



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

IQ-TUOTTEIDEN ASENNUS- JA TESTAUSJALUSTOJEN SUUNNITTELU

Eetu Nieminen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Konetekniikka
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

NIEMINEN, EETU:

IQ-tuotteiden asennus- ja testausjalustojen suunnittelu

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella asennus- ja testausjalustat IQ-tuotteille, joita opinnäytetyön toimeksiantaja Valmet Automation valmistaa. Tarkoituksena oli luoda valmistuskuvat sekä 3D-mallinnukset SolidWorksilla, joiden pohjalta voidaan valmistaa asennusjalustat.

Tuotannossa on ollut haasteena IQ-tuotteiden käsittely asennuksen ja testauksen aikana sekä niiden asettaminen oikeaan testauskulmaan. Tämän edellytyksenä asentajat olivat tehneet kehitysehdotuksen asennus- ja testausjalustoista, jotka parantaisivat työergonomiamia sekä laitteen käsittelyä. Kehitysehdotus toimi pohjana asennus- ja testausjalustojen suunnittelulle.

Työn suunnittelu aloitettiin selvittämällä lähtötilanne tuotannossa ja määrittämällä laitteelle halutut toiminnalliset sekä turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. Tämän jälkeen aloitettiin laitteen luonnostelu ja osien valinta. Mallinnuksia esiteltiin tasaisin väliajoin asentajille, tuotantopäällikölle sekä suunnittelijalle, joilta saaman palautteen perusteella tehtiin tarvittavia muutoksia. Tällä mahdollistettiin, että asennusjalat ovat mahdollisimman toimiva ratkaisu ja vastaavat haluttuja vaatimuksia.

Työn tärkeimpänä tuloksena saatiin suunniteltua asetetut vaatimukset täyttävät asennus- ja testausjalustat sekä luotua mallinnusten pohjalta valmistukseen tarvittavat dokumentit. Laitteelle tehtiin työssä edellä mainitun lisäksi kriittisten komponenttien ja liitosten lujustarkastelut, riskien arviointi sekä ohjeistukset liittyen laitteen käyttöön, asennukseen ja huoltoon. Luottamukselliset tiedot sekä kuvat ovat poistettu julkisesta raportista.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

NIEMINEN, EETU:
Design of Assembly and Testing Stands for IQ Products

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 7 pages
April 2018

The aim of this thesis was to design assembly and testing stands for IQ products manufactured by Valmet Automation. The purpose was to create 3D models and manufacturing drawings of the device for production purposes. The 3D modeling was made with SolidWorks.

There have been difficulties in the assembly and testing of IQ products for some time. The working positions of assemblers while assembling IQ products are uncomfortable and sometimes unsafe. Moreover, the IQ products must be kept in a certain angle during testing, which is currently difficult to achieve. For this reason, the assemblers suggested that stands should be designed for assembly and testing. This suggestion was the basis for this thesis.

The designing started by charting the current situation in production and by defining the functional and safety requirements for the assembly stand. After that, sketches of the device were made and suitable components were chosen. The designing process continued by showing the results to assemblers, production manager and chief design engineer. The sketch was edited on the basis of their feedback. This procedure ensured that the design solutions were as practical as possible.

As the most important result of the thesis, the 3D models and the documentary needed for manufacture of the device were completed. The documentary contains the manuals for installation, operating and maintenance. Furthermore, strength calculations for critical components and joints, as well as risk analysis were created. The sections containing classified information or pictures were excluded from the public version of this thesis.

Key words: design, product development, 3D modeling, assembly stand

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYS.....	8
	2.1 Valmet Oyj ja Valmet Automation.....	8
	2.2 Valmet IQ-tuotteet.....	8
3	TUOTTEEN SUUNNITTELU.....	10
	3.1 Tuotekehitysprosessi.....	10
	3.2 3D-mallinnus.....	11
4	TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	13
	4.1 Lähtötilanne tuotannossa.....	13
	4.2 Tavoitellut hyödyt ja parannukset.....	15
5	SUUNNITTELU.....	16
	5.1 Suunnitteluprosessi.....	16
	5.2 Laitteen vaatimukset.....	17
	5.2.1 Toiminnalliset vaatimukset.....	17
	5.2.2 Turvallisuussuunnittelu.....	18
6	TOTEUTUS.....	20
	6.1 Osien ja materiaalien valinta.....	20
	6.1.1 Runko.....	20
	6.1.2 Kiinnityskiekko ja kääntövarsi.....	21
	6.1.3 Laakeripesät ja akselit.....	22
	6.1.4 Ohjaus- ja suojakomponentit.....	23
	6.2 Liitokset ja lukitusmekanismit.....	24
	6.2.1 Hitsausliitokset.....	24
	6.2.2 Ruuviliitokset.....	24
	6.2.3 Lukitus.....	25
7	LUJUUSTARKASTELUT.....	27
	7.1 Liitokset.....	27
	7.1.1 Hitsausliitokset.....	27
	7.1.2 Ruuviliitokset.....	28
	7.2 Suunnitellut komponentit.....	33
8	LAITTEEN DOKUMENTOINTI.....	36
9	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET.....	40
	Liite 1. Tuoteturvallisuuden riskin arviointi.....	40
	Liite 2. PCJT-25-XL-N.....	41

Liite 3. Rungon kokoonpanon hitsauskuva	43
Liite 4. von Mises -stressianalyysi	44
Liite 5. Puolipalkin kokoonpano asennusjalustoilla.....	45
Liite 6. Pohjalevyn valmistuskuva	46

LYHENTEET JA TERMIT

A	Ruuvien bruttopoikkileikkauksen pinta-ala, mm ²
a	Hitsin a-mitta, mm
A_S	Ruuvien jännityspoikkipinta-ala, mm ²
d	Ulkokierteen nimellisulkohalkaisija, mm
d_0	Ruuvien reiän halkaisija, mm
e_1	Kiinnittimen reiän päätyetäisyys, mm
e_2	Kiinnittimen reiän reunaetäisyys, mm
$F_{b,Rd}$	Reunapuristuskestävyyden mitoitusarvo murtorajatilassa, N
$F_{v,Ed}$	Leikkausrasituksen mitoitusarvo murtorajatilassa, N
$F_{v,Rd}$	Leikkaukestävyyden mitoitusarvo murtorajatilassa, N
f_u	Liitettävän peruskomponentin vetomurtolujuus, N/mm ²
f_{ub}	Ruuvien vetomurtolujuus, N/mm ²
k_1	Reunapuristuvuuskestävyyden kerroin
t	Liitettävän peruskomponentin paksuus, mm
α_b	Reunapuristuskestävyyden kerroin
α_v	Leikkaukestävyyden osavarmuusluku
β	Lujuuskerroin
σ_{sall}	Sallittu jännitys, N/mm ²
γ_{M2}	Ruuvien- ja reunapuristuskestävyyden osavarmuusluku
Asennusjalka	IQ Scanner 2015 -asennusjalka
Asennusjalusta	IQ-tuotteiden asennus- ja testausjalusta
FAT-alue	Factory testing -alue tuotantotilassa
IQ-tuote	Paperin ja sellun laatua tarkkaileva ja ohjaava tuote
IQ Profiler	Paperin tuotantoa parantava IQ-tuote
Käyttöpää	Puolipalkin pääty, jossa käyttölaite sijaitsee
Puolipalkki	Valmet IQ One-sided Scanner
QCS	Quality Control System
Simulation Xpress	SolidWorksin analyysityökalu
Taittopää	Puolipalkin pääty, jossa kaapelikisko taittuu takaisinpäin

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Valmet Automation. Opinnäytetyön tarkoituksena on IQ-tuotteiden asennus- ja testausjalustojen suunnittelu. Idea opinnäytetyöhön tuli yrityksen sisältä tuotannosta, jossa asentajat olivat laatineet kehitysehdotuksen asennusjalustojen suunnittelusta.

Valmet Automationin ollessa osa isoa kansainvälistä korporaaatiota on tuotannossa tapahtuvien asennusten ja testausten oltava sujuvia, organisoituja sekä turvallisia. Tämän hetkinen tilanne osassa IQ-tuotteita ei vastaa näitä vaatimuksia asennuksen ja testauksen osalta.

Valmet IQ One-sided Scanner on osa uuden sukupolven tuotteita, eikä sille ole vielä suunniteltu asennukseen ja testaukseen tarkoitettuja jalustoja. Osa asennuksista ja testauksista hoidetaan tästä johtuen vanerilevyistä ja eurolavoista tehdyillä pukeilla, mikä ei ole optimaalisin tapa tähän.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää edellä mainittuja asioita suunnittelemalla tuotantoon sopivat IQ-tuotteiden asennus- ja testausjalustat, jotka lyhentävät tuotteen läpimenoaika ja parantavat asentajien työergonomiaa sekä työturvallisuutta tuotannossa.

Tarkoituksena on toimittaa toimeksiantajalle valmiit SolidWorksilla tehdyt valmistuskuvat sekä 3D-mallinnukset asennusjalustoista, joiden perusteella asennusjalat voidaan valmistaa. Opinnäytetyön raportti keskittyy Valmet IQ One-sided Scanneriin liittyviin ratkaisuihin, vaikka työssä suunniteltiin myös asennusadaptoreita IQ Profilereille.

Jalustojen suunnittelussa hyödynnetään asentajien sekä tuotannon toimihenkilöiden tietoutta IQ-tuotteiden asennukseen ja testaukseen liittyvissä asioissa, jotta lopputulos olisi mahdollisimman toimiva.

2 YRITYS

2.1 Valmet Oyj ja Valmet Automation

Valmet Oyj on maailman johtava teknologian, automaation sekä palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Visiona Valmetilla on tulla maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa. Valmetilla työskentelee 12 000 ammattilaista ympäri maailmaa. Valmetilla on pitkä teollisuushistoria, jonka juuret ulottuvat yli 200 vuoden päähän. Vuonna 2017 Valmetin liikevaihto oli noin 3,2 miljardia euroa. (Valmet lyhyesti 2018.)

Valmetiin kuuluu neljä liiketoimintalinjaa, jotka ovat Palvelut, Sellu ja energia, Paperit sekä Automaatio. Liiketoimintalinjat toimivat viidellä eri maantieteellisellä alueella, joihin kuuluvat Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina sekä Aasian ja Tyynenmeren alue. (Valmet lyhyesti 2018.)

