



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KUITULASEREIDEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU TILAAJAYRITYKSEN TARPEET HUOMIOIDEN

TEKIJÄ: Jani Kallinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jani Kallinen, opiskelija	
Työn nimi Kuitulasereiden ominaisuuksien vertailu tilaajayrityksen tarpeet huomioiden	
Päiväys	11. toukokuuta 2020
Sivumäärä/Liitteet 44	
Ohjaaja(t) Sami Ipatti, lehtori Aku Tuunainen, projekti-insinööri	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) PK-Levy Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tilaajayrityksenä toimi Nurmeksessa sijaitseva metallialan alihankintayritys PK-Levy Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tarjota monipuolista ja kattavaa taustatietoa tilaajayrityksen tulevan laitehankinnan tueksi. Tilaajayrityksen tavoitteena on korvata vanha CO<sub>2</sub>-laser uudempaa teknologiaa edustavalla kuitulaserilla. Teoreettisten taustatietojen lisäksi opinnäytetyöhön hankittiin mahdollisimman puolueetonta tietoa laitteita käyttäviltä tahoilta.</p> <p>Kerätyt tiedot analysoitiin ja tilaajayritykselle muodostettiin tiedoista vertailu. Vertailun lisäksi opinnäytetyöhön päätettiin laitehankinnan tueksi hankkia PK-Levy Oy:n asiakkailta palautetta yrityksen nykyisen laitteen toiminnasta ja mahdollisia toiveita tulevaisuuden laitehankinnan osalta. Opinnäytetyötä varten tietoa kerättiin haastatella sekä valmistajia että laitteiden käyttäjiä. Taustatiedon piirissä tutkittiin myös vaihtoehtoisia leikkausmenetelmien kuten vesileikkauksen ja plasmaleikkauksen soveltuvuutta laserin korvaajaksi PK-Levy Oy:n tuotannossa.</p> <p>Vertailussa edustettuina olivat annettujen kriteerien mukaan neljän eri laitevalmistajan tarjoamat mallit, joita tarjottiin PK-Levy Oy:n tarpeisiin. Tarjotut mallit olivat Prima Powerin PLT fiber 1530 EVO 2D, Bystronicin BySmart Fiber 3015, Trumpf:n TruLaser 1030 Fiber ja Amadan ENSIS AJ 3015. Laserleikkureiden lisäksi vertailussa olivat myös valmistajien tarjoamat varastointiautomaatit.</p> <p>Vertailussa osoitettiin selkeästi laitteiden välisiä eroja eri osa-alueilla. Laitteiden arvioinnissa huomioitiin nimenomaan tilaajayrityksen vaatimukset laitteilta. Opinnäytetyön vertailun tuloksena saatiin ehdotus parhaiten PK-Levy Oy yritykselle soveltuvasta laserleikkurikonaisuudesta.</p>	
Avainsanat kuitulaser, vertailu, tasoleikkuri, laser, varastointiautomaatio	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jani Kallinen			
Title of Thesis Comparison of Fiber Laser Cutter Features According to Customer´s Needs			
Date	11 May 2020	Pages/Appendices	44
Supervisor(s) Sami Ipatti, senior lecturer Aku Tuunainen, project engineer			
Client Organisation /Partners PK-Levy Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was made in cooperation with a company called PK-Levy Oy. PK-Levy Oy is a subcontracting company in metal industry. The aim of the thesis was to offer versatile and comprehensive information for the company´s upcoming laser cutter purchase. PK-Levy Oy is about to replace their old CO<sub>2</sub>-laser in future with a newer fiber laser. The thesis also contains impartial information from companies already using similar devices in addition to theoretical information given by the manufacturers.</p> <p>The gathered information was analysed and a comparison based on the information was made. In addition PK-Levy Oy´s customers were asked about their feedback about the company´s current state of services and their expectations about upcoming laser cutter features and services. Information for the thesis was gathered by interviewing the manufacturers of devices and companies using them. Alternative methods as waterjet cutting and plasma cutting were studied as a possible replacement for the fiber laser cutter in PK-Levy Oy´s production.</p> <p>The comparison contains four different devices that were offered by manufacturers based on the given criteria. The offered devices were Prima Power PLT fiber 1530 EVO 2D, Bystronic BySmart Fiber 3015, Trumpf TruLaser 1030 Fiber and Amada ENSIS AJ 3015. Along with the laser cutters automated storages were included in the comparison.</p> <p>The comparison clearly points out differences between devices in defined aspects. PK-Levy Oy´s requirements were the main focus when comparing the devices. As a result the thesis contains a recommendation about the best suited device for PK-Levy Oy´s production.</p>			
Keywords Fiber laser, comparison, level cutter, laser, storage automation			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	LÄHTÖKOHDAT .....	2
2.1	Amada LC 3015 X1 NT CO <sub>2</sub> -laser.....	2
2.2	Amada AS LUL 300 X1 varastointiautomaatiikka .....	3
3	LASERTEKNOLOGIA JA TEORIA .....	4
3.1	Kuitulaser .....	4
3.2	CO <sub>2</sub> -Laser .....	4
3.3	Varastointiautomaatiikka .....	4
3.4	Leikkaustandardi SFS-EN ISO 9013 .....	5
4	ASIAKASTARPEIDEN KARTOITTAMINEN.....	6
4.1	Kesla Oyj.....	6
4.2	Franke Finland Oy.....	6
4.3	J5L-Production Oy.....	7
4.4	EC-Engineering Oy .....	7
5	VAIHTOEHTOISET MENETELMÄT .....	8
5.1	Vesileikkaus.....	8
5.1.1	Hyödyt .....	8
5.1.2	Haitat.....	9
5.2	Plasmaleikkaus .....	9
5.2.1	Hyödyt .....	9
5.2.2	Haitat.....	9
6	VALINTAKRITEERIT .....	10
7	VERTAILTAVAT LAITTEISTOT .....	11
7.1	Amada .....	11
7.1.1	AMADA ENSIS AJ 3kW tasolaserkone.....	11
7.1.2	AMADA ASF-EU tornivarasto .....	14
7.1.3	Muuta tarjoukseen kuuluvaa .....	15
7.2	Trumpf.....	16
7.2.1	TruLaser 1030 Fiber 4 kW.....	16
7.2.2	LiftMaster .....	18
7.2.3	Muuta tarjoukseen kuuluvaa .....	19

7.3	Bystronic .....	20
7.3.1	BySmart Fiber 3015; Fiber 3000 .....	20
7.3.2	ACS9-S levyvarasto .....	23
7.3.3	Muuta tarjoukseen kuuluvaa .....	24
7.4	Prima Power .....	25
7.4.1	Prima Power PLT 1530 fiber EVO 2D .....	25
7.4.2	Prima Power Compact Server levyn lastaus ja purkulaite .....	27
7.4.3	Muuta tarjoukseen kuuluvaa .....	27
8	KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSET .....	29
8.1	Trumpf TruLaser 5030 Fiber .....	29
8.2	Amada ENSIS AJ 3015 .....	30
8.3	Muut käyttäjäkokemukset.....	31
9	VERTAILU .....	32
9.1	Laitteen teho ja monipuolisuus .....	32
9.2	Laserin ominaisuudet ja varusteet.....	33
9.3	Varastointiautomaatiikan sopivuus .....	33
9.4	Laserin ohjaus ja käyttöliittymä.....	34
9.5	Käyttökustannukset ja huoltokulut .....	34
9.6	Valmistajan tuki -ja asiakaspalvelu .....	35
9.7	Laitteiston kokonaishinta .....	35
9.8	Yhteenlaskettu tulos.....	36
10	YHTEENVETO.....	36
11	POHDINNAT.....	37
12	LÄHTEET .....	38

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kuitulaserlaitteistojen vertailu. Työ toteutettiin yhteistyössä PK-Levy Oy yrityksen kanssa. Työn aihe perustuu PK-Levy Oy:n tarpeeseen päivittää heidän vanha CO<sub>2</sub> laserinsa uudempaa ja tehokkaampaa teknologiaa käyttävään kuitulaseriin. Vertailu sisältää itse laserin lisäksi myös varastointiautomaatiikan, laitteiden mukana tulevat ohjelmistot sekä hintaan sisältyvät palvelut. Vertailuun otettiin mukaan laitteita eri valmistajilta. Laitemalli on määräytynyt annettujen kriteerien perusteella vastaamaan parhaiten PK-Levyn käyttötarkoituksia. Vertailu ei perustu pelkästään valmistajien antamien numeroiden vertailuun, vaan mukaan on etsitty tietoa myös laitteiden käyttäjiltä. Vertailua varten käytännön kokemuksia kartoitettiin paikoista, joissa kyseisiä tai vastaavia laitteita käytetään.

Vertailu on tärkeää suorittaa ennen laitehankintaa, jotta yrityksen käyttöön saadaan vaatimukset parhaiten täyttävä laitteisto. Kuitulaser on pitkäaikainen ja arvokas hankinta, jonka varaan melkein koko PK-levyn tuotanto perustuu. Tämän takia on tärkeää kerätä tietoa hankittavista laitteistoista ennen ostopäätöstä. Kuitulaserin hankinnalla yrityksellä on myös mahdollisuus parantaa ja tehostaa omaa tuottavuuttaan kuitulaserin tehokkuuden avulla.

Opinnäytetyössä kartoitetaan laitteistovertailun lisäksi myös PK-Levy Oy:n asiakasyrityksien mielipiteitä yrityksen tämänhetkisestä tuotteiden ja palveluiden tasosta. Kyselyllä pyritään kartoittamaan näiden asiakasyritysten tarpeita tulevaisuuden varalle. Kyselyllä kartoitetaan hyödyllistä tietoa, jonka avulla pystytään vastaamaan paremmin asiakkaiden tarpeisiin.

## 2 LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyön tilaajana toimii vuonna 2008 perustettu yritys, nimeltä PK-Levy Oy. Yrityksen toimipiste sijaitsee Pohjois-Karjalassa Nurmeksessa. PK-Levy Oy on metallialan alihankintayritys, joka on erikoistunut erityisesti ohutlevyleikkeisiin ja niiden työstämiseen. Yrityksen tuotanto toimii nykyisellä kokoonpanolla kahdeksan ihmisen voimin. (PK-Levy Oy)

Yrityksen pääasiallisiin tuotteisiin kuuluvat levyleikkeet ja teräsrakenteiset kokoonpanot. Yrityksen käytöstä löytyy laaja valikoima laitteita, joiden avulla suurin osa alihankintatyöstä voidaan suorittaa talon sisäisesti. Laittevalikoimaan kuuluu muun muassa Amadan X1 CO<sub>2</sub>-lasertasoleikkuri ASLUL 300XI varastointiautomatiikalla, Amadan HFP 80-20 särmäyspuristin, yksi TIG- hitsauslaite, kaksi MIG- hitsauslaitetta, Kempin pistehitsauslaitteisto, Finnblastin raepuhalluslaitteisto, Nordblastin NB28 soodapuhalluslaitteisto, Puhti 100 hiekkapuhalluslaitteisto ja pulverimaalaustila kahdeksan metriä pitkällä uunilla. (PK-Levy Oy)

PK-levyn tuotantoon sisältyy metallialan alinahkintatyön lisäksi Porin Matti uunien valmistus. Uunien myynnin ja valmistamisen lisäksi PK-levy on Suomen ainoa Porin Matti uunien varaosien myyjä. (PK-Levy Oy)

### 2.1 Amada LC 3015 X1 NT CO<sub>2</sub>-laser

Tällä hetkellä PK-Levy Oy:llä on käytössään Amadan LX 3015 X1 NT CO<sub>2</sub>-laser, lyhyemmin Amada X1. Laser on teholtaan 4 kW ja soveltuu leikkaamaan laajaa kategoriaa metalleja. Kone pystyy leikkaamaan rakenneterästä siististi n. 20 mm asti, ruostumatonta terästä siististi 12 mm asti ja alumiinia 10 mm asti. CO<sub>2</sub>-laserille tyypillisesti leikkauslaatu on paksumminkin materiaaleilla hyvä. Laserissa voidaan käyttää leikkauksen apuna typpeä tai happea. Laitteen leikkuupöydän koko on 3100 x 1550, joka on sopiva standardin 3000 mm x 1500 mm arkkiin asti. Laite on teknologialtaan n. 15 vuotta vanha, joten sen korvaaminen uudemmalla alkaa olla ajankohtaista. (Amada)



KUVA 1 PK-Levy Oy:n nykyinen CO<sub>2</sub>-laser ja varastointiautomaatio

## 2.2 Amada AS LUL 300 X1 varastointiautomaatiikka

AS LUL 300 X1 varastointiautomaatiikka on tarkoitettu LC 3015 X1 laserleikkurin purkamista ja lastaamista varten. Purkamisen ja lastaaminen tapahtuu imukupeilla. Imukuppien avulla laitteella pystytään käsittelemään materiaaleja kuten terästä, alumiinia, kuparia ja ruostumatonta terästä. Levyjen lastaaminen laserille tapahtuu ajettaessa palettinostin varastointihyllyn halutulle tasolle, josta imukupit nostavat valitun levyn palettinostimelle. Palettinostin laskeutuu laserin tasolle ja syöttää levyn laserin leikkuupöydälle. Leikatun levyn purku tapahtuu, kun palettinostin siirtää levyn purkupöydälle tai purkupaletille. AS LUL 300 X1 pystyy lataamaan ja purkamaan levyt täysin automaattisesti. (Amada)

Laitteeseen mahtuu kaikkiaan kuusi palettia. Laitteessa voi olla joko kaksi tai kolme raaka-ainepalettia ja riippuen raaka-ainepalettien määrästä neljä tai kolme purkupalettia. Paletille asetettu maksimikuorma ei saa ylittää 3000 kg ja maksimi levynpaksuus, jota paletilla voidaan käyttää on 20 mm. Paletilla käytettävä minimiarkkikoko on 1000 mm x 2000 mm ja maksimiarkkikoko on 1500 mm x 3000 mm. (Amada)



### 3 LASERTEKNOLOGIA JA TEORIA

Luvussa käsitellään lasereihin ja laserteknologiaan liittyvää termistöä ja teknologiaa. Laserteknologiassa pitäydytään opinnäytetyön aiheeseen liittyvissä termeissä. Sanasto kytkeytyy erityisesti lasereiden käyttöön teollisuusympäristössä. Termistön lisäksi kappaleessa käydään läpi myös laserleikkaukseen liittyvää laadunvalvontaa.

