



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tomi Suvanto

Robotti-investoinnin kannattavuus pienyrittäjien liiketoiminnassa

Opinnäytetyö

Syksy 2022

Teknologiaosaamisen johtaminen



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Teknologiaosaamisen johtaminen

Tekijä: Tomi Suvanto

Työn nimi: Robotti-investoinnin kannattavuus pienyrityksen liiketoiminnassa

Ohjaaja: Pasi Junell

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 9

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin mikroyrityksen koneinvestointipäätöksentekoa sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Investoinnit ovat keskeinen osa yrityksen kehittymistä ja uusien strategisten toimintojen toteuttamista. Investointien tavoitteena on voiton tuottaminen ja yrityksen kannattavuuden parantaminen, joten epäonnistuessaan ne voivat heikentää yrityksen kannattavuutta merkittävästi.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää robotin käyttömahdollisuus ja kannattavuus mehiläiskaluston, tarkemmin sanoen mehiläispesien kehien päätylistojen, valmistuksessa. Päätylistat ovat kehien valmistuksessa työläin ja haastavin osio. Robotti-investointi olisi yritykselle strateginen investointi.

Tutkimuksen teoriaosiossa käsiteltiin investointiprosessia ja investoinnin taloudellista ja eitaloudellisia arviointimenetelmiä. Lisäksi esiteltiin robotin ja cobotin eroavaisuuksia. Tutkimuksen kvalitatiivinen aineisto koostui robotin yleisten käyttömahdollisuuksien selvittämisestä mehiläiskaluston kehän päätylistan työstämisessä. Kvantitatiivinen aineisto koostui testaustuloksista robotilla ja manuaalityöstöllä sekä investoinnin kannattavuuslaskelmista. Testauksien aineisto tallennettiin videoille, joista tutkittiin robotin liikkuvuutta ja laskettiin työvaiheisiin kuluvat ajat. Tuloksia verrattiin videoiden samat työvaiheet manuaalisesti tehtynä. Lopuksi aineistoa hyödyntäen laskettiin koneinvestoinnin kannattavuutta erilaisilla taloudellisilla arviointimenetelmillä, kuten takaisinmaksuaika- ja nettonykyarvomenetelmällä.

Tuloksena todettiin, että mehiläiskaluston kehän päätylistan valmistamiseen ei kannata investoida robottia. Kehiä myydään markkinoilla edullisesti, mutta edes hintojen nousu tai valmistusmäärän nosto eivät riitä investoinnin kannattavuuteen. Lisäksi robotti tekee työn tässä kappaletuotannossa liian hitaasti verrattuna ihmiseen. Robotti-investointi voi olla kannattavaa, jos sitä käytetään myös muussa tuotannossa.

SEINÄJOEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Technology Competence Management

Author: Tomi Suvanto

Title of thesis: Profitability of robot investment in small business

Supervisor: Pasi Junell

Year: 2022

Number of pages: 46

Number of appendices: 9

The objective of the thesis was to examine the decision making of machinery investment in a microenterprise and the key factors influencing the investment decision. Investments are the key factors of the development and implementation of new strategic functions in companies. The aim of investments is to generate profit and improve profitability. Therefore, failures can significantly undermine the profitability of the company.

The aim of the study was to determine the possibility and profitability of a robot in the manufacture of beekeeping equipment, more specifically the headboard of the frames used in beehives. The headboards are the most laborious and challenging part in the manufacture of the frames. A robot investment would be a strategic investment for the company.

In the theoretical part of the thesis, the investment process and the economic and non-economic evaluation methods of investments were presented. In addition, the differences between a robot and a cobot were highlighted. The qualitative data consisted of the tests concerning the general possibilities of using a robot in the headboard manufacturing. The quantitative data consisted of machining tests with the robot and manual machining, as well as investment profitability calculations. The tests were recorded on videos, from which the mobility of the robot and the time spent on the work stages were studied and calculated. The results were compared with manual manufacturing. The results were compared doing the same work steps manually. These work steps were also videotaped and utilized in the quantitative analysis. Finally, using the results, the profitability of the machinery investment was calculated using different economic evaluation methods, such as the payback time and the net present value methods.

As a result, it was found that it would not be profitable to invest in a robot, because the frames were affordable on the market. Even an increase in prices or the manufacturing volumes would not, however, be enough to make the investment profitable. In addition, the robot works too slowly compared with humans in such a bulk piece production. The robot investment can be profitable if it is also used in other production.

Keywords: robot, industry robot, profitability, bee farming

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja taulukkoluetelo.....	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Mehiläistarhaus Suomessa	6
1.2 Toimeksiantajan esittely	9
1.3 Tutkimuksen tarve.....	10
2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	14
3 INVESTOINTIPÄÄTÖKSEN TEOREETTISET VIITEKEHYKSET	15
3.1 Taloudelliset arviointimenetelmät	16
3.2 Ei-taloudelliset arviointimenetelmät	17
3.3 Teollisuusrobotti (robotti) ja cobotti.....	18
4 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTON KERUU	20
4.1 Robotin käyttömahdollisuudet	21
4.2 Robottityöstö	23
4.3 Manuaalityöstö	25
5 TUTKIMUKSEN TULOKSET	30
5.1 Taloudelliset arviointimenetelmät	30
5.1.1 Työaikojen vertailu palkkakustannuksiin nähden	31
5.1.2 Kannattavuuslaskelmat.....	32
5.2 Ei-taloudelliset arviointimenetelmät	37
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	39
LÄHTEET	43
LIITTEET	46

Kuva- ja taulukkoluetelo

Taulukko 1. Robotin työstöajat.....	25
Taulukko 2. Manuaaliset työstöajat.....	26
Kuva 1. Tarhaaja mehiläispesillä	8
Kuva 2. Rakennettu kakku täynnä peitettyä hunajaa mehiläispesässä.....	9
Kuva 3. Langoitettuja ja osin vahoitettuja kehiä	12
Kuva 4. Työstökappaleen jysintää robotilla.....	21
Kuva 5. Työstökappaleen ohennuksen jysintä.....	24
Kuva 6. Päätylistan työstökappale	28
Kuva 7. Päätylistan työstökappale, ohennus	28
Kuva 8. Lopullinen päätylista	29

1 JOHDANTO

Isommat konehankinnat, kuten robotit, ovat aina pienyritykselle merkittäviä taloudellisia panostuksia. Investoinnin tarkoituksena on aina tuottaa voittoa ja lisäksi investoinnit ovat keskeinen osa yrityksen kehittymistä ja uusien strategisten toimintojen toteuttamista. Epäonnistuessaan ne ovat iso rasite pienelle yritykselle, sillä investointiin on aina panostettu aikaa ja muita resursseja. Siksi perusteellinen investoinnin suunnittelu on tarpeen myös pienille yrityksille kohtuullisen pienissä investoinneissa.

Tämä tutkimus käsittelee robotin käyttömahdollisuuksien kartoittamista mehiläiskaluston valmistuksessa. Yritys pohtii uuden liiketoiminnan aloittamista puisten kehälistojen valmistajana. Jotta tuotanto olisi kannattavaa, pitää tuotannon volyymin olla suurta. Siksi yritys miettii koneinvestointia, joka tässä tapauksessa oli robotti kehälistojen osien valmistukseen. Tavoitteena oli siis selvittää koneinvestoinnin käyttömahdollisuus ja kannattavuus pienessä mehiläistarhaus harjoittavassa yrityksessä.

Tämä opinnäytetyö rakentuu seuraavasti: aluksi kerrotaan yrityksestä sekä esitellään tutkimuksen tarve osana liiketoimintamahdollisuuden selvittämistä. Tämän jälkeen täsmennetään tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tarkoitus ja esitellään tutkimuksen teoreettinen viitekehys, joka pohjautuu kirjallisuuteen investointipäätöksenteosta sekä robottien käyttömahdollisuuksista. Neljännessä osiossa esitellään tutkimusmenetelmät, ja aineisto ja viidennessä osiossa tulokset. Lopuksi pohditaan tuloksien johtopäätöksiä.

1.1 Mehiläistarhaus Suomessa

Maailman mehiläislajikkeista kesymehiläinen eli tarhamehiläinen (*Apis mellifera*) on se, jolla on ihmisen kannalta merkitystä hunajaa keräävänä lajina (Mali & Laaksonen, 1961, s. 10). Tarhamehiläisten merkitys on Suomen maataloudelle kuitenkin tärkeää, sillä hyönteispölytyksen arvo on noin 18 % viljelykasvien kaupallisesta arvosta, mikä tarkoittaa, että se on moninkertainen verrattuna vuotuisen hunajan arvoon Suomessa (Lehtonen, 2012). Lisäksi Suomen pesätiheys on eteläistä Suomea lukuun ottamatta melko alhainen (Suomen Mehiläishoitajain Liitto, 2022a), joten tilaa ja tarvetta pölyttäjille on (Holopainen, 2021, s. 74, 79). Mehiläistarhaus luetaan alana alkutuotantoon.

Toimialana mehiläistarhaus on yleensä pientä ja harrastukseen pohjautuvaa. Tarhaajien keski-ikä on korkea, noin 60 vuotta, ja eläkeikäiset alalla ovat tyypillisiä tarhaajia (Holopainen, 2021, s. 44, 74). Tarhaajien kouluttautuminen mehiläisalalle on vähäistä ja yleisesti sitä ei ole laisinkaan. Suomessa on muutamia oppilaitoksia, jossa voi opiskella mehiläistarhaajan ammattitutkinnon. Ruokaviraston tekemän selvityksen mukaan (2021) mehiläistarhaajia on Suomessa noin reilu 3000 kpl, Etelä-Pohjanmaalla 100 kpl ja pesämäärä koko Suomessa on reilu 70000 kpl, mikä on Suomen oloissa ennätysellisen paljon. Keskimäärin pesiä per tarhaaja on 23 kpl, mutta tyypillisesti noin 10 kpl. Keskimääräinen pesämäärä on ollut hienoisessa kasvussa useana vuotena. Suuria eli yli 150 pesän tarhaajia on vain reilu 50 kpl ja todella suuria eli yli 1000 pesän tarhaajia on 2-3 kpl (Ruokavirasto, 2021). Ammattitarhaajiksi itsensä arvioi noin 100 kpl (Suomen Mehiläishoitajain Liitto, 2022a). Viranomaiset arvioivat tarhauksen ammattimaiseksi silloin, kun pesämäärä on minimissään noin 180–200 kpl. Suomessa maksetaan pesäkohtaista tukea 20 euroa (vuonna 2022) per pesä, kun talvehtineita yhdyskuntia on vähintään 15 kpl.

Mehiläisyhdyskuntaan kuuluvat kuningatar, työläiset ja kuhnurit eli urospuoliset mehiläiset sekä syntymättömät sikiöt (Seppälä & Ruottinen ym., 2003, s. 18). Yhdyskunta asuu mehiläispesässä (kuva 1). Mehiläisistä puhuttaessa termi pesä tai yhdyskunta viittaa yhden kuningattaren alaiseen mehiläisjoukkoon. Mehiläispesä koostuu vuodenajasta riippuen eri määrästä pesälaatikoita. Yhdyskunta talvehtii yleensä yhdellä pesälaatikolla, mutta kesällä, kun yhdyskunta tarvitsee tilaa sikiöille, hunajalle ja siitepölylle, pesälaatikoiden määrä voi olla 4–6 kpl per yhdyskunta koossa Langstroth, joka on Farrarin lisäksi Suomessa yleisesti käytettävä laatikkokokoo. Yhdessä kevytpeäkaluston pesälaatikossa on 10 kehää, jotka voivat olla rakentamattomia eli pelkillä vahapohjukeilla tai rakennettuja kakkuja (kuva 2). Täten yksi yhdyskunta tarvitsee vähintään noin 50 kehää vahoineen ja 5 pesälaatikkoa oheistarvikkeineen (Seppälä & Ruottinen ym., 2003, s. 19)



Kuva 1. Tarhaaja mehiläispesillä

Pitkän ajan (1980–2020) keskisato yhdestä pesästä on Suomessa noin 37 kg ja maan koko vuosituotanto noin 2-3 miljoonaa kiloa (Suomen Mehiläishoitajain Liitto, 2002a; 2022b). Vuosittainen satomäärä on kuitenkin vaihdellut paljon, mikä tekee alasta riskialttiin päätoimisena tulonlähteenä. Hunajakilon tukkuhinta on viimeisten parin vuoden aikana vaihdellut 4,25–6,00 euron välillä. Alhainen tukkuhinta on johtanut siihen, että tarhaajien määrä on hiukan laskenut viime vuosina ja tarhaajat panostavat nyt kuluttajamyyntiin. Suomalaiset syövät keskimäärin 700 g hunajaa vuodessa ja tyyppillinen purkin ostokoko on 450 g (Suomen Mehiläishoitajain Liitto, 2002a). Kulutus on Euroopan pienimpiä, mutta on ollut kasvussa jo useita vuosia. Suomessa tuotetaan noin puolet kulutetusta hunajasta (Suomen Mehiläishoitajain Liitto, 2022b). Tuontihunaja menee kuitenkin enimmäkseen teollisuuden käyttöön ja teollisuus ostaa edullisinta EU:n ulkopuolella tuotettua hunajaa,

jonka hinta on murto-osa suomalaisen hunajan hinnasta. Suomalaiset tarhaajat pystyvät kilpailemaan vain kuluttajamyynissä.