Valmet Automation liittyi yritystoston yhteydessä Valmetiin vuonna 2015. Päätuotteina Valmet Automationilla valmistetaan automaatiojärjestelmiä, kamerajärjestelmiä, analysointilaitteita ja mittalaitteita sekä toiminto- ja palveluratkaisuja. Asiakasryhmät koostuvat pitkälti massa- ja paperiteollisuudesta, muusta prosessiteollisuudesta, energiantuotannosta sekä muun muassa meriteollisuudesta. (Valmet Automaatio 2018.)

2.2 Valmet IQ-tuotteet

Valmet Automationin valmistamat Valmet IQ-tuotteet ovat sellu- ja paperituotantolinjojen laatua tarkkailevia ja ohjaavia järjestelmiä. Valmet IQ-tuotteet yhdistävät QCS-järjestelmien avainelementtejä, joihin kuuluvat muun muassa erilaiset mittaukset, ohjaimet sekä konenäkö, yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. (Valmet IQ – Quality Management System.)

Valmet IQ-tuotteet voidaan jakaa viiteen osaan, jotka ovat Valmet IQ Profilers, Valmet IQ Scanners, Valmet IQ Applications, Valmet IQ Measurements ja Valmet IQ Process and Quality Vision.

Valmet IQ-Profilarit ovat tarkoitettu paperiarkin koostumuksen, tuotettavuuden sekä ajettavuuden parantamiseen tuotantoprosessin aikana. Profilereihin kuuluu muun muassa IQ Dilution Profiler, IQ Steam Profiler, IQ Moisturizer sekä IQ Induction Profiler. Profilerit ovat rakenteeltaan palkkimaisia.

IQ One-sided Scanner, jota kutsutaan myös puolipalkiksi, on osa Scanner-perhettä, johon kuuluu IQ One-sided Scannerin lisäksi yleisin IQ Scanner (kuva 1) sekä harvinaisempi IQ Fixed Point C-frame.



KUVA 1. IQ Scanner (Valmet IQ Scanners)

IQ One-sided Scanneria (kuva 2) käytetään yleisesti kosteuden mittaamiseen paperikoneen liimapuristimen jälkeen sekä paperin päällystyksen painon mittaukseen päällystyskoneella. Puolipalkin pituus määräytyy paperiradan pituuden mukaan ja valmiit raamit ovat yleisesti noin 1-10 metriä pitkiä.

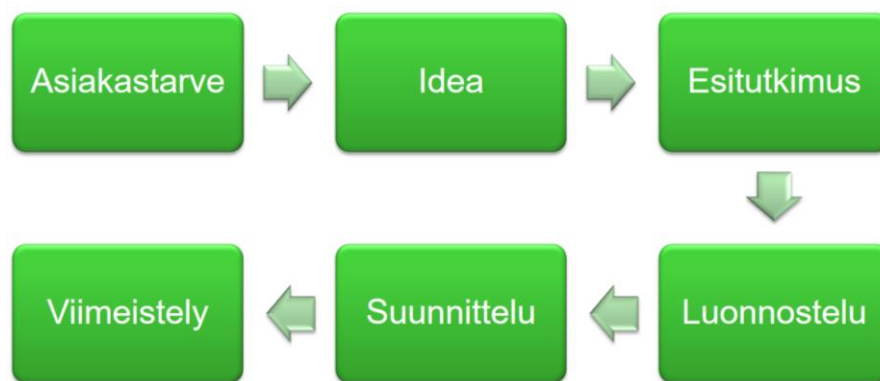


KUVA 2. IQ One-sided Scanner eli puolipalkki (Valmet IQ Scanners)

3 TUOTTEEN SUUNNITTELU

3.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitystoiminta on prosessi, joka lähtee aina asiakastarpeista. Asiakkaan luoma tarve synnyttää ideoita uusiksi tuotteiksi ja tuoteparannuksiksi. Parhaiden ideoiden kannattavuus määritellään esitutkimuksen avulla, jonka aikana tulevan tuotteen konsepti selvitetään ja tuote määritellään. Mikäli yrityksellä on hankkeeseen resursseja ja projektin käynnistäminen vaikuttaa järkevältä esitutkimuksen pohjalta, käynnistetään varsinainen tuotekehitysprojekti. Tuotekehitystoiminta koostuu yleensä kuudesta osa-alueesta, jotka ovat asiakastarve, idea, esitutkimus, luonnostelu, suunnittelu ja viimeistely (kuvio 1). (Välimaa, Kankkunen, Lagerroos & Lehtinen 1994, 25.)



KUVIO 1. Tuotekehitystoimintaa kuvaava prosessi (Välimaa, Kankkunen, Lagerroos & Lehtinen 1994, 25, muokattu)

Tuotekehitysprosessin esitutkimuksen päämääränä on tuotekonseptin selvittäminen, tuotteen spesifiointi ja riskien kartoitus tai vähentäminen, tuotantomahdollisuuksien selvittäminen, liiketoimintaedellytysten kartoittaminen sekä uutuustutkimuksen suorittaminen. Esitutkimuksen suoritustapa ja laajuus kuitenkin vaihtelee tuotteesta riippuen. Yleensä esitutkimukseen osallistuu pieni ryhmä, mutta jossain tapauksissa on mahdollista, että sen suorittaa yksittäinen henkilö. (Välimaa ym. 1994, 28.)

Luonnosteluvaiheeseen kuuluu periaateratkaisun ideointi, jolla tuote voitaisiin toteuttaa sekä reitin valinta, jonka mukaan tuotekehitystyötä lähdetään viemään eteenpäin. Muita asioita, mihin luonnosteluvaiheessa perehdytään, ovat tuotteen prototyypit ja testaukset, markkinointitavoitteet sekä tuotantosuunnitelmaehdotus. (Välimaa ym. 1994, 28.)

Osana suunnitteluvaihetta aletaan laitteen yksityiskohtia viimeistellä sekä dokumentoida tuotteen piirustuksia ja osaluetteloita. Suunnitteluvaiheen aikana projektin markkinointi- ja talousosasto perehtyy tuotteen markkinointisuunnitelmaan sekä liiketaloudelliseen kannattavuuteen ja lyö lukkoon tuotteen markkinointistrategiat. Tuotantokelpoisuus, työvaiheistukset sekä tuotantokustannukset tarkastetaan tässä vaiheessa, kun saadaan tietoon tuotetta koskevat piirustukset, osaluettelot sekä prototyyppi osineen. (Välimaa ym. 1994, 30.)

Edellä mainittujen vaiheiden jälkeen alkaa prosessin viimeistely, jonka aikana viimeistellään dokumentit, mietitään valmistusprosessit sekä luodaan valmistus-, asennus- sekä käyttöohjeet tuotteelle. Tuotteelle luodaan tässä yhteydessä myös testaus- ja laadunvarmistusjärjestelmät. Ensimmäistä pilottisarjaa (0-sarja) on tuotteesta riippuen yleensä muutamia kappaleita. Havaitut dokumentointivirheet korjataan ja toteutetaan ns. 1-sarja, jossa sarjamäärää aletaan hieman kasvattamaan, sillä tuotantodokumenttien tulisi olla kunnossa jo tässä vaiheessa. (Välimaa ym. 1994, 30-31.)

Lopuksi markkinointi ensiesittelee tuotteen asiakkaille ja tässä yhteydessä myynti, myynnin seuranta sekä huoltotoiminnot käynnistyvät. Asiakkaita aletaan kouluttamaan uuteen tuoteympäristöön ja heiltä aletaan keräämään palautetta tuotteesta. (Välimaa ym. 1994, 31.)

3.2 3D-mallinnus

3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden kolmiulotteista suunnittelua. Tuote siis suunnitellaan kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu x-, y- ja z-koordinaattiakseleista. Tämä tarkoittaa suunnittelijan näkökulmasta sitä, että kokoonpanot, kappaleet ja osat näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki ne fysikaaliset sekä mekaaniset ominaisuudet, jotka todellisuudessaakin kuuluvat valmistettavalle tuotteelle. (Tuhola & Viitanen 2008, 17.)

3D-mallinnus tapahtuu aina tiettyä kaavaa noudattaen, joka koostuu lähtötiedoista, esivalmistelusta ja mallinnuksesta. Lähtötiedot koostuvat ideasta, valmiista luonnoksesta tai toimeksiannosta, jota suunnittelija lähtee työstämään. Esivalmisteluihin kuuluu tarvitta-

vien tietojen määrittäminen järjestelmään ja järjestelmän säätäminen sopivaksi. Mallin-
nusvaiheeseen kuuluu karkean luonnoksen eli sketsin luominen toimeksiannon pohjalta
sekä sketsistä mallin luominen, osamallien luonti, osamallien kokoonpano sekä tarvitta-
vien 2D-piirustusten luominen kokoonpanosta ja osamalleista. (Tuhola & Viitanen 2008,
19.)

3D-mallinnusmenetelmät jaetaan kolmeen päätyyppiin, jotka ovat kappalemallinnus, le-
vymallinnus ja pintamallinnus. Näistä kappale- ja levymallinnusta käytetään yleisemmin
metalliteollisuudessa kone- ja laitesuunnittelussa. (Tuhola & Viitanen 2008, 26.)

Kappalemallinnus perustuu valmiiden muotojen hyödyntämiseen. Pohjana mallinnuk-
selle on jokin valmis umpinainen muoto, jota muokataan halutulla tavalla. Yleisimmät
muokkaustavat ovat pursottaminen ja leikkaaminen, jolloin valmiiseen muotoon lisätään
sopivia muotoja tai siitä leikataan muotoja pois. Kappalemallinnuksella mallinnettujen
tuotteiden työstömenetelmiä ovat lastuavat työstömenetelmät kuten sorvaus, jyrä ja
pora. (Tuhola & Viitanen 2008, 26-27.)

Levymallinnuksen perustana on erilaisten levyjen käyttö mallinnuksessa. Levymallinnus
voidaan jakaa ohutlevymallinnukseen ja levymallinnukseen, riippuen levyn paksuudesta.
Ohutlevymallinnuksessa käytetään yleisesti levyä, jonka paksuus on 0,1 mm - 6 mm. Le-
vymallinnuksessa malli luodaan levystä, ja kuten levyjä, myös mallia työstetään mallin-
nettaessa käyttäen levyille tyypillisiä työstömenetelmiä. Näihin työstömenetelmiin kuulu-
vat muun muassa kanttaus, särmäys sekä puristus- ja vetotyökalut. (Tuhola & Viitanen
2008, 26-28.)

