



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Konetekniikka

Mallipohjainen tuotemäärittely hitsauskiinnittimien suunnitte- lussa

Keijo Päivinen

Opinnäytetyö, marraskuu 2023

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
marraskuu 2023
Konetekniikan koulutus

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Keijo Päivinen

Nimeke
Mallipohjainen tuotemäärittely hitsauskiinnittimien suunnittelussa

Toimeksiantaja
HANZA Mechanics Joensuu Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja todentaa hitsauskiinnitin tuotteelle hyödyntäen geometrisia toleransseja, sekä peruselementtipaikoituksia. Työn tarkoitus ytimessään on edesauttaa yrityksen valmiutta ISO SFS-EN 16792 -standardin mukaiseen tuotteen mallipohjaisesti määritettyyn dokumentointiin kartoittamalla yrityksen nykytilannetta, sekä kyvykkyyttä.

Selvitin ensimmäisenä tuotteen olennaisimmat piirteet kiinnittimen kannalta, peruselementtikehyksen ja geometrinen toleranssien yhteisen vaikutuksen tuotteen kokonaisuudessa. Hitsauskiinnittimen suunnittelemisen suoritin Solidworks CAD -ohjelmistolla käyttäen hyödynni 3D-skannauksista saatua mittadataa, sekä peilaten tuotteen dokumentoinnin GD&T-määritteitä.

Toimeksianto sujui melko hyvin, sain kartoitettua yrityksen nykytilannetta, sekä kyvykkyyden suunnittelussa MBD:n osalta. Nykyisellään kyseiseen toimintamalliin siirtyminen ei onnistu aivan tuosta vain, mutta askel kerrallaan en pidä tätä mahdottomuutena. Lisäksi yritykselle saatiin työn myötä tuotteen valmistukseen uusi moduloitu hitsauskiinnitin, jonka myötä voidaan taata asiakkaalle laatua entistä paremmalla toistettavuudella.

Kieli
suomi

Sivuja 33
Liitteet 5
Liitesivumäärä 9

Asiasanat
Tietokoneavusteinen suunnittelu, Ohutlevyt, Hitsaus



THESIS
november 2023
Degree Programme in Mechanical Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Keijo Päivinen

Title
Model-based definition in fixture designing

Commissioned by
HANZA Mechanics Joensuu Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to design and verify a welding fixture for a product, by utilizing geometric dimensions and tolerances. The core objective of the assignment was to improve readiness of the company for model-basis defined -documentation, according to the standard ISO SFS-EN 16792.

I first solved out the most essential features of the product for the welding fixture, the joint effect of the datum feature frame and geometric tolerances in the product. The designing of the welding fixture was performed directly in the Solidworks CAD-software, by using the measurement data obtained from the 3D-scan model, as well as by mirroring the GD&T-specifications of the product documentation.

The assignment went quite well, I succeeded in sorting out the current situation of the company, as well as the capability in designing for the MBD. Currently transition to Model basis defined operating model is not possible in straight forward, but by step by step, I do not consider this as an impossibility. In addition, company received a new welding fixture for product manufacturing, with which the customer can be guaranteed to receive better quality with improved repeatability.

Language
Finnish

Pages 33
Appendices 5
Pages of Appendices 9

Keywords
computer-aided design, thin sheet metal, welding

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Mallipohjainen tuotemäärittely	10
2.1	Yleistä	10
2.2	Tiedonhallinta	11
2.3	Mallipohjainen tuotemäärittely suunnittelussa	12
3	Geometriset toleranssit	13
4	Kiinnittimien suunnittelu	14
4.1	Hitsauskiinnitin	14
4.2	Oikeinkäytön varmistus	15
4.3	Paikoittaminen	15
4.4	Puristimet	18
4.5	Modulaarisuus	18
5	Toteutus	19
5.1	Lähtötilanteen selvitys	19
5.1.1	CAD-mallin tulkitseminen	19
5.1.2	Vanhan kiinnittimen mittaaminen	21
5.2	Suunnittelu	23
5.3	Tekniset piirustukset	27
5.4	Toiminnanohjaus	27
5.5	Todentaminen	28
5.6	Koneistaminen	29
6	Tulokset	29
6.1	Mallipohjaisen tuotemäärittelyn kartoitus	29
6.2	Hitsauskiinnitin	31
7	Pohdinta	31
8	Lähteet	33

Liitteet

Liite 1 – Vanhan kiinnittimen mittaus

Liite 2 – Hitsauskiinnittimen pääkoonpano

Liite 3 – Perusrungon hitsauskoonpano

Liite 4 – Moduulin 1 koonpano & hitsauskoonpano

Liite 5 – Moduulin 2 koonpano & hitsauskoonpano

Lyhenteet & Erityissanasto

Annotaatio	Teksti, kommentti, selitys, tässä kontekstissa ohjemerkinä.
CAD	Computer Aided Designing (suom. tietokone avustettu suunnittelu)
CNC	Computerized Numerical Control (suom. tietokone avustettu ohjaus)
ERP	Enterprising Resource Planning (suom. toiminnanohjausjärjestelmä)
FT&A	Functional Tolerances and Annotations (suom. Toiminnalliset toleranssit, sekä annotaatiot)
GD&T	Geometric Dimensioning and Tolerancing (suom. geometrinen mitoittaminen ja tolerointi)
Master	Päädokumentaatio, jota muu dokumentaatio noudattaa.
MBD	Model-Based Definition (suom. mallipohjainen tuotemäärittely)
PDM	Product Data Management (suom. tuotetiedonhallinta)
PLM	Product Lifecycle Management (suom. tuote elinkaarenhallinta)
PMI	Product Manufacturing Information (suom. Tuotteen valmistus informaatio)
RHS	Rectangular Hollow Section (suom. Neliöputki)
STP, STEP	Standard for Exchange of Product Data (suom. standardi tuotedatan siirtoon)
Sketch	CAD-Sovelluksessa luotu viivapiirros
TED	Theoretically Exact Dimension (suom. teoreettisesti eksakti mitta)
XLS	Excelin binäärinen tiedostomuoto

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyö tavoitteena on suunnitella ja todentaa hitsauskiinnitin tuotteelle, hyödyntäen tuotteen teknisien piirrosten geometrisiä toleransseja, sekä peruselementtipaikoituksia. Työn tarkoitus on edesauttaa yrityksen valmiutta ISO SFS-EN 16792 -standardin mukaiseen tuotteen mallipohjaisesti määritetyn dokumentointiin, että yritys kykenisi jatkossakin tuottamaan asiakkaan dokumentoinnin mukaisia tuotteita, mikäli asiakas siirtyy mallipohjaiseen tuotantoon. Työssä pohditaan lisäksi millaisia hyötyjä, sekä haasteita mallipohjainen tuotemäärittely voi aiheuttaa hitsauskiinnitin suunnittelussa, sekä valmistuksessa, kun kyseessä on ohutlevyrakenteita valmistava yritys HANZA:n Mechanics Joensuu Oy, joka toimii opinnäytetyön toimeksiantajana.

HANZA Mechanics Joensuu Oy, (aiemmin Suomen Levyprofiili Oy) on vuonna 1998 perustettu ohutlevyrakenteita valmistava sopimusvalmistaja, jonka suurimpia asiakkaita ovat John Deere, Sandvik, Ecolog, Logset, AGCO ja Nestor. Yrityksen toimialoihin kuuluu levyaihioiden leikkaaminen, särmäys, hitsaus, maalaus ja kokoonpano, noin 8500m² tuotantotiloissa Joensuun Greenparkin alueella (Kuva 3), kuhansalossa. HANZA Mechanics Joensuu on vuodesta 2021 lähtien osa ruotsalaista HANZA AB osakeyhtiötä ja toimii tämän Suomen klusterissa mekaanisia tuotekokonaisuuksia valmistavana yksikkönä Heinäveden, sekä lisälmen yksiköiden lisäksi. (HANZA Mechanics Joensuu 2023.)



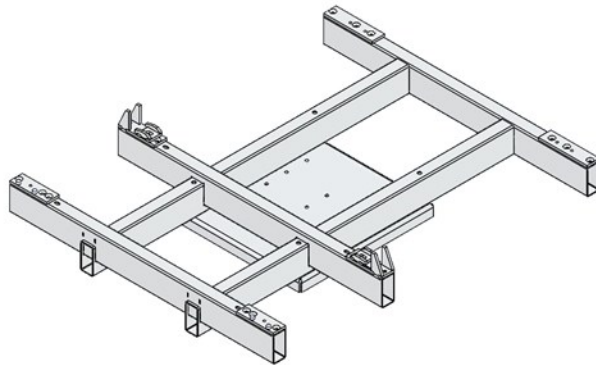
Kuva 3. HANZA Mechanics Joensuun toimitilat vuodesta 2014 lähtien. (HANZA Mechanics Joensuu 2023.)

HANZA on vuonna 2008 perustettu ruotsalainen yhtiö, jonka liikevaihto oli yli 2,9 miljardia euroa vuonna 2022. Yhtiö koostuu maailmanlaajuisesti kuudesta eri valmistusklusterista: Suomi, Ruotsi, Saksa, Kiina, Baltia ja Keski-Eurooppa. HANZAn muita suuria asiakkaita Joensuun yksikön asiakkaiden lisäksi ovat 3M, ABB, Epiroc, GE, Getinge, Saab, Siemens ja Tomra. (HANZA 2023.)

Toimeksiantaja yrityksen mukaan asiakkaalta on saatu ennakkotietoa, halukkuudesta siirtyä tuotteiden dokumentoinnin osalta mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn. Tämä käytännössä tarkoittaa suunnittelijan näkökulmasta sitä, että toimeksiantajayrityksen olisi kyettävä katselemaan, tulkitsemaan, sekä tarvittaessa muuttamaan asiakkaalta saatua dokumentaatiota, siten että sitä voitaisiin omassa valmistuksessa hyödyntää tai muuttaa paremmaksi vastaamaan yrityksen omaa prosessia.

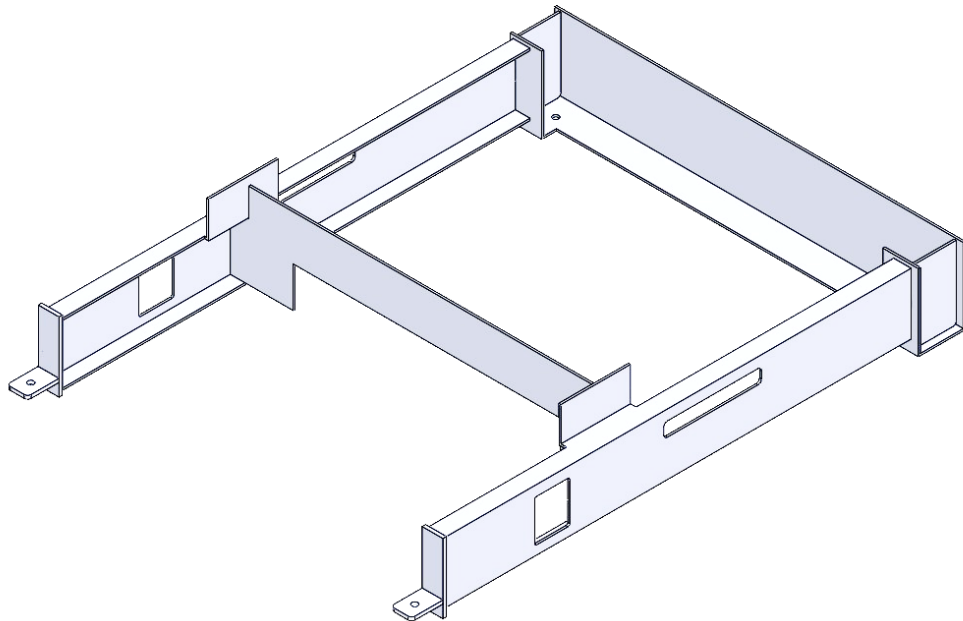
Toimeksiantaja yritykselle on asiakkaan puolesta välitetty valmistettavasta tuotteesta koemalli, jonka olisi tarkoitus noudattaa mallipohjaisen tuotemäärittelyn mukaisia seikkoja. Malli koskee tuotetta, jonka asiakas on tilannut toimeksiantajalta vuonna 2022 tuoterakenteen, jolle on ilmennyt tarve hitsauskiinnittimen valmistukseen, tuotteen kokoon verraten tarkkojen geometrisien toleranssien takia.