#### 3.1 Kuitulaser

Kuitulaser on nykyaikana yleistynyt laserteknologia. Sen kehittäminen kuitenkin aloitettiin Yhdysvalloissa jo 1960-luvulla. Kuitulaserit omaavat tyypillisesti paremman hyötysuhteen kuin vastaavat CO<sub>2</sub>-laserit. Kuitulaserin erinomainen hyötysuhde saavutetaan, kun lasersäde luodaan suoraan laitteen optisen kuidun sisään. Optinen kuitu sisältää laseroivia väliaineita, joiden ansiosta kuitu toimii itsessään resonaattorina. Laser luodaan optisen kuidun sisään pumpaamalla väliaineita diodilaserilla. Kokonaisheijastuksen ansiosta pumpattu lasersäde kimpoilee kuidun sisällä useita kertoja läpäisten kuidun sisällä olevan laseroivan väliaineen. Optisen kuidun heijastavien sisäpintojen ansiosta laser voi liikkua kuidussa häviöttömästi. (Leinonen, 2017)

#### 3.2 CO<sub>2</sub> -Laser

CO<sub>2</sub>-laserissa lasersäde luodaan resonaattorissa. Laser vaatii toimiakseen hiilidioksidin lisäksi muitakin kaasuja, kuten typpeä ja heliumia. Heliumin tehtävä on viilentää prosessia ja tyyppi aktivoi hiilidioksidimolekyylejä. Aktivoituneet hiilidioksidimolekyylit helpottavat sähkönsiirtymistä käyttökohteeseen. CO<sub>2</sub>-laser on hyötysuhteeltaan melko huono, saavuttaen parhaimmillaankin vain 21% hyötysuhteen. (Leinonen, 2017)

#### 3.3 Varastointiautomaatiikka

Opinnäytetyön yhteydessä varastointiautomaatiosta puhuttaessa tarkoitetaan laserleikkurin yhteyteen asennettavaa levyvarastoa. Automatisoidulla varastolla pyritään saamaan aikaan laserleikkurin jatkuva keskeytyksetön työskentely ilman operaattorin jatkuvaa läsnäoloa. Tämä toteutetaan käytännössä siten, että laserin operaattori lataa leikkausohjelmat ja parametrit laitteen ohjausyksikölle ja lastaa varastointiautomaatiikan tarpeellisella määrällä halutunlaisia levyjä. Varastoautomaatiikan toimiessa laser ja varasto toimivat yhdessä siten, että ohjelman mukaan määrätty levy noudetaan automatisoidulla levypaletilla sille osoitetulta tasolta. Paletti tuo levyn laserin tasolle ja lastaa leikattavan levyn automaattisesti leikkauspöydälle. Levyn leikkauksen valmistuessa voi automaatiikka noutaa leikatut kappaleet paletilla ja siirtää ne odottamaan purkamista. (Bartels)

Varastointiautomaatiikan ansiosta operaattorin vuorovaikutusta ei leikkausprosessin aikana tarvita lainkaan. Operaattorin tehtäväksi prosessissa jää tavaran lastaaminen varastointiautomaatiikkaan,

ohjelman tekeminen laserleikkaukselle ja leikatun tavaran purku laitteen purkulavalta. Kyseinen automaatio mahdollistaa nykyään myös laitteiden ympärivuorokautisen hyödyntämisen, koska prosessin voi jättää ajamaan yön ajaksi. (Bartels)

### 3.4 Leikkaustandardi SFS-EN ISO 9013

Standardi SFS-EN ISO 9013 on 2017 voimaan tullut standardi, joka määrittää termisesti leikattujen kappaleiden pintojen geometriset laatutoleranssit. Standardia käytetään laser-, poltto- ja plasmaleikkaukseen sopiville materiaaleille. Standardi kattaa eri paksuusluokkia eri leikkausmenetelmille. Polttoleikkauksessa standardi kattaa kaikki 3 - 300 mm paksut materiaalit. Plasmaleikkaamisessa standardi koskee 0,5 - 150 mm paksuuksia ja laserleikkauksessa 0,5 - 32 mm paksuuksia. (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 2017)

Standardin mukainen mittaus suoritetaan harjatulta ja puhtaalta kappaleen ulkopinnalta. Mittauspisteiden määrä vaihtelee riippuen leikatun kappaleen muodosta ja koosta. Mitta-arvot otetaan kappaleesta paikoista, joissa toleranssiheittojen odotetaan olevan suurimpia. Lopulta mitatut arvot jaetaan toleranssikenttiin. Toleranssikentästä voidaan tarkastella, kuinka hyvin kappale suoriutui sille toteutetusta standarditestistä. Tarpeen tullen voidaan toteuttaa uusi testi, mikäli mittaustuloksia epäillään. (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 2017)

## 4 ASIAKASTARPEIDEN KARTOITTAMINEN

Pelkän kuitulasereiden vertailun lisäksi opinnäytetyössä tiedusteltiin PK-Levy Oy:n tämänhetkisiltä asiakkailta, kuinka PK-Levy Oy on heidän mielestään suoriutunut asiakkaiden vaatimista palveluista ja tuotteista. Kyselyssä haluttiin kartoittaa tämänhetkisten merkittävimpien asiakkaiden tuntemuksia yrityksen tarjoamista palveluista ja niiden laadusta.

Toinen kyselyn osio käsitteli enemmän asiakkaiden tarpeita tulevaisuudessa. Kyselyssä keskityttiin enimmäkseen ominaisuuksiin, joita asiakkaat haluaisivat parantaa tulevaisuudessa uuden kuitulaserin hankinnalla. Kyselyssä kartoitetaan myös, toisiko jokin tietty laserin ominaisuus lisää tilauksia juuri näiltä asiakkailta.

Alla otsikoituna neljä kyselyyn mukaan otettua yritystä. Yritykset valittiin kahden kriteerin perusteella. Ensimmäinen kriteeri on, että yrityksellä on merkittävän suuri ja jatkuva tilauskanta. Toinen kriteeri on, että yrityksen teettämät osat ovat jollain tapaa haastavia tai monimutkaisia leikattavia. Haastaviksi leikkeet tekevät esimerkiksi tarkat toleranssit, laatuvaatimukset ja monimutkaiset muodot.

### 4.1 Kesla Oyj

Kesla Oyj:n yhteyshenkilönä opinnäytetyössä toimi yrityksen Joensuun toimipisteen hankintapäällikkö Matti Pennanen. Ottaessaan kantaa nykyisiin PK-Levyn tuottamiin palveluihin ja tuotteisiin, Pennanen toteaa, että leikkeiden laatu on ollut normaalia laserleikkurilla saavutettavaa laatua. Myös toleranssit ovat olleet tarpeeksi tarkkoja heidän tarkoituksiinsa. Matin mukaan tulevaisuudessa Keslan hitsausprosessi robotisoituu. Robotisoitumisen seurauksena leikkeiden laadulle ja toleransseille luodaan enemmän vaatimuksia, jotka onnistuvat vain laserleikkurilla eikä esimerkiksi plasmalla.

Tulevaisuuden hankintaa ajatellen Pennanen toteaa, että tehokkaammasta laserleikkurista voisi olla hyötyä, jotta voitaisiin leikata tarvittaessa myös paksumpia raaka-aineita. Myös viisteen leikkaamisen mahdollisuus laserilla lisäisi käytettävyyttä leikattaessa Keslan osia. (Pennanen, 2020)

### 4.2 Franke Finland Oy

Franke Finland Oy:n yhteyshenkilönä opinnäytetyössä toimi yrityksen hankintapäällikkö Sari Leva. Leva delegoi kysymyksen yrityksen tuotantopuolesta vastaaville. Vastaajan mukaan varsinaista tarvetta esimerkiksi viistelaserille ei tällähetkellä ole, koska heidän tuotteensa ei sitä vaadi. Tuotannosta sanotaan kuitenkin, että vaikkakin 3D-laser ei ole pakollinen, niin antaa se huomattavasti enemmän vaihtoehtoja tuotteiden valmistettavuuden suhteen.

Franke Oy:n vastaajan mielestä PK-Levy Oy:n etu kilpailijoihin nähden voisi olla ohuiden levyleikkeiden nopeammat leikkausnopeudet, joiden avulla voitaisiin parantaa toimitusaikaa. He kuitenkin mainitsevat, että paksummilla materiaaleilla, kuten yli 5mm levyleikkeille leikkausnopeus voisi olla jopa hieman hitaampi, jotta leikkauslaatu ei kärsisi nopeuden kustannuksella. (Leva, 2020)

#### 4.3 J5L-Production Oy

J5L-Production Oy yrityksen yhteyshenkilö on yrityksen hankintapäällikkö Kari-Pekka Komulainen. Komulainen välitti kyselyn eräälle yrityksen suunnittelijalle ja sai hänet kommentoimaan asiaan. Vastauksessa painotetaan, että heidän näkökulmastaan laserleikkeiden ja palveluiden kanssa hinnan, toimitusajan, toimitusvarmuuden ja laadun on oltava tasapainossa keskenään. Suunnittelija myös painottaa, että laadusta ei voida tinkiä hinnan tai toimitusajan kustannuksella.

Vastauksesta ei ilmene, että J5L-Productionilla olisi erityisiä toiveita tulevaa laserhankintaa varten. Viestistä käy kuitenkin ilmi, että heille tärkeämpää on hyvä laatu ja luotettavat toimitusajat. Viestin lopussa suunnittelija mainitsee, että joustavuuden ja lyhyen toimitusajan ansiosta on helpompi erottaa kilpailijoihin verrattuna. (Komulainen, 2020)

#### 4.4 EC-Engineering Oy

EC-Engineering Oy yrityksen yhteyshenkilönä asiakastyytyväisyyskyselyä varten toimi yrityksen hankintavastaava Kimmo Murto. Murron mukaan PK-Levyn tuottamissa leikkeissä ei ole ollut valittamista. Leikkeiden laadun sijasta Murto moittii hieman leikkeiden ja yrityksen tuottamien palveluiden kallista hintatasoa.

Tulevaisuutta varten EC-Engineering yritys tarvitsisi alihankkijaa, jonka käytössä olisi perinteisen ta-soleikkuulaserin lisäksi myös putkilaser. Putkilaserista olisi hyötyä yritykselle heidän tulevaisuudensansa alkavaa projektiansa varten. (Murto, 2020)

## 5 VAIHTOEHTOISET MENETELMÄT

Laserien vertailun lisäksi opinnäytetyöhön lisättiin osio, jossa pohdittiin, olisiko jostakin vaihtoehdoista leikkausmenetelmästä laserleikkurin korvaajaksi yrityksessä. Vaihtoehtoisia menetelmiä tarkasteltiin hyötyjen ja haittojen kautta. Listattujen hyötyjen ja haittojen avulla yrityksen edustaja voi myöhemmin tarkastella olisiko jokin muu leikkausmenetelmä soveltuva vaihtoehto laserleikkaamiselle.

Vaihtoehtoisiksi menetelmiksi valittiin plasmaleikkaus ja vesileikkaus. Edellä mainitut leikkausmenetelmät valikoituivat vartenotettavimpina vaihtoehtoja korvaamaan yrityksen nykyinen laserleikkuri. Kaikista leikkausmenetelmistä löytyi omat huomattavat etunsa ja haittansa.

### 5.1 Vesileikkaus

Vesileikkaus on mekaaninen leikkausprosessi, jossa korkeapaineinen vesi johdetaan suuttimen läpi leikattavan materiaalin pintaan. Samalla leikkaava vesi huuhtelee mukanaan leikatun materiaalin pois kappaleesta. Vesileikkauksilaitteen suutin on normaalisti halkaisijaltaan 1 - 1,2mm. Suuttimen leikkauspää on leikkauksen aikana n. 2 - 5mm korkeudella materiaalin pinnasta. Leikkaavan veden paine voi olla parhaimmillaan 6000 baaria, joka riittää kasvattamaan veden nopeuden jopa kolminkertaiseksi äänennopeuteen verrattuna. (Kangas, 2013)

Vesileikkauksessa kovempia materiaaleja leikattaessa käytetään apuna abrasiivisia jauheita, joita sekoitetaan leikkaavaan veteen. Abrasiiviset jauheet ovat useimmiten valmistettu graniitista tai kvartsista. Kovempia leikattavia materiaaleja ovat esimerkiksi kivi, metallit ja keramiikka. Pehmeämpiä materiaaleja, kuten kumia, muovia ja puuta voidaan leikata pelkällä vedellä. (Kangas, 2013)

#### 5.1.1 Hyödyt

Vesileikkauksilaitteiston ensimmäinen selvä hyöty verrattuna kuitulaseriin on sen hankintahinta. Vesileikkauksilaitteiston hinta voi olla jopa yli puolet halvempi laserleikkauksilaitteistoon verrattuna. Vesileikkauksella saa myös tyypillisesti paremman leikkauslaadun, kun verrataan leikatun reunan tasaisuutta ja viistettä. Vesileikkaus on myös tarkkuuksiltaan ja toleransseiltaan samaa luokkaa laserleikkurin kanssa. (ESAB)

Vesileikkauksilaitteistolla pystytään leikkaamaan melkein mitä vain materiaalia. Vesileikkaus on erinomainen vaihtoehto esimerkiksi lasin ja keramiikan leikkaamisessa. Laserleikkauksessa materiaalit rajoittuvat pitkälti metalleihin, joihinkin muoveihin ja puuhun. Vesileikkauksen etuna on myös se, ettei se tuota lämpöä leikkauksen yhteydessä, joten leikattavissa kappaleissa ei esiinny lämmön seurauksena muodonmuutoksia. (ESAB)

### 5.1.2 Haitat

Vesileikkauslaite on leikkausnopeuksiltaan selvästi laserleikkuslaitetta hitampi. Hitautensa takia vesileikkauksen tehokkuus kärsii vaihtoehtoisin menetelmiin verrattuna. Hitaamman leikkausnopeutensa lisäksi vesileikkauslaite on myös käyttökuluiltaan noin 33% laserleikkuria kalliimpi. (ESAB)

## 5.2 Plasmaleikkaus

Plasmaleikkauksessa leikkaava sähköä johtava kaasu kuumennetaan sähkövirran avulla niin kuumaksi, että siitä muodostuu ionisoitumisen seurauksena plasmaa. Muodostunut plasmasuihku luo leikkattavaan materiaaliin railon. Sulanut materiaali poistuu railosta plasman liike-energian ansiosta. Leikkausprosessissa käytetään myös apuna kaasuja, kuten argonia, happea, vetyä, typpeä ja paineilmaa. Plasmaleikkausta voidaan käyttää sähköä johtavien materiaalien leikkaamiseen. (Pöytäri, 2014)

Plasmaleikkuslaitteisto koostuu osista, kuten rungosta, polttimesta, maadoituskaapelista, virtalähteestä, kaasujärjestelmästä ja ohjausyksiköstä. Laitteesta riippuen ohjausyksikkö on voitu integroida virtalähteeseen. Ohjausyksiköstä voidaan myös tyypillisesti säätää kaikki leikkauksen vaatimat parametrit, kuten leikkausvirta, kaasujenvirtaus ja kaarijännite. (Martikainen, 2011)

