

Henry Vierikko

CTL:n testiympäristön rakentaminen ja pilotointi

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Vierikko Henry

Työn nimi: CTL:n testiympäristön rakentaminen ja pilotointi

Ohjaaja: Samuel Suvanto

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä: 1

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja rakentaa automaattiselle ohutlevyvarastolle testiympäristö. Testiympäristö nopeuttaisi tuotantoa ja takaisi tasaisemman laadun. Testiympäristön suunnittelu alkoi järjestelmän kehittämisestä.

Työn tavoitteena oli suunnitella, kuinka testiympäristö rakennettaisiin ja millaisia rakenteellisia muutoksia toimiva ympäristö vaatisi. Tavoitteena oli myös rakentaa ja pilotoida ensimmäinen testiympäristö.

Testiympäristön suunnittelu aloitettiin tutkimalla varsinaista varastojärjestelmää ja sen valmistuksen kulkua. Päätettiin siirtää lohkojen kokoonpano alihankintaan ja tarkkailla tästä tullutta laatua. Tästä jatkettiin tutkimalla järjestelmän rakennetta tarkemmin ja miettimällä, minkälaisilla muutoksilla järjestelmästä tulisi helpompi asentaa niin tehtaalla testiympäristöön kuin myös maailmalla lopulliseen sijoitukseensa.

Laatu ei saavuttanut työn aikana vaadittua tasoa lohkojen suhteen, joten rakentaminen ja pilotointi jäi tekemättä. Suunnittelu ja kehitystyö on valmis, joten yritys voi toteuttaa rakentamisen itse haluamanaan ajankohdana.

Avainsanat: testiympäristö, laatu, suunnittelu, kehitystyö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Vierikko Henry

Title of thesis: Construction and piloting of CTL test environment

Supervisor: Suvanto Samuel

Year: 2019

Number of pages: 39

Number of appendices: 1

The aim of the thesis was to design and construct a test environment for an automatic sheet storage system. The test environment would speed up the rate of production and would allow a more stable level of quality.

The goal was to design how the test environment would be constructed and what kind of structural changes would be required for a functioning test environment. Constructing and piloting the first test environment was also one of the goals.

Designing the test environment started with examining the storage system and its production. We decided to outsource the leg subassembly and inspect the quality of the legs. We continued by examining the structure of the storage system more closely and by planning how the structure would have to be changed to allow more fluent construction both in the test environment and on the client's side.

The quality of the legs did not meet the required quality during the process of the thesis, therefore we did not do the construction and piloting of the first test environment. The design and research of the environment was done, so the company would be able to construct the test environment whenever they desired.

Keywords: test environment, quality, designing, research

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tausta ja tavoitteet	10
1.2 Yritysesittely	11
2 KOKOONPANOOTEHTAAN TUOTANTONÄKÖKULMIA.....	12
2.1 Teollinen tuotanto.....	12
2.2 Laatu	14
2.3 Tuotteen kehittäminen.....	15
2.4 Ulkoistaminen.....	17
2.5 Tuotetestaus ja käyntiinajo.....	20
3 TUOTANTO	22
3.1 Tuotteet.....	22
3.2 Tuotantotilat	23
3.3 Varastojärjestelmien solu	24
3.4 Tuotantoprosessi.....	25
4 LOHKOJEN KOKOONPANO-OHJE	27
4.1 Testiympäristön käyttöönoton vaiheistus	27
4.2 Valmistelut	27
4.3 Lohkon ohjeen vaatimukset	30
4.4 Ohje	30
5 KEHITTÄMINEN JA TESTIYMPÄRISTÖN VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN.....	32
5.1 Kehittäminen valmistus- ja asennusystävällisemmäksi	32
5.2 Testiympäristön vaatimukset.....	33
6 TULOKSET	35

7 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET.....	37
LIITTEET.....	39

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1 Combo Tower Laser (Combo Tower laser 2018).....	22
Kuva 2 Kasetti.....	23
Kuva 3 Nosturin ketju.....	23
Kuva 4 Finn-Power tehtaan sijainti.....	24
Kuva 5 Tehtaan layout.....	25
Kuva 6 Lohkot silloitushitsattuna.....	29
Kuva 7 Kannakkeet silloitushitsattuna.....	29
Kuvio 1 Tuotannon vaihtelevuus (logistiikan maailma 2015).	12
Kuvio 2 Kokonaisvaltainen laadunhallinta (Laatu yrityksen menestystekijänä 2002 19).....	14

Käytetyt termit ja lyhenteet

CT	Combo Tower. Automaattinen kasettivarastojärjestelmä, jossa on vaihteleva määrä hyllypaikkoja
CTL	Combo Tower Laser. Automaattinen kasettivarastojärjestelmä, jossa on vaihteleva määrä hyllypaikkoja, sisältää myös haarukat ja imukuppitarraimen yksittäisten ohutlevyjen siirtoon.
DFM	Design For Manufacturing, tarkoittaa tuotteen suunnittelua valmistaminen etusijalla.
DFA	Design For Assembly, tarkoittaa tuotteen suunnittelua kokoonpano etusijalla.
Ulkoistaminen	Ergo Outsourcing, tarkoittaa tuotteiden tai palveluiden hankintaa yrityksen ulkopuolelta.
NT	Night Train. Automaattinen korkeavarasto, hyllystöjuna on kahdenlaisia: Brilliance, eli juna, jossa on neljät haarukat yksittäisten lavojen ja palettien siirtämiseen ja Genius, joka on ketjuilla kasetteja liikuttava juna.
Käyntiinajo	Käyntiinajo tarkoittaa koneiden tai laitteiden testaamista ennen asiakkaalle lähettämistä. Tällä varmistetaan koneiden toimivuus ja laadukkuus.
FAT	Factory acceptance testing, tehtaalla suoritettava käyntiinajo.
SAT	Site acceptance testing, asiakkaalla suoritettava käyntiinajo.
Pääkone	Pääkone on tilatun järjestelmän levytyökeskus tai laser. Sanotaan pääkoneeksi, koska laite on järjestelmän tärkein osa ja tähän laitteeseen kaikki muut oheislaitteet liitetään.

Combi-kone	Combi-kone, eli yhdistelmäkone, tarkoittaa iskevää levytyökeskusta, jossa on myös laserleikkuuominaisuus.
Leikkuupää	Leikkuupää tarkoittaa Combi-koneen lasermoduulia, mikä sisältää linssin ja laserin korkeus akselin.
Revisio	Revisio on sarjamuutoksen sisällä oleva päivitys.
Sarjamuutos	Sarjamuutos on suurempi muokkaus, jossa usein tapahtuu radikaaleja muutoksia tuotteeseen.
Koordinaattipöytä	Tarkoitetaan levytyökeskuksessa olevaa palkkia mihin on ohutlevyyn tarraavat kynnet kiinnitetty. Palkki liikuttaa ohutlevyä X-suunnassa.
Leikkuri	Tarkoittaa levytyökeskukseen kiinnitettävää leikkuria, joka leikkaa ohutlevyn tasaiseen 90° kulmaan.
Compact	Compact tarkoittaa laitetta, missä on nosto-ovi ja purku- tai lastauspöytä.
Optio	Optiolla tarkoitetaan erilaisia asiakkaan valitsemia sisäisiä vaihtoehtoja, kuten kuljettimia tai järjestelmän korkeutta.
Keräys	Keräyksellä tarkoitetaan vaihetta, jossa varastosta kerätään tuotteen valmistukseen tai sen eri vaiheisiin vaadittavat nimikkeet ja kuljetetaan ne työpisteelle.
Jigi	Jigillä tarkoitetaan telinettä tai rakennetta, johon voi asettaa komponentit paikoilleen hitsausta varten. Jigi varmistaa, että komponentit ovat aina oikealla paikalla.
Ranka/Skeleton	Ranka tarkoittaa ohutlevyä, josta on jo leikattu komponentit pois.
Magneettierottelija	Magneettierottelija on voimakas magneetti, jonka tehtävänä on erotella nostettavat levyt toisistaan.

Kasetti layout	Kasetti layout on layout, jossa näkyy vaadittavien kannakkeiden määrä ja kannakkeiden sijainti.
Stoppari	Stoppari on rakenne, pultti tai jokin muu saman asian ajava osa, jonka tehtävänä on estää jonkin asian eteneminen pidemmälle, muttei kumminkaan saa lukita asiaa paikoilleen.
Ensimmäinen lohko	Ensimmäinen lohko tarkoittaa lohkoa, mihin nosturi ja ylärunko kiinnitetään kaksilohkoisen varastojärjestelmän tapauksessa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Työn taustana on tuotannossa olevan kahden tuotteen CT, Combo Tower ja CTL, Combo Tower Laser, tuotteet esitelty tarkemmin kappaleessa 3.1, pitkä läpimeno aika ja liian vaihtelevat tuotteet. Tuotteet ovat erittäin laajasti yksilöitäviä, mikä heijastuu pitkässä valmistusajassa. Valmistusajan pituus suhteessa yksilöitävyyteen näkyy tuotannossa siten, että koska yksilöitävyys antaa asiakkaalle mahdollisuuden vaikuttaa hyvin lähellä tuotannon aloittamista paljon tuotteeseen, ei laitteisiin voi valmistaa etukäteen komponentteja ennen tuotannon kokoonpano vaiheen aloittamista. Tällä hetkellä läpimeno aika, ilman viallisia tuotteita tai erilaisia komplikaatioita, on normaalissa CT-mallisessa koneessa noin viisi arkipäivää: kaksi päivää menee laitteen kokoonpanossa, kaksi käyntiinajoon ja yksi laitteen purkuun ja pakkaamiseen. Tällä hetkellä ei ole olemassa näille tuotteille minkäänlaista testiympäristöä, joten laite tällä hetkellä asennetaan kokonaan käyntiinajoa varten. Valmis ja toimiva testiympäristö vähentäisi potentiaalisesti kokoonpanosta 5–6 tuntia, purusta ja pakkauksesta noin 5 tuntia ja käyntiinajosta noin 3 tuntia, koska kaikkia tuotteen komponentteja ei tarvitse asentaa ja tämän takia kaikkia komponentteja ei enää testata. Testiympäristö myös mahdollistaa alihankinnan laajemman käytön komponenttien kokoonpanon suhteen. Laitteen testiympäristö on pääpiirteittäin suunniteltu, mutta käyttöönotto vaatii tuotteen muuttamista modulaarisemmaksi ja helpommaksi asentaa. (Lohkojen ongelmat 2018.)