Yritys on valmistanut kuvan 1 mukaisen hitsauskiinnittimen ja valmistanut tuotteen kyseistä jigä hyödyntäen, hitsauksen jälkeen prototyyppi tuotteen mittauksessa on kuitenkin käynyt ilmi, että hitsauskiinnittimen tarkkuus on ollut riittämätön joidenkin piirteiden osalta, tuote on kuitenkin toiminallisuuden nimissä hyväksytty asiakkaan puolesta.



Kuva 1. 3D-malli tuotteen aiemmalle versiolle valmistetusta hitsauskiinnittimestä.

2023 asiakas on tilannut saman tuotteen päivitetyllä revisiolla kuvassa 2, jonka takia tuotteen geometria on muuttunut siten, ettei aikaisemmin valmistettua kiinnitintä voida valmistuksessa enää hyödyntää, joten samalla nähdään myös tarpeelliseksi tehdä hitsauskiinnittimeen tarkkuuden puolesta merkittävät muutokset, jolla voidaan taata asiakkaalle laadukkaampi tuotekokonaisuus ja täyttää dokumentoinnin asettamat vaatimukset.



Kuva 2. Havainnemalli tuotteesta, jossa toiminnallisuuden ja jigin suunnittelun kannalta olennaiset piirteet. (Päivinen 2023)

Jigin suunnittelussa tullaan käyttämään Solidworks CAD-ohjelmistoa suunnittelualustana ja siinä apuna STP-mallitiedostoa tuotteesta. Tämän jälkeen hitsauskiinnittimestä luodaan tekniset piirustukset, tuoterakenne, sekä työmääräin tuotannonohjausjärjestelmään, jonka mukaan se valmistetaan tuotannossa. Hitsauskiinnitin todennetaan valmistumisen jälkeen optisella Metrascan -koordinaattimittakoneella, verraten suunniteltuun 3D-malliin.

2 Mallipohjainen tuotemäärittely

2.1 Yleistä

Mallipohjainen tuotemäärittely tarkoittaa Henellin ym. (2021, 6) mukaan tuote, valmistus -informaatio ja mallirakennetta toteutettuna ISO SFS-EN 16792 -standardin mukaisesti. 3D-mallin on tarkoitus toimia itsessään 2D-ohjeiden sijaan päädokumentaationa, siten ettei perinteisiä 2D-ohjeita tulevaisuudessa tarvittaisi (Henell ym. 2021, 6; Ruemler, Zimmerman, Hartman, Hedberg & Feeny, 2017, 1). Ruemler ym. (2017, 1) mukaan MBD:n käyttöönotolla on saavutettu ilmailu-, sekä puolustusteollisuudessa parannusta ajoissa suunnittelusta markkinointiin, tuotteiden laadussa, sekä läpimenojen tehokkuudessa. MBD:n käyttöönottoon yrityksessä kokonaisvaltaisesti siten, että siitä olisi huomattava etu perinteisiin keinoihin verraten liittyy vielä kuitenkin useita kompastuskiviä, jotka ovat esimerkiksi suuret kustannukset, teknologiset rajoitteet, yhteen toimivuus, autenttisuus, luotettavuus ja mukaantuvuus ongelmat (Goher, Shehab & Al-As-haab 2020, 1).

MBD-mallitiedostot voidaan jakaa viiteen eri luokkaan, kyseinen luokitus on ilmettävä mallitiedostosta itsestään, tähän voidaan käyttää taulukon 1 mukaisia luokituskoodeja. Käytetty luokitus tulee olla näkyvillä yleisellä näkymällä tai mallin otsikkotiedoissa. Luokitus tulee merkitä myös piirustuksiin, mikäli niitä MBD-mallia noudattavasta tuotteesta on. (Henell ym. 2021, 11.)

Luokituskoodi	3D-malli	3D-mallin annotointi	Piirustus	Muita dokumentteja	Master
1	Ei	Ei	Täydellinen	Ei	Piirustus
2	On	Ei	Täydellinen	Ei	Piirustus
3	On	Ei tai osittain	Yksinkertaistettu	Kyllä	Piirustus & 3D-malli
4	On	Täydellinen	Täydellinen	Kyllä	Piirustus tai 3D-malli (identtisiä)
5	On	Täydellinen	Ei	Kyllä	3D-malli

Taulukko 1. SFS-ISO 16792:2021-standardin mukainen luokittelu. (Henell ym. 2021, 11.)

Mitoitusten esittäminen 3D-mallissa ei kuitenkaan ole aina välttämätöntä, mikäli valmistusprosessissa voidaan hyväksikäyttää mallin geometriaa koneluettavaksi, esimerkiksi modernit CNC-koneet, tällaisessa tapauksessa vain toleransimerkinnät tulee olla esillä (Henell ym. 2021, 11). Goherin ym. (2020, 8) mukaan, kuitenkin vain muutamat olemassa olevat eri koneet kykenevät suoraan hyväksikäyttämään semanttista tuotevalmistus informaatiota. Mikäli mallia ei voida hyödyntää koneluettavaksi ja mallin tulkitsijana toimii ihminen, tulee mallin määrittelyn koostua geometrisistä toleransseista, sekä toiminnallisista toleransseista ja annotaatioista tai muista ymmärtämisen kannalta olennaisista merkinnöistä. (Ruemler ym. 2017, 3).

2.2 Tiedonhallinta

Ennen kuin MBD-toimintamalleihin voidaan siirtyä, on yrityksen kartoitettava nykytilanteensa lisäksi, kyvykkyytensä, sekä tavoitetila tiedonhallinnan osalta eri prosesseissa, taulukossa 2 yksinkertaistettu esimerkki yrityksen tiedonhallinnasta (Henell ym. 2021, 9; Ruemler ym. 2017, 3). 3D-pohjainen suunnittelu on nykypäivänä yleistä, mallien rakenteet vastaavat pääsääntöisesti tuotannon tarpeeseen, mutta valmistus merkinnät ja mitoitukset esitetään edelleen usein 2D-piirustuksina sähköisissä asiakirjoissa tai paperilla. (Henell ym. 2021, 9).

Toiminto	Tiedonhallinnan taso		
	1 Paperi	2 Digitaalinen 2D	3 Mallipohjaisuus
Suunnittelu	Paperi	2D/3D	3D
Hankinta	Paperi	2D-PDF	3D
Tuotannosuunnittelu	Paperi	2D-PDF, XLS	3D
Tuotannon ohjaus	Paperi	XLS	ERP
Tuotanto	Paperi	2D-PDF	3D katselu
Tiedonhallinta	Paperi	PDM/PLM, verkkolevy	PDM/PLM

Taulukko 2. Kolme eri tiedonhallinnan tasoa valmistavassa tuotannossa, suuri osa yrityksistä on tällä hetkellä tasolla 2. (Henell ym. 2021, 9.)

Tiedonhallinnan tasolla 3 tavoitellaan sitä, että tuoterakenne sekä tuotteen tuotevalmistus informaatio kulkeutuvat mahdollisimman jouhevasti vaiheesta toiseen tuotetiedonhallinta järjestelmässä nimikkeenä. Nimikkeen olisi suotavaa olla juoksevasta numerosarjasta poimittu luku, jonka alla kulkevat tuoterakenne kokoonpanon alemmat tasot, sekä mahdollinen muu valmistus informaatio kuten kuvat, siirtomallit ja katselumallit. Tämä mahdollistaa sen, että nimikkeestä on saatavilla jokaisessa valmistusprosessin vaiheessa reaaliaikainen valmistusinformaatiomalli tai jokin lisätiedosto. (Henell ym. 2021, 41.)

2.3 Mallipohjainen tuotemäärittely suunnittelussa

MBD-pohjaisessa suunnittelussa tarvitaan lähes poikkeuksetta CAD-ohjelmisto kohtainen SFS-ISO 16792:2021-standardin mukainen ohjelmistomoduuli, jotta malli voidaan määrittää täysin tarkoituksenmukaisesti. Ohjelmisto moduuleista esimerkkeinä, Creo Parametrics -GD&T Advisor & SolidWorksin -MBD. (Henell ym. 2021, 10.)

MBD-malleissa on olennaista, että kaikki annotaatiot ovat assosiatiivisia eli mitat, toleranssit tai muut symbolit ovat liitännäisiä kappaleen geometriaan, siten ne saadaan kulkemaan siirtomallien tai katselumallien mukana. Tämä myös mahdollistaa parhaassa tapauksessa prosessin ratojen automatisoinnin, koneistuksessa tai koordinaattimittakoneella. (Henell ym. 2021, 12.)

3 Geometriset toleranssit

Valmistetun kappaleen geometriassa on poikkeuksetta hajontaa muodon, sijainnin, orientaation tai paikoituksen puolesta verraten dokumentoituihin nimellisiin mittoihin tai muotoihin. Valmistuksessa on pyrittävä parhaan mukaan minimoimaan hajontaa kappaleiden välisen yhteensopivuuden takaamiseksi, tämän vuoksi on tärkeää, että kappaleen geometria määritetään täysin, riittävän tarkoin toleranssein, tässä voi käyttää apuna taulukon 3 mukaista ohjeistusta. Toleranssit määritettävä kuitenkin siten, että kappaleen valmistus on mahdollista toteuttaa maltillisesti kustannusten puolesta, ajatellen valmistuserän kokoa, sekä saatavilla olevia valmistusmenetelmiä. (Henzold 2006, 6.)

Materiaali	(Material)
-Työkappaleen jäykkyys (muoto)	
-Materiaalin ominaisuudet	
-Materiaalin jännitykset	
Työväline	(Machine)
-Työvälineen tarkkuus, laakerivällykset	
-Työvälineen staattinen, sekä dynaaminen jäykkyys	
-Työvälineen termiset ominaisuudet	
-Huollot	
-Ympäristö	
Metodi	(Method)
-Työväline	
-Kiinnityspakka, kiinnitys, puristus tapa	
-Prosessin parametrit (esim. leikkuu nopeudet, leikkuu voimat jne.)	
Mittaus	(Measuring)
-systemaattiset mittaus hajonnat	
-epäjohdonmukaiset mittaus hajonnat	
Valmistaja	(Manufacturer)
-Koulutus, taitotaso, uudelleen kiinnityksien tarkkuus	
-Ympäristö	

Taulukko 3. valmistuksessa huomioitavat asiat "5 M" muistisääntö. (Henzold 2006, 132.)

Kappaletta suunniteltaessa on syytä ottaa huomioon geometriseen hajontaan vaikuttavat muuttujat mahdollisimman laajasti, jotta voidaan olla varmempia siitä, että toleranssien asettaminen on perusteltua, ja että valmistuksessa voidaan kestää näiden rajoissa. Piirteet ovat materiaalia poistavan työstön

perusteella valittuja ja ovat vain esimerkkejä, eivätkä päde yleisesti, mutta ovat hyvä esimerkki siitä, mistä hajontaa voi aiheutua. (Henzold 2006, 132.)

Useat toleranssiongelmat mekaanisissa kokoonpanorakenteissa johtuvat toiminnallisista vaatimuksista, jotka riippuvat ketjusta itsenäisiä osia, joilla on saman suuntaisia mitoituksia. Yksi ulottuvuuksissa tilanteissa, joissa käytetään kaksipistemitoituksia, on tarjolla useita tapoja toleranssiketjujen määrittämiseen. Valittavasti näiden metodien käyttö tilanteissa, joissa eteen tulee geometrisia toleransseja voi vaatia geometrisen ominaisuuden toleranssin muuntamisen kaksipisteiseksi toleranssiksi. Tämän avulla voidaan suorittaa toleranssianalyysi, muttei määrittää toleranssia johdonmukaisesti ilman Monte Carlo -simulaatiota ja komplekseja tulkinta strategioita. (Armillotta 2022, 1.)

4 Kiinnittimien suunnittelu

4.1 Hitsauskiinnitin

Kiinnitin on rakenne, joka kiinnitetään työväliseen työstöalueelle paikoittamaan aihion tai rakenteen orientaatiota paremmin tai jäykemmin suhteessa työväliseen. Kiinnitin voi myös olla rakenteen eri osien paikoittamiseen suhteessa toisiinsa, jotta näiden työstäminen tai paikoittaminen olisi valmistajalle nopeampaa ja varmempaa, kapeammalla hajonnalla geometrian mitoituksien suhteen. (Venkataraman 2015, 21; Nee, Tao & Kumar. 2004, 1.)

