellä robotti ei ole vielä puuosaston opetuskäytössä.

Masterwood ohjelma

Masterwood v2,02 on CNC-työstökeskuksen ns. avoimen lisenssin ohjelma, joka on jaettavissa vapaasti kaikkien opiskelijoiden omaan käyttöön. Käyttäjät voivat näin ollen laatia työstöohjelmia esim. etätyönä. Ohjelmalla syötetään ”käsini” G-koodiperustaista ohjausdataa esim. valmiin työpiirustuksen mittojen mukaisesti. Ohjelma sisältää kaikki kolme akseli-ohjelmoinnin perusliike-, poraus- ja sahauskäskyt.

Käyttöliittymässä voidaan visuaalisesti todentaa ohjelmoidut työstöradat, poraukset ja sahausket ennen varsinaista työstöä. Varsinaista törmäystarkastelua ohjelmamassa ei ole. Työstöuran harmaa väri ilmaisee terän olevan työstettävässä kappaleessa ja musta puolestaan ilmaisee terän olevan kappaleesta läpi. Ohjelmaa on mahdollista käyttää myös visuaalisempina versiona, jossa työstöradat piirretään näyttöpäätteelle. Kyseinen versio on maksullinen, eikä siitä ole saatavilla opiskelijaversiota. Osastolla on kuitenkin käytössä työstöratamallinnukseen oleva ohjelma Mastercam, jolla vaativampia mallinnuksia ja työstöjä tarvittaessa toteutetaan.



Kuva 7. MW310 CNC ohjelmalla laaditut työstöradat työntökappuloille, sekä niiden visualisointi näyttöruudulle. (kuva: JIJ 2017)

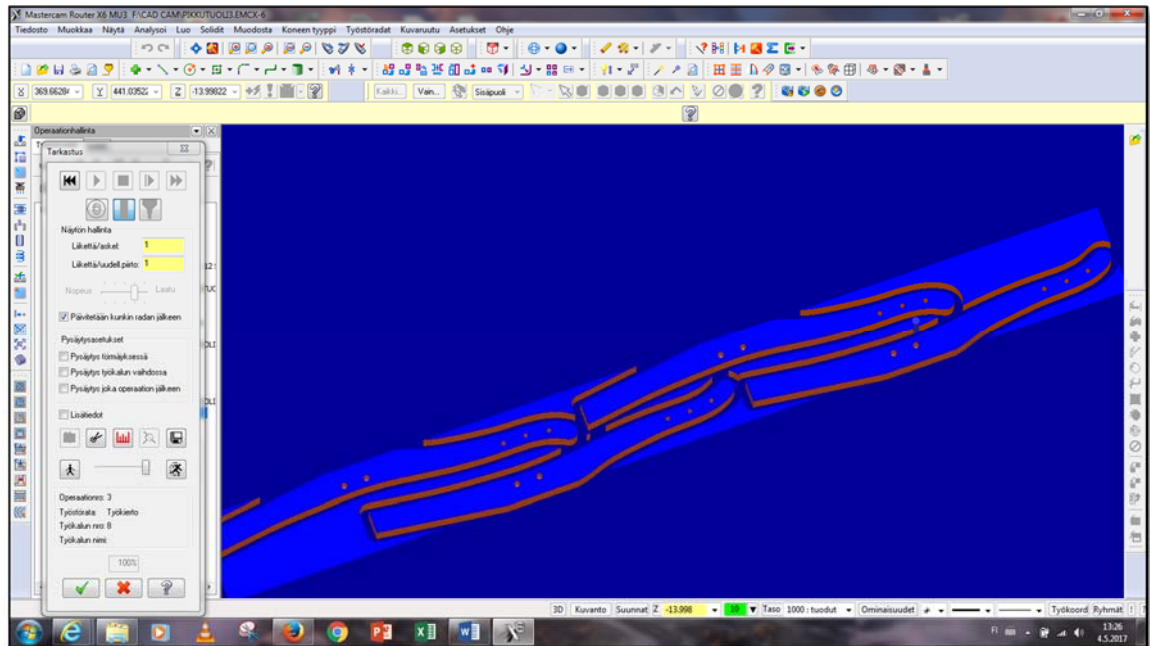
Mastercam ohjelma

Mastercam on tällä hetkellä suosituin CAM mallinnus- ja työstörata-ohjelma maailmassa. (Mastercam 2017) Kyseistä ohjelmaa käytetään yleisesti TREDUn eri ammattiosastoilla. Ohjelmasta on räätälöityjä työstösovelluksia eri aloille ja työstötekniikoille, joten se on materiaalista riippuen monipuolisesti käytössä mm. perusjyrsinnöistä aina sorvaukseen.

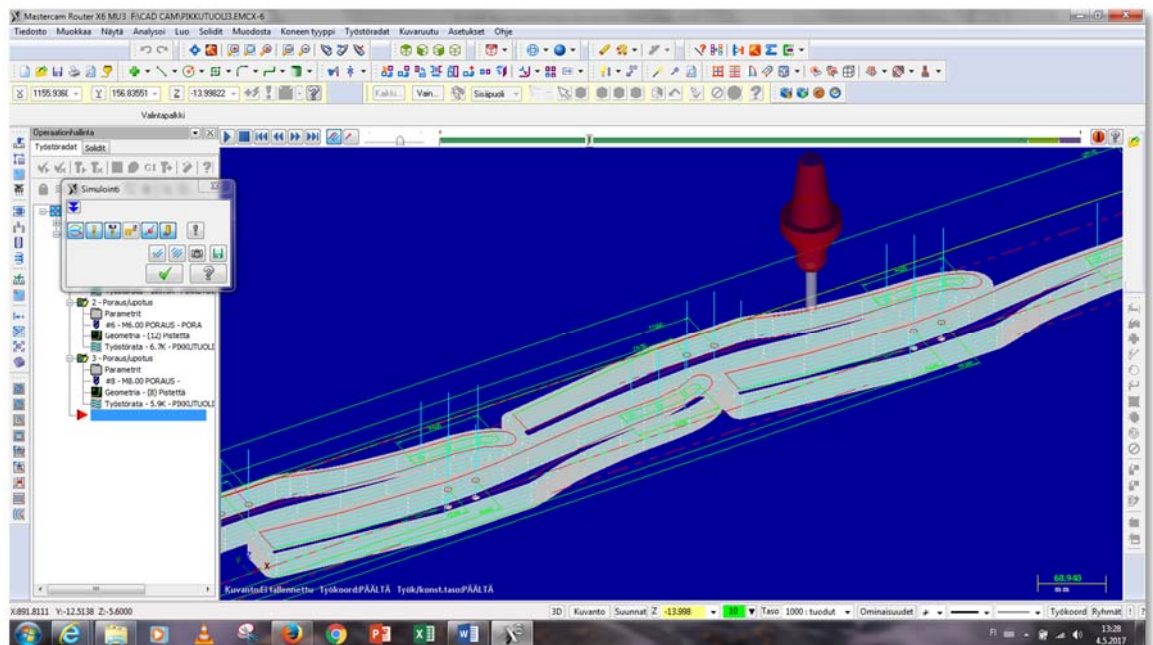
Käyttöliittymässä voidaan suunnitella ja mallintaa halutut kappaleet, joko rautalankamallinnuksena, solideina tai pintamalleina. Tämä ohella laadittuun malliin voidaan määrittää kappaleeseen tarvittavat työstöt ja tarvittaessa ajaa läpi työstösimulointi törmäystarkasteluineen. Törmäystarkastelu edellyttää, että käytössä oleva työstölaite on teräyksiköiden kanssa kokonaisuudessaan mallinnettuna ohjelmaan.

Laadittuja työstöjä voidaan tutkia kahdella eri tavalla, tarkastelemalla ja simuloimalla. Tarkastelun yhteydessä voidaan väreillä määrittää esim. eri työkaluilla tehdyt työstöt, terän vaihdot ja törmäystarkastelut. Tarkastelun yhteydessä on helppo ja nopea huomata kappaleiden sijoittelu toisiinsa nähden sekä niiden mahtuminen haluttuun aihioon. Ohjelma ei huomioi puumateriaaleissa olevaa syysuuntaa, vaan se jää ammattitaitoisen mallintajan tehtäväksi.

Simuloinnissa puolestaan voidaan havainnollistaa terän ja sen kärkipisteen liikkeitä rautalankamallinteen yhteydessä. Simuloinnissa nähdään visuaalisesti terän eteneminen materiaalisissa esim. syvyysarvojen kanssa. Annettujen terä- ja työstöarvojen perusteella simulointi osio kertoo myös koneistukseen käytettävän työstöajan. Lisäksi simulointi näyttää työstöradan päätepiisteet, erottelemalla suorat ja kaaret toisistaan. Näin ohjelman laatija voi hyödyntää saamaansa infoa nopeasti ja muokata ohjelmaa mahdollisuuksien mukaan jouhevammaksi.



Kuva 8. Piirustuksien avulla mallinnettujen tuolin osien tarkistus näyttöruudulla. Esitellyllä tavalla kappaleiden sijoittelu (nestaus) toisiinsa nähden ja mahdolluttaminen aihioon on nopeaa ja helppoa. Suurissa kappalemäärissä ja jalopuita käytettäessä voidaan säästää merkittäviä säästöjä. (kuva: JIJ 2017)



Kuva 9. Simulointi ilmaisee mm. työstöjen syvyydet ja työstöön käytetyn kokonaisajan. Saatu informaatio auttaa parantamaan ohjelmaa monin eri tavoin. Muokkaamalla ohjelmaa siitä voidaan saada esim. kappalemääräisesti tehokkaampi ja teknisesti taloudellisempi. (kuva: JIJ 2017)

AutoCad suunnittelu-ohjelma

Autocad suunnitteluohjelmaa käytetään monilla TREDUN ammattiosastoilla. ACAD ohjelmasta on puuosastolla käytössä tällä hetkellä versio 2016. Puutekniikan opintojen alkuvaiheessa ohjelmalla tutustutaan teknisen piirtämisen perusteisiin. Peruskoulutukseen kuuluu piirustus ja muokkauskäskyjen lisäksi piirustustasojen käyttö ja tulostaminen oikeassa suhteessa. Tarkoituksena on että opiskelijat pystyvät omatoimisesti tuottamaan valmiit 2D työpiirustukset töistään, jotka sitten valmistetaan pajatunneilla. Edistyneempien kanssa saatetaan ehtiä tutustumaan 3D maailmaan ja mallinnukseen, jota voidaan sitten jatkossa hyödyntää esim. tuotteiden suunnittelussa ja CNC työstöissä.

Valmiiden työpiirustusten avulla on helppo laatia G-koodi pohjainen ohjelma CNC koneelle. Alussa työstettävät kuvat ovat melko yksinkertaisia, kuten esim. tikkukirjaimin tuotettuja nimikylttejä. Opintojen edetessä ja taitojen kasvaessa työt tulevat vaativimmiksi. Mitä vaativampi kuva, niin sitä enemmän ohjelmaan tulee laatia komentorivejä. Jos opiskelija on näyttänyt osaavansa ns. käsin tehdyn koodauksen, niin jatkossa vaativammat kuvat voidaan postprosessoida Mastercam ohjelman kautta CADistä suoraan G-koodiksi.

Inventor suunnittelu-ohjelma

Toinen TREDUN ammattiosastoilla käytössä oleva suunnitteluohjelma on Inventor. Puuosastolla kyseinen ohjelma ei ole vielä opetussuunnitelmassa, joten sitä ei sinällään vielä opeteta kaikille ryhmille. Suurelle osalle se kuitenkin esitellään CAD piirtämisen yhteydessä. Ryhmissä ohjelmasta pyritään tekemään ainakin tutorial-tyyppiset harjoitteet, joissa näytetään videon välityksellä eri työvaiheet askel kerrallaan. Näin ollen opiskelijat tutustuvat Inventorillakin tehtävään 3d mallinnukseen, kappaleiden kokoonpanoihin, sekä toisenlaiseen piirustusten tuottamiseen.

Molemmat käytössä olevat suunnittelu-ohjelmat ovat kaikille opiskelijoille maksuttomia. Ohjelmat voi ladata verkosta omaan käyttöön rajoitetuksi ajaksi.

2.3.2 Käytännön opetus nyt ja tulevaisuudessa

Teorian ja käytännön osuuksia pyritään painottamaan opetuksessa siten, että ne parhaalla mahdollisella tavalla tukisivat toisiaan. Opiskelijoiden tulee ymmärtää mistä raaka-aine on peräisin ja kuinka sen laatuun voidaan vaikuttaa jo esimerkiksi kasvuvaiheessa. Tämä on tärkeää, koska yhä suuremmassa määrin materiaalin alkuperä ja tuotteen elinkaariajattelun aikainen ekologisuus saattavat vaikuttaa asiakkaan ostopäätökseen. Teoriatasolla on myös tärkeää saattaa tietoon materiaalista johtuvat rakenteelliset ominaisuudet. Eri-laisten puulajien ja levy materiaalien ominaisuudet vaikuttavat määräävästi esimerkiksi tuotteen rakenteellisiin mitoituksiin ja sitä kautta myös kestävyyyteen ja laatuun. Hyvällä teoriapohjalla voidaan ryhtyä valmistamaan tuotteita käytännössä. Käytännön tasolla on tärkeää kerryttää rutiinin omaista toimintaa, kuitenkin niin että se on kaikissa työn vaiheissa ehdottoman turvallista. Tavoitteiden mukaiseen oppimiseen päästään siis vain teorian ja käytännön symbioosilla, jossa opiskelija ymmärtää alusta asti työtehtäviensä merkityksen turvallisuuden ja tuotteen lopullisen laadun kannalta. (TREDU: Puualan opetussuunnitelma 2015)

Automaatio opetuksessa tarvittavat asiat käydään ensin läpi teoriassa, joka sisältää laitekantaan tutustumisen. Käytännön osalta tarkoituksena on ensin perehdyttää kaikki opiskelijat G-koodi ohjelmoinnin perusteisiin ja päästä sitä kautta opinnoissa itsenäiseen työskentelyyn työstökeskuksella. Käytännön tasolla opetuksessa perehdytään jyrsin- ja poraustyöstöihin, sekä kappaleiden kiinnityksiin erilaisia jigejä käyttämällä. Koulutuksen pyrkimyksenä onkin ollut, että opiskelija tietää kurssin suoritettuaan laitteen mahdollisuudet ja osaa käyttää sitä vähintään levytuotteiden valmistukseen vaadittavien vaatimusten mukaisesti. Tämä tarkoittaa käytännön tasolla sitä, että opiskelija osaa perusjyrshintöjen lisäksi laatia tarvittavan CNC- ohjelman ja työstää kappaleeseen myös tarvittavat poraukset eri suunnista. (TREDU: Puualan opetussuunnitelma 2015)

Tällä hetkellä robotiikan osuus automaatio opetuksesta sisältää vain perusteiden mukaisen teorian. Tämän jälkeen opiskelija tutustuu robottiin siinä määrin, että sen liikuttaminen tulee tutuksi. Puuosastolla toimitaan tällä hetkellä ilman omaa robottia, mutta toiveena on saada sellainen käyttöön lähitulevaisuudessa. (TREDU: Puualan opetussuunnitelma 2015)

3 TUTKIMUSKYSYMYKSEN MUODOSTUMINEN

Tällä tutkimuksella on pyritty hakemaan vastauksia oppilaitoksen, opiskelijan ja alan yritysten kannalta oleellisiin asioihin ja tarpeisiin, joita tarvitaan erikoispuusepän näkökulmasta ja robotiikan saralta. Alle on koottu näiden kolmen tahon näkökulmasta pääkohdat, jotka vaikuttavat suoranaisesti opetusympäristön suunnitteluun ja sen toteutukseen, ottamatta tässä vaiheessa kuitenkaan huomioon opetuksellista sisältöä. Näkökulmien valintaan päädyttiin osittain tehtyjen haastattelujen perusteella ja toisaalta oppilaitoksen aseman vuoksi, opiskelijaa ja yritysmaailmaa yhdistävässä keskiössä.

Seuraavissa kappaleissa käsiteltyjen näkökulmien kombinaatiosta voidaan kiteyttää varsinainen tutkimuskysymys, joka muodostuu näin ollen seuraavaksi: Kuinka robotiikan opetus tulisi järjestää oppilaitoksessa, jotta se vastaisi yritysten asettamiin vaatimuksiin ja samalla antaisi laajapohjaisen tietotaidon opiskelijalle toisen asteen koulutuksessa, huonekalupuusepän- ja erikoispuusepän alalla? Tarkoitus on selvittää millä opetuksen määrällä ja- laajuudella robotiikkaa on tarkoitus toteuttaa ja että minkä kokoisella ja -tasoisella laitteistolla tähän tavoitteeseen päästään. Jotta edellä esitettyyn kysymykseen saataisiin vastaus, tulee asiaa lähestyä vähintään kolmen eri tahon näkökulmilla.

3.1 Näkökulmat osaamistarpeista

Oppilaitoksen näkökulmasta on oleellista antaa opiskelijalle ne tiedot ja taidot, jotka sille on opetussuunnitelmassa ennalta määrätty. Osoitetuilla resursseilla katetaan opetuksen lisäksi opetusympäristön sekä siellä tarvittavan tarpeiston ja laitteiston hankintaan ja ylläpitoon tarvittavia kustannuksia. Unohtaa ei voida tässä kohtaa myöskään ylläpitoa, jota opetusympäristö toimiakseen vaatii ja tarvitsee. Perusopetukseen verrattuna ammattiopeutus on verrattain kallista. Tekniikan alalla opettaminen ja sitä kautta myös oppiminen vaatii ammattialakohtaisen opetustilan lisäksi myös suhteellisen usein päivitettyä ja osittain juurikin tästä syystä myös kallistakin laitekantaa.

Oman haasteensa opetukseen tekee opintojen laaja-alaisuus. Huonekalu- ja erikoispuusepän alalta valmistuvan opiskelijan tulee jo perusteidenkin mukaan osata valmistaa myytäväksi kelpaava tuote niin laadullisesti, kuin ajallisestikin. Tämä vaatimus edellyttää että opiskelija osaa kaikkien valmistuksen osa-alueiden lisäksi laatia piirustuksista tarvittavat dokumentit, kuten katkaisuluettelon ja kustannuslaskelman.

Koulutuksen kannalta juurikin tämä laaja-alaisuus tekee opetuksesta haastavaa. Raadollisesti todettuna oppilaitoksen tulisi valmistaa opiskelijasta ”tuote”, joka on laadullisesti liian hyvä asiakkaalle. Yritys käyttää todennäköisesti vain murto-osaa ”tuotteensa” ominaisuuksista, koska harvemmin esim. ikkunafirma tekee portaita ja päinvastoin.

Jotta tämän kaltaista kohdennettua ja taloudellisesti kannattavaa opettamista voitaisiin suorittaa, niin ryhmäkokojen tulisi olla mahdollisimman suuria. Pienemmissä ryhmissä tapahtuvalla opetuksella on tietyissä tapauksissa kyllä omat vahvuutensa, mutta näin meneteltäessä edettäisiin koulutuksen kannattavuuden kustannuksella. Työssäoppimispaikkojen kartoittaminen ja kohdentaminen oikeantyyppiselle tekijälle saattavat jatkossakin olla ponnahduslautana opiskelijan suuntautumiselle ja urakehitykselle. Oppilaitos tekee kin mahdollisuuksien mukaan yhteistyötä paikallisten yritysten kanssa, jotka puolestaan tekevät tiedusteluja saadakseen tietoa mahdollisista huippuosajista.

Resurssien kohdentaminen hyväksi havaittuihin opetusympäristöihin ja niiden päivittämiseen on pitkällä tähtäimellä kannattavaa. Tämän kaltaisen ”sijoittamisen” voidaankin todeta olevan omalla tavallaan oikeaan kohderyhmään suunnattua suoramarkkinointia. Näin menettelemällä oppilaitos voinee osaltaan vaikuttaa alalle hakeutuvaan opiskelijamäärään. Tätä kautta se samalla myös palvelee alueellista yrityselämää tuottamalla eri alojen ammattilaisia.

Oppilaitoksessa tapahtuvan koulutuksen eri asteilla pyritään aika-ajoin kartoittamaan opiskelijan omaa osaamista ja sitä kautta henkilökohtaistamaan opetuksen linjausta. Näin ollen opiskelija saa esim. aikuiskoulutuksessa vaikuttaa siihen, että opetellaanko ajan niin salliessa kokonaan uutta asiaa vai kohdennetaanko opintoja jo aiemmin opitun syventämiseen vaikkapa uudella tekniikalla.

Historia toistaa itseään ja niinpä yrityselämä edellyttää tänäkin päivänä työhön hakeutuvalla opiskelijalla ennen kaikkea sitä kuuluisaa kokemusta ja omatoimisuutta. Ennen sitä ensimmäistäkään työpaikkaa opiskelijan tulisi hankkia laajaa kokemusta alalla käytettävistä erilaisista työskentelymenetelmistä, sekä käytössä olevista koneista ja laitteista. Tästä syystä opetusympäristön ajanmukaisuus, erilaisten variaatioiden kattava toimivuus ja yhteensopivuus, sekä alan yritysten kanssa tehtävä yhteistyö ovat valtteja osaamista hankittaessa.

Opiskelijan näkökulmasta olisi tärkeää saada hankittua vähintään työelämässä vaadittava oleellinen ja riittävä tietotaito. Perusasioiden omaksuminen ja niiden hallinta on opiskelijalle tämän päivän tärkein haaste koulutuksen kannalta. Sopivassa suhteessa tulevat haasteet lisäävät motivaatiota ja saavat aikaan laajapohjaista oppimisen perustaa. Tämän varaan on jatkossa helppo rakentaa lisää omaa henkilökohtaista osaamista.

Mitä monimuotoisempaa koulutus pohja ja sen hallinta on, niin sitä helpompaa on jatkossa erottua ns. massasta. Työssäoppimispaikan valinta ja sinne pääseminen ovat hyviä ponnahduslautoja alkavalle uralle. Monipuolisten käytännön harjoitteiden kautta opiskelijan on mahdollista nostaa taitotasoaan ja saavuttaa rutiinia erilaisissa ja mahdollisimman monipuolisissa työtehtävissä.

Mitä uudempaa tekniikkaa opetuksessa käytetään, sitä mielekkäämpänä opiskelijat mieltävät sen tulevaisuutensa kannalta. Esim. aikuiskoulutuksen puolella näyttötutkintoihin hakeutuu opiskelijoita, joilla edellisen tutkintotason suorittamisesta saattaa olla vuosikymmen tai jopa enemmän. Näiden henkilöiden kohdalla on kyseessä monesti tietojen päivittäminen ja sitä kautta uuden teknologian käyttöön- ja haltuunotto. Ehkä juuri tästä syystä CNC-tekniikka on ollut suosittua varsinkin aikuiskoulutuksen tutkinnoissa.

Yrity maailman näkökulman mukaan näillä ammatillisia ensiaskeliaan ottavilla aloittelijoilla tulisi olla hyvät perusvalmiudet suoriutua alakohtaisesti kohdennetuista, vaatimusten mukaisista ja monimuotoisista työvaiheista.

Haastatteluissa ilmeni, ettei työntekijältä välttämättä kaivatakaan työsuhteen alussa monipuolisuutta ja kokonaisvaltaista osaamisalueiden hallintaa. Yrityksen tuottavuuden kannalta paljon oleellisempaa on, tiettyjen perusosa-alueiden hallinta tai vaihtoehtoisesti kyky omaksua nopeasti uudet menetelmät ja työstötekniikat. Kokemuksen ja työntekijän valmiuksien merkitys korostuvat yrityksen henkilömäärän kasvaessa

Näkökulman sisäistä ristiriitaa aiheuttanee mm. yritysten erilaiset suuntautumiset alalla. Yritys joka on suuntautunut vaikkapa julkikalusteisiin arvostaa mittatarkkuuden lisäksi mm. asennusosaamista ja sitä kautta erilaisten kiinnitys menetelmien hallintaa ja soveltamista ongelmia kohdattaessa. Massiivipuusiin huonekalukomponentteihin suuntautunut yritys puolestaan saattaa arvottaa enemmän yksittäisten kappaleiden laatua ja valmistusvolyymia. Erilaiset lopputuotteet vaikuttavat näin ollen vahvasti siihen mitä työntekijältä halutaan ja edellytetään.

Kokemukseni perusteella yrityksissä toimivien johtohenkilöiden suhtautuminen tehtävän toteutukseen ja tuotannon suuntaukseen vaikuttaa alaisilta ja kollegoilta vaadittavaan osaamiseen. Jos sama yritys tuottaa alihankintana esim. päätuotteenaan saumalevyjä ja saa niistä määrällisesti paremman hinnan, niin vähemmälle valmistusmäärälle jäänyt uniikkitoiden osuus saattaa silti jäädä johdon osalta vähemmälle huomiolle vaikka se tuottaisikin suhteellisesti enemmän.

Tehtyjen haastattelujen perusteella voidaan kiteyttää yrittäjien arvostavan hyvää perusosaamista ja sitoutumista toimintatapoihin kuten esim. työaikoihin. Tämän jälkeen seuraavana tulee osaamisen kartuttaminen siihen pisteeseen, että rutiini riittää täysin omatoimiseen työskentelyyn ja sitä kautta luottamuksen ansaitsemiseen. Tämä korostuu yrityksissä joissa on vain muutama työntekijä ja joilta kaikilta edellytetään eri työvaiheiden ja niiden toteuttamiseen vaadittavien menetelmien kokonaisvaltaista hallintaa.

4 HAASTATTELUTUTKIMUS

Haastattelu- ja kyselylomakkeiden sisältöä kohdennettiin yrityksille (liite 1), puualan opiskelijoille (liite 2) sekä robotiikan opettajille (liite 3). Yrityksille suunnattu haastattelulomake hioutui lopulliseen ja tutkimuksessa käytettyyn muotoonsa muutamien yrittäjien ja kollegoiden kanssa käytyjen puhelin-, sähköposti- sekä henkilökohtaisten keskustelujen perusteella. Näiden lomakkeiden lisäksi aineistoa täydennettiin tutkimuksessa mukana olevissa yrityksissä sekä oppilaitoksessa tehdyillä haastatteluilla.

Koulutuksellisia toteutusmalleja robotiikan ja automaation osalta löytynee omasta oppilaitoksestamme. Toisilla osastoilla käytettävä materiaali on toki erilaista, mutta opetusteknisesti toteutus voitaneen toteuttaa pääpiirteittäin jo hyväksi havaituilla menetelmillä. Tästä syystä tähän työhön on pyritty ottamaan mukaan toisten alojen aiempaa osaamista. Tätä osaamista on kartoitettu henkilökohtaisten haastattelujen muodossa, joita tehtiin oppilaitoksemme robotiikan opetuksesta vastaaville opettajille. Näistä haastatteluista lisää tämän kehitystehtävän kohdassa 4.5 sivu 43.

(haastattelututkimus opettajille: Liitteet 5-6)

4.1 Haastattelututkimuksesta yleisesti

Jyrsintyöstöjen toteutusta robotilla on pidetty yleisesti hyvin mielenkiintoisena, joskin suurelta osin edelleenkin tulevaisuuden asiana. Keskusteluissa on ihmetelty avoimesti sitä, ettei se kyseisessä tarkoituksessa olekaan jo yleisesti erikoispuusepän alalla käytössä.

Opetusteknisesti haastavan robottisolun toteuttaminen jo olemassa olevan opetusympäristön osaksi, vaatii kuitenkin tarkempaa alakohtaista selvittelyä. Tästä syystä mukaan piti saada näkökulmaa yrityksissä tehdyistä työvaiheista, jotta tuleva robottisolu palvelisi toteutuessaan parhaalla mahdollisella tavalla niin alan yrittäjiä kuin opiskelijoitakin. Samalla näkökulmaa piti saada myös opetuspuolen edustajilta, jotka ovat jo käyttäneet erilaisia robottisovelluksia omassa työssään.

4.2 Haastattelututkimuksen alkuvaiheet

Yleisesti ottaen roboteilla tehdyistä jysintyöstöistä olevat kokemukset ja esimerkit ovat pitkälti metalli ja muovitekniikan puolelta. Kaikki aiemmin käydyt keskustelut ja työn edetessä laaditut alakohtaiset haastattelut konkretisoituvat näin ollen tämän opinnäyttötyön kannalta arvokkaiksi lähteiksi. Tämä on tärkeää koska erikoispuusepänalalle kohdennettua kirjallista tutkimustyötä robotiikan avulla toteutettavista jysintyöstöistä ei ole lainkaan saatavilla.

4.2.1 Haastattelututkimuksen rajausta

Monet pirkanmaalaiset yritykset tekevät puusepänanalan tehtäviin rinnastettavaa työstöä. Pääosin näissä yrityksissä työstetään kuitenkin muuta, kuin puumateriaaleja. Tutkimuksen haluttiin olevan mahdollisimman alakohtainen, joten rajausta tehtiin myös materiaalin osalta. Lähtökohtaisesti rajausta erikoispuusepän alan yrityksiin juontaa heidän tuotteidensa kirjon vaatimasta kone- ja laitekannasta. Osaltaan rajaamiseen vaikutti myös heidän tuotteidensa toteuttamiseen tarvittavat työstöprosessit ja edellä mainitut materiaalit.

Tutkimuksesta jätettiin pois monia yrityksiä, joilla tuotteen valmistus on katsottu olevan pääasiallisesti levytuotteisiin tehtäviä sahauksia ja porauksia vaativaa. Kyseisissä työstöissä CNC keskuksia ja yrityksille räätälöidyt porausautomaatit ovat tehokkuudeltaan ylivoimaisia ja sitä kautta todennäköisesti myös kannattavampia. Investointina ko. laitteet koetaan kuitenkin robotiikkaan verrattuna liiankin kohdennettuina ja sitä kautta osittain myös tuotantoa rajaavina.

Myös ne yritykset, jotka työstöissään ovat keskittyneet kokonaan eri materiaaleihin, jätettiin pois tutkimuksesta. Osa yrityksistä puolestaan karsiutui vertailtaessa heidän työstötekniikoidensa ja tuotteidensa samankaltaisuutta. Tutkimukseen mukaan otetut yritykset ovat siis mukana monipuolisten- ja samalla myös joustavien sekä ennen kaikkea erikoispuusepänalaa kohdentuvien työstömenetelmiensä vuoksi.

4.2.2 Haastattelututkimuksen suuntaviivat ja toteutus

Monissa aiemmin käydyissä keskusteluissa ja tähän työhön tehdyissä haastatteluissa ajautettiin lähes aina vertailemaan CNC:n ja robotin keskeisiä ominaisuuksia ja hankintaan liittyviä kustannuksia. Yrityksiä pyydettiin arvottamaan investointikulut, tilantarve, käyttökustannukset ja huolto siten, että investointipäätöksen kannalta tärkeimmälle kohteelle annettiin 4 pistettä, toiselle 3 jne. Lähes poikkeuksitta (n.88 %) haastateltavat nostivat päällimmäiseksi esiin investointikulut, laitteiden vaatiman tilantarpeen tullessa toisena.



Kaavio 1. Yritysten pisteyttämien kustannusten merkitys investoinnin kannalta.