### 5.2.1 Hyödyt

Plasmaleikkuslaitteisto on selvästi halvempi verrattuna laserleikkuslaitteeseen. Tyypillisesti plasmaleikkurin toimintakustannukset ovat myös suhteellisen edulliset, ollen noin 25% pienemmät verrattuna saman tasoiseen laserleikkuriin. Plasmaleikkuri kykenee usein myös leikkaamaan paksumpaa materiaalia kuin laserleikkuri. (ESAB)

### 5.2.2 Haitat

Plasmaleikkuslaitteiston leikkauksen jälki häviää laserleikkurille sekä vesileikkurille. Plasmaleikkauksessa leikkusrailon reunat voivat usein olla epätasaiset ja paksummilla materiaaleilla niissä ilmenee viistettä. Viiste syntyy plasmasuihkun hajotessa, mitä syvemmälle materiaaliin se tunkeutuu. Plasmaleikkuri häviää laserille myös toleransseissa ja mittatarkkuudessa. Normaali plasman leikkaustoleranssi on n. +/-0,5mm ja railonpaksuus jopa yli 3 mm. Plasmaleikkurilla ei myöskään voida leikata mitään muuta kuin sähköä johtavia materiaaleja plasmaleikkurin toimintaperiaatteen takia. (ESAB)

## 6 VALINTAKRITEERIT

Ennen opinnäyteytön aloittamista käytiin yrityksen edustajan kanssa läpi kriteerit, joiden pohjalta uutta laitteistoa voitiin alkaa etsimään. Kriteereitä laitteen valintaa varten ei määritelty kovin monta, jotta valikoima laitteiden välillä pysyisi tarpeeksi monipuolisena. Kriteereitä määriteltiin yhteensä kuusi kappaletta:

1. Laitteen leikkuupaksuudet oltava rakenneteräksellä 20 mm asti, ruostumattomalla teräksellä 12 mm asti ja alumiinilla 10 mm asti.
2. Leikkuupöydälle on mahdollista standardikokoinen 3000 mm x 1500 mm ohutlevyarkki.
3. Mukana on tultava varastointiautomaatioyksikkö, jonka korkeus voi olla enintään 5 m.
4. Varastointiautomaatio on oltava automaattisella vaihtopaletilla, jotta uuden levyn vaihto ja purku onnistuu ilman operaattoria.
5. Laitteella ja laitteen mukana tulevilla tuotteilla on oltava suomenkielinen tuki ja huolto. (mieluiten läheltä)
6. Vertailtavat laitteet päätettiin pyytää seuraavilta valmistajilta:
  - Bystronic
  - Trumpf
  - Amada
  - Prima Power

Vertailtavat laitteistot valittiin antamalla yllä mainitut kriteerit laitteiden valmistajille ja pyytämällä heitä tarjoamaan parhaiten kriteerit täyttävää laitteistoa.

## 7 VERTAILTAVAT LAITTEISTOT

Tässä osiossa käsitellään tarkemmin kaikkia vertailtavia laserleikkureita ja niiden tärkeimpiä ominaisuuksia. Laserleikkureiden tietojen lisäksi osiossa kerrotaan myös tarjouksessa mukana olleista varastointiautomaatioista ja muista tarjotuista palveluista. Kappaleen tavoitteena on antaa kattava yleiskuva kaikista laitekokonaisuuksista.

### 7.1 Amada

Seuraavassa osiossa esiteltynä tarkemmin Amadan Ensisi AJ sarjan kuitulaserin ominaisuuksia. Osiossa esitellään myös Amadan tarjoama ASF-EU varastointiautomaatio. Amadan esittelyosion lopusta löytyy muita tarjoukseen kuuluvia ohjelmistoja ja palveluita.

#### 7.1.1 AMADA ENSIS AJ 3kW tasolaserkone



KUVA 2 ENSIS AJ 3015 3kW (Amada, 2017)

Antamiemme kriteereiden pohjalta Amada tarjosi heidän ENSIS AJ sarjan kuitulaseriansa. ENSIS AJ laseria myydään kolmella eri teholuokalla. Nämä teholuokat ovat 3 kW, 6 kW ja 9 kW. Lähinnä kriteerit täyttävää mallia on ENSIS AJ 3 kW. Kolmen kilowatin mallilla pystytään leikkaamaan terästä aina 25 mm asti, ylittäen annetut 20 mm kriteerit. Ruostumatonta terästä laitteella voi leikata 15 mm asti, joka myös ylittää annetun 12 mm vaatimuksen. Alumiinin kanssa luvattu leikkauspaksuus on 12 mm, joka on myös yli annetun 10 mm vaatimuksen. Laitteella voidaan leikkaamisen lisäksi suorittaa myös ”kaivertamista”, eli sillä voidaan tehdä merkintöjä osiin ilman tarvetta leikata kokonaan materiaalin läpi. Laitteen käyttämä suurin arkkikoko on myös vaatimukset täyttävä 1500 mm x 3000 mm.

Valmistajan tietojen mukaan laite kykenee suorittamaan siltä vaaditut tehtävä. Laitteenvalmistajan mukaan kyseisen laitteen avulla voi leikata CO<sub>2</sub>-laserleikkurin laatua vastaavia kappaleita. Laite on myös varustettu takaisinheijastuksenesto-tekniologialla, joka mahdollistaa alumiinin, messingin ja



kuparin leikkaamisen, ilman vaaraa modulien rikkoutumisesta. (Amada, 2020) Amada käyttää laitteissaan itse valmistamaansa kuitulaserlähdetä. Amada oli yksi ensimmäisistä valmistajista, joka vuonna 2010 toi markkinoille täysin oman kuitulaserlähteen. Nykyään uusissa laitteissa on käytössä jo neljännen sukupolven resonaattori. (Lipponen, 2020)

ENSIS AJ kuitulaser tarjoaa laserleikkaamista korkeilla tarkkuuksilla. Laitteen paikoitustarkkuus on luokkaa +/- 0,001 mm. Laitteen toistotarkkuus on myös kiitettävät +/- 0,005 mm. Akseleiden voimansiirto on toteutettu ratastetuilla moottoreilla, jotka liikkuvat hammastankoa pitkin. Yhdistetty akselinopeus x ja y akselilla on jopa 170 m/min. Erillään akselinopeudet molemmille x- ja y-akselille on 120 m/min. Z-akselin säätö tapahtuu palloruuvien välityksellä, jopa 80 m/min nopeudella. Leikkaamisessa voidaan myös käyttää apuna eri pulssitaajuuksia, jotka on säädettävissä 1-10 000 Hz välille. (Amada, 2017)

ENSIS AJ kuitulaser on varustettu laitteeseen liitetyllä kosketusnäyttöisellä AMNC 3i ohjauspaneelilla, jolla laitteen kattava säätäminen onnistuu. Ohjauspaneelilla voidaan suorittaa kaikkia oleellimpia tehtäviä kuten asennuksia, operaatioita, prosesseja ja huoltotoimenpiteitä. Konsoli on varustettu myös yksinkertaisilla yhden kosketuksen toiminnoilla. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi kalibrointi, suuttimen puhtaus ja laitteen origon määrittäminen. Laitteiston ohjelmiston mukana tulee kattava tietopankki, joka mahdollistaa leikkauksen aloittamisen väittömästi. Laitteen aikatauluun voi järjestää useita eri leikkausohjelmia etukäteen. Ohjelmien lisäämiseksi on laitteeseen lisätty viivakoodinlukija, jolla ohjelmia voidaan lisätä vaivattomasti verkon välityksellä. (Amada, 2017) Järjestelmä on varustettu myös aktiivisella prosessin valvonnalla, jonka tehtävä on tarkkailla jatkuvasti leikkausprosessia. Aktiivisella tarkkailulla pyritään varmistamaan, että leikkausta ei aloiteta ennen kuin laser on läpäissyt leikattavan materiaalin. Järjestelmä valvoo automaattisesti prosessia ja muuttaa arvoja leikattavan materiaalin mukaan. (Amada, 2017)



KUVA 3 AMNC i3 ohjauslaite (Amada Europe, 2018)

Valmistajan tarjoamien tietojen mukaan laitteen käyttökustannukset jäävät huomasti alle edellisen neljän kilowatin CO<sub>2</sub>-laserin. Virrankulutuksen luvataan putoavan kolmasosaan verrattuna edelliseen laseriin ja kokonaiskäyttökustannuksien luvataan tippuvan 70% verrattuna 4kW CO<sub>2</sub>-laseriin. (Amada, 2020)

Kyseinen laserleikkuri on varustettu monilla leikkausprosessia helpottavilla ja parantavilla ominaisuuksilla. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi edestä ja sivuilta aukeavat luukut, Clean cut, takaisinheijastuksen esto, Dust airblow, Suuttimen vaihtoautomatio, Oil shot, Z-akselin sensori, Active cut, Prosessin valvonta, Silky Cut, Deep marking ja Variable beam control. (Amada, 2017)

Clean cut on ENSIS AJ laitteen ominaisuus, jota käytetään ruostumattoman teräksen leikkaamiseen. Amada väittää, että Clean cut toiminnon ansiosta paksuistakin RST-levyistä voidaan leikata korkealaatuisia kappaleita. Korkeampi laatu saavutetaan käyttämällä leikkauksen apuna paineistettua tyyppiä. Tyyden paine leikkauksen aikana on n. 30 bar. Tyyden lisäksi leikkaamiseen voidaan käyttää paineistettua ilmaa. Paineistetulla ilmalla voidaan vähentää leikattavien kappaleiden hintaa. Paineilma käy apuna leikkaamiseen useimmille materiaaleille ja sen avulla voidaan korvata tyyppi monissa tilanteissa. Paineilman avulla leikkauksenkustannukset voivat olla jopa 44% pienemmät, kuin tyypellä leikatessa. Kaasuja voidaan myös sekoittaa keskenään alumiinin leikkauksen optimoinniksi. Amada kutsuu tätä Gas Mixer teknologiaksi. Teknologiaa käytetään alumiinien leikkaamisessa, jos leikatusta kappaleesta halutaan hitsausvalmis heti leikkauksen jälkeen. (Amada, 2017)

Automaattinen suuttimenvaihtaja on vakiovaruste ENSIS AJ kuitulasereissa. Suuttimenvaihtaja kykenee varastoimaan kuusitoista kappaletta suuttimia. Suutinten tyypit ovat täysin käyttäjän valittavissa. Automaationsa ansiosta laite osaa vaihtaa aina oikean suuttimen materiaalin ja sen paksuuden mukaan. Suuttimen vaihdon voi ohjelmoida siten, että vaihto tapahtuu tietyn leikkausmäärän tai puhkaisujen jälkeen. Automaatio hoitaa myös suutinten puhdistamisen ja kalibroimisen. (Amada, 2017)

Laite on varustettu järjestelmällä nimeltään WACS. WACS on lyhenne sanoista water assisted cutting system. WACS on järjestelmä, jonka käyttäjä voi ottaa halutessaan käyttöön. WACS:in tehtävä on helpottaa paksujen materiaalien leikkauksessa ilmenevien lämpökuormien kanssa. Järjestelmä suihkuttaa laserin suuttimen ympärillä olevista rei'istä vettä leikkausalueelle, viilentäen kappaleen pintaa. Kappaleen viilentämisellä pyritään minimoimaan leikkauksesta johtuvat muodonmuutokset ja muut lämmöstä johtuvat haitat. (Amada Europe, 2018) Vedensuihkutuksen lisäksi laitteesta löytyy OilShot niminen toiminto, jonka avulla leikattavan materiaalin pinnalle voidaan suihkuttaa öljyä. Prosessin tarkoitus on estää levyn puhkaisemisesta johtuvia roiskeita tarttumasta leikkauspäähän ja suuttimeen. Suuttimen pysyessä puhtaampana laite on vakaampi ja suoriutuu paremmin. Öljyn suihkutusta käytetään tyypillisesti keskipaksujen materiaalien leikkaamiseen. (Amada, 2017)

ENSIS AJ on myös varustettu Dust Air Blow teknologialla. Toiminnon tarkoitus on estää leikkauksesta johtuvia epäpuhtauksia tarttumasta leikattavan levyn pinnoille. Toiminto puhalttaa levyn pintaa, vieden mukanaan leikkauspölyt. Tämän prosessin tarkoitus on vähentää myöhemmässä vaiheessa

kappaleille tehtäviä jälkitoimenpiteitä, jotka jouduttaisiin muuten tekemään käsin. Leikkauksesta aiheutuva pöly ohjataan pölynkerääjään, jonka tehtävä on poistaa epäpuhtauksia ilmasta ja parantaa leikkausalueen ilmanlaatua. (Amada Europe, 2018)

ENSIS AJ laite sisältää x-akselin suuntaisen kuljetushihnan, jonka tehtävä on siirtää leikkausalueen läpi kulkeutuneet pienet kappaleet ja leikkausjätteet. Kuljetin sijaitsee leikkaustason alla ja ottaa kiinni kaikki verkon läpi tippuneet kappaleet. Kuljetin siirtää kappaleet laitteen päässä sijaitsevaan koriin. Toiminnon tarkoituksena on helpottaa pienten leikkauspöydän läpi tippuneiden kappaleiden keräämistä. (Amada, 2017)

Tehokkaammat 6kW ja 9kW ENSIS AJ mallit ovat varusteltu Auto Collimation teknologialla. Teknologian avulla laite pystyy kaventamaan ja leventämään luomaansa lasersädettä, riippuen leikattavasta materiaalista. Paksumpaa materiaalia leikattaessa laite voi leventää lasersädettä parantaen leikkauksitulosta samalla leikkausnopeudella. Leikkauksituloksen paraneminen perustuu leveämmän säteen parempaan tehoon poistaa sulanutta materiaalia leikkaurailosta. Teknologian ansiosta voidaan saavuttaa parempi leikkauslaatu ja pienemmät viisteet leikkaurailoissa. Leveämpi leikkaurailo myös auttaa osien irrottamisessa paksummasta materiaalista. (Amada, 2017)

#### 7.1.2 AMADA ASF-EU tornivarasto



KUVA 4 AMADA ASF-EU varstointiautomaatio (Amada, 2017)

ASF-EU tornivarasto on ensisijaisesti suunniteltu toimimaan ENSIS AJ sarjan tasolaserkoneiden kanssa. Tämän takia varasto on optimaalinen vaihtoehto kyseisen laserin kanssa asennettavaksi. Tornivaraston korkeus asennuspaikassa ei voinut olla yli 5 m. ASF-EU on kokonaiskorkeudeltaan 4,5m korkea, joten se täyttää sille annetun korkeuskriteerin. Varastoautomaatiossa on 7 kappaletta hyllypaikkoja, joiden maksimi levykoko on 1500 mm x 3000 mm ja minimi levykoko on 1500 mm x 1000 mm. Varastossa olevasta seitsemästä paikasta maksimissaan 5 on varattu raaka-aineelle ja 2 leikatuille levyille. Näiden seitsemän paikan lisäksi tornivarastossa on myös kaksi kappaletta leikkuripaletteja. Maksimi painomäärä per paletti ei saa ylittää 3000 kg ja yksittäisen levyn paino ei voi olla

yli 920 kg. Automaatio kykenee erottelemaan paletilla olevat levyt, niiden ollessa 0,8 mm-6 mm paksuisia. Laitte myös tunnistaa saman kokoluokan levyistä, mikäli työstettäväksi on lähdössä kaksi levyä päällekkäin. (Amada, 2017)