Toisin kuin koneistukseen käytettävät kiinnittimet, hitsauskiinnittimen rakennetta ei yleensä tarvitse suunnitella kestämään raskaita leikkauksesta aiheutuvia voimia tai kiinnityksestä aiheutuvia voimia, vaan pikemminkin tuoterakenne osien paikoittamiseen dokumentoinnin nimellismittojen ja -muotojen mukaisesti, sekä vähentämään hitsauksen aiheuttamia rakenteen vääristymiä. (Venkataraman 2015, 70.)

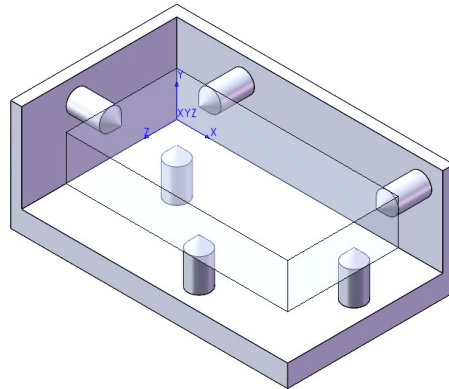
4.2 Oikeinkäytön varmistus

Jigejä ja kiinnittimiä suunniteltaessa on pidettävä mielessä se, että tällaisella apuvälineellä pyritään vähentämään tuotteen kokonaiskustannusta valmistuksen puolesta sekä parantamaan tuottavuutta. Kiinnittimen suunnittelu kannattaa kohdentaa keskiverto taitoluokan henkilöstöön, siten että sen käyttö olisi mahdollisimman yksiselitteistä. (Venkataraman 2015, 26.)

Erytisesti kohdistimien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota siihen että, minimoidaan tuoterakenne osan väärin asemoinnin mahdollisuuksia, tämä korostuu varsinkin epäsymmetrisissä osissa. Yksiselitteisesti ilmaistuna jigin tulee olla lähes sellainen, että jopa asiasta tietämätön osaa tätä käyttää oikein. (Venkataraman 2015, 26.)

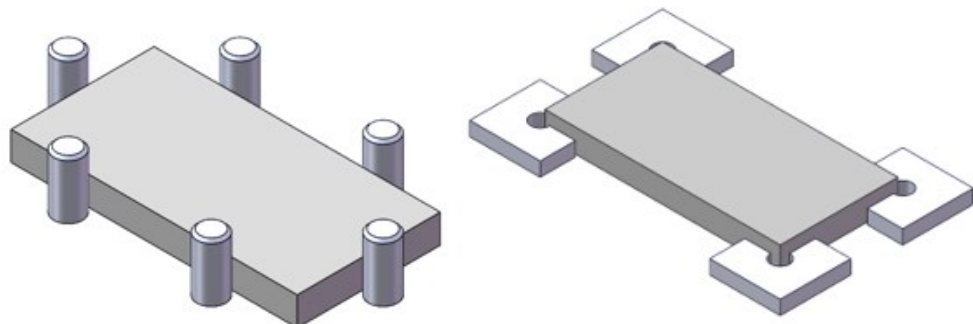
4.3 Paikoittaminen

Kiinnittimessä osien paikoittamisen perusta liittyy vapausasteiden lukitsemiseen, siten että kappaleella ei ole varaa liikkua sellaisissa suunnissa, jotka voisivat aiheuttaa liikaa hajontaa suhteessa vaadittuihin nimellisiin mittoihin ja näiden toleranssirajoihin. Tästä hyvä esimerkki on Neen ym. mukaan 3–2–1 -säätö tai Venkataraman mukaan 6 pisteen paikoitus -säätö, jossa suorakaitteen muotoinen kappale XYZ -koordinaatistossa tuetaan kolmella mahdollisimman kaukana toisistaan olevalla pisteellä pohjasta estämään Y -akselin translaation negatiiviseen suuntaan, sekä kiertyminen X ja Z -akselin ympäri, kahdesta pisteestä takaa, joka estää Z -akselin mukaisen negatiivisen translaation, sekä Y -akselin kiertymisen ja yhdellä vasemmalta, joka estää X -akselin negatiivisen translaation kuvan 4 mukaisesti. Tällaisessa tilanteessa saadaan teoriassa lukittua kappaleen kierto kolmelta akselilta, sekä kappaleen translaatio kolmeen positiiviseen suuntaan (Venkataraman 2015, 24; Nee ym. 2004, 10.)



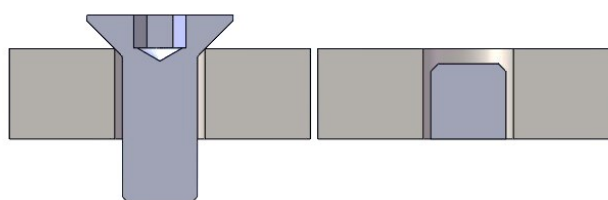
Kuva 4. 3–2–1-Sääntö havainnollistettu läpinäkyvällä suorakaide kappaleella. (Päivinen 2023)

Joissakin tapauksissa kiinnitettävän työkappaleen geometria on niin monimuotoinen, ettei sen tukeminen jigiin tai kiinnittimeen ole riittävä yhdestä tai kahdesta suunnasta, tällaisessa tapauksessa voidaan käyttää paikoitinta, joka luokitellaan kuin kehdon geometrian ympärille tai uran, joka myötäilee kappaleen muotoa, kuten kuvassa 5. Vaihtoehtoisesti sen sijaan, että luotaisiin täysi tuenta ympäri koko kappaletta, voidaan myös turvautua osittaiseen paikoitukseen, jos se nähdään riittäväksi. (Venkataraman 2015, 30.)



Kuva 5. Havainnollistus kehtotyyppisestä paikoittamisesta. (Päivinen 2023)

Mikäli kappaletta paikoittaessa ilmenee tarvetta kiinnityksiin sylinterimäisistä rei'istä, paikoittamiseen on suositeltavaa käyttää joko sylinterimäistä paikoitinta tai kartiomaista paikoitinta kuvan 6 mukaisesti. sylinterimäinen paikoittaja on yleensä pyörötankoleike, joka sijoitetaan reikään siten että sen seinämät kohdistavat kappaleen reiän seinämien mukaan. Tällainen paikoitus vaatii kuitenkin usein enemmän välystä paikoittimen ja kappaleen välillä, toisin kuin näistä usein parempi vaihtoehto voi olla kartiomainen kiinnitys. (Dwivedi 2022.)

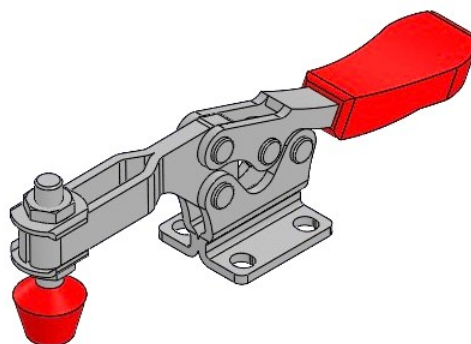


Kuva 6. Vasemmalla keskittävä kiinnitys DIN 7991 -pultilla, oikealla pyörötankoleikkeellä. (Päivinen 2023)

Kartiomainen kiinnitin paikoittaa kappaleen sen reiän sylinteri pinnan reunasta tällainen paikoitustapa sallii valmistusprosessissa aiheutuvaa reiän halkaisijan hajontaa paremmin, ilman negatiivista vaikutusta osan paikoittamisen tarkkuuden suhteen. Kartiomaista paikoitukseksi voidaan pitää esimerkiksi senkkikan-taista pulttia, jonka avulla voidaan toteuttaa kappaleen paikoilleen lukitseminen, kiristämällä pultti kappaleesta olevasta reiästä läpi kiinnittimen kierrereikään. (Dwivedi 2022.)

4.4 Puristimet

Kiinnittimessä puristaessa lukitaan viimeinen vapausaste, joka estää kappaleen poistamisen yleensä asetus suunnasta työstön ajaksi. Puristimen täytyy olla riittävän jäykkä, sekä voimakas, että se kykenee pitämään kappaleen paikoillaan koko operaation ajan, esimerkki jigeissä käytettävistä puristimista kuvassa 7. Puristin osan käyttö on suunniteltava purkamisen ja asettamisen kannalta mahdollisimman nopeaksi käyttää, tällä voidaan vähentää isoissa tuotantoerissä huomattavasti asetusajoja ja tätä myöten valmistuskustannuksia. (Venkataraman 2015, 33.)



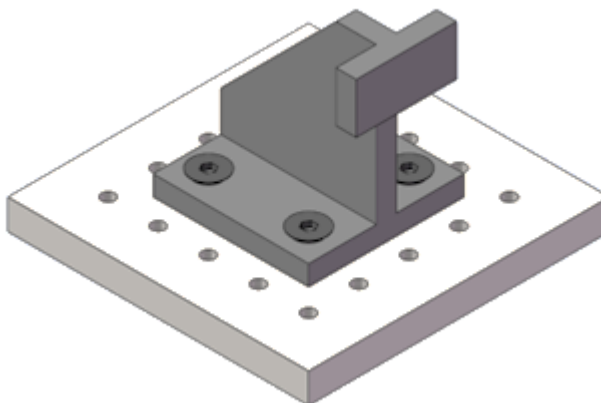
Kuva 7. Puristamiseen valmis komponentti Destaco 225-U varsipuristin. (Päivinen 2023)

Kun kappaleeseen on mahdollista kohdistua huomattavasti tärinää, on pidettävä huolta siitä, että puristin on riittävän jäykkä, eikä pääse löystymään. Lisäksi on myös huomioitava, ettei puristin saa olla suunniteltu siten, että se vahingoittaisi itse tuotetta. (Venkataraman 2015, 33.)

4.5 Modulaarisuus

Kiinteät jigit eivät välttämättä ole ideaaleja tilanteissa, joissa kappaleiden koot, muodot tai jopa työkappaleet voivat vaihdella, parempana vaihtoehtona voitaisiin käyttää kuvan 8 mukaista ratkaisua. Erityisesti sellaisessa tilanteissa, kun

valmistustyö sisältää runkojen hitsaamista ja tilanteissa, joissa kokoonpano vaatii verrannollisesti vähemmän puristusvoimia kappaleiden välillä. (Venkataraman 2015, 71.)



Kuva 8. Modulaarinen kiinnitin, reikäjoukkolisessa levyssä. (Päivinen 2023)

Modulaarisuutta kannattaa käyttää tilanteissa, joissa tuotteen kompleksisuus vaatii jigirakenteelta joustavuutta ja samalla tarkkuutta, sillä mahdollisuus kiinnittin osien irrottamiseen lisää myös huomattavasti mahdollisuuksia erilaisiin kiinnittin ratkaisuihin (Nee ym. 2004, 13). Pienien erien (2–2000 kpl) ja/tai prototyyppien valmistamiseen on myös suotavaa käyttää modulaarisia kiinnittimiä, mikäli valmistettavat tuotteet vaihtelevat (Venkataraman 2015, 71).

5 Toteutus

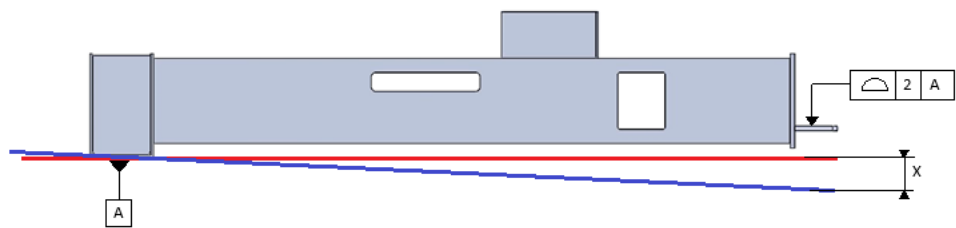
5.1 Lähtötilanteen selvitys

5.1.1 CAD-mallin tulkitseminen

Toimeksiannon työn aloitin perehtymällä tuotteen teknisiin piirustuksiin huolellisesti MBD-mallin sijaan, sillä kyseisestä tuotteesta ei ollut ISO SFS-EN 16792 -standardin mukaista mallia saatavilla, jonka mukaan piirustukset on tehty tai

mitoitus ei ole ollut assosiatiivinen pintojen suhteen mallia luodessa ja täten ei ole siirtynyt siirtoformaatin mukana. Mallia kokeilin avata Solidworksilla, sekä Creolla, kummassakaan ei valmistusinformaatio tullut näkyviin, eikä tätä löytynyt myöskään mallin ominaisuuspuussa CAD-ohjelmistossa.