Kuva 2. Rakennettu kakku täynnä peitettyä hunajaa mehiläispesässä

1.2 Toimeksiantajan esittely

Tutkimuksen toimeksiantaja on pieni perheyrittäjä (jatkossa yritys). Tutkimuksen tekijällä on sidos yritykseen, sillä tutkimuksen tekijä on yrityksen omistaja. Yrittäjällä on alalta pitkä kokemus, laaja tietotaito ja ammattitutkinto. Yrityksen päätoimiala on hunajantuotanto sekä erilaisten elintarvikealan hunajatuotteiden valmistus ja myynti. Tuotteet myydään suoraan kuluttajille, vähittäiskaupoille sekä erikoismyymälöille. Jos hunajan tukkuhinta tulevaisuudessa nousee nykyisestä, yritys voi myydä irtohunajaa myös tukkuun.

Yrityksellä on tällä hetkellä meneillään laajentaminen. Tavoitteena on noin 200 pesän tarhaus, johon toivotaan päästävän kesällä 2022. Etelä-Pohjanmaalla ei ole tietyksi yli 200 pesän tarhaajia. Kyseinen pesämäärä lasketaan Suomessa jo isoksi mehiläistarhaukseksi. Investointien osalta yrityksessä mietitään uskaltaako niitä tehdä nykyisessä taloustilanteessa tulevaisuuden ollessa hyvin epävarma. Esimerkiksi

asiakkaiden eli kuluttajien maksukyky on jo nyt heikennyt ja saattaa heiketä entisestään, mutta toisaalta paineita investointien nopealle toteuttamiselle tuo inflaation kiihtyminen. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna haasteena on myös sään ääriolosuhteet mehiläistarhaukselle. Niiden vaikutuksia ei vielä tunneta. Kuitenkin pölyttäjiä tarvitaan yhä enemmän ja niiden vähäisyys jatkuu nykyisen monokulttuurisen maatalouden ylläpitämänä. On siis oletettavaa, että mehiläistarhaukseen ei kohdistu merkittäviä muutoksia kuluttajakäyttäytymisen tai maatalouspolitiikan suhteen.

Toimeksiantajayritys ja mehiläistarhaajat yleensäkin Suomessa ja varsinkin Etelä-Pohjanmaalla myyvät hunajan suoraan kuluttajille. Etelä-Pohjanmaalla myydään pääasiassa perinteistä hunajaa bulkkipurkissa ja valtakunnalliseen tasoon verrattuna edullisella tai huomattavan edullisella hintatasolla. Alueella ei ole toistaiseksi juurikaan erottuvia tai laajasti tunnettuja brändejä, mutta viime vuosina muutama tuottaja on aloittanut näkyvämmän brändin rakentamisen sekä tuotevalikoiman laajentamisen.

1.3 Tutkimuksen tarve

Hunajan myynnin lisäksi toimeksiantajayrityksessä on valmistettu mehiläispesiin liittyvää kalustoa omaan käyttöön sekä vähäisissä määrin myyntiin. Erityisesti on valmistettu mehiläispesien sisällä käytettäviä puisia kehiä. Kehiin pingotetaan ruostumattomasta teräksestä kehälankarivit, joihin kevyesti sulatetaan mehiläisvahalevyt. Näihin levyihin mehiläiset rakentavat kennoston hunajaa ja sikiöitä varten. Jokaisessa pesässä kehiä tarvitaan vähintään 50 kpl ja niitä pitää uusia muutamien vuosien välein. Kehien pitää kestää uusiokäyttö vähintään muutamia kertoja: kehistä sulatetaan vahat höyryttämällä ja kehät pestään. Yrityksessä kehiä tarvitaan yhteensä 10000 kpl ja lisäksi vuosittain rikkoutuvat tai elinkaarensa päähän tulevat vaihdettavat, joita on noin 5–6 % kokonaismäärästä. Kehien materiaali on puuta. Myös muovisia kehiä on markkinoilla myynnissä, mutta niiden menekki on erittäin vähäistä, sillä käyttöön liittyy ongelmia ja mehiläiset suosivat puisia kehiä.

Yrityksessä ollaan todettu, että kehät ovat yksi mehiläistarhauksen kriittisiä pisteitä eli niin sanottu pullonkaula. Valmistusta on ollut Suomessa jonkin verran, mutta suurempi teollinen valmistus ei ole Suomessa kannattanut sen jälkeen, kun ulkomailta on aloitettu tuomaan kehiä Suomeen isoja eriä, vaikkakin tuontituotteiden hinta ei ole suuresti poikennut Suomen

hinnoista. Ukraina on ollut merkittävä hunajan tuottajamaa sekä kehäosien valmistaja maailmassa. Ukrainalainen edullinen hunaja on käytetty Suomessa lähinnä elintarviketeollisuudessa, mutta meneillään oleva sotatilanne voi aiheuttaa akuutin puutteen myös kehien saatavuudessa, varsinkin, kun korvaavaa valmistusta on hyvin vähän. Tämän opinnäytetyön kirjoitusvaiheessa toukokuussa 2022 kehien tuonti Ukrainasta kesän sesongille oli jo loppunut sotatilanteen vuoksi, mutta kysynnän ja tarpeen epäsuhta ei ollut vielä tullut esiin sesongin ollessa vielä alkuvaiheessa. Tilanne kurjistaa alan kehittymistä ja pitkällä aikavälillä tulee näkymään esimerkiksi kasvun hidastumista. Toki kasvun hidastumisesta on näkyvissä merkkejä myös alan hintakriisin vuoksi: Tukkuhinta romahti vuonna 2019, eikä ole palautunut tasolle, jolla se oli aiemmin, vaikka tuotantopanosten hinta on noussut, kuten muussakin maataloudessa. Lopettavien tuottajien mehiläisyhdyskunnille ja kalustolle on yleensä alan tilanteesta riippumatta hyvä kysyntä, joten alalle tuleminen ja poistuminen ovat melko vähäriskisiä.

Suomessa puisten kehien valmistajia ei ole ollut kuin muutama yritys ja valmistusmäärät ovat olleet tarvetta ajatellen liian pieniä. Kehän kappalehinta kokoamattomana eli irto-osina on noin 0,60 euroa/kehä ilman arvonlisäveroa. Hinta on edullinen, joten tekovaiheiden automatisointi on ehdottomasti tarpeen. Asiakkaat haluavat ostaa kehiä usein satojen ja tuhansien kappaleiden nipuissa. Tällä hetkellä maailmassa on olemassa vain kaksi valmistajaa, joilla on myynnissä automaattilinjastoja kehien valmistukseen soveltuen, mutta linjaston fyysinen koko on suuri ja investointi on taloudellisesti liian suuri pienelle yritykselle. Robotti sen sijaan on joustavampi ja soveltuu pienempiin tiloihin ja on investointina edullisempi, joskin se vaatii enemmän suunnittelua ja ohjelmointia. Robotti on myös muunneltavissa muihin töihin, jos kehien valmistaminen lopetetaan.

Kehissä on paljon käsityötä ja eri työstövaiheita, mikäli ne tehdään manuaalityöstönä. Kaikista työläin osa on päätylistia, joita tarvitaan kehässä kaksi kappaletta (kuva 3, päätylistoja osoittavat punaiset nuolet ja kuva 8). Suomessa palkkakustannukset ovat suuria, joten valmistuksen kannattavuus on vaikeaa manuaalisilla koneilla. Aiemmin tarhaajat valmistivat kehiä itse omaan käyttöön, mutta nykyään kehien valmistaminen itse on vähäistä, koska tarhaajilla ei ole yleensä riittävää osaamista, välineitä, tiloja tai aikaa kehien valmistukseen. Tässä ostotarpeessa näkyy, että mehiläistarhaus ja tarhaajat ovat myös kaupungistuneet. Kehät ostetaan usein osina ja kootaan itse tai kehät ostetaan

valmiiksi koottuina tai jopa koottuina ja langoitettuina. Yritys on valmistanut kehiä tuhansia kappaleita ja niitä on haluttu myös ostaa useiden tuhansien kappaleiden sarjoja. Suuren käsityömäärän vuoksi kehiä ei ole pystytty valmistamaan vielä muille, vaikka markkinoita ja mahdollisuuksia olisi.



Kuva 3. Langoitettuja ja osin vahoitettuja kehiä

Tällä hetkellä Suomessa ei valmisteta tarpeeksi kehiä kysyntään nähden ja tilanne on ollut sama jo muutaman vuoden, joskin Ukrainan sota saattaa muuttaa tilanteen vielä suuremmaksi puutteeksi. Virosta tuodaan kehiä yhden tarvikemyyjän toimesta, mutta näiden saatavuus on ollut vaihtelevaa. Esimerkiksi kesällä 2019 kehät loppuivat Suomesta kokonaan huonon saatavuuden vuoksi ja alan kasvu tyrehtyi. Tällöin yrityskasvun pelasti oma kehien tuotanto. Kehien vaihteleva saatavuus on siis jarruttanut alan kasvua ja kehittymistä jo muutamia vuosia.

Kehien valmistukseen tarvitaan puuntyöstökoneita, puuntyöstämisen osaamista ja raaka-ainetta eli puuta. Puuntyöstökoneet mahdollistavat mehiläispesissä tarvittavien puisten

kehien valmistamisen omaan käyttöön sekä kustannustehokkaasti toimiessaan myös myyntiin. Puuntyöstökoneet eivät sinänsä ole harvinaisia ja ne ovat helposti hankittavissa, mutta niiden käyttö vaatii erikoisosaamista, jota hankitaan joko alan koulutuksen tai monipuolisen ja pitkäaikaisen kokemuksen kautta. Lisäksi peruspuuntyöstökoneet vaativat mehiläiskaluston valmistuksessa erikoisosia ja lisälaitteita, joita ei ole olemassa valmiina.

Yrittäjä on rakentanut erillisiä erikoisosia ja lisälaitteita nopeuttamaan valmistusta. Jos prosessista pystyisi vielä robotisoimaan osan työstövaiheista, olisi yrityksellä mahdollinen kilpailuvaltti. Koneisiin tehdyt muutokset ovat vaatineet erikoisosaamista, kontakteja ulkomaille ja myös muun yhteistyöverkoston käyttöä niin kehittämis- kuin hankintatyössäkin. Tämän yrittäjän erityisosaamisen kopioiminen on erittäin hankalaa tai mahdotonta. Koneiden avulla yritys on myös pystynyt kehittämään mm. oman pesän pohjamallin, jota voidaan jatkossa tehdä jopa myyntiin. Yrittäjälle puukäsityöt ovat olleet aina mieleinen harrastus ja hänellä on niistä laaja kokemus. Osaaminen, puuntyöstökoneiden hyödyntäminen ja puuntyöstötilan valmistuminen ovat osin vielä hyödyntämättä. Tässä tutkimuksessa halutaan selvittää tarkemmin, voidaanko näitä taitoja hyödyntää uudessa liiketoimintamahdollisuudessa.

2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia teollisuusrobotin toimivuutta ja investoinnin kannattavuutta mehiläispesien kehien valmistuksessa. Työssä selvitetään mehiläispesässä käytettävän puisen kehän päätylistan valmistusta teollisuusrobotilla eli kehän päätylistan valmistamista alajyrsimellä, johon on liitetty kuusiakselinen teollisuusrobotti. Testauksista ja selvityksistä koostetaan päätelmä siitä, soveltuuko teollisuusrobotti päätylistan valmistukseen vai jatketaanko työstöä yrityksessä manuaalisesti jatkossakin. Päätylista on kehänvalmistuksessa työläin ja vaarallisin osa, joten siksi robotin käyttö juuri päätylistojen valmistuksessa olisi järkevintä. Tutkimuskysymys on *Millaiset käyttömahdollisuudet ja miten kannattava robotti on mehiläiskaluston valmistuksessa?*

Tutkimuskysymys sisältää siis kaksi ulottuvuutta: käyttömahdollisuuden ja kannattavuuden. Investointia ajatellaan päätöksentekoprosessina, jossa alustavana vaiheena on tutkia, millainen robotti on järkevintä hankkia, miten robotti pystyy valmistamaan päätylistan ja onko robotti soveltuva yrityksen tiloihin turvallisuusnäkökulmasta. Käyttömahdollisuuksien selvittämisessä vastataan siis kysymykseen: *Onko robottia mahdollista käyttää mehiläispesän kehän päätylistan työstämiseen?*

Kronologisesti etenevän päätöksentekoprosessin seuraava vaihe on investoinnin kannattavuuden mittaaminen. Koska kyseessä oli robotti-investointi työvaiheeseen, jota on aiemmin tehty manuaalisesti, vertailtiin aluksi robottia ja manuaalityöstöä. Mehiläispesän puinen kehä koostuu kolmesta erilaisesta osasta, jotka ovat päätylistat 2 kpl, ylälista ja alalista. Näistä monimutkaisin valmistettava on päätylista, jossa on kuusi eri työvaihetta manuaalisesti tehtynä. Näistä neljä työvaihetta saataisiin robotilla tehtyä yhdellä kerralla. Lisäksi nämä työvaiheet ovat vaarallisia jyrsimellä tehtäviä työvaiheita. Ihmisen ja robotin vertailussa täytyy huomioida myös inhimillisyyttä, koska robotti voi tehdä tasaisesti samaa työtä tunnista toiseen. Kannattavuuden mittaamisessa vastataan siis aluksi kysymykseen: *Kumpi työstötapa on ajallisesti tehokkaampi, robotti vai manuaalinen, päätylistan työstössä?*

Robotti-investointi on pienyritykselle taloudellisesti merkittävä investointi, joka vaatii taloudellisen kannattavuuslaskennan useammalla arviointimenetelmällä. Edelliset tulokset huomioiden, kannattavuuden mittaamisessa vastataan seuraavaksi kysymykseen: *Onko robotti-investointi kannattava yritykselle?*

3 INVESTOINTIPÄÄTÖKSENTEON JA ROBOTIN KÄYTÖN TEOREETTISET VIITEKEHYKSET

Investointipäätökset ovat yrityksen vaikeimpia päätöksiä. Yrityksen menestys voi riippua onnistuneista investointipäätöksistä. Onnistumisen merkitystä kasvattaa investointien pitkäaikainen vaikutus yrityksen maksukykyyn ja tulokseen. Investointipäätöksenteko on kuitenkin vaikeaa, sillä investointeihin liittyy monia riskitekijöitä ja tulevaisuutta ennustavia arvioita (Bierman & Smidt, 1990, s. 4).