Työn tavoitteena on uuden testiympäristön käyttöönotto. Tämä sisältää testiympäristön rakentamisen, pilotoinnin ja käyttöönoton sekä rakennus-, pilotointi- ja käyttöönottovaiheissa vastaan tulleiden seikkojen ensimmäisten jatkokehitysehdotusten laatimisen. Lisäksi työn aikana laaditaan alihankkijalle siirtyvien kokoonpanojen kokoonpano-ohjeet. Kaikki tämä suoritetaan siten, että vähintään nykyinen laatu kyetään ylläpitämään. Ohjeiden tavoitteena on tehdä lyhyet ja selkeät ohjeet alihankkijalle. Tuotteet ovat rungoiltaan samanlaiset, joten samanlainen testiympäristö käy molempien järjestelmien testaukseen ja käyntiinajoon.

1.2 Yritysesittely

Finn-Power Oy on seinäjokinen, aiemmin kauhavalainen, metallityöstökoneita valmistava yritys, joka valmistaa levytyökeskuksia, varastojärjestelmiä sekä näihin liittyviä tuotteita.

Vuonna 1969 Jorma Lillbacka perusti yrityksen Lillbacka Powerco Oy. Vuonna 1973 tulivat markkinoille ensimmäiset Finn-Power-merkkiset hydrauliset letkuliitinpuristimet. Läpimurto yritykselle tapahtui vuonna 1985 numeerisesti ohjatulla hydraulisella levytyökeskuksella. Lillbacka laajensi levytyökeskuksista särmäyspuristimiin ostamalla vilppulalaisen Jaromet Oy:n vuonna 1988. Levyntyöstötekniologia (Finn-Power Oy) ja puristintekniologia (Lillbacka Oy) eriytettiin vuonna 1994 omiksi yhtiöiksi. Vuonna 2000 Finn-Power Oy liitettiin pörssiin.

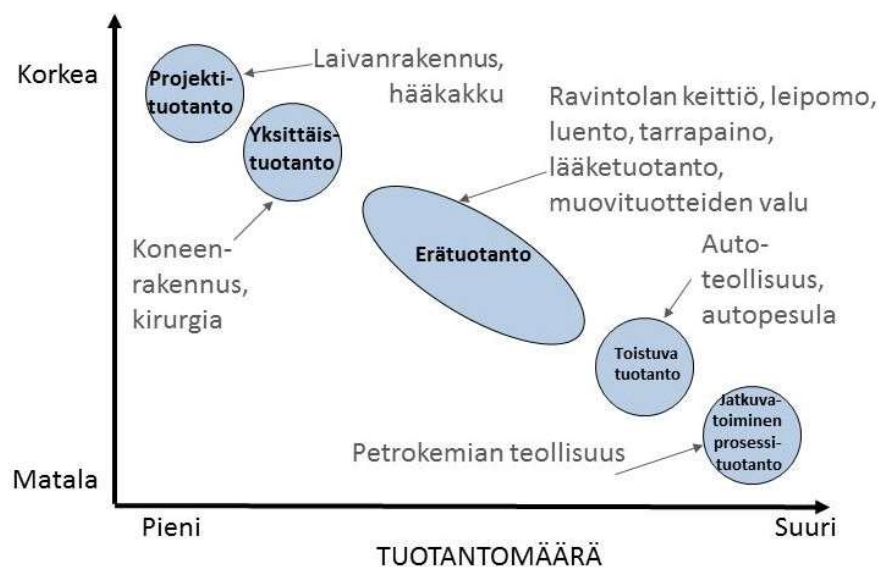
Vuonna 2002 Lillbacka myi Finn-Power Oy:n EQT Northern Europe Ltd -pääomasijoitusyhtiölle, joka myi yrityksen vuonna 2008 Prima Industrie -konsernille. Prima Industrie omistaa 100 % yrityksestä Finn-Power ja Finn-Power omistaa 100 % tytäryhtiöstään Finn-Power Italia Srl:stä.

Prima Industrien alla on kaksi osaa, Prima Power ja Prima Electro, joista Prima Electro keskittyy lasertekniikan alalle ja Prima Power keskittyy ohutlevyn työstöön. Tämän takia Finn-Power Oy tunnetaan suurilta osin nimellä Prima Power. Vuonna 2017 Finn-Power Oy:n liikevaihto oli 137 miljoonaa euroa ja yrityksessä oli henkilöstöä 371.

2 KOKOONPANOTEHTAAN TUOTANTONÄKÖKULMIA

2.1 Teollinen tuotanto

Teollinen tuotanto voidaan jakaa yleisesti kahteen tuotantomuotoon: prosessituotantoon ja kappaleletavaratuotantoon. Näitä kahta voidaan tarkentaa tarkastelemalla tuotannon määrää eli tuotantovolyyymiä sekä valmistettavan valikoiman laajuutta. Kuviossa 1 on esitetty keskeisimmät tuotantotyypit tämän jaottelun mukaisesti.



Kuvio 1 Tuotannon vaihtelevuus (logistiikan maailma 2015).

Tuotantomuodot asettuvat Hayesin ja Wheelwrightin esittelemässä mallissa variaatioiden määrän ja tuotantovolyymin mukaan seuraavasti (Logistiikan maailma 2015.):

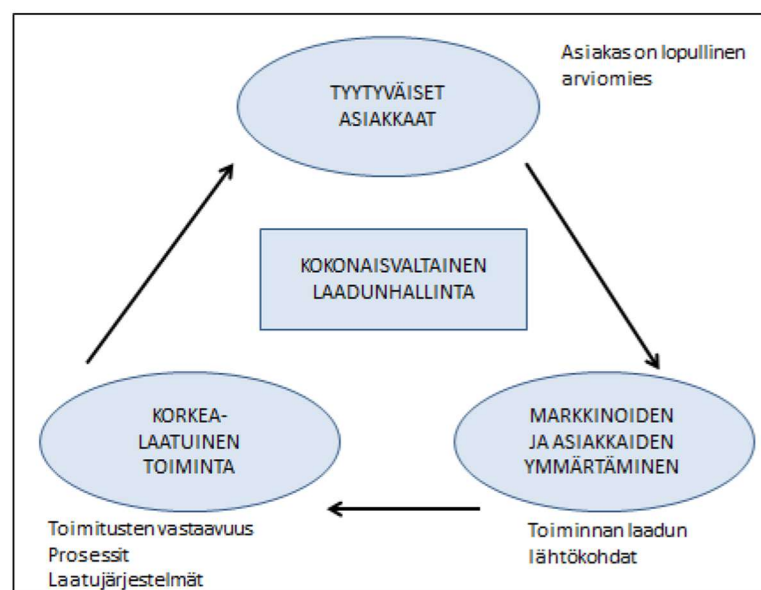
- **Projektituotanto:** Käytännössä loputon määrä erilaisia variaatioita jokaisen tuotteen ollessa oma yksilönsä, mutta määrällisesti niitä tuotetaan vähän. Vastakkainen ääripää on prosessituotanto, minkä piirteet ovat suuret tuotantovolyymit, mutta eri tuotevariaatioita on hyvin vähän.

- **Yksittäistuotanto:** Perustuu yleisesti joustaviin resursseihin, jotka ovat kyvykkäitä tuottamaan hyvin erilaisia tuotevariaatioita. Nämä resurssit ovat organisoitu tuotantotehtävän mukaan (ns. funktionaalinen layout, jossa samantyyppiset toiminnot on ryhmitelty yhteen, esim. kokoonpano ja hitsaus). Tuotantoon usein liittyy myös projektikohtaista tuotesuunnittelua. Tuotannossa on kuitenkin tietynlaista toistuvuutta, mikä erottaa sen selkeämmin projektituotannosta.
- **Erätuotanto:** Tuotteita valmistetaan nimen mukaisesti valmistuserissä. Samoja tuotteita valmistetaan toistuvasti, mutta ei kuitenkaan koko aikaa. Tuotanto voidaan organisoida esimerkiksi tuotantosoluiksi tai virtautetuksi tuotannoksi.
- **Toistuva tuotanto:** Tuotteet valmistetaan tyypillisesti linjoissa, joissa jokainen työpiste tekee tarkkaan määritellyt tehtävät. Toistuvassa tuotannossa haetaan tarkalla työn organisoinnilla kustannustehokkuutta. Tuotteissa voi periaatteessa olla paljonkin variaatioita, kuten esimerkiksi modernissa auto-tehtaassa, mutta variaatiot pyritään suunnittelemaan siten, että niiden vaikutus valmistukseen olisi mahdollisimman pieni. Tuotannon vaihtelevuus on matala siinä mielessä, että täysin erilaisen tuotteen valmistus vaatii usein kokonaan uuden valmistuslinjan.

Käytännössä jako eri tuotantotyyppien välillä ei ole ehdoton. Samaa tuotetta voidaan valmistaa useassa eri muodossa, esimerkiksi laitevalmistajalla voi olla tuotantolinja korkean volyymin tuotteille, ja yksittäistuotantona valmistetaan asiakasräätälöidyt tuotteet. Myös tuotannon eri vaiheet voivat olla käytännössä eri tuotantomuotoja, esim. osavalmistus tapahtuu erätuotantona ja loppu kokoonpano toistuvana tuotantona. (Logistiikan maailma 2015.)

2.2 Laatu

Suomalaiset yritykset eivät yleisesti kykene kilpailemaan hinnassa, mutta laatu ja ammattitaito ovat valttikortteja, joita monet suomalaiset yritykset käyttävät ylpeydellä. Laatua verrataan ja mitataan asiakkaiden tarpeisiin, vaatimuksiin ja odotuksiin. Yrityksen toiminta on laadukasta, jos asiakas on tyytyväinen saamiinsa tuotteisiin. Sisäisen toiminnan tehokkuus ja virheettömät lopputuotteet eivät takaa korkeata laatua, vaan edellytyksenä on ulkopuolisen arvioijan, asiakkaan näkemys. (Laatu yrityksen menestystekijänä 2002. 18)



Kuvio 2 Kokonaisvaltainen laadunhallinta (Laatu yrityksen menestystekijänä 2002 19).

