



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VISUAALLINEN TUOTANNONOHJAUS LENTOKONEMOOTTORI- HUOLTOYRITYKSESSÄ

GA Telesis Engine Services Oy

Juuso Aho

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Konetekniikka
Lentokonetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Lentokonetekniikka

AHO, JUUSO:

Visuaalinen tuotannonohjaus lentokonemoottorihuoltoyrityksessä

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää GA Telesis Engine Services Oy:n järjestelyn toimintaa. Järjestely lajittelee moottorien osat järkeviin kokonaisuuksiin kasausta varten ja pitää huolen moduulien oikeasta konfiguraatiosta.

Yrityksessä oli käynnistetty Lean-ohjelma ja osana uutta toimintatapaa haluttiin päivittää eri osastojen toimintaa. Käytössä ollut järjestelyjärjestelmä oli vanhentunut, eikä se ollut tarpeeksi tehokas jatkuvasti kasvavaan tilauskantaan. Järjestelyyn alettiin kehittämään uutta järjestelmää 5S-menetelmän avulla. Uusittu järjestelmä olisi helpompi käyttää ja samalla ohjeistaisi työntekijää visuaalisin keinoin. Järjestelmän tuli toimia kaikilla moottoreiden moduuleilla, joita yrityksessä korjattiin, mutta kehitys päätettiin aloittaa yhdellä pilottimoduulilla.

Kehityksen lopputuloksena oli päivitetty järjestelyjärjestelmä moduulille 52. Järjestelmässä yhdistettiin vanhat hyväksi todetut toimintatavat uudistettuun hyllyjärjestelmään. Vanhan järjestelmän suurimmat heikkoudet olivat osien ja työn irtonaisuus sekä hyllyjen standardoimattomuus. Tehty kasaustyö ja siihen tarvittavat osat eivät kohdanneet järjestelmässä, jolloin osia jouduttiin etsimään tarpeettomasti kasauksen aikana. Uudistettu järjestelmä yhdisti käytettävät osat tehtävään työhön jakamalla osat omiin laatikkoihinsa. Järjestelyhyllystä löytyi jokaiselle työvaiheelle oma laatikkonsa, jossa on saatavilla kaikki työvaiheessa asentuvat osat. Järjestelmään luodut laatikot ja osalistat auttoivat järjestelijöitä huomaamaan mahdolliset osapuutteet hyvissä ajoin ennen moottorin kasausta. Asentajien oli helppo löytää kaikki työvaiheen osat, sillä laatikoiden paikat olivat standardoitu.

Toiminnan kehittämisen jatkumiseksi tietojärjestelmän dataa täytyi alkaa korjaamaan vastaamaan paremmin valmistajan ohjekirjoja. Tietojärjestelmä ei enää palvellut työtä, vaan työntekijät palvelivat järjestelmää. Valmistajan ohjekirjan tietoja vastaavan datan seurauksena töitä olisi mahdollista automatisoida. Samalla voitaisiin kehittää turvajärjestelmiä virheiden eliminoimiseksi.

Asiasanat: visuaalinen ohjaus, lentokonemoottori, järjestely

ABSTRACT

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

AHO, JUUSO:

Visual Production Management in an Aircraft Engine Maintenance Company

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 2 pages

April 2018

The goal of this thesis was to develop the operation of the marshalling department of GA Telesis Engine Services Oy. A Lean program was launched in the company and as a part of that it was deemed necessary to develop the operation of different departments in the company. The marshalling system in use was dated and it was not effective enough to keep up with the increasing amount of orders from customers. Development of a new marshalling system was started using the 5S system. The new system would be easier to use and at the same time would guide the worker with visual cues. The system was designed to work with all of the modules of all of the engines that the company maintained, it was decided that development would start with one pilot module.

As a result, a new marshalling system was created for module 52. The system was a combination of old functional work methods with a new module rack system. The most significant weaknesses of the old system were the disconnection between parts and the work done and the unstandardized nature of the racks used. Assembly of the modules and the parts needed for the work did not meet in the previous system so the technicians had to look for the parts during assembly. The renewed system connected the parts used to the work done with customized containers for all parts for a particular task. The containers and lists created for the system aided the marshalling staff in noticing possible material shortages well before assembly of the engine. By standardizing the placement of the containers, the needed parts were in the same place, so it was easy for the technicians to find all the parts they needed for a certain work task.

The quality of the data in the ERP had to be developed further in order to continue the improvement of the company's operations. The information system no longer served the people working but rather the people served the system. Improvement in the quality of the data would lead to opportunities to automate certain tasks. At the same time a safety system could be developed in order to eliminate mistakes.

Key words: visual guidance, aircraft engine, marshalling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYS.....	8
	2.1 GA Telesis, LLC.....	8
	2.2 GA Telesis Engine Services Oy.....	9
	2.2.1 Toiminta.....	9
	2.2.2 Tuotteet.....	13
	2.2.3 Toimiala ja sen tulevaisuudennäkymät.....	16
3	ILMAILUMÄÄRÄYKSET.....	19
	3.1 Tilat ja osien säilytys.....	19
	3.2 Osille vaadittavat dokumentit.....	20
4	LEAN.....	21
	4.1 Lean filosofiana.....	21
	4.2 Lean käytännössä.....	21
5	VISUAALINEN OHJAUS TEOLLISUUDESSA.....	26
	5.1 Visuaalisen ohjauksen perusteet.....	26
	5.2 5S-ohjelma.....	28
	5.2.1 Seiri (Erottelu).....	28
	5.2.2 Seiton (Järjestely).....	29
	5.2.3 Seiso (Siivous).....	30
	5.2.4 Seiketsu (Standardisointi).....	30
	5.2.5 Shitsuke (Seuranta).....	31
6	MODUULIEN JÄRJESTELY.....	33
	6.1 Järjestely.....	33
	6.2 Järjestelyn nykytilanne ja haasteet.....	35
	6.3 Kehitysvaatimukset.....	39
7	MODUULIHYLLYN UUSI JÄRJESTELYJÄRJESTELMÄ.....	41
	7.1 Osien säilytys.....	41
	7.2 Moduulihylly.....	44
	7.3 Osalistat ja kartat.....	46
	7.3.1 Listojen vaatimukset.....	46
	7.3.2 Moduulin osalistan luominen.....	47
	7.3.3 Hyllyn osalista.....	48
	7.3.4 Hyllykartat.....	50
	7.4 Ohjeet.....	51
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	52
	8.1 Pohdinta.....	52

8.2 Kehitysehdotukset.....	53
LÄHTEET.....	56
LIITTEET	58
Liite 1. Käytössä olevat hyllyt.....	58

LYHENTEET JA TERMIT

AD	Airworthiness Directive; lentokelpoisuusmääräys
CAAC	Civil Aviation Administration of China
CFMI	CFM International
EASA	European Aviation Safety Agency
ETOPS	Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards
FAA	Federal Aviation Administration
FADEC	Full Authority Digital Engine Control
GACA	General Authority of Civil Aviation
GAT	GA Telesis, LLC
GATES	GA Telesis Engine Services Oy
GE	General Electric
MIN	Minimum; minimihuolto
MOE	Maintenance Organisation Exposition
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul; kunnossapito
NDT	Non-destructive Testing; rikkomaton ainekoetus
OVH	Overhaul; täyshuolto
PERF	Performance Restoration; suorituskyvyn palautus
PMC	Power Management Control
REP	Repair; korjaus
SB	Service Bulletin; huolto bulletiini
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TBO	Time Between Overhaul, täyshuoltoväli
TCCA	Transport Canada's Civil Aviation

1 JOHDANTO

Nykyaikaisen huippuyrityksen tunnuspiirteitä ovat siisteys ja järjestys. Hyvin järjestetty ja siisti yritys antaa laadukkaan kuvan asiakkaille, luo viihtyisän työympäristön työntekijöille ja mahdollistaa tuotannon optimoimisen. Yhtenä vaihtoehtona yrityksen toiminnan kehittämiseen on Lean. Lean on toimintafilosofia, jonka tavoitteena on toiminnan jatkuva parantaminen ja hukkan vähentäminen. Osana Lean:iä on 5S-ohjelma, jonka avulla saavutetaan haluttu siisteys ja järjestys yrityksessä. Saavutetut aika- ja materiaalisäästöt lisäävät yrityksen kilpailukykyä globaaleilla markkinoilla.

Tämän opinnäytetyön aiheena on luoda uusi järjestelyjärjestelmä GA Telesis Engine Services Oy:ssä osana käynnissä olevaa Lean ja 5S-projektia. Yrityksen järjestely oli vanhentunut ja standardoimaton, ja se oli alkanut hidastamaan tuotantoa. Asentajat joutuivat etsimään osia moduulihyllyistä, tämä aiheutti viivästyksiä työntekoon ja mahdollisesti materiaalihävikkiä kasauksen aikana. Lisäksi moottorien järjesteleminen vaatii liiallisen määrän ammattitaitoa ja asioiden ulkoa muistamista.