Investointipäätöksentekoon vaikuttavat muun muassa taloudelliset ja ei-taloudelliset tekijät. Taloudellisina tekijöinä investoinnin kannattavuutta, joita voidaan mitata rahamääräisesti. Ei-taloudellisina tekijöinä pidetään tutkielmassa niitä investointipäätöstekijöitä, joita ei voi kategorisoida taloudellisiin tekijöihin, mutta joita ei voi myöskään mitata rahamääräisesti. Tällaiset tekijät voivat olla mm. strategisia, joilla tarkoitetaan tutkimuksessa investoinnin käyttömahdollisuutta halutussa toimenpiteessä. Tämän tutkimuksen kohteena on robotti-investoinnin mahdollisuuksien selvittäminen uudessa liiketoimintamahdollisuudessa. Kyseessä on siis strateginen reaali-investointi, johon käytetään rahaa tulojen saamiseksi tulevaisuudessa ja liiketoiminnan muuttamiseksi (Puolamäki & Ruusunen, 2009, s. 23–24). Cooremans (2011, s. 483) tarkentaa vielä, että strategisella investoinnilla pyritään luomaan, ylläpitämään ja kehittämään kestävää kilpailuetua, mutta tällä määritelmällä jokainen investointi on jollain tasolla strateginen. Tämän vuoksi Cooremans (2011, s. 483) määritteli, että investointi voi olla strategisesti monitasoinen eli heikosti, vahvasti tai kokonaan strateginen. Cooremansin (2011, s. 483) määritelmän mukaan toimeksiantajayrityksen robotti-investointi olisi täysin strateginen, sillä se loisi yritykselle kokonaan uutta liiketoimintaa. Strateginen investointi voi tuoda yritykselle strategisia etuja ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia, vaikka taloudellisesti olisi kannattavampaa toteuttaa toisenlainen investointi (Kasanen ym., 1993, s. 10), mutta tällaisen investoinnin arvottaminen on hankalaa kannattavuuslaskelmissa

Investointipäätöksenteosta ovat mm. Niskanen ja Niskanen (2016, s. 306) kehittäneet prosessimallin, joka auttaa tunnistamaan prosessin eri vaiheet ja niiden tarpeet. Prosessin vaiheet ovat tunnistaminen, etsintä, tiedonhankinta, valinta, rahoitus ja lopuksi toteutus ja valvonta. Tässä tutkimuksessa yritys oli jo tunnistanut tarpeen eli kehän osien valmistamisen

liiketoimintamahdollisuuden, etsinyt vaihtoehtoja eli robotteja ja päätynt tiedonhankintavaiheeseen, jossa verrataan investointivaihtoehtoja analysoiden niiden takaisinmaksuaikaa, tulevia tuottoja, kustannuksia, epävarmuustekijöitä jne. siirryttäessä kohti valintavaihetta. Tämän tutkimuksen tavoitteena on antaa tietoa itse valintavaiheeseen, jossa päätös tehdään investointilaskelmien perusteella kannattavuuden selvittämiseksi. Investointilaskelmissa käytetään sekä taloudellisia että ei-taloudellisia arviointimenetelmiä.

3.1 Taloudelliset arviointimenetelmät

Investointiprosessi on monimutkainen ja moniulotteinen, sillä investointilaskelmat sisältävät monia tulevaisuuteen liittyviä tuntemattomia tekijöitä, kuten tulovirtojen ennustamisen ja jäännösarvon eli investoinnin arvon pitoajan lopussa. Investointien arvioinnissa kannattaa olla käytössä useampia investointivaihtoehtoja ja arviointimenetelmiä, jotta investointipäätöksentekoa voidaan arvioida monesta näkökulmasta (Bierman & Smidt, 1990, s. 4, 9; Järvenpää ym., 2013, 379). Yksinkertaistettuna taloudellisten arviointimenetelmien käyttö tarkoittaa, että investoinnista saatavia hyötyjä arvioidaan ja päätös investoinnin hyväksymisestä tai hylkäämisestä tehdään sen perusteella, onko investoinnin hyöty suurempi kuin siihen panostetut resurssit. Investointipäätöksiä käsittelevien tutkimuksien mukaan yleisimpiä menetelmiä ovat takaisinmaksuajan menetelmä, nettonykyarvomenetelmä, sisäisen koron menetelmä sekä pääoman tuotto -menetelmä (esimerkiksi Bennouna ym., 2010, s. 232, 234; Bierman & Smidt, 1990, s. 6; Liljeblom & Vaihekoski, 2004, s. 12, 22).

Suomessa ja varsinkin pienyrityksissä yleisin arviointimenetelmä on edelleen takaisinmaksumenetelmä (*Payback Period*), joskin menetelmän ongelmat, kuten jäännösarvon, takaisinmaksuajan jälkeisten kassavirtojen sekä koron ja rahan aika-arvon huomioimatta jättäminen, ovat lisänneet diskonttausmenetelmien, kuten nykyarvomenetelmän, suosiota (Liljeblom & Vaihekoski, 2004, s. 22–23). Takaisinmaksumenetelmän suosiota selittänevät sen yksinkertaisuus ja toisaalta diskonttausmenetelmien perustuminen arvioihin tulevaisuuden luvuista. Nettonykyarvomenetelmää (*Net Present Value*) arvostetaan kuitenkin kirjallisuudessa erityisen paljon, mutta sitä voidaan kritisoida siitä, että se ei kykene huomioimaan riskejä aina riittävästi. (Järvenpää ym., 2013, s. 393.) Epävarmassa taloustilanteessa tulevaisuutta on vaikea ennustaa. Tämän päättötyön kirjoitusvaiheessa keväällä 2022 tulevaisuuden ennustaminen on poikkeuksellisen haastavaa, mutta talouden

korkotasoa on viime aikoina ollut yleisesti noususuhteinen. Toisaalta nykyarvomenetelmässä käytetyn korkokannan hyöty on siinä, että pelkällä nettotuotolla laskettuna investointi näyttää usein liian kannattavana. Koska takaisinmaksumenetelmä ei riitä yrityksen strategisen investointipäätöksen kannattavuuden arviointiin, käytetään tässä tutkimuksessa epävarmuustekijöistä huolimatta myös nettonykyarvomenetelmää.

Takaisinmaksumenetelmässä lasketaan investoinnin aika vuosina, jonka aikana investointi maksaa nettotuloina itsensä takaisin (Jormakka ym., 2015, s. 234). Takaisinmaksuaika lasketaan jakamalla alkuinvestointi vuotuisella nettokassavirralla. Investointi on kannattava, kun takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin etukäteen määritelty hyväksyttävä takaisinmaksuaika. Takaisinmaksumenetelmää voidaan parantaa huomioimalla ja laskemalla jokaiselle vuosituotoille halutun koron mukainen nykyarvo, jonka jälkeen korjataan muutos takaisinmaksuaikaan (Jormakka ym., 2015, s. 238–239; Niskanen & Niskanen, 2016, s. 319).

Diskonttausmenetelmissä, joihin nettonykyarvomenetelmäkin kuuluu, taloudellista tavoitetta kuvastaa korko, jota voidaan kuvailla mm. minimituottovaatimuskoroksi (Alhola & Lauslahti, 2009, 166). Korkoa voi ajatella yksinkertaisesti siten, että mitä sama investointisumma tuottaisi sidottuna toiseen kohteeseen, kuten esimerkiksi rahoitusmarkkinoilla osakkeisiin, joilla sijoittajien asettama tuottovaatimus on usein minimissään 5 %. Nettonykyarvomenetelmää käytettäessä tuotot ja kulut diskontataan nykyhetken halutulla korkokannalla laskettuna eli lasketaan tulevien ennakoitujen nettokassavirtojen nykyarvo, lisätään mahdollinen jäännösarvon nykyarvo ja vähennetään lopuksi investoinnin hankintameno. Investointi on kannattava, jos tulevien kassavirtojen nykyarvon ja jäännösarvon nykyarvon yhteenlaskettu summa on hankintamenoa suurempi (Jormakka ym., 2015, s. 236; Niskanen & Niskanen, 2016, s. 309). Joskus jäännösarvo voi olla myös negatiivinen esimerkiksi hävittämiskulujen vuoksi, mikä pitää osata huomioida laskelmissa (Järvenpää ym. 2013, 379.)

3.2 Ei-taloudelliset arviointimenetelmät

Strateginen investointi on pitkäkestoinen investointi, joka tavoittelee yritykselle tuottoa myös pitkällä aikavälillä (Puolamäki & Ruusunen, 2009, s. 23–24). Taloudelliset arviointimenetelmien, kuten takaisinmaksuajan ja nykyarvon, tähtäimet ovat sen sijaan lyhytaikaisempia. Tästä syystä taloudellisten arviointimenetelmien lisäksi pitäisi investoinnin

päätöksentekoon sisällyttää mittareita myös strategisista näkökulmista. Nämä mittarit niputetaan ei-taloudellisiksi, kvalitatiivisiksi arviointimenetelmiksi (Wikman, 1993, s. 42–44, 53). Toisaalta on myös ymmärrettävää, että taloudellisten arviointimenetelmien lisäksi yritys tarvitsee myös toisenlaisia arviointimenetelmiä. Varsinkin pienissä yrityksissä investointeja mietitään monien riskien ja työn lisääntymisen kautta, mutta myös mahdollisuuksien kautta. Wikmanin (1993, s. 42–44) mukaan yrittäjän henkilökohtaiset käsitykset, intuitio, visiot, kokemus, tunteet ja usko vaikuttavat kannattavuuden lisäksi investointipäätöksentekoon ja koko yrityksen tasolla kulttuuri, strategia ja organisaatio (kuten hierarkia). Näillä ei-taloudellisilla arviointimenetelmillä yritys voi huomioida paremmin investointivaihtoehtojen vastaamisen yrityksen strategiaan ja arvoihin, mutta ei-taloudellisten arviointimenetelmien käyttö on kuitenkin epätarkkaa ja niiden vertailtavuus kannattavuuslaskennassa on haastavaa.

Esimerkkejä yrityksen ei-taloudellisista arviointimenetelmistä ovat kehien valmistuksen uuden yritystoiminnan lanseeraus ja markkinaosuuden valtaaminen sekä robotin käyttömahdollisuuksien testaus kehien valmistuksessa. Tähän työhön valittiin näistä tällä hetkellä oleellisin eli kehien käyttömahdollisuuden testaamisen robotilla. Tutkimuksessa selvitetään, onko robotilla valmistaminen edes mahdollista ja millaisiin tuotantomääriin robotilla voidaan päästä. Etukäteisoletuksena on, että markkinoilla on tarvetta hinnoiltaan kilpailukykyisille puukehille. Toisaalta yritys pystyy myös pienillä toimenpiteillä varmistamaan tuotteen laadun eli puuosien oksattomuuden ja suoruuden, mitkä osaltaan voisivat toimia kilpailuvaltteina.

3.3 Teollisuusrobotti (robotti) ja cobotti

Teollisuusrobotti on kone, joka on tietokoneohjattu mekaaninen laite (Kuivanen, 1999, s. 12–13). Nykyaikainen teollisuusrobotti on kuusiakselinen ja muistuttaa ulkoiselta olemukseltaan koneohjattua kättä. Robottien koko määräytyy sen tekemän työn ja käsiteltävän kappaleen painon mukaan. Robottien koko ilmoitetaan yleensä robotin nostaman maksimikuorman mukaan eli massan minkä robotti jaksaa nostaa maksimiulottuvuudella. Robotin liikeradat toimivat portaattomasti X-, Y-, ja Z -koordinaatiston mukaan. Robottien kappaleen käsittelykyvyt ovat laajat esimerkiksi ABB:n IRB-sarjan robottia on tarjolla 70–180 kg:n käsittelykuormille (ABB, 2022).

Voidakseen tehdä jonkin halutun työn täytyy robotti varustaa tehtävään soveltuvalla tarttujalla. Esimerkiksi robotti, joka on laitettu palletoimaan maitopurkkeja pahvilaatikkoon, on varustettava sellaisella tarttujalla, joka pystyy ottamaan kiinni maitopurkista ja siirtämään sen haluttuun paikkaan. Tarttuja on siis se elin, joka on robotin ja siirrettävän kappaleen välissä (Wisematic, 2017). Tässä työssä tarttuja tehtiin sellaiseksi, että se tarttuu jyrstävää kappaletta reunoista kiinni niin, että yhdellä tartunnalla voidaan tehdä mahdollisimman monta työstöä.

Teollisuusrobottien ominaisuuksiin kuuluvat nopeat ja tehokkaat liikeradat ja sen vuoksi robottisovelluksissa täytyy olla suoja-aidat ympärillä ja turvavarusteet hätäpysäytys mukaan lukien (Suomen Standardisoimisliitto, 2011a; 2011b). Robottien nopeus ja kiihtyvyys ovat niin suuria, että törmätessään ihmiseen robotti voi aiheuttaa vakavia tapaturmia ja pahimmassa tapauksessa kuoleman. Robottijärjestelmä on robotin ja muun yhden tai useamman laitteen yhteistyössä toimiva kokonaisuus. Tätä järjestelmää kutsutaan robottisoluksi. Robottisolussa määrääväksi tekijäksi voi muodostua turvallisuuden kannalta myös jokin muukin laite kuin robotti. Tästä syystä robottisolu rakennetaan siten, että ihminen ei pääse liian lähelle liikkuvaa robottia tai jotain muuta vaaraa aiheuttavaa laitetta. Yleensä suojina käytetään aitauksia tai valoverhoja, jotka pysäyttävät robottisolun toiminnan ihmisen mennessä esimerkiksi valoverhon läpi (Suomen Standardisoimisliitto, 2011b).