Laadun käsitteellä on monta eri tulkintaa riippuen kulmasta mistä katsoo. Yleisimmin laadun ymmärretään olevan asiakkaiden tarpeiden täyttämistä mahdollisimman tehokkaasti ja kannattavasti. Laatu sisältää lisäksi suoritus tason jatkuvaa kasvua niin nopeasti, kuin kehitys sallii. Kehitystä saadaan paitsi omasta laatutyöstä, myös maailmalta, innovaatiosta, kilpailijoilta sekä yhteiskunnan ja markkinoiden muutoksesta. Laatuun kuuluu lisäksi periaate tehdä kerralla oikein, niin virheettömyyden suhteen kuin myös oikeiden asioiden tekeminen. On olemassa myös ylilaatua, jolloin yritys tekee liian laadukasta asiakkaan tarpeisiin nähden. Tarvittava laadun taso tulee mukauttaa jokaiseen tilanteeseen sopivaksi. (Laatu yrityksen menestystekijänä 2002. 18)

Laatuun liittyy useita ominaisuuksia ja tunnusmerkkejä eri näkökulman mukaan, nämä ominaisuudet täydentävät toisiaan. Paul Lillrank on esittänyt kuusi erilaista näkökulmaa laadun tarkasteluun (Laatu yrityksen menestystekijänä 2002. 20-21):

- **Valmistuslaatu:** Valmistusprosessiin keskittynyt, valmistuksen määritysten mukainen tuotteiden valmistaminen. Perinteinen laadunvalvonta tukeutuu tähän. Virheitä poistetaan ja ennakoidaan prosessia kehittämällä.
- **Tuotelaatu:** Suunnittelun osuus korostuu laadun määrittämisessä.
- **Arvolaatu:** Paras kustannus-hyötysuhde määrittää korkeimman laadun.
- **Kilpailulaatu:** Mikäli laatu on sama kuin kilpailijoilla, on se riittävä. Korkeampi laatu määritetään ylilaaduksi.
- **Asiakaslaatu:** Mikäli laatu täyttää asiakkaan tarpeet, on se tarpeeksi laadukas.
- **Ympäristölaatu:** Laatu mitataan tuotteen elinkaaren ja resurssien kulutuksen mukaan.

2.3 Tuotteen kehittäminen

Asiakkaan tarpeisiin keskittyneeseen suunnitteluun kannattaa panostaa tuotteen kehityksen konseptivaiheessa, mutta tuotteen suunnittelun loppuvaiheissa tulisi keskittyä tuotteen valmistuksen helpottamiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa tuotteen suunnittelua valmistuksen helpottamiseksi, eli DFM (Design For Manufacturing) periaatetta. Tuotteiden ollessa ”valmiita” täytyy tuotteesta tehdä uusia revisioita, joissa korjataan tuotannossa tai käytössä havaittuja virhekohtia. Revisioita voidaan tehdä joko useita pienin väliajoin seuraten samalla aina uusimman revision toimintaa tai kerralla jokainen korjauskehotus sarjamuutokseen, jolloin sen tuotantoon saamisessa kestää kauemmin ja siinä saattaa tulla uusia virhekohtia, joita ei suuressa muutoksessa huomata 3D-mallista. (Product design and development 2012, 265.)

Boothroyd ja Dewhurst kannattavat kokoonpanon jatkuvan arvioinnin ylläpitämistä. Tämän lisäksi he esittävät kokoonpanotehokkuuden konseptia. Tämä mittaa teoreettisen minimi kokoonpanoajan ja todellisen kokoonpanoajan suhdetta indeksinä, jota kutsutaan DFA-indeksiksi. Tämä konsepti on hyödyllinen kokoonpanokustannusten koostumuksen arvioinnissa.. DFA-indeksin laskukaava on (Product design and development 2012. 268):

$$DFA - indeksin = \frac{(Teoreettinen\ minimimäärä\ osia) * (3\ sekuntia)}{Arvoitu\ kokonaiskokoonpano\ aika} \quad (1)$$

Osien teoreettinen minimimäärä saadaan selville kysymällä kolme eri kysymystä jokaisessa kokoonpanovaiheessa. Vain osat, jotka täyttävät yhden tai useamman kysymyksen vaatimukset, ovat "teoreettisesti" erillään (Product design and development 2012, 268.):

1. Täytyykö osan liikkua suhteessa muuhun kokoonpanoon? Pieniä liikkeitä, jotka voidaan saavuttaa myöntymällä (eli saranat, jouset jne.), ei lasketa.
2. Täytyykö osa tehdä eri materiaalista kuin muu kokoonpano fundamentalisista syistä?
3. Täytyykö osan olla erillään kokoonpanosta huolto-, vaihto- tai korjaussyistä?

Kolme sekuntia määräytyy käsittelyn ja asettamisen teoreettisen minimiajan mukaan. Voidaan ajatella, että tämä on keskivertoaika, joka vaaditaan pienen osan asentamiseen. Osa, jota on helppo käsitellä ja helppo asentaa. Kahdella tuotteella, joilla osien määrä on identtinen, saattaa kokoonpanoaika olla eri jopa kahden tai kolmen kertoimella. Tämä johtuu siitä, että aika, joka kuluu osien käsittelyssä ja asentamisessa, on toisessa näistä tuotteista monimutkaisempaa. Ideaalin kokoonpano-osan tunnusmerkit ovat (Product design and development 2012. 269-270):

- **Osa asetetaan kokoonpanoon yläpuolelta.** Tätä kutsutaan z-akseli-kokoonpanoksi. Kun käytetään z-akseli-kokoonpanoa kaikilla osilla, ei kokoonpanoa tarvitse missään vaiheessa kääntää eri orientaatioon, painovoima hoitaa osan osittaisen asettamisen ja yleisesti kokoonpanija näkee kohteen, mihin osa tulee asettaa.

- **Osa on itse-asettuva.** Osat, joilla on tarkka sijoitus kokoonpanossa, vaativat hitaita ja tarkkoja liikkeitä kokoonpanijalta. Osat ja kokoonpano voidaan suunnitella itse-asettuvaksi, jotta kokoonpanijalta ei tarvita tarkkoja liikkeitä. Yleisin keino tähän on särmäys/viistous.
- **Osaa ei tarvitse kääntää.** Osat, joiden pitää olla tietyssä orientaatioissa kiinnittämistä varten, vaativat enemmän aikaa asentamiseen kuin osat, jotka eivät vaadi. Pahimmassa tapauksessa osan tulee olla oikeassa orientaatioissa kolmessa akselissa.
- **Osan asentaminen vaatii vain yhden käden.** Tämä piirre on suoraan suhteessa osan kokoon ja siihen panokseen, mitä sen käsittely vaatii. Mikäli kaikki muu vaatii saman panoksen, kappaleet, jotka voidaan asentaa yhdellä kädellä, vaativat vähemmän aikaa. Sama pätee osiin, joita täytyy liikuttaa nosturilla.
- **Osa ei vaadi työkaluja.** Mikäli osan asentamiseen tarvitaan työkaluja, se vaatii enemmän aikaa yleisesti kuin osat, jotka eivät vaadi.
- **Osa asennetaan yhdellä, lineaarisella liikkeellä.** Pinnin painaminen vaatii vähemmän aikaa kuin ruuvien ruuvaaminen. Tästä syystä markkinoilla on paljon kiinnikkeitä, jotka voidaan asettaa yhdellä liikkeellä.
- **Osa kiinnitetään pysyvästi heti asettamisen jälkeen.** Jotkut osat vaativat lisätoimenpiteitä kiinnitykseen, kuten kiristystä, hitsausta tai toista osaa. Kunnes osa on kiinnitetty, saattaa kokoonpano olla epävakaa tai vaatia ylimääräistä huomiota tai kannakkeita tai hitaampaa kokoonpanoa.

2.4 Ulkoistaminen

Outsourcing – välituotteiden ja palveluiden hankinta ulkopuolisilta toimittajilta sen sijaan, että ne tehtäisiin itse – on yleistynyt viime vuosien aikana. Samalla yritysten välinen tuotantoyhteistyö ja verkostoituminen ovat lisääntyneet ja muuttaneet osin muotoaan. On normaalia yritystoiminnassa, että suurin osa tuotantovaiheista sekä

niiden tukitoiminnoista on tehty yrityksen sisäisesti, joko syystä ettei ole ollut kilpailukykyisiä toimittajia teknologian osaamisen puutteesta tai toimittajat yrityksen ulkopuolelta on voitu myös nähdä uhkana laadulle ja yleisesti tuotantoketjun toimivuudelle. (Ulkoistaa vai ei – Outsourcing teollisuudessa 2001. esipuhe)

Outsourcingilla eli ulkoistamisella tarkoitetaan välituotteiden, komponenttien ja kokonaisten tuotantovaiheidenkin hankintaa yrityksen ulkopuolisilta toimijoilta. Ulkoistamista pohdittaessa tulee kustannusvertailussa huomioida suhteellisten kustannusten lisäksi ulkoistamiseen liittyvät neuvottelu-, koordinointi- ja valvontakustannukset. Tämän lisäksi olisi arvioitava, minkälaisia vaikutuksia ulkoistamisella on yrityksen innovaatiotoimintaan, tiedonkulkuun ja osaamispääoman kertymiseen. Ulkoistamisessa voidaan havaita useita sopimusehtoja hintakilpailuttamisesta aina strategiseen yhteistyöhön. Ulkoistamisen yleisin tavoite on kustannussäästöt ja voimavarojen kohdentaminen toimintoihin, joissa yrityksellä on kilpailuetua muihin yrityksiin verrattuna. Ulkopuolisella toimittajalla voi olla muitakin asiakkaita välituotteelle, mikä voi mahdollistaa tuotannon skaalaetujen hyödyntämistä ja siten alhaisemmat yksikkökustannukset välituotteelle. Ulkoistamisen merkittävimpiä riskejä on se, että lyhyen ajan kustannustehokkuus houkuttelee yrityksen ulkoistamaan keskeisiä toimintoja pitkän ajan kilpailukyvyn kustannuksella. Ulkoisen toimittajan näkökulmasta merkittäviä riskejä ovat asiakaskohtaiset investoinnit, joita ei pysty hyödyntämään muiden asiakkaiden kohdalla. (Ulkoistaa vai ei – Outsourcing teollisuudessa 2001. 5)

Tuotannon välituotteiden ostoista on yleisimmin käytetty suomenkielisenä terminä alihankintaa. Tuotantotoiminnan tarkastelun yhteydessä käytetään myös termiä tuotantoyhteistyö, jolla kuvataan alihankintasuhteiden molemminpuolisten etujen kehittämistä tarjoavaksi yhteistyösuhteiksi pelkän osto-myyntisuhteen sijaan. Kun tarkoitetaan aiemmin yrityksen sisällä tehdyn toiminnan siirtämistä ulkopuoliselle toimittajalle, englanninkielisen outsourcing-sanon suomenkielisenä vastineena käytetään termiä ulkoistaminen. Ulkoistamistoiminnassa on eri tasoja liikesuhteille. Yksi vaihtoehto on puhdas osto-myyntisuhde, jossa ei ole mitään lisäarvoa tuottavaa kanssakäymistä. Tätä kehittyneempiä ovat useat verkostosuhteet. Verkostosuhteen piirteitä ovat synergia, vastavuoroisuus, keskinäinen riippuvuus ja voimasuhteet. Suhteen merkitystä osapuolille ei arvioida pelkästään tavaran volyymillä tai rahassa,

vaan siihen vaikuttaa suhteen strateginen arvo. Paija (1998) on luokitellut asiakkaan ja toimittajan välisiä suhteita neljään kehitysvaiheeseen (perustuu Hinesin 1994 tutkimukseen). (Ulkoistaa vai ei – Outsourcing teollisuudessa 2001. 6, 13-15):