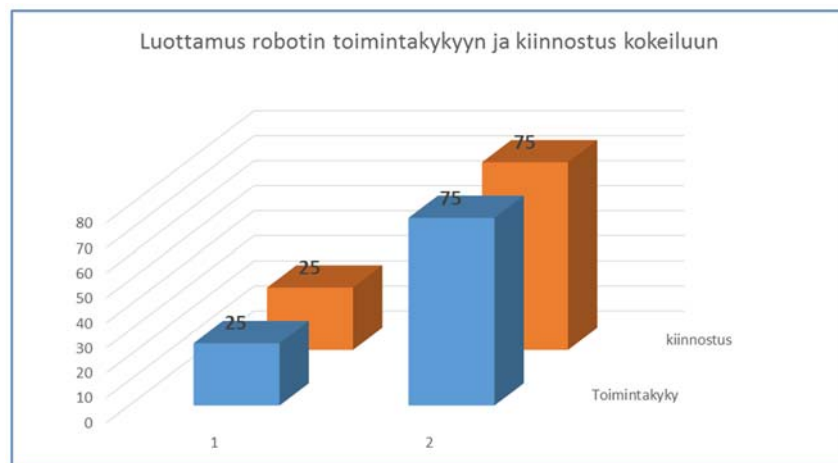
Yleisesti ottaen robotin miellettiinkin vaativan huomattavasti pienemmän tilan toimiakseen, kuin kokonainen CNC- työstökeskus. Samaan suuntaan päädyttiin myös hankintahinnoista keskusteltaessa, joissa robotti arveltiin selkeästi CNC työstökeskusta halvemmaksi. Toisaalta, kenelläkään ei tuntunut olevan selkeää kuvaa robotin vaatimista investointikustannuksista nykyään ja niinpä eri kokoonpanojen kustannuksista haluttiinkin tietoa muun tutkimuksen ohella.

Haastattelujen perusteella robotiikka arvioitiin huoltokustannuksiltaan kalliimmaksi. Tähän johtopäätökseen päätyi n.63% vastaajista. Syyksi tähän arveltiin niissä käytettävää tekniikkaa, joka miellettiin modernimmaksi kuin CNC:n vastaava.



Kaavio 2. Yritysten mukaan robotiikka mielletään huoltokustannuksiltaan CNC:tä kalliimpänä.

Yrityskäyntien yhteydessä käydyistä keskusteluista huomion arvoista on mielestäni se, että kiinnostus robotiikkaan ja sen sovelluksiin oli ennen kaikkea positiivinen. Osalla haastateltavista (25 %) oli kyllä pieniä epäilyksiä robotin toimintakyvystä ja varmuudesta sekä huollon tarpeesta. Usein uuden tekniikan käyttöönotosta johtuvaa muutosvastaisuutta tyyliin: ”ne vie meidän työt” mielialaa ei ollut kuitenkaan havaittavissa ja suurin osa haastateltavista (75 %) odottaakin robotiikan jalkautumista erikoispuusepänille. Yleisesti ottaen juuri oppilaitoksen toivottiinkin tekävän aiheeseen liittyvää tutkimustyötä, jotta hankittua tietoa voitaisiin sitten jakaa ainakin mukana olleille yrityksille.



Kaavio 3. Prosentuaalinen luottamus robotin toimintakykyyn ja kiinnostus uuden teknologian käyttöönottoon.

Tutkimuksen kyselylomake lähetettiin kaikkiaan kymmeneen erikoispuusepän alan yritykseen Pirkanmaalla, joista kahdeksan osallistui tutkimukseen.

Yrityskohtaisten tapaamisten yhteydessä keskusteltiin robotin käytöstä erikoispuusepänalalla. Sen mahdollisuuksia kartoitettaessa löytyi monenlaisia toteutusmalleja ja variaatioita. Keskustelimme mm. pyörillä varustetusta pöydästä, jossa robotti olisi toimilaitteistoinen. Tämän kaltainen ”robokuutio” voitaisiin tarpeen vaatiessa kytkeä erilliseen toimilaitteeseen tai työpisteeseen. Sen avulla voitaisiin suorittaa erilaisia työstöjä, kuten jrsintää, sorvausta, hiontaa ym. Lisäksi keskusteluissa päädyttiin variaatioihin mm. seinällä kulkevista roboteista, aina kattoon kiinnitettäviin versioihin.

Haastattelututkimusta edeltävissä ja asiaan liittyvissä keskusteluissa olen enimmäkseen käsitellyt alakohtaista työstötekniikkaa varsin yleisellä tasolla. Tämän työn yhteydessä käydyissä keskusteluissa on pyritty lähestymään käsiteltävää asiaa erilaisten komponenttien valmistusta silmällä pitäen. Haastatellessa on lisäksi avattu keskustelua siitä mitä vaaditaan, jotta ajatus täysin valmiista kappaleesta työstön jälkeen toteutuisi.

4.3 Haastattelututkimus yrityksille

Yritysten työstötekniikkaa ryhdyttiin tutkimaan robotiikan avulla toteutettavien jrsintyöstöjen näkökulmasta. Ajatuksena oli tutkia, voisiko robotilla suoriutua kaikista niistä jrsimillä toteutetuista työstötekniikoista, joita mukana olleilla yrityksillä oli jo nyt käytössään. Soveltuessaan edellä mainittuihin työstötekniikoihin, olisi robotti todennäköisesti soveltuva myös kaikkiin perustekniikkaa vaativiin työstöihin, muissakin kuin tutkimuksessa mukana olevissa alan yrityksissä. Samalla tutkittiin yrityksistä tulleen toiveen mukaista robotiikalla mahdollisesti saavutettavaa korvaavuutta CNC-työstökeskuksiin verrattuna.

Haastattelututkimuksessa olevien yritysten tuotteet kattavat erittäin hyvin erikoispuusepänanalan laajan kirjon. Tuotteet ovat lähtökohtaisesti perinteisiä huonekalupuusepänanalan mittatilaustöitä. Monet näistä töistä vaativat lisäksi suurta tarkkuutta ja vuosien varrella hankittua, kokemusperäistä materiaalituntemusta. Tämän lisäksi mukana on erittäin vaativia ja erikoistekniikoilla valmistettuja, taiteenkin statuksen ansaitsevia spesiaalitöitä, joista suuntaa antaviksi tuotteiksi mainittakoon soittimet ja koriste-esineet.

4.3.1 Haastattelututkimuksen yhteenveto yritysten osalta

Henkilöstö: Tutkimuksessa mukana olevien yritysten vakituinen henkilöstömäärä oli edellisen vuoden aikana keskimäärin 1,3 hlöä / yritys. Vakituisen väen lisäksi yrityksissä työskentelee aina tarvittaessa lisätyövoimaa. Näin ollen vuotuiseksi keskiarvoksi saatiin maksimissaan 2,3 hlöä / yritys. Yrityskohtaiset henkilöstömäärät ovat pieniä ja se johtuu pääosin tutkimuksessa käytetyn otannan rajauksesta. Erikoispuusepänalalla toimivien yrittäjien tuotteet ovat suurimmaksi osaksi täysin uniikkeja yksittäiskappaleita, eikä yrityksissä ole näin ollen tarvetta pitää massatuotannon vaatimaa henkilöstömäärää.

Toimitilat: Yritysten toimitilojen pinta-alat olivat edellisvuoden ajalta keskiarvoltaan 211 m², vaihteluvälin ollessa n.50:stä neliöstä aina 255:een neliöön. Tämä on tutkimuksen kannalta oleellista senkin takia, että robotti vie lattiapinta-alaa vain noin kolmanneksen CNC työstökeskukseen verrattuna, jolle on kaiken kaikkiaan varattava tod.näk. n. 20 - 30 m² tilaa. Prosentuaalisesti tämä on siis keskimäärin 10 – 15 % tuotantotilojen kokonaispinta-alasta. Robottiikan avulla toteutetun jyrnsyksikön tilavaatimus olisi vastaavasti n. 5 %. Tämän lisäksi robotti on jatkossa mahdollisesti liikuteltavissa eri työpisteisiin. Vaihtoehtoisesti robotti on sijoitettavissa vaikkapa kokonaan seinälle tai jopa kattoon.

Tarkkuus: Yritysten käyttämät jyrnsintöiden työstötarkkuudet vaihtelivat välillä 0 - ±0,5mm. Tiukoissa sovituksissa pyrkimys on tietenkin saavuttaa juurikin tuo ”nollatoleranssi”, mutta mm. laitteesta, teristä ja materiaalista johtuen tuota 0,1 – 0,2mm pidettiin erittäin hyvänä. Tosiasiassahan ”puu on puuta”, eli hygroskooppista materiaalia ja juurikin tästä syystä se myös käytännössä ”elää” koko ajan. Työstettävien kappaleiden koot vaihtelevat pienistä (n.A4 kokoisista) aina isoihin pöydän kansiin. Tämä saattaa muodostua robotin suorittamille jyrnsinnöille haastavaksi, koska robotin käsivarsien liikkua ääri-asentoihin se samalla vähentää mittatarkkuutta.

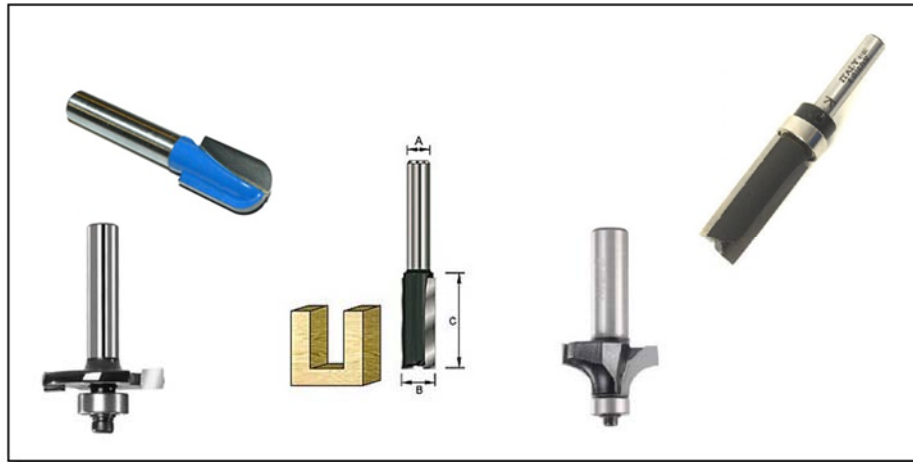
Työstettävä materiaali: Mukana olleiden yritysten pääasiallinen materiaali on puu. Muita työstettäviä materiaaleja on pääosin erilaiset vanerit, mdf- ja laminaattilevyt. Jos-
sain määrin käytössä on myös komposiittimateriaaleja, mutta niidenkin liimaamiseen
käytetään perinteisiä useimmiten Polyvinyylisetaatti (PVA) pohjaisia liimoja kuten
massiivipuullakin. Joissakin vaativammissa tapauksissa ja käyttökohteissa saatetaan
käyttää tarvittaessa myös epoksia, sekä polyuretaani pohjaisia liimoja. Koska näissä eri-
koistapauksissa liimasaumat ovat suhteellisen pieniä, niin ne eivät aiheuta jyrksintyöstö-
teknisiä ongelmia tutkimuksen kannalta. Joissain harvoissa tapauksissa saatetaan työstää
normaaliterillä myös lasikuituvahvisteisia kappaleita. Jos ko. kaltaisiin töihin ilmenee
suurta tarvetta, niin edukkaammaksi tulee timanttiterien käyttö. Leikkuunopeudet ja
työstösyvytydet pysyvät kuitenkin näilläkin terillä keskiarvallisesti samoissa kuin perin-
teisillä terillä, joten sen vaikuttavuutta ei huomioitu tutkimuksessa.

Terätyypit: Yritysten pääasiallisesti käyttämä terätyyppi on kaksileikkuinen tappiterä.
Käyttömääriensä mukaan painotettuna eniten käytetyt terät ovat halkaisijaltaan keskimää-
rin alle 10mm (ka.6mm). Vaihteluväli käytetyillä terillä on pääosin n.3mm:stä n.100mm
asti. Tätä terätyyppiä käytetään paljon erilaisten urien, kyntteiden, pyöristysten ym. työs-
töihin.



Kaavio 4. Kyselyyn osallistuneiden yritysten käyttämien teräkokojen vaihteluvälit käsijyrksintyöstöissä.

Myös muita teriä toki käytetään aina tuotannon niin vaatiessa. Tutkimuksessa rajattiin teräkoot kuitenkin vastaamaan työstöjä, jotka voidaan suorittaa käsijyrsinkalustolla. Näin ollen työstöt vastaavat paremmin robotilla mahdollisesti toteutettavia työvaiheita. Teräkoon suurentuessa ja sitä kautta tehon tarpeen lisääntyessä siirrytään työstölaitteena käyttämään järeämpiä alajyrsin laitteita.



Kuva 10. Yleisimpiä jyrsinteriä (kuvat: Nettiverstas 2017)

Jyrsimet: Yritysten jyrsintyöstöissä käyttämät laitteet ovat pääosin ns. käsijyrsimiä. Pienestä koostaan ja suhteellisen hyvästä tehokkuudestaan johtuen ne ovat poikkeuksetta kaikkien yritysten käytössä. Osalla yrityksistä oli käytössään vain yksi laite, mutta joillakin vastaavasti oli useampia laitteita käytössään samanaikaisesti. Useampia laitteita käytettäessä saavutetaan monia etuja. Teränvaihtojen määrä vähenee huomattavasti jos osassa laitteita voidaan pitää kiinni yleisesti ja usein käytettäviä teriä. Näin ollen terien käsittelyn tarve vähenee, jolloin se vaikuttaa mm. ajankäyttöön sekä terien kunnossa pysymiseen.

Erilaisten työstöjen vaatimukseen on helpompi vastata käyttämällä riittävän tehokasta ja tarkoituksen mukaista konetta. Jos kyseessä on vain kevyt pyöritys tai kyntteen ajo, niin tehokkuudeltaan- ja samalla kooltaan pienempi laite riittää ko. tehtävään. Nämä pienemmät laitteet ovat painoltaan alle kilosta – kahteen kiloon. Jos työstettävää materiaalia tulee poistaa kerralla enemmän, niin tällöin on turvallisempaa ja samalla taloudellisempaa käyttää tehokkaampaa laitetta, joka juuri tästä syystä on siten myös kookkaampi.

Pyörimisnopeus on oleellinen asia jyräntööstöissä. Nykyisissä jyräsimissä on suurimmaksi osaksi portaaton nopeuden säätö mahdollisuus. Tämä auttaa saavuttamaan hyvän ja halutun kaltaisen pinnanlaadun ottamalla huomioon materiaalin ja terän ominaisuudet.

Työvaiheesta riippuen voidaan valita pitäytytäänkö jyräittäessä käsivaraisessa työstössä vai käytetäänkö laitetta ns. pöytäjyräsimenä.



*Kuva 11. Käsivarainen jyräintä
(kuva: Makita 2016)*



*Kuva 12. Käsijyräsin pöytä
(kuva: Nettiverstas 2017)*

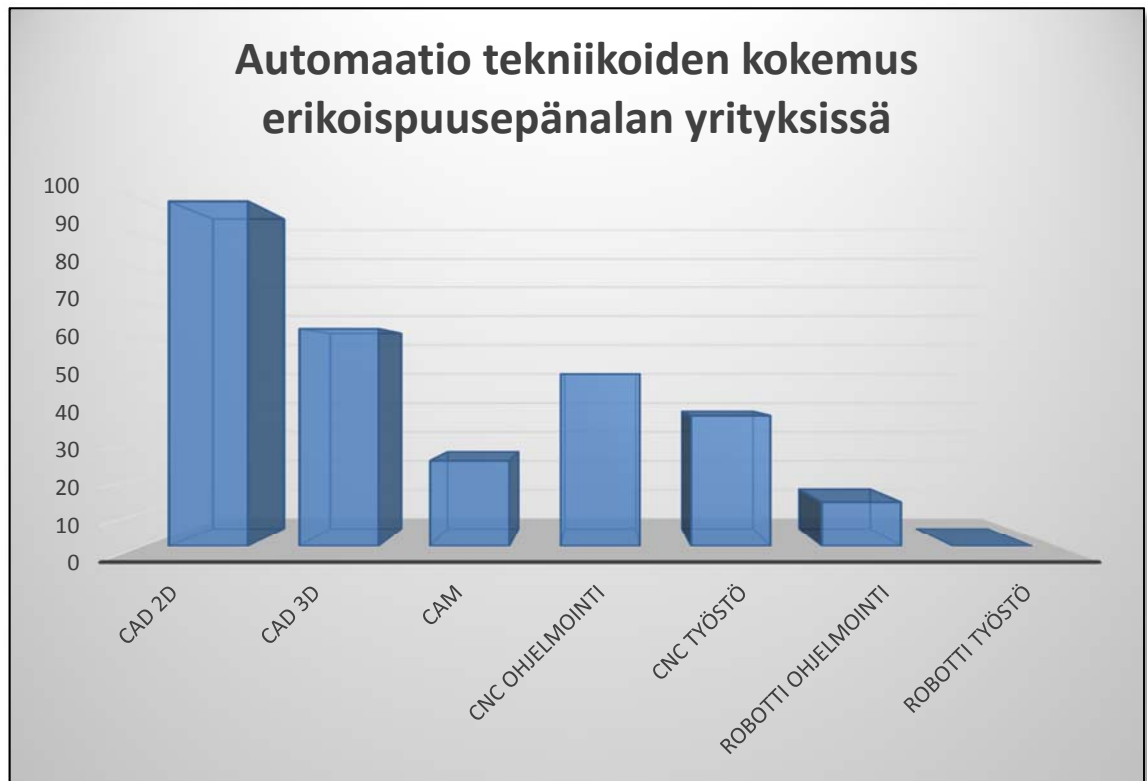
Työstösyvyydet: Yritysten käyttämät työstösyvyydet jyräsin työstöissä vaihtelivat yleisesti ottaen 0-50mm välillä. Työstöjen keskimääräinen syvyys oli n.17mm. Painotettua keskiarvoa ei tässä tapauksessa laskettu, koska kaavakkeessa kysyttiin vain työstösyvyyden vaihteluväliä. Kaikissa syvissä työstöissä pyritään kuitenkin aina ajamaan ns. useammalla otolla. Käyttämällä kyseistä tapaa voidaan jyräsin terään ja käytettävään työstölaitteeseen kohdistuvat rasitukset minimoida. Samalla myös mahdolliseen materiaalin repeytyminen voidaan vaikuttaa mahdollisimman hyvin työstöjen aikana. Tällä on suuri merkitys taloudellisuuden kannalta varsinkin pitkällä aikavälillä.

Haastattelututkimuksessa yrityksiltä kysyttiin myös seuraavia asioita: **Merkityksellisimmät jyrityöstöt ja niiden toteutusmahdollisuudet robotiikan avulla, sekä robotiikan käyttöönoton edellytykset yrityksessä.** Vaikkakin mukana olevien yritysten tuotteet ja osa työstöistäkin eroavat suuresti toisistaan, niin yleisesti ottaen kaikki olivat sitä mieltä, että ”jos robotilla pysyy jyrin kädessä, niin ei mitään ongelmaa”. Lähtökohtaisesti oltiin sitä mieltä, että kaikki jyrityöstöihin käytetyt vaiheet voidaan toteuttaa robotiikan avulla. Tässä kohdassa asiaa peilattiin paljon tutumpana pidetyn CNC tekniikan kautta. Robotin työstötarkkuuden heikkeneminen akseleiden määrän lisääntyessä ja ääri-rajoiille mentäessä, tuntui tulevan haastateltaville uutena asiana. Yleisesti ottaen sitä pidettiin ymmärrettävänä, mutta osasyynä tähän oli, ettei asiaan oltu sen enempää edes perehdytty. Luottamus uuteen teknologiaan ja sen kehittämiseen tuntuu olevan kuitenkin vahva, sikäli kun tarkkuus sinällään on kuitenkin riittävän tarkka jo nyt.

Robotiikan käyttöönoton edellytyksiä yrityksissä kartoitettaessa selvisi, että atk-laitteistojen olemassaolo on täysin nykypäivää. Kaikissa yrityksissä oli osaamista tietojenkäsittelystä ja tarvittavista ohjelmista. Keskimäärin ATK osaaminen koettiin yrityksissä lähes poikkeuksetta vähintäänkin kohtalaiseksi (välttävä – kohtalainen – hyvä). Samaa skaalaa käytettäessä aiempi kokemus CAD/CAM ohjelmista koettiin myös keskimäärin kohtalaiseksi. Tosin tässä kohtaa vastaukset asettuivat vastausvaihtoehtojen ääripäihin. Aiempaa kokemusta CNC:n tai robotiikan käytöstä kysyttäessä olivat vastaukset joko välttäviä tai välttävän ja kohtalaisen välimaastossa.

CAD/CAM tekniikan kokemuksia kartoitettiin kyselyssä osiolla, jossa yrityskohtainen kokemus ilmaistiin rastittamalla kyseinen kohta työuran varrella koetuksi. 2D suunnittelu ja sen osaaminen koettiin kaikissa yrityksissä olevan hyvin hallussa (100%). Tähän on vaikuttanut mm. yrittäjien aiempi koulutus, oma kiinnostus ja monet nykyään verkosta saatavat ilmaissovellukset. 3D suunnittelu olikin kyselyn mukaan sitten jo vähemmän koettua, mutta siinäkin n. 63%:lla kyselyyn osallistuvista oli kokemusta erilaisista mallinuksista.

CAM suunnittelun kokemusta omattiin kyselyn mukaan vain kahdessa yrityksessä, eli 25%:ssa vastanneista. CNC ohjelmointi oli hallussa 50 %:llä yrityksistä ja CNC työstö puolestaan n.38 %:lla. Robotin ohjelmointi oli kyselyn mukaan tuttua vain yhdelle yrityksistä (n.13 %). Robotilla työstämistä ei ole tehty tuotannollisesti missään kyselyyn osallistuneista yrityksistä (0 %). Yrityksistä vain yhdessä oli käytetty robottijärsintää ja sitäkin lähinnä kokeilumielessä.



Kuva 13. Haastattelututkimuksen tulokset (kuva: JIJ 2017)

Taulukosta nähdään että 2D piirtäminen on kaikissa yrityksissä erittäin hyvin hallussa. Tähän vaikuttaa pitkälti se, että työpiirustusten muokattavuus ja yrityksillä jo olemassa olevien kuvien hyödyntäminen on atk- laitteiden yleistymisen kautta täysin normaalia toimintaa nykyään. Kyselyn ulkopuolelta todettakoon, että yrityksille on selvästi etua siitä että osa asiakaskunnastakin on omaksunut atk-avusteisen piirtämisen. Näin ollen työkuvioiden saattaminen tuotanto tasolle on helpompaa, nopeampaa ja sitä kautta siis taloudellisempaa.

3D suunnittelukin tuntuu olevan osassa yrityksiä jo tätä päivää. Tähän on keskustelujen mukaan merkittävästi vaikuttanut verkosta saatavat ilmaisohjelmat, joilla pääsee helposti alkuun ja jotka sitten ovat yhteensopivia nykyään monilla yrityksillä käytössä olevien ohjelmistojen kanssa. 3D ohjelmia pitävät tuotantonsa ja varsinkin markkinointinsa kannalta tärkeänä yritykset, joilla tuoteperhe on vakiintunut esim. näyttäviin portaisiin, keittiökaapistoihin, julkikalusteisiin ym. Nykyaikaiset 3D ohjelmat mahdollistavat paremman visualisoinnin asiakkaan suuntaan kuin perinteiset 2D piirustukset ja vaikuttavat sitä kautta mahdollisiin ostopäätöksiin.

CAM tekniikkaa ei ole vielä saanut merkittävää jalansijaa erikoispuusepäälalla. Osataan tähän näyttäisi vaikuttavan tuotteet, jotka ovat luonteeltaan uniikkeja. Tekniikan laajamittaisempaa käyttöönottoa harkittaisiin keskustelujen mukaan vasta siinä vaiheessa, kun yritys ryhtyy valmistamaan tuoteperhettä tai siirtyä varsinaiseen massavalmistukseen. Kuitenkaan ei ole pois suljettu, etteikö laitteita tulevaisuudessa yhdistettäisi jossain mittakaavassa ”keskustelemaan” toistensa kanssa, mutta nykyisellä kone ja laitekannalla se ei ole monessakaan yrityksessä ajankohtaista.

CNC ohjelmointia pidetään nykyisellään normaalina työnkuvaan kuuluvana osaamisalueena. Vaikkakaan yrityksellä ei olisikaan omaa laitetta, niin monet niistä käyttävät CNC koneistuksiin aliurakoitsijaa. Näin ollen CNC työstön osuus jää kokemuksellisesti hieman matalammalle. Näissä tapauksissa molempien yritysten etuna koetaan olevan tilaajan mahdollisuus ja kyky tuottaa tai muokata ohjelmaa halutun kaltaiseksi. Keskustelujen mukaan tähänkin tiedetään vaikuttavan verkosta tai laitevalmistajalta saatavat ilmaisohjelmat. CNC tekniikassa tarvittavan koodin laatimiseksi riittää aivan tavallinen taulukkolaskentaohjelma. CNC työstöjen teettäminen aliurakointina koetaan yrityksen kannalta helpoksi ja taloudelliseksi ratkaisuksi Pirkanmaan talousalueella.

Robottiohjelmoinnista ei ollut kokemusta kuin yhdessä yrityksessä. Tämäkään kokemus ei ollut tässä opinnäytetyössä peräänkuulutetuista työstöistä, vaan tavanomaisemmista kappaleiden liikuttamiseen liittyvistä ohjelmoinneista. Samassa yrityksessä on kyllä kokemusta robottijärsinnänkin saralta, mutta ei niinkään tuotannollisessa mittakaavassa, vaan enemmänkin harjoitusmielessä toteutetuista pienimuotoisista kokeiluista.

Kyselyn lopuksi kysyttiin vielä erikoispuusepänanalan odotuksista, edellytyksistä, ajatuksista ja toiveista robotiikan osalta. Vastaukset olivat pääosin varovaisia, mutta samalla toiveikkaita, sekä uuden teknologian tervetulleeksi toivottavia. Vahvuudet nähtiin enimmäkseen yksittäisten kappaleiden ja pienten protosarjojen, sekä tuotesuunnittelun muodossa.

Investointina robotiikka ja sen sovellukset koettiin ainakin vielä jopa utopistisena, sillä nykytilanteessa monet yrityksistä käyttävät tarvitessaan esim. CNC työstöihin aliurakoitsijaa. Tämän hetkinen taloustilanne ja sen suuntaus koetaan pääosin positiivisena, mutta näillä tilaus- ja tuotantomäärillä investointikynnyksen ylitys ei tunnu helpolta. Lähitulevaisuudessa robotiikasta toivotaan varteenotettavaa vaihtoehtoa tämän hetkisellevä CNC tekniikalle ja kaikki vastaajat olivatkin yleisesti ottaen odottavalla kannalla.

4.4 Haastattelututkimus opiskelijoille

Kartoitin opiskelijan näkökulmaa laatimalla kyselyn (liite 2), jossa selvitettiin heidän henkilökohtaisia kokemuksiaan robotiikasta. Ensimmäiseksi suuntasin kyselyn vain alamme aikuiskoulutuksen ammatti- ja erikoisammattitutkinnon (AT ja EAT) suorittajiin. Ensimmäisen vaiheen kyselyyn osallistui 16 aikuisopiskelijaa. Olettamuksena oli, että kyseisille tutkintotasoille hakeutuessaan he olisivat ehtineet olla työurallaan kosketuksessa monien eri teollisuuden alojen kanssa. Tiedossa oli, että yleisellä tasolla tämän tason tutkintoa suorittavat ovat yleensä toimineet joko useassa teollisessa ammatissa tai sitten he ovat toimineet aliurakoijana niille. Ammatillista kokemuspohjaa ja näkemystä siis oli paljon, mutta kyselyn perusteella sitä ei juurikaan kuitenkaan ollut robotiikasta ja sen sovelluksista. Yleisesti ottaen sitä pidettiin keskusteluissa edelleen tulevaisuuden ja varsinkin massatuotantolaitosten laitteena.

Kyselyn tulosten perusteella kysely laajennettiin koskemaan myös aikuiskoulutuksen perustutkintolaisia. Tämä siitä syystä, että puusepäntekijien perustutkintoon hakeutuu nykyään myös monia alan vaihtajia, ikähaitarin ja kokemuspohjan ollessa samalla erittäin laaja. Toisen vaiheen kyselyyn osallistui 18 perustutkinnon opiskelijaa. Vastaukset olivat samansuuntaisia kuin ammatti- ja erikoisammattitutkintolaisilla. Edellisten vastausten perusteella päätin laajentaa kyselyä koskemaan myös nuorisopuolen opiskelijoille, joista monille on peruskouluissa opetettu automaatiota mm. ohjelmoinnin avulla. Kolmannen vaiheen kyselyyn osallistui 24 opiskelijaa. Vastaukset olivat tälläkin ryhmällä samansuuntaisia, kuin mitä edelliset kyselyt antoivat ymmärtää. Viimeisin vaihe oli oikeastaan odotettavissa, koska nuoresta iästä johtuen työkokemusta ei juurikaan ole ehtinyt karttumaan.

4.4.1 Haastattelututkimuksen yhteenveto opiskelijoiden osalta

Ensimmäisen vaiheen kyselyyn osallistui 16 ammatti ja erikoisammattitutkinnon suorittajaa. Kyselyn ensimmäisen vaiheen (AT ja EAT) mukaan kaksi opiskelijaa (12,5 %) oli nähnyt teollisuusrobotin työssään aidossa ympäristössä. Kukaan ko. ryhmästä ei ole ollut missään tekemisissä robottisovellusten tai niiden ohjelmoinnin kanssa aiemmin. Muutama tosin kertoi kyselyn jälkeen nähneensä työstörobotin televisiossa tai internetissä.

Kysyttäessä omakohtaista näkemystä robotiikan käytöstä huonekalupuusepäntekijällä nykyään ja tulevaisuudessa, niin vastauksien mukaan mahdollisuudet nähdään lähes rajattomina. Tämä on vastausten valossa sikäli erikoista, että näin ollen robotiikasta ja sen soveltuvuudesta oli kuitenkin saatu informaatioita eri lähteistä. Monissa vastauksissa oli eriteltynä mm. robotilla saavutettava nopeus, tarkkuus, laatu ja sarjatuotanto. Nämä samat asiat tulivat päällimmäisinä esiin myös kysyttäessä robotiikan eri sovelluksilla saavutettavista eduista. Kyseisen tekniikan haittana koettiin olevan mm. työpaikkojen menetys, hintojen polkeminen ja sitä kautta puusepäntyön arvostuksen laskeminen. Näiden lisäksi nousi esiin ns. ”käden jäljen” puuttuminen, koska robotin ei mielletä osaavan ”lukea” puuta sellaisena materiaalina kuten ihminen sen näkee.