Cobotti (*collaborative robot*) on yhteistoimintarobotti, joka on suunniteltu toimimaan yhteistoiminnassa ihmisen kanssa (Koukkari, 2016, s. 3–4). Cobotissa on otettu liikeratojen kiihtyvyys ja nopeus huomioon siten, että törmäämisestä ihmiseen tai esineeseen ei aiheudu suurta vahinkoa. Coboteissa on myös huomattavasti herkempi liikeradan momentin tunnistus robottiin verrattuna. Muuten cobotti on ulkoiselta olemukseltaan ja periaatteeltaan robotin kaltainen. Cobotti on verrattain uusi keksintö robottiin verrattuna (Kolehmainen, 2021). Cobottivalmistajan (Omron, 2021, s. 4–6) sivuilla ilmoitettiin cobotin nopeudeksi 1,2 m/s (Omron TM12). Cobottien kappaleen käsittelykyky rajoittuu tällä hetkellä noin 20 kiloon.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTON KERUU

Tutkimuksen ensimmäinen tehtävä oli selvittää, soveltuuko robotti mehiläiskaluston puukehien päätylistojen valmistamiseen. Työ aloitettiin selvittämällä kumpi, robotti vai cobotti, on investointina soveltuvampi, minkäkokoinen robotti tarvitaan ja millaiset turvallisuuskysymykset yrityksen pitää ottaa huomioon. Näiden jälkeen aloitettiin itse testaus robotilla. Tutkimuksessa testattiin, pystyykö robotti toteuttamaan kaikki päätylistan valmistamisen työvaiheet ja millainen käsittelyvoima siihen tarvitaan. Nämä kaikki vaiheet videoitiin ja kirjattiin muistiin. Seuraavaksi aloitettiin työvaiheiden testaus. Näitä työvaiheita olivat mm. halutun kappaleen työstäminen robotilla ja saman osan työstäminen manuaalisesti. Tehokkuudessa tutkittiin ajallista säästöä, inhimillistä säästöä sekä kustannustehokkuutta. Ajallinen säästö tarkoittaa kappaleen työstöä robotilla verrattuna manuaaliseen työstöön.

Aluksi tunnistettiin kaikki tarvittavat työvaiheet robotilla. Tämän jälkeen suunniteltiin robotin tarvitsemat liikkeet ja niihin sopiva tarttuja. Lopuksi jyrästä testattiin sekä 7 kg:n että 12 kg:n robotilla. Manuaalitestauksessa tunnistettiin myös työvaiheet, suunniteltiin prosessi ja toteutettiin testaus useilla kerroilla. Manuaalityöstössä täytyy myös huomioida inhimilliset tekijät, koska ihminen ei jaksa tehdä samaa työtä pitkiä aikoja ilman taukoja. Lisäksi manuaalityöstössä joudutaan vaihtamaan jyräimeen erilaisia teriä eri jyräimien vaiheille. Robotti tekee kaikki jyräimet yhdellä terällä ja säästää tältä osin aikaa. Molempien testauksien vaiheet videoitiin ja kirjattiin muistiin. Nämä työvaiheet videoitiin, jotta voitiin vertailla eri työtapojen välillä työstöaikaa, suunnitella prosesseja ja miettiä liiketoimintamahdollisuuden kannattavuutta. Tuloksia hyödynnettiin myös seuraavassa työvaiheessa eli kannattavuuslaskennassa.



Kuva 4. Työstökappaleen jyrshintää robotilla

4.1 Robotin käyttömahdollisuudet

Tässä työssä oli tarkoitus testata robotin käyttömahdollisuus ja toimivuus puukappaleen jyrhinnässä manuaalisen alajyrsimen avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että robotti liikuttaa puukappaletta jyrhinterää vasten. Tämänlaisessa sovelluksessa robotilta vaaditaan tarkkaa liikerataa ja riittävää voimaa, jotta jyrhittävä kappale pysyy tarkasti liikeradallaan. Tähän tarkoitukseen todettiin robotin olevan varmempi, koska robotti ei ole niin herkkä momenttien muutoksille kuin cobotti, ja lisäksi turvallisuus on tältä osin määräävä tekijä. Cobotti on toimintanopeudeltaan selvästi hitaampi ja liikkeiden momenttirajat ovat herkemmmät. Mikäli jyrhittävä kappale heilahtaa tai sen paikka muuttuu yhtäkkiä, jyrsimen terä saattaa repäistä työstettävän kappaleen irti tarttujasta. Toinen huomioitava asia oli, että rakennetussa robottisolussa oleva alajyrsin oli vähintäänkin yhtä vaarallinen laite. Robotiikka-alan ammattilainen ja kouluttaja Petri Kolehmainen (2021) mukaan robottisolussa jokin muu laite kuin robotti määrittää solun turvallisuuden ja näin ollen cobotin hankinta on turhaa. Robottisolun sisälle ei voi mennä työstön aikana, vaikka robotin tilalla olisi cobotti.

Cobotti on suhteellisen uusi keksintö ja niitä ei vielä löydy käytettynä markkinoilta. Uusien cobottien lähtöhinnat ovat noin 20000 euroa ja samaa hintatasoa ovat myös uudet robotit (Kolehmainen, 2021). Robotteja on ollut käytössä jo kymmeniä vuosia ja siksi niitä on markkinoilla käytettyinä. Käytetyt robotit maksavat iästä ja mallista riippuen noin 5000–10000 euroa, mutta käytettyjen robottien kaupassa on kuitenkin huomioitava, että

vanhempiin, jopa 20 vuotta vanhoihin, malleihin ei välttämättä ole enää saatavilla varaosia. Myös riskit huollon ja rikkoontumisen osalta nousevat ja epävarmuus investoinnin kannattavuudesta kasvaa käytettyä ostettaessa, joten yritys ei halunnut tässä vaiheessa panostaa käytetyn robotin ostamiseen. Tulevaisuudessa käytettyjen robottien hinnat voivat kuitenkin laskea.

Robotin turvallisuustekijät ovat myös toinen ja merkittävä huomioitava asia robotin käyttömahdollisuuksien selvittämisessä. Roboteilla on omat korkeat turvallisuusvaatimuksensa suojalaitteiden ja tilojen suhteen. Näiden huomioiminen voi tehdä koko robottiajatuksesta käyttökelvottoman, koska yrityksen tilojen koko ei välttämättä riitä kaikkiin suositeltaviin turvalaitteisiin. Robottien käytön turvallisuudesta on olemassa monipuoliset ohjeet, kuten Suomen Standardisoimisliiton standardeissa osa 1 (Suomen Standardisoimisliitto, 2011a), jossa on yleistä tietoa roboteista ja osa 2 (Suomen Standardisoimisliitto, 2011b), jossa on tieto robottijärjestelmistä ja niiden yhteen liittämisestä.

Robotin työturvallisuushaasteet aiheutuvat pitkälti siitä, että robotilla on nopeat liikkeet ja suuri törmäysnopeus ja -voima, joten robotti vaatii ympärilleen suoja-aidat. Robotti on ohjelmoitu toimimaan määrätyillä liikeradoilla ja määrätyllä nopeudella. Kyseessä on kuitenkin kone, joka voi esimerkiksi rikkoontua odottamattomasti. Yleisen käsityksen mukaan robotti pitää olla sijoitettu omaan tilaansa, jotta ihmiset eivät vahingossa pääse ajautumaan liian lähelle robottia. Robottijärjestelmät pitää varustaa hätäseis-järjestelmällä, jolla saadaan kaikki robottisolun kuuluvat laitteet pysähtymään heti. Näihin turvallisuus näkökohtiin verraten robottisolu vie robotin koosta ja tehtävästä riippuen yllättävän paljon tilaa. Tämä tilakysymys tulee huomioida investointia harkittaessa.

Käytännön selvitystyö aloitettiin siten, että robotin soveltuvuutta kappaleen jysintään testattiin käytännössä. Tässä työssä käytettiin Fanucin 7 kilon ja Mitsubishin 12 kilon nostovoimaisia koneita. Ensimmäiseksi selvitettiin, millaisen kappaleen käsittelyvoiman jysintä vaati robotilta. Testausta varten robotille rakennettiin tarttuja, joka otti kiinni jysittävästä kappaleesta ja siirsi kappaleen jysinterälle. Robotti kuljetti jysittävää kappaletta jysinterää vasten. Tähän työhön robotti tarvitsee tietyn vähimmäisvoiman. Vähimmäisvoiman tarve tarkoittaa sitä, että robotti jaksaa pitää ja kuljettaa jysittävää kappaletta terää vasten riittävän vakaasti. Tähän vaiheeseen ei ollut minkään tyyppistä

laskukaavaa tai valmista taulukkoa, vaan asia piti selvittää kokeilemalla. Tuloksena todettiin, että robottia on mahdollista käyttää mehiläispesän kehän päätylistan työstämiseen ja että molemmat robotit, 7 kg ja 12 kg, riittävät voimaltaan kannattelemaan jyrstävää kappaletta.

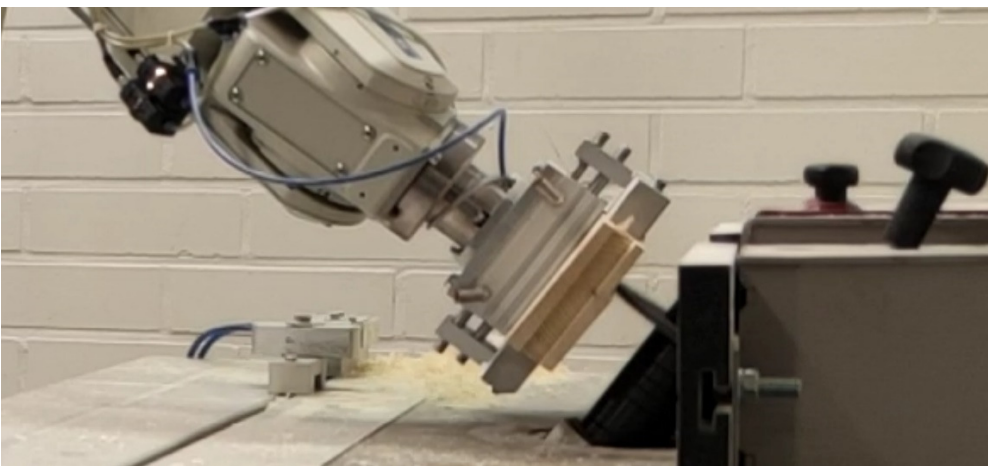
4.2 Robottityöstö

Robotilla tehty työstö suoritettiin teollisuusrobotilla (Mitsubishi 12 kg), joka oli poistettu tuottavasta työstä ikänsä puolesta ja näin ollen se soveltui testin tekemiseen ilman suuria kustannuspaineita tuotannon menetyksistä. Robotti oli teollisuushallissa asianmukaisessa ympäristössä. Robottiin rakennettiin tarttuja, joka ottaa työstettävän kappaleen reunoistaan kiinni tarttujaan. Robotin ohjelmoinnista vastasi robotiikka-alan ammattilainen ja kouluttaja Petri Kolehmainen. Robotin kanssa sovitettiin yhteen perusmallia oleva kallistuvakarainen alajyrsin 30 mm:n karalla. Jyrsimessä käytettiin 8 mm leveää 125 mm halkaisijaltaan olevaa urajyrsinterää. Alajyrsimeen oli lisäksi yhdistetty purunpoistoimuri 100 mm:n letkulla. Näiden laitteiden lisäksi rakennettiin työstettävää kappaletta varten yksinkertainen makasiini, josta robotti noutaa työstettävän kappaleen. Samalla makasiinissa on työstettävän kappaleen kääntöä varten kiinteä taso, jossa robotti saa asemoitua kappaleen tarttujaan oikeaan kohtaan.

Työstettävä kappale oli mitoiltaan P232 x L98 x K35 mm. Materiaalina oli havupuu eli mänty tai kuusi. Alkutilanteessa kappale oli edellä mainittujen mittojen mukainen ja lopputilanteessa siihen oli jyrstetty ohennus molemmin puolin 3 mm:n paksuudelta ja 160 mm:n pituudelta. Kappaleen lopullinen paksuus on ensimmäisestä päästä 35 mm ja toisesta päästä 29 mm (35 mm–3 mm x 2). Ohennus kappaleeseen tulee 160 mm:n matkalle kappaleen molemmin puolin. Ohennuksen lisäksi kappaleeseen jyrstettiin molempiin päihin urat, jotka olivat kooltaan 16 mm ja 12 mm. Kappaleen paksumpaan päähän tulee 16 mm:n ura ja ohuempaan 12 mm:n ura. Urien syvyys oli 10 mm.

Kaikki nämä toimenpiteet työstettävälle kappaleelle tehtiin samalla kerralla ja samalla 8 mm:n paksuisella terällä. Kappaleen päihin tulevat urat jyrstettiin kolmella ajolla uraa kohden (kuva 4). Periaatteessa 16 mm:n ajon voisi tehdä kahdella ajolla (8 mm + 8 mm = 16 mm), mutta uran varmemman mittatarkkuuden ja näin laadun takaamiseksi urat jyrstettiin kolmella

ajolla. Suuremman haasteen jyrseinajojen määrässä aiheutti työstettävän kappaleen ohennusten jyrsiminen (kuva 5). Jyrshintä täytyy suorittaa 98 mm:n levyiseltä alalta 8 mm:n leveällä terällä. Teoriassa laskettuna ohennuksen jyrshintä pitäisi onnistua 13:lla ajolla/puoli, mutta käytännössä ajoja oli 14 kappaletta puoleensa. Tällöin ajojen limitys ei ollut niin herkkä virheille.