Muotoilua erilaisten pintojen avulla kutsutaan pintamallinnukseksi. Menetelmä poikkeaa
kappale- ja levymallinnuksesta ja sitä käyttää pääasiallisesti muotoilijat työkalunaan. Pin-
tamallinnusta käytetään tyypillisesti mallinnettaessa tuotteita, jotka valmistetaan vala-
malla, erilaisia muovimuotteja hyödyntäen tai pursotustyökaluja käyttäen. Esimerkkejä
tällaisista tuotteista ovat puhelimen kuoret sekä veneen muotti. (Tuhola & Viitanen 2008,
29-30.)

Edellytyksenä tehokkaalle 3D-mallinnukselle on, että suunnittelija osaa hyödyntää eri
mallinnusmenetelmiä työskentelyssään. Näin saavutetaan lopputulos, joka on syntynyt
mahdollisimman vaivattomasti. (Tuhola & Viitanen 2008, 30.)

4 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

4.1 Lähtötilanne tuotannossa

Valmet Automationilla Lentokentänkadun tuotantotiloissa kokoonpannaan ja testataan tällä hetkellä IQ Scannereita, IQ One-sided Scannereita sekä IQ Profilereistä IQ Moisturizeria ja IQ Inductionia. Tuotantomäärällisesti eniten tuotantolinjalla valmistetaan IQ Scannereita. (Laine 2018.)

Kehitysehdotus asennusjalustojen hankkimisesta asennuksen ja testauksen helpottamiseksi tuli tuotannon työntekijöiltä. Haasteena tuotannossa on ollut IQ-tuotteiden käsittely asennuksen ja testauksen aikana sekä niiden asettaminen oikeaan testauskulmaan. Tuotteiden kokoonpanon aikana asennetaan komponentteja haastavissa asennoissa, mikä ei ole asentajille ergonomista työskentelyä. Tämän johdosta saattavat asentajien työturvallisuus ja työergonomia kärsiä.

Tällä hetkellä puolipalkin kokoonpano ja komponenttien asennukset tehdään eurolavojen päällä, sillä puolipalkki on uusinta tuotesukupolvea, eikä sille ole vielä ehditty suunnittelemaan sopivia jalustoja (kuva 3).



KUVA 3. Puolipalkin kokoonpano eurolavojen päällä

Puolipalkin testaus suoritetaan puutelineiden varassa, joihin merkataan tussilla testaukseen tarvittavat astemerkinnot. Siistin ja organisoidun tuotantoympäristön keskellä kyseiset ratkaisut eivät vaikuta pitkälle suunnitelluilta tai erityisen turvallisilta.

Puolipalkin testauksessa aiheuttaa ongelmia oikean testauskulman määrittäminen ja palkin kiinnittäminen puutelineeseen. Kyseisen kulman on tärkeä olla oikea, sillä puolipalkin testauksessa on kriittistä, että se tehdään samassa kulmassa kuin missä se on paperiradalla käytössä. Asennuskulman ollessa väärä testauksessa ja komponenttien säätämisessä saattaa puolipalkin liikkuviin komponentteihin aiheutua epätoivottuja rasituksia, mitkä aiheuttavat vältettävissä olevia huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä (Ohralahti 2018).

Puolipalkki joudutaan tällä hetkellä nostamaan ja kiinnittämään uudelleen kokoonpanon ja testauksen välillä. Kun puolipalkin kokoonpano eurolavojen päällä saadaan valmiiksi, nostetaan se kattonosturilla ilmaan ja sen alapuolelle asetetaan puutelineet, joihin kiinnitys testausta varten tapahtuu (kuva 4).



KUVA 4. Puolipalkin testaustelineet

IQ Profilereiden kokoonpanossa ja asennuksessa haasteita aiheuttaa tuotteen pyörittäminen asennusvaiheiden välillä sekä tiettyjen komponenttien haastavat asennuskulmat. Tämä johtaa tuotteiden läpimenoajan pidentymiseen sekä asentajien työergonomian heikentymiseen yhtä lailla kuin puolipalkissa.

4.2 Tavoitellut hyödyt ja parannukset

IQ-tuotteiden asennus- ja testausjalustojen lähtökohtainen tarkoitus on parantaa asentajien työturvallisuutta ja työergonomiaa. Asentajien käyttäessä asennusjalustoja on turvallisempaa työskennellä tuotantoalueella ja työskentelyasennot parantuvat huomattavasti, kun kokoonpantavaa tuotetta voidaan pyörittää haluttuun kulmaan sen sijaan, että asentaja itse pyörisi tuotteen ympärillä. Tuotteen helpompi käsittely ja pyörittäminen pätevät myös tuotteen tarkasteluun.

Tuotteiden läpimenoajan lyhentäminen parantaa tuotannon tehokkuutta, sillä säästetty aika yhden tuotteen kokoonpanossa tai testauksessa voidaan hyödyntää toisessa tuotteessa. Käyttämällä asennusjalustoja puolipalkin kokoonpanon ja testauksen yhteydessä vältetään turhia nostoja sekä kiinnityksiä. Asennusjalustat mahdollistavat vain yhden kiinnityksen ja irrotuksen siitä, kun puolipalkki tulee tuotantotilaan, siihen, kun puolipalkki valmistellaan tehtaalle lähtöä varten.

Puolipalkkien testauskulman määrittämisen selkeyttämiseksi olisi jatkossa mahdollista määrittää suoraan työkuvaan asteluku, missä puolipalkki tulee testata. Näin ollen voitaisiin välttää mietintään kuluva aika puolipalkin asettamisen yhteydessä ja aina kiinnittää puolipalkki samanlailla asennusjalustoihin.

Tuotantoalueen turvallisuuden lisäämisen ja tehokkaamman tuotannon ohella asennusjalustat parantavat tuotantotilan yleiskuvaa ja yrityksen imagoa. Asiakkaiden tai alihankkijoiden liikkeessa päivittäin tuotantotiloissa, herättää enemmän luottamusta sekä arvostusta yritystä kohtaan teräksestä suunnitellut ja valmistetut asennusjalat kuin puiset telineet tai eurolavat tuotantoalueella.

5 SUUNNITTELU

5.1 Suunnitteluprosessi

Opinnäytetyön suunnittelu eteni pitkälti kappaleen 3.1 kuvion (kuvio 1) mukaisesti. Lähtökohtana suunnittelulle järjestettiin palaveri tuotantopäällikön, tuotannon kehitysinsinöörin sekä suunnittelijan kanssa. Palaverissa käytiin läpi asentajien ideoimaa kehitysehdotusta asennusjalustoista ja suoritettiin esitutkimusta asennusjalustoihin liittyen. Palaverissa mietittiin yleisluontoisesti asennusjalustojen mahdollista rakennetta sekä vaatimuksia, mitä suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Tämän lisäksi tutustuttiin SolidPDM:n toimintaan, joka mahdollistaa tuotteiden tuote- ja valmistustietojen hallinnan sekä synkronoinnin koko yritykselle (SolidWorks PDM 2018).

Esitietojen määrittämisessä suunnittelua varten kerättiin tietoa ja tutustuttiin IQ Profileiden sekä IQ One-sided Scannerin toimintaan ja asennuksiin liittyviin dokumentteihin Valmetin tietokannoissa. Suuri osa asennukseen ja testaukseen liittyvästä tiedonkeruusta tehtiin kuitenkin kokoonpanoa ja testausta seuraamalla tuotantoalueella sekä asentajia haastatteleamalla. Asentajia haastateltiin, jotta ongelmien ydin selviäisi yksityiskohtaisemmin sekä asiat, mihin parannuksia tarvittaisiin. Nähtyä asennuksen ja testauksen ”kentällä” oli helpompi lähteä hahmottelemaan asennusjalustojen rakennetta ja mekaniikkaa. Tiedon kerääminen suunnittelua varten jatkui läpi suunnitteluprosessin.

Ensimmäisten luonnostelujen ja hahmotelmien jälkeen asentajien kanssa sovittiin pystypalavereita, missä esiteltiin luotuja hahmotelmia ja kyseltiin niistä mielipiteitä. Tämän jälkeen saatu palaute kirjattiin ylös, tehtiin tarvittavia muutoksia mallinnuksiin ja toistettiin toimenpide. Kun mallinnukset hyväksyttiin asentajien toimesta, aloitettiin mallinnusten viimeistely.

Tuotantopäällikön ja suunnittelijan kanssa järjestettiin opinnäytetyön edetessä palaveri noin kuukauden välein, jossa tuotantopäällikkö ja suunnittelija kertoivat mielipiteensä tuotoksesta ja esittivät erilaisia vaihtoehtoja ratkaisuille. Näin saatiin hyödynnettyä useampaa eri näkökulmaa suunnittelun edetessä.

5.2 Laitteen vaatimukset

5.2.1 Toiminnalliset vaatimukset

Asennusjalustoille määriteltiin tiettyjä toiminnallisia ja rakenteellisia vaatimuksia, jotta sen ominaisuudet palvelisivat mahdollisimman hyvin asennusta ja testausta. Vaatimuksia pystyttiin määrittämään useita, sillä eri IQ-tuotteita on tuotantotiloissa kokoonpantu ja testattu vuosia. Vaatimuksista keskusteltiin asentajien, tuotantopäällikön ja suunnittelijan kanssa.

Asentajien tekemässä kehitysehdotuksessa oli kuvattu asennusjalustojen haluttua toimintaa seuraavasti:

- Jalustat ovat laakeroitu niin, että tuotteen pyörittäminen onnistuu
- Jalustat asennettaisiin palkin molempiin päihin, joka mahdollistaisi kuorman pyörittämisen asennuksen ja testauksen vaatimaan asentoon
- Eri tuotteiden asennus asennusjalustoihin hoidettaisiin erillisillä asennusadaptereilla, joissa olisi eri pulttijakoja.

Toimintakuvaus antoi lähtökohdat laitteen toimintaan ja rakenteeseen liittyville vaatimuksille, joita lähdettiin jatkojalostamaan.

Toiminnallisten vaatimusten lähtökohtana oli, että palkkimaista IQ-tuotetta pystytään pyörittämään 360° oman akselinsa ympäri, IQ-tuotteen ollessa kahden asennusjalustan välissä kiinnitettynä. Tähän liittyen haluttiin puolipalkin pyörittämisen olevan mahdollisimman yksinkertainen ja nopea toimenpide.