Selvitin ensimmäisenä tuotteen olennaisimmat piirteet kiinnittimen kannalta eli peruselementtikehyksen ja geometrysten toleranssien yhteisen vaikutuksen tuotteen kokonaisuudessa, sekä sen lisäksi määritetyt leveysmitat lukemalla tuotteen teknisiä piirustuksia. Selvittelyn isolta osin tein tulkitsemalla myös aikaisemman tuoteversion mittapöytäkirjoja ja piirtämällä erilaisia sketchejä CAD-ohjelmistossa (Kuva 9), jotka kuvastavat pahinta mahdollista skenaariota tuotteen hitsauskokoontamisessa, jossa osat ovat täydellisesti nimellismitoissaan ja muodoissaan. Tämä antoi suunnitteluun osviittaa siitä, millaisessa tarkkuudessa hitsauskiinnittimen tulee olla.



Kuva 9. Tuotteesta tehdyn havainne mallin sivuprofiili. (Päivinen 2023)

Seuraavaksi tarkastelin 3D-mallia aikaisemmalle tuoteversiolle tehdystä hitsauskiinnittimestä ja siihen liittyvää dokumentaatiota, tässä huomasin joitakin piirteitä, joissa voisi olla ongelman syy sille, minkä takia tuoterakenteen osat eivät toteudu niille määritettyjen toleranssien rajoihin. Johtopäätöksien myötä olin yhteydessä yrityksen laatutiimiin, jonka kanssa sovimme vanhan kiinnittimen mittaamisesta.

5.1.2 Vanhan kiinnittimen mittaaminen

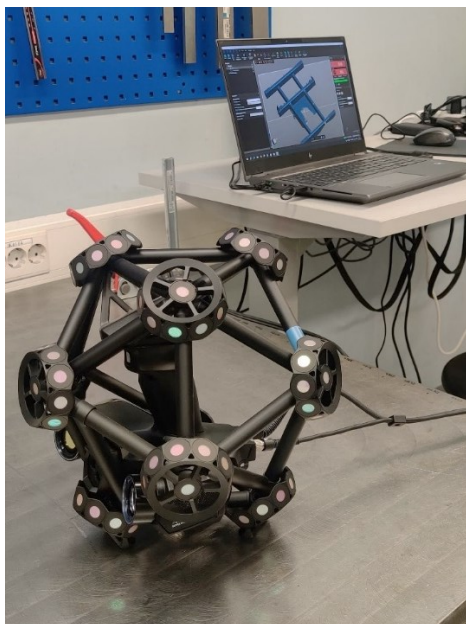
Mittaaminen tapahtui käyttäen MetraScan -mittalaitetta, joka on optinen koordinaattimittakone. Mittaus suoritettiin yrityksen mittahuoneessa (Kuva 10), sillä mittaus laitteisto sijaitsee siellä sekä huone on erityisesti suunniteltu valaistuksen, että lämpötilan puolesta idylliseksi mittauksien suorittamiseen. Työvaihe aloitettiin putsaamalla jigin pinnat irtoliasta, jotka saattaisivat näkyä 3D -skannauksesta saadussa mallissa pintavirheinä. Tämän jälkeen jatkettiin asettamalla target -palat mittauslaitteen optiikan näköalueelle mitattavan rakenteen päällispintaan kameran suuntaan, näiden avulla mittalaite kykenee havaitsemaan kappaleen sijainnin sekä korjaamaan sijaintia tarvittaessa, mikäli mitattava kappale pääsee liikkumaan alkuperäiseltä paikoiltaan jostakin syystä. Seuraavaksi asetettiin laitteistolle mittaukseen sopivat parametrit valotuksen, sekä resoluution osalta, jonka jälkeen mittaus aloitettiin käsikäyttöisellä skannerilla.



Kuva 10. Targetit asetettuna jigin päällispintaan, kohti optiikkaa. (Päivinen 2023)

Kun kappale saatiin mitattua kokonaan, skannerin sovellus luo mittapisteistä pistepilven tietokoneelle (Kuva 11), josta ohjelma sitten automaattisesti loi pisteitä yhdistämällä 3D-mallin. Mitattu malli tuotiin Polyworks -sovellukseen natiivin 3D-mallin päälle Bestfit -optiolla, joka sovittaa mallit päällekkäin parhaiten yhtenevien pintojen mukaan. Tämän jälkeen luotiin taso tuotteen alapinnan vastinpintaan kiinnittimessä ja määritettiin tähän tuotteen mukainen peruselementti,

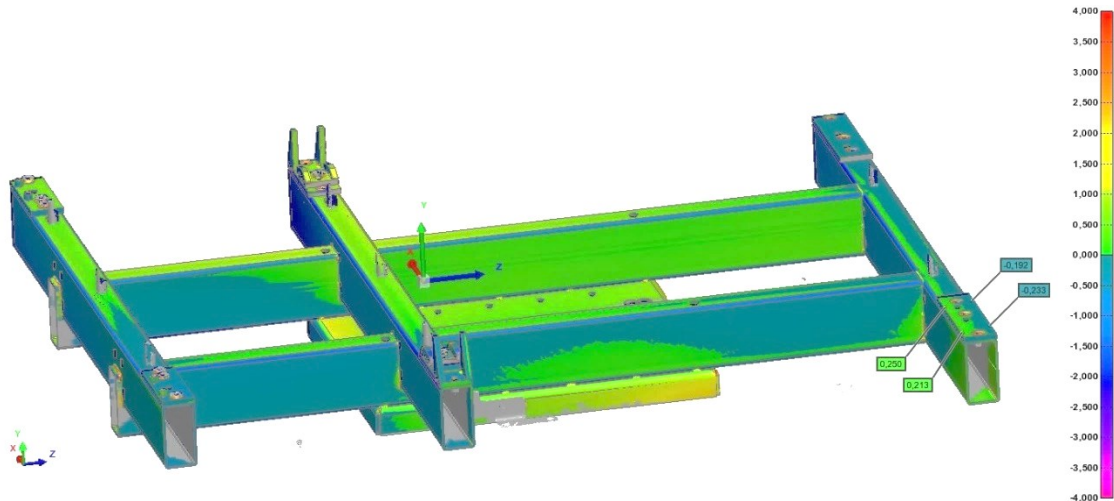
tämän mukaan mittasimme kiinnittimen piirteitä suoraan peilaten tuotteen dokumentaatiosta.



Kuva 11. Creaformin Metrascan 3D -skanneri ja taustalla mitattu 3D -pistepilvi tietokoneen näytöllä. (Päivinen 2023)

Nopealla tulkinnalla huomattiin, että tuotteen toisen pään paikoittava osa kiinnittimessä poikkeaa toleranssin suurimmasta sallimasta paikastaan 24 mm eli nimellispaikastaan noin 12 mm ”Liite 1”. Tämä on todella paljon suhteessa siihen, että tuotteessa vastaavan piirteen sallittu toleranssi oli 2 mm. Mittaheitto ei oletettavasti johtunut osan paikoituksesta itsessään, vaan tässä oli tehtävä syvempiä johtopäätöksiä, sillä osan paikoitus oli tehty kuitenkin dokumentaation mukaisesti.

Hetken pohtimisen jälkeen ainakin osa syytä löytyi jigin toisesta päästä, tuotteen peruselementti paikasta peilatusta pinnasta, joka on 60 x 120 RHS -palkin 60 mm pitkä sivu, tämän on oletettu olevan riittävä suora jigirakenteelle, mutta skannausten mittauksessa ilmeni, että heittoa kaltevuudessa seuraavaan kohtisuoraan pintaan verraten lähes 0,5 mm (Kuva 12), joka skaalautuu noin 1500 mm päässä suorasta pinnasta jo noin 6 mm.

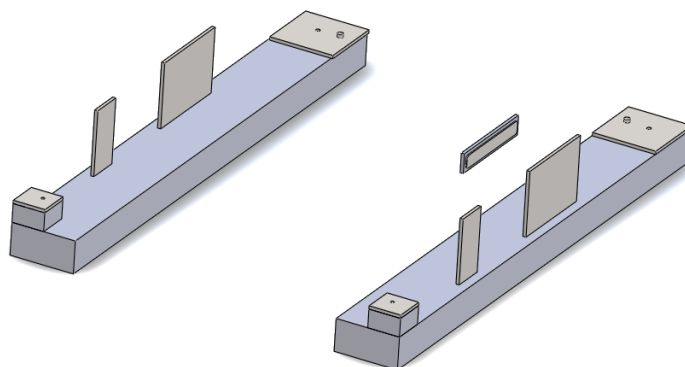


Kuva 12. Aikaisemman kiinnittimen mittaus Polyworks -ohjelmistolla.
(Päivinen 2023)

Lisäksi laatutiimin kanssa tutkittiin asiakkaalle valmistetun tuotteen mittapöytäkirjoja, josta huomattiin joidenkin levyosien kohdistusnatsojen aiheuttavan ongelmia jigissä tuotetta valmistaessa. Kun rakenne valmistetaan jigissä ja kappaleessa on särmäysheittoja, tämä poikkeama jää kiinni koko tuotteen matkalle ja näin ollen ei läpäise kaikkia määritettyjä mittavaatimuksia.

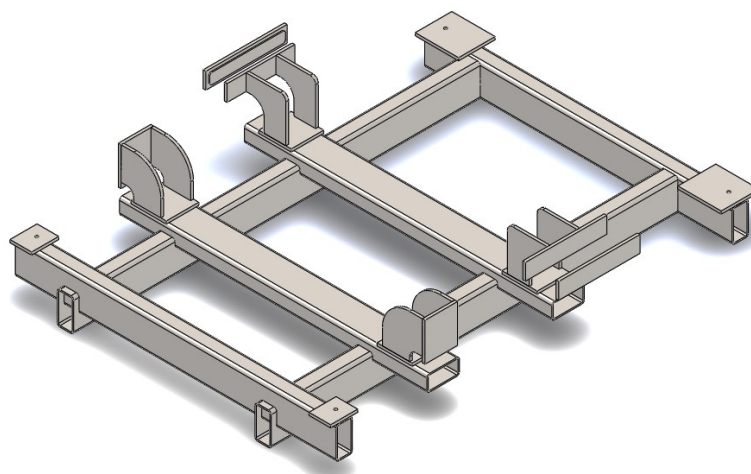
5.2 Suunnittelu

Suunnittelemisen aloitin suoraan Solidworks CAD -ohjelmistolla kuvan 13 mukaisesti käyttäen hyödykseni mittauksista saatua mittadataa, sekä peilaten tuotteen dokumentoinnin GD&T-määritteitä. CAD-ohjelmistossa loin pinnat, jotka kohdistavat peruselementeiksi määritetyt paikat 3D-avaruuteen.



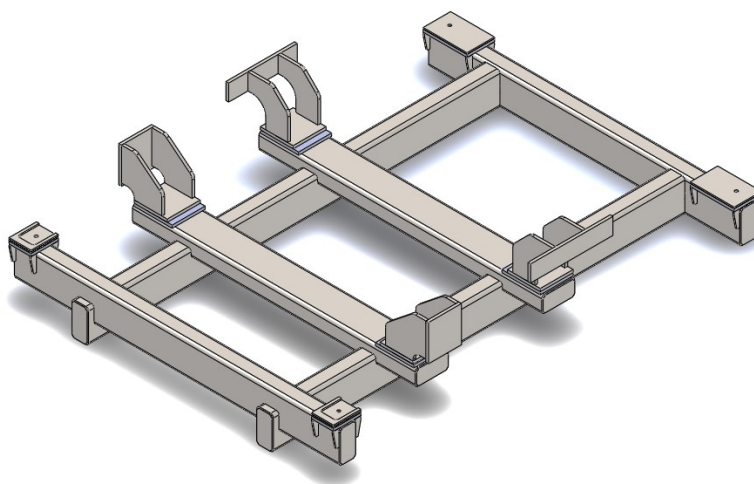
Kuva 13. Karkea 3D-luonnos paikoittimista, sekä kiinnittimen perusrungosta. (Päivinen 2023)

Tämän jälkeen etenin mallinnuksessa ajatellen sitä, miten saadaan tarvittavat pinnat tuettua valituille paikoilleen siten, että tuote on helposti rakennettavissa jigiin osa osalta kuvassa 14. Mutta myös irrotettavissa kokonaisuutena, sellaisilla profiileilla ja levyleikegeometrioilla, joita voisi olla saatavilla kohtuudella alihankijoilta tai omasta tuotannosta.