Varastoautomaation toimintasykli on seuraavanlainen: Levypaletti lastataan varastointiyksikön nostolaitteeseen. Lastattu paletti siirretään siitä suoraan latausasemalle välitöntä työstöä varten tai sille määrätylle varastointipaikalle hyllyssä. Varastointiyksikön hyllyllä oleva valittu levy erotellaan imu-kuppien avulla leikkauspöydälle, josta se siirtyy leikkauspöydän kanssa suoraan lasertasoleikkuriin. Laserleikkauksen jälkeen automaatio siirtää valmiiksi leikatun levyn purkupisteelle. Jäljelle jäänyt levyn "luuranko" siirretään purkupisteeltä paletille, joka siirretään varastointipaikkaan myöhempää purkua varten. Laitte voi siirrellä levypaletteja myös leikkauksen aikana prosessin nopeuttamiseksi. Prosessissa ainoa manuaalinen vaihe on levyjen lastaaminen varastoon ja leikatun tavaran purkaminen varastosta. ASF-EU tarvitsee toimiakseen 23 kilovolttiampeeria eli noin 32 ampeerin virran sekä paineilmalähteen, jonka tuotto on oltava 2000l/min. (Amada, 2017)

### 7.1.3 Muuta tarjoukseen kuuluvaa

Amadan tarjoamien laitteiden lisäksi tarjoukseen sisältyy Amada VPS 3i Software Solution. Paketti sisältää kolme eri ohjelmistoa. Ohjelmistot ovat VPSS3i blank, Production Designer ja Cam Engine for laser. VPSS3i Blank ohjelman avulla voidaan laserille määrittää nestaukset, työkalut ja prosessin vaiheet. Ohjelmisto toimii automaattisesti kehittyneiden algoritmien avulla, mutta ohjelmaa voidaan käyttää myös manuaalisesti. Production Designer ohjelman tarkoitus on avustaa eri 3D tiedostojen muuntamisessa 3D ohutmetalliosiksi. 3D ohutmetalliosat voidaan tallentaa Amadan digitaaliseen datakirjastoon. Production Designer tunnistaa ohutmetalliosista automaattisesti niiden eri vaatimukset kuten taivutukset. (Amada Europe)

[REDACTED]

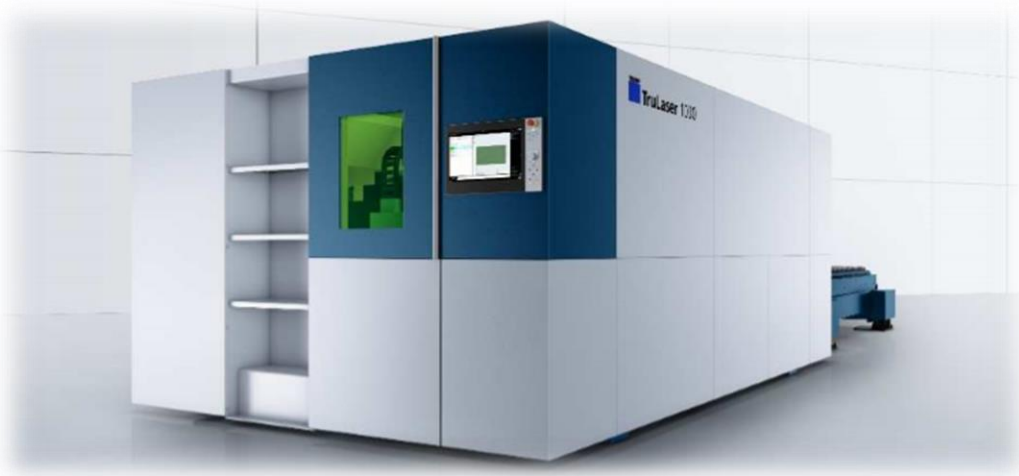
[REDACTED]



## 7.2 Trumpf

Seuraavassa osiossa esiteltynä tarkemmin Trumpf:n TruLaser sarjan kuitulaserin ominaisuuksia. Osiossa esitellään myös Trumpf:n LiftMaster levynlatausautomaatio. Trumpf:n esittelyosion lopusta löytyy muita tarjoukseen kuuluvia ohjelmistoja ja palveluita.

### 7.2.1 TruLaser 1030 Fiber 4 kW



KUVA 5 Trulaser 1030 Fiber (Trumpf, 2020)

Trumpf tarjosi annettujen kriteereiden ja käytyjen keskustelujen pohjalta TruLaser 1030 Fiber kuitulaseria. Kyseistä laserleikkuria on saatavilla 2 kW, 3 kW, 4 kW ja 6 kW tehoisina. Laitteen maahan-tuojan arvion mukaan 4 kW malli täyttäisi parhaiten PK-Levy Oy:n käyttötarkoitukset. Valmistajan tietojen mukaan laite kykenee leikkaamaan terästä 25 mm asti, ruostumatonta terästä 20 mm asti, alumiinia 20 mm asti, kuparia 8 mm asti ja messinkiä 8 mm asti. Annettujen arvojen perusteella laite täyttää vaaditut kriteerit huomattavalla marginaalilla. Trumpf:n toimittamien asiakirjojen mukaan laitteen keskimääräinen virrankulutus tuotannon aikana on noin 14 kW. Kyseinen kuitulaser kuluttaa jopa 55% vähemmän energiaa verrattuna vastaavaan CO<sub>2</sub>-laseriin. TruLaser 1030:n suurin standardi arkkikoko, jota laite kykenee leikkaamaan on 1500 mm x 3000 mm. (Trumpf, 2020)

Valmistajan tietojen mukaan TruLaser 1030 Fiber kykenee paikoituksessa, jopa 0,05 mm tarkkuuteen. Keskimääräisen toistotarkkuuden ollessa luokkaa 0,03mm. Ajettaessa molempia x- ja y-akseleita yhtä aikaa voidaan laitteella saavuttaa jopa 140 m/min siirtonopeus. Kyseiseen siirtonopeuteen päästään servomootoreiden kiihdyttäessä leikkauspäätä 10 m/s<sup>2</sup>. Trumpf lupaa laitteelleen koko eliniän aikana tehon maksimivaihtelun olevan +/- 1%. (Trumpf, 2020)

TruLaserin käyttäminen ja ohjaaminen onnistuu laitteen kyljestä löytyvällä 18,5 tuumaisella kosketusnäyttöisellä ohjauspaneelilla. Ohjauspaneelin avulla voidaan määrittää laitteelle olennaiset parametrit, kuten prosessien nopeudet ja muut olennaiset säädöt. Näyttö on valmistajan mukaan heijastamaton ja helppo lukea kaikissa valaistuksissa. Laserin ohjaus sisältää automaattisen laserin teho seurannan. (Trumpf, 2020)



KUVA 6 18.5" HMI ohjauspaneeli (Trumpf, 2020)

Laserista löytyy vakiona muitakin automaattisia ominaisuuksia. Tällainen ominaisuus on esimerkiksi automaattinen paletinvaihtaja. Automaattinen paletinvaihtaja toimii täysin automaattisesti, eikä vaadi operaattorin läsnäoloa ohjauspaneelin luona paletin vaihdon aikana. Toinen automaattinen laitteen toiminto on automaattisammutus, jonka tehtävä on sammuttaa laitteen toiminta, kun nykyinen ohjelma on ajettu loppuun. Automaattisammutuksen etuna on, että laitetta ei tarvitse valvoa aina ohjelman loppuun asti. Laitteesta löytyy myös automaattinen suuttimenvaihto ja puhdistus. Laite sisältää suuttimille oman pitimen, johon mahtuu kaikkiaan 21 suutinta. Suuttimen vaihto ja puhdistusparametrit voidaan määrittää käyttötärpeeseen sopivaksi. (Trumpf, 2020)

TruLaser 1030 sisältää ainoastaan yhden leikkauspään, joka pystyy hoitamaan kaikkien materiaalien leikkaamisen. Trumpf kutsuu tätä yhden leikkauspään strategiaksi. Strategian tarkoitus on yksinkertaistaa leikkausprosessia ja eliminoida vaihtoihin kuluva aika. Kyseinen leikkauspää on varusteltu törmäyssuojalla, jonka tarkoitus on estää vahingon tapahtumista itse leikkauspäälle. Törmäyksessä laitteen leikkauspää pystyy heilahtamaan vinoon, estäen suuremman vahingon sattumista. Törmäyksen yhteydessä laitteen kaikki akselit lopettavat liikkeensä ja laser sammuttaa toimintansa. Laite pystyy pysäyttämään kaikkien akselien liikkeet nollaan, jopa 45 millisekunnin aikana törmäyksen tunnistamisesta. (Trumpf, 2020)

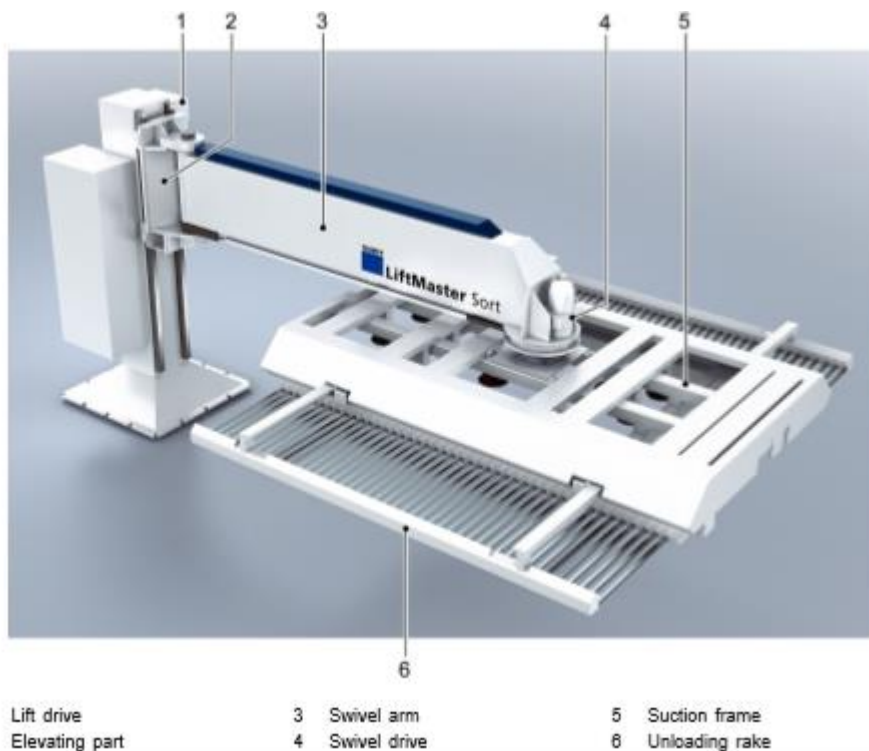
TruLaser 1030 Fiber on varustettu automaattisella säteen säädöllä. Säteen säädöllä pyritään saamaan aikaan paras mahdollinen leikkauslaatu kaikille materiaalipaksuuksille. Suuttimen keskittäminen pystytään toteuttamaan myös automaattisesti. Automaattisen keskittämisen hyöty on, että se voi parantaa leikkauslaatua. Säteen halkaisijaa voidaan muuttaa säätämällä laserin polttopistettä

materiaalille sopivaksi. Etuna prosessissa on parantunut luotettavuus ja vähentynyt microkiinnitysten tarve. Säteen säädön lisäksi laite valvoo puhkaisuihin kuluva-aikaa. Lävistysten valvonnalla voidaan optimoida puhkaisuun kulunut aika ja täten parantaa laitteen leikkaustehokkuutta. (Trumpf, 2020)

Muita tärkeitä ominaisuuksia laserissa on matalapaine typpileikkaus, ohuiden levyjen lävistys liikkeessä, Adjust line, automaattinen korkeudensäätö ja automaattinen levyn reunan tunnistus. Typpi-leikkauksella voidaan parantaa kuparin ja paksujen RST-arkkien leikkaamista. Adjust line on laitteen ominaisuus, jonka avulla kytetään ”polttoleikkaamaan” tavallista hiiliterästä. Toimintoa voidaan käyttää esimerkiksi huonompilaatuisten materiaalien leikkaamiseen, jossa perinteinen laserleikkaaminen ei ole luotettavaa. (Trumpf, 2020)

Maksullisina lisäoptioina Trumpf tarjoaa laitteeseen kamerapohjaista järjestelmää, jonka avulla voidaan havaita levyn tarkka sijainti leikkauspöydällä. Saman järjestelmän avulla voidaan mitata laitteen focus. Laitteen sisään on saatavilla kamera, jonka avulla leikkausprosessia voidaan tarkkailla paremmin. Laitteen valvontakameraa voidaan seurata myös etänä esimerkiksi puhelimelle saatavan ohjelman kautta. Kameran tuoman ohjauspaneelikuvan avulla laitteen operaattori voi muokata ja lisätä kappaleita aktiivisena olevaan ohjelmaan. Trumpf tarjoaa optiona myös täydellistä laitteen etäohjausta, jonka avulla laitetta voidaan ohjata esimerkiksi iPad laitteella. Etäohjauksen avulla voidaan ottaa hallintaan koko laitteen käyttöliittymä. Viimeinen listattu lisäoptio on öljysumutin, joka sumuttaa öljyä levyn pinnalle leikattaessa paksumpia materiaaleja. Öljysumusta on suurin hyöty paksujen arkkien puhkaisun yhteydessä. Öljyn avulla pyritään estämään puhkaisusta johtuvien roiskeiden tarttumista leikattavan materiaalin pinnalle. (Trumpf, 2020)

### 7.2.2 LiftMaster



KUVA 7 Trumpf Liftmaster (Trumpf, 2017)

Trumpfin tarjous sisältää kuitulaserin lastauslaitteiston. Lastauslaite on malliltaan LiftMaster. Lisäksi tarjoukseen kuuluu pitkittäinen lastaustaso levyjen purkamiseen ja lastaamiseen. Levyjen purkuprosessi toimii LiftMaster laitteen haravien avulla. Laite pystyy erottelemaan levyjä siten, että kahden levyn nostaminen kerrallaan ei tapahdu vahingossa. Laitteen siirtokoura sisältää haravoiden lisäksi imukupit levyjen helppoa käsittelyä varten. Laitteen käyttöön käy maksimissaan 1500 mm x 3000 mm arkki ja minimissään 1000 mm x 1000 mm arkki. Yksittäisen arkin maksimi paino ei myöskään saa ylittää 900 kilogrammaa. Laitteen korkeus jää reilusti alle kriteereissä vaaditun viiden metrin. (Trumpf, 2017)