Asennusjalustat ovat tarkoitus kiinnittää IQ Scannerin vanhoihin asennusjalkoihin, jotta asennusjalustoja voidaan kuljettaa pumppukärryillä tuotantotilassa. Puolipalkin siirtämiseksi kokoonpanoalueelta FAT-alueelle haluttiin, että asennusjalustat ja kuorma voidaan nostaa, kuorman ollessa kiinnitettynä. Tällä vältetään puolipalkin turha irrottaminen siirtämisen välissä.

Asennusajan lyhentämiseksi ja tuotannon tehostamiseksi, asetettiin vaatimukseksi, että puolipalkki voitaisiin kiinnittää asennusjalustoihin, kun palkin runko tulee maalauksesta ja irrottaa seuraavan kerran, kun se nostetaan pakattavaksi.

Asennusjalkojen vaatimuksiksi määriteltiin edellä mainittujen asioiden lisäksi, että niillä pitää pystyä käsittelemään kuormaa, jonka massa voi olla maksimissaan 2500 kg. Muita vaatimuksia oli muun muassa IQ-tuotteen yksinkertainen ja nopea kiinnitys asennusjalustoihin, asennusjalustojen optimaalinen korkeus työskentelyä varten sekä mahdollisuus liittää puolipalkin lisäksi IQ Moisturizer- ja IQ Induction -palkki asennusjalustoihin.

5.2.2 Turvallisuussuunnittelu

Asennusjalustojen yksi päätarkoituksista on parantaa tuotantotilan työturvallisuutta, joten on olennaista, että asennusjalustat itsessään ovat turvalliset käyttää. Keskeisimpiä vaatimuksia turvallisuuteen liittyen oli, että kiinnitetty kuorma voidaan lukita haluttuun asennus- tai testauskulmaan turvallisesti sekä, että varmuuskerroin rungon osille olisi vähintään kaksi. Laitteelle tehtiin turvallisuussuunnittelu, jossa perehdyttiin laitteen mahdollisiin riskeihin sekä riskien pienentämiseen ja tätä kautta turvallisuusvaatimuksiin.

Kun laitteen toiminta ja rakenne oli suunniteltu, tehtiin laitteelle tuoteturvallisuuden riskin arviointi SFS-EN ISO 12100 standardin pohjalta. Riskianalyysissä käytiin läpi eri riskit kuljetuksen, kokoonpanon ja asennuksen aikana, laitteen käytön aikana, kunnossapidon aikana sekä käytöstä poiston ja purkamisen aikana (liite 1).

Riskianalyysissä määritellään aluksi vaara tai vaaratilanne ja tästä aiheutuva vaaratyyppi. Tämän jälkeen arvioidaan riskien vakavuus taulukossa, johon kuuluu tapaturman vakavuuden määrittely, altistumisen määrittely, tapahtuman esiintymistodennäköisyys sekä tapaturman välttämisen mahdollisuus. Näistä muodostuu riskin suuruus, jota pyritään aluksi pienentämään laitteen rakenteellisilla muutoksilla. Lopuksi määritellään jäännösriskin taso ja vaaditut turvatoimenpiteet. (SFS-EN ISO 12100, 44-47.)

Suurin osa riskeistä kohdistui käytön aikaisiin tilanteisiin. Näistä suurimmat riskiarviot saivat seuraavat vaaratilanteet:

- Kuorman tai putoavan/lentävän koneenosan aiheuttama iskuvaara
- Laitteen rakenteiden väliin puristuminen kuorman noston, kuorman kiinnityksen tai kuorman poistamisen aikana
- Laitteen lukitusmekanismin pettämisen aiheuttama odottamaton vaarallinen liike asennuksen tai testauksen aikana
- Turvalaitteiden ohittaminen käytön aikana.

Kyseisiä vaaratilanteita, kuten myös riskianalyysin muita vaaratilanteita, pyrittiin tämän jälkeen pienentämään rakenteellisten muutosten avulla. Lopuksi määritettiin mahdollisille riskeille tarvittavat varotoimenpiteet.

6 TOTEUTUS

6.1 Osien ja materiaalien valinta

6.1.1 Runko

Asennusjalustan runko koostuu kahdeksasta osasta, jotka ovat pohjalevy, etulevy, takalevy, kaksi kappaletta sivulevyjä, kansilevy sekä kaksi kappaletta nostoruuvien holkkeja. Rungon osien liitokset toisiinsa suoritetaan hitsaamalla. Osien materiaaliksi valittiin rakenneteräs S355 sen hyvän saatavuuden ja taloudellisuutensa vuoksi. Pintakäsittelyksi rungon osille valittiin maalaus RAL 9003 -värillä ja terävien reunojen poisto turvallisuussyistä.

Runko pyrittiin suunnittelemaan siten, että osat olisivat helppo valmistaa ja jalustan lopukokoonpano sekä asennus olisi mahdollisimman yksinkertainen. Pohjalevy, etulevy, takalevy ja sivulevyt suunniteltiin niin, että niiden valmistus tapahtuu laserleikkaamalla. Asennusjalustat valmistavan konepajan on tarkoitus suorittaa rungon kokoonpano, kun taas ruuviliitoksilla sekä kitkaliitoksilla olevat osat kiinnitetään Valmetin tuotantotiloissa asentajien toimesta.

Rungon etulevy ja takalevy ovat toisiinsa nähden identtiset lukuun ottamatta etulevyssä olevaa neljää reikää, jotka suunniteltiin tyyppikilven kiinnitystä varten. Sivulevyjen suunnittelussa otettiin huomioon kääntövarren liikerata kuormaa pyöritettäessä, sillä sivulevyjen ollessa liian korkeat on mahdollisuus, että kääntövarsi osuu sivulevyyn.

Kansilevy suunniteltiin siten, että runkoon kohdistuvat voimat asennusjalustoja ja kuormaa nostettaessa eivät kohdistuisi ainoastaan hitsausliitoksiin. Tämän edellytyksenä kansilevy asennetaan etu- ja takalevyn väliin soviteliitoksella.

Asennusjalustojen nosto kuorman ollessa kiinni tapahtuu kahdella kuulalaakeroidulla sankasilmukkanostoruuvilla. Koska sankasilmukkanostoruuvien kierteen pituus on 40 mm, tuli tälle suunnitella holkki, jonka sisällä on M16 kierre, sillä kansilevyn paksuus on ainoastaan 15 mm. Tällä tavalla varmistetaan sankasilmukkanostoruuvien turvallinen

käyttö nostoissa, sillä nostoruuvien kierreosan tulee olla kiinnitetty koko pituudeltaan sallitun kuorman nostamiseksi. Holkki suunniteltiin laippamaiseksi, jotta nostossa nostoruuvien holkkiin kohdistuvat voimat eivät kohdistuisi ainoastaan hitsausliitoksiin vaan jakautuisivat isommalle pinta-alalle.

Kansilevyyn suunniteltiin edellä mainitun lisäksi laserleikkuun yhteydessä leikattavat kolot kulmiin, jotta kansilevy sopisi etu- ja takalevyn väliin. Ilman reikiä saattaisivat laserleikkuun yhteydessä muodostuvat purseet estää kansilevyn asettumisen täysin kiinni etu- ja takalevyyn, joka vaikeuttaisi kokoonpanoa.

Rungon pohjalevyä suunniteltaessa tuli ottaa huomioon, että asennusjalustat tullaan kiinnittämään vanhan IQ Scanner 2015 -asennusjalkojen päälle. Tästä johtuen jouduttiin pohjalevyyn suunnittelemaan neljä M16 ruuvien mentävää reikää samoille kohdille kuin asennusjaloissa, jotta kiinnitys osien välillä onnistuisi. Pohjalevyn suunnittelussa otettiin myös huomioon kiinnityskiekon asennus rungon sisään suunnitteleamalla pohjalevyyn aukko kiinnityskiekolle.

6.1.2 Kiinnityskiekko ja kääntövarsi

Kiinnityskiekkoa suunnitellessa tuli huomioida, että puolipalkkia ei ole mahdollista kiinnittää palkin päädyistä. Puolipalkki on mahdollista kiinnittää vain siinä olevan kiinnitysvyöhykkeen kiinnitysrei'istä, jotka ovat noin puolen metrin etäisyydellä palkin päädyistä. Tämän vuoksi puolipalkin päädyt (käyttöpää ja taittopää) tulevat asennusjalustoiden kiinnityskiekon ja rungon läpi. Kiinnityskiekko lepää ohjausholkkien päällä, jotka suunniteltiin akselien ympärille.

Puolipalkin käyttöpäähän asennetaan kokoonpanon yhteydessä liittimiä muun muassa paineilmaa ja sähkövirtaa varten. Testauksen jälkeen johdot ja letkut jäävät puolipalkin liittimiin kiinni. Tästä johtuen tuli kiinnityskiekkoon mallintaa tarpeeksi suuri aukko, jotta liittimet sekä johdot mahtuvat kiinnityskiekon läpi puolipalkin irrottamisessa.

Testauksen helpottamiseksi suunniteltiin kiinnityskiekkoon 360°-asteikko, joka vähentää testauskulman monitulkintaisuutta sekä epäselvyyttä kiinnityksen yhteydessä. Asteikko

kiertää koko kiinnityskiekon ympäri ja se tehdään kiekkoon laserleikkaamalla. Asteikossa luvut on ilmoitettu 10° välein.

Kiinnityskiekkoon suunniteltiin reikiä neljää eri tarkoitusta varten. Uloimmalla kehällä kiertävät reiät ovat 12 mm halkaisijaltaan ja ne ovat tarkoitettu lukitusmekanismeja varten. Sisäkehällä olevat 12 mm halkaisijalla olevat reiät ovat tarkoitettu puolipalkin kiinnitykseen, kun taas 18 mm reiät asennusadapterin kiinnitystä varten. Tämän lisäksi kiinnityskiekkoon on suunniteltu M8 kierteet kääntövarren kiinnitystä varten.

Kääntövarren kiinnitys kiinnityskiekkoon pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman nopeaksi ja yksinkertaiseksi. Kiinnityskiekkoon suunniteltiin kahdeksan eri kiinnityskohtaa noin 45° välein, jotta kääntösäde pysyisi inhimillisenä. Kiinnitys tapahtuu kahdella kiinnityskiekossa oleviin kierteisiin.