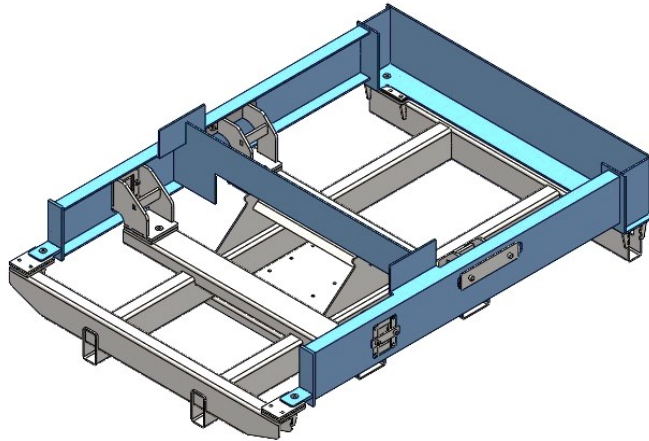
Kuva 14. Malliin suunniteltu RHS-perusrunko, johon kiinnittimien tuennat asetetaan. (Päivinen 2023)

Kun aloin saamaan kiinnittimen perusrakenteen ajatuksesta kiinni, aloitin suunnittelemaan rakenteeseen modulaarisuutta, mikäli tuotteen rakenne tulisi muuttamaan tulevaisuudessa ja sen takia, että tuote olisi irrotettavissa kiinnittimestä mahdollisimman vaivattomasti. Aloin myös pohtimaan kuvan 15 mukaisesti valmistustapoja tarkemmin tässä vaiheessa jiggin ja tuotteen kannalta jigissä, sekä sitä kuinka saisin kiinnittimen väärinkäyttö minimoitua.



Kuva 15. Kuvassa lisätty koneistettavat levyosat moduulien alle. (Päivinen 2023)

Suunnittelin perusrunkoon levyt, jotka sallivat kiinnittimien vaihdon tarvittaessa, sekä riittävä koneistusvara, mikäli hitsatun rakenteen tasomaisuus ei valmistuksessa ole riittävä. Kuvassa 16 suunnittelin puristimet kiinnittimille, jonka väliin tuotteenkylkilevyt puristetaan DIN912 M10 pultteilla käyttäen pulttikonetta. Vastinkierteinä toimii paljon aukaistavilla ja kiinnitettävillä liitoksilla DIN929 M10 mutterit. Pulttiliitokset suunnittelin ympäriinsä siten, että työkalun vaihdoille ei ole tarvetta jiggin tuotteen osia asettaessa tai pois ottaessa. Jigin huoltoon liittyvät pulttiliitokset valitsin erikokoisiksi, sekä kierrerei'llä.



Kuva 16. Valmis kiinnitin tuotteen kanssa. (Päivinen 2023)

Hitsauskiinnittimeen mallinsin myös pyörityspöydän kiinnityksen, osien paikoi-
tukset, huoltoaukot, lisätty hitsauksen ulottuvuuteen tilaa, tarvittaessa jopa robo-
tille asti ja kiinnittimet mahdollisuuksien mukaan muokattu symmetrisiksi. Lisä-
sin myös kiinnittimeen koneistettavien levyosien vahvikkeiksi tukia, jotta osat ei-
vät koneistaessa pääse muuttamaan muotoaan, työstökoneen tasolle kiinnittä-
misen vuoksi tai itse työstötapahtuman vuoksi.

5.3 Tekniset piirustukset

Kun hitsauskiinnittimen olin todennut mallintamisen puolelta toistaiseksi valmiiksi, aloitin teknisendokumentaation valmistamisen. Tämän aloitin ylimmästä kokoonpanotasosta ja etenin kuvan valmistuessa kokoonpano hierarkiassa aina alaspäin. Teknisiä kuvia valmistaessa kiinnitin vielä viimeisen kerran huomiota kiinnittimen yksityiskohtiin ja muutin näitä mallin puolelta tarvittaessa ”Liitteet 2 - 5”.

Hitsauksien osalta näin järkeväksi toteuttaa hitsatut kiinnitin kokoonpanot mahdollisimman vähäisillä hitsisaumoilla ja/tai pätkäsaumoilla, jotta välttyttäisiin hitsausvääristymiltä. Koneistuksien osalta tarvittiin tasopintojen plaanaus kolmelle erilaiselle kokoonpanolle yhteensä viidelle osalle, sekä reikien tekeminen keskimmäisten kiinnitin moduuleiden alle perusrunkoon. Geometrisiä toleransseja käytettiin lähinnä lisähavainnointiin koneistuksien osalta, sillä rakenteet suunniteltiin siten, että hitsaajalla on hieman enemmän varaa paikoittamisessa, käsihitsauksen ollessa kuitenkin huomattavasti epätarkempaa kuin pystykara jyrsiminen.

5.4 Toiminnanohjaus

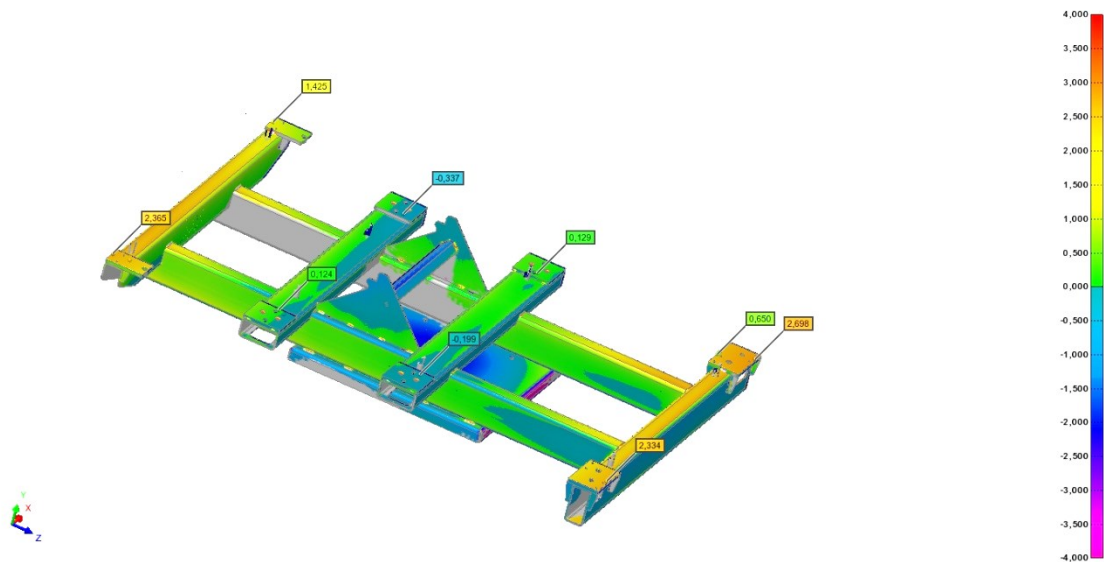
Toiminnanohjausjärjestelmään luotiin hitsauskiinnittimestä täysi tuoterakenne, missä materiaalirivit ovat kokoonpanon mukaisessa hierarkkisessa järjestyksessä. Toiminnanohjausjärjestelmään lisättiin jokaiselle tuotteen osalle työvaiheet, niiden oikeassa järjestyksessä, sekä jokaiselle osalle omat tekniset piirustuksensa. Tuoterakenteen valmistuttua luotiin kiinnittimestä työkortti, odotta-
maan osto-osien tilausvahvistusta.

Kun osto-osien tilausvahvistus saapui, ajoitin työn osien saapumisen ajankohdan mukaan. Toimittajalta saapuvat putkilaserleikkeet ovat työn ajoituksen kanalta määräävä tekijä ja muut työvaiheet ajoittuvan sen mukaan, näin ollen välttyään valmistusosien ylimääräiseltä välivarastoinnilta. Tässä vaiheessa loin

myös työkortin tuotantoon itse tuotteesta, että sen valmistaminen hitsaamisen osalta voitaisiin testata uudessa kiinnittimessä.

5.5 Todentaminen

Kun hitsauskiinnittimen runko ja moduulit saatiin hitsattua kasaan, vietiin nämä kuormalavalla mittahuoneeseen. Mittahuoneessa suoritimme laatutiimin kanssa jälleen 3D-skannauksen kappaleille samalla tavalla, kuin aikaisemmin vanhalla hitsauskiinnittimelle. Skannaukset tuotiin jälleen Polyworks -ohjelmistoon, jossa vertasimme näitä CAD-ohjelmistolla luotuihin 3D-malleihin kuvan 17 mukaisesti. Näistä voitiin todeta hitsauskokoontalon onnistuneen melko hyvin, ei kuitenkaan niin tarkkaan, että koneistamiselta vältyttäisiin.



Kuva 17. Polyworks-ohjelmistossa piirteiden sijainnin mittaaminen. (Päivinen 2023)

Koneistukselle etukäteen laadittu 4 mm koneistusvara perusrungon tasopinoilla voitiin kuitenkin todeta skannauksen perusteella riittäväksi, suurimman mittapoikkeaman ollessa noin 2,7 mm kyseisillä tasoilla. Tämä poikkeama tulee pidempien RHS-palkkien suoruuden poikkeamasta, hitsajaan mukaan palkkien suoruus heitti noin 3 mm suoralla pöydällä palkin keskeltä mitattuna.

5.6 Koneistaminen

Hitsauskiinnittimen mahdollisesta jatkokäsittelystä aloin keskustelemaan hankintapäällikön kanssa heti suunnitelmien valmistuttua, jotta saataisiin kiinnittimen valmistusprosessi kulkemaan mahdollisimman jouhevasti ilman katkoksia tai päällekkäisyyksiä. Nopean etsinnän jälkeen löysimme kiinnittimen koneistukseen sopivan toimittajan, toimittajalta tiedustelimme sopivan ajankohdan koneistukselle, sekä hinnan.

Koneistuksen toimittajan kanssa käytiin vielä erikseen tarkentavaa keskustelua sähköpostilla, siitä mitä koneistukselta halutaan. Piirustukset olivat pääosin toimittajalle kyllin ymmärrettävät, ja halutut piirteet voitiin valmistaa heidän mukaansa. Kuitenkin yksi toleranssi osoittautui tässä vaiheessa vielä koneistajan mukaan epämääräisen tarkaksi, tämä muutettiin kuviin 0,1 millimetristä 0,5 millimetriin.

Kiinnittintä valmistaessa hitsauskoordinaattorin ehdotuksesta tehtiin vielä rakenteelle muutos liittyen kiinnittimen huollettavuuteen. Hitsausmutterit muutettiin erilliseen vaihdettavaan levyyn, jotka asettuvat RHS-palkkien sisään. Muutos aiheutti koneistuksen tasopintojen oikaisun lisäksi koneistukseen reikien, sekä senkkauksien valmistamisen. Muutoksesta tehtiin uusi piirros revisiolla B, jonka mukaan koneistuksen toimittajalta kysyin päivitetyn hinnan, sekä toimitusajan. Hitsauskiinnittimen todentamisen valmistuttua vein kokoonpanon yrityksen lähettämöön, jossa lähettämötyöntekijät toimittivat kiinnittimen ostotilausta vastaan koneistaja yritykselle.

