CNC-TASOPLASMALEIKKURIN VERTAILU JA HANKINTA KONEPAJALLE

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan kandidaatintyö

2024

Tuomas Raittila

Tarkastajat: TkT Sakari Penttilä

DI Esa Hiltunen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Konetekniikka

Tuomas Raittila

CNC-tasoplasmaleikkurin vertailu ja hankinta konepajalle

Konetekniikan kandidaatintyö

2024

37 sivua, 2 kuvaa, 3 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastajat: TkT Sakari Penttilä ja DI Esa Hiltunen

avainsanat: CNC, plasmaleikkaaminen, vertailumenetelmä, konepaja, tasoplasmaleikkuri, teollisuuslaitteiden hankinta, markkinakatsaus, tuotantoprosessi, laitevalinta, konepajan tehokkuus, MCDM-menetelmä, Premekon

Tässä kandidaatintyössä suoritetaan kattava vertailu CNC-tasoplasmaleikkureiden ominaisuuksista, suorituskyvystä ja niiden soveltuvuudesta konepajaympäristöön. Erityistä huomiota kiinnitetään CNC-tasoplasmaleikkurin valinnan merkitykseen konepajan tehokkuuden ja tuottavuuden näkökulmasta, ottaen huomioon konepajan erityistarpeet ja käytettävissä olevat resurssit.

Työssä toteutetaan perusteellinen markkinakatsaus CNC-tasoplasmaleikkureista. Työssä tarkastellaan laitteiden taloudellisia-, teknisiä-, tuotannollisia- ja palveluominaisuuksia, tarjoten laajan näkemyksen markkinoilla saatavilla olevista vaihtoehdoista.

Työssä kehitetään monikriteerinen päätöksentekomenetelmä CNC-tasoplasmaleikkurien valintaan. Tämä menetelmä yhdistää ja pisteyttää taloudelliset, tekniset ja muut merkittävät tekijät, auttaen parhaan mahdollisen leikkurin valintaa ja edistäen tietoon perustuvaa päätöksentekoa leikkurin hankintaprosessissa.

Tutkielmassa esitetään suosituksia CNC-tasoplasmaleikkureista, ottaen huomioon mahdolliset haasteet ja ongelmat valintaprosessissa. Tulokset tarjoavat arvokasta tietoa hankintaprosessiin, auttaen ymmärtämään paremmin eri laitteiden välisiä eroja ja odotettavissa olevia laitteiston ominaisuuksia.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Tuomas Raittila

Comparison and purchase of a CNC table plasma cutter for a machine shop

Bachelor’s thesis

2024

37 pages, 2 figures, 3 tables and 1 appendix

Examiners: D.Sc. Sakari Penttilä and M. Sc. Esa Hiltunen

Keywords: CNC, plasma cutting, comparison method, machine shop, flatbed plasma cutter, industrial equipment procurement, market overview, production processes, equipment selection, machine shop efficiency, MCDM method, Premekon

This bachelor's thesis conducts a comprehensive comparison of the characteristics, performance, and suitability of CNC flatbed plasma cutters for a machine shop environment. Special attention is paid to the significance of selecting the right CNC flatbed plasma cutter in terms of the efficiency and productivity for the machine shop, considering the specific needs and available resources of the machine shop.

The thesis carries out a thorough market review of CNC flatbed plasma cutters, examining their economic, technical, production, and service characteristics. This provides a broad perspective on the options available in the market.

The thesis develops a multi-criteria decision-making method for selecting CNC flatbed plasma cutters. This method combines and scores economic, technical, and other significant factors, assisting in choosing the best possible cutter and promoting informed decision making in the cutter acquisition process.

The study presents recommendations for CNC flatbed plasma cutters, considering potential challenges and problems in the selection process. The results offer valuable information for the procurement process, helping to better understand the differences between various devices and the expected characteristics of the equipment.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Dimensiottomat luvut

Ra	aritmeettinen keskimääräinen pinnankarheusarvo

Valuuttamuunnokset

1,00 $	0.93 €	[23.8.2023]
1,00 £	1,17 €	[23.8.2023]

Lyhenteet

CNC	tietokonenumeerinen ohjaus (computer numerical control)
MCDM	monikriteeristä päätöksentekomenetelmää (Multi-criteria decision-making)
MARE	Moniattribuuttinen arviointimenetelmä (Multi-attribute range evaluation)
AHP	Analyyttinen hierarkiaprosessi (Analytical hierarchy process)
WSM	Painotettusummamenetelmä (Weighted sum method)
WPD	Koko prosessin suunnittelu (Whole Process Design)

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto ... 7
1.1 Tutkimusongelma ... 7
1.2 Tavoitteet ... 8
1.3 Työn rajaus ... 8
2 Vertailumenetelmien kirjallinen tarkastelu ... 9
2.1 Johdanto vertailumenetelmiin ... 9
2.1.1 Vertailtavat menetelmät ... 9
2.2 Vertailumenetelmien perusperiaate ... 10
2.3 Menetelmien soveltaminen ... 11
2.4 Case-tapaus menetelmistä ... 12
2.5 Vertailumenetelmien arviointi ja päätelmät ... 13
3 CNC-tasoplasmaleikkurien vertailu ... 14
3.1 Yrityksen tarpeet ... 14
3.2 Tarjouksien hankinta ... 15
3.3 Laitteet ... 15
3.3.1 QGZIII 1530 ... 15
3.3.2 STP1530R ... 16
3.3.3 Plasma-jet TrueCut 3060 H ... 17
3.3.4 X MASTER HD ... 17
3.3.5 Eurotome 2 T30 ... 18
3.3.6 XP 4000 ... 18
3.3.7 Olemassa oleva laitteisto ... 19
3.4 Vertailuasetelma ... 19
3.4.1 Vertailumenetelmä ... 19
3.4.2 Attribuutit ja pisteytys ... 20
3.4.3 Attribuuttien painotus ... 23
3.4.4 Attribuuttitaulukko ... 24

4 Tulokset ja analyysi 26
4.1 Sekalaiset huomiot 26
4.2 Pisteet 26
4.3 Tuloksien analysointia 32
4.4 Suositus 32
5 Pohdinta 34
5.1 Reliabiliteetti ja validiteetti 34
5.2 Johtopäätökset 35
Lähteet 36

Liitteet

Liite 1. Olemassa oleva laitteisto

Kuvaluettelo

Kuva 1. Pisteiden summakuvaaja

Kuva 2. Hinta-pisteet-kuvaaja

Taulukkoluettelo

Taulukko 1. Attribuuttien painotus ja pisteytyksen perusteet

Taulukko 2. Laitteistoiden pisteet

Taulukko 3. Laitteistoiden pisteet painotettuina

1 Johdanto

Tämä kandidaatintyö käsittelee CNC-tasoplasmaleikkureiden vertailua ja hankintaprosessia konepajaympäristössä. CNC-tasoplasmaleikkurit ovat nykyaikaisen metallintyöstön kulmakivi ja tarjoavat tarkkuutta ja tehokkuutta levyosien valmistukseen. Nykyisessä globaalissa taloudessa, jossa teollisuuden teknologiat kehittyvät nopeasti, on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää näiden laitteiden ominaisuuksia ja mahdollisia valintakriteereitä. Tämä työ pyrkii vastaamaan tähän tarpeeseen tarjoamalla kattavan vertailun eri CNC-tasoplasmaleikkureista, joka auttaa konepajoja tekemään perusteltuja päätöksiä laitteiston hankinnassa.

Aikaisemmat tutkimukset CNC-tasoplasmaleikkureiden alueella ovat keskittyneet pääasiassa niiden teknisiin ominaisuuksiin ja operatiiviseen suorituskykyyn. Vaikka aiemmat tutkimukset ovat tarjonneet arvokasta tietoa, ne ovat jättäneet huomiotta kokonaisvaltaisen hankintaprosessin tarkastelun, joka sisältää myös taloudelliset, tuotannolliset ja palvelulliset näkökulmat. Tämä työ pyrkii täyttämään tämän aukon tarjoamalla analyysin markkinoista ja tekijöistä, jotka vaikuttavat päätöksentekoon CNC-tasoplasmaleikkureiden hankinnassa.

1.1 Tutkimusongelma

Työn keskeisin ongelma on markkinoiden epäselvyys. CNC-tasoplasmaleikkureista oleva julkinen tieto on niukkaa ja usein vaikeasti vertailtaviaa. Tämä työ selventää, millaisia laitteistoja markkinoilla on saatavilla, miten markkinoilla olevat laitteistot vastaavat yrityksen tarpeisiin ja millä hintatasolla ne ovat saatavilla. Lisäksi työssä tarkastellaan, mitä vertailumenetelmiä voidaan hyödyntää CNC-tasoplasmaleikkureiden arvioinnissa ja kuinka hyvin menetelmät soveltuvat laitteistoiden arvioimiseen.

1.2 Tavoitteet

Tämän työn päätavoitteena on kehittää vertailumenetelmä, joka auttaa Premekonia valitsemaan heidän tarpeitaan parhaiten vastaavan CNC-tasoplasmaleikkuri. Menetelmän tarkoitus on mahdollistaa eri laitteiden kvantitatiivinen ja objektiivinen vertailu, keskittyen erityisesti yrityksen kannalta kriittisiin ominaisuuksiin. Tämän avulla pyritään paitsi löytämään optimaalinen laite Premekonille, myös ehkäisemään virhearviointeja ja epärealistisia odotuksia laitteistolta. Lisäksi työssä pyritään luomaan selkeämpi kuva CNC-tasoplasmaleikkureiden markkinoiden hintatasosta ja tarjonnasta mahdollistaen saadun hyödyn toistamisen muissa konepajoissa.