Tavoitteena oli luoda standardoitu modulaarinen järjestelmä, jolla osat järjestetään kasusta varten. Järjestelmän tuli sopia yrityksen uuteen Lean toimintamalliin sekä täyttää kaikki ilmailuvaatimukset. Järjestelmää lähdettiin pilotoimaan yhdellä moduulilla, mutta valmiin järjestelmän tuli pystyä toimimaan jokaisen eri moduulin kohdalla. Suurena osana uutta järjestelmää oli visuaalinen ohjaus. Visuaalinen ohjaus auttaa vähentämään muistettavien asioiden määrää ja tekee virheistä ilmeisiä, jolloin ne on helpompi välttää. Samalla järjestelmä ohjaa asentajia työssään leikaten moduulien kasausaikoja huomattavasti. Kattavan järjestelmän haasteena oli moottorien osien ja erilaisten konfiguraatioiden suuri lukumäärä.

2 YRITYS

2.1 GA Telesis, LLC

GA Telesis, LLC (GAT) on vuonna 2002 perustettu ilmailualan yritys. GAT on kasvanut 15 vuodessa yhdeksi maailman suurimmista lentokoneiden, niiden osien ja moottorien myynti-, leasing- ja huoltoyrityksistä yli miljardin dollarin omaisuudellaan. GA Telesiksellä on myös täydet kunnossapito (MRO) valmiudet lentokoneiden komponenteille, komposiittiosille sekä kokonaisille moottoreille. GA Telesiksellä on toimipisteitä ympäri maailmaa, mutta sen pääkonttori sijaitsee Yhdysvalloissa Fort Lauderdaleissa. Siellä on myös yrityksen suurimmat varaosavarastot sekä komposiittikorjauspalvelut. Toimintojen hajauttaminen eri maanosiin mahdollistaa nopeat toimitusajat ympäri maailmaa. GAT:lla onkin toimipisteitä Iso-Britanniassa, Kiinassa, Kanadassa ja Suomessa. (Global Leader in Commercial Aviation n.d.)

GAT:in toiminta on hajautettu ympäri maailmaa eri pajoille. Näillä toimipisteillä on valmiudet korjata lähes jokainen lentokoneen komponentti ja rakenne:

- Airframe Solutions Group tarjoaa lentokoneiden myynti ja leasing palveluita
- Component Repair Group huoltaa lentokoneiden laitteita ja komponentteja
- Composite Repair Group korjaa ja huoltaa lentokoneiden runkojen sekä muiden lentokoneen osien komposiittirakenteita
- C&E Group ja Inventory Solutions Group tarjoavat varastoleasing palveluita ja varaosa myyntiä. (Global Leader in Commercial Aviation n.d.)

Asiakkaat voivat suoraan ostaa tarvitsemansa varaosat tai he voivat vuokrata varastoa, jolloin GAT:in asiantuntijat auttavat varaosavaraston hallinnoinnissa ja optimoinnissa laskien materiaalikuluja.

Näitä palveluita yhdistämällä GAT voi tarjota asiakkailleen räätälöityjä palveluita lentokoneen koko elinkaarelle hankinnasta ja ylläpidosta aina lentokoneen myyntiin ja kierrätykseen asti. (Global Leader in Commercial Aviation n.d.) Kattavien palveluiden lisäksi GAT:illa on tiukat laatustandardit ja lukuisia sertifikaatteja kuten CAAC, EASA, FAA, GACA, TCCA sertifikaatit.(Quality Management n.d.) Nämä takaavat tuotteiden korkeimman mahdollisen laadun sekä mahdollistavat osien sertifiointin kaikille mahdollisille markkinoille ja asiakkaille.

2.2 GA Telesis Engine Services Oy

GA Telesis Engine Services OY (GATES) on GA Telesis:n suomalainen tytäryhtiö. GATES perustettiin 2013 kun Finnair myi Helsinki-Vantaan lentokentällä sijaitsevan lentomoottorien huoltotoimintansa Finnair Engine Servicesin GA Telesikselle. Tällöin siirtyi 80 Finnairin entistä työntekijää ja kaikki toimitilat GAT:in käyttöön. Henkilöstön määrä on kasvanut tästä noin 130 henkilöön ja uutta henkilöstöä palkataan jatkuvasti yrityksen kasvaessa. GATES tarjoaa suihkumoottorien ja niiden osien korjaus ja huoltopalveluita. GATES:in lattiapinta-alaan perustuva laskennallinen läpimenokapasiteetti on noin 200 moottoria vuodessa. (GAT Engine Services n.d.) Todellisuudessa moottoreita huolletaan vuodessa noin 35 kappaletta riippuen moottoreille tehtävien huoltojen laajuudesta.

2.2.1 Toiminta

GATES:in päätoimintaa on matkustajalentokoneiden suihkumoottorien huolto ja korjaus. Sivutoimintana GATES tekee moottoreiden koekäyttöjä ja moottorien osien korjausta tilauksesta. GATES:illa on kattavat luvat korjata ja modifioida moottoreiden osia ja suurin osa kaikista korjauksista tehdään yrityksen sisällä. Tehtävien huoltojen laajuus vaihtelee suuresti ja GATES:illa tehdään huoltoja leasing palautuksista moottorin täysremontteihin asti. Huollon laajuus määrittelee huoltosyklin kulun ja aikataulutuksen. Suurempien huoltojen prosessi on monivaiheinen ja eri osastojen on tehtävä yhteistyötä koko prosessin ajan.

GATES:in koko toiminta on kuvattuna yhtiön MOE:n eli Maintenance Organisation Expositionissa. MOE on EASA:n Part 145.A.70 määritelty huolto organisaatioiden toimintakäsikirja. Jokaisella Part-145 alaisuudessa toimivalla yrityksellä tulee olla MOE, jossa on kuvattu kaikki yhtiön toiminta. Yhtiöt saavat tehdä vain töitä, jotka on kuvattu MOE:ssa. Jos yritys haluaa laajentaa huoltoskalaansa, täytyy tehtävät työt kuvata MOE:ssa ensin. Kun paikallinen lentoturvallisuusvirasto on hyväksynyt MOE:n uuden revision, voidaan alkaa tekemään siinä kuvattuja uusia töitä. (EASA Part 145.B.40 2014)

Ennen huoltojen aloittamista moottoreille tehdään niiden saapuessa vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksessa tutkitaan kaikki moottorin ulkopuoliset pinnat sekä pukki, jossa moottori saapui. Tarkastuksen pohjalta tehdään raportti, josta ilmenee mahdolliset

moottorin kuljetussidonnan puutteet ja muut moottorin epäkohdat. Usein moottoreiden kuntoa ei tiedetä ennen vastaanottotarkastusta ja tarvittavan huollon laajuus selviää vasta kun moottori on tutkittu täysin. Vastaanotto tarkastuksessa tutkitaan myös päällisin puolin moottorin suoritettujen Service Bulletin (SB) ja Airworthiness Directive (AD) taso.

SB:t ovat tiedotteita moottorin valmistajalta. Niissä esitellään erilaisia parannuksia moottorin konstruktion. Ne voivat parantaa moottorin suorituskykyä, polttoaineenkulutusta, huollettavuutta tai pidentää moottorin huoltoväliä. Bulletineja ei ole pakollista suorittaa ja ne ovat vain suosituksia valmistajalta. Erityistilanteissa moottorin valmistaja voi vaatia tiettyjen SB suorittamisen sanktioiden uhalla, mutta niiden suorittamatta jättäminen ei vaikuta moottorin lentokelpoisuuteen turvallisuusvirastojen näkökannasta. (Abbott 2015.) GATES tekee suosituksia asiakkaille tarpeellisista bulletineista ja moottorin omistaja saa päättää mitä SB:ja haluaa moottoriinsa suorittaa. Usein vanhoihin moottoreihin, joilla ei ole tarkoitus lentää enää kauaa, suoritetaan vähemmän bulletineja huollon kulujen laskemiseksi. Parannukset suorituskykyyn ja polttoaineenkulutukseen ovat tyypillisesti vain prosenttien osia, joten niiden Return On Investment (ROI) on suhteellisen pieni, mutta merkittävä moottorin eliniän aikana.

AD:t ovat lentokelpoisuusmääräyksiä lentoturvallisuusvirastoilta kuten EASA:lta ja FAA:lta. AD:t määräävät tiettyjen huoltojen, tarkastusten tai osien vaihtojen suorittamisen. AD:t liittyvät aina lentoturvallisuuteen eikä niitä julkaista muista syistä. Toisin kuin SB:t, AD:t ovat pakollisia suorittaa ja moottori tai lentokone on lentokelvoton ennen AD:n suorittamista. Direktiiveissä on mainittu tietty aika tai lentosyklimäärä, jonka sisällä AD tulee suorittaa. AD:n tekemättä jättäminen on ylimmän luokan rike ja voi johtaa yrityksen toimintalupien välittömään epäämiseen. Havaitut AD puutteet tulee aina ilmoittaa alueelliseen lentoturvallisuusvirastoon. (EASA Part 145.A.60 2014.) Moottorin tullessa huoltoon tarkastetaan aina suoritettut AD:t vaikka operaattori ilmoittaakin moottoriin suoritettut AD:t.