6 Tulokset

6.1 Mallipohjaisen tuotemäärittelyn kartoitus

MBD:n käyttöä kartoitin suunnittelussa ajatellen siirtymää tiedonhallinta tasolta 2, tasolle 3, etsien mahdollisia hyötyjä tai kompastuskiviä kokeilemalla erillisiä

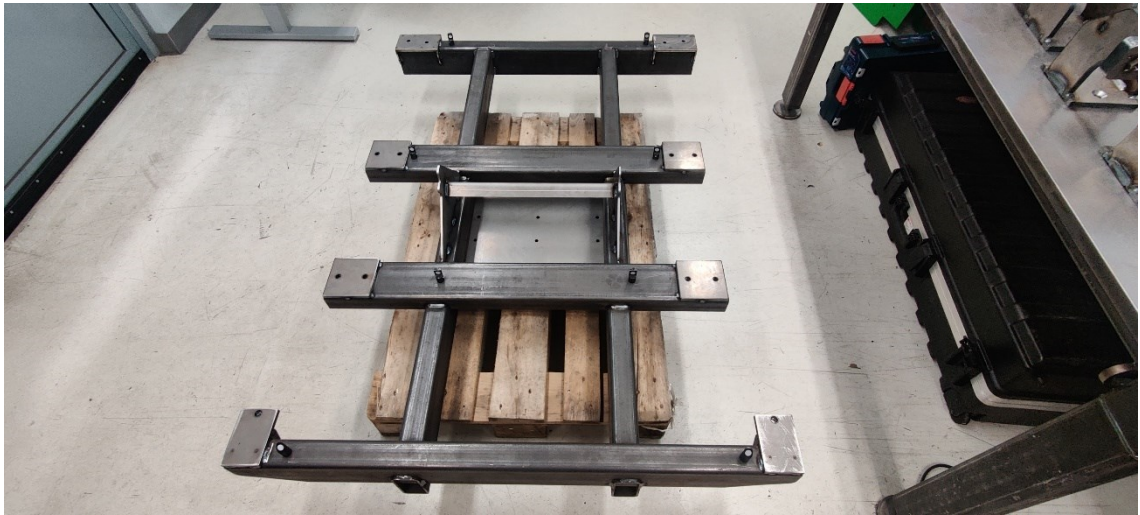
aihepiirin asioita. Suoraviivaista mahdollisuutta ei ollut uuden suunnitteluprosessin kokeiluun muutostöiden laajuuden, sekä ylimääräisten kustannusten vuoksi. Toimeksiannon lopputulemana päädyin johtopäätökseen, ettei yrityksen tämänhetkinen suunnitteluohjelmisto ole riittävän joustava MBD-toimintamallin käyttöönottoon.

MBD:n käyttö virtaviivaistaisi jonkin verran jigisuunnittelu prosessia, sillä ylimääräiseltä dokumenttien välillä hyppimiseltä vältyttäisiin, kun mallin geometriset piirteet voidaan suoraan peilata kiinnittimeen CAD-ohjelmistossa. Tämä kuitenkin vaatisi yrityksen ensisijaiseen suunnitteluohjelmistoon MBD moduulin hankinnan. Solidworks itsessään ilman moduulia ei kykene esittämään MBD-mallien annotaatioita, eikä kykene tuottamaan ISO SFS-EN 16792 -standardin mukaisia malleja. Kiinnittimen suunnittelun osalta olisi olennaista, että mallit ovat CAD-ohjelmistossa luettavissa myös sen takia, että joissain tapauksissa tuotteelle kiinnittimen laatiminen voi vaatia myös tuotteen muuttamista esimerkiksi kohdistusnatsojen, lasermerkkauksien tekemistä tai särmätyn osan erottamisen kahdeksi osaksi tai toisinpäin.

Itse toiminnallisten mitoituksien tulkitseminen ei suunnittelussa osoittautunut varsinaisesti mahdottomaksi, sillä CAD-ohjelmistoissa mittaaminen onnistuu myös erilaisia mittatyökaluja käyttäen, sekä hahmottelemalla. Tämä ei kuitenkaan ole kovin tehokasta, yksiselitteistä tai johdonmukaista moniosaisissa kokoonpanoissa, joissa toiminnalliset piirteet ovat useamman itsenäisen osan perässä. Johdonmukaiseksi suunnitellessa tuotteen huonoin mahdollinen kokoonpano täytyisi selvittää, jotta voidaan kiinnittimen suunnittelussa rajoittaa olennaisten piirteiden vapausasteet mahdollisimman lähelle niiden nimellisiä paikkoja, suunnittelussa voisi olla tämän takia apuna jokin työkalu visualisoimaan huointa mahdollista kokoonpanoa kolmessa ulottuvuudessa. Tästä olisi apua myös itse kiinnittimen toleranssien suunnittelussa, sillä joissakin tapauksissa kiinnitintä ei voida suunnitella siten että sen toleranssiketjut kulkisivat yhteen suuntaan toisiensa suhteen.

6.2 Hitsauskiinnitin

Hitsauskiinnittimen suunnittelu oli lähes täysin onnistunut (Kuva 18), lukuun ottamatta matkan varrella tulleita muutosehdotuksia ja pieniä rakenteen optimointiseikkoja. Kiinnitin saatiin valmistettua muutamassa työpäivässä, rakenteen hitsauskokoontamiseksi valmistettaessa ei ilmennyt suurempia ongelmia, muutoin kuin putkilaserleikkeiden välysten osalta.



Kuva 18. Valmis hitsauskiinnitin mittahuoneessa, ilman moduuleja. (Päivinen 2023)

Putkien välkykset osoittautuivat yhteensopivuuden kannalta hieman liian tiukaksi, välkyksiksi määritin 0,1 mm ympäriinsä. Oman prosessin mukaisesti levyleikkeissä 0,1 mm on jo hieman väljä, putkia hitsaaja joutui hieman hiomaan. Välkyksien tiukkuus ei oletettavasti johdu suoraan tässä tapauksessa putkilaserin tarkkuudesta, vaan kylmämuovatus putkiprofiilin standardin sallimasta muotoileamasta, joka voi olla yllättävänkin paljon.

7 Pohdinta

Toimeksianto sujui melko hyvin MBD:n osalta, sain kartoitettua yrityksen nykytilannetta, sekä kyvykkyyden. Nykyisellään MBD:n toimintamalliin siirtyminen ei onnistu aivan tuosta vain, mutta askel kerrallaan en pidä tätä

mahdottomuutena, kunhan tiedostomallit hieman kehittyvät ja tätä myötä myös ohjelmistojen kyvykyys ottaa vastaan tarvittava informaatio. Lisäksi siinä vaiheessa voitaisiin alkaa hankkimaan tarvittavia ohjelmistomoduuleja CAD-ohjelmistoon. Ennen MBD -toimintamalliin siirtymistä en pitäisi huonona ajatuksena jonkinnäköistä koulutusta asiasta, sillä asia saattaa vaikuttaa kovin yksinkertaiselta, mutta todellisuudessa mitä enemmän aiheeseen perehtyy, sitä enemmän se aiheuttaa kysymyksiä. Aiheena mallipohjainen tuotemäärittely oli todella mielenkiintoinen ja odotan suurella mielenkiinnolla ajankohtaa, kun tällaista toimintamallia aletaan käyttämään enemmän suomalaisissa yrityksissä.

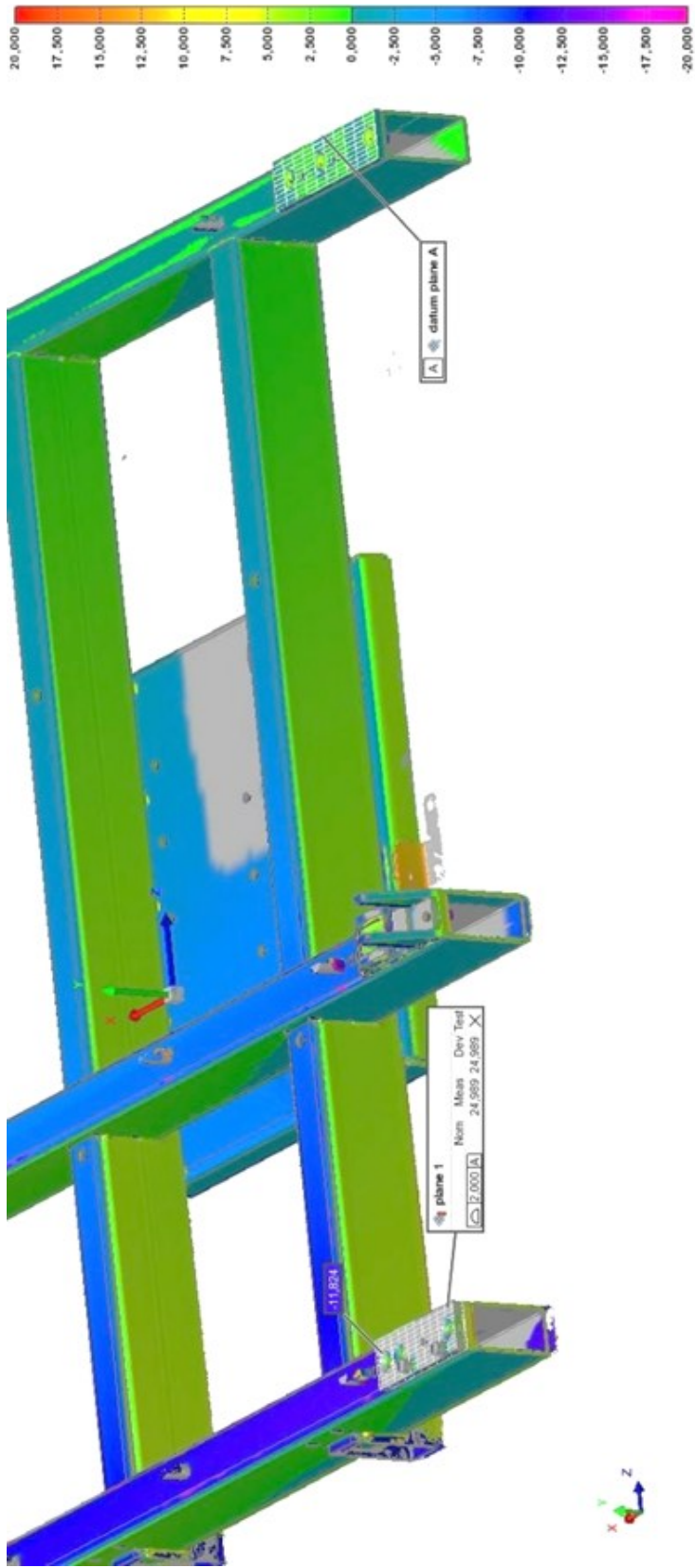
Myös hitsauskiinnittimen rakenne sekä dokumentointi onnistui mielestäni hyvin, ainoa seikka, jonka rakenteessa tekisin toisin, olisi hankkia suurempia RHS-palkkeja. Standardi nimittäin sallii kylmämuovatuille sekä kuumamuovatuille palkkeille suhteellisen väljät toleranssirajat, tämä tuli hyvin selväksi opinnäytetyötä tehdessä, kuitenkin sen suurempia ongelmia aiheuttamatta. Kiinnittimien suunnitteluun sain työn myötä hyvää lisäkokemusta, hieman eri näkökulmasta ja se varmasti auttaa jatkossakin vastaavanlaisissa suunnittelu töissä.

Kuitenkin vaikka asia on suunnittelun näkökulmasta suhteellisen yksiselkoinen, ongelmia MBD aiheuttaa valmistuksessa todentamisen puolesta, kun yrityksen tuoteskaala on verrannollisen suuri muihin vastaaviin toimijoihin. MBD:n todentamiseen potentiaalisia keinoja voisivat olla robotisoitu laadunvalvonta, sapluunat, jiggit/kiinnittimet tai erilliset piirustukset jokaiselle tuotteelle. Ei kuitenkaan ole kannattavaa valmistaa kaikille tuotteille kiinnittimiä tai jigejä, sillä uusia tuotteita tulee jatkuvasti ja vanhat tuotteet päivittyvät jatkuvasti, joten jouduttaisiin valmistamaan jigejä jatkuvalla syötöllä, tämä aiheuttaa myös ajan myötä ongelmia varastoinnin suhteen, kun ylimääräinen säilytystila on jo valmiiksi vähissä. Myöskään hitsausohjeistusta, sekä lisäpiirustuksia ei voida jokaiselle tuotteelle erikseen käsin tehdä, sillä tämä kuluttaisi aikaa aivan liian paljon ja on lisäksi jossakin määrin MBD-toimintamallilla haettavia etuja vastoin.