Laitteeseen vaatii toimiakseen 3 kW tehoa 24 voltin ohjauksella. Paineilman vaatimus laitteelle on 7-14 bar ja ilman tuoton on oltava 13,5 Nm<sup>2</sup>/h. (Trumpf, 2017)

### 7.2.3 Muuta tarjoukseen kuuluvaa

Trumpfin tarjous sisältää laitteiden lisäksi myös TruTops Boost ohjelmointiohjelman. TruTops Boost on Trumpfin kehittämä ohjelma, jonka avulla voidaan suunnitella 2D- ja 3D-osia. Suunnittelun lisäksi ohjelman avulla pystytään ohjelmoimaan kaikki Trumpfin laitteet lasereista särmäyspuristimiin. Ohjelman tavoitteena on parantaa yrityksen ja laitteiden tuottavuutta tehostamalla koko valmistusprosessia. Laitteen mukana tulee myös kattava Trumpfin testaama parametrikirjasto, jonka avulla leikkaaminen voidaan aloittaa välittömästi. (Trumpf, 2020)

Tarjouksen hinta sisältää laitteen asennuksen. Asennuksen yhteydessä asiakas on vastuussa laitteen siirtämisestä kuljetuslavalta halliin. Asiakas on myös vastuussa laitteen vakuuttamisesta. Laitteen asennuksen yhteydessä Trumpf tarjoaa kaksipäiväisen koulutuksen koneen käyttöä varten. Laitteen ohjelmistoja varten on varattu yksipäiväinen koulutus. (TruTekniikka Oy, 2020)

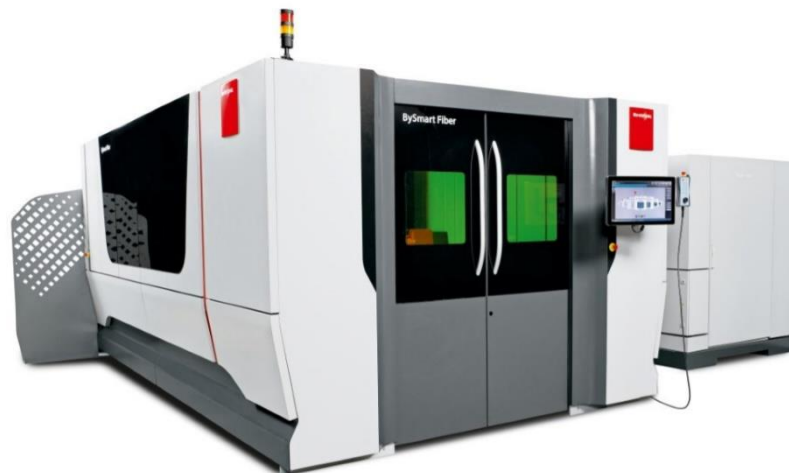
Trumpf antaa tuotteilleen 12 kuukauden takuun ilman tuntirajoitusta. Trumpf:n takuu ei kata käyttäjän aiheuttamia vaurioita. Takuu ei kata myöskään normaaleja käytössä kuluvia osia. (TruTekniikka Oy, 2020) Trumpfin laitteen mukaan on tarjottu myös huoltosopimusta kahdelle työvuorolle. Sopimus kattaa koneen maksimissaan 4000 tunnin käytön vuodessa. Se kattaa myös tarpeelliset osat, jotka ei ole määritetty kulutusosiksi. Sopimuksen yhteydessä asiakas sitoutuu käyttämään laitteensa pelkästään Trumpfin alkuperäisosa. (TruTekniikka Oy, 2020)



## 7.3 Bystronic

Seuraavassa osiossa esiteltynä tarkemmin Bystronicin BySmart sarjan kuitulaserin ominaisuuksia. Osiossa esitellään myös Bystronicin tarjoama ACS9-S varastointiautomaatio. Bystronicin esittelyosion lopusta löytyy muita tarjoukseen kuuluvia ohjelmistoja ja palveluita.

### 7.3.1 BySmart Fiber 3015; Fiber 3000



KUVA 8 BySmart Fiber 3015 (Bystronic)

Bystronic tarjosi annettujen kriteereiden pohjalta BySmart Fiber 3015 sarjan kuitulaseria. Tarjottu malli on teholuokaltaan 3 kW, mutta laitteistoa on saatavilla myös eri teholuokilla. Teholuokat sarjan lasereille ovat 2 kW, 3 kW, 4 kW, 6 kW, 8 kW ja 10 kW. (Bystronic) 3 kW Malli täyttää vaatimukset PK-levy Oy:n tuotantoon suhteellisen edullisella hinnalla. Valmistajan mukaan 3kW laitteella voi leikata terästä 20 mm asti, ruostumatonta terästä 12 mm asti ja alumiinia 12 mm asti. Tiedoista käy myös ilmi, että kuparia ja pronssia voi molempia leikata turvallisesti 6 mm asti. Laite täyttää tai ylittää sille annetut kriteerit. Leikkurilla voi leikata standardikokoisia 1500 mm x 3000 mm, joten vaatimukset täyttyvät niiltä osin. Laite kykenee valmistajan mukaan leikkaamaan materiaaleja laidasta laitaa korkealla laadulla. (Bystronic Scandinavia AB, 2020) Bystronicin kuitulaserin laserlähteen valmistaja on IPG, jolle Bystronic on yksi suurimmista asiakkaista. Bystronicilla on lupa IPG:n laserlähtöiden huoltamiseen. Lisäksi Bystronic antaa laserlähteille 4 vuoden takuun. (Enontekiö, 2020)

Kuitulaserin ajosiltaa ja leikkauspäätä liikutetaan servomoottoreiden avulla johteita pitkin. Laitteen yksittäiset akselin paikoitusnopeudet akseleille x ja y ovat 100 m/min. Molempien akseleiden suurin mahdollinen samanaikainen paikoitusnopeus on 140 m/min. Paikoituksen toistotarkkuus yhdellä akselilla on parhailaan jopa 0,05 mm. Keskimääräinen yhden akselin bilateraali-poikkeama on 0,1 mm. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

Laite sisältää vaihtopöytäjärjestelmän. Laitteen mukana toimitetaan siis kaksi täysin käyttökelpoista leikkuupöytää. Leikkuupöydät on varusteltu hammastetuilla teräsarinoilla, jotka on mahdollista vaihtaa niiden kuluessa. Leikkauspöytä sisältää manuaalisen lataamisen mahdollisuuden. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

BySmart Fiber laitteet ovat varustettu Bystronicin omaa tuotekehitystä olevalla kestäväällä ja monipuolisella leikkauspäällä. Bystronic lupaa, että materiaalien leikkaaminen onnistuu laadukkaasti kaikilla paksuuksilla. Leikkauspää on varusteltu kapasitiivisella anturilla, joka pitää huolen vakiona pysyvistä etäisyydestä leikkauspään ja levyn välillä. Leikkauspään antureiden avulla voidaan määrittää levyn sijainti tarkasti. Tämän perusteella laite säätää automaattisesti leikkausohjelman kohdalleen. Laite sisältää Bystronicin ByPos Fiber ominaisuuden, joka säätää polttovälin automaattisesti käytettävän materiaalin mukaan. Laitteen leikkauspää on varusteltu paikoitusta helpottavalla laserosoitimella. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

Kuitulaser on varustettu törmäystunnistuksella, joka tunnistaa, mikäli suuttimen runko on törmäyksen seurauksena päässyt siirtymään paikaltaan. Suuttimen siirtymisen seurauksena voi olla huonontunut leikkauslaatu, koska suutin ei ole enää optimaalisesti keskitettynä. Laite antaa käyttäjälleen kaksi korjaustapaa tilanteeseen. Ensimmäinen tapa on, että laite keskittää suuttimen automaattisesti takaisin oikealle paikalleen. Toinen tapa on pysäyttää laser ja tehdä tämä työvaihe manuaalisesti. Mikäli automaattista suuttimen keskitystä käytetään, palautuu leikkauspää ennen törmäystä tallentuneisiin x- ja y-koordinaatteihin. Automaattisen suuttimen kohdistuksen etuna on automatisoidun prosessin miehittämättömyys sekä parempi tarkkuus suutinta kohdistettaessa. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

CutControl Fiber on Bystronicin kehittämä valvontajärjestelmä, jonka tehtävä on valvoa leikkausprosessia. CutControl säätää automaattisesti laitteen leikkausarvoja saamiensa anturitietojen perusteella. Järjestelmä havaitsee työstettävästä kappaleesta lähtevän valon määrän, jonka perusteella laite voi tarpeen tullen suorittaa eri toimenpiteitä. Mahdollisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi syöttöarvon muuttaminen, syötön pysäyttäminen ja leikkausprosessin toistaminen tarpeen vaatiessa. CutControl on myös vastuussa levyn asennon tarkasta määrittämisestä leikkauspöydällä. Leikattavan levyn ollessa hyvässä kunnossa voidaan CutControllin avulla määrittää reunan tarkkuus, jopa +/- 0,15 mm toistotarkkuudella. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

Laite on varustettu erityisellä pistosuuttimella, jonka tehtävänä on lyhentää pistoaikoja. Pistaajien lyhentämiseksi tarvitaan piston yhteyteen tyypikaasua, jotta sula metalli ei alkaisi kiehua piston ympärillä. Typen tehtävä piston yhteydessä on jäähdyttää leikattavan materiaalin pintaa. Koneen runkoon on myös kiinnitetty messinkiharja suutinten puhdistamista varten. Suuttimen puhdistus tapahtuu automaattisesti koneen käyttäjän määrittelemillä aikaväleillä. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

BySmart Fibre 3015 laserit ovat myös varustettu älykkäällä skannausominaisuudella. Skannauksella mahdollistetaan neliöiden ja suorakulmaisten reikien lineaarinen prosessointi. Lineaarisen prosessin etuna on leikkauksessa säästettävän ajan määrä. Bystronicin mukaan ajansäästö voi olla jopa 50% verrattuna perinteiseen leikkaustyyliin. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

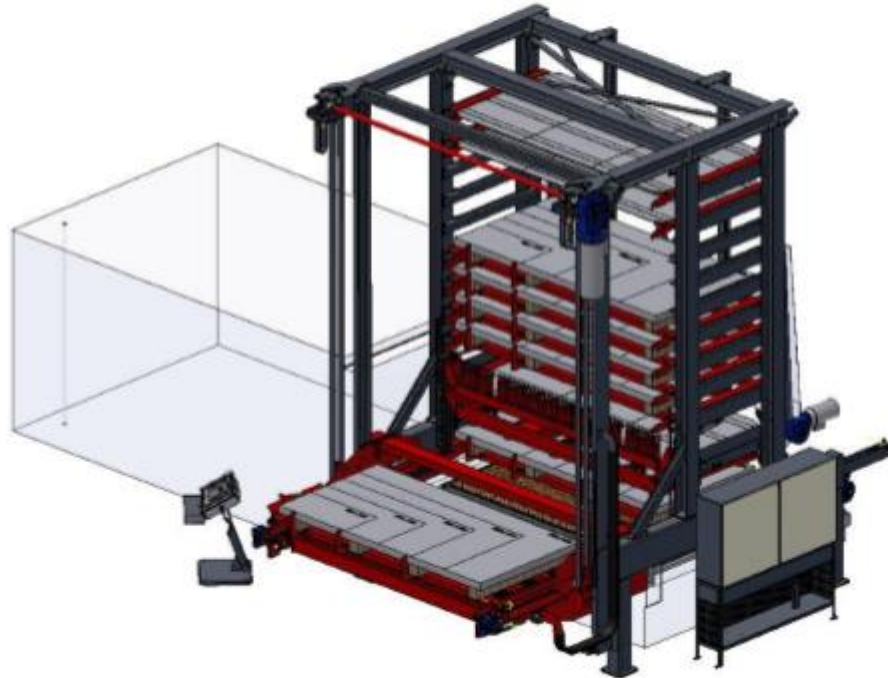
Laitteen kokonaisvirrankulutus, kaasunpoiston ja jäähdytyksen ollessa päällä, on noin 21.3kW. Jäähdytysyksikön virrankulutus koneen toimiessa täydellä teholla on 12,6kW. Arvot on mitattu ympäristön lämpötilan ollessa noin 20°C. Laitteen UPS (Uninterruptible electricity supply) virtalähde takaa myös laitteen hallitun sulkeutumisen sähkökatkon tapahtuessa. Kaasunpoiston ja jäähdytyksen lisäksi laite on varusteltu säiliön lisälämmittimellä. Lisälämmittimen tehtävä on taata, että käynnistämiseen vaadittava minimi veden minimilämpötila saavutetaan mahdollisimman nopeasti. Lämmitin myös estää veden jäätyksen ympäristön ollessa alle 5°C. On suositeltavaa, että lämmitinyksikköä ei suljeta ollenkaan lämpötilojen ollessa alle 5°C. Laitteen käyttöympäristön lämpötila ei saa missään vaiheessa alittaa -5°C. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

Laitteen ohjaus suoritetaan Bystronicin kehittämällä ByMotion ohjauksella. ByMotionin avulla voidaan hallita koko laserin koneympäristöä. Laitteen hallinta tapahtuu 22” kosketusnäytöllä. Itse käyttöliittymä toimii Windowsin pohjalta. Käyttöliittymä on kiintolevynsä ja USB yhteensopivuutensa lisäksi myös verkkoyhteensopiva. ByMotionin lisäksi koneen leikkauspäätä voidaan kontrolloida kätevällä käsiohjaimella. ByMotion ohjelma sisältää monia hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten Condition Messengerin, jonka tehtävä on välittää koneen käyttäjälle graafista tietoa koneen komponenttien toiminnasta. Condition Messenger ilmoittaa myös, mikäli koneen jokin komponentti vaatii tarkistusta. Toiminnon tarkoitus on minimoida odottamattomien vikojen mahdollisuus, pitäen tuotannon seisahdukset mahdollisimman lyhyinä. Condition Messengerin lisäksi ByMotionissa on Maintenance Messenger, jonka tehtävä on muistuttaa käyttäjää koneen määräaikaista huolloista. Muita hyödyllisiä toimintoja ovat leikkaussuunnitelmien muokkaustoiminto, uudelleenkäynnistyksen konfigurointi ja järjestelmän hallinta. Laite on myös varustettu OPC-liitännällä, jolla se saadaan tarvittaessa liitettyä OEE-järjestelmiin ja valvontalaitteisiin. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)



KUVA 9 22” ByVision ohjauspaneeli (Bystronic)