Vastaukset olivat osittain ennalta arvattavia. Kyseistä tutkintoa suorittamaan tulleet kokeilijat ovat yleensä ns. pitkänlinjan puuseppiä. Osalla peruskoulutuksesta on jo vuosia ja osa pyrkii suoraan edellisen koulutustason suoritettuaan korkeammalle. Kaikille yhteistä on enemmän tai vähemmän vankka käsityön arvostus, joka puolestaan ohjaa näkemyksiä massatuotannon vastaisesti esim. uniikki huonekaluihin.

Toisen vaiheen kyselyyn osallistui 18 puusepäntekijää perustutkinnon suorittajaa aikuiskoulutuksen puolelta. Suurin ero edelliseen vaiheeseen oli oikeastaan opiskelijoiden lähtötaso ja kokemuspohja. Osa aikuisten peruskoulutukseen hakeutuvista on jo alalla toimineita puuseppiä ja osa alan vaihtajia. Kyselyn laajentaminen juonsi ajatuksesta, että juurikin alan vaihtajilla saattaisi olla kokemuksia robotiikasta muilta tekniikan aloilta. Näin ei kuitenkaan ollut ja siitä syystä vastauksetkin olivat lähes identtisiä ensimmäisen vaiheen kanssa. Tämän tason opiskelijat ovat olleet ilmeisesti enemmän vaihtoyöntekijän rooleissa, kuin ensimmäiseen kyselyyn vastanneet.

Vastauksista nousi päällimmäisinä asioina esiin robotilla saatava nopeus ja massatuotanto, eikä työpaikkojen puolesta osannut pelätä kuin yksi vastaajista. Muutama vastaaja on saattanut olla suuntautunut hoiva alalle, sillä kolmessa vastauspaperissa robotin nähtiin tulevaisuudessa huolehtivan ihmisistä entistä enemmän.

Kolmannen vaiheen kyselyyn osallistui 24 opiskelijaa oppilaitoksemme nuorisopuolelta. Vastaukset olivat taas hyvin samankaltaisia edellisten kyselyjen kanssa. Poikkeuksena edellisiin oli parissa vastauksessa esiintyneet apteekkien robotit, jotka isoissa marketeissa noutavat lääkepaketteja ikkunan takana. Tässä ryhmässä robotiikka otettaisiin innostuneena vastaan. Kyselyn ulkopuolelta selvisi, että yllättävän moni, eli lähes puolet on ollut joko itse tai peruskoulun oppitunneilla tekemisissä automaatiotekniikan uusien sovellusten kanssa. Arduino, Raspberry ym. logiikkapiirien käyttöä on joko kokeiltu tai nähty niillä tehtyjä sovelluksia.

Yleisesti ottaen nuorisopuolen edustajat olivat kaikkein innokkaimpia ottamaan robotiikan mukaan työpaikoille. Ensimmäisessä kyselyssä (AT & EAT) oli selkeämmin epäily robotiikalla saavutettavissa olevista hyödyistä, kuin kahdessa jälkimmäisessä. Tähän saattaa osaltaan vaikuttaa kahden jälkimmäisen kyselyn kohderyhmät, jotka eivät ilmeisesti ole ainakaan vielä tulosvastuullisia tuotannon sujumisesta.

Haastattelututkimus onnistui tavoitteiden mukaan. Vastausten samankaltaisuus kuitenkin yllätti. Kaikissa kyselyissä on vastaajille tullut ilmeisesti tunne, että se koskee vain puualan kokemusta? kysymys kuitenkin kuului: ”Kirjaa alla oleviin kysymyksiin omakohtaisia kokemuksiasi, robotiikan sovellusten käytöstä. (omalla tai tuntemallasi ammatialalla)”. Näin ollen oletettiin että saataisiin kartoitettua robotiikkaan liittyvää kokemusta tekniikan alalta hyvinkin yleisellä tasolla.

4.5 Haastattelututkimus opettajille

Lähtökohtana kohdennetuille haastatteluille TREDUn robotiikan opettajille oli saada kerättyä ja varmennettua sitä hiljaista tietoa, jota opetusympäristön vaatimukset edellyttävät opetuksen näkökulmasta. Oppilaitoksessa toimii monia robotiikan parissa työskenteleviä opettajia. Lähes kaikki heistä toimivat metallitekniikan puolella. Poikkeuksena valumallinvalmistajien opettaja, joka metallitekniikan alaisuudesta huolimatta käyttää koulutuksessaan materiaalina puuta, puumaisia materiaaleja, kuten esim. vanereita sekä näiden lisäksi erilaisia muoveja.

Tutkimukseen haluttiin mukaan aikuis- ja nuorisopuolen koulutuskokemusta. Näiden näkökulmien lisäksi saatiin mukaan myös valumallin valmistuksen näkökulmaa. Tästä syystä haastatteluista on enemmän alakohtaista hyötyä, koska näin ollen ollaan lähempänä meidän käyttämiämme materiaaleja. Haastattelut suoritettiin oppilaitoksemme ti-loissa kunkin opettajan omalla osastolla.

4.5.1 Haastattelututkimuksen yhteenveto opettajien osalta

Kyselyssä (liite 3) lähdettiin liikkeelle kartoittamalla robotiikan opetuksen kohderyhmää ja opetuksen ajankohtaa. Metallitekniikan ja valumallinvalmistajien perustutkinnoissa robotiikan opetus kuuluu kaikkien opetussuunnitelmaan ja sitä on käytännössä mahdollista suorittaa koko koulutuksen ajan. Nuorisopuolella painotus on toisen- ja kolmannen luokan opiskelijoilla, sekä konelukiolaisilla. Aikuiskoulutuksen puolella robotiikka on kohdennettu tutkintoihin tähtääviin opiskelijoihin, joilla se kuuluu automaatiotekniikan kokonaisuuteen.

Seuraavaksi kysyttiin suuntautuuko robotiikan koulutus sisällöltään automaatioon vai työstötekniikoihin. Metallitekniikan osalta se kohdentuu pääosin yleiseen kappaletavara-automaatioon ja kappaleiden käsittelyyn. Työstöjen kannalta pohdittiin että onko esim. hitsaus sittenkään työstöä ja tultiin siihen tulokseen että kyllä näin on. Määrittelyä ei siinä ole, mutta oletettiin että jos robotti käyttää esim. jotain laitetta, kuten hitsauskoneetta, niin kyseessä on silloin työstötapahtuma.

Valumallin valmistuksessa käytännön opiskelu on pääosin työstöön suuntautunutta, mutta teoriapuolella opetetaan myös automaatiotakin laajemmin. Valumallinvalmistuksessa robotiikka on sidottu yleisesti CAD/CAM kurssiin. Ideana oli lähtökohtaisesti se, että mikäli harjoitustyön koneistamiseen tarvittavalla CNC-koneella oli ruuhkaa, niin kappaleen pystyy tarvittaessa jyrsimään myös robotilla. CAD/CAM kurssilla opetetaan ensin perusasiat, jonka jälkeen robottia ja CNC-koneita pystyy käyttämään kaikilla pajatunneilla, mikäli siihen nähdään tarvetta. Ideana oli integroida sähköinen mallinvalmistus kokonaisvaltaisesti kaikkien tekemiseen.

Oppilaitoksen osalta kyselyssä kartoitettiin koulutuskäytössä olevia robotteja ja niiden valmistajia. Tällä hetkellä oppilaitoksessa on useita nivelvarsirobotteja, sekä yksi kararobotti. Merkkikohtaisesti löytyy seuraavien valmistajien robotteja: Mitsubishi, ABB, Fanuc ja Motoman.

Haastateltavilta kysyttiin myös opetuksessa käytettävistä simulointiohjelmista ja niiden vastaavuudesta käytäntöön. Kyseiset ohjelmat ovat olemassa kaikille robottimerkeille ja haastateltavien mukaan ne vastaavat erittäin hyvin käytännön työskentelyä roboteilla. ABB:n roboteille on olemassa 3D layout simulointi, jolla voidaan luoda mallinnus koko toimintaympäristöstä. Valumallipuolella on tällä hetkellä käytössä Robotmaster, joka on Mastercamin luoma ohjelma. Ajouratojen luomiseen he käyttävät Mastercamiä, mikä puolestaan mahdollistaa jouhevan käytön Robotmasterin kanssa. Kun käytössä on saman valmistajan ohjelmat, niin ne vastaavat hyvin käytännön työstöä ja näin voidaan minimoida ohjelmien väliset rajapintaongelmat.

Haastatteluista selvisi myös, ettei simulointi ohjelmia juurikaan käytetä tavanomaisessa opetustilanteessa. Yleensä robotti ohjelmoidaan opettamalla sille tarvittavat liikkeet ja niiden oikeellisuus todetaan sitten koeajon aikana visuaalisesti. Toisaalta simulointia käytetään kyllä niissä tapauksissa, joissa on tarpeen saada opetusta monelle opiskelijalle samanaikaisesti. Normaaleissa olosuhteissa työntekijä toimii enemmänkin operaattorina, joka vastaa robottisolusta ja sen toiminnasta. Tarkoitus onkin että opiskelija koulutetaan löytämään ja korjaamaan mahdolliset vikatilanteet. Jos kyseessä on automaatio asentajan koulutus, niin silloin opetukseen kuuluu esim. robotin asennus käyttökuntoon. Näiden lisäksi kyseessä voi olla automaatio suunnittelija, joka puolestaan määrittää työkohteen vaatimuksia vastaavat laitteet, kuten robotin ja sen toiminnan edellyttämät oheislaitteet.

Yhtenä kysymyksenä oli, että kuinka koulutuksessa otetaan huomioon työelämän vaatimukset. Haastattelujen mukaan näihin vaatimuksiin vastataan erittäin hyvin. Varsinkin työssäoppimisten yhteydessä yritysten kanssa keskustellaan erilaisista tarpeista ja niiden toteuttamissuunnitelmista. Tyypillisintä on että yritys haluaa esim. sellaisia koneistajia, jotka osaavat robotiikkaa sekä pystyvät tarvittaessa laittamaan koneistussolun toimintakuntoon ja pystyvät poistamaan mahdolliset vikatilanteet. Koulutuksen tilaajille näyttäisi olevan erittäin tärkeää, että koulutus annetaan saman merkkisellä robotilla kuin tilaajalla on. Osastot pyrkivät olemaan tiiviissä yhteistyössä yritysten kanssa ja esim. valumallinvalmistus tekee koneistusharjoituksia, joita käytetään yritys-elämässäkin.

Yritysten kanssa tehdyistä yhteistyöprojekteista kysyttäessä ehdottomasti tärkeimmäksi nousi työssäoppimiset. Joitakin yhteistyökuvioita on matkan varrella ollut useitakin, mutta niitä ei ole oikein voitu jatkaa suuremmassa mittakaavassa, jottei vääristetäisi kilpailutilanteita yrityselämän kesken. Varsinainen kehitysyhteistyö mielletään olevan toteutettavissa esim. aikuispuolen kanssa ja vieläpä siten, että opiskelija on henkilökohtaisesti suoraan tilaavan yrityksen palkkalistoilla näissä tapauksissa. Yritysten ja oppilaitoksen yhteistyötä kuvaa myös se, että opetusta ja siihen liittyviä harjoitustöitä on joissakin tapauksissa muutettu juurikin työelämän toiveiden mukaisiksi.

Robottiikkaan liittyvät opintojaksot ovat kyselyn mukaan tällä hetkellä kahden – kolmen osaamispisteen laajuisia. Nuorisopuolella opinnot ovat sidottu tiukemmin aikataulutukseen, kun vastaavasti aikuispuolella niiden toteutus voi olla ns. nonstop koulutusta. Opetusryhmien koot vaihtelevat yleensä 10 – 20 opiskelijan välillä. Robottiikan opetuksen kannalta 20 henkilön ryhmäkoko koetaan jo liian suureksi, varsinkin jos käytössä ei ole simulointiohjelmaa. Jos opetusta annetaan suoraan robotin kanssa, niin pienessä ryhmässä opetuksen teho on selvästi parempi, eikä esim. oman vuoron odottelu muodostu liian pitkäksi.

Opettajilta kysyttiin robottiikan opetuksesta ja sen mahdollisesta muuttamisesta. Kyselyn mukaan asiasta on tehty joitakin selvityksiäkin, mutta pääosin nykyiset toimintamallit koetaan hyviksi ja käyttökelpoisiksi. Tällä hetkellä koneistamossa ja hitsaamossa on omat robottinsa. Puhetta on ollut kaikkien robottien keskittämisestä yhteen paikkaan, mutta se koetaan opetusteknisesti varsin ongelmalliseksi. Teoria opetuksen kannalta olisi hyvä jos laitteet ovat samassa paikassa, mutta niitä tarvitaan myös työstökoneiden vieressäkin. Ongelmallista on myös se että jos laitteet on hajautettuna, niin niiden käyttö vaatii tietysti opettajan joka tilaan ennen kuin opiskelijan on lupa niitä käyttää. Keskittämällä kaikki laitteet saatetaan joutua myös tilanteeseen, jossa liian moni ryhmä haluaisi samanaikaisesti käyttää niitä ja näin ollen ruuhkaa ei voisi välttää.

Yleisesti ottaen haastatteluissa oltiin sitä mieltä, että opetuksessa käytettävien laitteiden ja niitä ohjaavien ohjelmien ja lisenssien määrä pitää olla riittävä kohderyhmä kokoon verrattuna. Näin kaikille saadaan riittävästi kongreettista tekemistä. Samalla tekemisen rutiini karttuu ja saadaan paremmin hallintaan käytännön töissä eteen tulevat ongelma-tilanteet, kuten väistämiset, törmäykset ym. Oleellista on tietenkin myös opetusympäristö ja sen turvallisuus.

Haastattelun viimeisenä kysymyksenä oli kyse turvallisuudesta koulutuksen aikana. Robottisolujen turvallisuus on määritetty standardissa. Automaatio osastolla yhtenä varotoimenpiteenä on otettu automaattiajon mahdollistama avain kokonaan pois laitteesta. Näin ollen käyttäjä on vastuussa siitä, ettei kukaan muu ole toiminta-alueella laitteen liikkumassa. Laitteen liike nopeus on lisäksi rajattu toimimaan maximissaan vain 250mm/sekunnissa. Täysillä nopeuksilla robotti saa liikkua ainoastaan turvallisuus direktiivit täyttävässä erillisessä solussa. Roboteilla hitsatessa ajetaan oikeilla työstönopeuksilla, mutta liikeratojen opetus ja ohjelmointi tapahtuu näissäkin tapauksissa hidastetulla liikenopeudella. Soluun on lisäksi mahdollisuus kytkeä laserscanneri, joka mahdollistaa liikkeen hidastamisen ja pysäyttämisen tarvittaessa. Valumalli puolella robotti on sijoitettu betonista ja tiilistä tehtyyn huoneeseen. Koneistusten nopeus toimii rajoitettuna, jos tilassa ollaan robottia liikuteltaessa. Normaali työturvallisuuskoulutus ja laitteisiin perehdytys ovat aina kurssien alussa.

5 ROBOTIT KESKUUDESSAMME

Se mikä oli robottien osalta vielä 50 ja 60 luvuilla huikeaa science fictionia, on meillä nykyään jo arkipäivää. Toivottavasti tulee kuitenkin olemaan vielä hyvin pitkä matka siihen, että ihmisen kaltaiset robotit ottaisivat vallan itsellensä. Tuskin kenellekään tulee yllätyksenä, että eettisesti kyseenalainen teollisuuden ala kiihdyttää omalta osaltaan rajusti kehityksen vauhtia. (Kauppa-lehti: Ottavatko koneet vallan. 2017)



*Kuva 14. Terminaattori
(kuva: Startrekparodies 2017)*

Ihmiskunta ei todennäköisesti tule enää luopumaan robotiikasta. Monet sen sovelluksista ovat auttaneet teollisuutta saavuttamaan nopeuden ja tarkkuuden, josta mustavalkotelevisioiden aikaan ei vielä osattu edes unelmoida. Suuri osa robotiikkaa hyödyntävistä osa-alueista on tehnyt suuria harppauksia viimeisen vuosikymmenen aikana. Tuona aikana isoimmat robotiikan avulla saavutetut mullistukset ovat pitkälti autoteollisuuden aikaansaamaa. Robotiikan uskotaan ja toivotaan tuovan ihmisille monenlaista hyötyä elämän eri osa-alueilla, mutta samalla luottamus uuden teknologian virheettömyyteen on hyvinkin epäileväinen. Se mitä robotiikan saralla tapahtunee lähitulevaisuudessa, on paljolti kiinni palvelurobotiikasta ja sen kiihtyvällä tahdilla tuotetuista innovatiivisista sovelluksista ympäri maailmaa. (Gartner: Robottiautojen turvallisuus. 2017) (Elon Musk: Tappajarobottien kieltäminen. 2017)

5.1 Robotit meillä ja muualla

Robotit voidaan jakaa karkeasti teollisuus – ja palvelurobotteihin. ”Palvelurobotiikka on vielä lapsenkengissään, mutta takoo isoja otsikoita ja lupauksia lähitulevaisuudelle” kertoo Deltatron Oy:n Juhani Lempiäinen. Hänen mukaansa palvelurobottien myynti tuplaantuu lähivuosina. (Lempiäinen 2016)

Suurin osa maailman palvelurobottien kehitykseen perustetuista yrityksistä sijaitsee Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Käytäntöön vakiintuneita ammattisovelluksia löytyy mm. maataloudessa, kirurgiassa, logistiikassa, vedenalaisissa tekniikoissa, sotateollisuuden sovelluksista puhumattakaan.

Kaupallisesti merkittävää liiketoimintaa on syntynyt eniten siivouksessa, viihdekäytössä ja opetuksen apuvälineissä. Henkilökohtaiset humanoidirobotit ovat nykyään huomion keskipisteenä. Myös vanhusten palvelutehtävät ovat voimakkaan kehityksen kohteena tällä hetkellä ja lähimmän kolmen vuoden aikana palvelurobotiikan odotetaan nousevan liiketoiminnaltaan yhtä suureksi kuin teollisuusrobotiikka.

5.1.1 Robotiikan historiaa

Robotti-sanaa on tietävästi käytetty ensimmäisen kerran tšekkiläisessä näytelmässä RUR, vuonna 1921. Tšekinkielisellä *robotti*-sanalla tarkoitettiin työläistä tai orjaa (tšek. robota ”pakkotyö”). Historia vaikuttaa sanan merkitykseen edelleen siten, että mikä tahansa automaatti ei ole robotti vaan robotilla on oltava joitakin ihmisen käskyjä tottelevia piirteitä.

Terminä robotiikka on peräisin tieteiskirjailija Isaac Asimovilta vuodelta 1942. Hän kirjoitti paljon roboteista, ja muotoili kirjoissaan ns. Robotiikan lait:

1. Robotti ei saa vahingoittaa ihmistä eikä toiminnasta pidättäytymällä saattaa tätä vahingoittumaan.
2. Robotin täytyy totella ihmisten sille antamia määräyksiä, paitsi silloin kun ne ovat ristiriidassa ensimmäisen pääsäännön kanssa.
3. Robotin täytyy varjella omaa olemassaoloaan sikäli kuin se ei ole ristiriidassa ensimmäisen tai toisen pääsäännön kanssa.

Myöhemmin listaan lisättiin ns. nollas laki: "Robotti ei voi vahingoittaa ihmiskuntaa eikä antaa ihmiskunnan vahingoittua." (Asimov 1950)

Ensimmäisestä mekaanisesta robotista ollaan montaa mieltä, mutta useiden lähteiden mukaan sen valmisti ranskalainen Jacques de Vaucanson (s.1709). Hänen kuuluisin luomuksensa oli ankka (1739), joka noukki jyviä, heilutti siipiään, käveli, äänteli ja ulosti syömänsä jyvät.

Teollisuusrobottien kehitys alkoi Yhdysvalloissa 1960-luvulla. Alan pioneeriyrityksenä toiminut Unimationin Incorporation toi vuonna 1961 markkinoille ensimmäisen teollisuusrobotin: Unimate 1000. Se asennettiin vuonna 1961 General Motorsin autonosia valmistavalle tehtaalle painevalukoneen palveluun. Vuonna 1969 GM automatisoi Lordstownin tehtaansa Ohiossa, jossa se kykeni tuottamaan 110 autoa tunnissa. Tämä oli kaksi kertaa enemmän kuin kilpailijoilla. (Chaline 2013).

Ensimmäisen "ihmismäisen" robotin kehitti Ichiro Kato vuonna 1973. Näin syntyi WABOTI, joka pystyi näkemään, kommunikoimaan ja sen raajoja voitiin liikuttaa. (Waseda university: Waboti nd)

Autoteollisuudesta muodostui nopeasti robotiikan suurin käyttäjäkunta. Japanilainen Kawasaki lisensoi Unimationin tekniikan ja alkoi valmistaa robotteja Japanissa. Unimationin valmistamista roboteista tunnetuin on alkujaan Victor Sheinmanin 1973 suunnittelema robotti, josta Unimation General Motorsin avustamana kehitti vuonna 1977 robottimallin PUMA. Lyhenne tulee sanoista Programmable Universal Machine for Assembly tai Programmable Universal Manipulation Arm. (Robotichistory: Sheinman nd)

1970-luvun puolivälin jälkeen markkinoille tulivat ASEA ja japanilaiset yritykset sähköisillä roboteillaan. Myös Saksalainen KUKA aloitti 1970-luvulla. 1990-luvun alkuun mennessä nivelrobottikäsivarret olivat saavuttaneet teknisen kypsyytensä, niihin tuli muun muassa vaihtovirtaservot. Tämän jälkeen robottien valmistuksessa on yritetty saada massatuotannon etuja käyttämällä robotteja robottitehtaissakin. Robottien hinnat puolittuivat 1990-luvun alun tasosta 2000-luvulle tultaessa. (KUKA 2017)

5.1.2 Globaali robotiikka ja merkittävät valmistajat

Kansainvälinen toimialajärjestö IFR (International Federation of Robotics) arvioi kansainvälisten robotiikkamarkkinoiden arvoksi 14 miljardia euroa. Tutkimusten mukaan robotiikan maailmanlaajuiset markkinat ovat kuitenkin tällä hetkellä 14–25 miljardia euroa mukaan laskettavista segmenteistä riippuen. (LVM 2016)

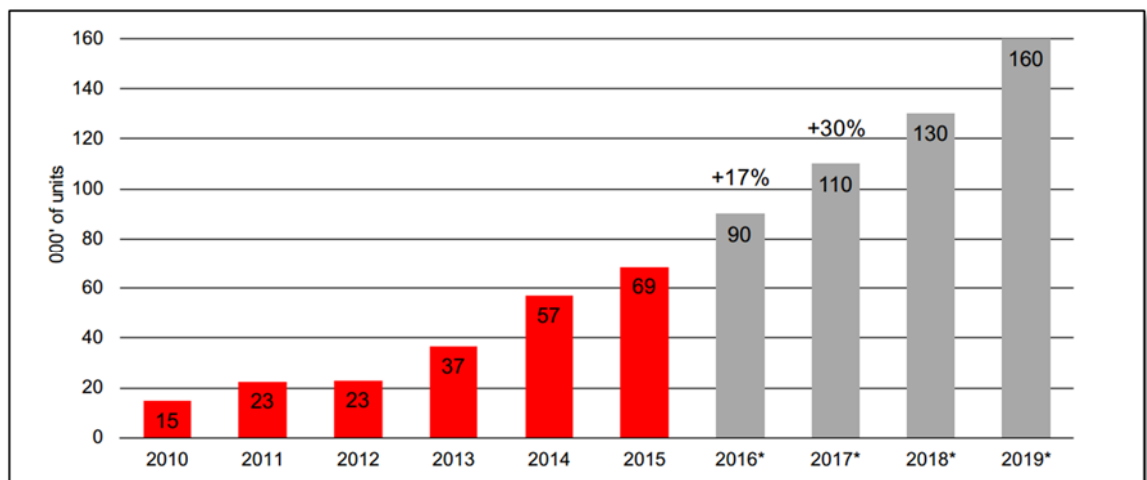
Markkinoiden suuruudesta riippumatta robotiikan vaikutukset tuotannontehokkuuteen ovat kiistattomat. Brookingsin teettämän vertailun mukaan roboteilla on ollut samanlainen vaikutus maiden BKT:een kuin höyrykoneilla viime vuosisadalla. (LVM 2016)

Samassa julkaisussa todetaan robotiikalla olevan suora yhteys yritysten omaan sekä kansalliseen kilpailukykyyn. Se toimii osaltaan tuotannon tehostamisen ajurina, koska robottien avulla voidaan tehdä aiempaa enemmän vähemmällä vaivalla. Tavoitteiden onnistuminen vaatii investointeja perustutkimukseen sekä uutta teknologiaa ja kykyä integroida kehityksen tulokset tuotantojärjestelmiin ja sitä kautta lopputuotteiksi. (LVM 2016)

Ilman robottien käyttöönottoa muun muassa Japania saattaa kohdata vakava työvoimapula syntyvyyden laskiessa ja väestön ikääntyessä. Yritysten tuleekin ratkaista akuutit ongelmat teollisuus- ja palvelualoilla ja turvata työpaikat pk-sektorin teollisuusyrityksissä sekä muilla aloilla, joita uhkaa tällä hetkellä työvoimapula (hoitotyö, maatalous ja rakentaminen). (LVM 2016)

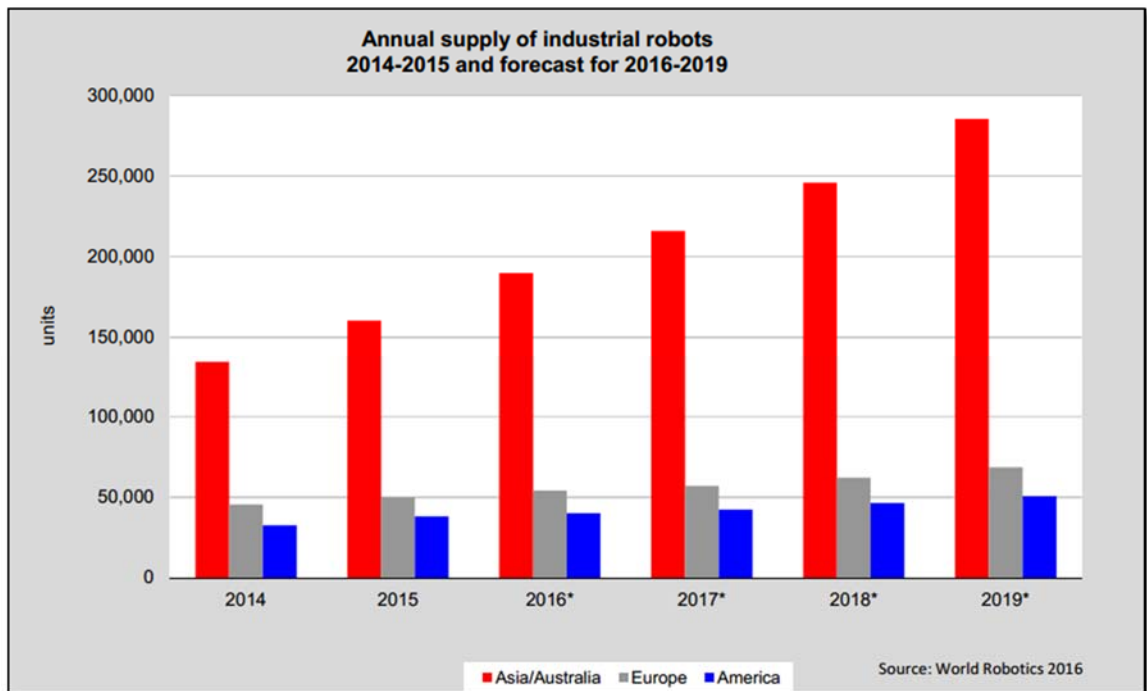
IFR-järjestön mukaan maailmassa myytiin viime vuonna 248 000 teollisuusrobottia. Määrä on 12 % enemmän kuin vuonna 2014. Robottimarkkinoiden kärjessä on vuodesta 2013 ollut Kiina. Viime vuonna Kiinaan myytiin n. 90 000 uutta robottia, mikä on 17 % edellisvuotta enemmän ja Kiinan osuus teollisuusrobottien globaalista markkinasta nousi näin 27 prosenttiin. (BOFIT: viikkokatsaus 2016)

Aasian teknologista asemaa korostaa se, että Kiinan jälkeen eniten robotteja myytiin Koreassa (osuus 15 %) ja Japanissa (14 %). Yhdysvaltojen osuus teollisuusrobottimarkkinoista oli 11 % ja Saksan 8 %. Kiinaan myytiin viime vuonna enemmän teollisuusrobotteja kuin koko Eurooppaan. Tosin sielläkin markkinat kasvoivat 10 %, lukumäärän kasvaessa n. 50 000 robottiin. Kiinan robottimäärän arvioidaan lisääntyvän n. 20 % vuositasolla myös seuraavat pari vuotta. (BOFIT: viikkokatsaus 2016)



Kuva 15. Teollisuusrobottien toimitus kiinaan vuosina 2010 – 2019 (kuva: IFR 2016)

Globaalisti teollisuusautomaatiota johtaa autoteollisuus, jonka osuus robottien myynnistä oli 38 %, mutta jossa robottien määrä kasvaa enää hitaasti. Vaikka robottien määrä Kiinan autoteollisuudessa on kasvanut nopeasti, kasvupotentiaalia on edelleen runsaasti. Vuonna 2014 robottien määrä 10 000 työntekijää kohden Kiinan autoteollisuudessa oli runsaat 300 yksikköä, kun automaation johtavassa maassa Japanissa vastaava luku oli yli 1 400 yksikköä. (BOFIT: viikkokatsaus 2016)



Kuva 16. Vuosittaiset robottitoimitukset globaalisti (kuva: IFR 2016)

Teollisuusrobottien määrän on arvioitu kasvavan maailmanlaajuisesti noin miljoonalla yksiköllä, vuonna 2015 tilastoidusta määrästä, vuoden 2019 loppuun mennessä (1,631,600 - 2,589,000). Toiminnallisten robottien määrän arvioidaan kasvavan vuosittain amerikkassa 9 %, euroopassa 6 % ja aasiassa 16 %. Kaiken kaikkiaan globaalin kasvun arvioidaan tuona aikana olevan luokkaa 12 %. Kiina on nopeasti noussut myös teollisuusrobottien valmistajana. Vuonna 2016 Kiinassa myydyistä teollisuusroboteista jo lähes kolmannes oli valmistettu kotimaassa. Heinäkuussa 2017 kiinalainen kodinkonejätti Midea kertoi ostavansa puolet maailman suurimpiin teollisuusrobottivalmistajiin kuuluvan saksalaisen Kukan osakepääomasta ja kasvattavansa omistustaan yhtiössä 64 prosenttiin. Kesäkuussa Reuters raportoi myös Kiinan suurimman teollisuusrobottivalmistajan Siasunin etsivän ostettavia yrityksiä Euroopasta. Alkukesästä kiinalais-eurooppalainen sijoitusrahasto puolestaan osti italialaisen robottiyrityksen. (BOFIT: viikkokatsaus 2016)