1.3 Työn rajaus

Työ keskittyy ainoastaan markkinoilla oleviin CNC-tasoplasmaleikkureihin. Vertailu ei käsittele muita metallinleikkaustekniikoita, kuten laser- tai vesileikkausta. Työ vertailee ainoastaan ominaisuksia, jotka käyvät ilmi tarjouksesta tai laite-esitteistä. Työ myös rajaa pois laitteiden pitkäaikaista käyttöä koskevat kysymykset, keskittyen ensisijaisesti laitteiden ominaisuuksiin ja suorituskykyyn uutena. Huomioitavaa on myös, että työ ei sisällä käytännön testejä tai kokeita.

2 Vertailumenetelmien kirjallinen tarkastelu

Tässä osassa tarkastellaan erilaisia vertailumenetelmiä. Vertailumenetelmät ovat olennaisia monimutkaisten päätöksentekotilanteiden ratkaisemisessa. Tarkasteltavat menetelmät ovat MARE, AHP, ELECTRE III ja WSM. Tämä osa arvioi näiden menetelmien soveltuvuutta eri tilanteisiin ja niiden vahvuuksia sekä rajoituksia. Tavoitteena on tarjota ymmärrys siitä, miten nämä menetelmät toimivat ja miten ne voidaan integroida tämän työn päätöksentekoprosessiin.

2.1 Johdanto vertailumenetelmiin

Tässä työssä vertailtavat menetelmät ovat moniparametrisiä vertailumenetelmiä ja menetelmät ovat valikoitu soveltumaan työssä olevaan laitteisto vertailuun. Laitteisto vertailu tullaan tekemään yhdellä vertailu menetelmällä ja tämän osuuden keskeisin tehtävä on johtaa parhaiten soveltuvan vertailumenetelmän käyttöön. Tässä osassa annetaan johdatus kuhunkin käsiteltävään menetelmään.

2.1.1 Vertailtavat menetelmät

Moniattribuuttinen arviointimenetelmä (MARE) on päätöksenteon väline, joka on suunniteltu käsittelemään epävarmaa ja epätarkkaa tietoa monimutkaisissa päätöksentekotilanteissa, erityisesti kemian ja farmasian teollisuudessa. Se käsittelee perinteisten monikriteeristen päätöksentekomenetelmien rajoituksia sisällyttämällä epävarmuuden suoraan päätöksentekoprosessiin. (Hodgett et al., 2013.)

Analyyttinen hierarkiaprosessi (AHP) on päätöksenteon väline monimutkaisten päätösten tekemiseen. Thomas L. Saaty esitteli sen 1970-luvulla, ja sitä käytetään erityisesti tilanteissa, joissa kvantitatiiviset tiedot ovat rajalliset, yhdistäen kvantitatiiviset ja laadulliset arviointimenetelmät. AHP auttaa rakentamaan, analysoimaan ja johdattamaan prioriteetteja päätöksentekoprosesseissa. (ISixSigma, 2023.)

ELECTRE III -menetelmä on monimutkainen työkalu monikriteerisessä päätöksenteossa, ja se on erityisen tunnettu kyvystään käsitellä monimutkaisia päätösongelmia, jotka sisältävät useita, usein ristiriitaisia kriteerejä. Menetelmän erityispiirre on sen ainutlaatuinen 'ylivoimaisuuden' lähestymistapa, jossa vaihtoehtoja verrataan niiden suorituskyvyn perusteella eri kriteereissä, sen sijaan että nämä yhdistettäisiin yhdeksi arvoksi. (Buchanan et al. 1999)

Painotettusummamenetelmä (WSM) on menetelmä, jota käytetään monikriteerisessä päätöksenteossa (MCDM) eri vaihtoehtojen tai vaihtoehtojen arvioimiseen ja vertailuun useiden kriteerien perusteella. Se on yksi yksinkertaisimmista ja laajimmin käytetyistä menetelmistä päätöksentekoprosesseissa. WSM yhdistää kunkin vaihtoehdon suorituskykypisteet kaikissa kriteereissä, tarjoten suoraviivaisen tavan tunnistaa toivottavin vaihtoehto. (Kumar ja Parimala, 2020.)

2.2 Vertailumenetelmien perusperiaate

Tässä osassa käsitellään vertailumenetelmien teoreettisia taustoja. Osuus tarkastelee, miten mikäkin menetelmä toimii ja mikä on niiden keskeisin perusperiaate.

MARE toimii arvioimalla erilaisia mahdollisia tuloksia kullekin kriteerille, sen sijaan että käyttäisi yhtä determinististä arvoa. Tämä lähestymistapa mahdollistaa realistisemman epävarmuuden esittämisen päätöksenteossa. Matemaattisesti MARE käyttää aluepohjaista pisteytysjärjestelmää, jossa vaihtoehtoja arvioidaan potentiaalisten lopputulosten kirjon mukaan, tarjoten kattavamman ymmärryksen kunkin vaihtoehdon mahdollisesta suorituskyvystä. (Hodgett et al., 2013.)

AHP toimii jakamalla päätösongelman ymmärrettävämpiin alaongelmiin hierarkiassa. Jokaista elementtiä verrataan pariin, ja arvioinnit tehdään suhteellisen tärkeyden asteikolla. Nämä vertailut käsitellään sitten matemaattisesti tuottaen joukon prioriteettisarjoja, jotka yhdistyvät muodostaen kokonaislopputuloksen. Menetelmä käyttää suhdeasteikkoja, jotka on johdettu pareittain tehtyjen vertailujen perusteella painotusten ja prioriteettien määrittämiseen. (ISixSigma, 2023.)

ELECTRE III perustuu vaihtoehtojen kohdennettuun vertailuun, ottaen huomioon sekä mieltymyksen vahvuuden kussakin kriteerissä että itse kriteerien merkityksen. Menetelmä käyttää käsitteitä, kuten välinpitämättömyys- ja mieltymyskynnyksiä, jotka tuovat hienovaraisuutta päätöksentekoprosessiin tunnustamalla, että pienet erot kriteereissä eivät välttämättä merkittävästi vaikuta kokonaismieltymykseen. (Buchanan et al., 1999.)

WSM-menetelmässä kullekin kriteerille annetaan paino, joka heijastaa sen suhteellista tärkeyttä. Kunkin vaihtoehdon suorituskykypisteet kerrotaan sitten vastaavalla painolla kullekin kriteerille. Nämä painotetut pisteet summataan saadakseen kokonaispisteet kullekin vaihtoehdolle. Vaihtoehto, jolla on korkeimmat kokonaispisteet, katsotaan parhaaksi vaihtoehdoksi. Tämä prosessi perustuu lineaarialgebraan ja perusaritmeettisiin toimintoihin, mikä tekee siitä laskennallisesti tehokkaan ja helpon toteuttaa. (Kumar ja Parimala, 2020.)

2.3 Menetelmien soveltaminen

Tässä osiossa tutkitaan, kuinka eri vertailumenetelmät soveltuvat vaihteleviin tutkimusolosuhteisiin. Osuus keskittyy erityisesti menetelmien joustavuutta ja rajoituksia erilaisissa konteksteissa.

MARE soveltuu erityisesti teollisuudenaloille, joilla päätöksiä tehdään suuren epävarmuuden vallitessa, kuten kemian ja farmasian sektoreilla. Sitä on sovellettu skenaarioissa, kuten Koko Prosessin Suunnittelussa (WPD), missä se auttaa arvioimaan monimutkaisia vaihtoehtoja, joiden epävarmuusasteet vaihtelevat. Menetelmän kyky käsitellä laajaa valikoimaa epävarmaa tietoa tekee siitä arvokkaan työkalun päätöksentekijöille näillä teollisuudenaloilla. (Hodgett et al., 2013.)

AHP soveltuu laajasti eri aloilla monimutkaisten päätösten priorisointiin ja tekemiseen. Se sopii erityisen hyvin monitahoisiin ongelmiin, joissa subjektiiviset arviot ovat tarpeen objektiivisten tietojen rinnalla. Menetelmän vahvuuksia ovat sen monipuoliset sovellukset alueilla kuten resurssien allokointi, projektivalinta ja politiikan analyysi. Tämä sopeutuvuus tekee AHP:sta monipuolisen työkalun päätöksentekijöille eri aloilla, tarjoten systemaattisen ja puolueettoman lähestymistavan monimutkaisiin päätösskenaarioihin. (Vaidya ja Kumar, 2006.)

ELECTRE III soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa päätöksenteko käsittää monipuolisen joukon kriteereitä ja joissa päätöksentekijät eivät halua supistaa näitä kriteereitä yhdeksi arvoksi. Sitä on käytetty tehokkaasti useissa tehtävissä, kuten projektien valitsemisessa yrityksille ja investointiprojektien valinnassa epävarmoissa ympäristöissä. (Hashemi et al., 2016.)

WSM-menetelmää sovelletaan yleensä tilanteissa, joissa päätöksentekijöiden on otettava huomioon useita kriteereitä samanaikaisesti. Se soveltuu erityisen hyvin ongelmiin, joissa kriteerit voidaan mitata kvantitatiivisesti ja painottaa niiden tärkeyden mukaan. Tätä menetelmää käytetään laajasti eri aloilla, kuten liiketoiminnassa, tekniikassa ja ympäristönhallinnassa, sen yksinkertaisuuden ja joustavuuden vuoksi. Se on erityisen tehokas tilanteissa, joissa päätöskriteerit ovat selkeitä ja hyvin määriteltyjä. (Kumar ja Parimala, 2020.)

2.4 Case-tapaus menetelmistä

MARE-menetelmän soveltaminen Fujifilm Imaging Colorants Ltd:ssä. Tässä tapauksessa MARE-menetelmää käytettiin arvioimaan erilaisia laitevaihtoehtoja kemiallisen valmistusprosessin yhteydessä. Tämä esimerkki osoitti MARE:n kyvyn käsitellä tehokkaasti epävarmaa ja muuttuvaa tietoa, tarjoten kattavan arvioinnin kustakin laitevaihtoehdosta. MARE:n soveltuvuus korostuu erityisesti korkean epävarmuuden ja monimutkaisuuden skenaarioissa. (Hodgett et al., 2013.)