### 7.3.2 ACS9-S levyvarasto



KUVA 10 ACS9-S Levyvarasto (Antil, 2020)

ACS9-S levyvarasto on automatisoitu yksikkö, joka on suunniteltu toimimaan yhdessä BySmart Fiber 3015 kuitulaserin kanssa. Levyvarasto ylittää juuri ja juuri sille annetun maksimikorkeuden, joka oli 5 m. Laitteen kokonaiskorkeus on merkitty olevan 5125 mm, joka tarkoittaa, että laite on mahdollisesti 125 mm liian korkea. Varastossa on yhteensä 6 hyllypaikkaa, joista 4 on tarkoitettu raaka-aineille ja 2 purkamiselle. Levyvarastoon voidaan ladata minimissään 1500 mm x 1000 mm kokoinen levy ja maksimissaan 3000 mm x 2000 mm kokoinen levy. Suurin paletilla oleva massa ei saa ylittää 3000 kg ja yksittäisen levyn massa ei saa olla yli 900 kg. Yksittäisen levyn maksimipaksuus ei myöskään saa ylittää 25mm. Laite on varustettu tekniikalla, joka estää laitetta ottamassa vahingossa kahta levyä kerrallaan. Laitteen toimintaa voidaan ohjata kosketusnäyttöisestä paneelista, joka on yhteydessä laseriin. (Antil, 2020)

Automaatiovarasto vaatii toimiakseen 380 V jännitteen 50 Hz taajuudella. Laitteeseen syötettävä maksimi virta on 34,6 A. Virtalähteen on oltava teholtaan 24 kW. Sähkönsyötön lisäksi varastoautomaatiikka vaatii 6 baarin paineilma liitännän. Paineilman tuotto on oltava 900 nl/h. (Antil, 2020)

### 7.3.3 Muuta tarjoukseen kuuluvaa

Bystronicin tarjous sisältää BySmart Fiber 3015; 3000 lisäksi myös netboxin eli reitittimen. Kuitulaserin mukana tulee BySoft 7 ohjelmisto. BySoft 7 sovelluksen avulla voidaan suunnitella ja muokata yksittäisiä osia. Ohjelmisto on optimoitu toimimaan erityisesti laser- ja vesileikkureiden kanssa. BySoft 7 Flat-Part Machining modulin avulla voidaan luoda leikkausohjelmia. Ohjelma lupaa edistyneiden nestausmenetelmien avulla parhaan mahdollisen materiaalin hyödyntämisen. Tarjouksen hintaan kuuluu myös laserin ja BySoft ohjelmointijärjestelmän käyttökoulutukset. Molempien koulutusten kesto on kolme työpäivää. Laitteen toimitusaika on tarjouksen mukaan 12 viikkoa tilauksen päivästä. Laitteen asennuksen hoitaa Bystronic, mutta asiakkaan vastuulla on auttaa asennuksessa vähintään yhden ihmisen työpanoksella. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

Uutena ostetun Bystronicin laserin takuu kestää 12kk tai 2000 käyttötuntia, riippuen kumpi saavutetaan ensin. Takuu on voimassa, mikäli asiakas noudattaa valmistajan asettamia suosituksia alkupeiräisten varaosien käytöstä ja huolloista. Myös valmistajan suosittelimia työkaluja on käytettävä. Laitteen mukana tulee neljä vuotta kestävä Fiber Warranty Premium. Premium takuu kattaa pelkästään kuitulaserlähteen. Premium takuu ei sisällä rajoituksia käyttötunneille. (Bystronic Scandinavia AB, 2020)

Bystronicin tukipalvelut toimivat Suomen kielellä. Asiakaspalvelu on avoinna arkisin klo. 8-16. Bystronicin huoltopisteet Suomessa sijaitsevat Seinäjoella, Pieksämäellä, Lahdessa ja Tampereella. PK-Levy Oy:tä lähin huoltopiste sijaitsee Pieksämäellä ja sieltä on noin 220 km matka Nurmekseen. Huollon vasteajassa Bystronic pyrkii 24 tuntiin. Laitteen mukana on mahdollista hankkia huoltosopimus, jonka arvo koostuu käytettävien tuntien määrästä. (Enontekiö, 2020)

## 7.4 Prima Power

Seuraavassa osiossa esiteltynä tarkemmin PrimaPowerin PLT Fiber EVO sarjan kuitulaserin ominaisuuksia. Osiossa esitellään myös PrimaPowerin tarjoama Compact Server levynlatausautomaatio. PrimaPowerin esittelyosion lopusta löytyy muita tarjoukseen kuuluvia ohjelmistoja ja palveluita.

### 7.4.1 Prima Power PLT 1530 fiber EVO 2D



KUVA 11 Platino Fiber EVO 1530 (Prima Power, 2020)

Prima Power tarjosi annettujen kriteerien pohjalta Platino fiber 1530 EVO 2D kuitulaseria. Kyseinen malli on teholuokaltaan 4 kW. Saman mallisarjan laitteita on saatavilla myös 2 kW, 3 kW, 4 kW ja 6 kW tehoisina. Prima Powerin mukaan 4 kilowattinen PLT EVO 1530 vastaa PK-Levy Oy yrityksen tarpeisiin valikoimasta parhaiten, täyttää tai ylittää sille annetut vaatimukset. Laitteen leikkauspinta-ala on 3100 mm x 1575 mm, joka täyttää sille annetut vaatimukset. 4 kW kuitulaser kykenee Prima Powerin mukaan leikkaamaan terästä 22 mm asti, ruostumatonta terästä 15 mm asti, alumiinia 15 mm asti, kuparia 8 mm asti ja messinkiä 8 mm asti. Parhaat leikkaustulokset kuitenkin saadaan pyysttäessä teräksellä alle 20 mm, ruostumattomalla teräksellä alle 10 mm, alumiinilla alle 4 mm, kuparilla alle 5mm ja messingillä alle 5 mm. (Prima Power, 2019) PrimaPowerin fiber EVO laitteet on varustettu PrimaPowerin Ytterbium kuitulaserlähteillä. Laserlähde on Prima Groupin kehittämä tuote teollisuuteen ja tutkimustyöhön. Kooltaan laserlähde on kompakti, mutta koostaan huolimatta se saavuttaa jopa 30% hyötysuhteen. (Huopaniemi, 2020)

Platino fiber EVO kuitulaserin suurin servomootoreilla saavutettava leikkauspään nopeus x-tai y-akselilla on yhteen suuntaan kerrallaan 100 m/min. Molempia x- ja y-akseleita liikutettaessa yhtä aikaa, voidaan saavuttaa jopa 140 m/min maximinopeus. Laitteen paikoitustarkkuus kaikilla kolmella

akselilla on luokkaa 0,03 mm. Laitteen toistotarkkuus on myös kaikille akseleille sama 0,03mm. (Prima Power, 2019)

Prima Power Platino Fiber EVO on suunniteltu leikaamaan joustavasti laajaa materiaaliskaalaa. Kyseisellä laserilla voidaan kuitulaserille tyypillisesti leikata normaalien materiaalien lisäksi myös korkeakiiltoisia metalleja kuten kuparia ja messinkiä. Prima Powerin mukaan heidän uusi adaptiivinen leikkauspää takaa laitteen luotettavuuden ja korkealaatuisen leikkaus laadun jopa paksummilla materiaaleilla. Prima Powerin leikkauspää sisältää puhkaisua ja leikkaamista valvovan monitoroinnin, joka valvoo puhkaisuihin ja leikkaamiseen käytettävää aikaa ja tehoa. Leikkuri on varusteltu automaattisella suuttimenvaihtajalla, joka sisältää myös automaattisen säteen kohdistuksen. Suuttimen vaihtaja on varustettu 12 paikkaisella lippaalla. (Prima Power, 2019)

Laitteen käytön helpottamiseksi laitteen kyljessä oleva liukuovi voidaan avata manuaalista purkamista tai lastaamista varten. Laitteen käyttö tapahtuu suoraan laitteen kyljestä löytyvästä kosketusnäyttöisestä TULUS CNC ohjauspaneelista, jolla pystytään toimittamaan kaikki koneelle oleelliset säädöt ja toiminnot. (Prima Power, 2019)



KUVA 12 Ohjauspaneeli (Prima Power, 2019)

Laitte sisältää oleelliset varusteet, kuten savukaasuimurin ja siihen kuuluvan suodatusjärjestelmän. Imurin lisäksi laitteen mukana tulee jäähdytyn, joka pitää huolen laittaan optimaalisesta lämpötilasta. Laitte on vakiona varusteltu vaihdettavalla leikkauspöydällä sujuvan tuotantoprosessin takaamiseksi. Vaihdettava leikkauspöytä parantaa tuotannon jouhevuuutta ja mahdollistaa varastointiautomaation käyttämisen prosessissa. Laitteen leikkauspää on varusteltu kapasitiivisella etäisyyden mittausjärjestelmällä, jonka avulla leikkauspää pysyy optimaalisella etäisyydellä leikattavan materiaalin pinnalta. (Prima Power, 2020)

Lisäoptioina laitteeseen on tarjottu typpiavusteista lävistystä ja nopeampaa lävistystä ohuille levyille. Leikkausoptioiden lisäksi myös automaattinen levynasennon tunnistus on lisätty laitteen lisävarustelistaan. Typpiavusteisesta puhkaisusta suurin hyöty saadaan käyttämällä toimintoa yli 5 mm levyille ja ohutlevy optiolla saadaan paras hyöty käyttämällä sitä alle 5 mm levyn paksuuksille. Ohutlevy toiminnan avulla Prima Power väittää, että prosessissa voi säätyä jopa 30% aikaa verrattuna perinteiseen leikkaustyyliin. (Prima Power, 2019)

#### 7.4.2 Prima Power Compact Server levyn lastaus ja purkulaite

Prima Power tarjosi PLT 1530 fiber EVO 2D laitteen lisäksi heidän Compact Server varastointiautomaatiota. Laite on vähän tilaa vievä ja kompakti. Laite sisältää koostaan huolimatta lastaus ja purkuominaisuudet. Laite sisältää kaksi varastointipaikkaa, joista toinen on varattu leikattaville levyille ja toinen purettaville levyille. Levyjen purku ja lastaus toimii laitteen imukuppien ansiosta. Laite on varustettu myös levyjen erotusmenetelmällä, jonka tehtävä on estää kahden levyn yhtäaikaista siirtämistä. Varaston käyttämä maksimi arkkikoko on 3100 mm x 1575 mm, joka on yli vaatimuksen. Yksittäisen paletin maksimikuorma on 3000 kg ja yksittäisen levyn paino ei voi olla yli 720 kg. Laitteen purku- / lastaus-syklinäika on n. 120 sekuntia. Kone vaatii toimiakseen 11 kW virran. (Prima Power, 2019)



KUVA 13 PrimaPower Compact server (Prima Power, 2019)

#### 7.4.3 Muuta tarjoukseen kuuluvaa

Tarjouksen hintaan kuuluu NCX Laser Lite ohjelmointiohjelma. Tarjous sisältää asennus ja käyttöönottopalvelut. Palvelut sisältävät laitteen asentamisen ja toimintakuntoon saattamisen. Laitteen ostaja vastaa paineilman ja syöttövirran kytkemisestä. Prosessit suoritetaan toimittajan valvonnan alla. Hintaan kuuluu myös koneen käyttökoulutus, joka kestää 5 päivää ja suoritetaan asiakkaan tiloissa asiakkaalle toimitetulla koneella. Lisäkoulutuspäivät veloitetaan erikseen. Käyttökoulutuksen lisäksi



hintaa sisältää ohjelmien käyttökoulutuksen, joka kestää 3 päivää ja suoritetaan PrimaPowerin tiloissa. Lisäkoulutus laskutetaan erikseen. (Prima Power, 2020)

Oston yhteydessä ostaja sitoutuu varmistamaan asennuspaikan olevan soveltuva asennettavalle laitteistolle. Asennusta varten tarvittavat resurssit, kuten trukit ja vakuutukset joutuu hoitamaan asiakas itse. Laitteelle myönnetään asennuksen yhteydessä 12 kk:n tehdastakuu. (Prima Power, 2020)

PrimaPowerilla on koko Suomen kattava maanlaajuinen huolto-organisaatio. PrimaPowerin pääpaikka sijaitsee Seinäjoella, mutta Nurmesta lähin huoltoyksikkö löytyy Kajaanista. Loma-aikoina Seinäjoen yksiköstä löytyy tarpeen tullen 50 huoltomiestä lisää. PrimaPower lupaa, että asiakas ei koskaan joudu kärsimään huollon saamattomuudesta. PrimaPower tarjoaa huoltosopimusta, joka sisältää 24/7 teknistä puhelin tukea, nopean 24h vasteajan (tarvittaessa jopa nopeammin). Tarvittaessa varaosat saadaan Nurmekseen kahden päivän kuluessa tilauksesta. (Finn-Power Oy, 2020)

## 8 KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSET

Käytännön kokemukset ovat tärkeä osa opinnäytetyön suorittamista. Kokemuksien perusteella pyritään saamaan luotettavaa tietoa tahoilta, joilla on oikeasti käytännön kokemusta laitteiden käytöstä. Käytännön kokemukset sisältävät kaikkea laitteen käytöstä asiakaspalveluun. Kaikki osion tiedot on hankittu yrityksistä, joilla on jotakin vertailtavaa laitetta vastaava laite käytössään. Osiossa on haastattelujen pohjalta kerättyä tietoa siitä, miten tyytyväisiä laitteiden käyttäjät ovat olleet omaan kuitulaseriinsa.