Saman lähteen mukaan Kiinan nopeana jatkuvaa teknologista kehitystä osoittaa myös se, että kesäkuussa kiinalainen tietokone Sunway TaihuLight nousi maailman nopeimpien tietokoneiden listalla 1. sijalle. Kiinalaiset pitivät jo listan kärkisijaa, mutta uutta on se, että koneen ytimenä on kotimainen prosessori Intelin prosessorien sijaan. Prosessorista johtuen TaihuLightin käyttöala on kuitenkin muita supertietokoneita kapeampi. (BOFIT: viikkokatsaus 2016)

Alla lueteltuna globaalisesti merkittäviä robottivalmistajia, joiden kaikkien valikoimasta löytyy ominaisuuksiltaan varteenotettavia vaihtoehtoja oppilaitokseen mahdollisesti tehtävää investointia silmällä pitäen:

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

5.1.3 Robottiikka Suomessa

Suomessa robotisointi voidaan katsoa alkaneeksi 70-luvulla, jolloin suuntaus oli maalaus-tekniikassa. Robottisovellukset yleistyivät 1980-luvulla, jolloin robottien kokonaismäärä oli n. 500 kpl. Tuolloin niiden määrä jakautui puoliksi hitsaukseen ja kappaleenkäsittelyyn. 1990-luvun alussa Suomessa oli robotteja n. 1000 kpl. Vuoteen 1996 mennessä robotteja oli jo 1650 kpl. Vuosituhannen vaihteessa robottien määrä ylitti 3000 kpl:n rajan ja vuonna 2007 niitä oli jo 5821 kpl. Suomessa on nykyisellään käytössä n. 4500 – 5000 kpl teollisuusrobotteja, riippuen laskentatavasta. Uusissa tilastoissa käyttöikä pidetään 12 vuotta, vaikka se todellisuudessa onkin huomattavasti pidempi. (LAMK 2016)

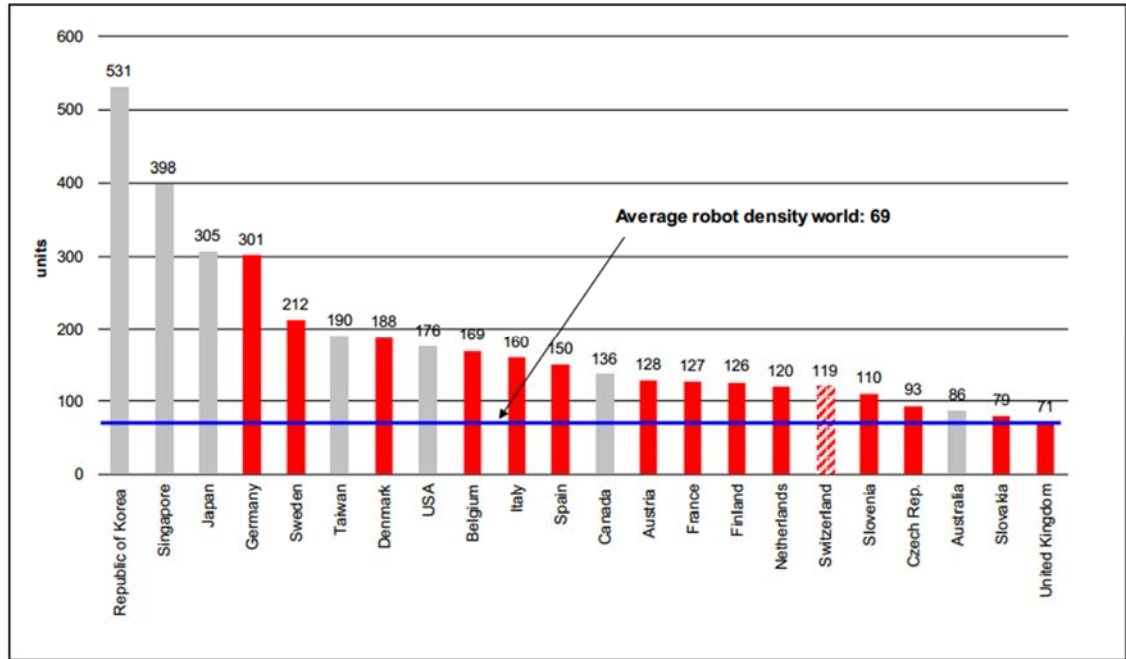
Puutuoteteollisuuden ensimmäiset robotit investoitiin vuonna 2001. Siitä eteenpäin vuosittaiset investoinnit puu-alalla ovat olleet muutaman kappaleen suuruusluokkaa. Alakoh- taiset investoinnit ovat olleet edellisiin vuosiin verrattuna keskimääräistä suurempia vain vuosina 2007 (7kpl) ja 2011 (8 kpl). (IFR 2016)

Toimiala	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Kaikki käytössä olevat
Maatalous	4	4	0	0	0	0	18
Kaivannaistalous	0	0	1	0	2	0	5
Valmistava teollisuus	215	173	277	300	217	264	3608
Elintarvike	32	21	16	11	24	22	510
Puutuotteet	3	8	2	2	3	0	56
Paperituotteet	14	18	7	14	2	0	171
Kemian tuotteet	6	2	16	10	14	0	121
Muovi- ja kumituotteet	39	25	26	20	49	57	474
Lasi ja keramiikka	3	0	0	2	1	0	49
Perusmetalli	0	0	2	7	10	0	63
Metallituotteet ilman kulkuneuvoja	31	34	58	65	37	43	727
Koneet ilman kulkuneuvoja	24	29	15	28	33	81	509
Elektroniikkatuotteet	21	18	23	12	17	22	362
Autot ja niiden osat	26	13	107	98	20	0	423
Muut kulkuneuvot	4	3	0	1	1	0	17
Muut valmistavan teollisuuden tuotteet	12	2	5	30	6	39	126
Rakentaminen	5	2	0	2	4	0	28
Koulutus ja tutkimus	7	18	7	11	2	2	79
Määrittelemätön	39	100	45	52	61	67	386
Yhteensä	270	297	330	365	286	333	4124

Kuva 17. Suomeen investoidut teollisuusrobotit vuosina 2010 – 2015
(kuva: mukailtu JIJ 2017)

Viime vuosina alakohtaiset robotiikka investoinnit ovat pysytelleet edellisten vuosien tasolla. Taloudellinen tilanne näkyy ja esim. vuonna 2015 robottihankintoja ei tehty puualalle lainkaan. Samaan aikaan koko Suomen kattavat teollisuusrobottien investoinnit ovat määrällisesti nousseet hyvin maltillisesti. Naapurimaamme Ruotsi on samaan aikaan pystynyt kasvattamaan omia robotiikkaan liittyviä investointejaan ja onkin näin ollen alan kärkimaita. Maailman laajuisesti robotiikkaan kohdistuvat investoinnit ovat olleet viimeksi kuluneiden vuosien aikana kasvusuuntaiset ja suuruudeltaan n. 12 % vuodessa. Suomi on nykyisten investointimäärien valossa jäämässä jälkeen yleisestä investointitasosta. (IFR 2016)

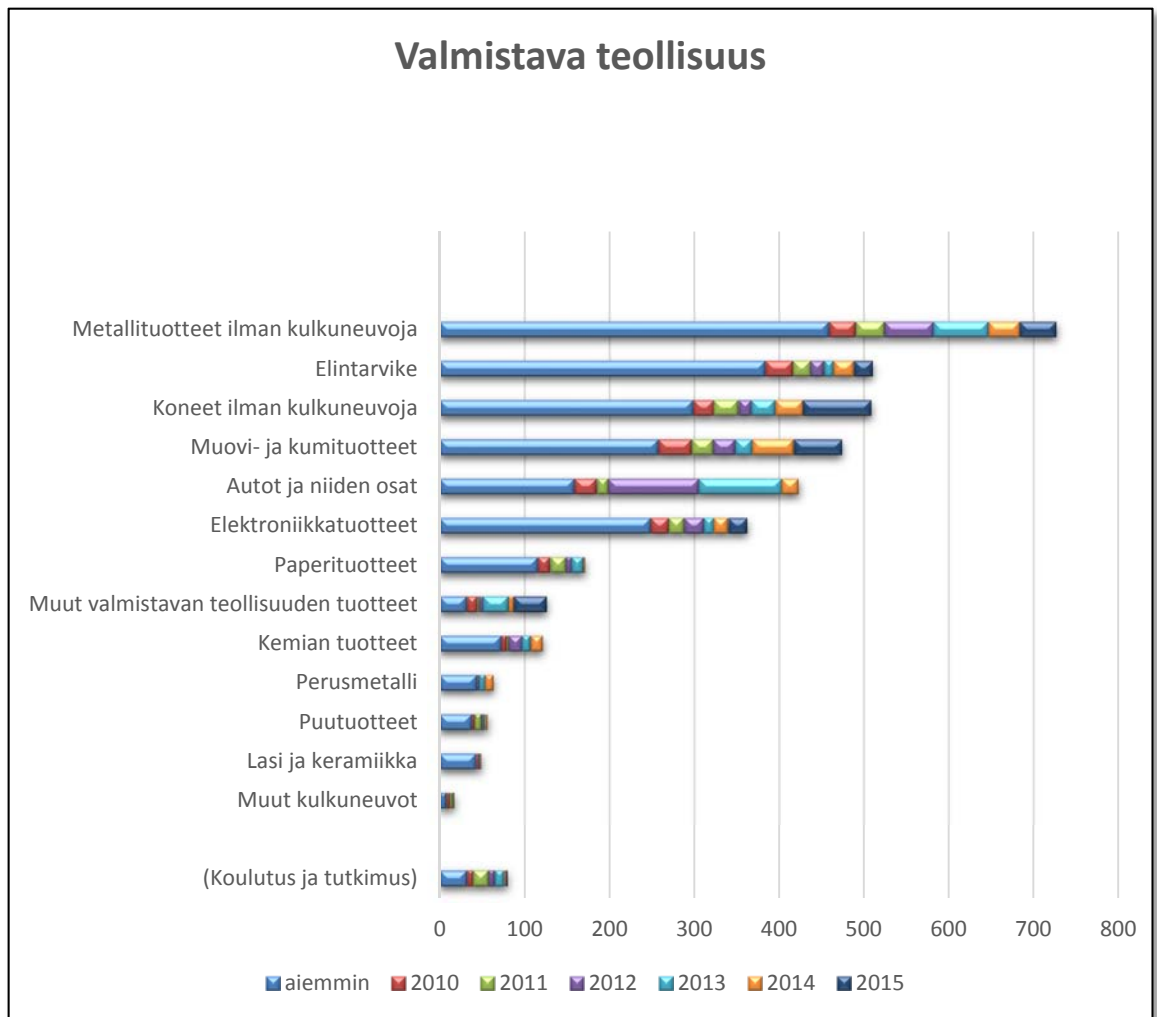
Yleisellä tasolla robotiikan sovellusten tulevaisuus näyttää kuitenkin valoisalta. Vaikka Valmet Automotiven yli 250 robotin kertainvestointia ei otettaisikaan huomioon, niin Suomessa tehdyt robotti-investoinnit ovat kääntyneet silti loivaan nousuun. Robotteihin kohdistuvat tuotannolliset investoinnit eivät ole kuitenkaan ylittäneet laitteiden ikääntymisen aiheuttamaa poistumaa. Konepajojen investoinnit ovat kuitenkin arvioiden mukaan kasvusuuntaiset. (IFR 2016)



Kuva 18. Teollisuusrobottien määrä valtiossa / 10 000 työntekijää (kuva: IFR 2015)

Suomi putoaa robotiikka vertailuissa vuosi vuodelta alaspäin. Robottien määrä on tällä hetkellä 126 kappaletta / 10 000 teollisuustyöntekijää. Sillä päästään keskimääräiselle tasolle länsieuroopassa. Lukuun ei voida olla tyytyväisiä, varsinkaan kun Suomi oli vielä vuosituhaten vaihteessa sijalla seitsemän. Tällä hetkellä olemme sijalla 15. (IFR 2016)

Tanskaa voidaan pitää vertailukohtana Suomelle. Sen kansantalous on samaa luokkaa, eikä autoteollisuuden rooli ole siellä yhtä suuri. Tanskan oman robottituotannon menestyksellä on varmasti iso osuus kansallisissa kehitystoimissa ja teollisuussovelluksissa. (IFR 2016)



Kuva 19. Robottien määrällinen kehitys Suomessa, valmistavan teollisuuden osalta (kuva: mukailtu JIJ 2017)

Tilastoissa tuotannolliset investoinnit näkyvät koneenrakennuksen investointitason nousuna. Vuosi 2015 oli selkeä kasvun vuosi maamme teollisuusrobotiikassa ja 333 robotin investointitahti ilman Uudenkaupungin autotehtaan uusia hitsausrobottejakin on lupaava. Muut sovellusalat eivät ole vielä päässeet koneenrakentajien tahtiin. Investointitasomme tulisi olla vuosittain noin 400 teollisuusrobottia, jolloin se kattaisi vasta eri toimialoilla olevien laitteiden vuotuisen poistuman. Kaarihitsauksessa teollisuuden investoinnit ovat vakiintuneet vajaaseen 30 laitteeseen vuodessa. (IFR 2016)

Lamasta ja investointien vähyydestä huolimatta Suomalaiset ovat hyvin mukana kansainvälisillä markkinoilla. Esimerkkinä ZenRobotics, joka yhdessä kiinalaisen Jiangsu LVHE Environmental Technologyn kanssa on sopinut usean jätteenlajittelurobotin toimituksesta Kiinaan (ZenRobotics 2015). Kyseinen yritys on saanut jalansijaa robottilajittelijoilleen myös Japanissa, Ruotsissa ja Australiassa. Lisäksi VTT on ollut mukana kehittämässä uusia robottisovelluksia, josta hyvänä esimerkkinä teollisuusrobottien pikaliikeohjauksen uudet innovaatiot (VTT 2016).

5.2 Robotin määritelmä ja erilaiset robottityypit

Robotti määriteltynä Standardin SFS-EN 775 mukaan:

- automaattisesti ohjattu
- uudelleenohjelmoitava
- monikäyttöinen käsittelylaite
- useita vapausasteita
- kiinteästi paikalleen tai liikkuvaksi asennettu

Vertailun vuoksi Japanilaisen määritelmän mukaan teollisuusrobotteja ovat:

- manuaalinen manipulaattori
- kiinteän sekvenssin robotti
- muunneltavan sekvenssin robotti
- johdattamalla ohjelmoitava robotti
- numeerisesti ohjattu robotti
- älykäs, havainnoiva robotti

Määritelmien erilaisuus aiheuttaa eroja kansainvälisiä tilastoja tutkittaessa. Japanilaisten väljä määrittely selittää ainakin osan Japanin ylivoimaisista robotisointimääristä.

Robotin määrittäminen yksiselitteisesti on vaikeaa. Teollisuusrobotti voidaan määrittellä toimilaitteiden, ohjelmointitavan, nivelrakenteen- ja käyttötarkoituksen perusteella monella eri tavalla. Robottien rakenteissa on yleisesti pyritty jäljittelemään ihmisen käsivartta, rannetta ja kouraa vastaavaa nivelien toimintaa. Ohjausteknisesti tarkasteltuna on teollisuusroboteissa oleellista liikeakseleiden paikoitus, eli aseman mittaus ja takaisinkytkentä (servo-ohjaus). Robotit joiden akselien liikkeet menevät ainoastaan ääriasennosta toiseen ilman paikanmittausta, kutsutaan manipulaattoreiksi. Teollisuusrobottien tilastoinnissa robotiksi luokiteltavalta laitteelta vaaditaan vähintään kolmea vapaasti ohjelmoitavaa liikeakselia ja vähintään yhtä työkalua. Automaattitrukkeja eli vihivaunuja kutsutaan usein roboteiksi, mutta niitä ei kuitenkaan tilastoida teollisuusroboteiksi.

Erilaisten robottien skaala on todella laaja. Robotteja on aina pienistä mikrometrien mittaisiin liikkeisiin kykenevistä roboteista aina satojen kilojen painoisia kappaleita nostaviin hydraulisiin robotteihin. Käyttösovelluksissa robotin tarkkuus on erittäin oleellinen tekijä. Tarkkuudeltaan lähes kaikkien robottien odotetaan olevan rakenteestaan riippumatta luokkaa ± 1 mm. Nykyisin jopa paljon tätä parempia, sillä esim. kokoonpanorobotilta vaaditaan tarkkuutta, jolloin sen on pystyttävä 0.05 - 0.1 mm:n asemointitarkkuuteen. Kuusiakselisen käsivarren asennon määrittämiseen tarvitaan vähintään kolme kulmatietoa ranneakseleista ja kolme kulmatietoa jalustaan sidotusta koordinaatistosta. Robotin oma ohjaus tietää akselien pituuden ja laskee näiden avulla xyz-koordinaatit. Kun nivelrobotti siirtyy lineaarista rataa pitkin, niin se joutuu kääntämään kaikkia akseleitaan.

Robotit asennetaan yleensä paikoillaan kiertyvälle jalustalleen. Robotin käyttö saattaa olla kuitenkin paljon monipuolisempaa jos se asennetaan lineaariradalle. Näin ollen robotilla voidaan palvella esim. useita radan varrella olevia työasemia. Asennus voidaan tehdä myös seinään tai jopa kattoon, jolloin mahdollistetaan laajempi työskentelyalue.

Useiden eri lähteiden mukaan voidaan yleisimpinä robottityypeinä pitää kappaleenkäsittely-, maalaus- sekä hitsausrobotteja. Näiden lisäksi on mm. koneistus-, kokoonpano-, laivaus-, leikkaus-, särmäys, sekä pakkausrobotteja. Teollisuusrobotit voidaan ryhmitellä myös erilaisten kriteerien mukaan ns. alaryhmiin. Robottivalmistajat käyttävät usein lajitteluperusteena myös robottien pääsovelluskohdetta, kuten esim. maalausrobotit sekä kokoluokkaa ja kuormankantokykyä.

Teollisuusrobottien lisäksi on olemassa joukko erilaisia erikoisrobotteja, kuten esim. tietokoneen ohjaamia ajoneuvoja sekä työkoneita (mobiilirobotit). Vihivaunut (Automatically guided vehicle, AGV) ovat olleet käytössä teollisuudessa jo 1970-luvulta lähtien. Aiemmin niissä käytettiin inductio-ohjausta, mutta 1990-luvulle tultaessa erilaiset laserohjaukseen perustuvat järjestelmät yleistyivät ja ovat nykyäänkin eniten käytetyt. (Rocland)

Robottiikkaa on yleisesti sovellettu tuotantolinjoilla, mutta nykyään sitä hyödynnetään enenevässä määrin myös erilaisissa palvelutehtävissä, jolloin puhutaan palvelurobotiikasta. Omaan erittäin vaativana robotiikan alana ovat ns. ”ihmisrobotiikka eli humanoid robotics.

Yleisimmät robottityypit ovat suorakulmainen robotti, sylinterirobotti, scara-robotti ja kiertyvänivelinen robotti (IFR 2015).

Alla olevassa kuvassa Fanucin M-2000iA, lempinimeltään Godzilla, heiluttelee 1030 kg painavaa AVANT:ia musiikin tahdissa ja laskee sen lopuksi täsmälleen lähtöpaikkaansa.



Kuva 20. Godzillan esittelytilaisuus Fastems.in tiloissa Tampereella. (video ko. tilaisuudesta osoitteessa: <https://www.youtube.com/watch?v=vRBkroLV3Vc>) (kuva: Fastems 2011)

5.2.1 Robottityypit

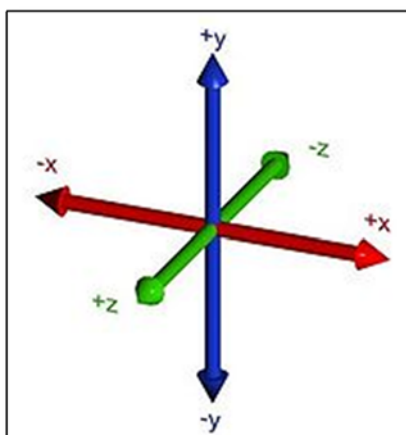
Mekaanisen toimintansa perusteella teollisuusrobotit voidaan jakaa nivelrobotteihin ja lineaarisesti liikkuviin, joita kutsutaan myös portaaliroboteiksi. Tarkemman lajittelun mukaan perusrakenteita löytyy useampia:

Suorakulmainen robotti

Robotti, jonka kolme ensimmäistä vapausastetta on toteutettu lineaariliikkeillä. Toiminta perustuu suorakulmaiseen (karteesiseen), koordinaatiston kolmeen perussuuntaan olevaan liikkeeseen, joilla kaikki tarvittavat liikkeet voidaan toteuttaa. Tämän kaltaisia ovat muun muassa portaalirobotit (gantry robots). CNC-työstökeskusten ja 3D tulostimien toiminta perustuu tämän kaltaiseen robotti tyyppiin. (LAMK: Robotiikka 2016)



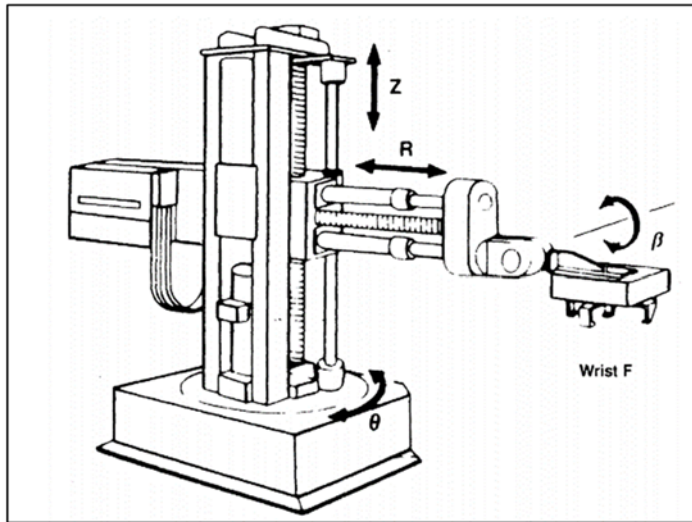
Kuva 21. Portaalirobotti variaatioita (kuva: Motioncontrol 2017)



Kuva 22. Kolmiulotteinen, eli karteesinen koordinaatisto (kuva: Wikimedia 2016)

Sylinterirobotti

Robotti jossa on yleensä vain yksi rakennetta kääntävä akseli. Muut liikkeet on toteutettu lineaarisesti. Tyypillinen manipulaattoriratkaisu, joka on nykyään harvinainen, eli historiaa. (LAMK: Robotiikka 2016)



Kuva 23. Sylinterirobotin liikkeet (kuva: Kuivanen R. Robotiikka 1999, ISBN 951-9438-58-0.

SCARA-robotit

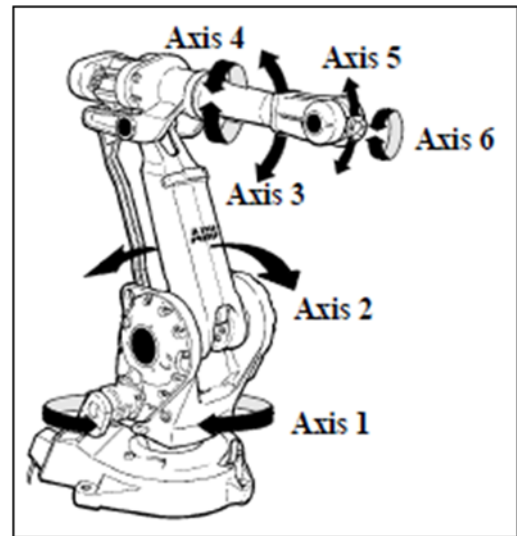
(Selective Compliance Assembly Robot Arm), joilla nivelet ovat vaakatasossa ja pystysuuntainen liike lineaarinen. SCARA-roboteilla on yleensä vain 4 vapausastetta. Rakenteen etuna on jäykkyys pystysuunnassa. SCARA-robotteja käytetään elektroniikan ja muun pienikokoisen mekaniikan kokoonpanossa. SCARA-rakenne voidaan toteuttaa niin, että kaikki käyttömoottorit ovat jalustassa. Tällaisia käsivarsia käytetään esimerkiksi piikiekkojen käsittelyyn vakuumikammiossa, jolloin liikevoima siirretään tiiviiden pyörittävien läpivientien kautta. (LAMK: Robotiikka 2016)

Kuva 24. Scara-robotti
(kuva: Omron-Robotics 2016)



Kiertyvänivelinen robotti

Robotti, jolla on ihmiskäsivartta muistuttava rakenne. Nivelroboteilla on yleensä kuusi vapaasti ohjelmoitavaa niveltä, jolloin nivelkäsivarren päässä oleva kappale tai työkalu voidaan asettaa robotin ulottuvuuden puitteissa kaikkiin mahdollisiin kulmiin. Tämän vuoksi nivelrobotti on moniin eri käyttökohteisiin soveltuva ja monipuolisin robottirakenne. (LAMK: Robotiikka 2016)



Kuva 25. Kiertyvänivelinen robotti
(kuva: Eurobots 2016)

Rinnakkaisrakenteiset robotit

Robotit, joissa on kolmen lineaariliikkeen varassa työkalulaippa, ovat tukevia ja nopeita. Tällaiset robotit on asennettu roikkumaan telineestä ja niillä on suhteellisen rajoittunut ulottuvuus. Kolmipistetuetulla rinnakkaisrakenteella voidaan tehdä nopeita, niin sanottuja "Pick & Place" robotteja. Kun tukivarret on tehty hiilikuitutangoista, niin pystytään pitämään liikkuvat massat pieninä ja kiihtyvyydet sekä hidastuvuudet suurina. Tankojen keskipisteessä on työkalu, esimerkiksi imukuppi. Esimerkki tällaisesta Pick & Place robotista on ABB IRB340. Samalla rakenteella voidaan tehdä myös jäykkiä ja raskaampia robotteja, joiden ominaisuudet ovat tarkkuuden suhteen lähellä työstökoneita. (LAMK: Robotiikka 2016)



Kuva 26. Rinnakkaisrakenteinen robotti
(kuva: Fanuc 2017)

6 ROBOTTISOLUN SOVELTUVUUS TYÖYMPÄRISTÖÖN

Robottisolun integroiminen opetustilaan edellyttää ennen kaikkea työturvallisuustekijöiden kokonaisvaltaista hallintaa, sekä kaikkien mahdollisten riskien ennalta ehkäisevää kartoitusta. Opetusteknisesti robotin tulee toimia joustavasti opetuksen välineenä. Robotilla on pystyttävä harjoittelemaan ja tuottamaan yritystoiminnan kannalta oleellisia, esim. jyrskyöstöihin soveltuvia toimintoja. Käytännön tasolla tämä tarkoittaa robottisolun valjastamista ensisijaisesti työstökonekeskukseksi, jota yksi henkilö tarvittaessa käyttää. Toisaalta robottisolu tulee olla myös helposti ja nopeasti muutettavissa esim. isomman ryhmän opetusvälineeksi. Yrityksissä sekä oppilaitoksessa tehtyjen haastattelujen perusteella em. kaltaisen opetusympäristön luomiseksi riittää yksi oikein mitoitettu robotti ja sen oheislaitteet, sekä tarvittava määrä simulointiohjelmia. Robottisolun mahdollinen muunneltavuus katsotaan eduksi ja siihen tulevaisuudessa tullaankin pyrkimään kokemusten karttuessa.

6.1 Robotti ja ihminen työparina

Robottiikan sovelluksilla saavutetaan suuria etuja työturvallisuudessa. Tämä ei kuitenkaan poista mahdollisuutta, etteikö robotti silti saattaisi aiheuttaa vaaratilannetta ihmiselle tai ympäristölle. Elokuvista ja Scifi-kirjallisuudesta tuttu ihmisen ja robotin keskinäinen symbioosi ja inhimillinen työskentely ovat kuitenkin edelleen vain visio.

Nykyinen tietotaito ja robotiikan sovellukset ovat edenneet suuren harppauksen viimeisten vuosikymmenten takaisista ratkaisuksista. Tämä kehitys on vaikuttanut myönteisesti myös robottisovellusten turvallisuuteen, joka näyttäisikin olevan se viimeinen askel Ihmisen ja robotin täydellisen vuorovaikutuksen saavuttamiseksi.

”Tulossa olevat turvaohjaimet, robotin voiman tarkka hallinta ja monet uudet anturitekniikat antavat lupauksia uusista ihmisen ja robotin yhteistyön mahdollisuuksista”

(Malm 2008)

Audin suurimmalla tehtaalla Ingolstadtissa Saksassa on otettu käyttöön uusi innovatiivinen robotti, joka työskentelee tehtaassa työntekijöiden työparina. Uusi teknologia helpottaa kokoonpanolinjan työntekijöiden työskentelyä. Laite on varustettu turva-anturein, eikä siitä pitäisi olla vaaraa työntekijöille. (news.cision.com/ Audi Finland 02/15)



Kuva 27. "Part4You"-Robotti ilman turva aita. (kuva: Autocarpro 2015)

6.2 Robottisolun turvallisuus yleisesti

Robottisoluna pidetään yleisesti tilaa tai rajattua aluetta jossa robotti toimii ja työskentelee. Pääsääntöisesti robotin odotetaan toimivan joko yksinään tai yhdessä muiden robottien kanssa. Ihmisen ja robotin vuorovaikutteisuutta tutkitaan maailmanlaajuisesti hyvin paljon. Yhteistyöllä ja sitä kautta toiminnallisuuden lisäämisellä pyritäänkin saavuttamaan monipuolisuutta ja tehokkuutta työskentelytapoihin. Kehityksen suurimpana haasteena on edelleen kuitenkin turvallisuus. Monet turvallisuuteen liittyvät sovellukset ovat harpanneet isoja askelia viime vuosien aikana. Yhtenä uusimmista sovelluslaajennuksista voitaneen mainita robotit jotka tunnistavat nivelvarsien osumisen mahdolliseen esteeseen ja pystyvät sen havaitessaan toimimaan annettujen parametrien mukaan. Yleisemmin näitä nimitetään COBOT:eiksi. (Collaborative robotics) (Koukkari 2016)

Tosiasiasa robotti on kuitenkin edelleen mekaaninen kone, jonka ohjelmassa tai toiminnassa saattaa olla ihmisen turvallisuuden kannalta merkittäviä vikoja. Tämä johtaa väärjäämättä siihen, että turvallisuuden kannalta täysin ideaalia ratkaisua ei vielä tällä hetkellä ole olemassakaan. Nykyisessä tilanteessa onkin turvallisuuden kannalta varmintu turvautua edelleen moniin päällekkäisiin sovelluksiin tai eristettävä robotti toimimaan kokonaan yksin ilman ihmistä.

6.3 Robotiikan avulla saavutettu turvallisuus

Kaikilla teollisuusautomaation muodoilla pyritään saavuttamaan tehokkuutta, joka samalla tarkoittaa suurempaa volyyymiä. niin kappalemäärissä kuin nopeudessakin. Perimmäisenä tarkoituksena on yleensä korvata ihminen työtilanteissa, jotka ovat joko vaarallisia, raskaita, yksitoikkoisia. Vaikkakin esim. robotiikalla saavuttu nopeus, tarkkuus ja väsymättömyys erilaisissa tehtävissä puhuukin puolestaan, niin valvontaa ei saa, eikä voi-kaan unohtaa missään vaiheessa. Mahdollisten vikatilanteiden sattuessa ihminen on edelleenkin korvaamaton.