Vastaanottotarkastuksen jälkeen luodaan moottorin huollonlaajuussopimus eli Work Scope. Siinä määritellään jokaiselle moottorin moduulille tehtävän huollon laajuus sekä suoritettavat AD:t, SB:t sekä asiakkaan vaatimat erityistehtävät. Lisäksi sopimuksessa määritellään operaattorin vaatimien sertifiointien määrä. Asiakas voi vaatia, että moottori sertifioidaan sekä EASA:n että FAA:n alaisuuteen. Erityistapauksissa voidaan myös vaatia pienempien lentoturvallisuusvirastojen sertifikaatti, kuten CAAC. Tehtävät huollot

voidaan aloittaa, kun asiakas on hyväksynyt Work Scopen. Sopimukseen voi tulla muutoksia moottorin huollon aikana, jos havaitaan puutteita moottorin kunnossa, jotka vaativat korjausta. Tehtävät laajennukset täytyy hyväksyttää asiakkaalla uuden sopimusrevision muodossa. Joskus vaadittavat laajennukset tulevat niin kalliiksi, että asiakkaat päättävät jättää moottorin huoltamatta. Tässä tapauksessa moottoreista otetaan käyttökelpoiset osat ja ne käytetään asiakkaan muissa moottoreissa tai myydään eteenpäin. Suuri osa GAT:in liiketoiminnasta perustuu tällaisten moottorien ostamiseen ja niiden osien myyntiin.

Varsinainen huolto alkaa moottorin purkamisella huollon laajuuden vaatimaan tasoon. Jokaisella moduulilla on erillinen work scopen määrittämä huollon aste. Huollon asteet voidaan jaotella neljään eri laajuiseen kokonaisuuteen. Suurimmasta pienimpään huollon asteet ovat täyshuolto eli Overhaul (OVH), suorituskyvyn palautus eli Performance restoration (PERF), korjaus eli Repair (REP) sekä minimitason huolto eli Minimum (MIN).

MIN huollossa moduuli jää yhdeksi kokonaisuudeksi ja se tarkastetaan visuaalisesti vain päällisin puolin. MIN tasoa käytetään, kun tiedetään, että moduuli on lentokelpoinen eikä vaadi korjausta. MIN huoltotasolla voidaan käyttää löyhempiä tarkastusarvoja kuin muilla huoltotasoilla.

REP huoltotaso tarkoittaa moduulin vian korjaamista. Korjaaminen rajoittuu vain tietyn vian korjaamiseen, eikä muita osia huolleta niin perusteellisesti. Tyypillisesti REP tason huolto tehdään, kun moottorista havaitaan öljyvuoto tai joku muu pienelle alueelle keskittyvä vika. Purku viedään vain niin pitkälle kuin vikaantuneen osan vaihtaminen vaatii.

PERF huolto on moottorin suorituskyvyn palautus käytön jälkeen. Suihkumoottorien käyttölämpötila on hyvin korkea ja rasitukset ovat suuria. Käytössä kompressorin siivet kuluvat, jolloin moottorin painekerroin laskee. Samalla turbiinin siivet ja tiivisteet kuluvat ja niiden hyötysuhde laskee paineen päästessä vuotamaan siipien ohi. Tämän kuluminen seurauksena moottorin tehomarginaali laskee. PERF huollossa vaihdetaan ja korjataan osia moottorista, jotta palautetaan korkeampi suorituskykymarginaali. PERF huoltoja suoritetaan tarpeen mukaan, kun havaitaan moottorin suorituskykymarginaalin merkittävä lasku.

OVH huolto on moottorin täysremontti, joka sisältää jokaisen osan tarkastuksen ja korjauksen manuaalin korkeimpaan standardiin. OVH huollossa kaikki moottorin moduulit puretaan osiin. Puretut osat pestään ja tarkastetaan. Osien OVH tarkastukset sisältävät usein röntgentarkastuksia, tunkeumanestetarkastuksia ja muita ainetta rikkomattomia koetuksia eli Nondestructive Testing (NDT) tarkastuksia. Jokainen huoltoa vaativa osa käy läpi täyden korjauskierron ja niiden kunto nostetaan niin lähelle uutta kuin mahdollista. Jos moottorille on pyydetty OVH tason huolto, ei moottori saa sisältää yhtään osaa jonka kuntotaso alittaa OVH tason.

Purun jälkeen osat siirtyvät pestäväksi tai osat joita ei voida huoltaa GATES:illa lähetetään suoraan alihankkijoille korjattavaksi. Osien uloslähetys on aina riski, sillä niiden aikataulua ei voida hallita niin hyvin kuin yrityksen sisällä tehtävien korjausten aikataulua. Toisaalta ulkona olevat osat eivät vie resursseja korjauspajalta, vapauttaen kapasiteettia muihin osiin. Moottorin osia on valmistettu lukuisista eri materiaaleista monilla eri menetelmillä. Tästä syystä jokaiselle osalle on määritelty oma pesumetodi. Osa pesumenetelmistä on hyvin aggressiivisia ja ne voivat vahingoittaa osia, jos pesuun päätyy väärää materiaalia oleva osa.

Pesun jälkeen osat siirtyvät NDT tarkastuksiin tai suoraan tarkastajalle tutkittavaksi. NDT tarkastuksia vaativat yleensä jatkuvan rasituksen alaisena olevat osat tai turvallisuudelle kriittiset osat kuten pyörivät elinaikarajoitetut osat. Jokaiselle osalle on määritetty omat tarkastustoimenpiteet, joiden mukaan osat sertifioidaan. Osien lentokelpoisuussertifikaateissa lukee aina käytetyn ohjekirjan tarkastuskohta ja ohjekirjan revisionumero. Osien tarkastukseen voi sisältyä 3D-mittausta, kappaleen ulkopuolista tarkastelua tai osien toiminnan tarkastamista. Kun osa täyttää kaikki tarkastuksen kriteerit voidaan sille kirjoittaa lentokelpoisuustodistus. Jos osa ei läpäise tarkastusta, se täytyy korjata tai romuttaa. Kaikille osille ei löydy korjausta, jos tällaisesta osasta löytyy vika, se hylätään ja tilalle pitää asentaa korvaava osa. Korjaukseen ohjautuneet menevät korjattavaksi omalle pajalle, tai ne lähetetään ulos korjattavaksi. Sisäisestä korjauksesta palautuvat osat kulkevat uudelleen koko tarkastuksen läpi. Tarkastukset läpäistyään osa siirtyy järjestelyyn.

Tarkastetut osat siirtyvät järjestelyyn moduulihyllyissä tai erikokoisina osakokonaisuuksina eli ”kitteinä”. Kitit ovat jaoteltu alueittain moottorin sisällä. Järjestelyssä tarkistetaan, että kaikki moduulin osat ovat oikealla paikallaan. Osien SB ja AD status tulee var-

mentaa ja pitää huolta, että kaikki vallitsevat AD:t ja pyydetyt SB:t tulee suoritettua. Järjestelyssä kerätään myös kaikki kertakäyttöiset vaihtuvat osat kuten tiivisteet ja tietyt kiinnikkeet. Järjestelyn toiminnasta kerrotaan lisää kappaleessa 6.

Järjestellyt moduulihyllyt siirtyvät tuotantoon valmiina kasaukseen. Moottori kasataan moduuleista ja moduulit alamoduuleista. Alamoduulit kootaan niille varatuissa kasauspaikoissa. Kasauspaikoissa on kaikki moduulin kasaukseen tarvittavat työkalut ja tarvikkeet. Alamoduulien valmistuttua ne kasataan takaisin päämoduuleiksi. Lopulta päämoduulit kasataan kokonaiseksi moottoriksi. Moottorien modulaarisuus mahdollistaa niiden yhtäaikaisen kasauksen, nopeuttaen kasausta. Saman omistajan moottoreiden välillä voidaan myös vaihtaa moduuleita ristiin, jos halutaan muuttaa moottoreiden konfiguraatiota tai nopeuttaa läpimenoaikaa.

Moottorit koekäytetään aina kasauksen jälkeen. Koekäytön tarkoitus on mitata moottorin suorituskykyä ja paljastaa mahdolliset ongelmat, joita on voinut tulla kasauksen yhteydessä. Jokaiselle moottorimallille on määritetty tietty työntövoima ja suorituskykymarginaali, jotka sen täytyy täyttää, jotta se voidaan sertifioida. Moottorin läpäistyä koekäytön siirtyy se lopputarkastuksiin. Lopputarkastuksessa tarkastetaan kaikki suodattimet metallihippujen varalta. Metallihippuja voi irrota, kun osat asettuvat paikalleen koekäytön aikana. Moottorin sisäosat tutkitaan koekäytön jälkeen boroskoopilla, se on ainut keino varmistua moottorin sisäosien kunnosta koekäytön jälkeen. Moottorin läpäistyä lopputarkastukset se sertifioidaan, suojellaan kosteudelta ja pakataan lähetystä varten.

2.2.2 Tuotteet

GATES huoltaa ja korjaa General Electric Aviation:in (GE) CF6-80C2 sekä CFM Internationalin (CFMI) CFM56-5B ja CFM56-7B moottoreita. Näistä moottoreista -7B tyyppi on modernin, huoltovalmiudet tyyppille GATES sai loppuvuodesta 2015 ja ensimmäinen -7B perushuolto valmistui vuoden 2017 alussa. (GAT Engine Services n.d.) Taulukossa yksi on esitelty GATES:illa korjattavien moottorityyppien perustietoja.