Kuva 5. Työstökappaleen ohennuksen jyrshintä

Työstö tapahtui siten, että robotti otti makasiinista työstettävän kappaleen tarttujaan ja siirsi sen asemointipisteeseen. Asemointipisteessä tarttuja irrotti otteensa työstettävästä kappaleesta ja tarttui siihen uudelleen. Tällä varmistettiin työstettävän kappaleen oikea sijainti tarttujassa, jotta työstettävät urat sekä ohennus jyrmittiin oikeaan kohtaan.

Asemoinnin jälkeen robotti siirsi jyrmittävän kappaleen jyrsimelle ja alkoi jyrsiä ensimmäistä uraa kappaleen päähän. Ura jyrmittiin kolmella ajolla. Tämän jälkeen robotti pyörytti jyrmittävän kappaleen ympäri ja jyrsi uran kappaleen toiseen päähän. Tämäkin ura jyrmittiin kolmella ajolla. Urien jyrmittämisen jälkeen robotti käänsi kappaleen siihen asentoon, että se voi alkaa jyrsiä ensimmäistä ohennusta kappaleen toiselle puolelle. Tämän jyrmittämisen robotti teki 14:llä ajolla. Tähän saakka robotti oli voinut työstää kappaletta ensimmäisellä tartunnalla. Kappaleen toiselle puolelle tehtävää ohennusta varten robotin täytyi kääntää kappale ympäri tarttujassa. Tämän robotti teki laskemalla jyrmittävän kappaleen jyrsinpöydällä olevaan telineeseen, päästämällä kappaleesta irti ja tarttumalla uudelleen kiinni kappaleen

toiselta puolelta. Näin jyrstittävä kappale saatiin käännettyä tarttujassa ympäri ja toisen puolen ohennuksen jyrsiminen saattoi alkaa. Ohennuksen jyrsimistä vaati myös 14 ajoa. Tämän vaiheen jälkeen kappale oli valmis seuraavaan työstövaiheeseen. Robotilla tehtyjen työstökappaleiden tulokset näkyvät kuvissa 6 ja 7. Päättylistan lopullinen muoto reikineen on esitelty kuvassa 8.

Robotin tekemä työstökokonaisuus videoitiin ja videosta voitiin tarkastaa työstöihin kuluvat ajat sekä robotin tarvitsemat siirto-, kääntö- ja paikoitusajat. Robotin tekemät työstöt kestivät ajallisesti kokonaisuudessaan 3 min 35 sekuntia/kappale. Kaikille työstön osille mitattiin taulukossa 1 näkyvät ajat. Testiajoja ajettaessa tehtiin sellaisia huomioita, että työstön nopeudet ovat maksimissaan kuvatulla videolla, mutta siirto-, kääntö-, ja tartunta-ajoja voisi nopeuttaa arviolta jopa 50 %. Tällöin työstöprosessi nopeutuisi kokonaisuudessaan 35 sekuntia jääden kokonaisajaltaan tasan 3 minuuttiin.

Taulukko 1. Robotin työstöajat

Työvaihe	Kellonaika	Tehtävän aika	Nopeutus 50%
Alkutartunta ja paikoitus	0.00 – 0.30	30 sekuntia	- 15 sekuntia
Ura 1	0.30 – 0.44	14 sekuntia	
Ura 2	0.46 – 1.00	14 sekuntia	
Ohennus 1	1.03 – 1.58	55 sekuntia	
Kappaleen kääntö	1.58 – 2.34	36 sekuntia	- 18 sekuntia
Ohennus 2	2.34 – 3.30	56 sekuntia	
Kappaleen irrotus ja poisto	3.30 – 3.35	5 sekuntia	- 2 sekuntia
Aika yhteensä		3 min 35 sek	3 min 00 sek

4.3 Manuaalityöstö

Edellä mainittua robotilla työstettyä kappaletta valmistetaan tällä hetkellä käsityönä manuaalisesti käyttäen apuna kahta työstökoneetta ja kolmea erilaista terää. Kone on yksinkertainen manuaalinen alajyrsin, joka on ominaisuuksiltaan samanlainen kuin robotti työstössä. Manuaalityöstössä alajyrsimessä joudutaan käyttämään kahta erilaista terää, jotka ovat 12 mm:n ja 16 mm:n suorat uraterät. Näillä tehdään työstettävän kappaleen molempiin päihin urat. Urien ollessa erikokoiset joudutaan vaihtamaan urien teon välissä eri kokoinen terä koneeseen.

Toinen käytettävä kone on manuaalinen oikohöylä, jolla tehdään ohennukset työstettävään kappaleeseen molemmin puolin yhdellä ja samalla terällä kappaletta kääntäen. Tämä työvaihe on hieman vaarallinen ja sitä varten on jouduttu kehittämään eräänlainen kahva/pidike työstettävää kappaletta varten, jotta koneen käyttäjän kädet pysyvät kauempana pyörivästä ja leikkaavasta terästä.

Manuaalista työstöä varten oli P232 x L98 x K35 mm:n kokoisia kappaleita tehty valmiiksi noin 150 kappaletta. Alajyrsimeen oli asennettu 12 mm:n kokoinen urajyrsinterä ja jokaiseen kappaleeseen tehtiin toiseen päähän 12 mm:n ura. Tämän jälkeen alajyrsimeen vaihdettiin kiinni 16 mm:n terä ja sillä jyrsittiin kappaleiden toiseen päähän ura. Näiden urien jyrsimisen jälkeen siirryttiin oikohöylälle, jossa höylättiin ohennus työstettävän kappaleen molemmille puolille. Oikohöylässä oleva terä on tavallisessa höylässä oleva suora kurso. Ohennuksia työstettäessä kappale käännettiin kerran ympäri.

Molemmat laitteet eli alajyrsin ja oikohöylä täytyi varustaa tarkasti näihin tarkoituksiin tehdyillä ohjureilla ja säätää vielä ohjurit terien suhteen millilleen oikeaan kohtaan. Tämä ohjurien asennus ja säätö yhdessä terien kanssa on hidasta työtä. Lisäksi ohjurien ja terien säädössä jouduttiin tekemään useita testikappaleita, joilla tarkistettiin, että tulevat työstöt ovat oikean kokoisia ja oikeassa kohdassa. Testi osoitti, että molempien koneiden terien ja ohjurien passaaminen vie noin tunnin. Itse työstöihin käytetty aika manuaalisessa työstössä oli huomattavasti pienempi kuin robotilla tehdessä, jos terien vaihtoa ja työstäjän eli ihmisen inhimillisiä tarpeita ei oteta huomioon. Manuaalityöstössä kuluneita aikoja on taulukossa 2 näkyvät ajat.

Taulukko 2. Manuaaliset työstöajat

Työvaihe	Aika	
Jyrsintä, ura 1	5 sekuntia	
Jyrsintä, ura 2	5 sekuntia	
Ohennushöyläys molemmin puolin	10 sekuntia	
Terien asennus alajyrsimeen	1 tunti = 3600 sekuntia	
Terän vaihto urien välissä	1 tunti = 3600 sekuntia	
Höylän ohjurin asennus	0,5 tuntia = 1800 sekuntia	
Yhteensä, arvio	60 sekuntia/työstökappale (Tässä huomioitu terien vaihdot ja ohjurien asennukset)	

Käytännön työssä huomattiin, että ihmisen jaksaminen ja keskittymiskyky huomioon ottaen noin 150 kappaleen jyrsintä ja ohennushöyläys ovat maksimimääriä, minkä jälkeen on pidettävä tauko. Molempien työvaiheiden välissä on siis pidettävä tauko. Tuloksena todettiin, että laskettaessa kaikki työvaiheisiin kuluneet ajat yhteen ja jakamalla se 150 kappaleella saadaan yhteen työvaiheeseen käytetyksi ajaksi noin 60 sekuntia yhtä työstettyä kappaletta kohden. Tämä 60 sekuntia on selvästi pienempi aika kuin robotilla.

Tässä vaiheessa esiin nousevatkin inhimilliset tekijät ja vastaavasti robotin konemainen puoli. Robotti voi tehdä samaa työtä pitkiä jaksoja pysähtymättä, mutta ihmisen on pakko pitää taukoja työn välissä. Ilman taukoja keskittyminen todennäköisesti herpaantuu ja alttius vahingoille kasvaa. Tällöin koneiden käyttö on vaarallista ja siksi lepotaukojen pitäminen on välttämätöntä. Lepotauoista huolimatta suuressa työmäärässä vahinkojen mahdollisuus on todennäköisempää. Lisäksi hyvin suunniteltu ja toteutettu robottisolu antaa työntekijälle vapauden tehdä jotain muuta työtä silloin, kun robotti hoitaa omaa työtään. Manuaalityöstössä ihminen ei myöskään siedä ulkopuolisia häiriöitä jo pelkästään työturvallisuuden vuoksi. Vertailtaessa näitä kahta valmistustapaa ajallisesti saadaan seuraavia tuloksia: robotilla 150 kappaleen työstöihin kuluu aikaa yhteensä 7,5 h. Manuaalisesti työstöihin kuluu aikaa 2,5 h. Näin ollen ihminen on selvästi nopeampi tässä työssä, vaikka ajassa huomioidaan myös lepotauot.

Robotti- ja manuaalityöstöjä tutkimalla pyrittiin selvittämään, kumpi työstötapa on ajallisesti tehokkaampi, robotti vai manuaalinen, päätylistan työstössä. Selvitys osoitti, että manuaalityöstö on huomattavasti nopeampi kestäen vain 1 minuutin verrattuna robottityöstön 3 minuuttiin. Manuaalityöstön yhteen minuuttiin oli jo sisällytetty arvioitu terien ja ohjurien asentamiseen käytettävä aika. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli manuaalityöstössä tehdään kerralla suurempia työstöeriä, vähenee terien ja ohjurien vaihtojen määrä, jolloin manuaalityöstön laskennallinen nopeus työstökappaletta kohden paranee entisestään. Seuraavissa laskelmissa käytettiin hyväksi työstöselvityksessä kerättyä aineistoa.



Kuva 6. Päätylistan työstökappale



Kuva 7. Päätylistan työstökappale, ohennus



Kuva 8. Lopullinen päätylista

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää millaiset käyttömahdollisuudet ja miten kannattava robotti on mehiläiskaluston valmistuksessa. Kysymykseen vastattiin selvittämällä robotti-investoinnin kannattavuutta taloudellisilla arviointimenetelmillä sekä käyttömahdollisuutta ei-taloudellisilla arviointimenetelmillä.

Taustana todetaan, että tutkimuksessa täytyy huomioida hankittavan robotin hinta eli se, ostetaanko robotti uutena vai käytettynä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin uuden robotti-investoinnin kannattavuutta. Tutkimuksessa selvitettiin valmistettavan kappaleen työkustannuksia ja aikasäästöjä sekä laskettiin investoinnin kannattavuutta koron huomioivalla takaisinmaksuaika- ja nettonykyarvomenelmällä. Koska tarkkoja kannattavuuslaskelmia oli haastavaa tehdä, kannattavuutta tarkasteltiin useilla erilaisilla menetelmillä huomioiden kuitenkin, että esimerkiksi yllättäviä kustannuksia tai riskitekijöitä ei voitu täsmällisesti arvioida. Ei-taloudellisia arviointimenetelmiä hyödynnettiin vain robotin käyttömahdollisuuksien arvioinnissa, sillä monien muiden ei-taloudellisten arviointimenetelmien käyttö olisi laajentanut opinnäytetyötä entisestään. Käytännössä ei-taloudellisia arviointimenetelmiä olisi voinut käyttää laajemmin, jos kannattavuuslaskelmat olisivat olleet positiivisemmat.

5.1 Taloudelliset arviointimenetelmät

Kehän osat (4 kpl) maksavat tällä hetkellä yleisillä markkinoilla noin 0,60 euroa ilman arvonlisäveroa eli kyse on suhteellisen edullisesta osasta. Materiaalien hinta kehää kohden sahatavarana on yrittäjän omien laskelmien mukaan noin 0,27 euroa ilman arvonlisäveroa ja sisältäen valmistuksessa syntyvän hukan. Kehä koostuu neljästä osasta, joista vain päätylistat, kaksi kappaletta, ovat samanlaisia. Erilaisia osia on siis kolme kappaletta. Nämä osat ovat ylälista, alalista ja molemmat päätylistat. Päätylista on näistä työläin valmistaa, koska siinä on 8 työvaihetta eli höyläys, sahaus, neljä jyräystä ja siivutus ja reikien poraus. Tässä selvitystyössä keskitytään päätylistan tekoon. Käytännön työssä on huomattu, että yhden päätylistan materiaalien hinnaksi muodostuu 0,05 euroa kappaleelta. Ylälista ja alalista ovat hieman suurempia ja siksi ne ovat materiaaleiltaan hieman kalliimpia. Vastaavasti markkinahintaan suhteutettuna päätylistan hinnaksi tulee 0,15 euroa kappaleelta yksinkertaisella laskutoimituksella 0,60 euroa/4 kpl. Tätä yksinkertaista laskutapaa käytetään,

koska näitä osia ei voi irto-osina käyttää ja myydä. Haasteelliseksi kustannusten ja investoinnin kannalta tekee robotin hinta, oli se sitten uusi tai käytetty.