Yksi käytännön esimerkki Analytiikka Hierarkia Prosessin (AHP) käytöstä on Mohammed I. Al Khalilin vuoden 2002 tutkimuksessa projektin toimitustapojen valinnasta. Tässä tapauksessa AHP:ta käytettiin projektinomistajien auttamiseksi sopivimman projektin toimitustavan valinnassa. Päätöksenteossa otettiin huomioon useita tekijöitä, kuten kustannukset, aikataulu, laatu ja riskit. AHP:n soveltaminen mahdollisti näiden kriteerien järjestelmällisen arvioinnin, mikä johti tasapainoisempaan ja paremmin perusteltuun toimitustavan valintaan, mikä on olennaista projektin onnistumisen kannalta.

ELECTRE III sovellettiin Northern Generationissa. Tässä tapauksessa ELECTRE III:a käytettiin useiden, ristiriitaisten kriteerien sisältävien projektien sijoittamiseen. Menetelmä auttoi organisaatiota tekemään tietoon perustuvia päätöksiä. ELECTRE III:n kyky käsitellä monimutkaisia päätösskenaarioita oli erityisen hyödyllinen, sillä se mahdollisti projektien

hienovaraisen vertailun ilman, että moninaisia kriteerejä supistettiin yhdeksi arvoksi. (Buchanan et al., 1999.)

Kumarin ja Parimalan (2020) tutkimuksessa WSM-menetelmää käytettiin arvioimaan ja suosittelemaan tuotteita asiakasarvostelujen perusteella. Jokainen tuote oli vaihtoehto, ja kriteerit olivat arvosteluista poimitut avainominaisuudet. Nämä ominaisuudet painotettiin niiden tärkeyden mukaan. Kunkin tuotteen kokonaispisteet laskettiin summaamalla näiden ominaisuuksien painotetut pisteet. Korkeimman kokonaispistemäärän saanut tuote suositeltiin. Tämä osoittaa, miten WSM auttaa yksinkertaistamaan monimutkaisia päätöksentekoprosesseja sähköisessä kaupankäynnissä.

2.5 Vertailumenetelmien arviointi ja päätelmät

Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on löytää vertailumenetelmä, joka yhdistää yksinkertaisuuden ja monipuolisuuden. Optimaalisen menetelmän on pystyttävä käsittelemään päätöksentekoprosesseja tehokkaasti, tarjoten selkeät ja luotettavat tulokset ilman tarpeetonta monimutkaisuutta. Tärkeä tekijä on myös menetelmän kyky sopeutua erilaisiin tilanteisiin ja päätöksentekoympäristöihin, jolloin se tarjoaa laajan käyttöalueen ilman, että sen yksinkertaisuus kärsii.

Kun otetaan huomioon nämä kriteerit, WSM eli Painotettusummamenetelmä nousee esiin parhaana vaihtoehtona tämän työn tarpeisiin. WSM:n vahvuus piilee sen yksinkertaisuudessa ja selkeydessä, mikä tekee siitä erityisen soveltuvan tilanteisiin, joissa päätöksentekoprosessin selkeys ja suoraviivaisuus ovat avainasemassa. WSM mahdollistaa useiden kriteerien helpon integroinnin päätöksentekoon, tarjoten samalla selkeän ja laskennallisesti suoraviivaisen tavan arvioida ja verrata eri vaihtoehtoja. Menetelmän kyky painottaa eri kriteereitä niiden tärkeyden mukaan mahdollistaa myös joustavuuden ja räätälöinnin eri tilanteisiin, mikä tuo mukaan tarvittavaa monipuolisuutta. WSM:n valinta perustuu sen kykyyn tarjota tasapainoinen yhdistelmä yksinkertaisuutta, selkeyttä ja soveltuvuutta, mikä tekee siitä ihanteellisen työkalun tässä työssä käsiteltävään päätöksentekoprosessiin.

3 CNC-tasoplasmaleikkurien vertailu

Tämä luku läpikäy vertailun muodostuksen. Vertailu osuus koostuu kolmesta osasta. Ensimmäinen osa käy läpi, mitä vertailulta halutaan, eli yrityksen tarpeet ja syy vertailulle. Toinen osa käy läpi mitä vertaillaan, eli miten laitetarjoukset ovat hankittu ja mitä laitteistoja tullaan vertaamaan keskenään. Kolmas osa sisältää, miten laitteistoja tullaan vertailemaan, eli vertailumenetelmän muodostamisen, attribuuttien muodostamisen ja attribuuttien painottamisen.

3.1 Yrityksen tarpeet

Työ on tehty yhteistyössä yrityksen Premekon kanssa. Premekon on keskisuuri eteläkarjalalainen konepaja, joka erikoistuu teräsrakenteisiin ja hoitosiltoihin. Premekonilla on jo olemassa CNC-tasoplasmaleikkuri, mutta useiden ongelmien takia laitteisto on käynyt vanhaksi ja kaipaa päivitystä. Premekon pyrkii hankkimaan CNC-tasoplasmaleikkurin, joka ei ainoastaan täytä nykyisen laitteiston toiminnallisuutta, vaan ylittää sen luotettavuudessa ja tehokkuudessa.

Yrityksen keskeiset kiinnostuksen kohteet ovat seuraavat. Yritys korostaa laitteen luotettavuutta ja laatua, toivoen tuotannon riskien minimointia. Yritys painottaa huolto- ja kunnossapitopalveluiden saatavuuden olevan tärkeää, varmistaen laitteiston jatkuvan toiminnan ja pienentäen yllättävien tuotantokatkoksien riskiä. Yritys haluaa saada kattavan ymmärryksen kaikista markkinoilla tarjolla olevista lisäominaisuuksista ja varusteista, jotka voivat parantaa laitteiston tuotannollisuutta. Yritystä myös kiinnostaa, voiko vanhaa laitteistoa hyödyntää mitenkään. Lisäksi yritys toivoisi, että vertailu toisi esiin kaiken vertailukelpoisen tiedon laitteistoista, sen varalta, jos tieto tulisi olemaan hyödyllistä.

3.2 Tarjouksien hankinta

Tätä vertailua varten kahdeltatoista laitetoimittajalta kysyttiin tarjous kahdesta eri CNC-tasoplasmaleikkurista. Tarjouspyynnössä kysyttiin yhtä perusmallista laitteistoa ja yhtä huippumallista laitteistoa. Tämän tavoitteena oli selvittää toimittajien yleinen hintaluokka ja antaa madollisuus kahteen eri laitekategoriaan. Näistä yrityksistä kuusi halusi antaa tarjouksen vertailua varten. Kuudesta yrityksestä vain yksi oli valmis antamaan kaksi erillistä tarjousta. Tämän takia vertailua on yksinkertaistettu ja jokaiselta valmistajalta on otettu vain yksi laitteisto vertailua varten. Vertailtavat laitteistot ovat JINAN HUAFEI QGZIII 1530, Style CNC, STP1530R, Knuth TrueCut 3060 H, Recontech X MASTER HD, Lincoln electric Eurotome T30 ja swift cut XP 4000. Näiden lisäksi vertailussa on mukana Premekonilla jo oleva plasmaleikkauslaitteisto.

3.3 Laitteet

Tämä luku käy läpi lyhyesti jokaisen vertailussa olevan laitteiston keskeisimmät ominaisuudet. Luku kertoo myös lyhyesti jokaisesta yrityksestä, joilta tarjoukset ovat saatu.

3.3.1 QGZIII 1530

Jinan HUAFEI CNC Machine Co on vuonna 2010 perustettu kiinalainen CNC-koneiden valmistaja, joka valmistaa QGZIII 1530 -leikkausjärjestelmän. HUAWEI CNC MachineCo on erikoistunut puuta ja metallia työstävien CNC-koneiden valmistamiseen ja kuvailee itseään yrityksenä, joka pyrkii parantamaan asiakkaidensa elämänlaatua ja jatkuvasti laajentamaan toimintaansa sekä kotimaassa että kansainvälisesti. (eWorldTrade, 2023.)

QGZIII 1530 -leikkausjärjestelmä on modulaarinen, asiakkaan tarpeisiin muokattu kokonaisuus. Tässä työssä pyydetty tarjous on suunniteltu sopimaan yhteen Premekonilla olemassa olevan plasmayksikön kanssa ja laitteiston leikkausala on 3x1,5 metriä. Laitteiston hinta on 6 250 euroa, mutta tämä ei sisällä toimitus- tai maahantuontikustannuksia. Koulutus ja asennuspalvelut ovat saatavilla HUAWEI CNC MachineCon kautta lisähintaan.

Asennuksesta ja koulutuksesta tulee maksaa asentajien ja kouluttajien lennot, majoituksen sekä 80 USD päiväpalkkio jokaista henkilöä kohden.

Laitteisto on todella halpa ja yksinkertainen ratkaisu. Tarjous sisältää kattavasti tietoa laitteiston teknisistä ja mekaanisista ominaisuuksista. Kustannuksien osalta kuitenkin esiintyy huomattavaa epävarmuutta, erityisesti kun otetaan huomioon laitteiston alhainen hinta ja suuri määrä tietämättömiä kustannuksia.

3.3.2 STP1530R

Style CNC, tunnetaan myös nimellä JINAN STYLE MACHINERY CO., on STP1530R-leikkausjärjestelmän valmistaja. Vuonna 2003 perustettu kiinalainen CNC-koneiden valmistaja kuvailee itseään alan ammattilaisena, jolla on vahva tekninen osaaminen ja itsenäiset intellektuaaliset oikeudet. (Style cnc, 2023.)