TAULUKKO 1. Moottorien perustietoja (TCDS E38NE Revision 12 2012, 1-5; TCDS E13NE Revision 26 2014, 1-5; TCDS E00056EN Revision 10 2016, 2-4)

Moottori	Työntövoima (kN)	Ohivirtauskerroin	Painekerroin	Massa (kg)	Puhaltimen halkaisija (mm)	Pituus (m)
CF6-80C2	232-275	5.0-5.31	27.1-31.8	4300	2690	4.26
CFM56-5B	98-150	5.4-6.0	32.6-35.5	2500	1727	2.6
CFM56-7B	91-121	5.1-5.5	32.7	2385	1549	2.5

GE:n moottori on melkein kaksi kertaa CFMI:n moottoria suurempi ja painavampi. Se tuottaakin melkein kaksinkertaisen määrän työntövoimaa. CFM56 moottorit ovat kehittyneempiä ja niillä on suurempi ohivirtauskerroin ja painekerroin. Moottorien kehittyessä on tyypillistä, että painekerroin ja ohivirtauskerroin kasvavat. CFMI:n uusimmassa LEAP moottorissa onkin jopa 40:1 painekerroin ja 11:1 ohivirtauskerroin (EASA E.115. 2017).

Suurin osa GATES:in huoltamista moottoreista on CF6-80C2 (kuva 1) variantteja. CF6 on GE:in 1960 luvun lopulla suunnittelema suuritehoinen kaksiakselinen korkeaohivirtauskertoinen ohivirtaussuihkumoottori. CF6 perustuu 1960 luvulla kehitettyyn TF39:ään, joka oli maailman ensimmäinen suuritehoinen ohivirtaussuihkumoottori. CF6:en suuri ohivirtauskerroin mahdollisti aikanaan suuren harppauksen moottorien hyötysuhteessa. Mallia on paranneltu paljon vuosien varrella ja nykyiset CF6-80E1 moottorit ovat hyvin erilaisia verrattuna alkuperäiseen malliin. (Lironi 2007, 80-85.)



KUVA 1. General Electric CF6-80C2 (GE Aviation N.d.)

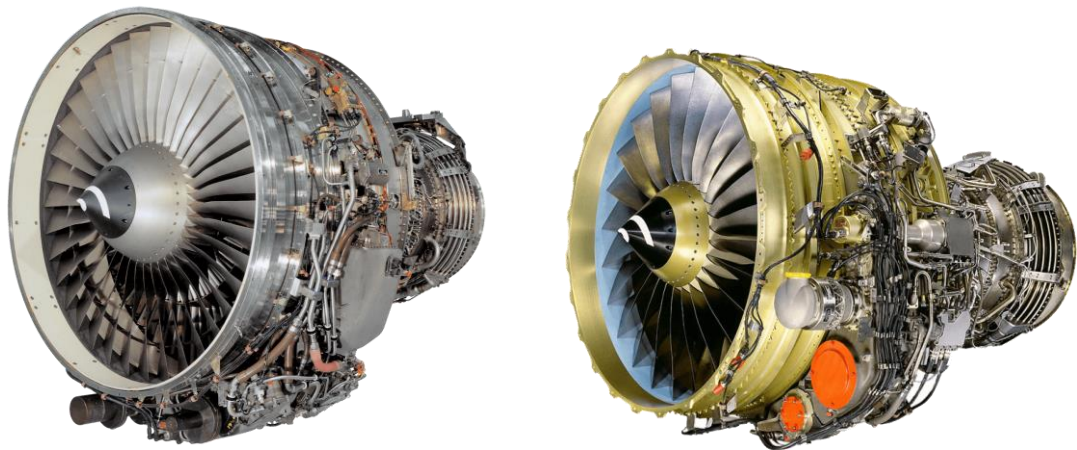
Ohivirtaus tarkoittaa moottorin läpi ja moottorin ohi kulkevan puhaltimen kiihdyttämän ilman suhdetta. Suuri ohivirtauskerroin kertoo siitä, että suurin osa ilmasta ei osallistu palotapahtumaan eikä kulkeudu moottorin läpi. CF6-80C2 ohivirtauskerroin on noin 5, eli jokaista turbiinin läpi kulkevaa ilmaa kiloa kohden puhaltimen läpi kulkee 5 kg ilmaa. Tämä nostaa moottorin hyötysuhdetta, mutta rajoittaa sen huippunopeutta. Suurin osa maailman siviilimatkakoneista käyttää ohivirtaussuihkumoottoreita. Ohivirtaus hiljentää myös moottorin ääntä, sillä korkeanopeuksinen suihkuputkesta tuleva ilmavirtaus sekoittuu hitaampaan moottorin ohi virtaavaan ilmavirtaan pienentäen moottorin kiihdyttämän ja ulkopuolisen ilman nopeusgradienttia ja siten moottorin tuottamaa ääntä. (Koi-visto 2003, 65-67.)

CF6-80C2:ta käytetään esimerkiksi Airbus A300 ja Boeingin 767 ja 747 lentokoneissa. Nykyiset CF6-80C2 variantit ovat ETOPS sertifioituja. Tämä tarkoittaa sitä, että niillä voidaan lentää kaksimoottorikoneella turvallisesti 60 minuutin etäisyydellä lähimmästä varalaskupaikasta, vaikka yksi moottori hajoaisi lennon aikana. ETOPS etäisyysluokkia on lukuisia ja -C2 variantit ovat luokiteltu 180 minuutin luokkaan saakka. (AC-120-42B 2008, 3.) Kaksimoottorikoneilla on edullisempaa lentää kuin nelimoottorisilla, joten pitkien lentojen mahdollistaminen vain kahdella moottorilla on suuri etu moottorityypille. Modernimpiin moottoreihin verrattuna CF6-80 kuluttaa suhteellisen paljon polttoainetta, mutta tuottaa samalla paljon työntövoimaa. Polttoaineen hinnan noustessa CF6-80 moottorien käytön kannattavuus laskee ja ne luultavasti poistuvatkin käytöstä uudempien moottorien edeltä. (Lironi 2007, 85.) Toisaalta CF6 maailmanlaajuisen suosion myötä varaosien saatavuus on suhteellisen hyvä ja varaosien hinnat ovat maltilliset. Tämän vuoksi voi olla, että CF6-80:llä riittää käyttäjiä vielä vuosiksi.

CF6-80C2 lisäksi GATES:illa korjataan ja huolletaan CFM56-5B ja -7B moottoreita (kuva 2). CFM56 on CFM International:in 1970 luvulla suunnittelema kaksiakselinen korkeahivirtauskertoiminen ohivirtaussuihkumoottori. CFM International on yhdysvaltalaisen GE Aviation:in sekä ranskalaisen Safran Aircraft Engines:in yhteishanke. CFM56 on maailman käytetyin korkealla ohivirtauskertoimella varustettu suihkumoottori ja tyyppillä onkin lennetty yhteensä yli 800 miljoonaa tuntia. Tyyppille kerääntyy noin miljoona lentotuntia viikon välein, joten tällä tahdilla miljardin käyttötunnin raja saavutetaan vuonna 2020. CFM56 ylitti kaikki luokkansa moottorit polttoainekulutuksellaan, hiljaisuudellaan ja päästöarvoillaan. Moottorin rakenne suunniteltiin hyvin yksinkertaiseksi,

luotettavaksi ja helposti huollettavaksi. Tästä todisteena on se, että tyypillinen aika ensi-huoltoon on 30 000 lentotuntia eli 6,84 vuotta ilmassa. CFMI rinnastaa tämän normaali-käyttäjän 1 000 vuoden ajoa samalla autolla. Tänä aikana siihen vaihdettaisiin ajoittain vain uudet öljyt, suodattimet ja sytytystulpat. (CFM56 fleet surpasses 800 million flight hours. 2016.) Mäntämoottorikoneiden täyshuoltoväli, eli Time Between Overhaul (TBO), on paljon lyhyempi. Hyvin luotettavina pidettyjen Rotax 912 moottorien TBO on vain 2 000 tuntia. (Rotax 912 ULS/S. n.d.)

CFM56-5B moottoreita on käytössä Airbus A319, A320 ja A321 kapearunkokoneissa. 1993 Boeing tarvitsi moottorin uudistettuun 737 malliinsa, mutta -5B mallin moottorit olivat liian korkeita niin matalaan koneeseen, joten CFMI kehitti moottorista hieman ma-
 talamman CFM56-7B version konetyyppiä varten. Moottorin kutistus toteutettiin pienentämällä puhaltimen halkaisijaa 178 mm, lisäksi moottorin apulaitevaihteisto siirrettiin tyypillisestä kello 6 asemasta moottorin sivulle kello 8 asemaan. Kuvassa 2 -7B on oikealla ja -5B vasemmalla. CFM56-7B:stä ja Boeing 737 on tullut maailman suosituin lentokone-moottori yhdistelmä ja niitä onkin maailmanlaajuisesti käytössä yli 4000 kappaletta. (CFM International. N.d.)