Usein tulee vastaan tilanteita, joissa koneeseen ohjelmoitu looginen ajattelu ei yksinkertaisesti riitä ongelman ratkaisuun. Tällaisissa tilanteissa ihmisen tulee saattaa asia kuntoon. Näin ollen ihmisen jääminen tarkkailijan rooliin lisää työturvallisuutta. Vaikka teknologian kehittymisen myötä saatavilla sovelluksilla ei saataisikaan robottisolun turvallisuutta 100 %:sti varmistettua, niin sitä saadaan sillä joka tapauksessa ainakin lisättyä.

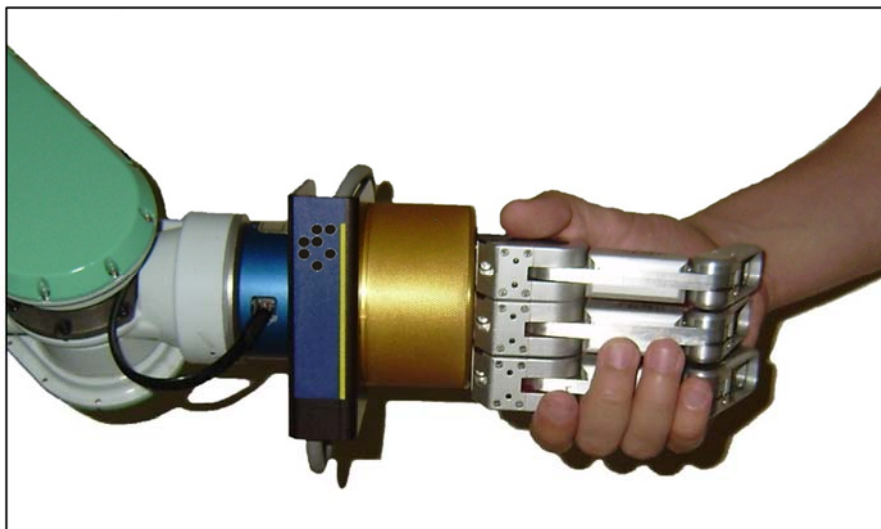
6.3.1 Robottisolun turvalaitteet

Euroopan unioni on laatinut robotiikkaa koskevan konedirektiivin (2006/42/EY). Sen tarkoituksena on huolehtia turvallisuusmääräysten noudattamisesta Unionin alueella.



Kuva 28. Robotin toiminnasta ilmoitava varoituskyltti. (kuva: SSW 2016)

Robottisolun turvallisuuden varmistamiseksi on jo nyt olemassa monia, käytössä hyväksi havaittuja ratkaisuja. Tyypillisin keino on yleensä ollut eristää robotti omaksi yksiköseen esim. seinillä, verkkohäkeillä tai aidoilla. Nykyään näiden perinteisten menetelmien lisäksi voidaan apuna käyttää uudemman teknologian mahdollistamia sovelluksia. Kaikilla näillä sovelluksilla on turvallisuuden lisäksi tarkoitus lisätä samalla myös robotin ja ihmisen keskinäistä vuorovaikutusta.



Kuva 29. Tulevaisuuden kättelyä (kuva: Robotica 2013)

Köysihätäpysäytin (turvalanka)

Köysihätäpysäyttimiä käytetään kohteissa, joissa ihmisen toiminta vaatii vaarallisten koneiden ja laitteiden läheisyydessä toimimista. Tyypillisimpiä kohteita ovat kuljettimien sivut ja koneiden kita-aukot, joihin tuotantokappaleita tulee asettaa ja poistaa prosessin aikana. Köysihätäpysäytin valvoo vaijerin kireyttä. Jos vaijeria vedetään tai siihen nojataan missä tahansa sen kohdassa, niin turvakoskettimet aukeavat ja laite pysähtyy. Myös vaijerin katkeaminen tai löystyminen saa turvakoskettimet pysäyttämään laitteen. Jos vaijeri on kunnossa ja kireys oikea, niin toimintakuntoon saattaminen tapahtuu laitteesta riippuen, joko kuittauspainiketta vetämällä tai painamalla. (OEM 2017)



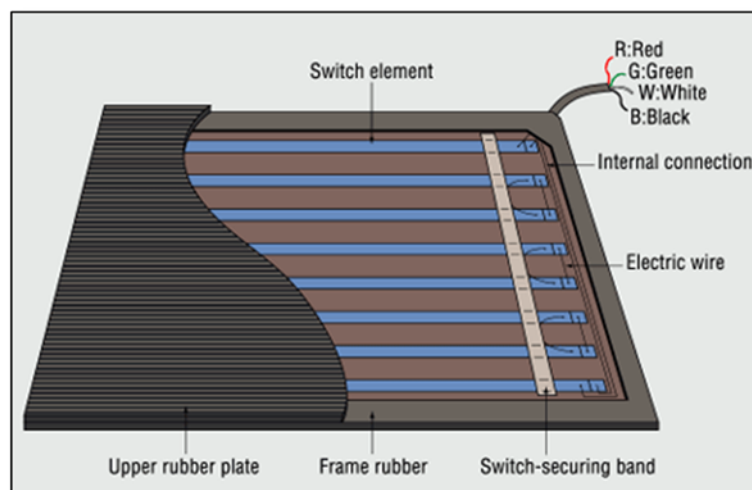
Kuva 30. Oppilaitoksen hydraulinen levynpuristus prässä, jossa laitteen sivulle (punainen nuoli) ja pätyihin on käyttökorkeuteen asennettu hätäseis-lanka. (kuva: JIJ 2017)

Turvamatto

Turvamattoja käytetään suojaamaan vaarallisilla alueilla liikkuvia henkilöitä esimerkiksi puristinten, robottien, tuotantolinjojen ja koneiden läheisyydessä. Turvamattoja sijoitetaan esimerkiksi koneiden eteen lattialle, jolloin liikkuminen alueella tuotannon niin vaatiessa on mahdollista. Turvamatto on yleensä suorakaiteen muotoinen, mutta niitä voidaan valmistaa myös koneen muotoja sekä työskentelyalueita huomioiden. (OEM 2017)

Kun turvamattoon astutaan, saadaan ohjauksyksikön välityksellä esim. robotti pysäytetyksi ennen vaaratilanteen syntymistä. Sähkömekaaninen turvamatto ja ohjauksyksikkö on suunniteltu turvallisen vikaantumisen periaatteella ja ne yhdessä muodostavat turvalaitteeksi käyttöön hyväksytyt kokonaisuuden. Turvamattoja on saatavissa jopa trukin kestäviä (700 kg/cm²). Työstökeskuksen turvamatot voivat olla myös alueellisesti ositettu laitteen työskentelyn mukaan. Tämä mahdollistaa esim. kahdessa pisteessä työskentelevän laitteen lataamisen toisen työpisteen ollessa vapaana. (OEM 2017)

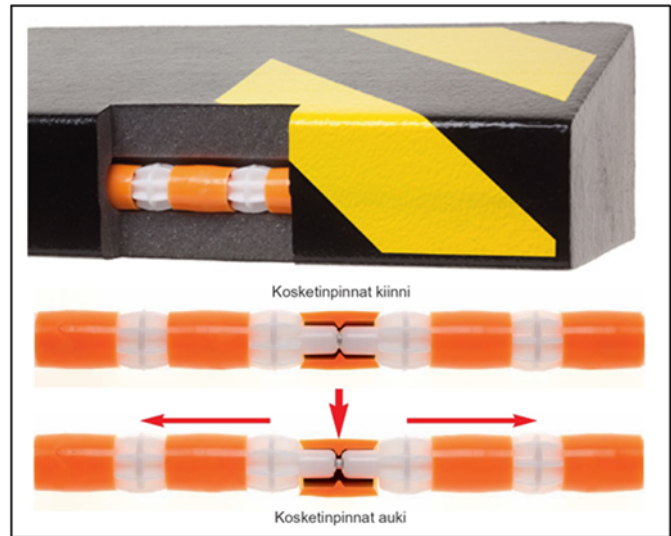
TREDU:n CNC työstökeskuksen edusta on suojattu kolmella turvamattolla. Näin laitteen edusta on voitu osittaa erillisiksi turva-alueiksi. Tämä mahdollistaa esimerkiksi työntekijän toimimisen laitteen työskentelemättömässä päässä työstön aikana. Turvamattojen toiminta perustuu kahden sähköä johtavan pinnan kosketuksesta johtuvaan releen ohjaukseen. Kyseisissä matoissa sisäpintojen väliin on asetettu ohut, rei'itetty vaahtomuovi, joka normaali tilanteessa pitää johtavat pinnat erillään, mutta sallii niiden päälle astuttaessa pintojen koskettamisen toisiinsa.



Kuva 31. Kumipäällysteisen turvamatton poikkileikkaus ja rakenne (kuva: Tokyo sensors 2017)

Turvapuskurit ja reunat

Turvapuskureilla tarkoitetaan joko pysty- tai vaakasuoraan sijoitettavia auton puskurin kaltaisia suoja, joilla on sama toimintaperiaate kuin turvamatoilla. Puskurien painautuessa kasaan, niiden sisällä oleva virtapiiri katkeaa. Turvapuskureita käytetään pääasiassa vihivaunujen reunoissa, mutta nykyisin niitä on paljon myös CNC työstökeskusten liikkuvissa osissa. (OEM 2017)



Kuva 32. Turvapuskurin toimintaperiaate (kuva: SKS group 2017)

Turvareunojen avulla toteutetut sovellukset ovat käyttöalueiltaan erittäin laajat. Yleisimpiä käyttökohteita ovat automaatti-ovien reunat, nostolavat, vihivaunut. Niitä käytetään myös yleisien kulkuneuvojen ovissa kuten busseissa, junissa, metroissa jne. Yleisesti ottaen turvareunaa käytetään puristumisvaaran estämiseen. Toiminta perustuu kosketukseen, jonka tapahtuessa turvareunaan liitetty valvontayksikkö kytkee turvakoskettimet auki. Näin ollen myös turvareunaa voidaan käyttää hätä-seis kytkimenä. (OEM 2017)

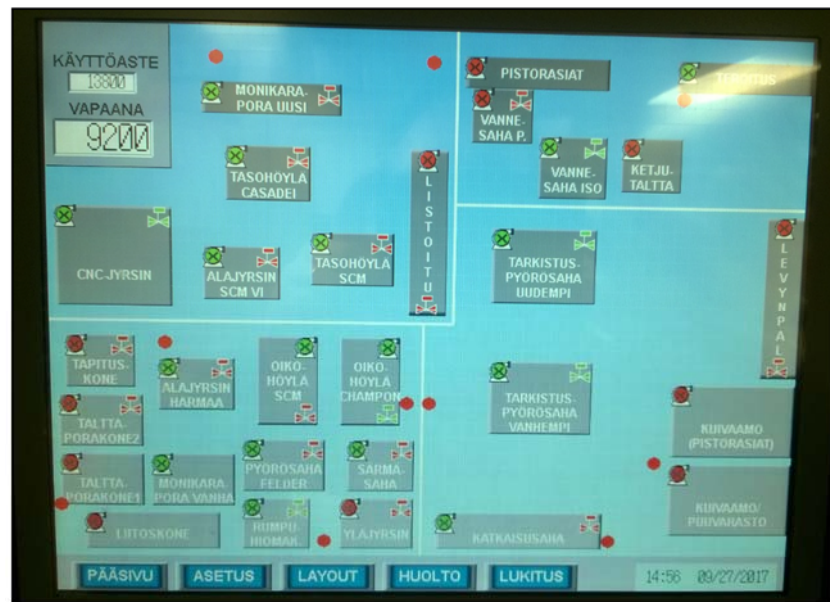


Kuva 33. Erikokoisia turvareunaprofileita ja valvontayksiköitä (kuva: OEM 2017)

Turvalukitus

Yleisimmin turvalukituksella tarkoitetaan koneen tai laitteen toiminnan estämistä avaimella, jota ilman sitä ei voida käyttää. Lukitus voidaan toteuttaa perinteisen avaimen sijasta myös magneettikortin tai sähköisen koodin muodossa. Lukitus voi sijaita joko laitteen ohjausyksikössä tai vastaavasti erillisessä valvontatilassa.

TREDU:n Hepolamminkadun yksikön puuntyöstösalissa on käytössä sähköinen työstölaitteiden käynnistyksen valvonta. Tämän lisäksi esimerkiksi CNC työstökeskuksessa on erillinen avain, jolla laitteen käyttö voidaan tarvittaessa estää.



Kuva 34. Konesalin laitteiden käyttölupa voidaan asettaa valvontakopin näyttöpaneelista konekohtaisesti (kuva: JIJ 2017)



Kuva 35. CNC koneen käyttöpaneeli avain lukituksella (kuva: JIJ 2017)

Turvalukituksella voidaan tarkoittaa myös koneiden ja laitteiden toimintatilaan pääsemisen estämistä. Työskentelyalueen eristämiseen käytetyissä ovissa ja porteissa voidaan käyttää rajakatkaisijoita, joiden vaikuttuessa hätä-seis piiri aktivoituu.



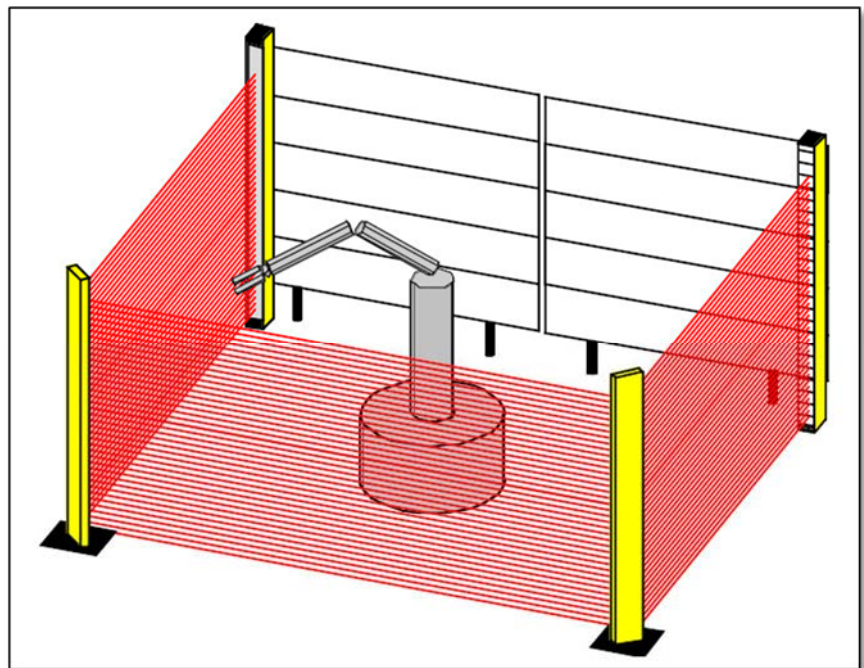
Kuva 36. CNC koneen huoltotilaan johtavan oven rajakatkaisija. (kuva: JIJ 2017)

Valoverho

Valoverholla on alun perin tarkoitettu useista valonsäteistä muodostettua verkkoa, jossa voi olla monta lähetin-vastaanotinparia. Nykytekniikalla tuo kaikki on saatu pakattua yhteen pitkänomaiseen anturiyksikköön, jolla saadaan muodostettua esim. sormia pienempi säteiden tiheys. Valoverhoissa hyödynnetään optista anturia, jolla ohjataan relettä katkaisemaan virta laitteesta tai toiminnosta. (OEM 2017)

Valoverhon toiminta koostuu lähetin vastaanotin parista, joka toimii yleensä turvakatkaisijan tavoin. Yleisesti valoverhon tarkoitus on pysäyttää laite, jos esim. infrapunasäde syystä tai toisesta katkeaa. Tällä tavoin laitteen toiminta alue voidaan tarvittaessa eristää ja samalla estää siitä johtuvien tapaturmien ja vaaratilanteiden syntyminen. (OEM 2017)

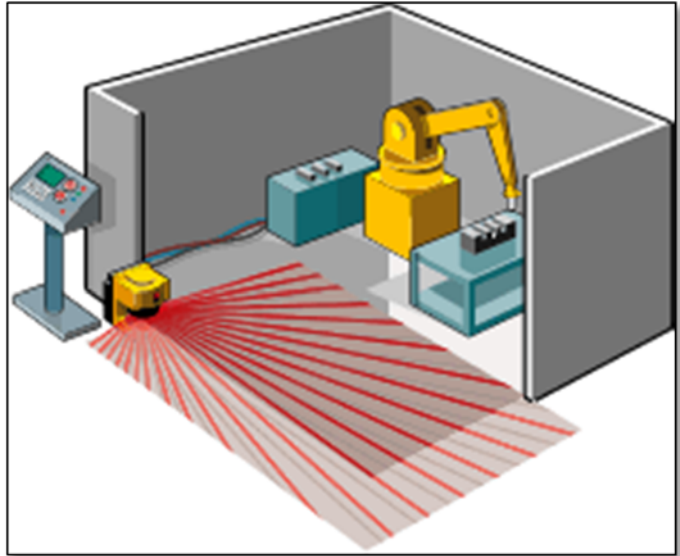
Anturitekniikan avulla valoverhoa voidaan käyttää myös hidastamaan laitteen nopeutta. Tämä tulee kyseeseen esim. silloin, kun laitteen toiminta-alueella täytyy tuotannollisesta syystä käydä lisäämässä tai poistamassa kappaleita. Valoverhoja voidaan pitää varmatoimisina ja luotettavina turvalaitteina. Valvottava alue on mahdollista saada perinteisten suoralinjaisten säteiden lisäksi verhottua ristiin, jolloin verhon tiheys kasvaa. Sormen suojaukseen riittää 18mm ristikko ja kehon suojaukseen 400mm. Turvattava alue voi olla isokin, sillä lähetin-vastaanotin parin etäisyys toisistaan voi olla jopa kymmeniäkin metrejä. Sädetä voidaan lisäksi ”kääntää” peilien avulla, jolloin rajoitettavan alueen muotoonkin voidaan huomioida tarkasti. (OEM 2017)



Kuva 36. Valoverhon avulla kolmelta sivulta eristetyn robotin periaatekuva. (kuva: Directindustry 2017)

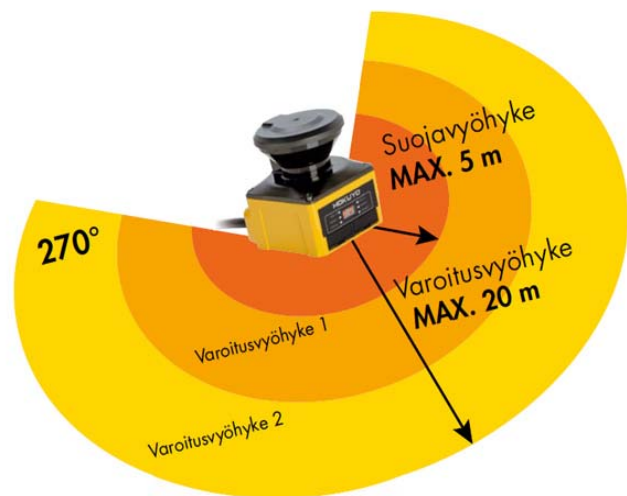
Laserscanneri

Laserscannerilla haluttu alue voidaan jakaa tarkkailtaviin alueisiin, joiden aktivoituttua voidaan määrittää erilaisia toimintoja. Yleisesti käytetään kolmen alueen jakoa, jossa uloimpia alueita kutsutaan varoitusvyöhykkeiksi ja sisempää osaa Suojavyöhykkeeksi. (OEM 2017)



Kuva 37. Laserscannerilla suojatun robottisolun periaatekuva. (kuva: The fabricator 2017)

Suojavyöhykkeellä tarkoitetaan robotin välittömässä läheisyydessä olevaa aluetta, johon esimerkiksi liikkeiden ulottuvuus riittää. Suojavyöhykkeen aktivoituminen vastaa hätä-seis kytkentää ja pysäyttää näin ollen laitteen toiminnan kokonaan. Kaksi muuta aluetta voidaan määrittää vaikuttamaan esimerkiksi hidastavasti, robotilla suoritettavan työstön liikkeenopeuteen. (OEM 2017)



Kuva 38. Laserscannerin vyöhykkeet. (kuva: OEM Finland 2017)

7 ROBOTTISOLU OPETUSYMPÄRISTÖÖN

Robottisolun rakentaminen opetustiloihin tuo haasteita ennen kaikkea turvallisuuden, sekä robotilla toteutettavien töstöjen, käytettävyyden ja sijoituksen suhteen. Oleellista on huomioida myös laitteen käyttäjäkunta ja sen mukanaan tuomat erilaiset vaatimukset. Muuttujia projektissa on siis paljon ja näiden osalta onkin pyrittävä muodostamaan toimiva symbioosi. Jotta tämä olisi mahdollista, niin toteutuksen tulisi olla kaikilta osa-alueiltaan täysin toimiva ja jo olemassa olevan layoutin kanssa yhteensopiva.

Tulevaa käyttäjäkuntaa vastaavilta ryhmiltä ja yrityksiltä kerätyn palautteen pohjalta voidaan kartoittaa tarvittavat rajaukset, joilla tarvittavan robotin koko ja siltä vaadittavat edellytykset voidaan määrittää. Kun laitteen koko on tiedossa päästään suunnitelmassa etenemään sijoitus paikan valintaan. Tämän opinnäytetyön edetessä on saanut tilaa ajatus liikuteltavasta robotti solusta, joka puolestaan lisää mahdollisia muuttujia. Lähtökohtaisesti tarkastelussa pitäydytään paikallaan olevassa työpisteessä, mutta pohditaan samalla liikuteltavan solun mukanaan tuomia haasteita ja mahdollisuuksia. Käytännössähän toteutus tulee jatkossa olemaan täysin liikuteltavissa, jos työturvallisuus vaateet voidaan saavuttaa kyseiseen yksikköön liittämällä nyt tai tulevaisuudessa. Kun sijoituspaikka on suunnitelmissa saatu paikoilleen, niin edessä on itse robotin ja siihen kuuluvien oheislaitteiden hankinta, joka aloitetaan tarvekartoituksella ja laitevalmistajille kohdennetuilla tarjouspyynnöillä.

Tehokkaan opetuksen kannalta robotin tulisi osaltaan palvella yhtäläillä teoriassa ja käytännössä tapahtuvaa opetusta. Opetussuunnitelmallisesti toteutettuna tämän kaltainen lähiopetus ei ole vaikea toteuttaa, koska normaalisti kyseistä opetusta on vain yhdellä ryhmällä kerrallaan. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että osa opiskelijoista ottaa uuden teknologian käyttöönsä todella nopeasti. Jos toiminta perustuu vain yhdellä robotilla toteutettuun opetukseen, niin teorian ja käytännön toteutukset saattavat mennä ristiin. Teoria opetus vaatii uuden tekniikan kanssa aina tilanteen rauhoittamisen ja tarvittaessa mahdollisuuden kertaamiseen useiden toistojen muodossa. Jos robotti on sijoitettuna työtilaan, niin teoria opetuksen edellyttämää rauhoittamista on vaikea toteuttaa ilman, että käytännön harjoituksia keskeytettäisiin. Normaalisti työpajalla saattaa olla kahdesta kolmeen ryhmää ja niiden toimintaa ei voida estää yksittäisen ryhmän opetukseen vedoten.

Opetuksen tehokkuuden kannalta robotteja tulisi olla käytössä vähintään kaksi. Käytännön töihin ja tuotanto puolelle tulisi tietenkin hankkia tarkoitukseen soveltuva robotti ja vastaavasti teoria opetukseen riittäisi pienempi, luokkatilaan soveltuva robotti. Näin ollen teoriaopetus olisi käytännössä aina mahdollista, vaikka tuotanto käytännön puolella olisikin käynnissä. Teoriapuolen robotti olisi alkuvaiheessa helposti korvattavissa esimerkiksi simulaatio ohjelmalla. Näin toimien harjoittelu, eikä ohjelmoinnin rutiinittamisen hankkiminen olisi lainkaan riippuvainen tuotantopuolen robotista. Jatkossa teoriapuolen oma robotti antaisi tarvittavaa lisä potkua automaatio opiskeluun, sillä monessa yhteydessä on havaittu tekemisen kautta tapahtuvan oppimisen olevan suurimmalla osalla opiskelijoita tehokkaampaa kuin perinteinen, luentomaisuuteen ja itseopiskeluun perustuva.

7.1 Robotilta vaadittavat edellytykset

Robotin käyttövoima: Voimakkailla hydraulisilla moottoreilla toteutetut robotit voidaan jättää tarkastelun tässä vaiheessa huomioimatta, koska osastolla ei ole tarkoituksena ei ole käsitellä mitään yli 100kg painoisia kappaleita tai työkaluja. Tarkasteluista jätetään tässä yhteydessä pois myös pneumatiikkatoimiset robotit. Tämä siitä syystä, että vaikka osastomme onkin määritelty räjähdysvaaralliseksi tilaksi, niin tarkoituksena ei ole kuitenkaan räjähteiden, tai muiden niin syttymisherkkien materiaalien käsittely. Puuosaston luokitus on ”ATEX tilaluokka 22”, joka tarkoittaa ”tilaa, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan” (TUKES 2017: ATEX opas)

Edellä mainittujen argumenttien valossa investoinnissa päädyttäneen sähkömoottoreilla toteutettuun robottivaihtoehtoon, koska normaaleissa käyttötilanteissa ne soveltuvat kyseisen kaltaisessa ATEX tilassa käytettäviksi.

Tarkkuus: Robotin on kyettävä liikkumaan vaaditulla työstöalueella ja pystyttävä sen puitteissa toimimaan myös halutulla tarkkuudella. Robotin akselien lukumäärä ja niiden tyyppi vaikuttaa suoraan saavutettavissa olevaan työstö tarkkuuteen. Yrityksille tehtyjen haastattelujen perusteella työstötarkkuuden halutaan olevan tarkimmillaan $\pm 0,1$ mm. Valmistettavien peruskomponenttien, kuten sarjojen, jalkojen jne. valmistuksessa sallitaan tarkkuusheitoksi tapauskohtaisesti $\pm 0,3$ mm. Tarkkuusheittoa ei kuitenkaan sallita liitospintoja sisältävissä kappaleissa. Näitä ovat mm. tasoreikä, sen tappi ja olkapäämitat, jotka sovitetaan toisiinsa esimerkiksi puulajin tiheyden mukaan.

Akselien / vapausasteiden määrä: Periaatteessa kaikkiin tavanomaisiin puusepäntöalan työstöjyrsintöihin riittäisi kolmella akselilla toteutettavissa olevat liikkeet (vrt. CNC). Robottia hankittaessa on kuitenkin syytä ottaa huomioon tuotannon mahdollinen laajentaminen myöhemmin, sekä kaikki ne muut mahdolliset tehtävät, joihin robotti voidaan jatkossa valjastaa. Robotissa tulisi näin ollen olla tuotannon kannalta tarpeeksi monta akselia, jotta sen soveltuvuus erilaisiin tehtäviin olisi mahdollisimman laaja myös tulevaisuudessa.

Perinteiseen kolmiakseliseen CNC työstöön verrattuna robotin akselien mahdollistamat liikkeet ovat paljon monipuolisemmat. Robotilla toteutetut liikkeet eivät ole esimerkiksi yhtä rajoittuneet tasomaisen kappaleen työstöön. Lähes kaikki pienet ja keskisuuret robotit ovat nykyään pääosin kuusiakselisia ja siten niillä voidaankin toteuttaa kattavasti kaikki halutut liikkeet robotin ulottuvuuden rajoissa. Huomioitavaa on kuitenkin myös se, että akselien määrän lisääntyminen aiheuttaa samalla myös tarkkuusheittoa, varsinkin ulottuvuuden äärirajoilla.

Ulottuvuus ja koko: Haastattelujen perusteella tuotantopuolella valmistettavat tuotteet ja niiden komponentit ovat suurimmillaan ruokapöydän kokoisia. Työstettävissä mitoissa ilmaistuna pöydät ovat normaalisti vajaasta kahdesta metristä yli kolmeen metriin pitkiä, leveyden ollessa metrin molemmin puolin. Keskikokoisten ja kiinteästi paikalleen asennettujen robottien kannalta tämän mittaiset tuotteet alkavat olemaan ulottuvuuden ja sitä kautta tarkkuudenkin puitteissa haastavia. Ulottuvuus rajaa pienimmät robotit heti pois ja näillä äärimitoilla toimittaessa myös haluttu tarkkuus supistaa mahdollista laitekantaa entisestään.

Se mikä horisontaalisessa työstöpituuden ulottuvuudessa menetetään useimpiin CNC-työstökeskuksiin verrattuna, saadaan monesti takaisin vertikaalisena, (Z suunnan) ulottuvuutena. Kuusiakseliset robotit ovat kykeneviä samoihin liikkeisiin kuin viisiakseliset CNC koneet ja ovat lisäksi pinta-ala vaatimuksiltaan huomattavasti vaatimattomampia.

Kantokyky (payload): Puusepänalalla tavanomaisiin jyrityöstöihin riittää laitteet, jotka ovat painoltaan noin kilosta kolmeen kiloon. Tällaisen painon käsittely sellaisenaan on keskikokoisille teollisuus roboteille vielä suhteellisen helppoa. Puun työstössä pitää ottaa kuitenkin huomioon vastus, joka syntyy materiaalia työstettäessä. Haastattelututkimuksen mukaan yleisimmin jyrityöstöissä käytössä oleva terä on halkaisijaltaan noin kuusi millimetriä. Työstösyvydet olivat haastattelun mukaan keskimäärin suhteessa terän halkaisijaan.

Koska kyseessä on pääosin käsivaraisesti toteutettavat jyrityöstöt, niin esimerkiksi syvempiä uria ajettaessa ne jyrityään yleensä useampaan kertaan syvyyttä muuttamalla. Näin menetelmällä työstövoimat on helppo hallita ja samalla se on terien vähäisemmän lämpiämisen ja sitä kautta pienemmän kulumisen kannalta taloudellista. Koko terän halkaisijan käyttöä tulisi jyrityöissä tarpeen mukaan välttää. Aina tähän ei kuitenkaan ole mahdollisuuksia, sillä esimerkiksi monissa uraa vaativissa työstöissä terä valitaan uran leveyden mukaan sopivaksi. Näin ollen kyseessä on samanaikaisesti toteutettava myötä ja vasta syöttö, joka puolestaan vaatii enemmän työstövoimaa, kuin esimerkiksi samalla syvydellä toteutettu reunan jyrityä vastasyötöllä.

Toistuvista yrityksistä huolimatta ei robotteja myyvilta tahoilta saatu vastauksia työstövoimien määrään ja niiden vaikutukseen puuntyöstössä. Tämä olisi ensiarvoisen tärkeää, sillä juurikin käsittelykyky on ratkaisevassa asemassa määritettäessä hankittavaa robottia opetusyksikköömme.