Työn osuus päätylistan osalta lasketaan seuraavilla lähtöarvoilla: puusepänteollisuuden työehtosopimuksessa palkkaryhmässä 6 tuntipalkka on 12,58 euroa/h ja kuukausipalkka 2194 euroa. Tarkempi tutkimus olisi edellyttänyt tehollisen työtunnin hintaa, mikä on normaalia tuntihintaa korkeampi, mutta työn laajuus huomioiden käytettiin yksinkertaisempaa työehtosopimuksen tuntihintaa. Yhdestä työstetystä kappaleesta saadaan kahdeksan päätylistaa riippumatta siitä, tehdäänkö työstö manuaalisesti vai robotin avulla. Tästä voidaan laskea työkustannus yhtä päätylistaa kohden. Robotti ei kuitenkaan työskentele ilman tuntihintaa eli käyttökustannusta. Eräässä selvityksessä robotin työtuntihinnaksi arvioitiin 3 euroa tunnilta. Tämä koostuu sähkön kulutuksesta, huolloista yms. juoksevista kuluista (Jussila, 2017, s. 87).

5.1.1 Työaikojen vertailu palkkakustannuksiin nähden

Työaikojen vertailussa lähtökohtana on eri työstötapojen työstöajat yhtä työstettävää kappaletta kohden.

Ihmisen tekemänä työn osuus on yksi minuutti työstettyä kappaletta kohden ja työstökappaleesta saadaan kahdeksan päätylistaa.

$$12,58 \text{ euroa} : 60 \text{ min} = 0,21 \text{ euroa/min}$$

$$0,21 \text{ euroa} : 8 = 0,026 \text{ euroa/päätylista}$$

Robotin tekemänä työnosuus on kolme minuuttia työstettyä kappaletta kohden ja työstökappaleesta saadaan kahdeksan päätylistaa.

$$3 \text{ euroa} : 60 \text{ min} = 0,05 \text{ euroa/min}$$

$$3 \text{ min} \times 0,05 \text{ euroa} = 0,15 \text{ euroa/työstökappale}$$

$$0,15 \text{ euroa} : 8 \text{ kpl} = 0,019 \text{ euroa/päätylista}$$

Robotin tekemänä työstö on noin 37 % halvempaa, mutta robotin tekemänä työstö kestää kolme kertaa kauemmin. Ihmisen tekemänä työstöihin kului aikaa 2,5 tuntia 150 työstön sarjoissa ja robotilta tähän menee 7,5 tuntia eli kolme kertaa enemmän. Robotin hitaudesta johtuen manuaalityöstö on ehdottomasti kannattavampaa. Lisäksi tässä työssä ei pystytty arvioimaan tarkemmin, kuinka paljon robotti tarvitsee ihmisen työpanosta toimintaansa jyrshintäytön aikana. Joka tapauksessa tämä ihmisen työpanos heikentää robotin kannattavuutta. Tämä laskutapa ei näin ole tässä tapauksessa kelvollinen robotti-investoinnin kannattavuuden selvittämisessä.

5.1.2 Kannattavuuslaskelmat

Robotti-investoinnin kannattavuus selvitettiin lisäksi kustannus- ja investointilaskelmilla. Robottien ylläpitokustannukset jaetaan kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Kiinteitä kuluja ovat robotin ylläpitoon vaadittavat henkilöstön palkka- ja koulutuskulut. Muuttuvat kulut riippuvat robotin käytön määrästä, joka puolestaan vaikuttaa robotin huollon tarpeeseen. Robotisoinnin kustannukset muodostuvat Jussilan (2017, s. 86) mukaan karkeasti seuraavalla tavalla: lähes puolet muodostuu robotista ja siihen liittyvistä toimilaitteista ja noin kolmannes kustannuksista koostuu suunnittelusta, laitteiden asennuksesta ja ohjelmointiin tehdystä työstä. Loput noin 20 % kustannuksista koostuu koulutuksista, huolloista ja laitteiston käyttöönotosta.

Jussilan (2017, s. 86) mukaan isojen tuotantoyrityksien robotisoinneissa pyritään kahden vuoden takaisinmaksuaikaan, jotta investointia voidaan pitää järkevänä. Yrityksen tapauksessa kahden vuoden takaisinmaksuaika olisi liian optimistinen, sillä puuteollisuudessa ei voida päästä robotin kanssa samaan tehokkuuteen kuin isoja massoja valmistavassa kappalevarateollisuudessa. Lisäksi robotin tuottama tuote on osin sesonkiluonteista painottuen kevääseen ja alkukesään. Näin muuna aikana tuotettu tuotanto vaatii varastotiloja. Varastotilojen käytön optimoimiseksi tuotantoa kannattaa painottaa enemmän talveen ja kevääseen. Koska kyseessä on perheyrityksen investointi, voidaan todeta myös, että robotin käyttämiseen ei riitä työvoimaa mehiläisten hoitotyön sesonkiaikana eli keskikesällä.

Aiemmassa selvityksessä (S) oli hankittu uusi robotti oppilaitoksen käyttöön. Tämä robotti oli kooltaan ja malliltaan soveltuva myös yrityksen käyttöön, joten tutkimuksessa sovelletaan

muutamia aiemmassa selvityksessä esiin tulleita lukuja. Selvityksessä robotin hankintahinta oli 30000 euroa tarvittavine välineineen. Jussilan selvityksessä (2017, s. 86) tuli esille, että robotin hinta on noin puolet koko investoinnin hinnasta ja näin ollen voi laskea yrityksen investoinnin hinnaksi karkeasti 60000 euroa. Tuotantonopeuden tuntihinta ei ole vertailukelpoinen laskentatapa, koska ihmisen ja robotin tuotantonopeuksissa on merkittävä ero. Tämän perusteella laskenta-arvoksi on valittava työaikojenvertailukappaleessa esitetty 0,019 euroa/päättylistaa kohden. Päättylistojen valmistushintoja vertaillessa robotin hyödyksi saadaan (manuaalityöstetty päättylista – robottityöstetty päättylista) 0,026 euroa/päättylista – 0,019 euroa/päättylista = 0,007 euroa/päättylista (kaava 1). Investoinnin arvon ollessa 60000 euroa saadaan laskettua tarvittava päättylistojen määrä (investoinnin arvo jaettuna saatu hyöty päättylistaa kohden) $60000 \text{ euroa} : 0,007 \text{ euroa/päättylista} = 8571429$ päättylistaa. Työstetystä kappaleesta saadaan kahdeksan päättylistaa eli robotin täytyisi tehdä työstöjä $8571429 : 8 = 1071429$ työstöä. Näin suuri työstöjen määrä veisi robotilta aikaa 6696 työpäivää eli työ veisi 24/7 toiminnalla aikaa robotilta yli 18 vuotta kertaakaan pysähtymättä. Tämäkään ei ole realistinen laskentatapa, koska tässä ei huomioida kehän työvaiheita ja lasketaan ainoastaan rahallista säästöä ja työhön kulunutta aikaa.

$$PLm\text{€} - PLr\text{€} = PLero \quad (1)$$

$$0,026\text{€} - 0,019\text{€} = 0,007\text{€}$$

$$PL = \frac{Inv}{PLero}$$

$$PL = \frac{Inv}{PLero} = \frac{60000\text{€}}{\frac{0,007\text{€}}{kpl}} = 8571429 \text{ kpl päättylistoja}$$

$$TK = \frac{8571429 \text{ kpl}}{8 \text{ kpl}} = 1071429 \text{ kpl työstöjä}$$

missä

PL on päättylista / kpl

TK on työstökappale / kpl

PLr€ on robotilla tehty päätylista / €

PLm€ on manuaalisesti tehty päätylista / €

PLero on päätylistan erotus

Inv on investointi / €

Robotin tuoman aikasäästön laskenta koko kehän osalta osoittautui hankalaksi. Robotti kykenee tekemään päätylistan työvaiheista puolet. Päätylistassa on kahdeksan työvaihetta ja robotti tekee niistä neljä. Tutkimuksessa asiaa lähdettiin ratkaisemaan seuraavalla tavalla: kehän kaikki työvaiheet laskettiin yhteen ja siitä laskettiin robotin tekemä osuus. Ylälistassa on viisi (5) työvaihetta, alalistassa on viisi (5) ja päätylistassa on kahdeksan (8) työvaihetta. Yhteensä työvaiheita on siis 18 kappaletta. Näistä päätylistan kahdeksasta työvaiheesta robotti tekee puolet eli neljä eli robotin tekemä työ on 22,2 %. Työn osuudeksi kehän hinnasta (0,60 euroa) jää 0,26 euroa kehältä. Tältä osalta laskettuna 22,2 % säästö on noin 0,06 euroa. Investoinnin arvon ollessa 60000 euroa täytyy robotin tehdä 1000000 päätylistan työstöt. Päätylistoja tulee jyritystä kappaleesta kahdeksan. Hyödyksi voidaan kuitenkin laskea vain neljä kappaletta, koska jokaisessa kehässä on molemmat päädyt eli yhteensä kaksi päätyä. Näin laskien kappaleiden jyrityksiä robotin tulee tehdä 250000 kappaletta. Yhden kappaleen jyritykseen kulutettu aika on kolme minuuttia eli robotilta kuluisi aikaa 750000 minuuttia eli 12500 tuntia. Mikäli robotti tekisi työtä 8 tuntia päivässä, aikaa kuluisi noin 1563 työpäivää. Tähän ei ole vielä laskettu robotin vaatimaa 3 euroa/h käyttö- ja huoltokuluja. Robotin toimiessa 12500 tuntia aiheutuu yhteensä 37500 euroa käyttökuluja.

Seuraavaksi laskettiin investoinnin *takaisinmaksuaika* (kaava 2). Tarkoitukseni tällä hetkellä on saada yritykselle lisätuloja kehien valmistuksesta. Ajatus on aluksi valmistaa noin 50000 kehää vuodessa eli 100000 päätykappaletta. Työstökappale tarkoittaa siis yhtä robotin jyritystä puukappaletta, josta saadaan kahdeksan valmista päätykappaletta. Tästä voidaan laskea tarvittavien työstökappaleiden määrä (päätykappaleiden määrä : työstetystä kappaleesta saatava päätyjen määrä) $100000 \text{ kpl} : 8 \text{ kpl} = 12500$ työstökappaletta. Yhdestä

kehästä saatava 0,26 euron työtulo tekee vuodessa 13000 euroa. Tästä summasta laskettuna robotin tekemä osuus 22,2 % tekee 2886 euron vuosittaisen tuoton robotille. Robotin täytyisi jyrsiä 12500 työstökappaletta ja siihen kuluisi aikaa 625 tuntia. Tästä aiheutuu robotin 3 euroa/h kustannuksella 1875 euron käyttökulut robotille. Näin saadaan robotin todellinen vuosisäästö 2886 euroa – 1875 euroa = 1011 euroa. Robotti-investoinnin ollessa 60000 euroa veisi sen takaisinmaksu noin 59 vuotta aikaa. Tämän perusteella robotin käyttöastetta pitäisi nostaa hurjasti ja keksiä sille muutakin arvokasta tekemistä. Kun tässä laskentatavassa huomioidaan 5 % korko eli tuottovaatimus, niin laskelman mukaan takaisinmaksuajaksi tulee 59,3 vuotta. Tässä takaisinmaksuajan kaavassa ei huomioida kuitenkaan investoinnin jäännösarvoa.

Takaisinmaksuajan kaava (Tevä-Helminen, 2013, s. 22)

$$\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (2)$$

missä

t on ajankohta

r on korkokanta

S_t on investoinnin tuottama nettokassavirta hetkellä t

I_0 on investointimeno lähtöhetkellä.

Koska kehien saatavuudessa saattaa olla lähitulevaisuudessa haasteita, tämä voi tarkoittaa kehien hinnan nousua. Tämän vuoksi tutkimuksessa haluttiin selvittää investoinnin kannattavuutta kehien erilaisilla hinnoilla. Nykyisin kehän hinta on noin 0,60 euroa ilman arvonlisäveroa. Tutkimuksessa laskettiin, miten kannattavaa investointi on takaisinmaksumenetelmällä, jos kehän hinta on 0,75 euroa, 1,00 euroa tai 1,25 euroa. Tuloksena todettiin, että takaisinmaksumenetelmällä investointi ei ole kannattava, vaikka kehän hinta nousisi 1,25 euroa eli yli kaksinkertaistuisi nykyisestä. Laskelmat on esitelty liitteissä.

Koska takaisinmaksuaikamenetelmä ei huomioi investoinnin jäännösarvoa, laskettiin seuraavaksi investoinnin kannattavuutta positiivisen jäännösarvon huomioivalla *nettonykyarvomenetelmällä* (kaava 3). Oletusarvoksi otettiin 5000 euron jäännösarvo noin 12 vuoden käytön jälkeen. Jäännösarvon oletus perustuu yleiseen hintatasoon: tällä hetkellä käytettyjen 12 kilon robottien hinnat ovat noin 5000–10000 euroa, mutta tulevaisuudessa hinnat todennäköisesti laskevat tarjonnan lisääntyessä. Apuna laskelmassa käytettiin Kuntaliiton investointilaskuria. Lähtöarvoina käytettiin robotin tekemää vuosittaista tuloa 2886 euroa ja robotin käyttökuluja 1875 euroa. Laskelma osoitti, että yrityksen suunnittelema 50000 kappaleen kehämäärä ei riitä kannattavuuteen, vaan yrityksen täytyisi valmistaa kehiä 144664 kappaletta vuosittain, jotta investointi olisi kannattavaa 12 vuoden investointina. Tällöin robotin pitäisi saavuttaa 8350 euron vuosittainen tulo. Nettonykyarvomenetelmälläkään laskettuna robotti-investointi ei ole yritykselle taloudellisesti kannattava.

Nettonykyarvomenetelmän kaava (Jormakka ym., 2015, s. 235; Niskanen & Niskanen, 2016, s. 308):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} + \frac{I_n}{(1+r)^n} - I_0 \quad (3)$$

missä

NPV on nettonykyarvo

NCF on nettokassavirta

I_0 on investoinnin hankintameno tai alkuinvestointi

I_n on investoinnin jäännösarvo

n on investoinnin pitoaika vuosina

t on aika

r on diskonttokorko

t on ajankohta

r on korkokanta

S_t on investoinnin tuottama nettokassavirta hetkellä t

I_0 on investointimeno lähtöhetkellä.