KUVA 2. CFM56-5B ja CFM56-7B. Muokattu (CFM International N.d.)

2.2.3 Toimiala ja sen tulevaisuudennäkymät

Ilmailuala on yksi maailman globaaleimmista aloista. Tämä tarkoittaa myös kovaa maailmanlaajuista kilpailua. Korjaamot ympäri maailmaa kilpailevat samoista asiakkaista, sillä nykypäivänä lähes kaikkialla maailmalla on valmiudet korjata lentokoneiden moottoreita. Kilpailuetuna pajat käyttävät sijaintiaan, moottorin kääntöaikoja, hinnoittelua

sekä varaosavalikoimaansa. GATES:illa on erinomainen sijainti kaikkialta maailmalta tulevien moottorien huoltamiseen. GATES:in moottorien kääntöajat ovat myös hyvin kilpailukykyiset muihin korjaamoihin verrattuna. Tämä etu saavutetaan GATES:in emoyhtiön GAT:in valtavien varaosavarantojen avulla. GAT pystyy toimittamaan lähes kaikki tarvittavat käytetyt materiaalit hyvinkin pienellä varoitusaajalla. Materiaalien hyvä saatavuus mahdollistaa paremman joustavuuden kuin muilla korjaamoilla. Moottorien valmistajat kuten GE ja CFMI ovat nostaneet läsnäoloaan markkinoilla viime vuosina. Valmistajat pystyvät tarjoamaan asiakkaille uusia osia käytettyjen hinnalla, hinnoitellen kilpailijat ulos.

CF6-80C2 moottorien lukumäärä on ollut tasaisessa laskussa pitkään, mutta tyypin käytössä olevien moottorien lukumäärä tasaantui vuonna 2016 2410 moottoriin. Tyypin käytöstä poistuma ennustetaan olevan noin 8% vuoteen 2021. Suurin osa CF6-80C2 on käytössä Boeing 767 ja 747-400 laajarunkokoneissa, näihin koneisiin on kuitenkin jo tarjolla modernimpia vaihtoehtoja ja monet yhtiöt ovat päivittämässä moottoreitaan näihin koneityyppeihin. Muutosta hidastaa nykyinen polttoaineen edullinen hinta ja suuret matkustajamäärät. Suurin kysyntä CF6-80C osissa on turbiininsiiville, joiden saatavuus on joskus huono. Käytössä olevien moottorien lukumäärän tasaantuessa purettavien moottorien määrä laskee, jolloin saatavissa olevat käytetyt varaosat vähenevät. (Derber 2017.)

CFM56 moottorien suosio on säilynyt vahvana, mutta ensimmäistä kertaa koskaan CFMI:n LEAP moottorien tilausmäärät ovat ylittäneet CFM56 mallien tilausmäärät. Tämä kertoo hitaasta, mutta varmasta muutoksesta kapearunkokoneiden moottorivalinnoissa. Tästä huolimatta maailmalla on käytössä melkein 20 000 CFM56-5 ja CFM56-7 tyypin moottoreita, joista noin 40% ei ole vielä käynyt kertaakaan korjaamalla huollossa. Tyypillinen ensihuollon aika on 7-9 käyttövuotta. Kaikista käytetyistä moottoreista 80% ei ole vielä käynyt toisella huollolla, joten tulevaisuudessa on tarjolla paljon tuottavia toisia huoltokäyntejä. Toiset huoltokäynnit ovat kannattavampia korjauspajoille niiden vaatimien suurempien materiaalmäärien vuoksi. CFM56 huoltojen määrän ennustetaan kasvavan kertautuvalla vuotuisella 9% kasvulla vuoteen 2019 saakka. Vuonna 2014 huoltojen määrä oli noin 2 000 moottoria, tämän määrän uskotaan jopa tuplaantuvan seuraavan kymmenen vuoden aikana. Vanhempien moottorien jäädessä eläkkeelle käytettyjen osien saatavuus pysyy hyvänä ja noin 90% vanhempien CFM56 mallien korjaukseen käytettävistä osista on nykyään käytettyjä. Toisaalta uudempien CFM56-5B ja -7B mallien huolloissa käytetyistä osista vain noin 5% on käytettyjä. (Broderick 2014.)

Ilmailualalla on uhkana työvoiman vanheneminen ja eläköityminen. Yhdysvalloissa noin puolet ilmailualan insinööreistä ja mekaniikoista voivat jäädä eläkkeelle seuraavan viiden vuoden sisällä. Lisäksi noin kolmasosa FAA:n työvoimasta jää eläkkeelle lähivuosina. Tähän työvoimakysyntään ei kouluteta tarpeeksi uusia insinöörejä tai mekaniikkoja. Lisäongelmia aiheuttaa työvoiman poistumisesta aiheutuva kokemuksen poistuminen. Uusien työntekijöiden tulisi oppia vanhoilta, jotta saavutettaisiin sama osaamisen taso kuin nykyään. (Nawaguna 2014.) Suomessa suunta on samanlainen ja suuri osa työvoimasta eläköityy lähiaikoina. Tämä on totta varsinkin teknisillä aloilla ja insinöörien keskuudessa. Ilmailualan koulutus on kokenut suuren muutoksen Suomessa, kun Aalto-yliopiston ilmailulinja lakkautettiin ja koulutus siirtyi Tampereelle. Samalla koulutuksen kattavuutta supistettiin, joten valmistuvien insinöörien valmiudet eivät ole enää entisellä tasolla. Tämä korostaa vanhojen ja uusien insinöörien vuorovaikutuksen tärkeyttä työpaikoilla.

3 ILMAILUMÄÄRÄYKSET

3.1 Tilat ja osien säilytys

Ilmailumääräykset hallitsevat kaikkea korjaamon toimintaa. Mitään määräyksiä ei voida jättää toteuttamatta. Vallitsevat määräykset asettavat viitekehykset, joiden sisällä täytyy toimia. Jokaisella yrityksellä on omat erilaiset käytäntönsä ja tapansa täyttää vaatimukset. Jotkut yritykset täyttävät vain vähimmäisvaatimukset ja joillain on omat tiukemmat vaatimuksensa toiminnalleen.

EASA Part-145 alaisuudessa toimivien yritysten tilojen täytyy suojella työntekijöitä ja osia yrityksen sijainnin tyypillisiltä sääilmiöiltä, kuten sateelta, rakeilta, jäältä, lumelta, tuulelta ja tomulta. Lisäksi työpajan lattioiden tulisi olla pinnoitetut pölyn kehittymisen minimoimiseksi. (AMC 145.A.25(a) 2015.) Pölyn ja muun ilmassa leviävän saastuttajan määrä tulee pitää minimissään, eikä sitä saa päästä leviämään alueille, joissa on suojaamattomia lentokoneen osia. Osat täytyy suojata kaikkialla, missä saastuttajat luovat näkyvän kerroksen työpinoille, eikä osien suojausta saa poistaa ennen kuin saasteeton tila on taas saavutettu. (145.A.25 2014.)

Osien säilytykseen käytettävien varastojen tulee olla puhtaita, hyvin ilmastoituja ja pidettävä vakiolämpötilassa ja kosteudessa kondensaation minimoimiseksi. Varaston olosuhteiden täytyy myös täyttää kaikki osan valmistajan vaatimukset osien varastoimisesta. Varastoissa ei saa säilyttää lentokelpoista materiaalia lentokelvottomien osien kanssa. Kaikki käyttökelvottomat komponentit, osat, materiaali, työkalut ja varusteet täytyy säilyttää erillisessä varastossa. Pääsy varastoihin täytyy olla kontrolloitua ja sinne pitää olla pääsy vain valtuutetuilla henkilöillä. Käytettyjen säilytyshyllyjen tulee olla riittävän vahvoja lentokoneen osien säilytykseen. Niiden täytyy myös pystyä tukemaan suuria komponentteja siten, että osat eivät pääse vääntymään varastoinnin aikana. Osien tulisi mahdollisuuksien rajoissa olla pakattuina suojaaviin laatikoihin, jotta vahinkoa tai korroosiota ei pääse syntymään osille. (AMC 145.A.25(d) 2015.)

3.2 Osille vaadittavat dokumentit

Lentokoneiden korjauksessa ja operoinnissa dokumentointi on yhtä tärkeää kuin fyysinen työ. Osien papereille onkin asetettu minimivaatimukset, jotka pitää toteutua. Käytännössä suuri osa yrityksistä ylläpitävää korkeampaa standardia papereihin kuin mitä määräykset vaativat.