Sekä kiinnityskiekon että kääntövarren materiaaliksi valittiin S355. Pintakäsittelyksi valittiin mangaani fosfatointi, jonka lisäksi molemmista osista poistetaan terävät reunat.

6.1.3 Laakeripesät ja akselit

Asennusjalustan kiinnityskiekon haluttiin pyörivän, joten asennusjalustaan tuli valita laakeripesät ja akselit, jonka varassa kiinnityskiekko pyörisi. Akseleiden paikka rungossa valittiin siten, että akseleiden etäisyys olisi toisistaan mahdollisimman suuri. Näin ollen saadaan kiinnityskiekon kosketuspinnat akselin holkkeihin mahdollisimman etäälle toisistaan, joka parantaa kiinnityskiekon pysymistä akseleiden välissä kiekkoa pyöritettäessä.

Laakeripesäksi työhön valittiin INA:n PCJT-25-XL-N. Laakeripesä valittiin sen helpon kiinnityksen ja lujuusominaisuuksiensa takia. Koska laakeri on kuormituksen alaisena paikallaan, tulee sen staattinen kantokyky varmistaa (Björk, Hautala, Huhtala, Kivioja, Kleimola, Lavi, Martikka, Miettinen, Ranta, Rinkinen & Salonen 2014, 304).

Laakeripesän teknisistä tiedoista (liite 2) kävi ilmi, että yhden laakerin staattinen kantokyky radiaalisessa kuormassa on 7800 N, joten kahdeksan kappaletta laakeripesiä kestää

sallitun maksimikuorman 2500 kg (24525 N). Laakeripesät kiinnitetään asennusjalustojen etu- ja takalevyihin ruuviliitoksilla. Laakeripesät ovat varustettu lukitusruuveilla, jotka mahdollistavat akselin lukitsemisen laakeripesään.

Akselit mitoitettiin laakeripesien sisähalkaisijan perusteella, joka oli 25 mm. Tämän edellytyksenä valittiin akselin halkaisijaksi 25 mm toleranssilla h8. Koska akseleihin ei kohdistu aksiaalista voimaa, voidaan akselit kyseisellä toleranssilla valmistaa. Kyseinen toleranssi mahdollistaa myös sen, että akseli pystytään asentamaan käsin laakeripesään ilman kylmentämistä. Akselin materiaaliksi valittiin S355 ja pintakäsittelyksi mangaani fosfointi.

6.1.4 Ohjaus- ja suojakomponentit

Materiaaliksi ohjaus- ja suojakomponenteille valittiin polyasetaali eli POM-muovi. POM-muovi on yleisesti käytetty muovi koneenrakennuksessa. Ominaisuuksiltaan POM-muovi on luja, muotonsa pitävä, joustava sekä sitkeä. POM-muovi omaa tämän lisäksi hyvän väsymislujuuden ja sen etuja on pieni kitka terästä vasten. (Keinänen & Kärkkäinen 2010, 73.)

Ohjauskomponentteja työssä käytetään kiinnityskiekon ohjaamiseen rungon sisällä. Akseleiden päälle suunniteltiin ohjausholkit, jotta kiinnityskiekko ei pääsisi liikkumaan rungon sisällä sivuttaissuunnassa akseleiden päällä. Muita tarkoituksia ohjausholkeille oli kitkan pienentäminen kiinnityskiekon ja akseleiden välillä sekä kuluman pienentäminen akselin pinnalla. Asennusjalustaan suunniteltiin myös yläohjain, jotta kiinnityskiekko ei pääsisi liikkumaan sivuttaissuunnassa sen yläosasta kuorman ollessa kiinnitettynä. Yläohjaimen asennus tapahtuu kansilevyyn, johon se kiinnitetään ruuviliitoksella.

Asennusjalustoihin suunniteltiin rungon sivuille suojalevyt riskianalyysin pohjalta. Laitteen riskejä läpikäydessä asentajien kanssa, ehdotettiin asentajien puolesta, että laitteessa olisi hyvä olla sivuissa suojaavat levyt. Suojilla estetään, että palkkia asentaessa kukaan henkilö ei vahingossa laita kättänsä rungon sisään sivusta. Suojalevyihin suunniteltiin aukko kääntövarren liikerataa varten. Sivusuojien kiinnitys runkoon tapahtuu ruuviliitoksella.

6.2 Liitokset ja lukitusmekanismit

6.2.1 Hitsausliitokset

Työssä hitsausliitoksia käytettiin rungon osien liittämisen toisiinsa sekä nostoruuvien holkkien kiinnittämiseen kansilevyyn. Kriittisimmät voimat kohdistuvat etu- sekä takalevyyn, jotka kiinnitetään pohjalevyyn pienahitsillä, sillä nämä liitokset ovat ainoastaan hitsaussauman varassa. Muissa voimaliitoksiin viittaavissa hitsaussaumoissa pyrittiin suunnittelemaan osat siten, että liitettävät osat ovat limittäin olevia soviteliitoksia, joka vähentää hitsaussaumoihin kohdistuvaa rasitusta.

Hitsausliitokset suunniteltiin niin, että ne toteutetaan kahdessa eri osassa, aluksi hitsataan kansilevyn kokoonpanoon tarvittavat osat yhteen, jonka jälkeen kyseinen kokoonpano hitsattaisi muiden rungon osien kanssa yhteen.

Hitsaussaumaksi etu- ja takalevyn kiinnityksiin valittiin yksipuolinen katkopienahitsi, jossa hitsisaumat ovat 50 mm pitkiä, niitä on kolme kappaletta 325 mm välein ja hitsin a-mitta on 3 mm. Sivulevyjen hitsaussaumaksi valittiin puoli-V-hitsi ja hitsin mitaksi 5. Sivulevyjen hitsauskohtiin suunniteltiin 3 mm viiste 60° kulmaan, jotta hitsausliitos olisi helppo toteuttaa (liite 3).

Nostoruuvien holkit ja kansilevy kiinnitetään toisiinsa kansilevyn ylä- sekä alapuolelta pienahitsillä. A-mitta kyseisissä hitsaussaumoissa on 3 mm ja ne hitsataan koko holkin ympäri sekä ylä- että alapuolelta. Kansilevyn sekä etu- ja takalevyn välisiksi liitoksiksi valittiin 3 mm a-mitalla oleva pienahitsi sekä I-hitsi sovitekohtien tulppaamiseksi.

6.2.2 Ruuviliitokset

Asennusjalustan toimintaan ja kokoonpanoon liittyvistä liitoksista suurin osa on ruuviliitoksia. Ruuviliitoksella on monia etuja kuten liitoksen komponenttien edullisuus, mahdollisuus purkaa ja asentaa liitos uudestaan sekä liitoksen luotettavuus oikein asennettuna ja mitoitettuna (Björk ym. 2014, 132).

Asennusjalustojen kokoonpanossa valittiin ruuviliitos laakeripesien, kääntövarren, sivusuojien sekä yläohjaimen kiinnittämiseen. Kuorman kiinnitykseen liittyvien ruuviliitosten suunnittelussa tuli ottaa huomioon reiän halkaisija, joista ruuvi menee läpi. Esimerkiksi ruuvin ollessa M16, ei voida valita ruuvin reiän halkaisijaksi 16 millimetriä, jotta ruuviliitosten asennus ja purkaminen sujuisi jouhevasti.

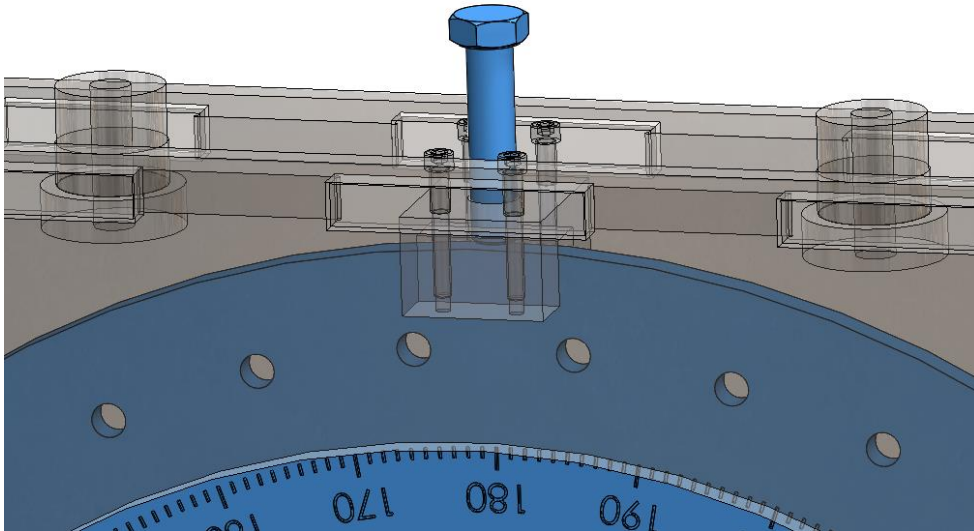
Alla on listattu työssä yhdessä asennusjalustassa käytetyt ruuviliitokset, niissä käytettyjen ruuvien määrä ja tyyppi sekä ruuviliitoksen tyyppi:

- Asennusjalkojen kiinnitys 4 kpl M16x40 DIN933 (ruuvi-kierre)
- Laakeripesien kiinnitys 8 kpl M10x25 DIN912 (ruuvi-kierre)
- Kääntövarren kiinnitys 2 kpl M8x35 mm DIN933 (ruuvi-kierre)
- Sivusuojat 12 kpl M5x20 DIN912 (ruuvi-kierre)
- Yläohjain 4 kpl M6x45 DIN912 (ruuvi-kierre)
- Puolipalkin kiinnitys 4 kpl M10x40 DIN933 (ruuvi-mutteri)
- Adapterilevy 4 kpl M16x40 DIN933 (ruuvi-kierre).

Aluslaattoja käytettiin kaikissa ruuviliitoksissa lukuun ottamatta sivusuojien ja yläohjaimen kiinnitystä. Aluslaattojen käyttö helpottaa ruuvin kiristämistä, pienentää pintapainetta liitettävään osaan, varmistaa ruuvin kiinnipysymisen sekä tiivistää liitosta (Björk ym. 2014, 139).