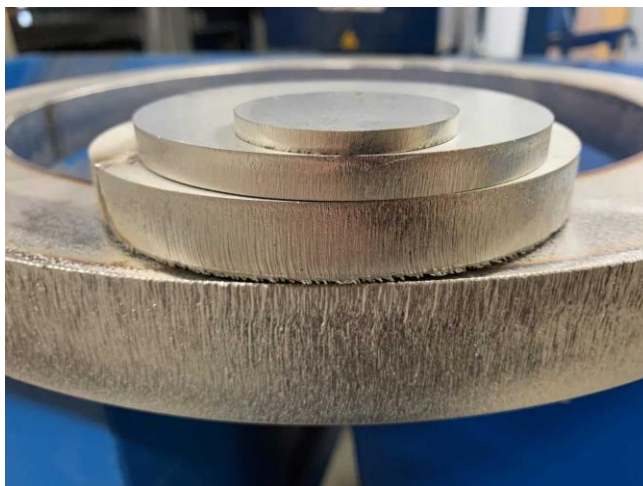
### 8.1 Trumpf TruLaser 5030 Fiber

Punkaharjulla sijaitsevana Riitek Oy omistaa Trumpf:n TruLaser 5030 Fiber kuitulaserin 8 kW tehoisena. Laite vastaa teknologialtaan vertailtavaa TruLaser 1030 Fiber 4 kW kuitulaseria. Laitteesta saatujen tietojen perusteella voidaan saada tärkeää tietoa laitteen käyttökustannuksista ja toimintavarmuudesta. Suuren tehoeron takia jotkin laitteiden tiedot voivat poiketa toisistaan, mutta toimintaperiaate ja teknologia pysyy samana. (Palsa, 2020)

Riitek Oy on ollut pääasiallisesti erittäin tyytyväinen omaan laitteeseensa. Heidän mukaansa valmistajan tarjoamat palvelut, kuten huollot ja tekninen tuki ovat toimineet erittäin hyvin. Ainut huono puoli Trumpfin tarjoamissa palveluissa Riitekin mukaan on korkea hintataso. [REDACTED]

[REDACTED] Suurimmat käyttökustannukset laitteesta muodostuu Riitekin mukaan investoinneista. Seuraavaksi suurin kuluerä on operaattorikustannukset, kaasut, suuttimet, jne. Myös kulutustarvikkeet ja sähkö on mainittu, mutta hintoja ei. (Palsa, 2020)

Riitekin laseriin on myös aikojen saatossa tullut ennakoimattomia vikaantumisia, mutta Trumpf on hoitanut laitteen takaisin käyntikuntoon pikaisesti. Riitek Oy:n omistama laite on iältään tällä hetkellä noin 3,5 vuotta. He toteavat, että laserleikkeiden laatu on ollut heidän mielestään oikein hyvää. Riitek Oy jopa uskoo, että laite voisi olla jopa yksi markkinoiden parhaista kuitulaserleikkureista. Heidän mukaansa laser on erinomainen alihankintaleikkaukseen. (Palsa, 2020)



KUVA 14 RST 35 mm, 15 mm, 8 mm ja 4 mm (Palsa, 2020)

## 8.2 Amada ENSIS AJ 3015

Amadan ENSIS AJ sarjan laite löytyi Kaarinan Trimet Oy yritykseltä. Heillä oleva malli on teholtaan 9 kW, mutta vastaa teknologialtaan ja toimintaperiaatteeltaan vertailussa mukana olevaa ENSIS AJ 3015 3 kW laitetta. (Rouvali, 2020)

Kaarinan Trimetin yhteyshenkilön mukaan he ovat olleet oikein tyytyväisiä omaan Amadan kuitulaseeriinsa. Heidän mukaansa laite suoriutuu odotetulla tasolla, ja valmistajan antamat arvot pitävät hyvin paikkaansa oikeassa elämässä. [REDACTED]

[REDACTED]. Laitteen käyttökuluista kuten sähkönkulutuksesta ei yrityksellä ole tarkempaa tietoa, mutta heidän mukaansa kulut ovat kohtuulliset. (Rouvali, 2020)

Kaarinan Trimetillä on oltu erittäin tyytyväisiä Amadan tarjoamiin palveluihin, huoltoihin ja varaosien saatavuuteen. Laite on tällähetkellä 10 kuukauden ikäinen ja siinä ei ole vielä ilmennyt suurempia ennakoimattomia vikoja. Yrityksessä on oltu tyytyväisiä laitteen tuottamaan leikkauslaatuun. Heidän mukaansa nykyinen 9 kW malli on huomattavasti parempi kuin Trumpf:n TruLaser. Kyselyssä verrattava TruLaser on kuitenkin 5 vuotta vanhempi kuin Amadan laite. Tiivistettynä ENSIS AJ 9 kW on heidän mielestään ”*Hieno ja tehokas laite*”. (Rouvali, 2020)



KUVA 15 Fe 10 mm (Rouvali, 2020)



KUVA 16 RST 20 mm (Rouvali, 2020)

### 8.3 Muut käyttäjäkokemukset

Kaiken kaikkiaan työtä varten kysyttiin käyttäjäkokemuksia yli kymmeneltä eri yritykseltä. Kevään olosuhteiden takia vastauksia saatiin vain kahdelta yritykseltä. Vertailusta jäi tämän vuoksi puuttumaan Bystronicin ja Prima Powerin laitteiden käyttäjäkokemukset.

## 9 VERTAILU

Vertailu suoritetaan laitteen valmistajien ja muista lähteistä hankittujen tietojen perusteella. Kevään olosuhteiden johdosta vertailu suoritetaan pelkästään muiden ihmisten opinnäytetyöhön toimittamien tietojen pohjalta. Osiossa perehdytään tarkemmin laitteistojen eri ominaisuuksiin toisiinsa verrattuna. Vertailun lopussa annetaan puolueeton mielipide laitteesta, joka annettujen tietojen mukaan täyttää parhaiten PK-Levy Oy:n käyttötarkoitukset. Vertailussa arvostellaan kaikkien valmistajien koneet kategorioiden mukaan ensin sanallisesti ja alla olevaan kenttään asteikolla 1-5, jossa 1 on tyydyttävä ja 5 on kiitettävä.

## 9.1 Laitteen teho ja monipuolisuus

<b>AMADA ENSIS AJ 3015 3 kW</b>	<b>TRUMPF TruLaser 1030 Fiber 4 kW</b>	<b>BYSTRONIC BySmart Fiber 3015 3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER Platino Fiber EVO 1530 4 kW</b>
Teholtaan Amadan laite 3 kW ja kykenee leikkaamaan kaikki vaadittavat materiaali, mukaan lukien värilliset metallit. Valmistajan mukaan kykenee leikkaamaan terästä 25 mm asti. Laite kykenee myös todella nopeisiin akseli liikkeisiin, joiden yhteenlaskettu nopeus voi olla jopa 170 m/min. Laitteen leikkaustoleranssit ovat erinomaiset, paikoitustarkkuuden ollessa jopa +/- 0,001mm.	Trumpf:n laite on teholtaan 4 kW ja täten vertailtavista laitteista tehokkaammasta päästä. Myös Trumpf:n laite kykenee leikkaamaan kaikki PK-Levyn vaatimat materiaalit, mukaan lukien värilliset metallit. Laite kykenee leikkaamaan terästä 25 mm asti. Tarvittaessa laite pystyy jopa 140 m/min yhdistettyyn akselinopeuteen. Trumpfin laserleikkuri kykenee jopa +/- 0,05 mm paikoitustarkkuuteen.	Bystronicin laite on teholtaan 3 kW. Laitteella kykenee valmistajan tietojen mukaan leikkaamaan terästä 20 mm asti. Perinteisten metallien lisäksi laitteella kykenee leikkaamaan ns. värillisiä metalleja. Laitteen maksimi paikoitusnopeus kaikkia akseleita liikutettaessa on jopa 140 m/min. Bystronicin laserleikkuri pystyy jopa +/- 0,05 mm paikoitustarkkuuteen.	Prima Powerin laitteen teho on 4 kW. Valmistajan mukaan laitteella pystytään leikkaamaan kaikki perinteiset materiaalit, mukaan lukien värilliset metallit. Terästä kyseisellä laitteella voi valmistajan mukaan leikata 20 mm asti. Laitteen kaikkia akseleita yhtä aikaa liikutettaessa laitteen leikkauspään nopeus voi olla jopa 140 m/min. Laite kykenee suurista akselinopeuksista huolimatta jopa +/- 0,03 mm paikoitustarkkuuteen.
4	4	3	3

## 9.2 Laserin ominaisuudet ja varusteet

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
Amadan kuitulaser on varustukseltaan ja ominaisuuksiltaan vertailtavien laitteiden parhaimmistoa. Laite on varusteltu kattavasti ja se sisältää monia leikkaamista ja laitteen käyttöä parantavia ominaisuuksia. Esimerkkinä ominaisuuksista vesisumutus, öljysumutus, kaasujen avulla leikkaaminen ja kaivertamisominaisuus.	Trumpf:n laite on täynnä hyödyllisiä vakiovarusteita, esimerkiksi erilaisia leikkauksenvalvontajärjestelmiä, leikkauspään säätöön liittyviä toimintoja, leikkauksessa käytettävän kaasun säätöön liittyviä toimintoja ja automaattinen sammutus. Laitteeseen oli mahdollista lisätä asiakkaan halutessa myös lisäoptioita, jotka lisäävät hintaa mutta parantavat esimerkiksi laitteen etäohjausta.	Bystronicin laserleikkuri sisältää vakiona kaikki laitteelle hyödylliset varusteet, joilla päästään hyvään leikkaustulokseen. Laite on kuitenkin esimerkiksi Amadan tai Trumfin laitteeseen verrattuna hieman yksinkertaisemmin varusteltu. Laite sisältää siitä huolimatta hyödyllisiä varusteita, kuten automaattisen suuttimenvaihtajan, törmäyksen tunnistuksen, automaattisen polttovälin säädön ja typen syötön.	Varusteiltaan ja ominaisuuksiltaan Prima Powerin laite on hintaansa nähden hyvin tasapainossa. Laite sisältää kaikki perusleikkaamiseen tarvittavat varusteet. Laite on varusteltu ominaisuuksilla, kuten automaattisella focuksella, leikkuupään etäisyyden mittauksella ja automaattisella suuttimenvaihtajalla.
5	5	3	3

## 9.3 Varastointiautomaatiikan sopivuus

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
ASF-EU varastointiautomaatiikka on perinteinen tornimallinen levyvarasto, jossa riittävästi levypaletteja pitkällekin automaatioajolle. Laitteen mukana toimitetaan kaksi leikkuupöytää. Laite sisältää kaikkiaan viisi palettia, joista kaksi lastaamista varten ja loput purkamiseen. Varastointiautomaatio täyttää sille annetut korkeuskriteerit ollen 4,5m korkea.	Trump:n tarjoama automaatio poikkeaa muista tarjotuista laitteista huomattavasti. Trumpf:n laite on toimintaperiaatteeltaan hyvin poikkeava ja se sisältää "kouran", jonka tehtävä on purkaa ja lastata laserleikkuria. Laitteen mukana tulee kaksi leikkauuspöytää, prosessin nopeuden parantamiseksi. Itse automaatio ei sisällä varastointihyllyä, vaan pitkän tason, johon leikatut paletit siirretään. Mitoitetaan laite on kompakti ja sopii PK-Levyn tiloihin mainiosti. Paletinvaihto tapahtuu automaattisesti.	Bystronicin tarjoama automaatiotarasto on perinteisen mallinen tornivarasto, jossa on useampi paikka purettaville ja lastattaville levyille. Varastossa on neljä lastauspalettia ja kaksi purkupalettia. Laitteelle asetettu maksimikorkeus oli PK-Levyn kriteerejen mukaan 5 m. Bystronicin laite on korkeudeltaan 5,125m, joten on hyvin todennäköistä, että laite ei korkeutensa puolesta mahdu sille tarkoitettulle paikalle.	Prima Powerin varastointiautomaatiikka poikkeaa hieman perinteisestä tornimallisesta varastosta. Kyseinen varastointiautomaatio on kooltaan hyvin kompakti ja sisältää yhden paletin purkamista varten ja yhden paletin lastaamista varten. Laite täyttää sille annetut korkeuskriteerit jääden huomattavasti alle vaaditun 5 m korkeuden. Automaation mukana toimitetaan myös ylimääräinen leikkauspöytä.
4	3	2	4

## 9.4 Laserin ohjaus ja käyttöliittymä

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
Amadan laitteiston ohjaus tapahtuu AMNC 3i numeerisella ohjauksella. Laite on varusteltu 21,5 tuumaisella HD kosketusnäytöllä. Ohjain on yksinkertaisen oloinen, mutta käyttöliittymän ulkonäkö hieman vanhahva. Laitteen ulkonäkö kestävä näköinen. Laitteen avulla voidaan suorittaa kaikki laserille olennaiset toimenpiteet. Mainittavia ominaisuuksia on esimerkiksi nestaaminen, laitteen historiatiedot ja yhden kosketuksen valinnat.	Trumpf:n laitteiden ohjaaminen onnistuu laserleikkurin kyljestä löytyvästä 18,5 tuumaisesta kosketusnäytöstä. Näyttö on valmistettu heijastamattomasta materiaalista. Ohjausyksikkö on helpokäyttöinen ja sisältää vähän näppäimiä. Ohjauspaneelista pystytään säätämään kaikki koneelle olennaiset parametrit. Itse ohjauspaneeli on integroitu laserleikkurin kylkeen ja sitä ei voida liikutella.	Bystronicin koko koneympäristön ohjaus onnistuu laitteeseen lisätyltä ohjauspaneelilta. Ohjaus toimii 22 tuumaiselta kosketusnäytöltä. Kosketusnäyttö on kooltaan suuri ja ilmeeltään modernin näköinen. Laitteen käyttöliittymä vaikuttaa yksinkertaiselta ja helpolta hallita. Laitteen avulla voidaan säätää kaikki laitteiston olennaiset parametrit ja lisäksi laitetta voi käyttää toimenpiteisiin, kuten nestaamiseen. Käyttöliittymän ulkonäkö muistuttaa huomattavasti tietokoneen käyttöliittymää.	Primapowerin laitteen ohjaus tapahtuu laitteen mukana tulevalle kosketusnäyttöisellä paneelilla. Laitteeseen saa liitettyä myös näppäimistön ja hiiren. Laitteen ulkonäkö on perinteinen ja käyttöliittymä suhteellisen helpon näköinen. Ohjauspaneelin avulla voidaan laitteeseen säätää kaikki tarvittavat parametrit ja asetukset.
3	4	5	3

## 9.5 Käyttökustannukset ja huoltokulut

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
Kerättyjen tietojen mukaan laitteen kustannukset käytön aikana voivat olla jopa 64,7% matalammat verrattuna 4 kW CO <sub>2</sub> -laserleikkuriin. [REDACTED]	Trumpf:n tarjoamien tietojen mukaan heidän 4 kW kuitulaser on peruskäytössä jopa 55% energiatehokkaampi, kuin heidän saman teholuokan CO <sub>2</sub> -laser. Tuotannon aikana laite kuluttaa noin 13 kW tehoa. [REDACTED]	Bystronicin tarjoamista tiedoista ei käy ilmi laitteen energiatehokkuutta verrattuna hiilidioksidilaseriin. Laite vaatii toimiakseen noin 10,4 kW tehon. Kaikkiaan jäähdytyksen ja kaasunpoiston kanssa laitteen kokonais teho voi olla 21,3 kW. Kokemustietoja laitteen kuluista ei saatu.	Prima Power ei toimittamissaan tiedoissa ota kantaa laitteen energiatehokkuuteen verrattuna CO <sub>2</sub> -laserleikkuriin. Laitteen tiedoista käy ilmi, että toimiakseen laite vaatii 11 kW verkkovirran. Kokemustietoja laitteen kuluista ei saatu.
5	4	3	3