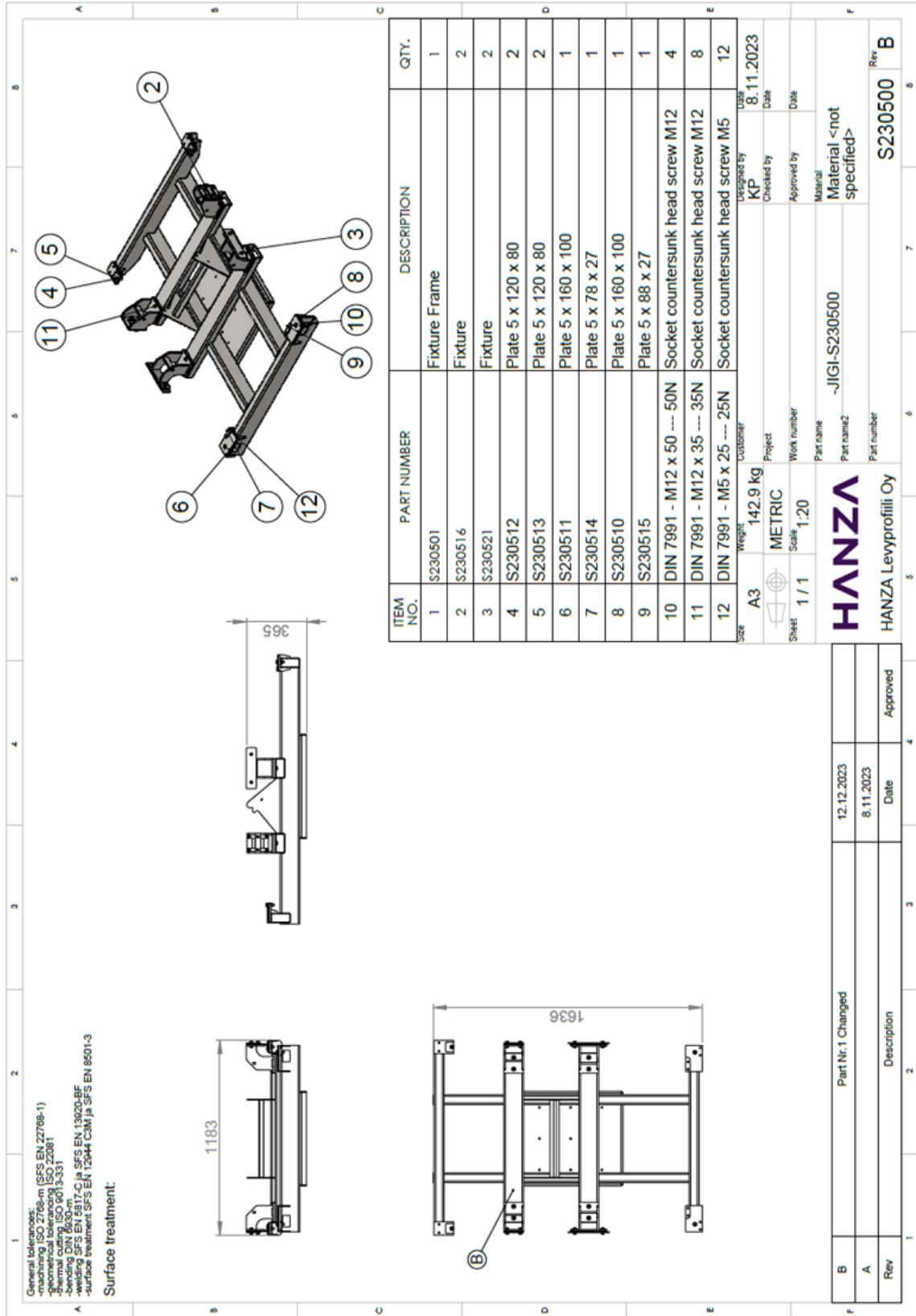
8 Lähteet

- Armiliotta, A. 2022. Allocation of geometric tolerances in one-dimensional stackup problems. *International journal of advanced manufacturing technology*, 122(3-4), 1957-1973. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09918-2>
- Dwivedi, K. 2022. Different Types of Locating Devices & Methods of Locating. *Mechical*. <https://www.mechical.com/2022/10/locating-devices.html>
- Goher, K. Shehab, E. & Al-Ashaab, A. 2020. Model-Based Definition and Enterprise: State-of-the-art and future trends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal of engineering manufacture*, 235(14), 2288-2299. <https://doi.org/10.1177/0954405420971087>
- HANZA. 2023. Tietoja meistä. <https://HANZA.com/fi/tietoja-meista/>
- HANZA Mechanics Joensuu. 2023. Tervetuloa taloon. HANZA IMS. Vain sisäiseen käyttöön.
- Henell, A. Hinkkanen, M. Kellokoski, M. Kähäri, M. Laaksonen, T. Nieminen, J. Pulkkinen, A. Rapinoja, J-P. Simons, J. & Uski, P. 2021. Opas mallipohjaisen tuotemäärittelyn (MBD) käyttöönottoon. Helsinki: METSTA. <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2021/12/MBD-opas.pdf>
- Henzold, G. 2006. *Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection: A Handbook for Geometrical Product Specification Using ISO and ASME Standards*. San Diego: Elsevier Science & Technology. ProQuest Ebook Central.
- Nee, A. Tao, Z & Kumar, A. 2004. *Advanced Treatise On Fixture Design And Planning*. Singapore: World Scientific Publishing Company.
- Ruemler, S. Zimmerman, K. Hartman, N. Hedberg, T. & Feeny, A. 2017. Promoting Model-Based Definition to Establish a Complete Product Definition. *Journal of manufacturing science and engineering*, 139(5). <https://doi.org/10.1115/1.4034625>
- Venkataraman, K. 2015. *Design of Jigs, Fixtures and Press Tools*. New York: John Wiley & Sons Ltd. ProQuest Ebook Central.