STP1530R on yrityksen vakioratkaisu, johon on tarjolla laaja valikoima lisävarusteita. Tuotetiedot ovat saatavilla ilman erillistä tarjouspyyntöä, ja tarjouksen yhteydessä Style CNC toimittaa ainoastaan tarkennetun hinnan, joka on myös nähtävillä tuotesivulla. Tämän vertailun tarpeisiin pyydettiin tarjous huippumallista. Laitteiston hinta on 26 380 USD, sisältäen CNC-tasoplasman putkileikkaus lisäosan, 3x1.5 metrisen leikkausalan, oxyfuel-leikkurin, CNC-poran ja merkkaustussin, sekä Hypertherm Max pro 200A plasmayksikön. Style CNC arvioi toimituksen Helsinkiin maksavan 1800 USD. Style CNC tarjoaa myös ilmaista etätukea ympäri vuorokauden laitteen asennukseen, käyttöönottoon ja ongelmien ratkaisuun. (Style cnc, 2023.)

Yhteenvetona STP1530R vaikuttaa ominaisuuksiinsa nähden edulliselta ja erittäin hyvin varustellulta ratkaisulta. Laitteen tekniset ominaisuudet ovat ilmoitettu laite-esitteessä ja laite noudattaa leikkauslaatustandardia ja mekaanista standardia. (Style cnc, 2023.)

3.3.3 Plasma-jet TrueCut 3060 H

KNUTH Werkzeugmaschinen GmbH on vuonna 1923 perustettu saksalainen perheyritys, joka on TrueCut 3060 H -tasoplasmalaitteistojen valmistaja. Knuth kuvaa itseään johtavana kansainvälisenä koneistuslaitevalmistajana, jonka tuotevalikoimaan kuuluu sekä manuaaliset että CNC-ohjatut koneistuslaitteet. (KNUTH Werkzeugmaschinen GmbH, 2023.)

TrueCut 3060 H on Knuthin vakiomallinen ratkaisu, johon on saatavilla muutamia lisäominaisuuksia. Saadussa tarjouksessa laitteistoon sisältyy Maxpro 200 plasmayksikkö ja 6x3 metrinen alaimupöytä. Tarjoukseen kuuluvat laitteiston toimitus, asennus, käyttöönotto ja työntekijöiden koulutus. Laitteiston ja palveluiden hinta on 129 713,51 euroa.

Yleisesti ottaen TrueCut 3060 H tarjoaa yksinkertaisen ja käyttövalmiin ratkaisun. Kaikki kustannukset ovat ennakkoon tiedossa ja laitteiston käyttöönotto on vaivaton. On kuitenkin huomioitava, että leikkauslaadusta ei ole mainintaa tarjouksessa eikä tuote-esitteissä.

3.3.4 X MASTER HD

Recontech Oy on vuonna 1996 perustettu suomalainen yritys, joka toimii X MASTER HD -tasoplasmalaitteiston maahantuojana. Recontech kuvaa itseään luotettavien ja laadukkaiden CNC, laser, plasma -koneiden sekä 3D-tulostimien maahantuojana. (Recontech Oy, 2023.)

X MASTER HD on Recontechin maahantuoma vakioratkaisu. Tämän vertailun tarpeisiin hankitussa tarjoukseen kuuluu ThermalDynamic HD UltraCut 200 plasmayksikkö, 8x2 metrinen alaimupöytä ja leikkauskaasujen suodatinyksikkö. Laitteisto on varustettu sekä plasma- että oxy-fuel-leikkauspäillä. Laitteiston kokonaishinta on 132 400 euroa, joka ei sisällä rahtia tai asennusta. Asennus ja koulutuspalvelut ovat saatavilla 550 euron päivähinnalla työntekijää kohden, ja rahti laskutetaan kiitolinjan tai postin hinnaston mukaisesti.

Yleisesti ottaen tarjous dokumentoi hyvin laitteiston mekaanisen tarkkuuden ja leikkauslaadun. Laitteisto ei ole kovin muokattavissa asiakkaan toiveiden mukaan. Kaupan tapahtuminen Suomen sisämarkkinoilla sitoo myyjän Suomen sisäisiin myyntiehtoihin, mikä tekee toimittajasta sitoutuneemman kaupan ehtoihin.

3.3.5 Eurotome 2 T30

Lincoln Electric on vuonna 1895 USA:ssa perustettu yritys, joka valmistaa Eurotome T30 -laitteistoa (Lincoln Electric, 2023a). Tämän vertailun tarpeisiin liittyvä tarjous on hankittu Lincoln Electric France S.A.S:n kautta. Lincoln Electric on tunnettu erityisesti hitsaustekniikan asiantuntijana, mutta tarjoaa myös laajan valikoiman muita metallinkäsittelylaitteistoja ja kuvailee itseään teollisuuden ongelmienratkaisuun keskittyneenä yrityksenä (Lincoln Electric, 2023b.).

Eurotome T30 on Lincoln Electricin CNC-tasoplasmaleikkuri, joka valmistetaan mittatilaustyönä asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Saadussa tarjouksessa laitteistoon sisältyy NERTA-JET HPi plasmayksikkö, oxy-fuel-leikkauspää, alaimupöytä ja 3x6 metrin leikkausala. Tarjoukseen sisältyvät myös toimitus ja asennus. Laitteiston ja palveluiden kokonaishinta on 210 400 euroa.

Yhteenvetona Eurotome 2 T30 tarjoaa asiakkaalle täsmälleen sen, mitä tämä tilaa, mikäli hinta on hyväksyttävissä. Huomionarvoista on kuitenkin, että tarjouksessa tai valmistajan tiedoissa ei ole mainintaa laitteiston leikkauslaadusta tai mekaanisesta standardista.

3.3.6 XP 4000

Swift Cut Automation Ltd on vuonna 2011 Iso-Britanniassa perustettu yritys, joka valmistaa XP 4000 -laitteistoa. Swift Cut keskittyy yksinomaan CNC-tasoplasmalaitteistojen valmistukseen ja kuvaa itseään globaalina johtajana CNC-plasmaleikkurien suunnittelussa ja valmistuksessa. (SwiftCut, 2023a.)

XP 4000-laitteistosta ei onnistuttu saamaan tarkkaa tarjousta tai hintaa. Tämän sijaan tarjouspyynnön yhteydessä swiftCut antoi kuvan taulukosta, joka on saatavilla heidän kotisivuillaan. Swift Cutin mukaan laitteiston hintaluokka vaihtelee 35 000 ja 60 000 punnan välillä. Tässä vertailussa oletetaan hinnan olevan korkeammassa päässä eli 60 000 puntaa, koska laitteisto tulisi olemaan täydellä varustelulla ja suunniteltu kovaan käyttöön. Tällöin

laitteisto sisältää 4x2 metrin leikkausalan, alaimupöydän ja Hypertherm Powermax 105 Sync plasmayksikön. (SwiftCut, 2023b.)

Yhteenvetona XP 4000 on hinnaltaan ja ominaisuuksiltaan keskitasoinen plasmaleikkausratkaisu. Laitteistossa ei ole mainittu erityisiä lisäominaisuuksia. Laitteiston leikkauslaatua ei ole mainittu, mutta sen mekaaninen tarkkuus on standardisoitu. (SwiftCut, 2023b.)

3.3.7 Olemassa oleva laitteisto

Yrityksen käytössä on vuoden 2016 Microstep Mastercut-x, joka on varustettu Hypertherm 260XD plasmayksiköllä ja tarjoaa 6x2 metrin leikkausalan. Tämä laitteisto on ollut yrityksen keskeinen työkalu levyosien valmistuksessa, mutta sen suorituskyky on alkanut osoittaa merkkejä vanhenemisesta.

Laitteiston keskeisin ongelma on toistuvat huoltokatkot ja käytön keskeyttävät viat, jotka aiheuttavat merkittäviä viivästyksiä tuotannossa. Toimintaa häiritsevät tekniset viat ilmenevät erityisesti intensiivisessä käytössä, kun laitteistoa tarvitaan eniten. Lisäksi osa laitteiston mekaanisista osista on kulunut ja liikkeissä on ylimääräistä löysää. Uusi laitteisto tarjoaisi luotettavuutta, tarkkuutta ja tehokkuutta sekä mahdollisia tuotantoa tehostavia uusia ominaisuuksia.

3.4 Vertailuasetelma

Tämä luku sisältää vertailuasetelman luomisen. Lisäksi tässä luvussa käydään läpi vertailtavat attribuutit ja attribuuttien pisteytys ja painotus.

3.4.1 Vertailumenetelmä

Tässä työssä tuotteiden vertailuun sovelletaan monikriteeristä päätöksentekomenetelmää, joka tunnetaan myös nimellä MCDM-menetelmä. Menetelmän keskeisenä tavoitteena on useiden attribuuttien samanaikainen huomioon ottaminen, ilman että vertailtavat attribuutit

vaikuttavat toisiinsa. Tässä vertailussa attribuutit tulevat kuvastamaan laitteiden ominaisuuksia. (Hodgett, 2016.)

Menetelmään lisätään attribuuttien painotettusummamenetelmä (WSM), lopullisten tulosten muodostamiseksi. Attribuuttien painotuksen tarkoituksena on antaa kullekin attribuutille painoarvo, sen merkityksen tai hyödyllisyyden mukaan. Tämän jälkeen laitteistokohtaiset attribuuttipisteet kerrotaan attribuuttikohtaisen painoarvon kanssa, josta muodostuu painotetut laitteistokohtaiset attribuuttipisteet. Summaamalla laitteistokohtaisen painotetut attribuuttipisteet, muodostuu laitteistokohtaiset kokonaispisteet. (Hodgett, 2016.)

Vertailuun valittiin tämä menetelmä, koska se mahdollistaa attribuuttien helpon ja monipuolisen painottamisen ilman että tuloksista muodostuu vaikealukuisia. Menetelmä on sovellettavissa erikokoisiin datasarjoihin, mikä on hyödyllistä, jos parametrien määrä poikkeaa ennustetusta. Menetelmä on myös todella helppolukuinen ja helposti ymmärrettävä, joka tekee tulosten tulkinnasta helpompaa, joka puolestaan helpottaa päätöksentekoa. (Hodgett, 2016.)