6.2.3 Lukitus

Kiinnityskiekon lukitus kuorman pyörimisen estämiseksi toteutettiin kolmella eri lukitusmekanismilla turvallisuuden vuoksi. Ensimmäinen mekanismi on kiinnityskiekon lukitus akselin ohjausholkkeja vasten. Tämä suunniteltiin siten, että kansilevyn päälle tehdään kierre M16 ruuville, joka väännetään vasten kiinnityskiekkoa, puristaen kiinnityskiekon ohjausholkkeja vasten. Lukituksella pyritään estämään kiinnityskiekon pystysuuntainen liike ohjauskomponenttien välillä sekä kiinnityskiekon ja kuorman pyörähdysliike. Alla olevassa kuvassa (kuva 5) on maalattu sinisellä lukitusmekanismiin liittyvät ruuvit.



KUVA 5. Ensimmäinen lukitusmekanismi

Toinen valittu mekanismi lukitukseen oli kiinnityskiekon puristaminen etulevyn ja takalevyn väliin neljällä M16 ruuvilla, jolla pyrittiin estämään kiinnityskiekon sivuttaissuuntainen liike. Etu- ja takalevyn suunniteltiin kierteet siten, että M16 ruuvi saadaan puristettua sekä etu- että takalevyn puolelta kiinnityskiekkoon.

Kiinnityskiekon lukitus varmistettiin vielä kolmannella mekanismilla, jossa etulevyn, kiinnityskiekon sekä takalevyn läpi tulee M10 ruuviliitos. Etu- ja takalevyn suunniteltiin neljä railoa, jotka mahdollistavat kiinnityskiekon lukituksen useaan eri asentoon. Lukitus etulevyn, kiinnityskiekon ja takalevyn läpi onnistuu kahdeksalla ruuvilla kerralla. Koska lukitus tapahtuu ruuviliitoksella, tulee siinä ottaa huomioon ruuvien kiristysmomentit sekä aluslevyjen käyttö.

Laitteen lukitus suoritetaan kolmessa vaiheessa siten, että aluksi lukitaan kiinnityskieppo ohjausholkkeja vastaan kansilevyn päällä olevalla ruuvilla. Tämän jälkeen lukitaan sivuissa olevat ruuvit, jotka puristavat kiekon paikalleen. Lopuksi varmistetaan vielä lukitus kiinnittämällä railojen ja kiinnityskiekon läpi menevät ruuvit. Lukitusmenetelmien tarkemmat ohjeet ovat määriteltä laitteen käyttöohjeissa.

7 LUJUUSTARKASTELUT

7.1 Liitokset

7.1.1 Hitsausliitokset

Opinnäytetyössä tarkasteltiin hitsausliitoksia kriittisten liitosten kannalta. Näillä liitoksilla tarkoitetaan hitsausseamoja, jotka ovat ainoastaan hitsausseaman varassa, eikä kyseisiin liitoksiin ole suunniteltu sovitetta toisen kappaleen kanssa limittäin.

Etu- ja takalevyn kiinnityksen mitoitus pohjalevyyn varmistettiin SFS 2373 standardin mukaisesti. Standardi käsittelee pienahitsien laskentaa ja mitoitusta. Kyseiset hitsausseamat luokitellaan otsahitseiksi, sillä voima kohdistuu kohtisuoraan hitsin pituusakseliin nähden. Näin ollen hitsin minimi a-mitta voidaan mitoittaa SFS 2373 standardista löytyvällä yksinkertaisella mitoitustavalla otsapienahitsille kaavan (1) mukaisesti (SFS 2373 1980, 25):

$$a \geq \frac{\sqrt{2}\beta F}{l\sigma_{sall}}. \quad (1)$$

Yhtälössä a on pienahitsin a-mitta, β on lujuuskerroin, F on kuormittava voima, l on hitsin pituus ja σ_{sall} on sallittu jännitys teräkselle. Alla olevassa kuvassa (kuva 6) on esitelty sallittuja jännityksiä eri teräslajeille likiarvoin. (SFS Standardi 2373 1980, 25.)

Fe	s mm	σ_{sall} N/mm ²	σ_{wsall} N/mm ²
37	≤ 16	147	120
	17 ... 40	140	115
	> 40	133	110
44	≤ 16	180	130
	17 ... 40	173	125
	> 40	167	120
52	≤ 16	227	145
	17 ... 30	220	140
	> 30	213	135

KUVA 6. Sallitut jännitykset eri teräksille (SFS 2373 Standardi 1980, 20)

Työssä käytetty arvo F on 2940 N (asennusjalan painovoima), hitsin pituus l on yhteensä 300 mm, sallittu jännitys σ_{sall} on 227 N/mm² ja lujuuskerroin β on 0,9. Kun tiedetyt arvot sijoitetaan kaavaan (1) saatiin:

$$a \geq \frac{\sqrt{2} \cdot 0,9 \cdot 2940 \text{ N}}{(3 \cdot 100 \text{ mm}) \cdot 227 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,056 \text{ mm}.$$

Yllä olevasta laskutoimituksesta voidaan päätellä, että hitsaussaumalle valittu 3 mm a-mitta on riittävä ja varmuuskerroin on suuri.

7.1.2 Ruuviliitokset

Ruuviliitoksia tarkasteltaessa keskityttiin ruuveihin, joita asennusjalustoissa oleva kuorma rasittaa eniten sekä nostotapahtumassa kriittisiin ruuviliitoksiin. Lujuustarkastelun kannalta kriittisimmät ruuvit ovat kuorman kiinnittämiseen liittyvät ruuviliitokset.

Ruuviliitoksia mitoitettiin SFS-EN 1993-1-8 standardista löytyvien kaavojen mukaisesti. SFS-EN 1993-1-8 standardi on tarkoitettu teräsrakenteiden liitosten suunnitteluun. Standardin kohdassa 3.4.1 määritellään leikkausvoimien rasittamille kiinnityksille eri tyypit. Työssä käytetyt ruuviliitokset kuuluvat kiinnitysluokka A:han, jotka ovat reunapuristus-tyyppisiä ruuviliitoksia. Ruuviliitosten käytön ehtona on seuraavat kaavat (SFS-EN 1993-1-8 2006, 23):

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} \quad (2)$$

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}. \quad (3)$$

Kaavoissa $F_{v,Ed}$ on leikkausrasituksen mitoitussarvoa, $F_{v,Rd}$ on leikkauskestävyyden mitoitussarvo ja $F_{b,Rd}$ on reunapuristuskestävyyden mitoitussarvo. Leikkausrasituksen mitoitussarvon tulee siis olla pienempi kuin leikkauskestävyyden mitoitussarvo ja reunapuristuskestävyyden mitoitussarvo.

Leikkauskestävyys leikettä kohti eli $F_{v,Rd}$ saadaan laskettua seuraavalla kaavalla (SFS-EN 1993-1-8 2006, 28):

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}. \quad (4)$$

Kaavassa α_v on leikkauskestävyyden osavarmuusluku, f_{ub} on ruuvin vetomurtolujuus, A on ruuvin bruttopoikkileikkauksen pinta-ala ja γ_{M2} on ruuvin kestävyiden osavarmuusluku.

Reunapuristuskestävyys eli $F_{b,Rd}$ saadaan laskettua seuraavalla kaavalla (SFS-EN 1993-1-8 2006, 28):

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}, \quad (5)$$

jossa k_1 on reunapuristuskestävyyden kerroin, joka ottaa huomioon kohtisuorassa suunnassa siirrettävään voimaan nähden olevat mitat, α_b on reunapuristuskestävyyden kerroin, joka ottaa huomioon samassa suunnassa siirrettävän voiman kanssa olevat mitat, f_u on liitettävän peruskomponentin vetomurtolujuus, d on ruuvin nimellishalkaisija ja t on liitettävän peruskomponentin paksuus (Pulkkinen 2015, 27).

Reunapuristuskestävyyden arvo k_1 peruskomponentin reunarivien ruuveille valittiin siten, että se on pienin arvoista (SFS-EN 1993-1-8 2006, 28):

$$k_1 \begin{cases} 2,5 \\ 2,8(e_2/d_0) - 1,7, \end{cases} \quad (6)$$

jossa e_2 on reunaetäisyys ja d_0 ruuvin reiän halkaisija. Reunapuristuskestävyyden arvo α_b peruskomponentin reunarivin ruuveille valittiin siten, että se on pienin alla olevista arvoista (SFS-EN 1993-1-8 2006, 28):

$$\alpha_b \begin{cases} \alpha_d \\ f_{ub}/f_u, \\ 1,0 \end{cases} \quad (7)$$

jossa α_d lasketaan kaavalla (8):

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}. \quad (8)$$

Koska opinnäytetyössä olevat liitokset ovat yksileikkeisiä päällekkäisliitoksia, jossa on vain yksi ruuvirivi, rajoitetaan reunapuristuskestävyys $F_{b,Rd}$ ruuvia kohti arvoon (SFS-EN 1993-1-8 2006, 26):

$$F_{b,Rd} \leq \frac{1,5 f_u d t}{\gamma_{M2}}, \quad (9)$$

Leikkauskestävyys sekä reunapuristuskestävyys laskettiin M10 sekä M16 ruuveille, sillä puolipalkki kiinnitetään asennusjalustoihin M10 ruuviliitoksilla ja IQ Profilereiden asennusadapteri M16 ruuviliitoksilla.