- **Hintakilpailuttaminen:** Tässä suhteessa asiakas valmistuttaa tuotteita toimittajilla joita se ei itse halua valmistaa, lähinnä kustannussyistä. Yleisesti on kyse yksinkertaisista valmistusteknologiaa vaativista standardituotteista. Toimittajat kilpailutetaan usein ja halvimman tarjouksen tekijän kanssa tehdään usein lyhytkestoinen toimitussopimus. Usein toimittaja ei tee asiakas-kohtaisia panostuksia suhteen epävarmuudesta johtuen.
- **Laatukilpailuttaminen:** Yritys ostaa tuotteita toimittajilta, joita se ei itse kykene valmistamaan. Yritys valitsee toimittajan joka kykenee valmistamaan tiettyjen laatuvaatimusten mukaan mahdollisimman pienin kustannuksin. Yritys pyrkii laadun varmistamisessa valvomaan ja ohjeistamaan toimittajaa.
- **Läheinen yhteistyö (partnership):** Yritys tiedostaa toimitussuhteiden kehittämiseen sisältyvän mahdollisuuden parantaa kilpailukykyä. Toimittajan odotetaan olevan aloitteellinen ja toimittajalta odotetaan myös erikoisosaamista. Usein toimittaja myös osallistuu tuotteen ja tuotannon suunnitteluun. Aiempia tasoja huomattavasti läheisempää, luottamuksellisempaa ja epämuodollisempaa yhteistyötä. Läheinen yhteistyö ja avoin tiedonvaihto ei ole useiden toimittajien kanssa mahdollista joten toimittajien määrä on tällaisissa suhteissa pieni.
- **Strateginen kumppanuus:** Yritys keskittyy ydinosaamisalueelleen, toimittajat valitaan kehityskyvyn ja verkostoon soveltuvuuden mukaan. Yrityksen ja toimittajan välinen vuorovaikutus on intensiivistä ja avointa. Toimittajat tietää yrityksen pitkän tähtäimen suunnitelmat, jotta voivat suunnitella omat investointinsa niiden mukaan. Toimittajilla on usein suunnitteluvastuu toimituskonaisuuksista. Toimittajia tulee motivoida palkitsemisjärjestelmällä, jotta toimittajat tekevät verkostoa hyödyntäviä investointeja.

2.5 Tuotetestaus ja käyntiinajo

Moderneista yrityksistä on kasvanut suurempia ja tehokkaampia, mistä johtuen kilpailu saman alan yritysten kesken on kasvanut korkeammalle kuin koskaan ennen. Tästä syystä on erittäin tärkeää, että yritys tarjoaa laadukkaita tuotteita asiakkaille, jotta yritys olisi kilpailukykyinen nykyajan markkinoilla. Yksi keino siihen, kuinka yritys voi varmistaa laadukkaan tuotteen toimittamisen, on perinpohjainen ja tarkka tuotetestaus ja laadun tarkkailu. Tuotetestaus on kannattavaa yrityksille, etenkin start-up yrityksille, hyvän maineen saamiseen ja suurten laitekokonaisuuksien valmistajille. Tuotetestaus auttaa monella eri tavalla tuotteen kehittämisessä (Fascia Graphics. 2015):

- **Tuotteen elinkaaren mittaaminen.** Nopeutettu elinajan testaus varmistaa että tuotteet kestävät niiden odotetun elinkaaren, ja tämä on erittäin tärkeää tekniikan alalla toimivilla yrityksillä.
- **Tuotteen kilpailukykyyn todentaminen.** Testaus voi löytää virheitä tuotteessa ja sen käyttöä voi mitata useissa "oikeaa" käyttöä simuloivissa testeissä ja ympäristöissä.
- **Tuotteen asiakaskohtainen testaus.** Markkinatestaus putoaa samaan kategoriaan ja tällä yritykset voivat ennustaa asiakkaiden hyväksynnän uusille tuotteille. Tällä voi varmistaa tuotteen tarpeen, kysynnän ja parannuskohdat ennen lopullisen tuotteen markkinoille viemistä.
- **Tuotteen turvallisuus.** Tuotetestaus varmistaa, että tuote on turvallinen. Käyttäjän tulee olla varma että yrityksen valmistavat tuotteet ovat turvallisia käyttää.

Uusien yritysten tapauksessa uuden ja innovaativisen tuotteen valmistaminen asiakkaalle on turhaa, jollei tuote toimi moitteettomasti. Tuotteen täytyy toimia yli odotusten, jotta uusi yritys näkyisi merkittävästi markkinoilla. Mikäli tuote ei toimi luvutulla tavalla, menettää yritys asiakkaan tyytyväisyyden ja luottamuksen. Mikäli tuote on toimiva, vahvistaa tämä asiakkaan ja brändin suhdetta. Koska nykyaikana tuotteiden taso on erittäin korkea, tuotteiden laadun, turvallisuuden ja kestävyysvar-

mistaminen on pakollisuus. Tuotetestaajien ammattitaito ja kokemus on myös pakollisuus, yrityksen tulee varmistaa, että jokainen tuotetestaaja on hyvin koulutettu työtehtävään ja tekee kaikki vaaditut testit. (Fascia Graphics, 2015).

Automaatiojärjestelmien testauksessa käytetään kahta termiä, factory acceptance testing (FAT, tehtaalla hyväksytty testaus, käyntiinajo tehtaalla) ja site acceptance testing (SAT, asiakkaalla hyväksytty testaus, käyntiinajo asiakkaalla). FAT yleisesti suoritetaan järjestelmää valmistavan yrityksen tiloissa koulutetun käyntiinajajan toimesta. Oikein suoritettu FAT takaa korkean varmuuden järjestelmän toimivuudesta vaaditulla tavalla ja korkean laadun ennen järjestelmän toimitusta asiakkaalle. Ongelmakohtien löytäminen FATin aikana on yleisesti halvempaa ja helpompaa korjata verrattuna siihen, että ongelmat löydetäisiin myöhemmin asiakkaalla joko asentamisen, käyttöönoton ja käyntiajon eri vaiheissa (McGreevy, T. 2018.).

SATissa toistetaan suurin osa, ellei kaikki, samoista testauksista mitä suoritetaan FATin aikana, mutta erona on se että järjestelmä on nyt asennettu toimintaympäristöönsä ja kytketty kiinni oikeisiin laitteisiin. Kiinnitettäviä laitteita ei aina pystytä simuloimaan FAT:in aikana, joten SAT on viimeinen testaus täyden toimivuuden varmistamisessa. Toiseksi, SAT:in aikana voi löytää virheitä asennuksessa tai kuljetuksen aikana hajonneita / vahingoittuneita komponentteja ja laitteita. (McGreevy, T. 2018).

3 TUOTANTO

Tässä kappaleessa esitellään aiemmin mainitut tuotteet CT ja CTL, kokoonpano-
tuotannon tämänhetkistä tilannetta ja tuotannon eri vaiheita.

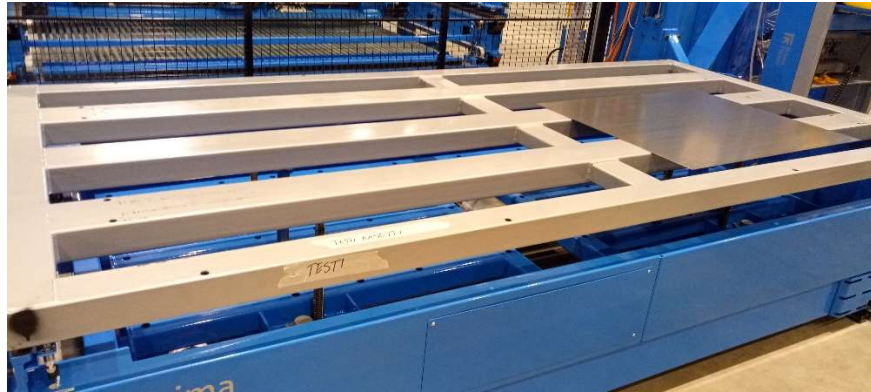
3.1 Tuotteet

Kuvasta 1 näkyy 3D-malli Finn-Powerin valmistamasta Combo Tower Laserista. Järjestelmä on 5.3 – 8.3 metriä korkea, ja järjestelmän lohko, eli hyllykkö, on 2.5 metriä syvä. Lohko on teollisuuspalkista ja ohutlevystä hitsaamalla tai hitsausliitok-
sista valmistettu rakenne. CTL on yleisimmin kokoluokkaa 1530, eli kasetille mahtuu
kooltaan 1500 millimetriä kertaa 3000 millimetriä ohutlevy. Combo Toweria valmis-
tetaan myös järjestelmäkokona 1540, eli 1500 millimetriä kertaa 4000 millimetriä,
mutta nämä ovat ainakin toistaiseksi harvinaisia. Järjestelmiin menee vaihteleva
määrä kasetteja, mutta suurin määrä toistaiseksi on ollut 27 kasettia. CTL on jous-
tava varastojärjestelmä 2D platino -laseriin integroidulla lastaus- ja poisto-omina-
isuuksilla mahdollistaen nopean vaihdon eri materiaaleille automaattisesti ilman vii-
keitä. (Combo Tower Laser 2018.)