Minimivaatimuksena lentokoneenosaan, jota on huollettu irti koneesta, täytyy tehdä lentokelpoisuustodistus. Tyypillisesti tämä todistus on EASA Form 1 tai FAA Form 8130-3. Usein yhdellä todisteella varmennetaan molempien virastojen vaatimuksien täyttyminen. Jos lentokoneen osa menee takaisin samaan moottoriin tai lentokoneeseen mistä se on irrotettu, ei näitä todisteita vaadita. Tässä tapauksessa todisteen voi korvata yrityksen itse määrittelemällä lentokelpoisuustodistuksella, jonka tiedot on määritelty yrityksen MOE:ssa. (AMC 145.A.50(d) 2015.) Näiden lisäksi toimittajalta voidaan vaatia osan markkinahistoriaa, irroitustodistusta sekä NIS eli Non Incident Statement. NIS on operaattorin vakuutus siitä, ettei moottori ole ollut onnettomuudessa tai sitä ei ole hankittu sotilaslähteistä. Sotilaskäytössä olevat moottorit eivät ole saman valvonnan alaisena kuin siviilimoottorit, eikä niiden käyttöä rajoiteta. Sotilasmootoreita voidaan käyttää suuremmilla tehoilla ja vähemmällä huollolla kuin siviilikäytössä olevia moottoreita, joten niiden osien käyttökelpoisuutta ei voida todentaa samalla tavalla.

Osa voidaan määritellä romuksi, jos sen dokumentaatio on puutteellinen. Tämän vuoksi on hyvin tärkeää pitää kaikki osien paperit järjestyksessä ja hyvässä kunnossa. Kalliskin osa voidaan joutua romuttamaan, jos siltä puuttuu yksikin paperi sen historiasta. Elinai-
karajoitteisille osille täytyy olla tiedot niiden valmistushetkeen asti, sekä niille suoritettut huollot, SB:t ja AD:t. (AMC 145.A.42(d) 2015.) Lentokoneen käyttäminen dokumentoimattoman osan kanssa on level 2 löytö, joka voi johtaa yrityksen toiminnan keskeyttämiseen, kunnes vika on korjattu (145.B.50 2014.).

4 LEAN

4.1 Lean filosofiana

Lean on Toyotan tuotantomenetelmästä kehitetty yrityksen johtamisfilosofia, joka vaikuttaa yrityksen jokaiseen osa-alueeseen. Lean filosofiassa pyritään toimintamallien ja ihmisten jatkuvaan kehitykseen ja oppimisen kiertoon. Lean ei siis ole päämäärä johon pyritään. Se on pikemminkin toimintamalli, jonka yritys ottaa omakseen kehittääkseen toimintaansa. Lean toimintamalleja voi aloittaa yrityksessä eri aikoihin toisistaan irrallaan, mutta lopulta koko yrityksen tulisi seurata Lean:in oppeja. (Tuominen 2010a, 6.)

Lean perustuu kahteen ydinajatukseseen: arvoa lisäävien prosessien jatkuvaan virtaukseen ja kehittämiseen sekä johdon sitoutumiseen kehittää ja investoida työntekijöihin. Yrityksen toiminnassa tulisi vähentää kaikkea hukkaa ja lisätä arvoa asiakkaalle. Lean:ssa on monia työkaluja, joilla haluttu lopputulos saavutetaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että menestyvä Lean ohjelma voitaisiin toteuttaa matkimalla Lean-työkalujen käyttöä toisilta yrityksiltä. Jokaisen yrityksen täytyy luoda uusi työskentelykulttuuri, joka sopii yritykseen ja sen työntekijöihin, saavuttaakseen mahdollisimman suuren hyödyn toiminnastaan. (Tuominen 2010a, 6.)

4.2 Lean käytännössä

Lean-filosofiassa ei ole vain yhtä ainutta menetelmää, jolla halutut tulokset saavutetaan. Toisaalta perusajatus toiminnan takana säilyy samana yrityksestä riippumatta. Kari Tuominen jakaa Lean:in kahteen peruseriaatteeseen, joiden alle sisältyy kaikki Lean:in työkalut ja periaatteet (Tuominen 2010a, 6). Kuviossa 1 on esitelty esimerkki, miten Lean-järjestelmän voisi toteuttaa yrityksessä. Kuviossa keskellä on päämäärä, johon pyritään. Jokaista päämäärää lähestytään sekä muutosjohtamisen että strategisen johtamisen näkökannalta. Lopuksi arvioidaan ohjelmalla saavutettuja tuloksia.



KUVIO. 1. Esimerkki Lean ohjelman toimintakaavio (Tuominen 2010a, 33)

Jokainen Lean-ohjelma lähtee liikkeelle suunnittelusta. Yritykselle suunnitellaan pitkän aikavälin strategia ja määritellään toivotut tulokset. Nämä luovat pohjan prosessien kehittämiseksi, ilman pitkänajan suunnitelmaa projekti ei voi toteutua toivotusti. (Tuominen 2010, 24) Suunnitelmassa määritellään halutut pilottihankkeet, joilla kokeillaan Lean-toimintaa ja arvioidaan sen toimintaa ennen laajamittaista käyttöönottoa. Pilotit mahdollistavat oppimisen ja virheiden korjaamisen aikaisessa vaiheessa. Onnistunut pilotti lisää rohkeutta toteuttaa muitakin suunniteltuja muutoksia. (Tuominen 2010a, 36–37.)

Yrityksen kehittyminen Lean organisaatioksi ei toteudu vain noudattamalla joitain johdon määrittämiä sääntöjä. Yrityksen koko toimintamallin ja henkilöstön asenteiden täytyy muuttua Lean-filosofian mukaisiksi. Toiminnassa korostetaan jatkuvaa kehitystä ja oppimista. Menestyvä yritys osaa myös valita itselleen parhaat alihankkijat ja tavaratoimittajat ja auttaa heitä kehittämään omaa toimintaansa Lean-järjestelmän mukaiseksi. (Tuominen 2010a, 40.) Johtajat ovat suuressa roolissa yrityksen toimintafilosofian muuttamisessa. Johtajat toimivat esimerkkinä yrityksen toimintafilosofialle. He kannustavat alaisiaan kehittämään taitojaan ja katselmoivat heidän kehitystään ajoittain. Tavoitteena on luoda henkilöstö joka kehittää prosesseja jatkuvasti ja uskaltaa kehittää toimintaansa

päivittäisellä tasolla. Kaikille työntekijöille asemasta riippumatta opetetaan Lean työkalut, joilla he voivat kehittää omaa toimintaansa ja prosesseja joiden kanssa he ovat tekemisissä. Yritykseen syntyy Lean-kulttuuri, kun kaikki saavat tehdä päätöksiä omasta työstään ja pääsee tuntemaan omistajuutta omasta prosessista. Kehitetyt parannukset prosesseissa tuodaan kaikkien osastojen tietoisuuteen ja katsotaan voiko niitä hyödyntää muissa prosesseissa. (Tuominen 2010a, 42–48.)

Tuotannon virtauksen parantamiseksi ja prosessien optimoimiseksi yrityksen täytyy luoda tuotepolitiikka joka ohjaa tuotekehitystä, myyntiä ja tuotantoa. Tuotepolitiikkaa kehitetään markkinoiden ja asiakkaiden vaatimusten mukaan jatkuvasti. Jokaisen tuotteen tulee olla sovitun politiikan mukainen. Näin vältetään tuotteiden päällekkäisyyksiä ja selkeytetään tuotelinjastoa asiakkaille. Tehokas tapa rationalisoida tuotelinjastoa on modularisointi. Modularisoinnilla tuotteet saadaan pilkottua osiin, joita voidaan tuottaa, kehittää ja testata eri paikoissa tehokkaasti. Moduulit mahdollistavat myös suuren määrän räätälöintimahdollisuuksia asiakkaille vain pienellä määrällä perusmoduuleja. Samalla tuotteissa pyritään käyttämään standardoituja osia, jotta saadaan yksinkertaistettua tilauksia, varastoja ja tuotantolinjoja. Olennaista uusien tuotteiden kehittämisessä on eri osastojen yhteistyö. Myynti määrittää asiakkaiden vaatimukset yrityksen tuotteille asiakkaiden toiveiden ja markkina-analyysin pohjalta. Tuotanto yhdessä suunnittelun kanssa suunnittelee tuotteen ja sen valmistuksen yhtäaikaaisesti. Näin saadaan leikattua markkinoilletuontiaikaa ja luotua mahdollisimman helposti valmistettava ja yksinkertainen konstruktio. Tuotteiden jatkokehitys on helppoa, kun osat on standardoitu ja muutoksia voidaan tehdä moduulitasolla vaikuttamatta muihin osakokoonpanoihin. (Tuominen 2010a, 54–60.)

Lean-ajattelussa kaikki yrityksen toiminnot kuvataan prosesseina. Prosesseilla voidaan standardoida kaikki toiminnot ja muokata niitä tarvittaessa. Kaikki prosessit kuvataan prosessikarttaan, jonka alussa näkyy sisään tuleva edellisen prosessin tuote ja lopusta kyseisen prosessin tuote. Karttaan on merkitty kaikki prosessin toiminnot ja tukitoiminnot, joita sujuva toiminta edellyttää. Prosessia kuvatessa kirjataan läpimenoaika, tuottavuus-, laatu-, turvallisuus, terveys- ja ympäristöedellytykset prosessille. Näitä objektiivisia tekijöitä voidaan mitata ja käyttää prosessin arviointiin ja kehitykseen. (Tuominen 2010a, 72–75.)