7.2 Ehdotus jyrsin voimien määritykseksi puuntyöstössä

Koska työstön vaikutusta tarvittavaan voimaan ei löytynyt valmiina, niin kyseiseen tarkoitukseen ideoitiiin koe, jossa ne olisi tarkoitus määrittää. Jatkossa tulisi rakentaa laatikko johon työstettävän testikappaleen sai kiinnitettyä jyrsin ajaksi. Käsiyrsin tulisi saada liikkumaan suoraviivaisesti ja vakionopeudella kappaletta työstäen. Suoraviivaisuus toteutettaisiin asentamalla testilaatikkoon laidat siten, että jyrsin liikkuisi vapaasti, muttei kuitenkaan pääsisi pyörähtämään ympäri. Vakionopeus tulisi toteuttaa kiinnittämällä esimerkiksi naru jyrsimen ja johtaa se pyörän kautta pöydän päässä olevaan vaakaan. Aloituspainona käytettäisiin ensin jyrsimen painoa (n. 1,5kg) lisättynä 2 kilon painolla. Tarkoitus olisi käyttää esimerkiksi kolmea eri terä kokoa ja jyrsiä niillä kolmella eri syvyydellä. Teräkoot olisivat halkaisijoiltaan 3, 6 ja 10 millimetrisiä. Työstöt suoritettaisiin neljään puulajiin, eli mäntyyn, koivuun, saarneen ja vaahteraan. Näiden saadaan edustetuksi yleisimmin käytössämme olevan puulajit ja näiden tiheysien perusteella voidaan päätellä muidenkin puulajien arvot. Työstöt olisi tarkoitus jyrsiä kahden, neljän ja kuuden millimetrin syvyyksillä. Kaikilla terillä suoritettaisiin x määrä jyrshintöjä aloitus syvyydellä ja samalla mitattaisiin ennalta määrätyn mittaiseen etenemiseen käytetty aika. Tämän jälkeen jyrsinät suoritettaisiin seuraavassa syvyydessä ja painoa lisättäisiin saman ajan saavuttamiseksi. Näin menetellen jo muutamilla puulajeilla ja terillä saataisiin suuntaa antavat vastaukset siitä, kuinka paljon jyrshintä vaatii lisää voimaa työstön aikana syvyyden muuttuessa ja terän halkaisijan kasvaessa. Tämä auttaisi jatkossa määrittämään jyrsimiseen ja robotin käsittelykykyyn tarvittavan voiman määrän.

Turvalaitteet: Uusien työstölaitteiden sijoitus jo olemassa olevaan oppimisympäristöön on aina suuri haaste. Teollistuneen puusepäntöalan kaikki koneet ja laitteet ovat väärin käytettyinä erittäin vaarallisia. Tämä siitä yksinkertaisesta syystä, että käytettävän materiaalin työstöön tarvitaan aina voimaa. Jotta tuo voima saataisiin parhaalla mahdollisella hyödynnettyä, niin koneissa ja laitteissa tulee olla tehokas voimansiirto moottorilta työstävään terään. Kaikissa laitteissa voimansiirto on pyritty koteloimaan siten, että vain työstävä terän osa on näkyvissä kerrallaan. Näiden laitekohtaisten kotelointien lisäksi tulee aina käyttää ylimääräisiä suojalaitteita, jotka estävät sormien ym. joutumisen terään vahingossa.

Robotti eroaa tavanomaisesta puusepäntöalan työstölaitteesta toimintaperiaatteensa vuoksi. Siinä teräpää ei olekaan paikoillaan, vaan sen nivelvarsia ohjataan liikuttamaan työstöpää tarvittaviin työstöliikkeisiin. Toiminnallisesti robotti on tästä syystä hyvin samankaltainen kuin CNC työstölaitteetkin. Näin ollen robotti voidaan myös suojata turvallisuuden kannalta pääpiirteittäin samalla tavalla kuin tavanomaiset CNC laitteet. Normaalisti CNC laitteiden turvallisuuteen on vaikutettu sijoittamalla hätä-seis painikkeita mahdollisimman lähelle laitteen käyttäjää. Tämän lisäksi koneen työstöalueelle pääsy on työstön aikana estetty esimerkiksi eristävillä seinillä, valoverhoilla ja turvamatoilla.

Nämä samat keinot voidaan hyödyntää lähes sellaisenaan myös robotin tulevassa toimipisteessä. Tarkoituksen mukaista olisi sijoittaa robotti siten, että sen toiminta olisi ulottuvuutensa rajoissa tehokasta. Tämä tarkoittaa sitä, että robotin ympäristössä tulisi voida liikkua vapaasti esimerkiksi lataamassa seuraavaa työstöä sen toimiessa toisella puolella. Tästä syystä liikenopeuksien rajoittaminen, työstön aikainen hidastaminen ja tarvittaessa pysäyttäminen esimerkiksi laserscannerin, turvareunojen tai -puskureiden avulla on tärkeää.

Jos kaikki visiot toteutuvat, niin robotti voisi olla yhdestä kiinnityspisteestä käsin valjastettuna kahdesta kolmeen työpisteeseen. Kaikki työskentelypisteet olisi tarkoitus saada sellaiseksi, että niissä voidaan suorittaa työstöjä myös manuaalisesti ilman robottia, esimerkiksi liikuttamalla se väliaikaisesti pois tieltä, toiseen työpisteeseen.

Yhtenä turvallisuuteen suoraan vaikuttavana tekijänä on mietitty työstön suorittamista toisesta näkökulmasta. Robotilla suoritettavat työstöt on normaalisti suunniteltu toteutettavaksi siten, että robotti liikuttaa työstölaitetta, kuten esimerkiksi jyrsinkonetta ja kappale on kiinteästi paikoillaan. Erialaisten tarttujien määrä on näin ollen riippuvainen käytettyjen toimilaitteiden toimintaperiaatteesta ja määrästä.

Toisesta näkökulmasta tarkasteltuna voitaisiin käyttää vain yhtä ja samaa tarttujaa, jolla erilaiset työstettävät kappaleet saadaan kiinni robottiin. Tässä tapauksessa varsinainen työstölaite olisi koko ajan kiinteästi paikoillaan ja robotti liikuttaisikin työstettävää kappaletta. Näin ollen saavutettaisiin työturvallisuuden kannalta merkittävää hyötyä, kun esimerkiksi liikkuvaa teräpäätä ei tarvitsisi liikutella lainkaan.

Kaikkien edellä mainittujen varotoimien lisäksi on opetusteknisesti hyvin tärkeää huomioida käyttäjien lähtötaso, jonka vuoksi käyttöluva täytyy tulla aina työn valvojan tai opettajan kautta. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi valvotulla laitekohtaisella virransyötön luvalla tai käynnistysavaimen luovutuksella. Laitekohtaista rutiinitasoa hankittaessa tulisi toiminnan olla myös valvottua ja näin ollen robottia ei saisi opetteluaiheessa käyttää lainkaan yksin.

Koska robotin käyttäjäkunta tulee oppilaitoksessa olemaan enemmän tai vähemmän hampuileva ja kokeileva, niin turvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden tulee olla prioriteetti listalla ykkösenä. Näin ollen kaikkia edellä mainittuja turvallisuuteen liittyviä keinoja tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää varmentamaan toinen toisiaan.

Toimilaitteet ja tarttujat: Puusepänalan näkökulmasta robotilla tullaan toden näköisesti käyttämään pääsääntöisesti sähköisiä ja pneumaattisia toimilaitteita. Robotin tulee näin ollen olla varustettu siten, että tarvittava sähkö ja paineilma voidaan johtaa toimilaitteelle, joko laitteen rungon sisällä tai siten, ettei mahdollisista johdotuksista ym. ole haittaa toiminnalle tai käyttäjille. Lisäksi toiminnan kannalta on tärkeää, että paineilmatoimisen tarttujan voimakkuutta voidaan säätää robotin ohjauksesta tai vaihtoehtoisesti mahdollisesti käytettävän väylän kautta.

Tavanomaisissa työstöissä tarttujien määrä tulisi pyrkiä minimoimaan siten, että toimilaitteen, kuten esimerkiksi jyrsimen kiinnitysmahdollisuus siihen olisi mahdollisimman monipuolinen. Näin ollen mahdollisessa rikkoutumistilanteessa toimilaitte olisi helposti korvattavissa vaihtamalla se uuteen, tarttujaa kokonaan uusimatta.

Toisenlaista työstötapaa käytettäessä voitaisiin robotilla liikutella jyrsimen sijasta työstettävää kappaletta. Tällaisissa tapauksissa voitaisiin käyttää kappaleiden kiinnitykseen aina samaa, juuri tähän tarkoitukseen valmistettua kiinnikettä. Puunsorvauksessa kappaleiden kiinnittämiseen käytetään mm. pyöreää, sisäreunastaan viistettyä rengaslaippaa, jolla mahdollistetaan kiinnitys nelileukaistukkaan. Tätä kiinnitystapaa tulisi modifioida siten, että laippa olisi neliön muotoinen, jolloin kappaleen asemointi robotin tarttujaan saataisiin paikoitettua tarkasti.



Kuva 39. Puusorvissa käytettäviä nelileukaistukoita ja työstettäviin kappaleisiin ruuvattavia kiinnityslaippoja (kuva: JIJ 2017)

Huolto ja varaosat: Laitteiden tekninen toimivuus on yrittäjille elinehto. Erilaisista koneista, laitteista ja niiden toimintavarmuudesta saadaan yleensä arvokasta tietoa oman kokemuksen lisäksi myös ns. ”viidakkorummun” välityksellä. Robotin hankinnassa tästä tietolähteestä ei ole tällä hetkellä juurikaan apua. Tekniikka alalla on uutta ja käyttäjäkunta vielä vähäinen. Valintaa ei helpota sekään, että robotin valmistajia on nykyään jo suuri määrä ja yhdellä valmistajalla saattaa olla jopa kymmeniä robotteja halutussa kategoriassa.

Koska kyseessä on lisäksi erittäin tekninen ja monipuolinen ala, niin laitteiden toimintakyky ja varaosien saatavuus tulee aina turvata. Vanha fraasi: ”koneita tulee huoltaa, ettei tarte korjata” pitää yhä edelleen paikkansa. Tämä siitäkin syystä, että kuuluisa Murphyn laki astuu voimaan yleensä juuri silloin kun siitä on yritykselle eniten haittaa. Läheskään kaikilla yrityksillä ei ole resursseja pitää omaa huoltohenkilöstöä. Yrittäjän on monessa tapauksessa itse toimittava laitekannan huoltajana, jotta työ voi jatkua normaalisti. Puusepäntekniikan koneiden ja laitteiden kirjo on todella laaja. Vanhoja ja toiminnassa hyväksi havaittuja laitteita pystytään kuitenkin ylläpitämään kohtalaisen hyvin.

Joskus laitteet tosin saattavat rikkoutua niin että omat keinot eivät auta. Tähän auttaa osaltaan alakohtainen verkostoituminen, joka haastattelujen perusteella toimii käsitykseni mukaan täällä Pirkanmaalla hyvin. Jos ei jopa erinomaisesti. Valitettavasti sekään ei auta tällä hetkellä robottien kanssa. Koska kyseessä on uusi tekniikka, niin kenellekään ei ole ehtinyt kertyä kokemuseräistä osaamista huoltojen kannalta. Tässäkin kohtaa pioneerina toimivat yrittäjät joutuvat valitettavasti olemaan ns. myyjien armoilla. Tähän tilanteeseen ei myöskään auta se, että kyselyjen perusteella robottien myyjilläkään ei ole alakohtaista kokemusta, varsinkaan puun työstämiseen liittyen. Tarvittavien referenssi kohteiden puuttuessa on huollon ja varaosien kannalta syytä luottaa tunnetuimpien robotti valmistajien tarjoamaan laatuun.

Toimitussisältö: Kokonaisinvestoinnin hintaan vaikuttaa oleellisesti toimitussisällön kattavuus. Pelkällä robotilla ei käytännön tasolla voida tehdä vielä juurikaan mitään. Koska robotin oletetaan jatkossa suoriutuvan jyrisyntöistä, niin kattavaan toimitukseen tulee sisällyttää ainakin seuraavia kohtia:

- robotti ja ohjausyksikkö
- asennus (asemointi ja vähintään työkalunvaihto-ohjelma)
- käyttöönottokoulutus
- simulointiohjelma (opiskelijoille maksuton)
- tarttuja/t (jyrsimelle ja kappaleen käsittelylle)
- takuu

lisäksi optioina:

- ensimmäiset huollot (huoltosopimus)
- liitettävyyys työstökoneeseen ja ATK laitteistoon (tiedonsiirto väylä)

7.2.1 Sovelluksen saavutettavat hyödyt

Investointilaskelmiin nojautuen robotiikan kiistattomasti suurin hyöty saavutetaan nopean kappaletavaran käsittelykyvyn avulla, varsinkin jos laitetta voidaan käyttää tuotannossa koko ajan. Tällä tavoin saavutettavaa tehokkuutta ei voida erikoispuusepänteollisuudessa kuitenkaan sellaisenaan hyödyntää, koska sen tuotteet ja komponentit eivät ole massatuotannollisesti valmistettavia. Alakohtaisia hyötyjä voidaan kuitenkin saavuttaa käyttämällä robottisovelluksia tuotannon puolella.

Robottia ei ole tiukasti sidottu mihinkään tiettyyn työskentelytasoon, kuten CNC työstökoneita. Robotille voidaan tarvittaessa määrittää useita samanaikaisesti käytettäviä tasoja ohjelmoinnin avulla. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi siten, että yhdellä robotilla voidaan työstää joko perinteisen ajattelun mukaisesti pöytätasolla tai jopa seinällä. Puusepänalalla erittäin monien tuotteiden valmistuksessa toistuu samankaltaiset työstövaiheet. Työstöt olisi mahdollista ohjelmoida esimerkiksi siten, että tuolin- ja pöydän jalkojen sekä erilaisten kehysrakenteiden liitoskoneistukset voitaisiin toteuttaa yhdessä ja samassa, vaikkapa juurikin seinälle tehdyssä jigissä. Näin meneteltynä olisi mahdollista hyödyntää robotiikan avulla saavutettua nopeutta ja työstöjen samankaltaisuutta.

Tehokkuutta olisi mahdollista lisätä esimerkiksi asettamalla robotti lähelle huoneen kulmaa, jolloin sille voisi määritellä työpisteen molemmilta seiniltä. Kun käyttäjäkohtainen turvallisuus on kunnossa, niin tuotantoa ei tarvitse välttämättä pysäyttää työpisteen lataamisen ajaksi ja samalla arvokasta lattiapintaa säästyisi enemmän muuhun tuotantoon. Tämän lisäksi robotin työympäristössä olevat pöydät voidaan määrittää vastaamaan CNC-työstökoneen pöytiä, joissa erilaiset kappaleet voidaan kiinnittää ja työstää haluttuihin muotoihin. Lisäksi työpisteeseen voidaan kiinnittää erillinen laite, joka asemoidaan väliaikaisesti robotin käyttöön. Tällainen laite voi olla esimerkiksi liikuteltavaan pöytään kiinnitetty sorvi tai muu tuotantolaite, jolloin robotin hyödyntäminen kasvaa entisestään.

Jokaisessa puusepänanalan yrityksessä valmiita tuotteita ja niiden komponentteja joudutaan hiomaan paljon. Jos hiontaa voidaan toteuttaa robotin avulla, niin säästöjä syntyy ajankäytön ja esimerkiksi hiomatarvikkeiden kustannusten muodossa. Varsinkin tasomaisia kappaleita tuottavassa yrityksessä voidaan robotti ohjelmoida hiomaan tehokkaasti esimerkiksi siten, että turhat ja päällekkäiset liikkeet jäävät pois. Tämän ohella voidaan samalla vaikuttaa merkittävästi työturvallisuuteen, sillä ihmisen ei näin ollen tarvitse olla samassa pölyisessä tilassa suoritettavan työn aikana.

7.3 Robotisoinnin kannattavuus ja kustannukset

Robotisoinnin kannattavuus tulee selvittää kustannus- ja investointilaskelmilla. Robotin ylläpitokustannukset voidaan jakaa kiinteisiin kuluihin, joita syntyy robottisolun ylläpitoon vaadittavien henkilöiden palkoista ja koulutuksesta. Näiden lisäksi robottisolusta koituu ylläpitokustannuksia, riippumatta järjestelmän käyttömäärästä. Muuttuvat kulut puolestaan riippuvat robotin käyttömäärästä ja järjestelmällisen huollon määrä on samalla suoraan verrannollinen käyttötuntien määrään.

Kulujen ohella on kuitenkin ajateltava myös robotisoinnilla saavutettuja hyötyjä. Suurimmat hyödyt saavutetaan tehokkaampana tuotantona ja henkilöstökustannuksien pienentymisinä. Uuden tekniikan avulla saattaa olla mahdollista parantaa tuotteiden laatua ja sitä kautta vaikuttaa huonosta laadusta aiheutuneiden kustannusten pienentymiseen. Työvoimakustannusten jatkuvasti noustessa on robotisoinnista tullut varsin kannattava investointikohde.

Tällä hetkellä puusepänanalan jyrisyntöstöihin kykenevien robottien kokonaiskustannukset ovat lähtökohtaisesti noin 20 000:stä eurosta ylöspäin. Esimerkkinä Tampereen ammatti-korkeakoulun robotiikan laboratorioon viimeksi hankittu Universal Robotsin UR 10, jonka kustannus oli noin 25 000€ ilman työkaluja (Siivonen Jere: TAMK).

Kyseinen robotti saattaisi ominaisuuksiensa mukaan soveltua myös jyrisyntöstöön ja saattaisi näin ollen olla varteen otettava vaihtoehto myös osastomme käyttöön.

Kustannuksia saattaa lisätä myös robottisoluun tehtävät sähkön-, paineilmasyöttöjen ja valaistuksen asennukset sekä esimerkiksi lattioiden vaatimat muutostyöt. Robotilla varustetun automaattiosolun kustannuksista lähes puolet koostuu itse robotista ja sen käyttöön tarvittavista oheislaitteista. Haastattelujen ja aiempien kokemusten mukaan investoinneissa kolmannes kustannuksista koostuu suunnitteluun, laitteiden asennuksiin ja ohjelmointiin käytetystä työstä. Loput kustannuksista kertyy pääosin laitteiston käyttöön-otosta, huolloista ja käyttäjien koulutuksista.

Kustannusten kannalta ei voida sivuuttaa myöskään sitä tosi asiaa, että ensimmäisen käyttövuoden aikana kustannuksia syntyy myös laitteiden vauriokustannuksista, jotka tosin pienentyvät käyttäjäkunnan rutiini tason noustessa. Oppilaitosmaailmassa näitä edellisen kaltaisia kustannuksia saattaa tulla toistuvasti koska uusia opiskelijoita koulutetaan joka vuosi.

Yrity maailmassa tuotantopuolen robotit ovat nykyään erittäin tärkeässä asemassa, koska niiden avulla on mahdollista saavuttaa entistä parempaa kilpailukykyä. Kalliilta tuotantoinvestoinnilta vaaditaan käyttöä myös ihmisen levätessä, eli iltaisin, viikonloppuisin ja jopa öiseen aikaan. Teollisuuden näkökulmasta robottisolun katsotaankin olevan kannattava vain jos se toimii kolmivuorotyössä. Oletusarvoisesti sillä saavutettaisiin näin ollen mahdollisimman paljon tuotannollista etua kilpailijoihin nähden.

Tämän tasoisen tuotantolaitteiston investoinneilta vaaditaan nopeaa takaisinmaksuaikaa. Jotta robottisolua voitaisiin pitää järkevänä ja kannattavana investointina, niin sen takaisinmaksuaika tulisi saada noin kahteen vuoteen. Mitä nopeammin rahat investoinnista palautuvat yrityksen käyttöön, niin sitä parempi ja tehokkaampi investointi on kyseessä.

Tässä kohtaa vertailua puusepänanalan jyrksintyöstöihin pitää välttää, sillä teollisuudessa robotit toimivat pääsääntöisesti kappaletavaran käsittelyssä. Erikoispuusepänalalla käytävillä roboteilla tuleekin todennäköisesti suuntautua enemmän massatuotteista poiketen erikoistekniikoihin ja niiden toteuttamiseen erilaisten automaatiosovellusten keinoin.

7.3.1 Investoinnin takaisinmaksuaika

Osa puusepänanalan kone ja laite kauppiaista on ottanut robotit mukaan tuotevalikoimaansa. Yleisesti ottaen heidän perustelunsa robotiikan investoinneille on nopeat takaisinmaksuajat, jotka perustuvat pääosin ihmisen ja robotin tuntipalkan vertaamiseen.

Kahdessa valtakunnallisessa puualan messutapahtumassa suoritetun kyselyn mukaan robotin tuntihinnan keskiarvoksi muodostuu noin kolme euroa, vaihteluvälin ollessa reilusta yhdestä eurosta noin viiteen euroon. Selkeää perustelua kyseiselle hinnan muodostukselle ei lyhyissä haastatteluissa tuntunut juurikaan löytyvän.

Tosiasia on kuitenkin se, että robotti ei pysty toimimaan täysin omatoimisesti. Jos vertailuna käytetään vain ja ainoastaan tuntipalkasta laskettua etu, niin takaisinmaksuajat saadaan mahtumaan yleisesti ilmoitettuun alle kolmen vuoden aikaväliin. Yrityksen joka päätyy investoimaan robottiin, joutuu joko irrottamaan henkilön muista tehtävistä, tai palkkaamaan lisätyövoimaa hoitamaan robotin tarpeita. Ensimmäiset vuodet ovat kaikkien uusien laitteiden ja tekniikoiden kanssa perehtymisen ja opettelun aikaa ja sinä aikana robottikin vaatii henkilöstöltä normaali käyttöön verrattuna huomattavasti enemmän läsnäoloa.

Edellisten perusteella on laadittu karkea esimerkkilaskelma robottisovelluksen investoinnista, jonka kokonaishankinta hinta on 30 000€ Laskelmassa verrataan vain ihmisen ja robotin keskinäisen tuntipalkan erotusta. Tuntipalkkana laskelmassa on käytetty puusepänteollisuuden työehtosopimuksen mukaista keskiarvopalkkaa, sekä edellä mainittua kolmen euron tuntihintaa robotille. Alla olevissa laskuesimerkeissä käytetty lainan korko on 4 % ja se on laskettu maksettavaksi takaisinmaksuajan aikana.

Esimerkki 1. Vertailuna ihmisen ja robotin tuntihinta. Laskelman mukaan robotin takaisinmaksuaika asettuu noin 1,7 vuoden kohdalle.

Robotin hankintahinta: 30 000,00 €	vertailuna: tuntihinta			
	€/h	€/kk	1. vuosi	1,7 vuotta
PST TES 1.2.2017-31.1.2018 mukaan ka. robotti	12,24 €	1 958,50 €	23 502,00 €	38 778,30 €
	3,00 €	480,00 €	5 760,00 €	9 504,00 €
	erotus ka. Palkasta		17 742,00 €	30 161,40 €

Esimerkki 2. Edellisessä laskelmassa ei ole huomioitu investoinnin rahoittamista lainalla. Kyseisen summan hankkiminen tämän hetkisen korkotason mukaan toisi kolmelle vuodelle jaettuna noin 700€kuukausittaisen lisäkustannuksen. Näin ollen takaisinmaksuaika pitenisi lähes kaksinkertaiseksi, eli noin 3,2 vuoteen.

Robotin hankintahinta lainalla: 30 000,00 €	vertailuna: tuntihinta ja laina			
(+ lainanhoito: 680,00€kk)				
	€/h	€/kk	1. vuosi	3,2 vuotta
PST TES 1.2.2017-31.1.2018 mukaan ka. robotti	12,24 €	1 958,50 €	23 502,00 €	74 031,30 €
	3,00 €	1 160,00 €	13 920,00 €	43 848,00 €
	erotus ka. Palkasta		9 582,00 €	30 183,30 €

Esimerkki 3. Robotti ei voi toimia koko työaikaan täysin itsenäisesti. Näin ollen edellisten esimerkkien lisäksi on laadittu laskelma, jossa ihminen työskentelee robotin kanssa kaksi tuntia yhden työpäivän (8h) aikana. Robotin tuntipalkkaan on lisätty neljäsosa ihmisen tuntipalkasta. Tässä tapauksessa kuukausittainen lisäkustannus olisi noin 550€ ja takaisinmaksuaika tuplaantuu edelliseen esimerkkiin verrattuna. Tässä tapauksessa takaisinmaksuajaksi muodostuisi noin 5,7 vuotta.

Robotin hankintahinta:	30 000,00 €	tuntihinta + ihminen 1/4 päivän työajasta, lainalla		
	(+ lainanhoito: 552,00€ kk)			
ihminen 1/4 ajasta robotin kanssa:	6,06 € /h			
	11 635,50 € /vuosi			
	€/h	€/kk	1. vuosi	5,7 vuotta
PST TES 1.2.2017-31.1.2018 mukaan ka.	12,24 €	1 958,50 €	23 502,00 €	133 961,40 €
robotti + 1/4 ihminen	6,06 €	969,63 €	11 635,50 €	66 322,35 €
laina /kk		552,00 €	6 624,00 €	37 756,80 €
		erotus ka. Palkasta	5 242,50 €	29 882,25 €

Tässä esitetyt laskelmat ovat investoinnin kannalta vain suuntaa antavia. Robottisovelluksen kustannuksia laskiessa tuleekin ottaa huomioon monia muuttujia. Yleinen palkkataso ja lainojen korot muuttuvat vallitsevien suhdanteiden mukaan, eikä yritys voi niihin käytännössä paljoakaan vaikuttaa. Robottisolun hintaan taas voi vaikuttaa monellakin tapaa. Robotti tulisikin hankkia työkohteeseen ja toimintaan oikein mitoitettuna, jolloin yrityksen ei tarvitse maksaa turhasta. Robotti voidaan hankkia yritykselle joko omaksi tai siitä voidaan tehdä leasing sopimus laitetoimittajan kanssa. Robottihanke voidaan myös jakaa esimerkiksi osuuksiin toisten yritysten kanssa. Leasing ja osuussopimukset pudottanevat alussa investoinnin kustannuksia, mutta saattavat pidemmän päälle muodostua kalliimmiksi vaihtoehdoiksi.

Kuten edellä jo todettiin, niin robotti vaatii henkilöstöä toimiakseen. Uusi tekniikka tarvitsee ohjelmisto-, käyttö- huolto-osaamista ja näin ollen robotti investointi vaatii vähintään työresurssien uudelleen suuntausta tai jopa lisähenkilöstön rekrytointia. Pienissä yrityksissä tämä on aina isompi askel suuriin yrityksiin verrattuna, sillä henkilöstön siirto tehtävistä toisiin ei välttämättä ole edes mahdollista ja lisärekrytointi vaatii todennäköisesti liikevaihdon kasvattamista.

Robottisolun tekniset käyttökustannukset muodostuvat pääosin sen tarvitsemasta sähköstä, paineilmasta, huolloista ja mahdollisista korjauksista. Kun tarkastellaan muutamia 6kg käsittelyyn kykeneviä robotteja, niin niiden laitekohtaiset sähkötehot ovat 350 Wattista noin 1000 Wattiin. Tämän kokoluokan sähkönkulutus ei ole vuositasolla merkittävä muihin laitteisiin verrattuna, varsinkin kun tarkoituksena on hankkia vain yksi robotti. Oletusarvoisesti puusepänanalan yritys käyttää toiminnassaan jo valmiiksi paineilmaa, joten sekään ei ole laskennallisesti merkittävä kustannustekijä. Huollot ja mahdolliset korjaukset on syytä budjetoida tulevaisuuden varalle ja ottaa huomioon käyttökustannuksia laskettaessa.

7.4 Robotin elinkaari

Yritysten kannalta robotin elinkaaren aikaiset investoinnit ja kustannukset on pyrittävä pitämään kohtuullisina. Uutta robottia hankittaessa voidaan sen elinkaaren katsoa toteutuvan seuraavasti:

Suunnittelun (vuosi ennen käyttöönottoa) ja käyttöönoton (1 vuosi) aikana, määritellään koneen/laitteen ja siihen kuuluvien oheislaitteistojen kunnossapidon ja varaosien saataavuus. Tämän lisäksi tulee laatia kunnossapito suunnitelma, sekä varmistaa mahdolliset ohjelmapäivitykset jatkoa ajatellen. Varsinaisen käyttöönoton aikana tulee selvittää kaikki mahdolliset häiriöt, jotta toimittajalta voidaan vaatia niiden korjausta sovitussa ajassa.

Oppimisjaksolla (1 - 2 vuotta) on hyödynnettävä laitteen käytöstä hankittua tietoa, jotta voidaan tehdä parannuksia, jos niille on tarvetta. Tavoitteena on kustannusten alentaminen ennakoimalla mahdolliset vauriot.

Tuottojaksolla (3 - 10 vuotta) robotin ja oheislaitteiston elinkaari saavuttaa oletettua puoliväliä. Ennakoimattomat laite- ja konerikot eivät ole enää tässä vaiheessa sallittuja. Laitteistojen käytettävyydestä tavoite on tällä aikavälillä pyrittävä pitämään mahdollisimman korkealla.

Päättymisjaksolla (10 - 15 vuotta) laitteistojen käytettävyyks muodostuu tärkeimmäksi tavoitteeksi. Kustannusten taso on pyrittävä pitämään mahdollisimman alhaisella tasolla. Yrityksessä on valmistauduttava robotin ja sen oheislaitteistojen elinkaaren päättymiseen, joko valmistelemalla uusia investointeja tai miettimällä jonkin korvaavan menetelmän käyttöönottoa.

7.5 Robotin hankinta

Yritysmailmassa uusien robottisovellusten keskimääräistä takaisinmaksuaikaa voidaan pitää yleisesti ottaen erittäin tyydyttävänä tuloksena, koska korkotasomme on tällä hetkellä varsin matalalla. Robotti-investointien päällimmäiset syyt ovat vuodesta toiseen pysyneet ennallaan. Tuotannon joustavuuden edellytykset ja tuotteiden laadun kohottaminen ovat olleet korostetusti esillä viime vuosien kilpailuissa, varsinkin Kaukoidän tuotantoa vastaan.

Kymmenen robotisoinnin motivaatiotekijää Juhani Lempiäisen mukaan:

(metallitekniikka 10/16)

1. Tuotannon käyttökulujen pienentyminen, muun muassa investoinnin korkokulujen laskun ansiosta.
2. Tuotantoon sidotun pääoman käytön tehostuminen muun muassa työstökoneiden palvelussa.
3. Lopputuotteiden laadun kohottaminen ja säilyttäminen vakiona.
4. Työntekijöiden työolosuhteiden parantuminen.
5. Tuotantomäärien lisääminen tuotejoustavuuden lisääntyessä.
6. Joustavan tuotannon edellytysten parantaminen tuotteiden elinkaarten lyhentyessä.
7. Tuotantomateriaalin käytön tehostaminen ja saannon parantuminen.
8. Tilankäytön tehostuminen ihminen-roboti yhteistyön ansiosta.
9. Laitteiden koon pieneminen, tarkkuus, työalueiden laajentuminen, käsittelykyvyn paraneminen.
10. Uusien ohjelmien tuottaminen robotille opettamalla.