Kehien mahdollista hinnannousua testattiin myös nettonykyarvolaskelmilla. Tutkimuksessa laskettiin, miten kannattavaa investointi on nettonykyarvomenetelmällä, jos kehän hinta on 0,75 euroa, 1,00 euroa tai 1,25 euroa. Jäännösarvona oli 5000 euroa. Tuloksena todettiin, että myös tällä menetelmällä investointi ei ole kannattava. Laskelmat on esitelty liitteissä.

5.2 Ei-taloudelliset arviointimenetelmät

Ei-taloudellisia arviointimenetelmiä käytettiin tutkimuksessa robotin käyttömahdollisuuksien selvittämisessä. Käyttömahdollisuuksia selvitettiin kolmesta eri näkökulmasta: millainen robotti on järkevintä hankkia, onko robotti soveltuva yrityksen tiloihin turvallisuusnäkökulmasta ja miten robotti pystyy valmistamaan päätylistan.

Opinnäytetyö aloitettiin kokoamalla tietoa robotin ja cobotin eroista ja sovellettavuudesta ja konsultoimalla alan ammattilaista nimeltään Petri Kolehmainen. Teollisuusrobotin todettiin soveltuvan yritykselle paremmin, koska robotti ei ole niin herkkä momenttien muutoksille cobotin tavoin, vaikka molemmat ovat samaa hintatasoa.

Toinen ei-taloudellinen arviointimenetelmä oli robotin turvallisuusnäkökulma. Robotin työturvallisuuden haasteet johtuvat robotin nopeista liikkeistä ja suurista törmäysnopeudesta ja -voimasta, joten robotti vaatii ympärilleen suoja-aidat ja tilaa liikkumiseen. Yleisen käsityksen mukaan robotti pitää olla sijoitettuna omaan tilaansa ja ihmisten kulkemiseen ja robotin liikkeille pitää jättää tilaa runsaasti. Vaikka robotin varustaisi hätäseis-järjestelmällä ja suoja-aidoilla, robotin vaatima tila vaatisi yritykseltä isoja järjestelyjä, kuten monen muun toiminnan siirtämistä muihin tiloihin. Tällä tilakysymyksellä on negatiivinen vaikutus yrityksen investointihalukkuuteen.

Kolmantena ei-taloudellisena arviointimenetelmänä oli robotin käyttömahdollisuuksien testaaminen päätylistan valmistuksessa. Tämä vaihe vaati testauksen erilaisilla roboteilla, joita oli sekä 7 kilon että 12 kilon robotit. Molemmissa roboteissa pystyi käyttämään samaa

tarttujakättä ja molemmilla roboteilla päätylistan valmistus oli mahdollista mittatarkkuuden eli laadun ollessa riittävä. Tämän lisäksi kokeiltiin erilaisia layouteja robottisolulle. Täten robotin käyttö mehiläispesän kehien päätylistojen valmistuksessa todettiin mahdolliseksi.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin teollisuusrobotin soveltuvuutta pienyrityksen puuntyöstöön. Tarkoituksena oli tutkia teollisuusrobotin toimivuutta ja investoinnin kannattavuutta mehiläispesässä käytettävän puisen kehän päätylistan valmistuksessa. Ensimmäiseksi testattiin robotin käyttömahdollisuudet ei-taloudellisilla arviointimenetelmillä. Tutkimuksessa testattiin voiko robotilla tehdä puukappaleen työstöä yhdessä manuaalisen alajyrsimen kanssa. Testauksessa tehtiin useita testikappaleita, joista mitattiin työstön laatu. Tämän lisäksi kokeiltiin erilaisia layouteja robottisolulle. Testauksessa todettiin, että tutkimuksessa haluttu työstö on mahdollinen ja työstön mittatarkkuus on riittävä.

Tutkimus osoitti, että robotti-investoinnin kannalta suurin hyöty on ihmisen työn korvaaminen. Vaikka robotti olisi yksittäisessä työstössä hitaampi, työn jatkuvuuden kannalta se voittaa ihmisen etenkin siksi, että robotti voi työskennellä pitkään ja tauotta sekä toistaen tylsistyttäviä ja fyysisesti kuluttavia toimenpiteitä. Robotin työtuntihinnan ollessa noin kolme euroa on se monin kertaisesti pienempi kuin ihmisen työtunnin hinta. Hitaissa työstöissä robotilla ei saavuteta tutkimuksen mukaan hyötyä, mutta suuria toistomääriä vaativissa nopeissa töissä saavutetaan kiistatta etua työn jatkuvuudessa. Hitaalla työstöllä tarkoitetaan sellaista kappaleen työstöä, mikä vaatii robotilta useita hitaita liikkeitä, kuten puun jyrsintä. Puun jyrsinnässä liikenopeus ei voi olla liian suuri, koska jyrsinnän lopputuloksen laatu kärsii. Tässä tutkimuksessa korostui, että robotin nopeusetu vähenee silloin, kun tehtävän työn nopeus on rajoitettu ja tehtävä työ vaatii robotilta paljon samaa liiketoistoa. Tämä käy hyvin ilmi ohennusjyrsinnästä, jossa tarvitaan 14 samaa liikettä yhden puolen ohennusta varten. Tätä asiaa voisi kehittää hankkimalla toisen alajyrsimen, joka on varustettu leveämmällä terällä. Näin saataisiin ohennusjyrsintä nopeammaksi. Toisaalta toisen alajyrsimen hankinta parantaisi myös manuaalijyrsinnän tehokkuutta huomattavasti, jolloin aikaa vievä terän vaihto jäisi pois. Terän vaihto on työlästä ja täten kustannuksia merkitsevästi lisäävä, koska vaihtaminen vaatii tarkkuutta ja koekappaleiden tekoa.

Robotin hankinnassa on etuja verrattuna muihin työstökeskuksiin, kuten CNC-työstökeskuksiin, sillä robotin voi ohjelmoida tekemään monipuolisesti erilaisia työtehtäviä. Täytyy kuitenkin huomioda, että robotilla töiden vaihtaminen vaatii uuden ohjelmoinnin ja mahdollisesti robottisolun muutoksia. Vaikka robotin monipuolisuus siis parantaa

kannattavuutta, se vaatii myös robottia käyttävältä henkilöstöltä osaamista, kuten esimerkiksi ohjelmointia. Toinen robotin hankinnan etu on tehokkuus sijoittelussa, sillä robotin tehokkuutta voi parantaa huomattavasti oikeanlaisella sijoittelulla tilaan nähden. Tässä korostuu hyvän robottisolun suunnittelun vaikutus investoinnin kannattavuuteen. Mitä useammanlaista työtä robotti voi samalta paikalta tehdä, sitä paremmaksi kannattavuus muodostuu. Myös robotin käyttöaste on tärkeä kannattavuuden kannalta. Robotti-investoinnit ovat niin kalliita, että niiltä voidaan odottaa työskentelyä myös sellaisina aikoina, kun ihmisen työpanos on liian kallista, kuten iltaisin, viikonloppuisin ja pyhäpäivinä, joskin robotti tarvitsee vähintään yhden ihmisen työpanoksen täyttämään robotin tarpeita työskentelyn aikana ja valvomaan toimintaa. Täysin työvoimasta vapaaksi ei siis päästä robotillakaan.

Kannattavuutta laskettiin useilla eri menetelmillä. Kun asiaa tarkastellessa työn *tuntihinnan* näkökulmasta, robotti oli selvästi edullisempi ihmiseen verrattuna. Pelkkä tuntihinnan vertailu ei kuitenkaan riitä, joten seuraavaksi laskuihin otettiin mukaan robotti-investoinnin arvioidun hinnan *takaisinmaksuaika työstöillä laskettuna*. Tutkimuksessa laskettiin kuinka monta työstöä pitäisi tehdä, että robotti olisi maksanut hintansa takaisin. Laskelmat osoittivat, että työstöjen määrä oli niin suuri, ettei robotti kykene sellaiseen. Tässä laskutavassa ei ole kuitenkaan huomioitu robotin vaatimaa työtuntihintaa eli käyttökustannuksia, eikä robotin tekemä työosuus ole riittävän tarkka. Täten todettiin, että investointipäätöksen tekoon tarvitaan tarkempia taloudellisia kannattavuuslaskelmia.

Kolmannessa arviointimenetelmässä lähdettiin ratkaisemaan kehää kohden tehtyä työn määrää kokonaisuudessaan ja sen avulla ratkaistiin robotin tekemän työn osuus prosentuaalisesti. Kehän valmistus vaatii 18 eri työvaihetta ja robotti tekisi näistä neljä työvaihetta eli 22,2 %. Tämä laskentatapa näytti realistisemmalta ja se huomioi myös robotin vaatiman työtunnin hinnan robotin käyttökuluille. Laskettaessa robotin tuomaksi vuosihyödyksi 1011 euroa, saatiin 5 % tuottovaatimuksella *takaisinmaksuajaksi* 69,4 vuotta. Tämä on ehdottomasti liian pitkä aika, sillä optimaalinen aika olisi noin 5–8 vuotta. Tässä takaisinmaksumenetelmässä ei kuitenkaan huomioitu robotin jäännösarvoa tai takaisinmaksuajan jälkeisiä kassavirtoja, joten seuraavaksi laskettiin kannattavuutta nettohyödyntymismenetelmällä.

Neljännessä laskutavassa eli *nettonykyarvomenetelmässä* laskettiin kuinka paljon yrityksen pitäisi tehdä kehiä vuosittain, jotta investointi olisi kannattava. Yrityksen tavoittelemalla 50000 kehän vuosimäärällä investointi ei ollut kannattavaa. Oli kuitenkin mielenkiintoista huomata, että valmistamalla vuosittain 144664 kehää 12 vuoden ajan tulisi investoinnista kannattava. Toki tässä on vielä runsaasti epävarmuuksia ja monia riskejä, mutta voidaan todeta, että, että robotille tulee saada mahdollisimman paljon työtä, koska silloin kannattavuus paranee selvästi. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että robottisolu voisi koostua robotin ympärillä olevasta useammasta laitteesta, joita robotti voisi hyödyntää. Näin robotille saataisiin töitä mahdollisimman paljon ja erilaisilla koneilla. Tarttujaa ja ohjelmaa vaihtamalla robotti voisi tehdä aina uutta tuottavaa työtä. Tässä yrityksen projektissa voisi robotin kohtuullisen vähällä työllä ohjelmoida jyrityöstön jälkeen asettamaan jyrityn kappaleen moniteräsirkkeliin, joka varustettaisiin pneumaattisella sylinterillä, joka työntäisi kappaleen terien läpi. Tällä tavoin saataisiin yksi työvaihe enemmän robotille. Loppujen lopuksi näissä robottisovelluksissa on rajana vain mielikuvitus, aika ja raha.

Omien laskelmien ja havaintojen perusteella tämän kaltaisessa pienessä yrityksessä ei ole taloudellisesti kannattavaa investoida robottiin, vaikka kehän hinta nousisi reilusti nykyisestä hintatasostaan. Työn täytyisi olla jatkuvampaa ja suurempaa volyymilta. Toinen selkeä havainto on se, että robotin on kannattavaa tehdä sellaista työtä, joka on yksinkertaista ja nopeatempoista. Lisäksi robotilla kannattaa teettää sellaista työtä, joka liian vaikeaa ja vaarallista ihmisen tekemänä. Tässä tutkimuksessa päästään suurempiin nopeuksiin ihmisen tekemänä ja paljon pienemmällä investoinneilla. Lisäksi täytyy huomioida ei-taloudelliset tekijät eli robotti vaatii paljon erityisosaamista jatkossakin, mikä laskee vielä kannattavuutta edelleen huonommaksi. Inhimillisillä kriteereillä arvioituna robotti pärjää ihmiselle ja jaksaa tehdä yksitoikkoista työtä väsymättä, mutta yrityksen tapauksessa sekään ei tuo riittävästi lisäarvoa tai lisää kilpailukykyä. Investoinnin nettonykyarvomenetelmällä laskettuna robotisoinnin voisi saada kannattavaksikin riittävällä kehien valmistusmäärällä vuosittain. Epävarmuustekijöitä on kuitenkin monta. Esimerkiksi tällä hetkellä tuotteiden hinnat ovat markkinoilla noususuunnassa niin työn, kuin raaka-aineidenkin hintojen nousun vuoksi. Arvioidaan, että valmistuksen kustannukset tulevat siis nousemaan tässä tutkimuksessa käytetyistä summista.

Johtopäätöksenä todetaan, että yrityksen ei kannata investoida robottiin. Yritys kehittää työskentelyä manuaalisilla koneilla ja jos tuotteen menekki kasvaa, yritys investoi

työstölinjastoon, joka tekee vain ja ainoastaan kehien osia, mutta työstöajat ovat nopeita ja tuottavuus suurta, vaikka työstölinjaston hankintahinta on suurempi kuin robotilla. Myös turvallisuus pystytään työstölinjastolla huomioimaan paremmin. Tällaisen työstölinjaston etuna on myös se, että robottien vaatimaa merkittävää osaamista ja kokemusta ei yrittäjän tarvitse opetella ainakaan tässä elämän vaiheessa. Huonona puolena työstölinjastosta mainittakoon sen vaatima suuri tilantarve ja laitetoimittajat ovat ulkomaisia. Tällä hetkellä työstölinjastojen toimitusajat ovat todennäköisesti pitkiä maailmalla vallitsevan komponenttipulan vuoksi. Arvio tulevasta on kuitenkin, että Suomessa kehien tuotannossa pysytään manuaalituotannossa vielä useamman vuoden. Mikäli ulkomaisia kehiä ei jatkossa saada riittävästi Suomeen, tulee manuaalisesti valmistettujen kehien kappalehinta todennäköisesti nousemaan.