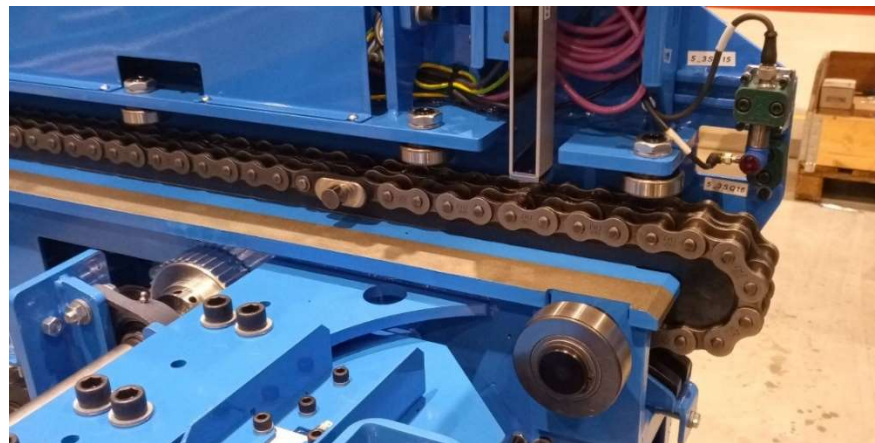


Kuva 1 Combo Tower Laser (Combo Tower laser 2018)

Kasetti itse on palkeista hitsaustyönä valmistettu runko, joka on suunniteltu käytettäväksi ketjuvetoisella nosturilla. Kuvasta 2 näkee, minkä näköinen järjestelmissä käytettävä kasetti on. Ketjuvetoinen tässä tapauksessa tarkoittaa sitä, että nosturissa on kaksi ketjua, mitkä liikkuvat rungon sisällä ja tulevat esiin vetopinnalle ja näissä ketjuissa on ulkonevat tapit, jotka kaappaavat kasetin mukaan hyllyistä. Kasetissa on lovet, joihin tapit menevät ja ottavat kasetin matkaan. Kuvasta 3 näkee tarkemmin, miltä ketjuveto näyttää nosturissa.



Kuva 2 Kasetti



Kuva 3 Nosturin ketju

3.2 Tuotantotilat

Kuvasta 4 näkyy Finn-Powerin tehtaan nykyinen sijainti Seinäjoella. Seinäjoen tehdas työllistää n. 350 työntekijää jokapäiväisesti ja noin 50 työntekijää, jotka ovat joko asennus-, huolto- tai koulutusmatkoilla ulkomailla. Tehtaan tuotantotilojen pinta-ala

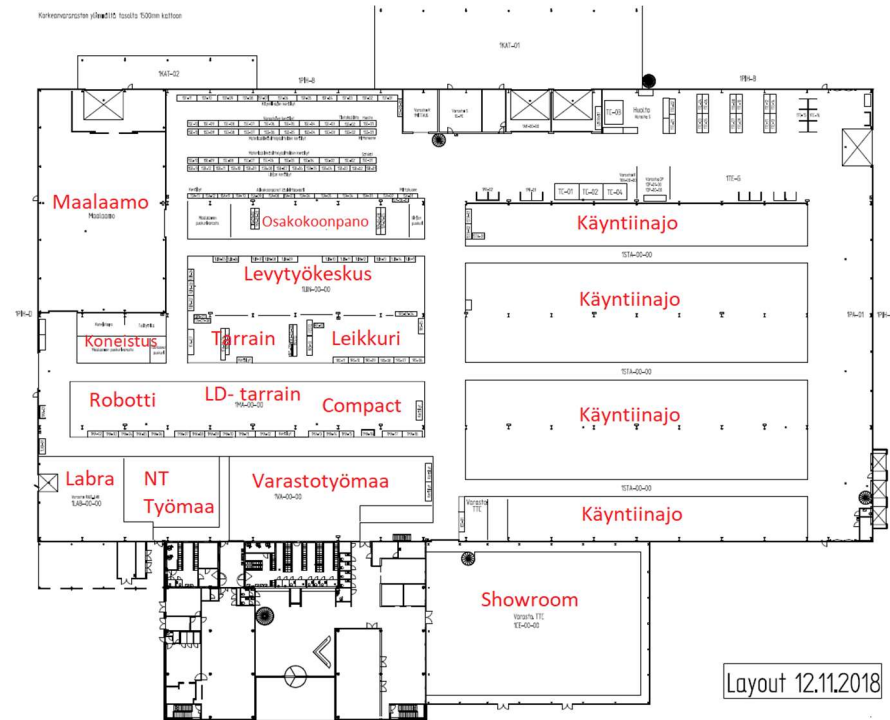
on n. 13,000 m² sekä hallin yhteydessä on toimistorakennus, joka sisältää toimistotilat, ruokalan ja kokoustilat. Hallin yhteydessä on myös "Show room", joka on näytelytila yrityksen tuotteita varten. Tehtaassa valmistetaan kaikkia Prima Powerin iskeviä levytyökeskuksia, varastojärjestelmiä, Night Train -varastoja sekä tarraimia, lastaus-ovia ja robottitarraimia.



Kuva 4 Finn-Power tehtaan sijainti

3.3 Varastojärjestelmien solu

Kuvasta 5 näkee, kuinka hallissa eri kokoonpanosolut sijoittuvat. Osakokoonpanossa valmistetaan Combi-koneen leikkuupäät ja levytyökeskusten koordinaattipöydät. Levytyökeskussolussa kokoonpannaan itse levytyökeskukset linjastomallisesti. Leikkurisolussa valmistetaan kulmaleikkurit linjastomallisesti. Tarrainsolussa valmistetaan imukuppitarraimet, ja tarraimien kokoonpanossa liitetään imukuppitarraimien pääkokoonpanoihin. Robottisolussa valmistetaan tarrainrobotit. Compact-solussa valmistetaan Compac- lastausovia. Laboratoriosolu on tarkoitettu tuotekehitykselle ja sisältää tuotekehitykseen tarvittavia laitteita. NT- eli Night Train -solussa valmistetaan ja käyntiinajetaan automaattisen korkeavaraston hissejä. Käyntiinajossa testataan koneiden toiminnot ennen lähetystä. Koneistussolussa valmistetaan laboratorioon tarvittavia prototyypppejä ja korjataan mahdollisesti viallisia tuotteita sekä tehdään muuta pientä yksilökoneistusta ja hitsausta.



Kuva 5 Tehtaan layout

Varastojärjestelmät vievät vain pienen tilan hallista, vaikka ovatkin NT:n jälkeen suurimpia järjestelmiä. Tähän on syynä yksinkertaisesti se, että levytyökeskukset ja muutkin tuotteet voidaan valmistaa linjamallisesti ja nämä voidaan kuljettaa käyntiinajo. Käyntiinajossa laitteet asennetaan ja testataan, mutta varastojärjestelmät valmistetaan samassa tilassa, missä ne käyntiinajetaan, mikä on helpompaa ja nopeampaa suhteutettuna laitteiden kokoon. Toinen syy on huomattavasti vähäisempi menekki suhteessa pääkoneisiin. Soluun tulee ajan myötä kehittää kaksi testiympäristöä, mutta opinnäytetyö koskee vain ensimmäisen testiympäristön tekoa.

3.4 Tuotantoprosessi

Combo Towerin ja Combo Tower Laserin tuotantoprosessi alkaa myynnillä. Myynnissä määritetään tarkkaan, minkälaisia optioita koneeseen tulee, tuleeko laitteisto kiinni valmiiseen järjestelmään sekä kasettipaikkojen määrä. Tämän jälkeen siirrytään projektihallinan puolelle, missä tätä kyseistä projektia johtava toimihenkilö suunnittelee koneen tarkan sijoituksen asiakkaan tehtaassa. Projektipuolelta siirry-

tään asiakassuunniteluun, missä suunnittelija tekee valmiin 3D-mallin koko järjestelmästä. Tämän perusteella osto tekee alihankkijoille tilaukset projektille. Tilaukset on tehtävä vasta tässä vaiheessa, sillä nämä tuotteet ovat niin eriäviä, että suurta osaa tuotteen rakenteista ei voida varastoida tehtaalla, vaan ne pitää tilata alihankkijoilta erikseen ostotilauksena.

Tilattujen nimikkeiden saavuttua tehtaalle alkaa keräys. Keräyksen jälkeen työntekijät aloittavat kokoonpanon, mikä sisältää laitteen asentamisen käyntiinajoa varten. Käyntiinajossa laitteisto säädetään ja varmistetaan sen toimivuus, tämä sisältää kaikkien antureiden säätämisen ja toimivuuden varmistamisen, mekaanisten osien säädön, yleistä laitteen käyttöä ja yöajon. Yöajo tarkoittaa, että järjestelmä käsketään suorittaa työtehtäviä yön yli, yleensä kahden kasetin, joissa on painoa päällä, hakua ja vientiä. Käyntiinajo varmistaa, että tuotteen lähtiessä tehtaalta se on täysin toimiva järjestelmä, josta on viat korjattu. Käyntiinajon jälkeen on purku ja lähetyskuntoon pakkaus. Purussa järjestelmä puretaan suuriin kokonaisuuksiin, joita ovat nosturi, lohko, ylärunko, sähkökaappi, kaapelit ja tarrainkokoonpano*. Pienkomponentit, kuten sähkökourut ja suoja pellit, laitetaan suureen laatikkoon, jota kutsutaan settilaatikoksi. Settilaatikossa on myös yleisimmin tarvittavia pultteja ja mutteita varmuuden vuoksi sekä mahdollisien kuljetuksen aiheuttamien vaurioiden korjaustöihin tarvittavia asioita. Testiympäristö vaikuttaa käyntiinajon kestoon ja laatuun, sillä se vähentää tarvittavien säätöjen tekoa. Testiympäristö poistaa kokonaan lohkon ja ylärunkoon tehtävät säädöt. Purkuun testiympäristö vaikuttaa siten, että lohkoa ei tarvitse pystyttää ollenkaan tehtaalla, vaan lohko tulee valmiiksi kuljetuskunnossa alihankkijalta. Laitteen lastauksen tehtaalla hoitavat siihen työtehtävään koulutetut työntekijät. Tuotteen saavuttua asiakkaalle asentaa sen joko yrityksen ulkopuoliset vientiasentajat tai yrityksen sisäiset vientiasentajat ja järjestelmä myös käyntiinajetaan säädön vuoksi ja varmistaakseen vielä kerran laitteen toimivuuden asiakkaalla.

*Mikäli kyseessä on CTL.

4 LOHKOJEN KOKOONPANO-OHJE

4.1 Testiympäristön käyttöönoton vaiheistus

Testiympäristön kehittäminen ja rakentaminen aloitettiin selkeällä suunnitelmalla ajankohdasta, jolloin tätä ryhdytään rakentamaan ja vaadittavien muutosten kirjaamisella, jotta testiympäristöstä saadaan toimiva ja järkevä toteuttaa. Lohkojen kokoonpanojen riittävä laatu on yksi kriittisimmistä asioista testiympäristön käyttöönoton kannalta. Rakentamisen aloittamisen ajankohdan varmistamiseksi tarvitaan tietoa siitä, millaisella laadulla kokoonpanot tulevat tehtaalte ja millä toimitusvarmuudella. Päätöksenä syntyi, että kolme lohkoa tilataan kokoonpantuna tehtaalte ja nämä pystytetään tarkempaa tarkastelua varten. Kun laatu ja toimitusvarmuus on todettu riittäväksi, alkaa itse ensimmäisen testiympäristön rakentaminen ja järjestelmään vaadittavien muutosten kirjaaminen, mitä ei ole tullut suunnitteluvaiheessa huomioon otettua. Viimeinen vaihe eli testiympäristön pilotointi vaatii jatkuvaa tiedon päivittämistä tuotteen rakenteen suhteen.