3.4.2 Attribuutit ja pisteytys

Vertailussa käytettävät attribuutit ovat muodostettu tarjouksista ja laite-esitteistä, ja ne kattavat mahdollisimman laajasti kaikki laitteista tarjolla olevat vertailuun soveltuvat ominaisuudet. Vertailussa käytettäviä attribuutteja ovat hinta, plasmayksikkö, leikkauspaksuus, leikkausala, leikkauslaatu, tarkkuusstandardi, alaimupöytä, putkileikkuri, CNC-pora, kaasuleikkaus, merkkaustussi, asennus, koulutus, takuu, huolto, lisäkustannukset ja muut sekalaiset huomiot. Kukin laitteistokohtainen attribuutti saa arvon pisteytyksessä arvojen 0 ja 10 välillä. Attribuuttien määrittelyt ja niiden pisteytyksen ehdot ovat eritelty tässä osuudessa ja tiivistetty taulukossa 1.

Hinta

Hinta on tärkeä tekijä laitteistoa arvioitaessa, mutta on ymmärrettävää, että laadukas laitteisto voi maksaa enemmän. Hinnan pisteytyksessä käytetään kalleimman laitteiston hintaa viitekohtana. Tässä vertailussa kalleimman laitteiston hinta on 210 000 euroa, joka määritellään nollan pisteen arvoksi. Ilmainen laitteisto saisi kymmenen pistettä. Pisteytys tapahtuu suhteessa näihin ääripäihin.

Plasmayksikkö

Työ ei tule vertailemaan plasmayksiköitä keskenään. Kaikki ominaisuudet, mitkä plasmayksikkö tarjoaa laitteistolle, tullaan vertaamaan osana laitteiston kokonaisuutta. Plasmayksikön pisteytyksen ainoa tarkoitus on huomioida, tuleeko laitteiston mukana plasmayksikkö. Plasmayksikön kuuluminen tarjoukseen vastaa kymmentä pistettä ja puuttuminen vastaa nollaa.

Leikkausala

Leikkausala on tärkeä, koska se mahdollistaa suurempien erien ja osien valmistamisen. Suurempi leikkausala myös säästää materiaalia ja nopeuttaa työskentelyä paremman nestaamisen ja pidempien työvaiheiden ansiosta. Leikkausalan pisteytys muodostuu suurimman leikkausalan mukaan. Suurin vertailussa oleva leikkausala on 18 m^2, joka vastaa kymmentä pistettä ja 0 m^2 vastaa nollaa pistettä.

Leikkauslaatu

Leikkauslaatu on tärkeä, sillä se mahdollistaa tarkemman osien suunnittelun, vähentää leikattujen pintojen jälkityöstön tarvetta ja parantaa lopputuotteen ulkonäköä. Leikkauslaatu arvioidaan pinnan karheuden Ra-arvon perusteella. Vertailussa paras laatu on Ra ≤ 6,3 µm, joka vastaa kymmentä pistettä. Ra ≤ 12,5 µm vastaa kuutta pistettä. Leikkauslaadun ilmoittamatta jättäminen vastaa nollaa pistettä.

Tarkkuusstandardi

Tarkkuusstandardi tai mekaaninen standardi kuvastaa laitteen mekaanisten osien liikkumisen tarkkuutta. Työ ei vertaa eri standardeja keskenään, vaan arvioi, onko laitteiston tarkkuusstandardi ilmoitettu tarjouksessa. Ilmoitettu tarkkuusstandardi vastaa kymmentä pistettä ja ilmoittamaton vastaa nollaa.

Alaimupöytä

Yrityksellä on käytössään toimiva HVAC-järjestelmä, joka on todettu toimivaksi ratkaisuksi pölyn ja kaasun hallinnassa. Tämän takia alaimupöytä on toivottu ominaisuus myös uudessa laitteistossa. Alaimupöytä vastaa kymmentä pistettä ja sen puuttuminen nollaa.

Putkileikkaustyökalu

Putkileikkaustyökalu ei varsinaisesti ole osa tasoplasmajärjestelmää, mutta laitteisto on yleinen lisäominaisuus, joten se otetaan mukaan vertailuun. Putkileikkaustyökalu mahdollistaa

plasman monipuolisemman käytön ja voi keventää sahalinjan työkuormaa sekä helpottaa erikoispäiden leikkaamista. Tämän ominaisuuden kuulumisesta annetaan 10 pistettä ja sen puuttumisesta nolla pistettä.

CNC-pora

CNC-pora ei varsinaisesti ole osa tasoplasmajärjestelmää, mutta laitteisto on todella hyödyllinen lisäominaisuus, joten se otetaan mukaan vertailuun. CNC-poran lisääminen parantaisi tehtyjen reikien laatua, erityisesti paksuissa levyissä ja mahdollistaisi levyosien automatisoidun kierteittämisen, nopeuttaen valmistusprosessia. CNC-poran kuuluminen laitteistoon vastaa kymmentä pistettä ja sen puuttuminen nollaa pistettä.

Kaasuleikkaus

Kaasuleikkaus ei varsinaisesti ole osa tasoplasmajärjestelmää, mutta laitteisto on yleinen lisäominaisuus, joten se otetaan mukaan vertailuun. Kaasuleikkaus mahdollistaa paksumpien materiaalien leikkaamisen. Kaasuleikkaus on myös nopeampi ja taloudellisempi vaihtoehto paksujen osien leikkaamisessa (Rzeźnikiewicz, 2014). Kaasuleikkausominaisuuden kuuluminen laitteistoon vastaa kymmentä pistettä ja sen puuttuminen nollaa pistettä.

Merkkaustussi

Merkkaustussilla tarkoitetaan tässä yhteydessä CNC-ohjattua kynää. Merkkaustussi voi merkittävästi tehostaa osien valmistusta kaikissa vaiheissa leikkaamisen jälkeen. Merkkaustussi mahdollistaa särmäysten, orientaatioiden, positioiden ja muiden tietojen helposti puhdistettavan merkkaamisen leikattuihin levyosiin ilman lisätyötä. Merkkaustussin kuulumisesta tarjoukseen annetaan kymmenen pistettä ja sen puuttuessa nolla pistettä.

Asennus

Toimittajan tarjoama asennuspalvelu on tärkeä tekijä laitteiston oikeaoppisessa käyttöönotossa, ja se auttaa vähentämään kalliiden virheiden riskiä asennusvaiheessa. Asennuksen saatavuudesta toimittajalta annetaan kymmenen pistettä, kun taas sen puuttuessa nolla pistettä. Asennuksen hinta otetaan huomioon lisäkustannuksissa.

Koulutus

Toimittajan tarjoama koulutus on tärkeä laitteiston oikeaoppisen käyttöönoton ja ominaisuuksien täysimääräisen hyödyntämisen kannalta. Koulutuksen saatavuudesta toimittajalta

annetaan kymmenen pistettä ja sen puuttuessa nolla pistettä. Koulutuksen hinta otetaan huomioon lisäkustannuksissa.

Takuu

Takuu on keskeinen tekijä, joka osoittaa toimittajan luottamuksen omaan tuotteeseensa ja vähentää ostajan riskiä. 12 kuukauden takuu toimittajalta vastaa kymmentä pistettä, takuun puuttuminen nolla pistettä. Mikäli takuu on olemassa, mutta sen ehdot ovat epäselvät, annetaan laitteistolle viisi pistettä.

Huolto

Huollon saatavuus toimittajalta helpottaa laitteiston ylläpitoa ja varmistaa huollon laadun. Huollon saatavuus pisteytetään sen etäisyyden perusteella. Huolto Suomesta vastaa kymmentä pistettä, Euroopasta saatava huolto vastaa seitsemää pistettä ja Kiinasta saatava huolto vastaa kolmea pistettä. Huollon puuttuessa toimittajalta annetaan nolla pistettä. Huollon hinta otetaan huomioon lisäkustannuksissa.

Lisäkustannukset

Lisäkustannuksiin kuuluvat ne palvelut, jotka ovat saatavilla toimittajalta, mutta ovat maksullisia. Esimerkiksi asennus-, koulutus- ja toimituskustannukset voivat olla tämmöisiä kustannuksia. Tässä vertailussa ei pyritä arvioimaan näiden kustannusten tarkkoja summia, vaan jokaisesta lisäkustannuksesta vähennetään yksi piste kymmenestä.

Sekalaiset huomiot

Sekalaiset huomiot ovat tarkoitettu kattamaan ne ominaisuudet, jotka eivät sovellu mihinkään muuhun attribuuttiin. Neutraali arvo sekalaisissa huomioissa on viisi pistettä ja arvoa muokataan tilannekohtaisesti. Sekalaisten huomioiden yksityiskohtainen erittely löytyy tulosten 3.1 osuudesta.

3.4.3 Attribuuttien painotus

Vertailussa attribuutit ovat keskenään eriarvoisia, mikä huomioidaan attribuuttien painotuksella. Tässä työssä painotus perustuu yrityksen tarpeisiin, jotka on määritelty yhteistyössä yrityksen kanssa. Painotuksen arvon tarkoituksena on kuvastaa kunkin attribuutin merkitystä

yritykselle. Painoarvot attribuuteille asetetaan yhden ja kymmenen välille, jossa suurempi arvo osoittaa suurempaa tärkeyttä yritykselle. Tämä puolestaan tarkoittaa suurempaa arvoa vertailussa. Kunkin laitteen attribuuttikohtaiset pisteet kerrotaan attribuuttia vastaavalla painoarvolla, josta muodostuu laitteen attribuuttikohtaiset painotetut pisteet. Painoarvot ovat nähtävissä taulukossa 1.