Prosesseja kehittämällä voidaan luoda tuotanto, joka perustuu imuvirtaukseen. Tuotteet imetään prosessin läpi tilauksesta. Asiakas pyytää tuotetta, jolloin tieto siirtyy edelliseen

työvaiheeseen ja tuotanto aloitetaan. Asiakas voi olla ulkoinen tai yrityksen sisäinen toinen prosessi. Tieto siirtyy ketjuna ensimmäiseen työvaiheeseen, joka tuottaa vaadittavan määrän tilattua tuotetta seuraavalle työvaiheelle. Tuotteita tehdään aina vain vaadittu määrä tarpeeseen. Tehokas imuvirtaus vaatii hyvin optimoituja prosesseja toimiakseen. Imutuotanto minimoi välivarastot ja ylimääräisen tuotannon. Optimitilanteessa tuotetaan vain yksi kappale kerrallaan. Näin voidaan helposti seurata sen valmistumista ja laatua. Jos tuotteessa havaitaan virhe, voidaan reagoida nopeasti ja poistaa virheen aiheuttanut tekijä. Keskeytymätön virtaus ei ole aina mahdollista, jos prosessien tuotantoajat vaihtelevat suuresti tai jos prosessit ovat kaukana toisistaan. Tällöin voidaan käyttää pieniä välivarastoja, joita täydennetään toteutuneen kulutuksen mukaan. (Tuominen 2010a, 76–81.)

Suuren, monimutkaisen järjestelmän ymmärtäminen ja hallinnoiminen on hyvin haastavaa. Hallinnointia voidaan helpottaa visualisoimalla prosesseista tuleva data. Visuaalisella ohjauksella voidaan välittää suuri määrä tietoa yhdellä silmäyksellä helposti ymmärrettävässä muodossa. Standardoimalla työpisteet, työkalujen paikat ja toimintamenetelmät, mahdollistetaan työn laadun valvonta ja mahdollisten poikkeamien helppo tunnistus. Puutteet huomataan heti ja virheet voidaan korjata välittömästi keskeyttämättä tuotantoa. Materiaalivirtojen visualisointi helpottaa tuotannon tilanteen arviointia ja aikataulutusta. Siisteys on tärkeä osa visuaalista ohjausta, sillä se mahdollistaa poikkeamisen huomaamisen helpommin. Työpisteet tulee suunnitella siten, että ne pysyvät järjestyksessä itsestään tai minimaalisella vaivalla. Näin työntekijöiden on mielekästä pitää pisteensä siistinä, kun siivoaminen tulee tehtyä luonnostaan työn ohessa. Siisteydellä välitetään myös hyvä laatuvaikutelma mahdollisille asiakkaille ja työntekijöille. (Tuominen 2010a, 82–83.) Yleisin tapa huolehtia siisteydestä ja järjestyksestä Lean-ohjelmassa on 5S-järjestelmä, josta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 5.2.

Kaiken Lean-toiminnan ytimessä on hukkan poistaminen prosesseista. Hukka on kaikki toiminta ja materiaali, joka ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Jotta hukka voidaan poistaa, täytyy selvittää kaikki lisäarvoa tuottavat vaiheet prosessissa. Täydellisessä prosessissa ei ole yhtään hukkaa, vaan kaikki toiminta tuo lisäarvoa tuotteeseen. Hukkaa löytyy monessa muodossa. Se voi olla ylituotantoa, odottamista, materiaalien siirtämistä, kappaleen työstämistä, varastoimista, turhia liikkeitä työssä, virheiden aiheuttama hukkaa tai ihmisten osaamisen ja kapasiteetin hyödyntämättä jättämistä. Jos hukkaa ei osata tunnistaa, voidaan tunnistaa prosessin lisäarvoa tuottavat vaiheet ja kaikki muu on hukkaa. Kun

hukka on tunnistettu, voidaan muuttaa prosesseja siten, että syntyvä hukka on minimaalinen. (Tuominen 2010a, 86–90.)

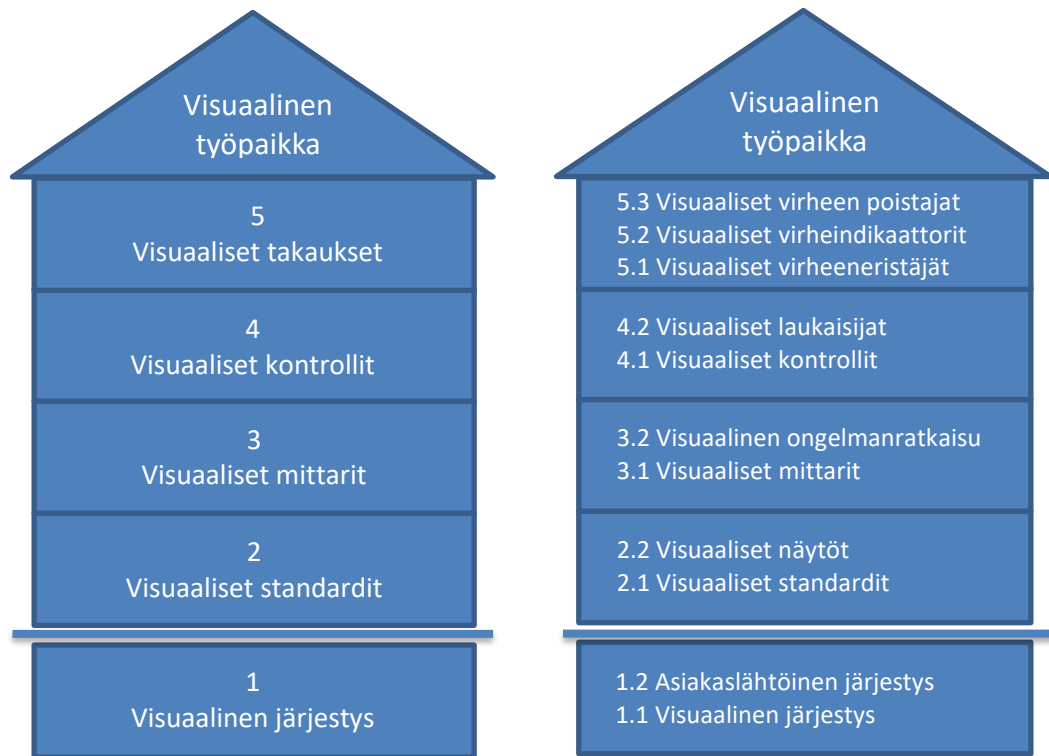
5 VISUAALINEN OHJAUS TEOLLISUUDESSA

5.1 Visuaalisen ohjauksen perusteet

Visuaalisella ohjauksella tarkoitetaan kaikkia ohjeita ja informaationvälittämisen menetelmiä, jotka hyödyntävät yksinkertaisia visuaalisia tai auditiivisia palautteita. Visuaalisen ohjauksen tavoitteena on löytää ja vähentää puutteita informaationvälityksessä. Parhaimmillaan visuaalinen työpaikka järjestää itsensä, ohjeistaa työhön, ylläpitää järjestystä ja korjaa virheitä itsestään. (Galsworth 2004, 44.)

Visuaalinen työpaikka vastaa kysymyksiin, joita työntekijät eivät kysy. Kysymyksiin ei voida vastata, jos niitä ei esitetä. Jos kysymyksiin ei vastata, keksitään ongelmaan oma ratkaisu, joka harvoin on optimaalinen. Visuaaliset ohjauskeinot tuovat vastaukset kriittisiin kysymyksiin työntekijän luokse, sinne missä hän tarvitsee niihin vastauksia. Paras tapa tietää millä alueella tarvitaan kehitystä, on seurata mitä työntekijät kysyvät useimmiten. Yleisin kysymys työpaikoilla on ”missä”. Työkalut, materiaalit, ohjeet, työmääräykset ja osat ovat usein hukassa ja niiden etsimiseen kuluu turhaan aikaa. Pyrkimys on vastata kysymykseen ”missä”, siellä missä kysymys tulee ilmi. (Galsworth 2004, 44-45.)

Visuaalinen työpaikka rakentuu toisiaan tukevista kerroksista ja kerroksien sisäisistä elementeistä (kuviokuva 2). Kaiken perustana on kaiken tavaran järjesteleminen visuaalisesti esimerkiksi 5S-järjestelmän mukaan. Kun kaikki on järjestyksessä, katsotaan aluetta asiakkaan ja toimittajan silmin ja vastataan sitten kysymyksiin, joita heillä voisi olla. Asiakas voi olla sisäinen tai ulkoinen, mutta molempien kysymyksiin täytyy pystyä vastaamaan. (Galsworth 2004, 45.)



KUVIO 2. Visuaalisen työpaikan rakenne. Muokattu (Galsworth 2004, 46)

Toisessa kerroksessa pyritään vastaamaan viiteen peruskysymykseen:

- Mitä
- Kuinka monta
- Milloin
- Kuka
- Miten

Näihin kysymyksiin vastataan visuaalisella ohjauksella ja niiden päälle rakennetaan standardit, joita noudatetaan kaikessa toiminnassa. Saavutettuja tuloksia ja järjestelmän noudattamista seurataan tauluilla, jolle numeerinen data on käännetty helposti ymmärrettäviksi graafeiksi. Taulut yhdistävät eri osastojen toiminnat ja antaa kokonaiskuvan koko tehtaan toiminnasta. (Galsworth 2004, 46.)