Suurin laadullinen vaikutus piilee käyntiinajon teossa. Tuotteet lähtevät tehtaalte taiseimmalla laadulla kuin aiemmin, koska on vähemmän testattavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Tuotantoprosessi muuttuu merkittävästi, sillä lohkoa ei tarvitse tehtaalte mitoittaa lattialle ja pystyttää, eli tämä vähentää työntekijöiltä vaadittavaa työpanosta ja lisää kokoonpanokapasiteettia. Vaikka lohkojen kokoonpano alihankkijalla lisää kuluja, vähentää tämä kuluja tehtaalte tehtävistä töistä enemmän.

4.2 Valmistelut

Suhde lohkoja valmistavan alihankintayrityksen kanssa on läheisempää kuin useimilla muilla toimittajilla ja heiltä otetaan palautetta vastaan liittyen komponenttien suunnitteluun valmistuksen helpottamiseen. Tämä suhde on lähempänä läheistä yhteistyötä, mutta sitä en täysin siihen luokittelisi nykyisen tiedon perusteella.

Alihankkija toimittaa yritykselle valmiit lohkot, joissa on kannakkeet jo valmiiksi kiinnitettynä. Alihankkija valmistuttaa kannakkeet ja valmistaa lohkot itse. Valmiit lohkot

tulevat tehtaalle vain tarkastusta ja lastausta varten, eli ne pystytetään ensimmäisen kerran vasta asiakkaan tiloissa. Tästä syystä tulee varmistaa, että alihankkija valmistaa tuotteet vaaditulla laadulla. Tulee myös varmistaa, että tilatut tuotteet ovat toimitusvarmuudeltaan vaaditulla tasolla. Tavoitteena on, että lohkot tulevat paria päivää ennen asiakkaalle lähtevää toimitusta tehtaalle ja niistä ei tarvitsisi tarkistaa kuin kannakkeiden sijoitus. Kannakkeiden sijoituksen lohkossa pystyy tarkastamaan ilman erillisiä toimenpiteitä.

Ensimmäinen tilaus kannakkeista tarkastettiin ja mitattiin 3D-mittauslaitteistolla, jolloin nähtiin kannakkeiden eriäväisyydet piirustuksiin nähden sekä niiden keskinäiset eriäväisyydet. Lopputulema mittauksista oli, että kannakkeissa oli mittoja vaadittujen toleranssien ulkopuolella, mutta kannakkeet olivat keskenään samankaltaisia. Koska kannakkeissa on tärkeintä se, että ne ovat keskenään samankaltaisia, testiympäristön toteutuksen jatkon kannalta ovat ne laadultaan riittävällä tasolla (Kannakkeiden tarkistus 2018). Tuotteen kokonaisuudessa tärkeämpää on itse lohkojen laatu. Lohkojen kannakkeiden kiinnitysreikien välillä ei saa keskenään olla heittoa enempää kuin ± 1 mm (Lohkojen kokoonpano 2018). Koska lohko valmistetaan teräspalkeista ja särmätyistä ohutlevyistä, on alihankkijalla omat haasteensa varmistaa jatkuva korkea laatu näin suurissa hitsauskokoonpanoissa.

Alihankkijan yrityksessä suoritettun vierailun perusteella heidän valmistusmenetelmänsä vaikuttivat riittävältä ja ammattitaito vaikutti olevan myös riittävällä tasolla. Alihankkija tilaa osan särmätyistä ohutlevyistä oman alihankkijaverkoston kautta, mutta hoitaa itse täysin hitsauskokoonpanon ja pintakäsittelyn (Tehdasvierailu 2018). Kuvasta 6 näkee alihankkijan käyttämää valmistusmenetelmää lohkojen hitsauksen helpottamiseksi. Lohkot valmistetaan useassa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on silloitushitsaus, missä komponentit asetetaan jigiin ja hitsataan muutamalla pisteellä siten, että komponentit pysyvät paikoillaan. Toinen vaihe on hitsaus, missä komponentit hitsataan vaaditulla tavalla kiinni ja lämmitetään hitsauksen jälkeen jännitysten poiston vuoksi. Kolmantena vaiheena on pintakäsittely, joka sisältää rae-kuulapuhalluksen, pohjamaalauksen ja valmiin pinnan maalauksen.



Kuva 6 Lohkot silloitushitsattuna

Kuvasta 7 näkee kannakkeita odottamassa hitsausta silloitushitsauksen jälkeen. Kannakkeet valmistetaan myös useassa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on silloitushitsaus, ja tässä vaiheessa komponentit asetetaan jigiin ja hitsataan kiinni muutamalla pisteellä. Toinen vaihe on hitsaus, missä valmiiksi kiinnitetyt komponentit hitsataan kunnolla paikoilleen. Kolmantena on pintäkäsittely, joka sisältää raekuulapuhalluksen, pohjamaalauksen ja valmiin pinnan maalauksen.



Kuva 7 Kannakkeet silloitushitsattuna

4.3 Lohkon ohjeen vaatimukset

Ennen ohjeiden tekoa ohjeen tavoitteet ja vaatimukset käytiin palaverissa läpi, missä laatuosasto, suunnittelu ja työnjohto määrittivät ohjeen vaatimukset. Samassa palaverissa käytiin läpi lohkojen ja kannakkeiden yleisiä ongelmia, jotka vaikuttavat merkittävästi valmistusteknisiin ongelmakohtiin (Lohkojen ongelmat 2018). Lohkon ohjeen tuli olla yksinkertainen, eikä siinä saa olla varaa väärin tulkitsemiselle. Ohjeen tuli käyttää yrityksen sisäistä dokumentoinnin standardia sekä siihen tuli saada hyväksyntä laatuosastolta ja työnjohdosta. Ohjeen tekemiseen pohjustusta tuli henkilökohtaisesta projektista, jossa tehtävänä oli tehdä kokoonpano-ohjeet Combo Tower Laserin nosturille ja ylärungolle. Tämän projektin ansiosta ohjeiden tekeminen oli suhteellisen vaivatonta, koska yrityksen dokumentointistandardi oli ennalta tuttu ja yrityksen sisäinen käytäntö ohjeille oli valmiiksi tiedossa.

4.4 Ohje

Ohjeessa käydään läpi lohkon kiinnitettävät kannakkeet, kannakkeiden sijainti ja kannakkeiden kiinnitys. Kannakkeita on kolmea erilaista. Kannakkeet ovat seuraavat:

- normaalit kannakkeet. Näitä kannakkeita laitetaan kiinni sekä Combo Toweriin että Combo Tower Laseriin ja nämä ovat kasettipaikoille varattuja. Combo Tower sisältää ainoastaan näitä kannakkeita.
- reiälliset kannakkeet. Nämä kannakkeet kiinnitetään ainoastaan Combo Tower Laseriin toiseksi alimmaiseksi kannakkeeksi. Tämä toiseksi alin kasettihylly on varattu skeleton unloading-toiminnolle, eli rankojen pudotuspaikalle. Reikiin kiinnitetään kasetin ohjauskiilat, mitkä ohjaavat kasetin oikealle paikalle. Mikäli kyseessä on kaksilohkoinen CTL, kiinnitetään nämä kannakkeet vain ensimmäiseen lohkon.
- magneettierottelijan kannakkeella varustetut kannakkeet. Näissä kannakkeissa on teline, mihin magneettierottelijan kokoonpano kiinnitetään ja siinä on myös reiät kasetin ohjauskiilojen kiinnittämistä varten. Mikäli kyseessä on

kaksilohkoinen CTL, kiinnitetään nämä kannakkeet vain ensimmäiseen loh-
koon.

Kannakkeiden sijainti-osiossa kerrotaan, kuinka kannakkeiden sijainti mitataan ja
kuinka kasetti-layouttia tulkitaan oikeiden mittojen löytämisen helpottamiseksi. Oh-
jeen viimeisessä kohdassa eli kannakkeiden pultit -kohdassa käydään läpi, mitä
pultteja ja muttereita käytetään kannakkeiden kiinnittämiseen, stopparipultin kiinni-
tys ja kuinka itse kiinnitys tulee suorittaa. Ohje sisälsi kuvan kahdesta normaalista
eroavasta kannakkeesta, kuvan kannakkeiden sijainnin mittauksesta ja kuvan kan-
nakkeiden kiinnityksestä. (Liite 1)

5 KEHITTÄMINEN JA TESTIYMPÄRISTÖN VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN

5.1 Kehittäminen valmistus- ja asennusystävällisemmäksi

Tuotteen valmistamiseen kuluva aika on nykyisellä tilanteellaan liian suuri. Asennusaikaa tulisi vähentää 30 % nykyisestä tuntimäärästä ja tämä tulisi saavuttaa tekemällä tuotteesta asennusystävällisempi kokemattomampien asentajien työn helpottamiseksi. Tuotetta tulisi muokata rakenteeltaan helpommaksi ja nopeammaksi, esimerkiksi siirtämällä sähkökaappi nosturin kaapeliketjun puolelle tai muuttamalla koneen rakenne suurempiin moduuleihin seuraavassa sarjamuutoksessa. Tehtävään määritettiin kaksi suunnittelijaa, joiden toimenkuvaan kuuluu rakenteiden muuttaminen ja helpottavien vaihtoehtojen harkinta sekä pohdinta asentajien ja koonpanijoiden kanssa. Syynä näihin päätöksiin on suora hinta, jonka asentajat kustantavat yritykselle heidän ollessa kauan asentamassa tuotetta ja virheiden suuri mahdollisuus tuotteen liiallisen monimutkaisuuden vuoksi. (CTL 1530 palaverit 2019.)

Valmistuksen nopeuttamiseksi suunniteltiin myös tarra-arkki, jossa on kaikkien vaadittavien sähkökomponenttien ja pneumatiikkakomponenttien ja -letkujen tarrat, jotka kiinnitetään tuotteeseen kiinni komponenttien tunnistamisen helpottamiseksi. Tähän asti jokainen tarra on erikseen tehty Dyno-tarratulostimella ja tässä on ollut unohtamisen mahdollisuus liian suuri. Tarra-arkki myös varmistaa, että kaikki vaaditut komponentit kiinnitetään. (CTL 1530 palaverit 2019.)