3.4.4 Attribuuttitaulukko

Taulukkoon 1 on listattu kaikki vertailussa huomioitavat attribuutit. Attribuuttien lisäksi taulukossa on attribuuttikohtaiset painoarvot ja attribuuttien pisteytysperusteet lyhyesti. Taulukon attribuutit ja pisteytyksen perusteet on otettu 3.4.2 osan attribuuttipisteytyksen läpikäynnistä. Painoarvot ovat muodostettu yhdessä yrityksen kanssa.

Taulukko 1: Attribuuttien painotus ja pisteytyksen perusteet

Attribuutit	**Painoarvo**	**Pisteytys perusteet**
Hinta	10	Jokainen 21 000 € hintaa vastaa yhden pisteen menetystä
Plasmayksikkö	5	10 = laitteistossa on plasmayksikkö
Leikkauspaksuus	2	Jokaisesta 10 mm leikkauspaksuutta saa pisteen, 100 mm asti
Leikkausala	5	18 m^2 = 10 pistettä, 0 m^2 = 0 pistettä
Leikkauslaatu	3	Tilanne kohtainen. Ilmoittamatta = 0
Tarkkuus standardi	5	Ilmoitettu = 10, Ilmoittamatta = 0
Alaimupöytä	4	On = 10, ei ole = 0
Putkileikkuri	4	On = 10, ei ole = 0
CNC-pora	4	On = 10, ei ole = 0
Kaasuleikkaus	2	On = 10, ei ole = 0
Merkkaustussi	4	On = 10, ei ole = 0
Asennus	4	Saatavilla toimittajalta = 10
Koulutus	4	Saatavilla toimittajalta = 10
Takuu	8	Saatavilla toimittajalta = 10
Huolto	7	Saatavilla Suomesta = 10, Euroopasta = 7, Kiinasta = 3
Lisäkustannukset	4	Jokainen maksullinen palvelu -1 piste: asennus, koulutus, toimitus
Sekalaiset huomiot	10	Neutraali = 5

4 Tulokset ja analyysi

Tämä luku läpikäy vertailun tulokset. Luku tulee pitämään sisällään sekalaiset ominaisuudet, johon on listattu ominaisuudet, jotka eivät sopineet muualle, kaksi taulukkoa, jotka käyvät läpi vertailun tuloksia ja kaksi kuvaajaa, jotka visualisoivat vertailun tuloksia.

4.1 Sekalaiset huomiot

Kaikki vertailussa esiin tulleet sekalaiset huomiot liittyvät laitteiston valmistajan etäisyyteen ja kansainvälisen kaupan riskeihin. Rechontech oy saa lisäpisteitä, koska kauppa tullaan tekemään täysin Suomen sisämarkkinoilla. Kiinalaiset valmistajat saavat miinuspisteitä, koska kauppa tullaan tekemään Euroopan ulkopuolelta ja muiden valmistajien sekalaiset huomiot pysyvät muuttamattomina.

4.2 Pisteet

Taulukko 2 esittää jokaisen laitteen saamat pisteet attribuuttikohtaisesti. Selkeyden ja helppolukuisuuden vuoksi attribuutit on jaettu seuraaviin kategorioihin: taloudelliset, tekniset, tuotannolliset ja palvelut. Kategoriat ovat määritelty seuraavasti. Taloudellisiin ominaisuuksiin kuuluu tarjouksessa ilmoitettu hinta ja kaikki kiinteät kustannukset, jotka kuuluvat tarjoukseen. Teknisiin ominaisuuksiin kuuluu kaikki laitteen ominaisuudet, jotka eivät vaikuta laitteiston käyttötarkoitukseen, mutta vaikuttavat laitteen toimintaan. Tuotannollisiin ominaisuksiin kuuluu kaikki ominaisuudet, jotka voivat vaikuttaa laitteiston käyttötarkoitukseen. Palveluihin kuuluu palvelut, mitkä ovat mahdollista saada laitteiston mukana. Palvelut eivät erottele, onko palvelu maksullinen lisäpalvelu vai kuuluuko se laitteiston hintaan. Tämän sijaan palvelu osuudessa on erillinen attribuutti, joka sakottaa palveluiden maksullisuudesta. Taulukkoon on lisätty myös sekalaiset huomiot kohta erikseen, joka pitää sisällään osassa 4.1 eritellyt ominaisuudet, eli ne merkittävät ominaisuudet, jotka eivät kuulu mihinkään attribuuttiin.

Taulukko 2 on muodostettu taulukon 1 ja liitteen 1 avulla. Liitteeseen 1 on eritelty jokainen laitekohtainen attribuutti. Soveltamalla taulukon 1 attribuuttien pisteytysperusteita, voidaan muodostaa taulukossa 2 olevat laitekohtaisten attribuuttien pisteet.

Taulukko 3 on muodostettu taulukon 2 ja taulukon 1 avulla. Taulukon 2 laitekohtaiset attribuuttipisteet ovat kerrottu taulukossa 1 olevilla attribuuttikohtaisilla painoarvoilla, muodostaen painotetut laitekohtaiset attribuuttipisteet. Samat arvot ovat myös nähtävillä liitteessä 1.

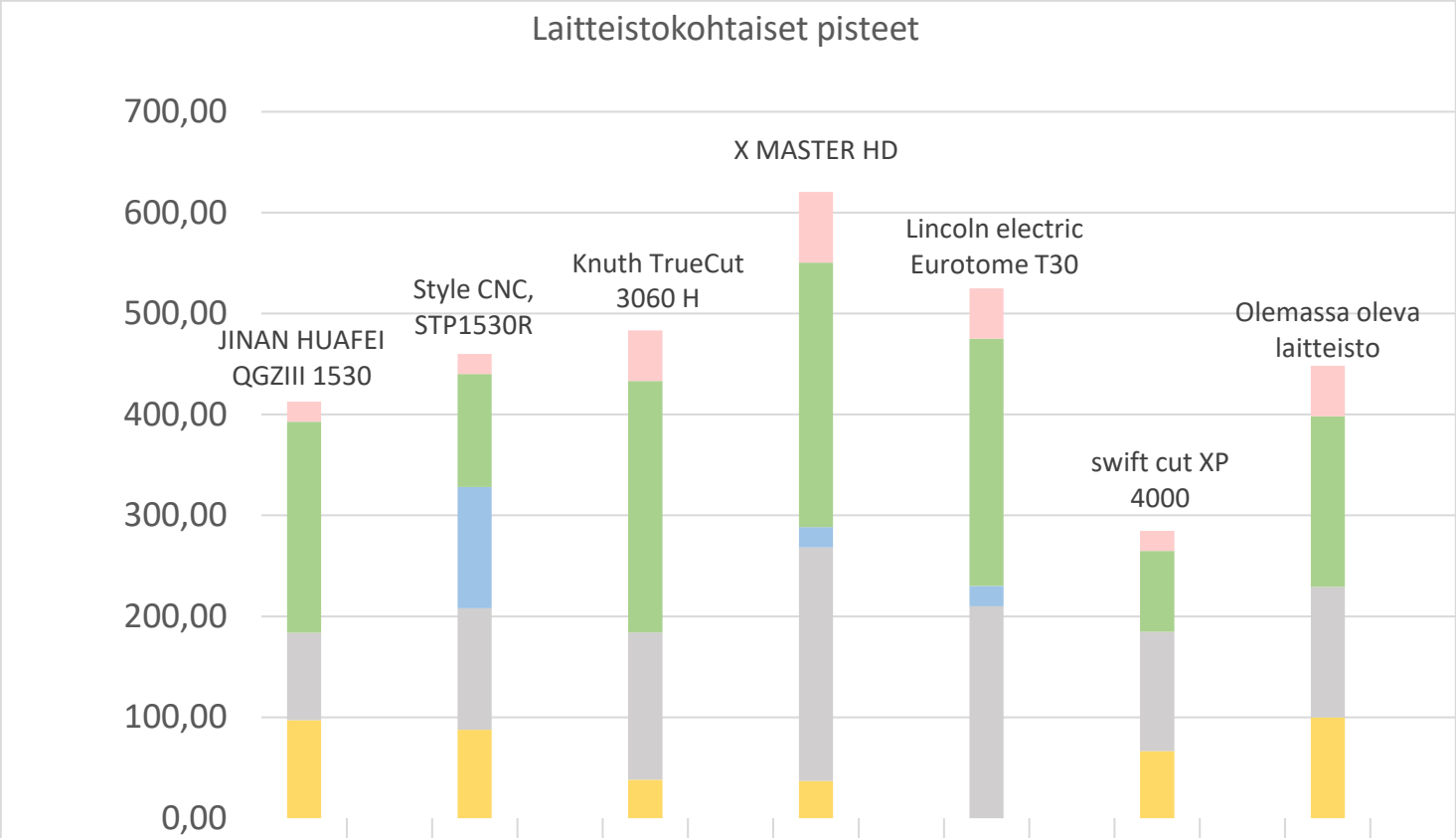
Taulukko 2: Laitteistoiden pisteet

Laitteistot	QGZIII 1530	STP1530R	TrueCut 3060 H	X MASTER HD	Eurotome T30	XP 4000	oleva laitteisto
Taloudelliset							
Laitteiston hinta	9,72	8,76	3,82	3,70	0,00	6,66	10,00
Tekniset							
Plasmayksikkö	0	10	10	10	10	10	10
Leikkauspaksuus	3	4	3	10	10	3	3
Leikkausala	2,5	2,5	10	8,9	10	4,4	6,7
Leikkauslaatu	6	0	0	9	0	0	0
Tarkkuus standardi	10	10	0	10	10	0	0
Alaimupöytä	0	0	10	10	10	10	10
Tuotannolliset							
Putkileikkuri	0	10	0	0	0	0	0
CNC-pora	0	10	0	0	0	0	0
Kaasuleikkaus	0	0	0	10	10	0	0
Merkkaustussi	0	10	0	0	0	0	0
Palvelut							
Asennus	10	0	10	10	10	0	10
Koulutus	10	0	10	10	10	0	10
Takuu	10	10	10	10	10	5	0
Huolto	3	0	7	10	7	0	7
Lisäkustannukset	7	8	10	8	9	10	10
Sekalaiset huomiot	2	2	5	7	5	5	5