Robotin hankinta oppilaitokseen ja pääsääntöisesti opetuskäyttöön ei anna mahdollisuutta perustella investointia lyhyelläkään takaisinmaksuajalla. Perusteluna onkin uuden teknologian käyttöönotto, jotta oppilaitoksella olisi mahdollisuus sitä kautta vastata alan yritysten rekrytointivaatimuksiin ja opiskelijoiden robotiikka valmiuksien nostamiseen ja kehittämiseen. Uuden teknologian käyttöönotto lisää samalla oppilaitoksen vetovoimaa ja on siis sitä kautta ennen kaikkea sijoittamista tulevaisuuteen.

Syy siihen, miksi puualan investointeja suunniteltaessa robotiikka jää yleensä pois hankelistalta, tuntuu olevan selvä. Suurimmalla osalla haastateltavista on entuudestaan kokemusta CNC-tekniikan kustannuksista ja referenssikohteista, joissa kyseisiin laitteisiin voi tutustua. Robotiikan kohdalla onkin sitten päinvastoin. Osa haastateltavista oli jossain vaiheessa kyllä miettinyt robotiikkaa vaihtoehtona CNC:lle, mutta sitä ei mielletty sille millään tavalla vakavaksi vaihtoehdoksi. Tähän syytä kysyttäessä oli yleisin epäily robotin saavuttamasta tarkkuudesta ja työstönopeudesta.

CNC-tekniikan etuihin voidaankin tässä kohtaa lukea tunnettuus. Robotiikan osalta näin ei siis ainakaan vielä ole. Tässä kohtaa tarvittaisiinkin niitä pioneerimaisia yrittäjiä, jotka lähtisivät mukaan kyseisen tekniikan käyttöönottoon ensimmäisten joukossa. Osaltaan vaikuttavat varmasti myös puualalla toimivat kone- ja laitekauppiat, joilla ei vielä näyttäisi olevan kovin paljoa tarjottavaa. Robotteja myyvät tahot ovat yleensä samalla myös laitteen valmistajia. Muutamilla valmistajilla näyttäisi kyllä olevan omat edustajansa, mutta heilläkään ei näyttäisi vielä olevan tarpeeksi kattavaa alakohtaista konseptia.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön eri vaiheet ovat vahvistaneet entisestään käsitystä robotiikan avulla toteutettujen töstöjen soveltuvuudesta puusepänalalle. Haastattelututkimuksen mukaan käsitys on ollut myös puualan parissa työskentelevillä ammattilaisilla. Vaikka perustason robotiikka onkin automaatiotekniikan kannalta jo sinällään vanhaa teknologiaa, niin uusi käyttäjäkunta ja varsinkin puumateriaalin työstäminen tulee varmasti avaamaan monia uusia mahdollisuuksia lähitulevaisuudessa.

Opinnäytetyöhön on kerätty tietoa ja näkemyksiä uutta alaa opiskelevilta oppilailta, puu- ja automaatioalan opettajilta, robotteja myyviltä yrityksiltä sekä puualalla pitkään toimineilta huippu tekijöiltä. Läpikäydyistä haastatteluista sekä robotiikkaan liittyvien tietojen keräämisestä on saatu paljon alakohtaista ja kohdennettua kokemusta robotilla toteutettaviin jyritystöisiin. Toivottavasti täten hankittua kokemusta voidaan hyödyntää jatkossa TREDU:n automaatio koulutuksessa sekä erilaisissa robotiikan sovelluksissa.

Yrityksien kanssa tehty yhteistyö on ollut antoisaa ja se on auttanut määrittämään robotiikkakoulutukseen tarvittavaa tasoa ja laajuutta. Tämän opinnäytetyön avulla pyritään kehittämään oppimisympäristöön soveltuvia toimintoja automaatio opintoja tukeviksi kokonaisuuksiksi. Jatkossa tarkoituksena on tutkia uusia menetelmiä ja soveltaa robotiikan osaamista ja siihen liittyviä työstötekniikoita.

Nyt tehdyn tutkimuksen mukaan voidaan todeta, että robotti ei välttämättä ole kokonaisvaltainen ratkaisu kaikkien puusepänanalan tuotteiden ja yritysten kannalta. Opinnäytetyön laatimiseksi tehdyn haastattelututkimuksen ohella oli tarkoitus selvittää miten robotilla voisi suoriutua puusepänanalan jyritystöistä. Siihen tarkoitukseen robotti osoittautui soveltuvan tietyin reunaehdoin erinomaisesti. Vastaaviin menetelmiin verrattuna on voitu näyttää toteen, että robotilla saavutetaan monissa töstöissä täysin samat ajalliset, määrälliset ja laadullisetkin vaatimukset, esimerkiksi CNC laitteisiin verrattuna. Levyteollisuudessa paljon käytettyihin porauksiin ja urasahauksiin sitä ei välttämättä kuitenkaan kannata käyttää. Tavanomainen CNC-työstökeskus on tässä kohtaa laadullisesti parempi, varsinkin jos kriteereinä pidetään nopeuden ja tarkkuuden toteuttamista isoilla pinnoilla.

CNC-työstökeskus pystyy muuttumattomaan tarkkuuteen koko toiminta-alueellaan, koska pääasiassa vain kolme akselia liikkuu kyseisen työstön aikana. Robotti tarvitsee liikkueensa kaikkia niveliään saavuttaakseen alueensa äärirajat, jolloin mittatarkkuus heikkenee. Nopeus puolestaan toteutuu pääasiassa siten, että niin sanotut monikaraporaukset voidaan CNC työstökeskuksissa toteuttaa yhdellä ja samalla kertaa liikuttamalla monta terää samanaikaisesti. Jälkikäteen voitaneenkin todeta, että vaikka robotti ei sinällään korvaisikaan yrityksessä kokonaista CNC-työstökeskusta, niin huonekalupuu-sepän kannalta se asettuu kuitenkin sangen tukevasti perinteisten ala- ja yläjyrsimien, sekä CNC työstökoneen välimaastoon.

Laitetoimittajille tehtyjen haastattelujen perusteella robotti investointien takaisinmaksu-aikoihin tulee tässä opinnäytetyössä olevien esimerkkilaskelmien mukaan suhtautua vähintäänkin epäilevästi. Jotta robottisolu olisi erikoispuusepänanalan yrityksessä vartenotettava investointikohde, niin sen tulisi olla suuruudeltaan noin 15 000€ Näin ollen lainarahalla tehty hankinta voitaisiin saada kuoletettua hieman alle neljän vuoden maksuajalla, vaikkakin se vaatisi samalla yhden osapäiväisen henkilön robottisolua hoitamaan.

Opinnäytetyössä esitetyt laskelmat eivät huomioineet mitenkään tuottavuuden mahdollista kasvua ja sen vaikuttavuutta investoinnin takaisinmaksu-aikaan. Suurten yritysten robottisovelluksien avulla saavutettu hyöty perustuu pääasiassa robotiikalla tehtyihin kappaletavarakäsittelyjen suureen nopeuteen ja sitä kautta myös määrään. Näin ollen niissä tehtävät robotiikkaan liittyvät investoinnit ovat helpommin hallittavissa ja kuoletettavissa. Erikoispuusepänanalan yrityksissä sarjatyön osuus on kuitenkin pieni, jopa olematon. Tavanomainen sarjatyö puusepäanliikkeessä on yleensä esimerkiksi tuolien valmistus, jossa yleensä tuotetaan vain neljästä kahdeksaan kappaletta samanlaisia tuoleja. Näin ollen robotin nopeudesta ei voitaisi hyötyä samalla tavalla kuin pelkkää kappaletavara-automaatiota hyödyntävissä yrityksissä. Robotiikan avulla saavutettavat edut tulisikin erikoispuusepäntyössä pyrkiä saavuttamaan sen monipuolisten työstömahdollisuuksien muodossa.

Haastattelujen perusteella monet puusepäntalan yritykset ottaisivat uuden teknologian innostuneesti vastaan. Tämän perusteella voisi robottisovelluksia koskevissa investointihankkeissa olettaa olevan myyjien markkinat. Nykyinen taloudellinen tilanne ja sen vaikutukset kaikkeen liiketoimintaan on saanut kuitenkin monet yrittäjät varovaisiksi uusien investointien suhteen. Robottiikan sovellusten avulla saavutettavissa olevat edut kuitenkin houkuttaisivat kokeilemaan uutta ja se puoltaa robotti hankintojen suuntaan. Monet alan yrittäjät odottavatkin nyt että löytyisi ensimmäinen rohkea tien raivaaja tällä saralla. Tampereen seudun ammattiopisto voisi osaltaan olla nyt ja jatkossa tämä puuttuva lenkki, jotta robotiikkaa ja sen alakohtaisia sovelluksia saataisiin tuotua tutuksi myös talousalueellamme toimiville huonekalupuusepille.

Lähitulevaisuudessa tullaan tutkimaan robottityöstöjä käytännön tasolla ja kartoittamaan sillä saavutettavia hyötyjä alalla. Nykyaikaisella robottisolulla ja yrityksiensä kanssa suoritettavilla työharjoitteluilla on mahdollista vaikuttaa myös alakohtaiseen opiskelija rekrytointiimme samalla, kun toimitaan yhteistyöyrityksiensä sekä heidän valmistamiensa tuotteiden hyväksi.

Jatkossa on tarkoitus aloittaa yhteydenotot laitetoimittajien kanssa ja ryhtyä vertailemaan eri robottimerkkien soveltuvuuksia TREDU:n ja yhteistyöyritysten toimintaa silmällä pitäen. Haastattelujen perusteella näyttää, että monet eri robottivalmistajien edustajat ovat erittäin kiinnostuneita olemaan mukana seuraavaksi otettavissa askeleissa, joissa saataan avata aivan uusia uria robottityöstöjen saralla. Tämä siitäkin syystä, että erikoispuusepäntalalla ja sen eri sektoreilla on monia yrittäjiä, joilla varmasti riittänee tarvittavaa mielenkiintoa robotiikkaa kohtaan nyt ja tulevaisuudessa.

Robotin hankinta yritykseen ei tule olemaan helppo ja yksinkertainen prosessi. Investointisuunnitelmassa on osattava määrittää optimaaliset ominaisuudet, joiden olisi vastattava tuotannon tilanteeseen nyt ja mielellään mahdollisten muutosten mukaan myös tulevaisuudessa. Investointisuunnitelmia tehdessä auttaa yleensä aiempi kokemus vastaavasta tekniikasta ja sen käytöstä. Erikoispuusepäntalalla ei vielä tällä hetkellä ole riittävästi robotiikka sovellusten referenssi kohteita, joten myöskään tämän kaltaista kokemusta ei ole vielä saatavilla tarpeeksi.

Erilaisten robottisovellusten välistä tarkastelua voidaan toki tehdä puhtaasti teknisten argumenttien valossa, mutta alakohtaisten käyttökokemusten puuttuessa täytyy luottaa pääosin laitteistojen myyjiin. Yksityiskohtaisia ja varsinkin jyrksintyöstöihin kohdennettuja vastauksia ei kuitenkaan tunnu olevan tällä hetkellä saatavilla. Työstövoimia koskeva kysely lähetettiin sähköpostitse kuuteen robotteja ja niiden sovelluksia myyvään yritykseen. kolmen viikon aikana sain vain yhden vastauksen, joka sisälsi kiittauksen vastaan otetusta kyselystä ja toteamuksen, ettei kuuden kilon käsittelykykyyn kykenevä robotti toden näköisesti riitä puun jrsintään. Mielestäni vastausten määrä, eikä tässä tapauksessa myöskään sisältö vastaa robotiikkaa myyvien yritysten osaamiseen, josta he kertovat messuosastoillaan ja nettisivuillaan. Toisaalta tämä vain vahvistaa entisestään sitä ajatusta, että robotiikan käyttö jrsintätyöstöihin puualalla on vasta ottamassa ensiaskeliaan. Koska kokemukseräiseen perustuvaa tutkimustietoa ei ole kaikilta osin saatavilla, niin robotin valintaan saattaa päästä vaikuttamaan myös epäoleelliset investointikriteerit.

Työn yhteydessä käytyjen keskustelujen mukaan, esimerkit ja kokemukset robottiavusteisesta jrsintyöskentelystä ovat pitkälti metalli ja muovitekniikan puolelta. Näissä tapauksissa esimerkit eivät ole kokonaisuudessaan hyödynnettävissä puuntyöstöön, vaan niitä voidaan hyödyntää vain suuntaa antavasti. Jrsittävinä materiaaleina esim. metallille ja muoville on työstön kannalta yhteistä vain niiden tasalaatuisuus.

Työstö- ja kierrosnopeuksia tarkastellessa kyseisistä materiaaleista on hyötyä lähinnä tasalaatuisten levyateriaalien työstöön puusepäälalla. Puu on kuitenkin hygroskooppinen ja epähomogeeninen materiaali ja näin ollen se aiheuttaa erikoisvaatimuksia erilaisille työstöille. Kaikille massiivipuumateriaaleille on työstettävyyden kannalta yhteistä syy rakenne, joka koostuu kevat ja kesäpuusta. Tämä korostuu erityisesti meidän alalamme paljon käytetyn männyn kohdalla, jossa kyseisten kerrosten eroavaisuus on merkittävä. Tästä syystä jrsintyöstöissä mm. kappaleeseen tulo, poistuminen ja syöttösuunnat pitää olla tarkoin määritettyjä. Jos näin ei ole menetelty, niin kappale saattaa esim. lohjeta tai lähteä kiinnityksistään irti kesken työstön.

Myös puulajien ominaisuudet eroavat suuresti toisistaan, puhumattakaan niiden syyrakenteiden eroavaisuuksista. Puuta työstettäessä tulee aina huomioida em. lisäksi syiden suunta. Tämä vaikuttaa erittäin paljon laadulliseen lopputulokseen. Työstön jälkeen pinnanlaadun tulisi olla mahdollisuuksien mukaan esim. liitoksiin kelpaava tai vastaavasti mahdollisimman valmis viimeistelyyn ja pintakäsittelyyn.



*Kuva 40. Robotilla esijyrsittyjä koristeveistokappaleita odottamassa veistäjää.
(kuva: JIJ 2017)*

LÄHTEET

Suulliset:

Ampuja Samu	Tmi. Samu Ampuja, Lumilaudat
Hellsten Matti	Opettaja, Yamk automaatioteknologia
Häkkinen Toni	Lehtori, Yamk automaatioteknologia
Jokinen Matti	Puuseppämestari, Puutekniikan insinööri
Matti Hänninen	Kraa Kraa Eyewear, puiset silmälasinkehykset
Nuutti Juha	Puuseppämestari, Jussin ruusupuu, Intarsia
Pentinlehto Ismo	Puuseppämestari, Yamk automaatioteknologia, Vuoden 2016 Käsityöestari
Petri Jaakkonen	Korpi-instruments, soittinrakennus
Pyykkö Elja	Puuseppämestari, Elm Wood
Rajala Mika	Puuseppämestari, Laudesepät
Siivonen Jere	Lehtori, DI koneautomaatio
Sumujärvi Matti	Lehtori, DI automaatioteknologia
Tingander Eetu	Puuseppämestari, MestariPuuseppä Tingander
Vartola Lauri	Puuseppämestari, PSL Lauri poika

Sähköiset ja kirjallisuus:

Mastercam 2017. luettu 1.6.2017

<http://mastercam.fi/>

TREDU 2015. Puualan opetussuunnitelma. luettu 10.1.2016

http://inter16.tampere.fi/tredu/material/koulutukset/opintosuunnitelmat/B79uJIyfy/Puualan_perustutkinto_2015.pdf

Kauppalehti 2017. Ottavatko koneet vallan. luettu 14.2.2017 <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/ottavatko-koneet-vallan-tutkija-varoittaa-robotisaation-riskista/MLrfnN3R>

Gartner 2017. Robottiautojen turvallisuus. luettu 24.8.2017

<https://www.gartner.com/newsroom/id/3790963>

Elon Musk 2017. Tappajarobottien kieltäminen. luettu 20.8.2017 <https://www.theguardian.com/technology/2017/aug/20/elon-musk-killer-robots-experts-outright-ban-lethal-autonomous-weapons-war>

Lempiäinen Juhani 2016. Koneenrakentajat investoivat robotteihin. Metalliteknikka 10/2016, 34-36. luettu 16.1.2017

Asimov, Isaac 1950. "Runaround". I, Robot (hardcover) (The Isaac Asimov Collectioned.). ISBN 0-385-42304-7. luettu 16.1.2017

Chaline Eric 2013. 50 konetta, jotka muuttivat maailmaa. Suom. Veli-Pekka Ketola. alkuteos 50 Machines that Changed the Course of History Quid Publishing, 2012. Moreeni, 2013. ISBN 978-952-254-160-4, 171-173 luettu 16.1.2017

Waseda university nd. Wabotin historia. luettu 16.1.2017

<http://www.humanoid.waseda.ac.jp/history.html>

Robotichistory nd. PUMA. luettu 16.1.2017

<http://robotichistory.indiana.edu/content/vic-scheinman>

KUKA 2017. KUKA robottien historia. luettu 16.1.2017

<https://www.kuka.com/en-de/about-kuka/history>

LVM 2016. kansainvälinenrobotiikkaselvitys. luettu 19.2.2017

<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/64953/Julkaisuja%205-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BOFIT 2016. viikkokatsaus. luettu 19.2.2017

https://www.bofit.fi/fi/seuranta/viikkokatsaus/2016/vw201628_6/

LAMK 2016. Automaatiotekniikka/luennot/robotiikka yleinen sivu 3. luettu 3.5.2017

http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf

Metallitekniikka lehti 2016. 10-11/16

Koneenrakentajat investoivat robotteihin. Metallitekniikka
10/2016, 34-36. luettu 16.1.2017

ZenRobotics 2015. Tekniikka ja talous. 25.8.2015. luettu 19.2.2017

<http://www.tekniikkatalous.fi/tpaiva/zen-robotics-taytti-tilauskirjansa-3329224>

http://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/taytti-tilauskirjan-koko-loppuvuodeksi-zen-robotics-toimittaa-useita-jatteenlajittelujarjestelmia-japaniin-3329226

VTT 2016. pikaohjaus. luettu 19.2.2017 <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-n-roboti-innovaatio-automatisoi-lyhyet-tuotantosarjat>

Rocla nd. Automaattitrukit. luettu 12.4.2017 <http://www.rocla.com/fi/lehdisto/uutiset/roclan-automaattitrukit-ovat-puurtaneet-tauotta-jo-30-vuoden-ajan>

LAMK 2016. Robotiikka. luettu 3.5.2017

http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf

Malm Timo 2008. VTT / Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus luettu 26.6.2017

www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/MalmRobTurv.pdf

Timo Koukkari 2016. Collaborative robotics. luettu 10.7.2017

<http://www.theseus.fi/handle/10024/130259>

OEM 2017. köysiratapysäyttimet. luettu 15.7.2017

<http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/Koysihatapysayttimet/823563.html>

OEM 2017. turvamatot. luettu 15.7.2017

<http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/Turvamatot/Turvamatot/823790.htm>

OEM 2017. valoverhot. luettu 15.7.2017

<http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/531097.html>

http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/Optiset_turvalaitteet/Yleista_optisista_turvalaitteista/Selection_Guide_and_General_Information/823665-573876.html

OEM 2017. turvalaserscannerit. luettu 15.7.2017

<http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/Turvalaserscannerit/2348393.html>

TUKES 2017. ATEX opas. luettu 3.5.2017

https://tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf

Kuvat:	1 – 9, 13, 30, 34-36, 37, 39, 40	Jukka I Jussila
10	http://www.je-nettiverstas.fi/media/catalog/product/cache/2/image/512x512/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/k/1/kein_malline_jyrsintera_ylapuolinen_laakeri_01.jpg	
11	https://www.makita.com.au/images/products/powertools/platform/corded-power-tools/routers-trimmers/rt0700cx/rt0700cx-002.jpg	
12	http://www.je-nettiverstas.fi/media/catalog/product/cache/2/image/512x512/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/2/5/257334.JPG	
14	http://startrekparodies.com/wp-content/uploads/2012/04/TERMINATOR.jpg	
15 ja 16	International Federation of Robotics 2016	
17	Jukka I Jussila / mukailtu: Metallitekniikka 2016 / 10	
18	International Federation of Robotics 2016	
19	Jukka I Jussila / mukailtu: Metallitekniikka 2016 / 10	
20	Fastems Tampere	
21	http://www.motioncontrol.co.za/articles/Motion%20Control%20in%20SA/134Q20.jpg	
22	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eixos.jpg	
23	https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiW50Wk9ejVAhUHSJoKHQZcB-SUQFggsMAE&url=http%3A%2F%2Fmini-web.lpt.fi%2Ftutkimus%2Fdiplyo%2FRobotinA-dapOhjaus.pdf&usq=AFQjCNFyJvwLSSox7_RRbm_bIsHMFadzDg	

- 24 <http://www.alphrtechnology.co.uk/images/imgcontent/omron-robotics.jpg>
- 25 https://www.eurobots.net/media/diagram/det_42_introduction.jpg
- 26 <http://robotiu.com/assets/img/robot/fanuc/M-2iA.jpg>
- 27 <http://www.autocarpro.in/IMG/752/8752/email-part4you4052-699x380.jpg?1423750312>
- 28 <https://www.safetysupplywarehouse.com/v/vspfiles/photos/20432-2.jpg>
- 29 http://blog.ibd.com/wp-content/uploads/2013/01/sciam_special-robotics-hadshake-300x178.jpg
- 31 <http://www.t-sensor.co.jp/en/products/mat/img01.gif>
- 32 [http://www.sks.fi/wwwtuoteet/0/D9D7B074D98D68F8C2257BDE0032958C/\\$FILE/haake-hsb.jpg](http://www.sks.fi/wwwtuoteet/0/D9D7B074D98D68F8C2257BDE0032958C/$FILE/haake-hsb.jpg)
- 33 <http://media.oem.se/Archive/ProductImages/images/bigimg/89259.jpg>
- 36 <http://www.directindustry.fr/prod/fiessler-elektronik/product-14485-485574.html>
- 37 <http://image.thefabricator.com/a/articles/photos/946/fig3.gif>
- 38 http://media.oem.se/aut/oem_aut/oem_aut_fi/news/products_news/hokuyo_turvalaserskanneri_vyohyke.jpg

LIITTEET

Liite 1. Kyselykaavake yrityksille

1(2)

YAMK, Automaatioteknologian koulutusohjelma päiväys: _____,_____,2016
 Robotiikan käyttöönoton tarvekartoituskaavake
 Näyttötyö: Robotiikan soveltuvuus erikoispuusepäälän pientuoteteollisuuteen.
 Opetusympäristön kartoitus, 2. asteen koulutuksen huonekalupusepäälällä

Yritys: nimi: _____
 sijainti: _____
 henkilöstö: _____
 yhtiömuoto: _____
 toimintavuodet: _____
 toimitilojen koko: _____
 pääasialliset tuotteet: _____

Jyrsintätyöstöjen osuus (%)

kaikista työstöistä
 0 50 100
 x _____ x

koko tuotannosta
 0 50 100
 x _____ x

jyrsintätyöstöissä pääasiallisesti käytettävä...

tarkkuus: _____
 terätkoko: _____
 materiaali: _____
 terätyyppi: _____
 jyrsintyyppi: _____
 työstösyvyys: _____

Tuotteen kannalta merkityksellisimmät jyrsintätyöstöt ja niiden toteutusmahdollisuus robotiikan avulla yrityksessänne. (arvio toteutuksesta: ei / todnäk. / kyllä, perusteluineen)

1. _____

2. _____

3. _____

Robotiikan käyttöönoton edellytykset yrityksessä

Atk-laitteisto:	tietokone sisäinen verkko ulkoinen verkko CAD/CAM ohjelmisto	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 30px; height: 40px;"> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> </table>							
ATK osaaminen yleisellä tasolla:	välttävä kohtalainen hyvä x _____ x								
aiempi kokemus CAD/CAM ohjelmista:	välttävä kohtalainen hyvä x _____ x								
aiempi kokemus CNC:stä/robotiikasta:	välttävä kohtalainen hyvä x _____ x								
aiemman kokemuksen luonne yrityksessä:	CAD suunnittelu 2D CAD suunnittelu 3D CAM suunnittelu CNC ohjelmointi CNC työstö Robotiikka ohjelmointi Robotti työstö	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 30px; height: 60px;"> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> <tr><td style="width: 100%; height: 100%;"></td></tr> </table>							
CNC:n/robotin hankinta vuosi:	_____								

ErikoisPUUsepänanalan näkökulmasta...**Odotukset, edellytykset, ajatukset ja toiveet robotiikan osalta teidän yrityksessänne.**

Minkälaisiin tehtäviin robotti laitettaisiin teidän yrityksessänne?

Ja mitä asioita painottaisitte robotiikka koulutuksessa?)

Liite 2. Kyselykaavake puualan opiskelijoille

1(2)

YAMK / Automaatioteknologia

Tampereella 23.11.1016

Jukka Jussila: opetusympäristön kartoitus 2. asteen koulutukseen, huonekalupuusepän alalla
(opiskelijan näkökulma)

Nimi: _____ (ei pakollinen)

luokka:

Kirjaa alla oleviin kysymyksiin omakohtaisia kokemuksiasi, robotiikan sovellusten käytöstä.
(omalla tai tuntemallasi ammattialalla)

Oletko nähnyt teollisuusrobotin työskentelevän ”livenä”?

Kyllä / ei

Oletko ollut tekemisissä robottisovellusten kanssa?

Kyllä / ei

Oletko tehnyt/laatinut/opettanut ohjelmakoodia robottisovelluksille

Kyllä / ei

Jos tiedät, niin kirjaa tähän robottimerkkejä: _____

Jos vastasit aiemmin kysymyksiin kyllä, niin kerro lisää kokemuksestasi

Missä yhteydessä olet nähnyt teollisuusrobotin työskentelevän?

Miten olet ollut tekemisissä robottisovellusten kanssa?

Missä yhteydessä olet tehnyt/laatinut/opettanut ohjelmakoodia robottisovelluksille?

Liite 2. Kyselykaavake puualan opiskelijoille

2(2)

Minkälaiseksi koet omasta mielestäsi robotiikan hyötykäytön huonekalupuusepän alalla...

(minkälaiseen työskentelyyn robottia voidaan mielestäsi hyödyntää)

nykyään:

tulevaisuudessa:

Mitkä ovat mielestäsi robotiikan sovellusten käytöllä saavutetut edut?

...entä haitat?

Mitä sinun tulisi tietää ammattialasi robotiikan sovelluksista? (mitä pitäisi oppia)

Liite 3. Kyselykaavake robotiikan opettajille

Robotiikan opetuksesta

- kenelle robotiikkaa opetetaan tällä osastolla?
- onko robotiikka sisällöltään automaatioon vai työstöön suuntautunutta?
- minkälaisia robotteja koulutuskäytössä on?
- onko käytössä simulointi-ohjelmia ja kuinka ne vastaavat käytäntöä?
- missä koulutuksen vaiheessa/vaiheissa robotiikkaa opetetaan?
- miten koulutuksessa otetaan huomioon kentän vaatimukset?
- tehdäänkö kentän kanssa alaan liittyvää yhteistyötä ja jos, niin minkälaista?
- minkälainen on opintojen laajuus/sisältö koulutuksen aikana? (esim. perusteet, syventävä, jatkokoulutus, tai jotain spesiaalia?...) ja mitä näissä sisällöissä tulee pääpiirteittäin osata?
- minkä kokoisia opetusryhmät ovat tällä hetkellä ja ovatko ne opetuksen kannalta sopivia?
- jos tarvetta, niin miten muokkaisit robotiikan opetusta?
- kuinka työturvallisuus on hoidettu koulutuksen aikana?

Haastateltavana: Hellsten Matti (uusinta)

Tampereella 2.11.2016

Paikkana Tredun Hepolamminkadun yksikön B-rakennuksessa oleva automaatioyksikkö

JJ: toinen otto...

Kenelle robotiikkaa opetetaan tällä osastolla?

MH: lähetään tosta ensimmäisestä kysymyksestä eli kenelle robotiikkaa opetetaan tällä osastolla? periaatteessa se kuuluu siis kaikille... tai kaikkiin tutkintoihin mitä koneosastolla on tai tarjotaan... pääpaino on siinä kakkos ja kolmos vuodella ja mitä se käytäntö on osottanu ni kyllä se melkeen tällä automaatiolla on suurin toi konelukiolaiset... ketkä sitä eniten käyttää... onhan tuolla koneistamossa ja hitsaamossa robotti, mutta tiä mikä se käyttöaste sitten on...

Onko robotiikka sisällöltään automaatioon vai työstöön suuntautunutta?

MH: No kappaletavara-automaatioon se on pääosin suuntautunutta, mutta jos sitten miettii hitsausrobotia ni onko se sitten sitä työstöä...

Minkälaisia robotteja koulutuskäytössä on?

MH: no minkälaisia robotteja löytyy ni... nivelvarsirobotteja ja sähköpuolella on yks kararobotti... en kyllä tiä onko se tällä hetkellä siellä käytössä...

Missä koulutuksen vaiheessa/vaiheissa robotiikkaa opetetaan?

MH: jaa... missäs me mentiin... ne on ne kakkos ja kolmosluokat... JJ: niin sehän jo tossa tulikin... MH: ja meillä se tällä pajalla ei välttämättä o opsissa... just siihen jaksoon kirjotettu, mutta meillä niinku noi robotit on koko ajan käytössä... elikkä kun ne on vapaana ni opiskelijat tekeen sen vaikka varsinaista robotiikan kurssia... sitten kun on se robotiikan kurssi, niin osa on jo tehnyt robottihommat ja tekee sitten jotain muuta... kun meillä ei o kaikille sitä robotia antaa samanaikaisesti ni joudutaan kiärrättään näitä...

Onko käytössä simulointi-ohjelmia ja kuinka ne vastaavat käytäntöä?

MH: Simulointiohjelmia löytyy... löytyy mitsulle ja ABBlle ja fanucilleki... ne vastaavat erittäin hyvin käytäntöön... mutta sitten kun miettii näitä meidän opiskelijoita... ni kun ne menee työelämään ni kyä ne enemmänkin on siellä niinku operaattorina... elikä vastaa siitä esim. työstösolusta tai robottisolusta elikkä jos sinne tulee vika ni ne osaa hakea sen vian sieltä ja poistaa sen vian ja laittaa takasin niinku... sen tota... kuntoon sen solun ja aloittaa työskentelyn... ja toki sitten joku automaatioasentaja voi käydä asentamassa robotin ja... ja ja... pistää sen käyttökuntoon ja tietysti operaattori voi jonkunlaisia ohjelman muutoksia tehdä mutta kyähän se käytännössä menee sillain että siä on joku... ainakin isommissa firmoissa... siä on joku automaatio suunnittelija erikseen joka tekee ohjelmat ja sitten toisen asteen kaveri käy asentajan ominaisuudessa asentamassa ja ottaa sen käyttöön ja kattoo että homma pelittää... JJ: niinku meillä taas toisaalta se simulointi on aika oleellinen senkin takia että nährään tuleeko siitä sinnepäinkään ennen kuin lyödään oikeet palikat siihen... MH: Joo... kyllä siis samahan se tietysti noissakin aattelee että noita ohjelmia tehdään... oishan se hyvä simuloida, mutta... ja osittain tehdäänkin sitä simulaatioo että sillähän saadaan niinku suuremmat määrät samanaikaisesti opiskeleen... sitte ku meillä on kuitenkin kohtuu hyvä tilanne roboteissa ni usempi tekee robotiharjoituksia ja osa tekee simulointia tai jotain ihan muuta...