Osa ongelmista on ratkottu tulevaan sarjamuutokseen ja/tai revisioon. Lohkojen sisällä on ollut suuria määriä puhallushiekkaa ja tästä ongelmasta johtuen alihankkija on korvannut ongelmasta aiheutuneita kuluja. Parhaillaan myös neuvotellaan siitä, miten ongelman saisi pysyvästi pois, sillä puhallushiekka takertuu suojausaineeseen. Sähkökaapin sijainti nosturin "oikealle" puolelle muuttuu pysyväksi seuraavassa sarjamuutoksessa. Tarraimen pneumatiikan ohjausyksikön siirtoa tarraimeen lohkon kyljen sijasta mietitään tarkasti, sillä se vaatii tarraimen rakenteen muuttamista radikaalisti. Mietintään jäi, kuinka saisi vähennettyä asennuksella menevää

työaikaa pienemmäksi ja minkälaisiin osakokoonpanoihin laite muunnetaan. (CTL 1530 palaverit 2019.)

Asennuksen ongelmista ja aikataulutuksesta keskusteltiin kahdessa kokouksessa sekä käytiin tarkasti läpi samalla asennuksella tehdyt vaiheistusmittaukset häiriöineen. Häiriöiden määrästä huomasimme, että mikäli ne saisi edes puolitettua lähtisi kokonaisajasta yli 15 % pois. Keskustelua käytiin asiasta tarkemmin ja huomioimme myös sen, että tälle järjestelmälle tämä on normaali määrä häiriöitä. Suurin osa häiriöistä johtui odottelusta, mikä oli 41 % häiriöistä, pelkästään trukin odotusaika oli 17 % häiriöiden kokonaisajasta. Mikäli järjestelmä olisi asennettu täysin ilman häiriöitä olisi siihen kulunut työaikaa n. 140 tuntia. Kahdelta mieheltä tämä on hieman yli viikon suoritus, asentajat tekevät poikkeuksetta pitkää päivää ja lauantaina myös tehdään töitä. (CTL 1530 palaverit 2019.)

5.2 Testiympäristön vaatimukset

Testiympäristön rakentaminen vaatii hyvää laatua lohkon ja kannakkeiden valmistajalta, sillä testiympäristön käyttöönoton jälkeen lohkoja ei pystytetä tehtaalla, vaan ne pystytetään ensimmäistä kertaa asiakkaalla. Alihankkija valmistaa lohkot ja kannakkeet sekä hoitaa kannakkeiden kiinnittämisen lohkoon ohjeen avulla. Alihankkijan tulee myös lohkojen mukana toimittaa mittauspöytäkirja ja kannakkeiden mitausraportti laadun varmistamiseksi.

Ensimmäisen ulkoisesti kokoonpannun lohkon kiinnittäminen oli onnistunut ongelmitta ja tuotteiden laatu oli hyvällä tasolla, kannakeparien keskeinen heitto oli pahimmassa tapauksessa ± 2 mm, mikä menee vaaditun toleranssin sisälle (Tehdasvierailu, 2019). Ennen testiympäristön käyttöönottoa pystytetään kolmen eri projektin lohkot tehtaalla pystyyn laadun varmistamiseksi. Suurimpana ongelmana uudessa järjestelyssä on jatkuvan laadun varmistaminen, minkä vuoksi kolme ensimmäistä lohkoa pystytetään vielä tehtaalla, tulevaisuudessa lohkot ainoastaan tarkistetaan ennen lähetystä. Tämä pienentää välivarastoa ja vähentää myös laitteen valmistukseen kuluvaa aikaa huomattavasti.

Näistä kolmesta eri lohkosta ensimmäisessä oli vain yksi kannake, jossa oli ongelmia toleranssien kanssa; yhden kannakkeen rullaustaso oli 4 mm liian korkealla. Toisessa saapuneessa lohossa piti vaihtaa 12 kannakeparia laadullisista ongelmista johtuen. Näissä 12 kannakkeessa hitsausvälit ja hitsin pituudet olivat eriävät piirustuksista ja nurkkia ei oltu hitsattu kunnolla, tämä johti siihen, että lohkojen ollessa pihalla näihin nurkkiin oli päässyt vettä, mikä johti ruostumiseen. Lohko ei myöskään täyttänyt suoruustoleranssia ja tästä lohkosta puuttui myös mittauspöytäkirja ja kannakkeiden mittausraportti.

Kannakkeiden hitsausvikaa selvittäessä selvisi, että alihankkija teettää kannakkeet robottihitsauksessa oman alihankintaverkoston kautta ja näiden kannakkeiden hitsaus ei onnistu piirustusten mukaisesti robotilla. Kannake valmistetaan nykyisellään pääosin rakenneteräksestä, jossa saattaa olla paljon heittoja mittojen ja kulmien suhteen. Kannake päätettiin suunnitella uudestaan siten, että se valmistetaan pääosin särmätystä 6-millisestä ohutlevystä ja tämä poistaisi samalla suurimman osan hitsaustöistä, ja tämä myös lisäisi varmuutta toleranssien täyttymiseen. (CTL 1530 palaverit 2019.)

Kolmas ja viimeinen lohko, joka saapui tehtaalle alihankkijalta, ei ollut toivotulla tasolla laadullisesti. Kannakkeissa ja niiden välisessä heitossa ei ollut ongelmaa, mutta jalat eivät olleet vaaditun toleranssin sisällä suoruuden suhteen. Tästäkin lohkosta toisen lohkon tavoin puuttui mittauspöytäkirja ja kasetin kannakkeiden mittausraportti.

Molemmista lohkoista, joista puuttui mittauspöytäkirja ja kannakkeiden mittausraportti, tehtiin alihankkijalle reklamaatio ja laskutus toleranssien ulkopuolelle menevien suoruuksien aiheuttamista lisäkustannuksista tuotannolle. Näiden lohkojen jälkeen saapui neljän lohkon sarja, joista neljä lohkoa meni reklamaatioon.

Toistuva laadun puutteellisuus on aiheuttanut sen, että testiympäristöä ei ole mitään järkeä ottaa tässä vaiheessa käyttöön, vaan siirtyy testiympäristön rakentaminen myöhemmälle ajankohdalle.

6 TULOKSET

Opinnäytetyötä tehdessä tutustuin järjestelmän tuotannon eri työvaiheisiin, siitä huolimatta, että olin töissä ollut kyseisen järjestelmän työpisteellä ja olin myöskin tehnyt henkilökohtaisen projektityöni samoihin järjestelmiin liittyen. Opinnäytetyö vaati tarkan kuvan tuotteen rakenteesta ja kokoonpanojärjestyksestä, jotta saisimme suunniteltua toimivan testiympäristön. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa mahdollisimman yksinkertainen ja helposti kokoonpantava testiympäristö, johon testattavat rakenteet olisi helppo ja nopea kiinnittää tuotteen valmistuksen helpottamiseksi. Tuloksia ei täysin saavutettu, sillä alihankintaan siirtyneiden lohkojen ja hyllykannakkeiden valmistuksessa ei oltu saavutettu vaadittavaa laatua ja toimitusvarmuutta.

Opinnäytetyön alkaessa oli tiedossa jo testiympäristön toteutukseen liittyvät ongelmat ja haasteet. Vaikka työn kaikkia tavoitteita ei saavutettu, on yrityksen suhteellisen helppo jatkaa testiympäristön rakentamista, sillä kaikki vaadittu suunnittelu ja kehittämistyö on tehty jo tämän opinnäytetyön aikana. CT- ja CTL-varastoihin tehtävät muutokset on suunniteltu ja suurempia rakenteellisia muutoksia vaativissa kohdissa raportit on tehty suunnitteluosastolle ja dokumentoitu tarkasti.

Pienemmät muutokset, joilla oli tarkoitus tehostaa tuotantoa, kuten tarra-arkit, kaapelointireittien korjaukset ja sähkökaapin uusi sijoitus, jäivät luonnollisesti käyttöön. Näillä muutoksilla on positiivinen vaikutus tuotannon helpottamiseen ja läpimenoajan lyhentämiseen. Opinnäytetyön päätarkoitus oli kuitenkin lyhentää läpimenoaika huomattavasti, joten tehty työ ei missään nimessä ole ollut turhaa. Neljän vanhemman projektin keskimääräiseen asennus- ja kokoonpanoaikaan verrattuna on aikaa saatu vähennettyä 32 %. Tämä on saavutettu pienillä muutoksilla sekä toimintaa, työpisteitä että tehtäviä muuttamalla. Laadun parantuessa on odotettavissa testiympäristön rakentaminen itse yrityksen toimesta tämän opinnäytetyön pohjalta.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli lyhentää läpimenoaikaa ja laatua kehittämällä ja rakentamalla testiympäristö Combo Towerille ja Combo Tower Laserille. Testiympäristön rakentamisen myötä yritys saisi valmistettua varastojärjestelmiä lyhyemmässä ajassa ja tasaisemmalla laadulla verrattuna aiempaan kokoonpanotyöhön, jossa järjestelmät asennettiin täysin pystyyn. Työ suoritettiin Seinäjoen tehtaalla, varastojärjestelmiä valmistavassa solussa. Testiympäristön suunnittelu oli käytännönläheistä ja mielenkiintoista.

Työ aloitettiin tutustumalla tuotannossa oleviin varastojärjestelmiin ja järjestelmien valmistukseen sisältyviin työvaiheisiin. Varastojärjestelmät on kokoonpantu aiemmin kolmessa tai neljässä eri vaiheessa riippuen siitä, onko järjestelmä lasermalli vai ei. Työnjohtajan ja tuotantopäällikön kanssa keskustelemalla saatiin selville, miksi testiympäristö olisi tarpeellinen tuotannon potentiaalista virtaa ajatellen. Samalla selvitettiin testiympäristön vaatimukset, odotukset ja tavoitteet.

Testiympäristö on suunniteltu täysin ja testiympäristön rakentamisen ainoaksi esteeksi jäivät laadulliset ongelmat lohkoja valmistavan alihankintayrityksen kanssa. Kaikki rakenteelliset muutokset, mitä toimiva testiympäristö vaatisi, on joko suunniteltu seuraavaan revisioon tai sarjamuutokseen tai dokumentoitu suunnittelulle valmiiksi.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa varastojärjestelmille soveltuva testiympäristö. Tavoitteet täyttyivät suurilta osin, sillä tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyö on tehty ja enää mekaaninen toteutus uupuu. Alkuperäisen suunnitelman mukaan ensimmäinen testiympäristö olisi rakennettu ja pilotoitu helmikuun lopulla tai maaliskuun alussa, mutta jatkuvat laadulliset puutteet estivät tämän suorittamisen. Laadullisista ongelmista johtuen keskityimme suunnitteluun ja kehittämiseen, jotta ensimmäisellä kerralla testiympäristö olisi mahdollisimman toimiva.