Taulukko 3: Laitteistoiden pisteet painotettuina

Laitteistot	QGZIII 1530	STP1530R	TrueCut 3060 H	X MASTER HD	Eurotome T30	XP 4000	oleva laitteisto
Taloudelliset							
Laitteiston hinta	97,25	87,58	38,23	36,95	0,00	66,59	100,00
Tekniset							
Plasmayksikkö	0	50	50	50	50	50	50
Leikkauspaksuus	6	8	6	20	20	6	6
Leikkausala	12,5	12,5	50	44,44	50,00	22,22	33,33
Leikkauslaatu	18	0	0	27	0	0	0
Tarkkuus standardi	50	50	0	50	50	0	0
Alaimupöytä	0	0	40	40	40	40	40
Tuotannolliset							
Putkileikkuri	0	40	0	0	0	0	0
CNC-pora	0	40	0	0	0	0	0
Kaasuleikkaus	0	0	0	20	20	0	0
Merkkaustussi	0	40	0	0	0	0	0
Palvelut							
Asennus	40	0	40	40	40	0	40
Koulutus	40	0	40	40	40	0	40
Takuu	80	80	80	80	80	40	0
Huolto	21	0	49	70	49	0	49
Lisäkustannukset	28	32	40	32	36	40	40
Sekalaiset huomiot	20	20	50	70	50	50	50

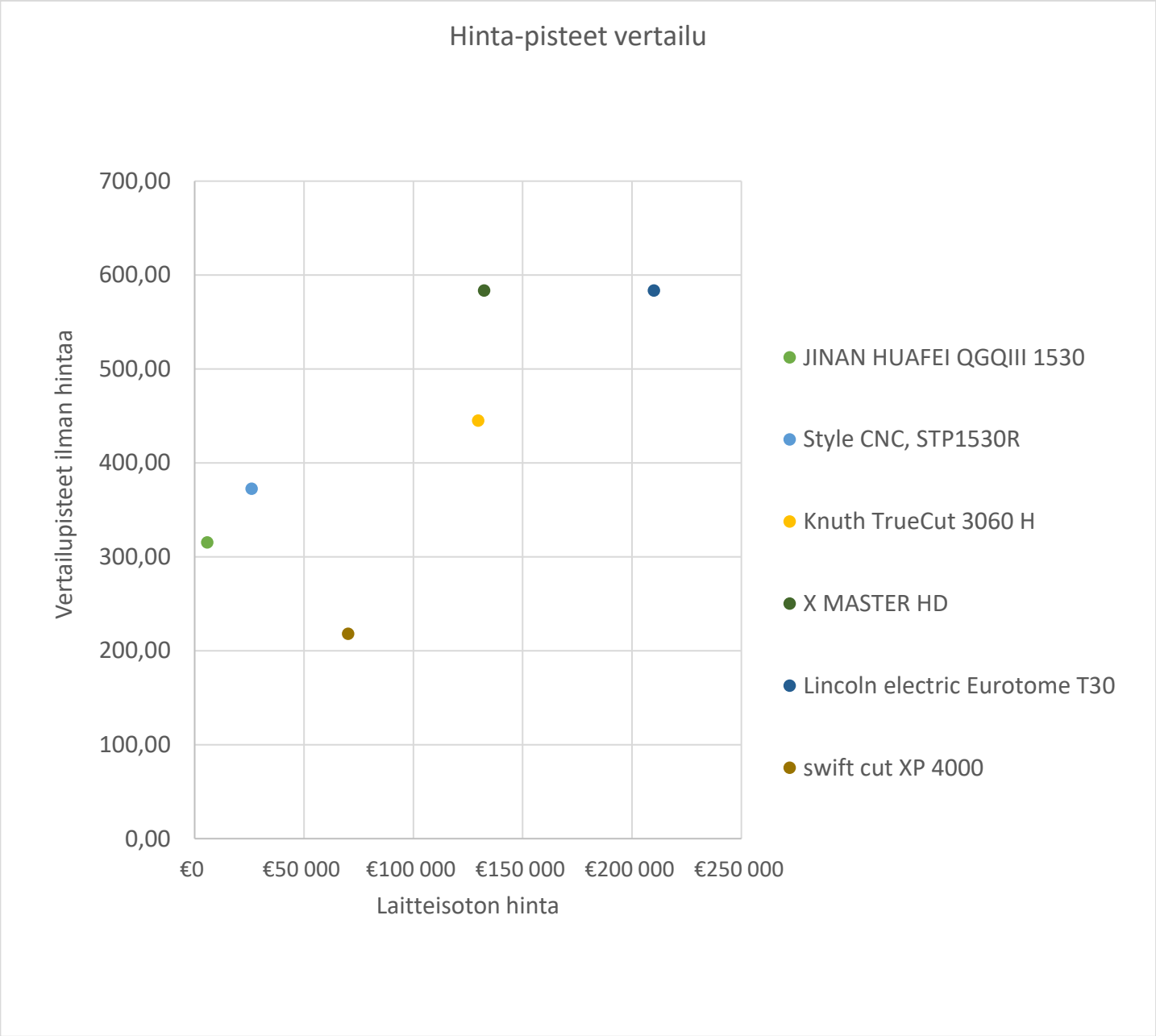
Kuva 1 käyttää taulukon 3 dataa esittämällä sen pylväsdiagrammina. Taulukossa 3 esitetyt tiedot on ensin summattu viiteen alakategoriaan. Nämä alakategoriat on sitten yhdistetty kokonaispistemääräksi jokaiselle laitteistolle. Pylväsdiagrammissa jokaisen pylvään korkeus edustaa laitteiston kokonaispisteitä, kun taas pylvään eri segmenttien värit kuvaavat alakategorioiden osuuksia kokonaispisteissä.



	JINAN HUAFEI QGZIII 1530	Style CNC, STP1530R	Knuth TrueCut 3060 H	X MASTER HD	Lincoln electric Eurotome T30	swift cut XP 4000	Olemassa oleva laitteisto
Sekalaiset	20	20	50	70	50	20	50
Palvelut	209	112	249	262	245	80	169
Tuotannolliset	0	120	0	20	20	0	0
Tekkniset	86,5	120,5	146	231,4	210	118,2	129,3
Taloudelliset	97,25	87,58	38,23	36,95	0,00	66,59	100,0

Kuva 1. Pisteiden summakuvaaja

Kuva 2 esittää uuden laitteiston hintaa suhteessa sen ominaisuuksiin pistediagrammin muodossa. Diagrammissa pystyakselilla näytetään laitteiston kokonaispisteet ilman hinnan huomioimista ja vaaka-akseli näyttää laitteiston hinnan.



Kuva 2. Hinta-pisteet-kuvaaja

4.3 Tuloksien analysointia

Vertailun tulokset osoittavat, että X master HD erottuu CNC-tasoplasmaleikkureiden vertailussa parhaimmaksi ratkaisuksi. Tämän johtoaseman taustalla on useita tekijöitä, joista merkittävimpiä ovat tarjouksen erinomainen dokumentointi ja standardoidut ominaisuudet, sekä toimittajan tukipalvelujen saatavuus läheltä.

Tulokset tarjoavat näkemyksen, miten eri tekijät vaikuttavat laitteiston menestykseen ja miten eri laitteistot pärjäsivät missäkin osa-alueessa. Tämä korostaa konepajan tarvetta arvioida laitteistoja monipuolisesti, ottamalla huomioon paitsi vertailun kokonaispisteet myös miten pisteet ovat muodostuneet ja mitä mikäkin laitteistovaihtoehto tarjoaa.

4.4 Suositus

Tämä työ on selventänyt CNC-tasoplasmaleikkureiden markkinatarjontaa, tuoden esiin sen moniulotteisuuden ja haasteellisuuden. Vertailu on paljastanut, kuinka laitteistot ovat todella vaikeasti vertailtavia, ja että päätöksenteossa ei ole olemassa yksinkertaista tai yksiselitteistä ratkaisua. Laitteistot ovat tasavertaisia tietyissä attribuuteissa, mutta vertailukelvottomia toisissa. Tämä tekee vertailusta epätarkan ja monimutkaisen, osoittaen että valinta ei ole pelkästään numeroiden summaa, vaan vaatii syvällistä pohdintaa ja tasapainottelua eri tekijöiden välillä. Vertailun pohjalta on suositeltavaa, että valintaprosessissa otetaan huomioon paitsi tekniset tiedot ja hinta, myös laitteiston ja toimittajan soveltuvuus yrityksen tarpeisiin ja kykyihin kokonaisuutena.

Monipuolisuuden ja kustannustehokkuuden priorisointi

Style CNC:n STP1530R tarjoaa vertailun monipuolisimman laitteiston, joka sisältää eniten tuotantoa kehittäviä lisäominaisuuksia. Tämä vaihtoehto on erityisen houkutteleva, jos konepajan ensisijainen tavoite on laajentaa plasmaleikkurin roolia ja ominaisuuksia kustannustehokkaasti. Toimituksen ja tuen tullessa Kiinasta asti tämä laitteisto vaatii kuitenkin harkintaa. Laitteisto tarvitsisi todennäköisesti laajempaa osaamista yritykseltä laitteiston ominaisuuksien hyödyntämiseksi ja laitteiston toiminnan ylläpitämiseksi. Lisäksi jokainen lisäominaisuus lisää vikojen mahdollisuutta.

Paikallisen toimittajan valinta

X Master HD on suomalaisen toimittajan myymä laitteisto, joka tarjoaa sekä teknistä tukea että koulutusta läheltä. Tämä laitteisto on paras ratkaisu, jos konepajalle tärkeintä on luotettavuus. Toisin kuin muilla laitteistoilla Rechontechin tarjousta sitoo Suomen sisämarkkinoita koskevat lait ja Teknisen kaupan liiton työstökoneiden ja laitteiden yleiset- ja toimitusehdot, tehden takuusta sitovamman ja ongelmista helpommin eskaloitavia.