Miten koulutuksessa otetaan huomioon kentän vaatimukset?

MH: Kentän vaatimukset ni... no ehkä se näkemys että mitä ne meidän opiskelijat on päässyt tekeen ni kyllähän ne tiätysti työssäoppimisen yhteydessä keskustellaan ja erilaisen yhteistyöprojektien tiimoilta on tullut että minkälaisia tarpeita... esimerkiksi tua AGCO:lla linnavuoreessa niin he tarttis sellasia koneistajia jotka osaa myös robotiikkaa ja että ne osaa laittaa sen koneistussolun toimintakuntoon tai poistaa mahdollisen vikatilän... JJ: minkäslaiset suhteet teillä on sinne, kun olen kuullut että siellä näkis tätä robotiikkaa eri kulmalla... siellä mennään kuulemma aika lujaa robotiikan saralla?... MH: Sehän on varmaan niinku maailmanlaajuisestikin yks korkeetasoimmista jos aatellaan dieselmoottoreiden kokoomista...

Tehdäänkö kentän kanssa alaan liittyvää yhteistyötä ja jos, niin minkälaista?

MH: työssäoppiminen kyllä, mutta ei varsinaisesti oikein muuta... JJ: ei siis mitään räätälöityä erikoislinjaa tai muuta?... ollaan ehkä vähän väärällä asteella... MH: kyllähän toinomainen kehityshomma on aika poissuljettua... ehkä jotkut koulutukset mikä ettei, mutta ne on enemmän ton aikuskoulutuksen heiniä...

Minkälainen on opintojen laajuus/sisältö koulutuksen aikana? (esim. perusteet, syventävä, jatkokoulutus, tai jotain spesiaalia?...) ja mitä näissä sisällöissä tulee pääpiirteittäin osata?

MH: Opintojen laajuus... osaamispisteissä taitaa olla 2... ainakin automaatioasentajalla... 2 tai 3... mut sitten taas muut kurssit esimerkiksi automaatiojärjestelmät ni siellä taas haetaan semmosta osaamista että me liitetään se robotti johonkin osaksi jotakin so-lua... ja niinku tossa aikasemmin mainitsin ni kyllähän pyritään siihen että koko ajan opetus olis käynnissä koska jos sitten tehtäis pelkästään sen aikaa kun on se robotiikan kurssi, niin ei roboja riitä kaikille samaan aikaan...

Minkä kokoisia opetusryhmät ovat tällä hetkellä ja ovatko ne opetuksen kannalta sopivia?

MH: meillä on maksimissaan se kaksikytä... ja kun se tällain hoidetaan ni kaksikytä pystyy tekeen noilla... osa pystyy oleen siinä vähän pitempään ja tekeen vaikeempia juttuja... välillä sitten kehitellään ja laitetaan systeemiin oikeesti paljon tavaraa ympärille ja kato-taan saadaanko toimiin...

Jos tarvetta, niin miten muokkaisit robotiikan opetusta?

MH: tästä on selvitystä tehty, että onko tää hyvä systeemi kun meillä on koneistamossa robotti ja hitsaamossa erikseen vai keskitetäänkö me nää kaikki robotit yhteen paikkaan... kyllähän siinä puolensa on että yks tämmönen... jos aattelis koneistamoo niin siä se vois... tai sen pitäis olla osa sitä normaalia koulutusta... välillä joku ryhmä on CNC koneella ja sitten kun ne saa sen valmiiks ja sitten siä onkin robotti vapaana, niin vois käydä tekeen ne robotin harjoitukset... Jos ne taas keskitetään, niin siitä tilasta täytyy varata sitten aikaa ja sitten on pakko mennä esimerkiks siihen robotille ja kaikki tekee... sitten seuraavana päivänä ollaankin taas koneistamossa... JJ: opetuksen kannalta toi on ongelmallinen jos esimerkiks ryhmästä puuttuu porukkaa niin joutuu soveltaan ja varaan tilaa useempaan kertaan... vai käykö teillä kaikki opiskelijat niin kuin kello?... MH: No... heh heh... mitä veikkaat?... mutta se just että siinä olis kyllä etunsa... ja sitten vois tehdä semmosia kursseja joissa käytäis vain vaikka se robotiikka... nykypäivänä mennään tähän tiimiopettajuuteen ja tää nykyinen opsi on semmosta että periaatteessa voit käydä sen silloin kun huvittaa jos hommat vaan tulee tehtyä... niin sitten jos meillä on semmoinen tila johon täytyy varata aikaa niin näkisin että siinä on joitakin ongelmia... sitten taas jos meillä on se robotiikka tila esim. automaation yhteydessä... niin se ei tuota ongelmia automaatioon opetukseen koska ollaan koko ajan siellä tilassa... sitten taas joku koneistaja... niin ne joutuu tuleen sinne ja miten se käytännössä sitten... onko siinä semmonen että... esim. minä oon siellä automaatio tilassa ryhmän kanssa ja opiskelija tulee kysymään mahdollisuutta tulla robotille vai miten se menee?... JJ: vaatii aika paljon soveltamista että saa sen homman toimiin... ja tuollaisessa tapauksessa molemmissa tiloissa ei välttämättä ole aina opettaja paikallakaan samaan aikaan...

Kuinka työturvallisuus on hoidettu koulutuksen aikana?

MH: Robotti solujen työturvallisuushan on määritelty standardissa... me ollaan toteutettu se niin että me ollaan otettu se automaattiajon avain pois tosta ohjaimesta... JJ: niin ei voi tehdä mitään jollei ole käsi kiinni siinä ohjaimessa? MH: niin... käyttäjä on silloin vastuussa ettei kukaan mene väliin ja itte pysyy pois... silloin nopeus on maksimissaan sen 250mm/sekunnissa... sillain me ollaan se hoidettu... nyt kun me tehdään se muutto tonne C- rakennukseen, niin ajatuksena olis rakentaa semmoinen direktiivit täyttävä solu... siellä vois sitten näyttää että se kolme metriä sekunnissa on robotilla aika haipakkaa...

Lopuksi vielä nopeudesta...

JJ: Ittekin ollu tekemisissä... mä olin silloin 90 luvun alussa mukana, kun kaks Fanuccia ruokki 5 akseli Heiania siä Seinäjoella... et pääsi tutustumaan siihen oikeeseen työstönopeuteen mutta en tiedä sitten onko nopeudet muuttunut vai näkeekö nykyään vaan hitaammin vai mitä, mutta Häkkinen kun laitto sen niitten sen valumallinvalmistajien Fanucin päälle ja mentiin lasin toiselle puolelle ja totes että katos Jussila... ei meinannu terää nähdä... kyllä vauhti on julmettu... MH: joo se on... oisko se tossa ABBllä 8 metriä sekunnissa... JJ: se on jo aika haipakkaa!... meillä kun puhutaan normityöstönopeuksista puulle, niin mennään luokkaa kolme – neljä metriä minuutissa... ja jos mennään kolme metriä sekunnissa niin se on meillä työstöpöytä päästä päähän sekunnissa... siinä vaan ei pysy enää palikat kiinni... MH: niin... ja missä tommosia nopeuksia oikeesti käytetään niin ainoastaan siinä kun se tarttuja on tyhjä ja se menee hakemaan sitä kappaletta...

Haastateltavana: Sumujärvi Matti

Tampereella 26.10.2016

Paikkana Tredun Hepolamminkadun yksikön C-rakennus

Kenelle robotiikkaa opetetaan tällä osastolla?

JJ: niin... robotiikan opetuksesta... justiin kohdennetaan tätä että kun meillä tää käytännössä tulee varmaan osaks kaikkien opetusta, mutta onks täällä sitten niinku tietyillä osastoilla joku tämmönen kenelle sitä kohdennetaan?... MS: Mähän opetan siis pelkästään aikuiskoulutuksessa... niin siis se voi olla osana... se voi olla koneistajilla... osa sitä tutkintoa... hitsareilla... sitten se on meillä niillä jotka suorittaa perustutkintoa niin niillä se on... ja kuuluu robotiikka siihen automaatio kokonaisuuteen ja automaatio tekniikkaan, mutta se on siellä pieni osa ja se on kappaleen käsittelyä... robotti ei automaatio järjestelmissä ole yksinään erillinen, vaan se on kokonaisuus automaatio verkkoo tai siis kenttäväylää kummasta haluaa puhuakin... useemmin se nykyään on ethernet... JJ: aivan joo... onko tää ethernet koululla yleisesti käytössä? MS: kyllä se... mä en tiä... sanotaan että roboteissa on se varustus... en o nuorisopuolelta osaa sanoo kun en o käyny niitä läpi... mutta teollisuudessa... ja varsinkin liittämässä muihin järjestelmiin se on ethernet... ja sittenhän siihen liittyy useesti se konenäkö joka on siä yhtenä osana...

Onko robotiikka sisällöltään automaatioon vai työstöön suuntautunutta?

MS: Mun tapauksessa useemmiten se on valtaosa kappaleen käsittelyä mutta sitten on tietenkin toi hitsaus... JJ: siis sekä että... meillähän se ajatusmaailma on pääsääntöisesti tällä hetkellä sen CNCn käyttämisessä, mutta tokihan jos meillä se robotti on, niin otetaan se automaatio itessään siihen kuvioon mukaan... kyllähän se tätä päivää on... käsi kädessähän nää menee molemmat asiat... MS: joo kyllä...

Minkälaisia robotteja koulutuskäytössä on?

MS: Sitten noi meitin robotithan on Mitsubishin robotteja millä on kaksi kiloa on se millä ne pystyy koko liikealueellaan maksiminopeudellaan liikutteleen että se tarkkuus säilyy... sitten on saman kokoinen ABBn robotti... ja sitten on kuuden kilon Fanucci... JJ: tuntuu nää Fanucit olevan aina vähän isompia... MS: joo... mutta on niitä pienempiäkin, mutta nää meidän käytössä on näitä isompia niinku tossa koneistamossa... JJ: kerroit että ysisssä (Hepolamminkatu 9) on joku robotti?... MS: Se on Motomanin robotti... se on irti... et se ei o ruuvattu lattiaan kiinni... se on ollut valimossa painevalukoneessa annostelijana... se on muistaakseni annostellu sulaa alumiinia... vai oliko se messinkiä... ja on se ollut painevalukonneellakin avaamassa muottia...

Onko käytössä simulointi-ohjelmia ja kuinka ne vastaavat käytäntöä?

MS: Simulointi ohjelmia on... kaikkiin... ABBhen pystyy myöskin luomaan sen 3D ympäristön... Mitsubishiin ei pysty tekemään... sillä pystyy kyllä simuloimaan noi liikkeet, muttei pysty sijoittamaan sitä 3D layouttiin... JJ: tää onkin nyt hyvä meidän kannalta kun ruvetaan miettimään että mikä robotti tulis kyseeseen... meille olis aika oleellista että siihen sais sitten mukaan kaikki nää törmäystarkastelut ja kaikki muut... MS: Mitsubishiltäkin kyllä löytyy se, mutta se maksaa... se on vaan rahakysymys...

Missä koulutuksen vaiheessa/vaiheissa robotiikkaa opetetaan?

MS: Meillä se on... ensimmäisen kerranhan nää törmää niin kuin aikuisetkin jotka näitten kanssa touhuaa niin jos ne suorittaa perustutkintoa... niin siinä vaiheessa ne törmää siihen robotiikkaan automaatiotekniikassa... ja sitä kautta se tulee vähäsen tutuksi... sitten se riippuu mitä ne valitsee... eli onko työstökoneistajasta kysymys vai hitsarista... äkkiä se menee niin että jos se on työstötekniikkaa, niin se on valjastettu sinne työstösorville tai koneelle... jos kyseessä on hitsari, niin ne tekee sillä hitsaus näytön eli tekevät oikein näyttötyön ja joutuvat sillä oikeasti hitsaamaan... siinä vaiheessa täytyy tietenkin hallita jo ne kaikki robotin liikkeet eli osaa liikeradat ohjelmoida siihen ja robotihitsaus ohjelmassahan on sitten kaikki erilaiset railonseuranta vaihtoehdot jotka liittyvät siihen ohjausjärjestelmään... robotti jossa on hitsaus ohjelmisto niin siinä on sitten jonkunlainen

railon seuranta ohjelma tehtynä... tossa noilla... muistaakseni... siinä ei o mitään... me ollaan tehty ihan sillain että se on opetettu... siinä ei o varsinaista railon seuranta ohjelmistoa vaan sillä hitsataan suoraan pisteestä A pisteeseen B... vois tietenkkin olla... JJ: Meillä oli tuolla Yamkissa kurssi tosta konenäöstä ja sen yhteydessä näin videon tuosta railon seurannasta hitsauksesta... MS: joo.. se voi olla se konenäkö tai sitten se tutkii sitä hitsauksessa käytettyä virtaa ja osaa sen mukaan tarvittaessa korjata rataa... JJ: joo joo... eli ei välttämättä tarte olla sitä konenäköäkään... MS: juu ei.. se on monessa tapauksessa varma tapa seurata sitä muuttuvaa hitsausvirtaa... konenäössä on aina omat haasteensa valojen, häiriötekijöiden ym. suhteen...

Miten koulutuksessa otetaan huomioon kentän vaatimukset?

MS: noi kentän vaatimukset niin... noi opiskelijathan tulee meille aikuiskoulutukseen tietyistä firmoista oppisopimuksella tekeen opintojaan ja jos niillä on firmassa esim. jokin tietyn merkkinen robotti, niin meillä on valmius vastata samalla merkillä siihen koulutuksessa... JJ: joo... no se meillä just on oikeestaan hankaluutena kun kellään ei vielä o... ja kukaan ei ole vielä naimisissa minkään koneen kanssa ni me mennään aika yleisellä tasolla... MS: siihen vois robotin maahantuojat saada äkkiä mukaan... että nyt puualalla aletaan päästä eteenpäin ja että mites te nyt panostatte tähän... JJ: kyllä kyllä... sitten pitää sua vaan ruveta vaivaan tän asian kanssa... sulla on kuitenkin paljon pitempi kokemus...

Tehdäänkö kentän kanssa alaan liittyvää yhteistyötä ja jos, niin minkälaista?

MS: Esim. meillähän oli pitkään Perloksen kanssa yhteistyötä... meillä oli täällä oikein nimettynä Perlos luokkakin... (puhelin soi) Sori... mä vastaan tähän... moi... mä oon viä töissä... no kyllä kohtapuoleen... joo... mä soitan sulle... joo... joo... moi... joo... niin se ensimmäinen robotti tuli meille sillain ettei se maksanu käytännössä mitään... JJ: puualalta on turha haaveilla semmosta firmaa mistä moinen onnistuis... MS: se oli kato sitä aikaa... nykyään ei varmaan mistään enää sais moista... se oli oikein kuumaa... buumia oikein... JJ: ne tietty haisto että teiltä oli tulossa sitä kautta opiskelijoita sinne heille töihin... MS: niin olikin... se nimettiin Perlosluokaksikin... heidän tarpeisiin... siellähän oli sitten työharjottelutkin... siihenhän se perustukin... JJ: silloinhan se oli oikein kohdennettua... MS: se oli kohdennettua... sittenhän siinä rupes oleen sivujuttuja... muitakin hankkeita siihen suuntaan... alettiin tutkimaan ettei tämmöstä voi tehdä kukaan kun se vääristää kilpailua kun täsmä koulutetaan... JJ: niin no joo... kyllä... äkkiä tulee kun aatellaan että hieno idea ja näin pois päin... sitten kun homma rupee pyöriin niin aina löytyy joku joka itkee siitä asiasta... MS: sitten tuli tämmönen hankkeiden minimi sääntö ettei vääristetä kilpailua...

Minkälainen on opintojen laajuus/sisältö koulutuksen aikana? (esim. perusteet, syventävä, jatkokoulutus, tai jotain spesiaalia?...) ja mitä näissä sisällöissä tulee pääpiirteittäin osata?

MS: Näähän on nää niinku tutkinnon laajuus... nää on niinku tavallaan... se on osana... se ei o mikään tutkinnon osa... se on niinku osana siellä... kun meillä aikuispuolella ei o laajuus vaan siellä on vaan se mitä pitää osata... JJ: niin tavallaan niinku vaan näytöt MS: niin... ei mitään sillain viikkoja ei o siihen... mutta mitä näissä pitää osata on perusteet sille robotille että sen saa liikkuun... se pitää osata ottaa käyttöön... pitää osata syöttää valmis ohjelma ja ottaa se käyttöön... ja sitten tota pitää osata ne ihan ne perus liikekomennot ja siihen se päättyy käytännössä... että näissä ei semmosia hienouksia kuten miten se saadaan asettamaan joku ettei kappale törmää... vaikka sorvin pakkaan laitetaan kappale sillain hennosti ettei se runntaa sitä sinne... niin ne on tai menee siten semmoselle alueelle...

Minkä kokoisia opetusryhmät ovat tällä hetkellä ja ovatko ne opetuksen kannalta sopivia?

MS: no minkä kokoset opetusryhmät... niin meillä on oikeestaan noi pienimmät on varmaan ollu 2 ja isommat on ollut... mitä mulla nyt tossa robotiikassa on ollu niin 12... mut sit niitä on hajautettu sillain että ne on kiertänyt eri roboteilla ja tehny... työnjohto koulutuksessakin niillä oli robotiikkaa ja olikohan niitäkin 12... ei siinä robotin ympärillä voi montaa olla mun mielestä... tietysti kun on simulointi ohjelma niin voi harjoitella... sillä pystyy yllä sitten testaan ajoa käytännössä... meidän opetusryhmät on tosiaan pieniä et tällä hetkellä mulla ei o yhtään semmosta oppilasta jolla olis se robotiikka menossa... keväällä vasta... tammikuusta tulee semmosia automaatiotekniikkaan että sivutaan robotiikkaa... ne on kone ja metallitekniikan suorittajia...

Kuinka työturvallisuus on hoidettu koulutuksen aikana?

JJ: joo... noita kun oon miettiny tonne meille niin on ollu mielessä turvamatto, lanka tai joku valoverho... ja niinku säkin heitit alkuun siitä laserscannerista niin se on ittellekin uutta juttua... ja just se kosketuksesta pysähtyvä tai hidastuva.. MS: joo... toi työturvallisuus... niin se on se turvanopeus... sillähän me ajetaan 250mm sekunnissa... se on rajattu siihen että sitä ei pysty ylittään... Paitsi noissa hitsaushommissa ajetaan kyllä sitten oikeilla nopeuksilla... mut silloin kun sitä ohjelmoidaan niin se on se turvanopeus... JJ: löytyykö sulta siitä laserscannerista jotain linkkiä tai jotain semmosta mistä löytyis lisää tietoo niin saan jossain vaiheessa laitettua nippuun noista turvahommista... MS: joo... löytyy... mulla vaan on ne toisella koneella... niinku se ohjelmakin jossa on se kuinka se määritellään... JJ: joo ja jos tulee vielä jotain niin mä laitan sulle sähköpostia ja kyselen sitten lisempää... MS: meillähän on jossain se laserscanneri... onkohan se missään kiinni... täytyy kysästä... meillähän on joskus taitajakisoissa ollut se muutama vuosi siten käytössä... se oli tehtävänä määritellä ja liittää se siihen robotin turvapiiriin siten että jos joku tulee siihen alueelle niin robotti pudottaa nopeuden ja jos tulee vielä lähemmäs niin se pysähtyy kokonaan... JJ: toi onkin hyvä jos esimerkiks joku vaan heilahtaa työalueella, niin se ei heti lopeta työstö... ku meilläkin on välillä semmosia teriä että mennään siellä puun sisällä ja se terä nyt vaan ei sais pysähtyä kesken kaiken...

Jos tarvetta, niin miten muokkaisit robotiikan opetusta?

MS: Toi robotiikan opetus niin se nyt on... jos siihen nyt jotain niin miten sitä haluais muokata niin se on vaan niin että laitteita pitäis olla... se on oikeesta se... JJ: niin että saatas sitä konkreettista tekemistä... MS: niin... sitä nimenomaan lisää... siinä tulee silloin ne kaikki käytännön ongelmat... väistämiset, törmäykset ja tämmöset näin... se on se juttu... sit siihen liittyy oleellisesti se ympäristö ja se turvajuttu...

MS: Peruskouluissakin on nyt tullu sinne opetus suunnitelmiin tää tekniikka mukaan ja oon itse asiassa helppimässä yhtä peruskoulun luokkaa ton robotin kanssa... meillä on tämän pienen pieni rakenneltava robotti... se ei o mikään legorobotti vaan mun mielestä paljon fiksumpi kuin legorobotti... niin tota... siinä on tää ohjelmointi tapa mutta C kielellä... meen huomennakin... siä on niitä tuota 12 ja yks robotti mut siinä on simulointi ohjelma myöskin niin osa voi simuloida... se on ihan hauskaa... ne on yllättävän nopeesti ne oppii pikkutenavat... siinä on yhtenä ajatuksena kun niillä on se tietotekniikka ja digitaalitekniikka ja tämmöset niin... ne tekee c kielellä... kun ne edistyy niin ne voi c kielellä tekemään... käynnistää moottoria ja miten se niinku menee... JJ: missä hintaluokassa tommonen kone menee?... se on kuitenkin puhtaasti tommoseen harjoitteluun eikä mikään työstörobotti... MS: joo se on semmonen ihan pieni laite... se on tota joku tuhannen kakssataa... JJ: niin että se on kuitenkin aika pieni hinta jos siellä on ne kymmenen - viistoista koko ajan ympärillä... MS: on joo.. se on semmonen jota ne käyttää yliopistossa asti samaa laitetta... kun sinä pystyy meneen sitten siihen ohjelmointiin... ja on sitten joku konkreettinen vekotin jota ohjelmoida... JJ: poika meni kasille ja se on kovaa sitä ohjelmointia hehkuttanu ja sillä on kotonakin omalla koneella jotain netistä ladattuja juttuja missä esimerkiks ukkeliä ohjataan... mutta huomaa aikasta äkkiä että ne kypsähtää semmoseen... MS: niin jos ei pääse eteenpäin tai ei tapahdu mitään... JJ: hommatiin sille laatikollinen semmosia Arduino vehkeitä, niin siä on kuule kaikenlaista kolikkoo pyörii jonkun rattaan päässä... servoja liikkuu ja valoja vilkkuu... aattelin että niin kauan kun tota intoo piisaa niin hyvä on... ne ei o mitään hirveen hintasiakaan... muutamaa kymppiä ketale... MS: joo... ja sitten on se Raspberry... JJ: joo niin se on se toinen... MS: mulla on netti koneella ittellä se Raspberry... JJ: niin ja just kun sanoit että tommonen robotti on investointina tonnin luokkaa... reilu... niin eihän se o kun pari sataa päätä kohti ja todennäköisesti pyörii useemman vuoden... niin on kyllä aika pientä... MS: joo niin on... ja siinä on jo sitten viis simulointiohjelmaa lisenssillä siihen mukaan...

Lopuksi rönsyilyä...

JJ: onko näissä muuten näissä merkeissä muuten jotain eroa noitten suojausten tai muitten kanssa... kun meillä se pöly on varmaan se ainoa... MS: emmä oikeestaan näkis... JJ: ja mitä mun silmiin ni nää on kaikki ihan yhtä hyvin suojattu ja siis sellain nivelet ja kaikki... MH: emmä tiä onko niissä mitään eroa suojauksen suhteen... kyllä ne on kaikki samantlaisia... JJ: niin ne on varmaan kaikki vakoillu toisiaan niin paljon... MS: niin on ja niissä on sitten ne huolto-ohjelmat ja tiivisteet pidetään kunnossa... nivelten suojaus ja muu kunnossapitohan taas on sit semmonen juttu että se vaatii omat juttunsa... niitä ei parane tavallisen rasvarin mennä tekemään kyllä niitä huoltoja... siinä voi käydä huonosti... sehän niissä on robotiikassa yks mikä aina tulee eteen on se että huolehtii siitä paristosta... se ettei sieltä katoon oi nivelten asennot... se pitää yllä sitä... nehän on aika kalliita... tai osassa koneissa ne on kalliita... ja osassa on ihan tavallisia paristoja jota saa ihan tosta prismasta... siinä on vaihtoehtoja... JJ: siinä on kuitenkin joku akku varmistus että sen pystyy vaihtamaan?... MS: joo... siinä on vaan omat tavat... pitää olla sitten virrat päällä... JJ: tää huolto onkin siinä mielessä hyvä, koska jos tästä saadaan jotain aikaan niin toi kenttäväki kysyy heti kuka sen huoltaa... MS: niin... niissä on niitä voitelukohteita... niin ne on semmosia ettei niitä parane semmoselle antaa tehtäväks, joka ei o siihen... jolla eikä o oikeita vehkeitä... JJ: tavallinen rasvaprässi ei käy... MS Ei... se on sitten entinen... se pitää olla semmonen tasoprässi missä säädetään... missä on paine säädetty sopivaks tiätyks että se ei liian kovalla voimalla sitä sitä paina... se menee niihin antureihin... tiivisteitten läpi rasvat ja se lakkaa toimimasta... sitä ei saa ylittää sitä painetta... eli tavallaan paineraja siinä prässissä... JJ: no enpä o totakaan ennen aatellu saati kuullutkaan... kuka ne teillä täällä huoltaa? vai tuleeko se sieltä kyseisestä firmasta? MS: joo... firma huoltaa... mut ne on noi tuntimäärät kyllä isoja... ja paljon niillä ajetaankin... JJ: eli mistään ikiliikkujista ei siis o kyse... MS: ei.. ja kyllä ne tietysti kuluukin... kyllähän niihin sitten tulee sitä epätarkkuutta... kyllä niihin planeettavaihteistoihin tulee... tai siä on semmonen... mikäs hemmetti se on... se on niinku melkein planeettavaihteisto ja siihen tulee epätarkkuutta... varsinkin kun ne tossa vuodesta toiseen huiskii niin tuleehan sitä... ajanmittaan epätarkkuutta...

Liite 6 Haastattelu robotiikan opetuksesta no:3/ Häkkinen

1(3)

Haastateltavana: Häkkinen Toni

Tampereella 6.10.2016

Paikkana Tredun Hepolamminkadun yksikön E- rakennus, valumallinvalmistus

Kenelle robotiikkaa opetetaan tällä osastolla?

Perustutkintoa suorittaville opiskelijoille, jotka valmistuvat valumallinvalmistajiksi

Onko robotiikka sisällöltään automaatioon vai työstöön suuntautunutta?

Käytännön opettelu on työstöön suuntautunutta mutta teoriassa opetellaan myöskin automaatiota laajemmin.

Minkälaisia robotteja koulutuskäytössä on?

Tällä osastolla on käytössä Fanucin robotti M-710iC/50. Kuusi akselia ja nostokapasiteetti 50 kg. Karapää painoi painaa n. 11 kg ja sovitusrauta n. 1 kg.

<http://www.fanuc.eu/dk/en/robots/robot-filter-page/m-710-series/m-710ic-50>

Onko käytössä simulointi-ohjelmia ja kuinka ne vastaavat käytäntöä?

Käytämme tällä hetkellä Robotmasteria. Robotmaster on Mastercamin luoma ohjelma. Ratojen luomiseen käytämme Mastercamiä mikä mahdollistaa jouhevan käytön Robotmasterin kanssa. Nämä saman valmistajan ohjelmat vastaavat siis hyvin käytännön työstöä koska kahden ohjelman väliset rajapintaongelmat ovat näin minimoitu.

Missä koulutuksen vaiheessa/vaiheissa robotiikkaa opetetaan?

Työturvallisuudessa ja CAD/CAM- kurssilla. Näiden jälkeen robottia voi vapaasti käyttää koneistuksessa harjoitustöissä apuna.

Liite 6 Haastattelu robotiikan opetuksesta no:3/ Häkkinen

2(3)

Miten koulutuksessa otetaan huomioon kentän vaatimukset?

Alani ainoana opettajana olen tiiviissä yhteistyössä yritysten kanssa. Teemme sellaisia koneistusharjoituksia mitkä toistuvat yrityselämässäänkin.

Tehdäänkö kentän kanssa alaan liittyvää yhteistyötä ja jos, niin minkälaista?

Tehdään, katso edellinen vastaus. Olen opetuksen lisäksi mallitoimikunnan sihteeri ja näen itse yrittäjiä monessa muussakin asiassa esimerkiksi työssäoppimisissa. Palautteen oppilaiden osaamisesta saan suoraan yrittäjiltä. Opetusta ja siihen liittyviä harjoitustöitä/on yleensä muutettu työelämän toiveista

Minkälainen on opintojen laajuus/sisältö koulutuksen aikana? (esim. perusteet, syventävä, jatkokoulutus, tai jotain spesiaalia?...) ja mitä näissä sisällöissä tulee pääpiirteittäin osata?

Robotiikka oli sidottu yleisesti CAD/CAM –kurssiin. Idea oli se, että mikäli harjoitustyön koneistamiseen tarvittavalla CNC-koneella oli ruuhkaa, niin kappaleen pystyi jyrsimään myös tarvittaessa robotilla. CAD/CAM –kurssilla opeteltiin perusasiat ja tämän jälkeen robottia ja CNC-koneita pystyi käyttämään kaikilla työsalitunneilla mikäli tarvetta oli. Idea oli integroida sähköinen mallinvalmistus kokonaisvaltaisesti kaikkeen tekemiseen, ei niin että olisi jokin erillinen kurssi jossa vain sillä hetkellä käytettäisiin robottia.

Minkä kokoisia opetusryhmät ovat tällä hetkellä ja ovatko ne opetuksen kannalta sopivia?

Keskimäärin oppilaita oli n. 14 muodostuen useasta eritasoisesta ryhmästä. Oppimisen kannalta ryhmän koolla ei juurikaan ollut merkitystä muuta kuin, että koneille saattoi hetkittäin kertyä jonoa.

Liite 6 Haastattelu robotiikan opetuksesta no:3/ Häkkinen

3(3)

Jos tarvetta, niin miten muokkaisit robotiikan opetusta?

Robotmasterin lisensoija pitäisi olla suhteessa oppilasmäärän oikea määrä. Jos koneilla on ruuhkaa, niin osa opiskelijoista voisi tehdä työstörotoja samaan aikaan kun muut opiskelijat koneistavat. Robotiikan opettaminen ei mielestäni eroa muusta koneisiin liittyvästä opetuksesta. Tietysti toimintoja ja nivelpisteitä saattaa olla enemmän kuin CNC-jyrsimessä tms.

Kuinka työturvallisuus on hoidettu koulutuksen aikana?

Robotti on sijoitettu betonista ja tiilistä tehtyyn huoneeseen. Koneistus nopeus on rajoitettu, mikäli huoneessa joutuu olemaan samaan aikaan kuin robottia liikutetaan. Normaali työturvallisuuskoulutus ja perehdytys ovat kurssin alussa.