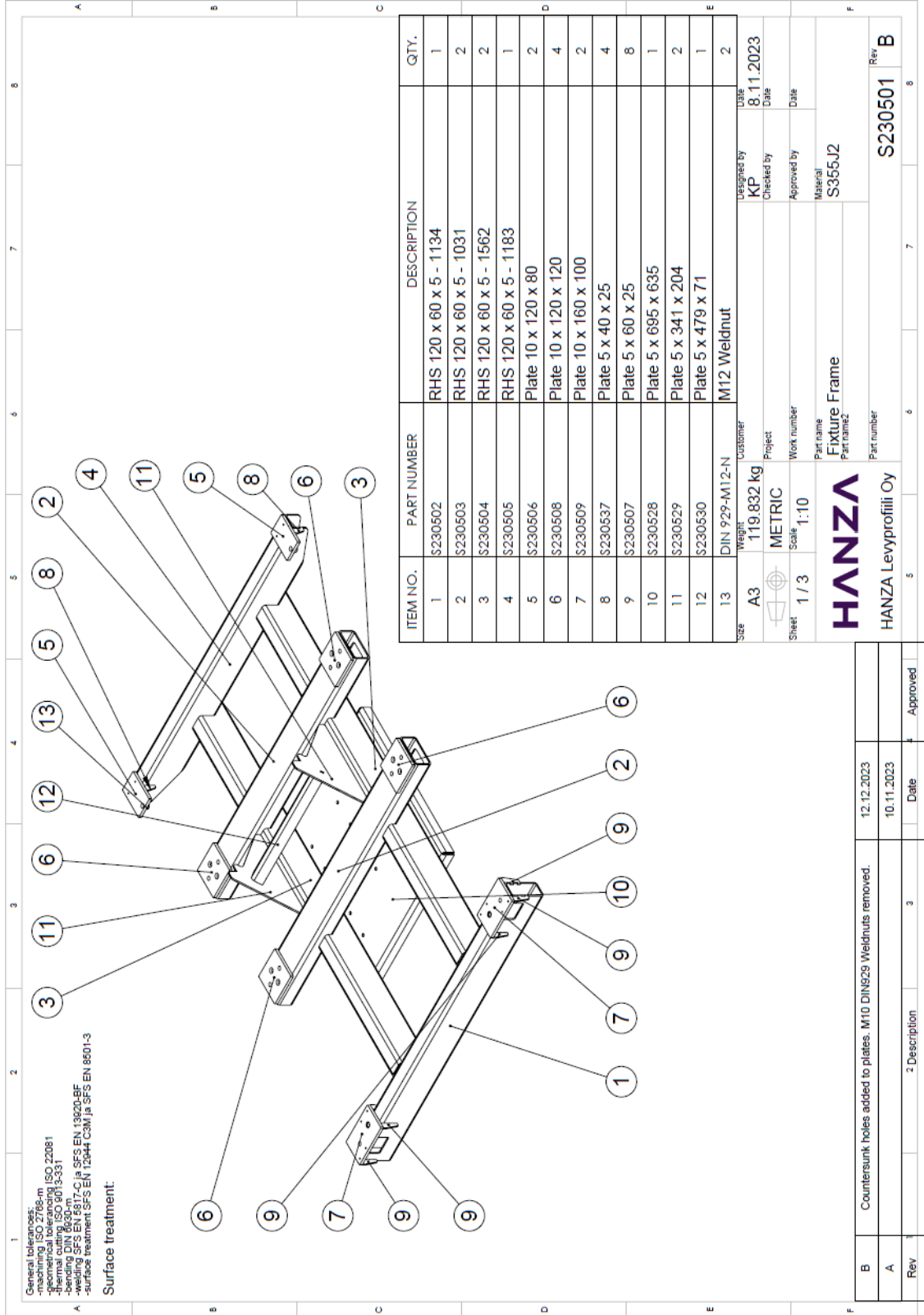
Vanhan kiinnittimen mittaus

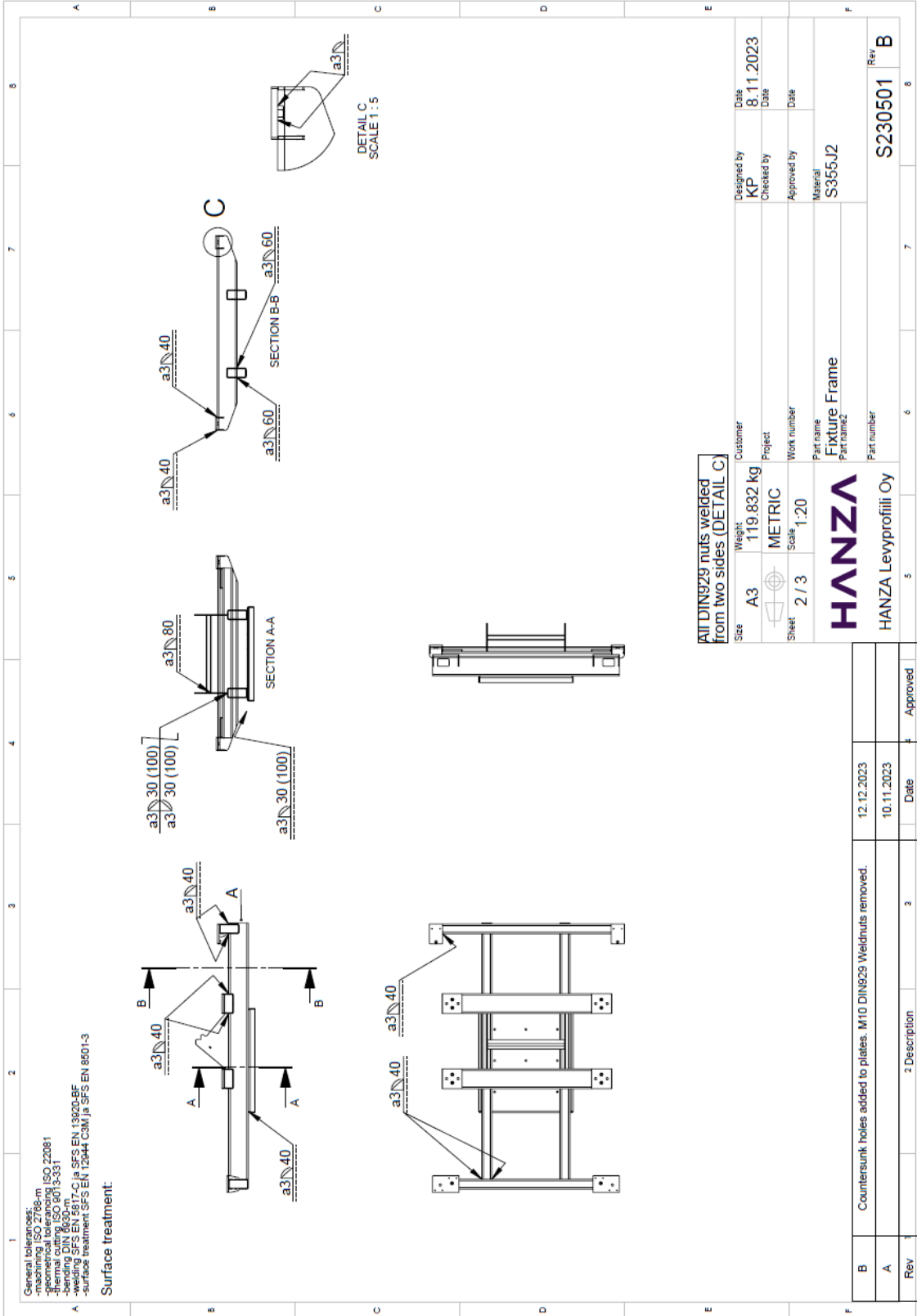


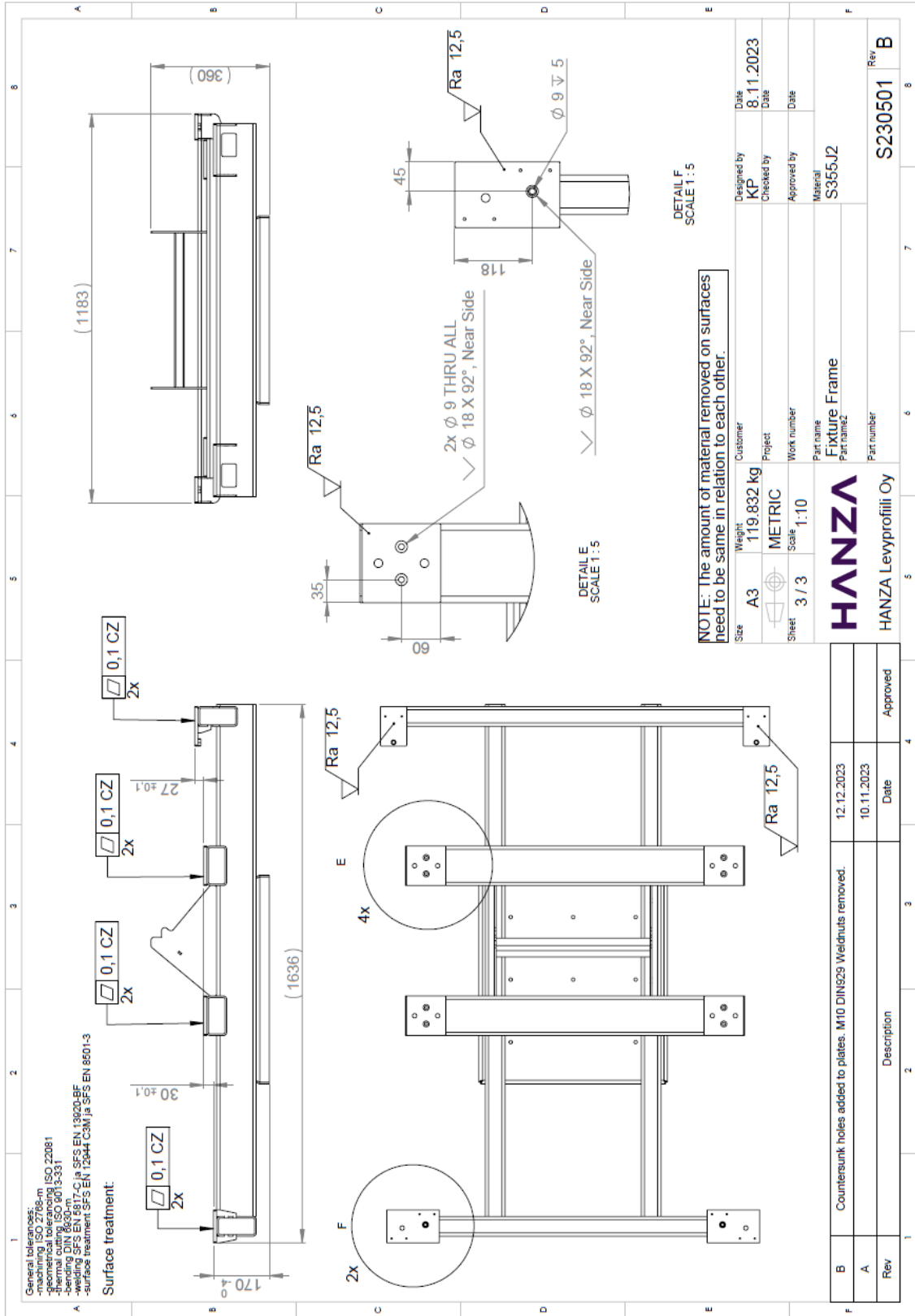
Hitsauskiinnittimen pääkoonpano.



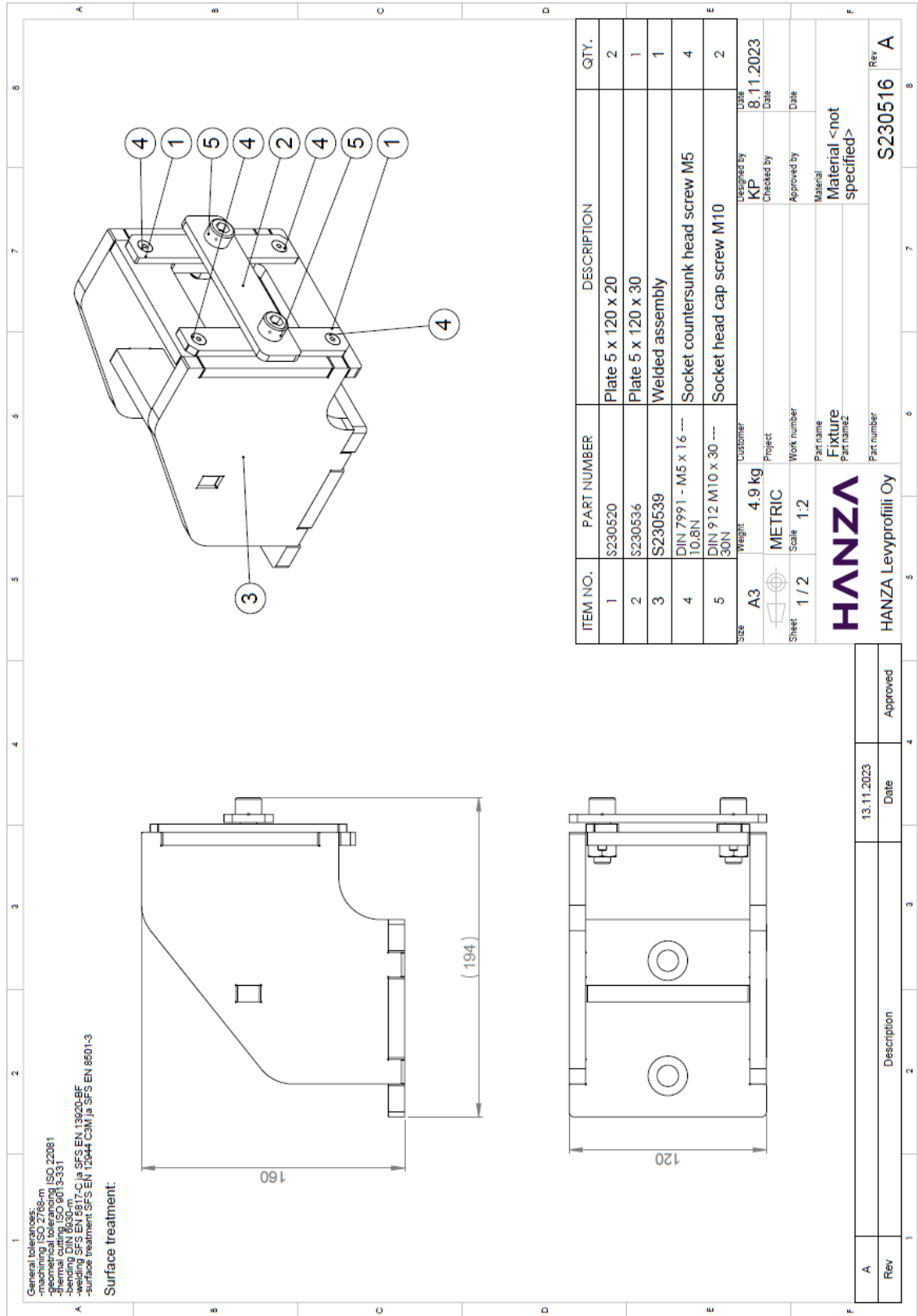
Perusrungon hitsauskoonpano

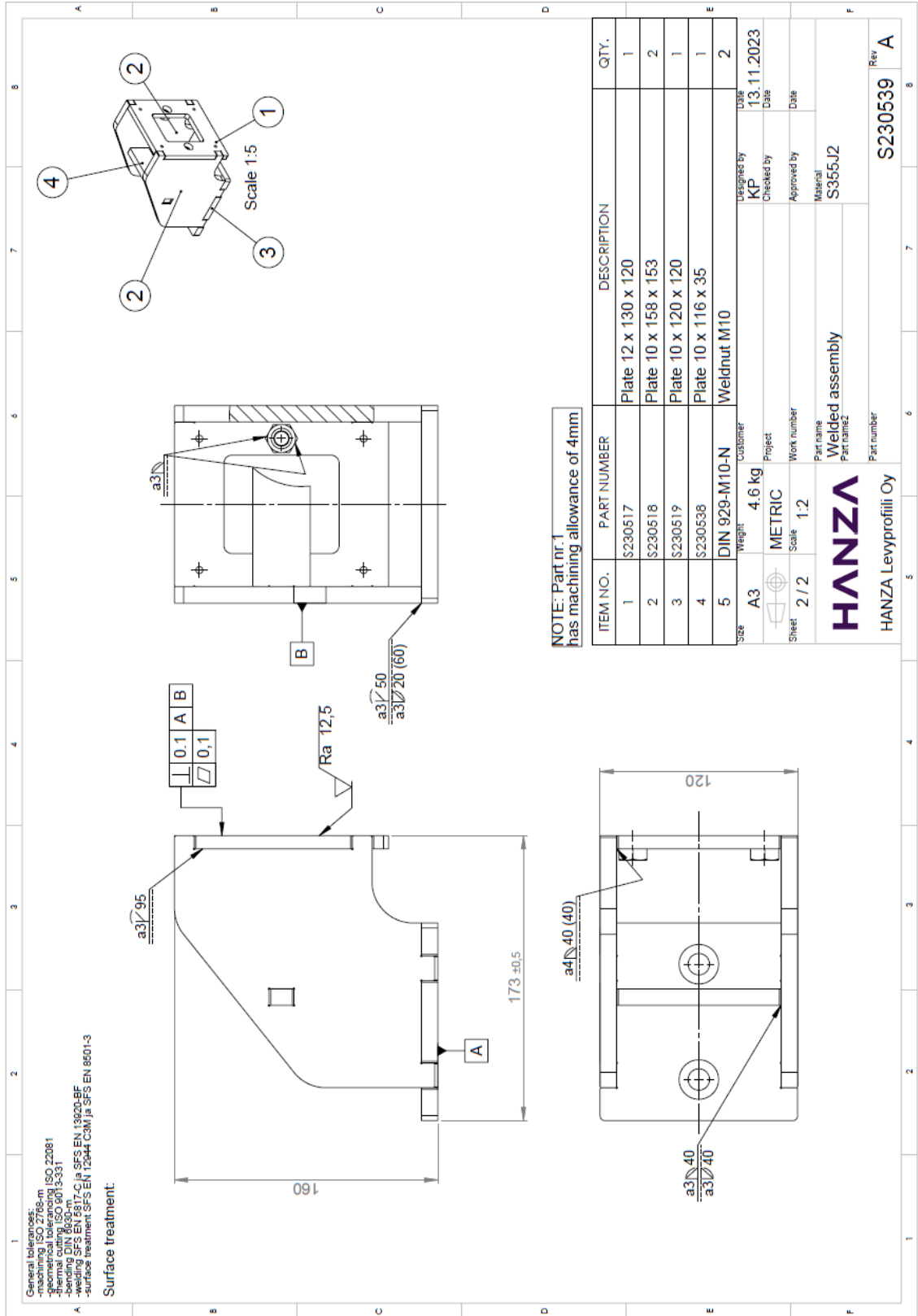






Moduulin 1 kokoonpano & hitsauskokoonpano





Moduulin 2 kokoonpano & hitsauskokoonpano