LÄHTEET

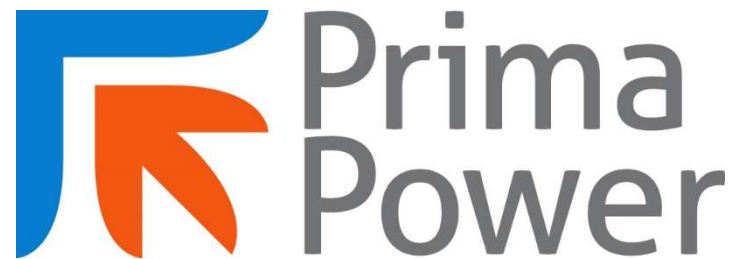
- Palaveri. 2018. Tietoja opinnäytetyötä varten. Finn-Power Oy. Lohkojen ongelmat, 26.11.2018.
- Logistiikan maailma. 2015. Tuotantomuodot. [Verkkosivut]. [Viitattu 8.4.2019]. Saatavana: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantomuodot/>
- Lecklin, O. 2002. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Kauppakaari.
- Eppinger, U. 2012. Product design and development. New York: McGraw-Hill Education.
- Pajarinen, M. 2001. Ulkoistaa vai ei – Outsourcing teollisuudessa. Helsinki: Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, ETLA.
- Fascia Graphics. 2015. The Importance of Product Testing. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavana: <https://www.fasciagraphics.co.uk/blog/the-importance-of-product-testing>
- McGreevy, T. 14.5.2018. The Importance of Thorough System Testing. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavana: <https://www.automationworld.com/importance-thorough-system-testing>
- Combo Tower Laser. 2018. Finn-Power Oy. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.12.2018]. Saatavana: <https://www.primapower.com/combo-tower-laser/>
- Palaveri. 2018. Tietoja opinnäytetyötä varten. Finn-Power Oy. Kannakkeiden tarkistus, 11.12.2018.
- Palaveri. 2018. Tietoja opinnäytetyötä varten. Finn-Power Oy. Lohkojen kokoonpano, 17.12.2018.
- Vierailu. 2018. Tietoja opinnäytetyötä varten. Tehdasvierailu, 19.12.2018.
- Vierikko H. 2018. CTL nosturin kokoonpano-ohje. Seinäjoki: Finn-Power Oy. Kokoonpano-ohje.
- Vierikko H. 2018. CTL ylärunгон kokoonpano-ohje. Seinäjoki: Finn-Power Oy. Kokoonpano-ohje.
- Palaveri. 2019. Tietoja opinnäytetyötä varten. Seinäjoki: Finn-Power Oy. CTL 1530 palaverit 2019.

Vierailu. 2019. Tietoja opinnäytetyötä varten. Tehdasvierailu, 24.1.2019.

LIITTEET

Liite 1. CT/CTL-lohkoon tehtävät valmistelut

Liite 1. CT / CTL lohkoon tehtävät valmistelut



**Combo Tower
&
Combo Tower Laser**

Lohkoon tehtävät valmistelut

Subject: Asennus
Product / Control: CT / CTL
Series / Version: 6.X series

Table of contents

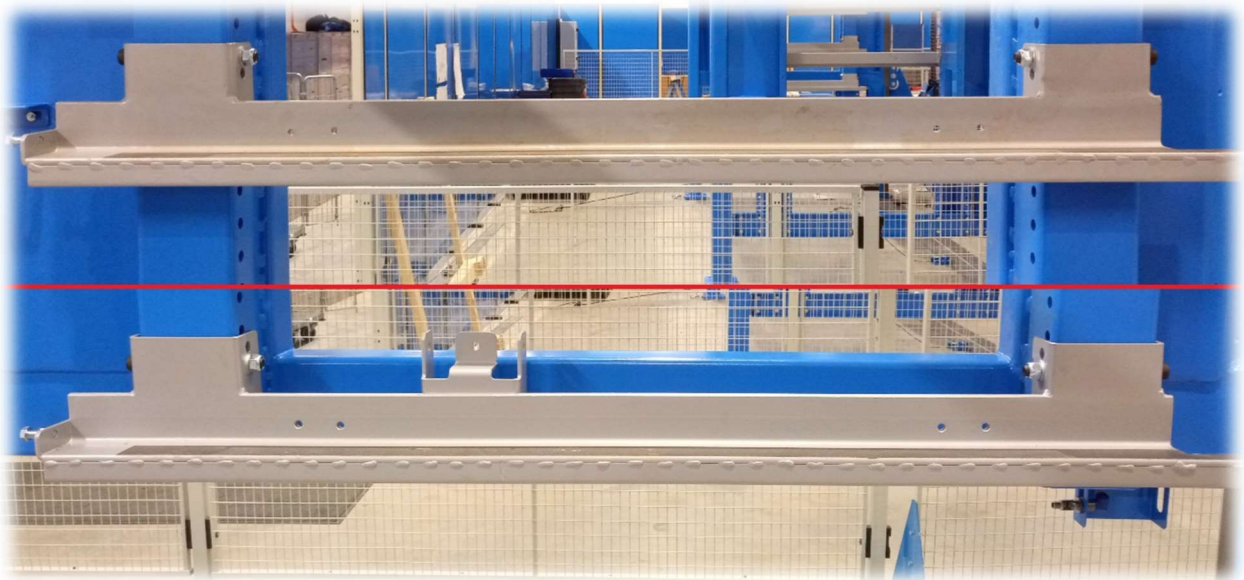
1. Lohko	3
1.1 Kannakkeet	3
1.2 Kannakkeiden sijainti	4
1.3 Kannakkeiden pultit	5

1 LOHKO

1.1 Kannakkeet

Kannakkeita on kolmea erilaista: normaalit kannakkeet (XXXXXXX), reiälliset (XXXXXXX oik., XXXXXXXX vas.) ja magneettierottelijalla varustetut (XXXXXXX oik., XXXXXXXX vas.). Mikäli kyseessä on CT (Combo Tower), laitetaan ainoastaan normaaleja kannakkeita lohkon kiinni. Jos kyseessä on CTL (Combo Tower Laser), niin lohkon alimmat ovat magneettierottelijalla varustetut kannakkeet ja toiseksi alimmat ovat reiälliset. Jos kyseessä on kaksilohkoinen CTL tulee vain 1. lohkon kiinnittää reiälliset kannakkeet, 2. lohkon kiinnitetään ainoastaan normaalit.

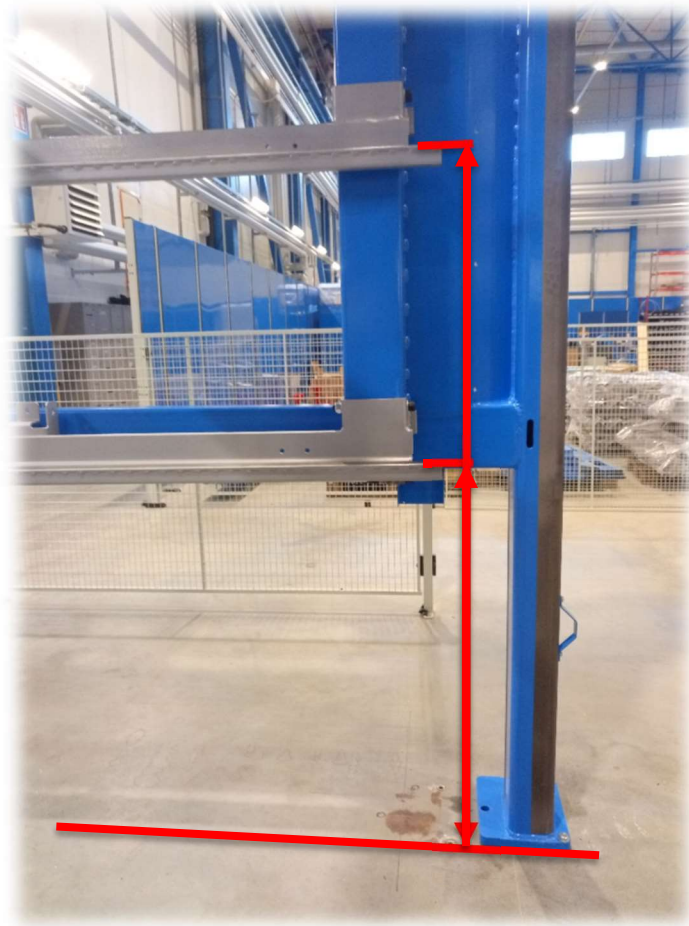
Kuvassa näkyy molemmat "normaalista" poikkeavat kannakkeet mitkä tulevat CTL lohkon kiinni.



1.2 Kannakkeiden sijainti

Jokaisen kannakkeen sijainti tulee mitata jalkalapun pohjasta kannakkeen rullauspintaan. Kannakkeen etupään mitta lapun pohjasta on merkitty kasetti layouttiin ja kannakkeen takapää on 10 mm alempana. CTL:n tapauksessa alimmat hyllykannakkeet (magneettierottelijalla) eivät näy laatikossa vaan mitta näkyy alimman laatikon alapuolella "Casette holders: A: Xmm". Toiseksi alimmat kannakkeet (reiälliset) ovat nimellä "Skeleton unloading", kaikkien muiden kannakkeet ovat joko "Material/Part" tai "Skeleton". Jalat tehdään pareina ja tulee varmistaa ettei kannakeparien välillä ole heittoa ($\pm X$).

Kuvassa näkyy kannakkeiden mittaustaso.



1.3 Kannakkeiden pultit

Kannakkeet kiinnitetään kuusiokolo läpipultilla (**X**, **X*X**), nylok mutterilla sekä prikoilla molemmin puolin siten että mutterit ovat sisäpuolella. Pulttia ei saa kiristää niin että kannakkeen kiinnityslaput vääristyy. Jokaisen kannakkeen päässä olevaan lappuun tulee kiinnittää kuusiokanta stopparipultit (**X**, **X*X**), joihin tulee myös kiristysmutteri.

Kuvassa näkyy minne stopparipultti tulee kiinnittää ja kuinka syväälle se tulee laittaa.