## 9.6 Valmistajan tuki -ja asiakaspalvelu

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
Amadan Nurmesta lähin huoltopiste sijaitsee noin 120 km päässä Outokummussa. Amada lupaa huolloilleen nopean vastajan. Laitteiden oston yhteydessä on mahdollista hankkia myös huoltosopimus. Amadan tarjoamat tuk-i ja huoltopalvelut toimivat Suomen kielellä. Opinnäytetyön aikana yhteyden pito Amadan edustajan kanssa oli sulavaa ja vaivatonta. Vastaukset opinnäytetyön aikana ilmenneisiin kysymyksiin saatiin aikailematta.	Trumpfin huoltopalelut toimivat Suomen rajojen sisäpuolella suomen kielellä. Trumpfilla pyritään nopeaan vasteaikaan ja vika pyritään tunnistamaan jo puhelimen välityksellä. Heillä on käytössään 10 huoltomiestä ja 2 puhelinvastaajaa. Tarvittaessa varaosat saadaan toimitettua paikalle kahden päivän kuluessa. Opinnäytetyön aikana Trumpfin edustajan kanssa yhteyden tekeminen oli asiantuntevaa ja todella perusteellista.	Bystronicilla on suomessa neljä eri huoltopistettä, joista lähin Nurmesta sijaitsee Pieksämäellä. Bystronicilla on Suomessa kuusi huoltohenkilöä ja yksi puhelinvastaaja. Huolloissaan Bystronic pyrkii aina 24 tunnin vasteaikaan. Laitteen hankinnan yhteydessä laitteelle on mahdollista ottaa myös huoltosopimus, jonka arvo riippuu vuorojen määrästä. Opinnäytetyön yhteydessä käyty keskustelu Bystronicin edustajan kanssa oli sujuvaa ja nopeaa.	Prima Powerilla on koko maan laajasti kattava huoltopisteverkosto. Kaikkiaan huoltopisteitä on kolmeitoista. Nurmesta lähin yhden huoltohenkilön huoltopiste sijaitsee Kajaanissa. Kaikkiaan huoltohenkilöitä on 23, joista 12 on erikoistunut pelkästään lasereiden huoltoon. Tarvittaessa esim. loma-aikana Seinäjoen pääpisteeltä löytyy 50 huoltomiehen puskurivyyöhyke. Prima Power pyrkii 24 tunnin vasteaikaan. Varaosien toimitus itäsuomeen on noin kaksi päivää. Opinnäytetyön aikana käyty keskustelu edustajan kanssa oli asiantuntevaa ja nopeaa.
5	4	4	5

## 9.7 Laitteiston kokonaishinta

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████	████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████	████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████	████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████ ████████████████████
1	2	4	5



## 9.8 Yhteenlaskettu tulos

<b>AMADA</b> <b>ENSIS AJ 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>TRUMPF</b> <b>TruLaser 1030 Fiber</b> <b>4 kW</b>	<b>BYSTRONIC</b> <b>BySmart Fiber 3015</b> <b>3 kW</b>	<b>PRIMAPOWER</b> <b>Platino Fiber EVO 1530</b> <b>4 kW</b>
27	26	24	26

## 10 YHTEENVETO

Kaikki vertailussa mukana olleet laitteet suoriutuivat erittäin hyvin ja tasaisesti. Kaikista laitteistoista löytyi niin hyviä kuin huonojakin puolia. Loppujen lopuksi vertailun voittajaksi pisteiden perusteella valikoitui Amadan ENSIS AJ sarjan kone. Amadan kuitulaser suoriutui vertailussa erittäin hyvin muissa kategorioissa, paitsi laitteiston hinnassa. Mainittakoon, että Amadalla ja Trumpfilla oli vertailussa hintansa puolesta pieni etu, koska kalliimmista laitteista usein on hieman parempia ominaisuuksia ja varusteita. Kyseinen poikkeama tasottui hintaosiossa.

Trumpf:n laite sijoittui vertailussa jaetulla toiselle sijalle Prima Powerin laitteen kanssa. Trumpf:n laite menetti pisteitä suhteellisen kalliin hintatasonsa myötä, mutta pystyi hyvittämään menetetyt pisteet erinomaisilla ominaisuuksillaan. Jaetulla toisella sijalla oleva Prima Powerin kuitulaser kärsi pistetappioita esimerkiksi varusteiden vähäisyydestä. Pisteitä Prima Powerin kuitulaser sai huomattavasti esimerkiksi edullisuudestaan ja erittäin vaikuttavasta tukiverkostosta Suomen rajojen sisäpuolella. Prima Power suoriutui erittäin hyvin hintaan suhteutettuna. Bystronicin kuitulaser menestyi vertailussa myös hyvin. Bystronicin laitteen hyvinä puolina oli vertailtavista laitteista parhaan oloinen käyttöliittymä. Käyttöliittymän lisäksi myös edullinen hinta auttoi laitetta vertailussa. Bystronic koki vertailussa suuria pistetappioita esimerkiksi varastointiautomaation takia, koska ei voida olla varmoja mahtuuko tarjottu yksikkö PK-Levy Oy:n tiloihin.

Vertailussa saatuihin tuloksiin tulee suhtautua varauksella, koska tulokset pohjautuvat yhden ihmisen keräämiin tietoihin. Kaikkien laitteiden ominaisuuksiin on perehdytty ennen vertailun suorittamista ja vertailu on pyritty suorittamaan mahdollisimman puolueettomasti. Lopullinen valinta laitteen hankinnasta jää PK-Levy Oy:n edustajalle. Opinnäytetyössä tehty vertailu on suoritettu pelkästään ehdotuksena auttamaan laitteiston hankinnassa.

## 11 POHDINNAT

Kaikki vertailussa mukana olleet laitteet olivat ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia. Kaikkien laitteiden teholuokka oli 3 kW tai 4 kW, joka kertoo siitä, että kaikilla valmistajilla oli yhteneväinen käsitys PK-Levy Oy:n leikkaustarpeista. Laitteiden markkinointitiedot vaikuttivat uskottavilta, mutta varmistukseksi oli hyvä kerätä tietoa laitteita käyttäviltä yrityksiltä. Laitteistojen hinnassa oli pientä hajontaa, mutta pääasiallisesti kaikki laitteet ovat saman hintatason kuitulasereita, joten niitä on mahdollista verrata toisiinsa. Varastointiautomaatioissa oli valmistajien kesken suurimpia eroja, sillä osa valmistajista tarjosi hyvin perinteistä tornivarastoa ja osa tarjosi hieman normaalista poikkeavaa lähestymistapaa.

PK-Levy Oy:lle tärkeä opinnäytetyössä selvitettävä asia oli laitteiden valmistajien tarjoamat tuki ja huoltopalvelut. Tuki- ja oheispalveluiden tasossa on laitteiden välillä luultavasti suurimmat erot. Esimerkiksi Prima Powerin laitteilla on todella kattava ja runsaslukuinen tukiverkosto koko Suomen alueella, kun taas esimerkiksi Bystronicin operaatio keskittyy enemmän Ruotsin puolelle. Kaikilta valmistajilta löytyy suomenkieliset huolto- ja tukipalvelut, mutta joillakin valmistajilla ne sijaitsevat lähempänä Itä-Suomea, kuin toisilla.

Kaikki tarjotut laitteet sisältävät noin 20" kosketusnäyttöisen ohjauspaneelin, jolla onnistuu koneiden perusteellinen säätäminen, ohjaaminen ja ohjelmien tekeminen. Kosketusnäyttöisen ohjauspaneelin lisäksi tarjous sisälsi kaikkien valmistajien kohdalla jonkin ohjelmointiohjelman, jolla pystytään suorittamaan laitteen vaatimat nestaukset. Hieman valmistajasta riippuen, tarjous saattoi sisältää myös muita tuotantoa parantavia sovelluksia, kuten 3D suunnitteluohjelman.

Kaikki maahantuojien tarjoamat laitteet olivat kriteerit täyttäviä ja muutenkin päteviä. Viestintä laitteiden edustajien kanssa toimi pääasiallisesti sähköpostilla ja puhelimitse. Opinnäytetyön ohessa pidettiin myös muutama Teams-palaveri, jossa käytiin läpi jonkin laitteen esittelyjä tai tarjouksen otettavien laitteiden pohtimista. Kaikkien laitteiden edustajien kanssa käydyt keskustelut olivat asiantuntevia ja vastauksia saatiin nopeasti. Edustajat tarjosivat hyvin avokätisesti kattavia tietoja omista laitteistaan. Nämä tiedot helpottivat huomattavasti opinnäytetyön suorittamista. Kaikki olivat myös valmiina vastaamaan kaikkiin esitettyihin kysymyksiin, joita opinnäytetyön aikana ilmeni. Joidenkin maahantuojien kanssa pidettiin hieman pidempiä keskusteluja laitteiden valinnasta ja konfiguraatioista. Esimerkiksi Amadan kanssa käydyt keskustelut sujuivat todella nopeasti ja sulavasti, koska edellinen CO<sub>2</sub>- laser on myös heiltä hankittu. Trumpfin kanssa käytiin keksusteluja hieman pidempään, koska he halusivat esitellä koko tuoteryhmänsä ennen tarjousta. Kaikkien edustajien kanssa asioiminen oli sujuvaa.

## 12 LÄHTEET

- Amada. (2017). *TECHNICAL DESCRIPTION AUTOMATED STORAGE FOR LASER CUTTING MACHINE ASF3015 EU ASF3015 EU-Twin*. Amada.
- Amada. (2017). *Technical Proposal for Laser ENSIS-3015AJ 3kW*. Amada.
- Amada. (2020). *AMA-PROM FINLAND*. Haettu 27. 3. 2020 osoitteesta ENSIS AJ: <https://www.ama-prom.fi/koneet/laserleikkauskoneet/ensis-aj>
- Amada. (ei pvm). *AS LUL 300 X1 käyttöohje*. Amada.
- Amada Europe. (2018). *ENSIS AJ SERIES*. Amada Europe.
- Amada Europe. (2018). *WACS II WATER ASSISTED CUTTING SYSTEM*. Amada Europe.
- Amada Europe. (ei pvm). *SOFTWARE SOLUTION PACKS*. Amada Europe.
- Amada. (ei pvm). *LC X1*. Haettu 6. 4. 2020 osoitteesta <http://www.amada.de/en/laser/lc-x1/laser-machine.html>
- Ama-Prom Finland Oy. (2020). *Tarjous nro VL2020016.1*. Salo: Lipponen Ville.
- Antil. (2020). *Technical Specifications N. UD20C02A*. Hyllykallio: Bystronic Scandinavia AB.
- Bartels. (ei pvm). *Compact systems*. Haettu 18. 5. 2020 osoitteesta <https://www.bartels-germany.com/rack-systems/storage-of-sheets/compact-system/>
- Bystronic. (ei pvm). *BySmart Fiber 3015 - Tulevaisuutesi Bystronic kanssa*. Bystronic.
- Bystronic Scandinavia AB. (2020). *Tarjous Nro. QUO-91429-J3G6Q5*. Bystronic Scandinavia AB.
- Bystronic Scandinavia AB. (2020). *Tekninen erittely*. Bystronic Scandinavia AB.
- Enontekiö, J. (22. Huhtikuu 2020). Tarjouspyyntö. (J. Kallinen, Haastattelija)
- ESAB. (ei pvm). *ESAB KNOWLEDGE CENTER*. Haettu 17. 4. 2020 osoitteesta <https://www.esabna.com/us/en/education/blog/what-is-the-best-value-plasma-laser-or-waterjet.cfm>
- Finn-Power Oy. (2020). *Huolto-organisaatio*. Seinäjoki: Hahtokari, Jarmo.
- Huopaniemi, J. (21. Huhtikuu 2020). Tarjouspyyntö. (J. Kallinen, Haastattelija)
- Kangas, T. (14. 5. 2013). *Vesileikkauslaitteiston käyttäjäkunnossapito-ohjeet*. Haettu 20. 4. 2020 osoitteesta Theseus: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60562/kangas\\_tero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60562/kangas_tero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Komulainen, K.-P. (9. 4. 2020). Asiakskysely J5L-Production Oy. (J. Kallinen, Haastattelija)
- Leinonen, T. (6. 6. 2017). *Layoutin ja työmenetelmien suunnittelu*. Haettu 10. 4. 2020 osoitteesta Theseus: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131960/Leinonen\\_Timo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131960/Leinonen_Timo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Leva, S. (14. 4. 2020). Asiakaskysely Franke Oy. (J. Kallinen, Haastattelija)
- Lipponen, V. (21. huhtikuu 2020). Tarjouspyyntö. (J. Kallinen, Haastattelija)
- Martikainen, J. (2011). *CNC-ohjattu plasmaleikkuri*. Haettu 6. 5. 2020 osoitteesta Theseus: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29269/Martikainen\\_Jarno.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29269/Martikainen_Jarno.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. (2017). *Terminen leikkaus. Termisesti leikattujen pintojen luokittelu. Geometrinen tuotemäärittely ja laatutoleranssit*. SFS-Online. Haettu 20. 4. 2020
- Murto, K. (7. 4. 2020). Asiakaskysely EC-Engineering Oy. (J. Kallinen, Haastattelija)
- Palsa, T. (7. Huhtikuu 2020). Kysely. (J. Kallinen, Haastattelija)
- Pennanen, M. (23. 4. 2020). Asiakaskysely Kesla Oyj. (J. Kallinen, Haastattelija)
- PK-Levy Oy. (ei pvm). *PK-Levy Oy*. Haettu 5. 4. 2020 osoitteesta <http://www.pklevy.fi/>
- PK-Levy Oy. (ei pvm). *Porin Matti*. Haettu 5. 4. 2020 osoitteesta [www.porinmatti.fi](http://www.porinmatti.fi)
- Prima Power. (2019). *The Laser 2D line Next level laser cutting machines*. Prima Industrie Group.

Prima Power. (2020). *Tarjous no. S2020-0075*. Jani Huopaniemi.

Pöyhtäri, L. (4. 2014). *CNC-PLASMALEIKKAUSKONEEN SUUNNITTELU*. Haettu 5. 5. 2020 osoitteesta Theseus:

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72508/Poyhtari\\_Lasse.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72508/Poyhtari_Lasse.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rouvali, K. (22. Huhtikuu 2020). Kysely. (J. Kallinen, Haastattelija)

Trumpf. (2017). *Automation concept*. Trumpf.

Trumpf. (2020). *TruLaser 1030/1040/1060 Fiber (L88)*. Ditzingen: Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG.

Trumpf. (2020). *Trumpf*. Haettu 29. 4. 2020 osoitteesta TruTops Boost:

[https://www.trumpf.com/en\\_US/products/software/software-products/trutops-boost/](https://www.trumpf.com/en_US/products/software/software-products/trutops-boost/)

TruTekniikka Oy. (2020). *Budjettitarjous*. Vantaa: Arttu Ryhänen.

TruTekniikka Oy. (2020). *Huoltosopimustarjous/sopimus*. Vantaa: TruTekniikka Oy.