LÄHTEET

- ABB. (2022). *Industrial Robots*. <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots>
- Alhola, K., & Lauslahti, S. (2009). *Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta*. WSOYPro Oy.
- Bennouna, K., Meredith, G. G., & Marchant, T. (2010). Improved capital budgeting decision making: evidence from Canada. *Management Decision*, Vol.48(2), s.225-247.
- Bierman, H. & Smidt, S. (1990). *The capital budgeting decision. Economic analysis of investment projects*. Macmillian Publishing Company.
- Cooremans, C. (2011). Make it strategic! Financial investment logic is not enough. *Energy Efficiency*, Vol.4(4), s.473-492.
- Holopainen, S. (2021). Mehiläispölytyksen tarjonta Suomen maatalousalueilla – kohtaavatko viljelijät ja mehiläistarhaajat? [Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto]. <https://hunaja.net/wp-content/uploads/2021/11/Polytyspalvelu-opinnaytetyo-2021-Holopainen.pdf>
- Jormakka, R., Koivusalo, K., Lappalainen, J., & Niskanen, M. (2015) *Laskentatoimi*. (4. uudistettu painos). Edita Publishing Oy.
- Jussila, J. (2017). *Robottiikan soveltuvuus erikoispuusepäntuotteen pienituloisuuden. Opetusympäristön kartoitus 2. asteen koulutukseen huonekalupuusepäntuotteen alalla*. [Opinnäytetyö ylempi ammattikorkeakoulu, Tampereen ammattikorkeakoulu]. https://www.theseus.fi/bitstream/10024/137550/2/Jussila_Jukka.pdf
- Järvenpää, M., Lämsäluoto, A., Partanen, V., & Pellinen, J. (2013). *Talousohjaus ja kustannuslaskenta*. (2. uudistettu painos). Sanoma Pro.
- Kolehmainen, P. (2021). Haastattelu 17.12.2021.
- Koukkari, T. (2016). *Collaborative robotics: human-robot collaboration in heavy manufacturing tasks*. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. <http://www.theseus.fi/handle/10024/130259>
- Kuivanen, R. (1999). *Robottiikka*. Suomen robottiyhdistys ry. Talentum Oyj/ Metallitekniikka.

- Lehtonen, T. (2012). *Mehiläispölytyksen ja pölytyspalvelun merkitys Suomessa*. ProAgrian Kasvintuotannon Ajankohtaispäivät 13.11.2012.
<https://www.slideshare.net/hunajanet/tuula-lehtonen-mehilisplytyksen-arvo-suomessa-2012>
- Liljeblom, E., & Vaihekoski, M. (2004). Investment evaluation methods and required rate of return in Finnish publicly listed companies. *Finnish Journal of Business Economics*, 53(1), s. 9-24.
- Mali, L., & Laaksonen, K.J. (1961). *Mehiläiskirja*. Werner Söderström Oy.
- Niskanen, M., & Niskanen, N. (2016). *Yritysrahoitus*. (7. uudistettu painos). Edita Publishing Oy.
- Omron. (2021). *Collaborative robots 12/14*.
https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/en/v9/i837_collaborative_robots_datasheet_en.pdf
- Puolamäki, E., & Ruusunen, P. (2009). *Strategiset investoinnit*. Tietosanoma.
- Ruokavirasto (2021). *Suomen mehiläishoito-ohjelma 2019–2022*.
<https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yhteiset/tuet-ja-kehittaminen/suomen-mehilaishoito-ohjelma-2019-2022-muutettu-syyskuu-2021.pdf>
- Seppälä, A., & Ruottinen, L. (2003). Minustako mehiläistarhaaja? Teoksessa L. Ruottinen, T. Ollikka, H. Vartiainen & A. Seppälä (toim.) (2003). *Mehiläishoitoa käytännössä, osa 1*. Suomen Mehiläishoitajain Liitto.
- Suomen Mehiläishoitajain Liitto. (2022a). *Tilastotietoja mehiläisosalta*.
<https://hunaja.net/kysy-meilta/medialle/tilastotietoja-mehilaisalalta/>
- Suomen Mehiläishoitajain Liitto. (2022b). *Mehiläisalan tilastoja, päivitetty 5.1.2022*.
<https://hunaja.net/wp-content/uploads/2022/04/SML-tilastot-2021.pdf>
- Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2011a). *Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset, osa 1: Teollisuusrobotit*. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry.
- Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2011b). *Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset, osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät*. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry.

- Tevä-Helminen, V. (2013). *Investointilaskenta ja päätöksenteko*. [Opetusmoniste]. Metropolia Ammattikorkeakoulu 28.8.2013. <https://docplayer.fi/495691-Metropolia-ammattikorkeakoulu-investointilaskenta-ja-paatöksenteko-opetusmoniste.html>
- Wikman, O. (1993). *Yrityksen investointiprosessi ja siihen vaikuttavia tekijöitä: Toimintanalyttinen tutkimus*. [Väitöskirja, Turun kauppakorkeakoulu]. Sarja A 7:1993. Turun kauppakorkeakoulun julkaisuja.
- Wisematic. (2017). *Onrobot tarttuvat ja työkalut*. <https://www.wisematic.com/fi/project/onrobot-tarttuvat/>

LIITTEET

Liite 1. Lähtöarvot, kehän hinta 0,75 euroa

Liite 2. Lähtöarvot, kehän hinta 1 euroa

Liite 3. Lähtöarvot, kehän hinta 1,25 euroa

Liite 4. Takaisinmaksumenetelmä, kehän hinta 0,75 euroa

Liite 5. Takaisinmaksumenetelmä, kehän hinta 1,00 euroa

Liite 6. Takaisinmaksumenetelmä, kehän hinta 1,25 euroa

Liite 7. Nettonykyarvomenetelmä, kehän hinta 0,75 euroa

Liite 8. Nettonykyarvomenetelmä, kehän hinta 1,00 euroa

Liite 9. Nettonykyarvomenetelmä, kehän hinta 1,25 euroa

Liite 1. Lähtöarvot, kehän hinta 0,75 euroa

INVESTOINTIEN EDULLISUUSTARKASTELULASKURI

Ohjelma laskee investoinnin edullisuusvertailun nykyarvo-, annuiteetti- ja takaisinmaksuajan menetelmällä. Lisäksi ohjelma laskee sisäisen tuottoarjan sisäisen korkokannan.

Syötettyäsi Investoinnin hankintahinnan, laskentakorkokannan, investoinnin pitäjän sekä jäännösarvon paina "TAULUKKO" -painiketta, jolloin alapuolelle ilmestyy taulukko, johon voit syöttää vuosittaiset arvot kassavirroista (investointituotto ja ylläpitokustannus). **ILMOITA SEKÄ TUOTOT ETTÄ KUSTANNUKSET POSITIIVISINA!** Arvot päivittyvät välilehdelle automaattisesti.

Mikäli investoinnin pitoaika tai menojaannos ei muutu edelliseen verrattuna, taulukko-painiketta ei kannata käyttää (entiset tiedot häviävät).

Hankintahinta	60 000 €	Euroa
Investoinnin pitoaika	12	Vuotta
Laskentakorkokanta	5,0 %	
Jäännösarvo viimeisen kauden jälkeen	5 000,00 €	

Vuosi	INVESTOINNIN		TAULUKKO
	TUOTOT	KUSTANNUKSET	
Aloitusvuosi	0	60 000 €	
	1	2 886 €	1 875 €
	2	2 886 €	1 875 €
	3	2 886 €	1 875 €
	4	2 886 €	1 875 €
	5	2 886 €	1 875 €
	6	2 886 €	1 875 €
	7	2 886 €	1 875 €
	8	2 886 €	1 875 €
	9	2 886 €	1 875 €
	10	2 886 €	1 875 €
	11	2 886 €	1 875 €
	12	2 886 €	1 875 €
menojäännös	13	5 000 €	

Liite 2. Lähtöarvot, kehän hinta 1 euroa

INVESTOINTIEN EDULLISUUSTARKASTELULASKURI

Ohjelma laskee investoinnin edullisuusvertailun nykyarvo-, annuiteetti- ja takaisinmaksuajan menetelmällä. Lisäksi ohjelma laskee sisäisen tuottosarjan sisäisen korkokannan.

Syötettyäsi Investoinnin harkintahinnan, laskentakorkokannan, investoinnin pitoajan sekä jäännösarvon paina 'TAULUKKO' -painiketta, jolloin alapuolelle ilmestyy taulukko, johon voit syöttää vuosittaiset arvot kassavirroista (investointituotto ja ylläpitokustannus). ILMOITA SEKÄ TUOTOT ETTÄ KUSTANNUKSET POSITIIVISINA! Arvot päivittyvät välilehdille automaattisesti.

Mikäli investoinnin pitoaika tai menojaannos ei muutu edelliseen verrattuna, taulukko-painiketta ei kannata käyttää (entiset tiedot häviävät).

Hankintahinta	60 000 €	Euroa
Investoinnin pitoaika	12	Vuotta
Laskentakorkokanta	5,0 %	
Jäännösarvo viimeisen kauden jälkeen	5 000,00 €	

		INVESTOINNIN		TAULUKKO
Vuosi		TUOTOT	KUSTANNUKSET	
Aloitusvuosi	0		60 000 €	
	1	3 231 €	1 875 €	
	2	3 231 €	1 875 €	
	3	3 231 €	1 875 €	
	4	3 231 €	1 875 €	
	5	3 231 €	1 875 €	
	6	3 231 €	1 875 €	
	7	3 231 €	1 875 €	
	8	3 231 €	1 875 €	
	9	3 231 €	1 875 €	
	10	3 231 €	1 875 €	
	11	3 231 €	1 875 €	
	12	3 231 €	1 875 €	
menojäännös	13	5 000 €		

Liite 6. Takaisinmaksumenetelmä, kehän hinta 1,25 euroa

Takaisinmaksuajan monelemässä lasketaan, missä ajassa investoinnista syntyvät tuotot kattavat investoinnista syntyneet kustannukset. Nettotuotto yhteensä -sarakeessa on nettotuottojen kumulatiivinen summa kyseiseen vuoteen saakka. Siinä kohdassa, jossa nettotuotto yhteensä on positiivinen, hanke on tuottanut siihen sijoitetut rahat takaisin.

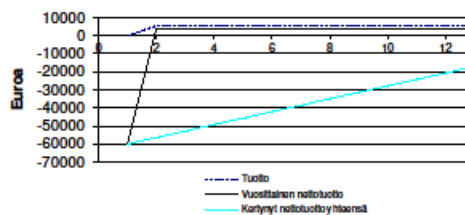
Takaisinmaksuaika on **16,8 Vuotta** (laskettu kaavalla investointikustannus / nettotuottojen keskiarvo)

	Vuosi	Tuotto	Kustannus	Vuosittainen nettotuotto	Kertynyt nettotuotto yhteensä
Aloituskv	0	0,0 €	60 000,0 €	-60 000,0 €	-60 000,0 €
	1	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-56 424,0 €
	2	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-52 848,0 €
	3	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-49 272,0 €
	4	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-45 696,0 €
	5	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-42 120,0 €
	6	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-38 544,0 €
	7	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-34 968,0 €
	8	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-31 392,0 €
	9	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-27 816,0 €
	10	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-24 240,0 €
	11	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-20 664,0 €
	12	5 451,0 €	1 875,0 €	3 576,0 €	-17 088,0 €
	13	5 000,0 €	0,0 €	5 000,0 €	-12 088,0 €

Herkkyystarkastelu (muutos lähtöoletuksiin verrattuna)

	Muutos lähtöoletuksista	Näillä vetoavallilla voit muuttaa
Hankintakustannus	0 %	
Käyttökustannusten muutos	0 %	
Vuosittaiset tuotot	0,00 %	

Absoluuttiset tuotot ja kustannukset



Mikäli investoinnin pitoaika on muuttunut edellisestä, kaavion x-akselin voi päivittää käyttämällä ohjeista painiketta.

Liite 8. Nettonykyarvomenetelmä, kehän hinta 1,00 euroa

Takaisinmaksuajan määrittämisessä lasketaan, missä ajassa investoinnista syntyvät tuotot kattavat investoinnista syntyneet kustannukset. Nettotuotto yhteensä -sarakeessa on nettotuottojen kumulatiivinen summa kyselyvuoteen saakka. Silmäkohdassa, jossa nettotuotto yhteensä on positiivinen, hanke on tuottanut siihen sijoitetut rahat takaisin.

Takaisinmaksuaika on **44,2 Vuotta** (laskettu kaavalla Investointikustannus / nettotuottojen keskiarvo)

	Vuosi	Tuotto	Kustannus	Vuosittainen nettotuotto	Kertynyt nettotuotto yhteensä
Aloituskv.	0	0,0 €	60 000,0 €	-60 000,0 €	-60 000,0 €
	1	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-56 644,0 €
	2	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-53 288,0 €
	3	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-49 932,0 €
	4	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-46 576,0 €
	5	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-43 220,0 €
	6	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-39 864,0 €
	7	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-36 508,0 €
	8	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-33 152,0 €
	9	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-29 796,0 €
	10	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-26 440,0 €
	11	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-23 084,0 €
	12	3 231,0 €	1 875,0 €	1 356,0 €	-19 728,0 €
	13	5 000,0 €	0,0 €	5 000,0 €	-38 728,0 €

	Muutos	Näillä velvoituskilillä voit muuttaa lähtöoletuksia
Hankintakustannus	0 %	
Käyttökustannusten muutos	0 %	
Vuosittaiset tuotot	0,00 %	

Absoluuttiset tuotot ja kustannukset

Mikäli investoinnin pilaus on muuttunut edellisestä, kaavion x-akselin voi päivittää käyttämällä oikeista painikkeita.