Leikkauskestävyyden kaavassa käytettyjen muuttujien α_v , f_{ub} sekä γ_{M2} arvot saatiin suoraan SFS-EN 1993-1-8 standardista. Laskuissa käytetyt arvot olivat leikkauskestävyyden osavarmuusluvulle α_v 0,6; ruuvin vetomurtolujuudelle 800 N/mm^2 ja ruuvin kestävyyden osavarmuusluvulle γ_{M2} 1,25. Ruuvin bruttopoikkileikkauksen pinta-ala saadaan laskettua kaavalla (10), koska ruuvin kierteet ovat leikkaustasossa ($A = A_s$):

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad (10)$$

jossa d on ruuvin halkaisija. Kun tiedetyt arvot sijoitetaan kaavaan (4), saatiin laskettua leikkauskestävyydet M10 ja M16 ruuveille:

$$F_{v,Rd,M10} = \frac{0,6 * 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{9,03 \text{ mm} + 8,16 \text{ mm}}{2} \right)^2}{1,25} = 22269,51 \text{ N},$$

$$F_{v,Rd,M16} = \frac{0,6 * 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{14,70 \text{ mm} + 13,55 \text{ mm}}{2} \right)^2}{1,25} = 60159,72 \text{ N}.$$

Reunapuristuskestävyyden kerroin k_1 ruuveille laskettiin kaavalla (6):

$$k_{1,M10} = 2,8 \cdot \frac{14,5 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} - 1,7 = 1,68,$$

$$k_{1,M16} = 2,8 \cdot \frac{22 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} - 1,7 = 1,72.$$

Koska laskuista saadut arvot ovat pienempiä kuin 2,5; valittiin ne reunapuristuskestävyyden laskuihin arvoiksi. Reunapuristuskestävyyden kerroin α_d ruuveille laskettiin kaavalla (7):

$$\alpha_{d,M10} = \frac{14,5 \text{ mm}}{3 \cdot 10 \text{ mm}} = 0,40$$

$$\alpha_{d,M16} = \frac{22 \text{ mm}}{3 \cdot 18 \text{ mm}} = 0,41.$$

Arvoja tuli vielä vertailla muihin vaihtoehtoihin kaavassa (7):

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1,57$$

ja arvoon 1,0. Koska molemmilla ruuveilla α_d arvot ovat pienimpiä, käytettiin niitä laskuissa. Vetomurtolujuus f_u S355 teräkselle on 510 N/mm^2 , d on M10 ruuville 10 mm ja M16 ruuville 16 mm, t on 12 mm ja γ_{M2} on 1,25. Sijoittamalla tiedetyt arvot saatiin laskettua reunapuristuskestävyys ruuveille kaavalla (5):

$$F_{b,Rd,M10} = \frac{1,68 \cdot 0,40 \cdot 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}}{1,25} = 32901,12 \text{ N},$$

$$F_{b,Rd,M16} = \frac{1,72 \cdot 0,41 \cdot 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 16 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}}{1,25} = 55242,55 \text{ N}.$$

Kuten edellä mainittu, koska liitokset ovat yksittäisiä päällekkäisliitoksia tulee kuitenkin rajoittaa reunapuristuskestävyyden arvo kaavalla (6). Sijoittamalla tiedetyt arvot kaavaan (6) saatiin laskettua halutut arvot:

$$F_{b,Rd,M10} \leq \frac{1,5 \cdot 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}}{1,25} = 73440 \text{ N},$$

$$F_{b,Rd,M16} \leq \frac{1,5 \cdot 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 16 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}}{1,25} = 117504 \text{ N}.$$

Koska lasketut arvot ovat pienemmät kaavalla (5) kuin kaavalla (6) laskettuna, valittiin kaavan (5) mukaiset arvot työssä päteviksi.

Leikkausrasituksen mitoitussarvo $F_{v,Ed}$ määritettiin työssä maksimikuorman painovoiman mukaan kaavalla (11):

$$F_{v,Ed} = mg, \quad (11)$$

jossa m on maksikuorman massa ja g on putoamiskiihtyvyys. Sijoittamalla maksikuorma m , joka on 2500 kg sekä putoamiskiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$, saatiin laskettua leikkausrasituksen mitoitussarvo kaavalla (11):

$$F_{v,Ed} = 2500 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 24525 \text{ N}.$$

Koska työssä sekä puolipalkki, että asennusadapteri kiinnitetään molemmista päistä neljällä ruuvilla, kerrotaan leikkauskestävyys sekä reunapuristuskestävyys leikettä kohden kahdeksalla. Näin saadaan määritettyä todellinen arvo, jota verrataan leikkausrasituksen mitoitussarvoon. Sijoittamalla luvut kaavoihin (2) ja (3) saatiin varmistettua ruuviliitosten kestävydet:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd,M10} \cdot 8 = 22269,51 \text{ N} \cdot 8 = 178156,08 \text{ N},$$

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd,M10} \cdot 8 = 32901,12 \text{ N} \cdot 8 = 263208,96 \text{ N},$$

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd,M16} \cdot 8 = 481278,76 \text{ N},$$

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd,M16} \cdot 8 = 441940,40 \text{ N}.$$

Laskuista nähdään, että leikkausrasituksen mitoitusarvo $F_{v,Ed}$ on pienempi, kuin lasketut arvot ruuveille, joten ruuviliitokset kestävät leikkausvoimasta johtuvat rasitukset.

7.2 Suunnitellut komponentit

Opinnäytetyössä tarkasteltiin SolidWorksin Simulation Xpress -työkalulla runkoon ja komponentteihin vaikuttavia voimia ja rasituksia kuorman ollessa kiinnitettynä sekä noston aikana. Opinnäytetyössä vaatimuksena oli, että kaikkien komponenttien varmuuskertoimen olisi vähintään kaksi.

SolidWorks Simulation Xpress on aloittelijoille tarkoitettu analyysityökalu, joka kuuluu SolidWorksin Standard- sekä Professional -ohjelmapaketteihin. Kyseisellä ohjelmalla on mahdollista luoda stressianalyysi yksittäisille osille. Ohjelmalla pystyy määrittämään voiman tai paineen vaikutukset kappaleeseen ja luomaan raportin tuloksista. (SolidWorks Simulation Xpress 2018.)

Lujuustarkastelut Simulation Xpress -työkalua hyödyntämällä noudattaa aina samaa kaavaa (kuvio 2). Aluksi määritellään pinta-alat, mistä kappale on kiinnitetty sekä kappaleeseen vaikuttavat voimat tai paineet. Voiman määrittämisessä valitaan voiman suunta ja suuruus. Ennen simulointia valitaan kappaleelle materiaali, jonka jälkeen voidaan tarkastella kappaleen rasituksia ja niiden sijoittumista kappaleessa. Työkalu ilmoittaa myös kappaleen pienimmän varmuuskertoimen sekä osoittaa kyseisen kohdan mallinnuksesta.



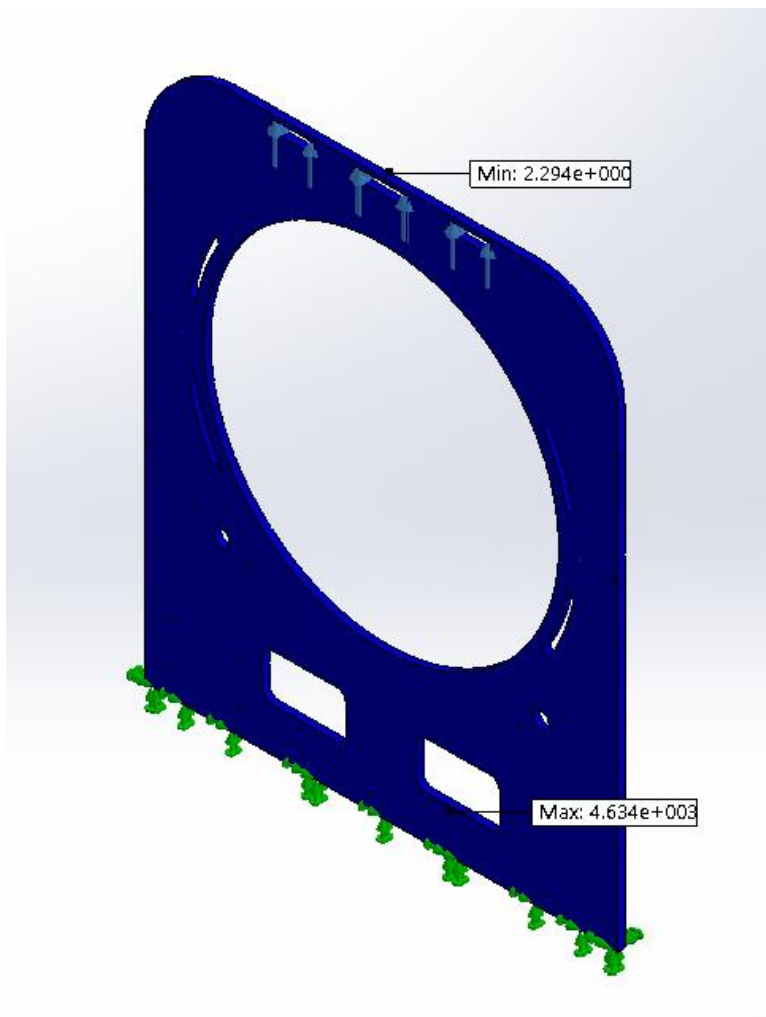
KUVIO 2. Simulation Xpress -työkalun prosessikuvaus

Opinnäytetyössä Simulation Xpress -työkalua hyödyntäen tehdyt lujuustarkastelut kohdistuivat rasituksilta kriittisimpiin komponentteihin. Kuorman ollessa kiinnitettynä asennusjalustoissa, aiheutuu asennusjalustoihin kuorman painovoiman suuruinen voima. Suurin rasitus kuormasta kohdistuu akseleille ja laakereille, jotka kannattelevat asennusjalustojen välissä olevaa kuormaa. Akseleihin kohdistuu tällöin leikkausta ja taivutusta, joista

leikkaus on dominoivampi. Muita kriittisiä kohtia komponenteissa kuorman ollessa kiinnitettynä, on muun muassa kiinnityskiekon ruuvien kiinnityskohdat.

Nostossa aiheutuvat voimat kohdistuvat kriittisimmin nostoruuvien holkkeihin, kansilevyyn sekä etu- ja takalevyyn kansilevyn sovitereikien kohdalta. Työssä tarkasteltiin kaikkien edellä mainittujen komponenttien lujuuksia ja rasituksia noston aikana.

Alla olevassa kuvassa (kuva 6) on esitetty etulevyn varmuuskertoimiin liittyvä kuva. Vaalean siniset nuolet kuvassa kuvaavat kappaleeseen vaikuttavia voimia ja vihreät nuolet kuvaavat kappaleen kiinnityspinta-alaa.



KUVA 7. Etu- ja takalevyn noston simulointi

Kuvassa sinisellä oleva pinta-ala tarkoittaa, että varmuuskerroin tässä kohdassa on yli yksi. Mikäli kuvassa olisi alueita punaisella tarkoittaisi se, että kappaleen varmuuskerroin on tässä kohdassa alle yksi eikä se kestäisi määritettyä rasitusta. Kuvassa on esitetty myös

varmuuskertoimen pienin ja suurin arvo. Pienin varmuuskertoimen arvo on etulevyn keskimmäisen sovitereiän kohdalla ja se on noin 2,3. Raportti sisältää yllä olevan lisäksi muun muassa tarkat tiedot kappaleen painosta, kiinnityskohdista, voimista sekä eri analyyseistä kuten von Mises -hypoteesiin perustuvan stressianalyysin (liite 4).