Räätälöity ratkaisu

Lincoln Electricin Eurotome T30 tarjoaa mahdollisuuden räätälöityyn ratkaisuun, joka voidaan varustella täsmälleen konepajan tarpeiden mukaisesti. Vaikka tämä vaihtoehto saattaa olla kalliimpi, se tarjoaa parhaan yhteensopivuuden ja joustavuuden erityistarpeisiin.

5 Pohdinta

Tämä luku pitää sisällään työn analysoinnin. Analysointi koostuu tulosten läpikäynnistä, työn ongelmista, laitesuosituksesta ja jälkimietteistä.

5.1 Reliabiliteetti ja validiteetti

Vertailu kärsii useista merkittävistä puutteista, jotka vaikuttavat sen tarkkuuteen ja hyödyllisyyteen. Keskeisin ongelma liittyy puuttuvaan tietoon. Työssä oletetaan, että jokainen tarjouksesta tai laite-esitteestä puuttuva tieto vastaa nollaa pistettä. Tämä oletus perustuu siihen, että valmistajan tulisi todistaa laitteensa ominaisuudet. Tämä menetelmä kuitenkin vähentää pisteitä tiedon saatavuuden puutteesta enemmän, kuin laitteiston ominaisuuksista, mikä ei ole työn tavoite.

Laitteistot ovat keskenään hyvin samankaltaisia. Vertailuasetelmassa annettiin tilaa mahdollisimman monelle lisäominaisuudelle, mutta tämä ei toteutunut. Useat laitteistot ovat ominaisuuksiltaan lähes identtisiä, mikä heikentää vertailun monipuolisuutta ja lisää muiden ominaisuuksien tärkeyttä.

Työn datajoukko oli kohtuullisen pieni. Alkuperäinen tarkoitus oli sisällyttää laaja määrä laitteistoja ja useita laitteistoja samalta valmistajalta, mikä olisi mahdollistanut kattavamman vertailun ja antanut paremman kuvan valmistajien arsenaalista. Rajoitettu laitevalikoima jättää spekulaatiovaraa, olisiko toinen tuotepaketti samalta valmistajalta menestynyt paremmin tai kuvastaako valitut laitteet markkinoiden kokonaisuutta.

Yksikään tarjous tai tuote-esite ei tarjoa selkeää tietoa laitteistojen ylläpitokustannuksista, kuluvien osien kustannuksista, huoltoväleistä, laitteiston luotettavuudesta tai laitteiston myyjän luotettavuudesta. Nämä ovat kriittisiä tietoja laitteiston valinnassa, ja niiden puuttuminen tekee vertailusta vaikeampaa. Erityisesti laitteistoiden luotettavuuden epäselvyys on merkittävä puute, koska luotettavuus oli yksi olemassa olevan laitteiston keskeisimmistä ongelmista ja yritykselle keskeisistä tiedoista.

Vertailu on täynnä käsin tehtyjä valintoja, jotka eivät perustu tietoon. Tällaisia valintoja ovat muun muassa painoarvot, puuttuvan tiedon pisteytys ja ainutlaatuisten attribuuttien

pisteytys. Osa arvioista on pakollisia, koska ei ole muuta vaihtoehto ja osa arvioista tehdään, koska työ on kohdennettu yhden yrityksen tarpeita varten. Jokainen käsin tehty valinta tekee kuitenkin vertailusta vähemmän objektiivisen ja lisää inhimillisten virhearviointien riskiä.

Tutkimuksessa havaitut ongelmat eivät vaikuta toistuvan muissa samaa vertailumenetelmää käyttävissä vertailuissa. Tämän perusteella voitaisiin olettaa, että ongelmat johtuvat tutkimuksessa käytetyn datan rajallisuudesta ja heikosta laadusta. Vertailumenetelmän sopivuus vaikuttaa olevan huono vain tämän tutkimuksen datan kanssa ja onkin todennäköisempää, että datan rajoittuneisuus aiheuttaa ongelmia, riippumatta käytetystä menetelmästä.

5.2 Johtopäätökset

Työ onnistui tuomaan esille laajan määrän ennen peitossa ollutta tietoa ja järjestelemään tiedon helposti luettavaan muotoon ja helposti saataville. Työ onnistui myös luomaan yleiskuvan plasmaleikkuri markkinoista ja tarjolla olevista ratkaisuista.

Työ ei onnistunut muodostamaan selkeätä tulosta MCDM-vertailun pohjalta. Vertailussa ollut datasarja jäi pieneksi. Laitteiden pisteissä ratkaisevin tekijä oli tiedon saatavuus eikä laiteominaisuudet. Lopullinen suositus päätyi useaan laitteistoon ja suositukset eivät pohjaudu vain vertailumenetelmään, vaan myös laitteistokohtaisiin ominaisuuksiin.

Jos vertailu tulisi tehdä uudestaan, kannattaisi vertailu tehdä asiakkaiden kautta, laitetoimittajien sijaan. Näin laitteista saisi todellista käyttödataa, niin käyttökustannuksista, kuin laitteistoiden luotettavuudesta.

Jatkotutkimuksen kannalta tässä työssä nousi esille useita keskeisiä teemoja. Merkittävin jatkotutkimusta vaativa aihe tulisi olemaan vertailu datan parantaminen. Tämä vertailu käytti ainoastaan laite toimittajien tarjoamaan tietoa, joka rajoittaa saatavan datan laajuutta huomattavasti. Toinen mahdollinen jatkotutkimuksen aihe on vertailumenetelmä itsessään. Vaikka tässä työssä arvioitiin vertailumenetelmiä keskenään, voisi vertailu olla huomattavasti laajempi ja syvällisempi. Kolmas mahdollinen jatkotutkimusaihe tarkastelisi valmistajien antaman tiedon luotettavuutta. Vertailu luottaa täysin valmistajien antamaan tietoon. Tämä on ongelma, koska tieteellisessä mielessä, luottaminen ilman todisteita johtaa epävarmuuteen.

Lähteet

Al Khalil, M. I. 2002. Selecting the appropriate project delivery method using AHP. International Journal of Project Management. 20 (6), s. 469-474.

Buchanan, J. T., Sheppard, P. J., & Vanderpooten, D. 1999. Project ranking using ELECTRE III. Hamilton. University of Waikato.

eWorldTrade. 2023. Jinan Huawei CNC Machinery Co. Ltd. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.12.2023]. Saatavilla: https://www.eworldtrade.com/c/huaweimachinery/.

Hashemi, S. S., Hajiagha, S. H. R., Zavadskas, E. K., & Mahdiraji, H. A. 2016. Multicriteria group decision making with ELECTRE III method based on interval-valued intuitionistic fuzzy information. Applied Mathematical Modelling. 40 (2), s. 1554-1564.

Hodgett, R. E. 2016. Comparison of multi-criteria decision-making methods for equipment selection. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 85, s. 1145-1157.

Hodgett, R. E., Martin, E. B., Montague, G., & Talford, M. 2014. Handling uncertain decisions in whole process design. Production Planning & Control. 25 (12), s. 1028-1038.

iSixSigma. 2023. The Science Behind Decision Making: Analytic Hierarchy Process Explained. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 27.12.2023]. Saatavissa: https://www.isixsigma.com/dictionary/analytic-hierarchy-process-ahp/.

KNUTH Werkzeugmaschinen GmbH. 2023. About KNUTH. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.12.2023]. Saatavissa: https://www.knuth.com/en/our-company/about-knuth.

Kumar, G. & Parimala, N. 2020. A weighted sum method MCDM approach for recommending product using sentiment analysis. International Journal of Business Information Systems. 35(2), s. 185-203.

Lincoln Electric. 2023a. Providing solutions for industry-leading, global partners. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.12.2023]. Saatavilla: https://www.lincolnelectric.com/en-GB/?sc_lang=fi-FI.

Lincoln Electric. 2023b. 125 Years of Excellence. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.12.2023]. Saatavissa: https://www.lincolnelectric.com/fi-FI/About-Us.

Recontech Oy. 2023. About-us. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.12.2023]. Saatavilla: https://www.cnc.fi/about-us.

Rzeźnikiewicz, A. 2014. Cost comparison between oxyfuel and plasma cutting low alloy steel. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 63 (2), s. 81-85.

Stylecnc. 2023a. 5x10 Hypertherm Plasma Cutter For Sheet Metal & Tube. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 12.12.2023]. Saatavissa: https://www.stylecnc.com/plasma-cutter/hypertherm-plasma-pipe-cutter.html.

Stylecnc. 2023b. MEET STYLECNC. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.12.2023]. Saatavissa: https://www.stylecnc.com/about/.

Swift-Cut. 2023a. Understanding our pricing. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 15.12.2023]. Saatavissa: https://swift-cut.com/price-03-23/.

Swift-Cut. 2023b. Swift-Cut Overview. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 19.12.2023]. Saatavissa: https://swift-cut.com/swift-cut-overview-2/.

Vaidya, O. S. & Kumar, S. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of Operational Research. 169 (1), s. 1-29.

Liite 1. Olemassa oleva laitteisto

Hypertherm
PowerPierce
Technology

EMBLED
BY MEW
DATE 4·12·16
SPECTED
BY
DATE 12 APR 16
TESTED
BY MEW
DATE 4·12·16
110339 REV C
Hypertherm
HPR260XD
P/N: 078558
Plasma cutting system
PO Box 5010 Etna Road
Hanover, NH 03755
Country of origin: USA
S/N 260XD – 008162
15A/86V-260A/156V
X 100%
I2 260A
U2 156V
HYP U2 175V
U0=311
cos φ = 0.98
3 ~
50/60 Hz
S1 = 52kVA
U1 400V
I1max 75A