8 LAITTEEN DOKUMENTOINTI

Työn tärkeimpänä tuloksena saatiin mallinnettua asennusjalustat sekä luotua niistä valmistus- ja kokoonpanokuvat sekä hitsauskokoonpanot, jotka olivat opinnäytetyön tavoitteena. Valmistuskuvat tehtiin jokaisesta työn valmistettavasta osasta ja ne siirrettiin Valmetin käyttämään Aton-tietokantaan SolidPDM-ohjelman avulla. Atoniin siirrettiin valmistuskuvien lisäksi työssä mallinnetut 3D-kappaleet.

Atonissa tuote saa rakenteen, johon kuuluu pääkokoonpano, alikokoonpanot ja erilliset komponentit, joille määritellään oma nimiketunnus. Osien tallentaminen Atoniin mahdollistaa sen, että tuotetta voi tarkastella kaikki, joilla on oikeudet tietokantaan, jonka lisäksi se helpottaa tuotteen rakenteen hallintaa ja etsimistä.

Mallinuksia päästiin tarkastelemaan ja simuloimaan työssä tehdyn kokoonpanon pohjalta, jossa asennusjalustoihin on kiinnitetty 4 metrinen puolipalkki (liite 5). Tämän avulla voitiin asentajille esitellä tuotosta ja nähtiin konkreettisesti kiinnitykset sekä miltä kyseiset asennusjalat näyttäisivät. Puolipalkkia pystyttiin pyörittämään kyseisessä kokoonpanossa, jolloin nähtiin myös muun muassa kääntövarren liikerata.

SolidPDM-ohjelmaa hyödyntämällä pystyttiin valmistuskuviin lisäämään osan valmistukseen tarvittavat työt sekä materiaali, josta osa valmistetaan. Pintakäsittelyn, kuten värin ja maalauksen ohjeet, saa lisättyä erillisenä tekstilaatikkona kuvaan, josta se on tuotteen valmistajan helppo löytää. Liitteenä olevasta pohjalevyn valmistuskuvasta (liite 6) voi nähdä, miltä lopullinen valmistuskuva merkitöineen ja tietöineen Atonissa näyttää.

Suurin osa suunnitelluista osista asennusjalustoihin valmistetaan laserleikkaamalla. Tästä johtuen piti kaikille laserleikattaville tuotteille luoda myös DXF-tiedosto. Valmistuskuvan yhteyteen liitettiin toinen tyhjä arkki/sivu, johon valittiin laserleikattavan tuotteen projektio edestä 1:1 koolla. SolidPDM luo kyseisestä arkista automaattisesti DXF-tiedoston PDF-tiedoston lisäksi, jotka ovat helppo lähettää kuvapakettina suoraan esimerkiksi konepajalle.

Valmistuskuvien lisäksi luotiin tuotteille asennus- ja käyttöohjeet, huolto- ja ylläpito-ohjeet sekä riskianalyysi. Asennus- ja käyttö ohjeet sisältävät laitetta koskevat varoitukset

ja turvallisuusohjeet, laitteen kierrätykseen ja hävitykseen liittyvät asiat, laitteen rakenteen ja toimintaperiaatteen, asennuksen ohjeistuksen, käytön ohjeistuksen sekä tekniset tiedot.

Huolto- ja ylläpito-ohjeissa käsitellään laitteen ylläpidon aikataulua sekä laitteen huolto-ohjeita. Huolto-ohjeissa käydään läpi mekaanisten saumojen tarkastaminen, laakeripesän tai akselin vaihtaminen, akseleiden ohjausholkkien vaihtaminen sekä yläosan ohjauspalan vaihtaminen.

9 POHDINTA

Opinnäytetyötä voidaan pitää kokonaisuudessaan onnistuneena, sillä asetetut tavoitteet saavutettiin ja lähtötilanteen ongelmaan saatiin suunniteltua ratkaisu. Opinnäytetyön tulokset vastasivat toimeksiantajan määrittämiä tavoitteita. Työn aikana tehtyjen haastattelujen perusteella sekä valmistuskuvista saaman palautteen pohjalta voidaan vetää johtopäätös, että asennusjalustojen suunnitteluprosessi onnistui hyvin.

Työn tuloksena saatiin luotua suunnitelluista asennus- ja testausjalustoista tarvittavat dokumentit laitteen valmistusta sekä käyttöä varten. Valmistus- ja kokoonpanokuvista tehtiin kuvapaketit, jotka lähetettiin tarjouspyynnön muodossa konepajalle sekä muovityöstöä tekeväälle yritykselle. Käyttö- ja huolto-ohjeiden pohjalta tulee opastaa asentajia asennus- ja testausjalustojen turvalliseen sekä oikeaoppiseen käsittelyyn ennen laitteen varsinaista käyttöönottoa.

Suunniteltuja asennusjalustoja voidaan pitää prototyypinä jatkoa ajatellen. Laitteen suunnittelun aikana tuli idea muun muassa kammien ja vaihteiston hyödyntämisestä asennusjalustan pyörittämisessä niin, että kiinnityskiekon ulkokehä olisi hammastettu. Kyseinen ratkaisu olisi kuitenkin kalliimpi ja haastavampi toteuttaa, ottaen huomioon, että laite on vielä prototyyppi. Laitteen käyttöönoton jälkeen nähdään, kuinka suuri esimerkiksi kitka todellisuudessa ohjausholkkien sekä kiinnityskiekon välillä on. Asennusjalustojen käytön aikana esiintyviin ongelmakohtiin on tarkoitus paneutua tulevaisuudessa ja jatkojalostaa laitteesta mahdollisimman toimiva kokonaisuus.

Opinnäytetyötä tehdessä on noudatettu kaikilla osa-alueilla eettisiä toimintatapoja noudattamalla työnantajan salassapitovaatimuksia, ohjeita sekä määräyksiä. Olen käyttänyt työssä luotettavia lähteitä ja pyrkinyt varmistamaan tiedot useammasta eri lähteestä. Osan suunnittelussa käyttämästä tiedosta sain suoraan asentajien ja suunnittelijan kokemuksen kautta, mutta olen pyrkinyt opinnäytetyössä etsimään kaikille käyttämilleni ratkaisuille faktaan pohjautuvaa tietoa eri tietolähteistä.

LÄHTEET

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J. & Salonen P. 2014. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2010. Konetekniikan perusteet. 7.-8. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

Laine, B. Supply Chain Engineer. Haastattelu 12.3.2018. Nieminen, E. Litteroitu. Tampere.

Ohralahti, V. Assembler. Haastattelu 27.2.2018. Nieminen, E. Litteroitu. Tampere.

PLM Group. SolidWorks PDM. Luettu 12.3.2018.
<https://plmgroup.fi/tuotteet/ohjelmistot/solidworks-pdm/>

Pulkinen K. 2015. Pyörivien koneiden ruuviliitosten mitoitus ja mitoitusohjelman laadinta standardien mukaisesti. Konetekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.

SFS 2373. 1980. Hitsaus. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta.

SFS-EN 1993-1-8. 2006. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus.

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen.

SolidWorks. 2018. SolidWorks Simulation Xpress. Luettu 12.3.2018.
<http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/simulation-xpress.htm>

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Valmet. 2018. Valmet IQ – Quality management system. Luettu 9.3.2018.
<http://www.valmet.com/automation-solutions/valmet-iq-quality-control-system/>

Valmet. Valmet yrityksenä. Luettu 22.2.2018.
<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-yhyesti/liiketoiminnat/automaatio/>

Välimaa, V., Kankkunen, M., Lagerroos, O. & Lehtinen, M. 1994. Tuotekehitys – Asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

LIITTEET

Liite 1. Tuoteturvallisuuden riskin arviointi



194.111.136.1PCJTGehäuseeinheiten

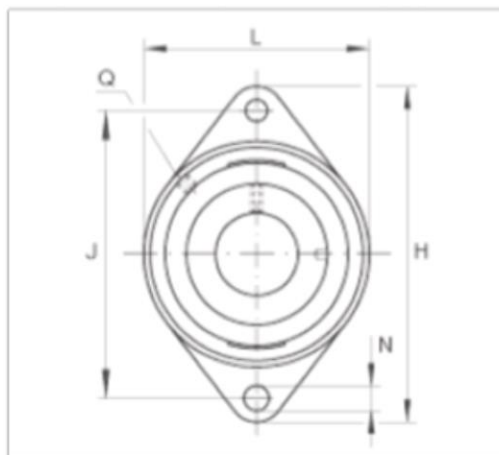
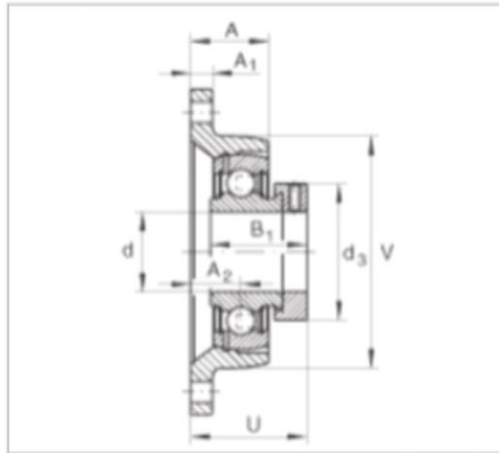
Housing units PCJT25-XL-N (Series PCJT)



two-bolt flanged housing units, cast iron, eccentric locking collar, P seals

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system (https://www.schaeffler.de/content.schaeffler.de/en/news_media/index.jsp) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

d	25 mm
H	124 mm
U	42,5 mm
A	26,5 mm
A ₁	11 mm
A ₂	19 mm
B ₁	31 mm
d _s max	37,5 mm
J	99 mm
L	70 mm
N	11,5 mm
Q	M6
V	70 mm
m	0,58 kg Mass
C _r	14900 N Basic dynamic load rating, radial
C _{0r}	7800 N Basic static load rating, radial
	CJT05 Designation of housing
	GRAE25-XL-NPP-B Designation of bearing
	KASK05 Bearing end cap, closed design. To be ordered separately.
	Slot for bearing end cap



Liite 3. Rungon kokoonpanon hitsauskuva

Liite 4. von Mises -stressianalyysi

Liite 5. Puolipalkin kokoonpano asennusjalustoilla

Liite 6. Pohjalevyn valmistuskuva