Kolmannella tasolla tuotantoa mitataan visuaalisilla mittareilla ja mahdollisten poikkeamien aiheuttamat ongelmat ratkaistaan visuaalisilla työkaluilla. Työkalut antavat tarkat ohjeet, miten työ tulee suorittaa ja virheet tulevat ilmeisiksi heti kun ne tapahtuvat. Neljännellä tasolla visuaaliset standardit iskostetaan työhön ja ne ohjaavat kaikkea tekemistä. Visuaaliset ohjenuorat ohjaavat työtä ja näkyvät indikaattorit laukaisevat työn tar-

peen kaikissa työvaiheissa. Tämä johtaa lopulta viidennelle tasolle, jossa visuaaliset ohjaimet estävät virheiden tekemisten ja takaavat tasaisen laadun koko prosessissa. (Galsworth 2004, 45-46.)

5.2 5S-ohjelma

Laatutietoisien yrityksen tunnusmerkkejä ovat siisteys, järjestys ja ylimääräisen tavaran puuttuminen. Järjestys luo viihtyisän työpaikan ja antaa hyvät kuvan yrityksestä ja sen toiminnasta. Hyvin järjestetty työpaikka edesauttaa turvallisuutta ja parantaa tuotannon virtausta. Järjestelyn seurauksena syntyneellä tilalla voidaan lisätä tuotantoa tai luoda uusia mahdollisuuksia. Saavutetun tuottavuuden ja laadun myötä voidaan myös houkutella yritykseen työmarkkinoiden parhaat työntekijät. (Tuominen 2010b, 7–8.) Siisteyttä ja järjestystä voidaan kehittää monilla keinoilla, mutta nykypäivänä yleisimmät työkalut ovat Lean ja siihen sisältyvä 5S-järjestelmä.

5S on siisteys- ja järjestysohjelma, jolla pyritään luomaan viihtyisä ja siisti työpaikka, nopeuttamaan työntekoa, vähentämään virheitä, ja poistamaan prosessin hukka. 5S-ohjelma koostuu viidestä eri vaiheesta ja ohjelma edellyttää, että kaikki sen vaiheet toteutetaan järjestelmällisesti. Jos jokin vaihe jätetään tekemättä tai toteutetaan vain osittain, ei voida olettaa, että ohjelma onnistuisi. (Tuominen 2010b, 7–8.)

5.2.1 Seiri (Erottelu)

Ensimmäinen vaihe on erotella tarpeellinen tavara tarpeettomasta. Yksi tapa toteuttaa erottelu on laittaa punainen huomiolappu kaikkeen tavarahan mikä määritellään tarpeettomaksi. Tavarasta pitää arvioida onko se tarpeellinen, onko sitä oikea määrä ja missä sen pitäisi sijaita? Jos tavara on tarpeellinen, jätetään se alueelle, mutta samalla mietitään, kuinka usein sitä tarvitaan ja voiko sen paikkaa parantaa. Jos tavara määritellään suoraan tarpeettomaksi, voidaan se hävittää eri keinoilla. Kun tavaran tarpeellisuudesta on epäilyksiä, voidaan se siirtää syrjään arvioitavaksi. Jos sivuun siirrettyä tavaraa ei tarvita pitkään aikaan voidaan se määrittää tarpeettomaksi. (Tuominen 2010b, 27.)

Jokaiselle alueelle määritetään vastuuhenkilö erottelemaan tavaroita yhdessä muun henkilöstön kanssa. Osaston työntekijät määrittävät itse mikä on tarpeellista ja mitä ei tarvita jokapäiväisessä työssä. Työntekijät tietävät aina parhaiten mitä työkaluja ja materiaaleja he tarvitsevat työhönsä. (Tuominen 2010b, 27.)

Erottelulla päästään eroon tarpeettomasta tavarasta, jolloin kulkuväylät ja tuotantotilat pysyvät tyhjänä. Lisäksi työpisteet pysyvät siistinä helpottaen työskentelyä. Mahdollisia vaaratilanteita ja törmäyksiä ei pääse niin helposti tapahtumaan, kun ylimääräinen tavara ei estä näkyvyyttä kulkureiteillä. Tilaa vapautuu parempaan käyttöön ja tuotantoalueen layoutia voidaan kehittää. Hävitettävä tavara voidaan myydä, jolloin saadaan lisää rahaa investointeihin, eikä rahaa sitoudu turhaan materiaaliin. (Tuominen 2010b, 26,30.)

5.2.2 Seiton (Järjestely)

Kun kaikesta tarpeettomasta on päästy eroon, voidaan miettiä kaikelle oma paikkansa. Työkalujen ja osien sopiva järjestys voi nopeuttaa työskentelyä huomattavasti, poistamalla turhaa etsimistä ja hakemista, vapauttaen aikaa työnteolle. Materiaalien järjestykselle kehitetään standardoitu järjestelymenetelmä. Näin uudet työntekijät ja työpisteeltä toiselle siirtyvät henkilöt löytävät tarvitsemansa riippumatta paikasta. Tämä helpottaa myös mahdollisten poikkeamien huomaamista. (Tuominen 2010b, 37.)

Työkalut tulisi järjestää mahdollisimman lähelle työntekijää ergonomiseen paikkaan. Kaikki turha liike ja etsiminen tulisi minimoida ja työn tulisi edetä vaivattomasti. Työtehtävälle tärkeät työkalut ja liikkeet voidaan määrittää luomalla prosessista kaavio, joka auttaa hahmottamaan työvaiheen kulun ulkopuolisellekin tutkijalle. Varastopaikat tulee suunnitella siten, että esineet pysyvät ehjänä ja puhtaana suunnitellussa paikassa. (Tuominen 2010b, 38,42.)

Järjestyksen ylläpitämisen helpottamiseksi on hyvä käyttää visuaalisia apukeinoja. Tavaroille voidaan merkitä omat paikat ja värikoodata ne käyttökohteen mukaan. Samalla voidaan yhdistää käytettävät kemikaalit ja työkalut yhteisellä värikoodilla. Osille voi olla näkyvissä tarvittava lukumäärä aukkoina joihin osat asetetaan. Työkalut voidaan merkitä työpisteen mukaan, jolloin eksyneet työkalut löytävät helpommin oikean paikkansa. Kaikista työkaluista ja niiden paikoista pidetään listaa, josta selviää mahdolliset poikkeamat.

Listasta on myös helppo katsoa mistä kaikki työhön tarpeellinen löytyy. Listaa voi tukea valokuvilla järjestellystä työpisteistöstä. (Tuominen 2010b, 42,44.)

5.2.3 Seiso (Siivous)

Kun kaikki turha on poistettu ja tarvittavat välineet ovat järjestelty omille paikoilleen, voidaan alueet puhdistaa. Ensimmäiseksi pitää asettaa tavoitteet puhtauden tasosta joka halutaan saavuttaa. Jokaiselle alueelle voidaan määrittää eri vaatimukset niiden käytöstä riippuen. Jotta siivous tulisi suoritettua aina ajallaan, jaetaan joka alueelle siisteysvas- taava, jonka vastuulla siisteys on. Jokainen työntekijä koulutetaan siisteiden ylläpitämi- seen ja parhaat käytännöt jaetaan kaikkien osastojen kesken. Siivousvälineille on 5S pro- sessin toisessa vaiheessa määritetty oma paikansa, josta ne ovat saatavissa helposti ja jossa ne pysyvät hyvässä kunnossa. (Tuominen 2010b, 51.)

Koneiden siivoukseen voi yhdistää huoltotoimenpiteitä ja laitteiden kunnan seuranta. Jokaiselle koneelle suunnitellaan oma puhdistus- ja huoltosuunnitelmansa, jota kaikki ko- neenkäyttäjät noudattavat. Tämä lisää koneiden kunnosta saatavaa tiedon määrää ja ke- hittyvät ongelmat huomataan helpommin jo varhaisessa vaiheessa. Samalla työntekijöille kehittyä rutiini pitää huolta kaikista työvälineistään. (Tuominen 2010b, 52.)

Tilojen puhtaana pitämiseksi lattiat puhdistetaan perusteellisesti ja maalataan tarvittaessa betonipölyn syntymisen estämiseksi. Kulkuväylät merkitään selvästi lattiaan ja pidetään huolta, ettei mitään säilötä näiden viivojen sisällä. Säilytysalueet voidaan merkitä lattiaan värikoodeilla. (Tuominen 2010b, 54-55.) Ilmailuteollisuudessa käytettävää työkalukont- rollia tulee valvoa ja lattiaan tulee olla merkittynä selvästi alueet, joilla kontrolli on voi- massa.

5.2.4 Seiketsu (Standardisointi)

Kun aikaisemmat vaiheet ovat saatu käynnistettyä, täytyy niiden tulokset standardoida. Voidaan valita yksi esimerkkityöpiste, jolle 5S-muutokset toteutetaan. Tätä järjestystä käytetään sitten pohjana koko laitoksen alueille. On tärkeää kehittää standardikäytäntö

koko yhteisölle, sillä tehdyt muutokset eivät pysy voimassa, jos käytäntöjä ei standardoida. Työntekijät palaavat helposti vanhoihin tuttuihin rutiineihin, jos siihen mahdollisuus ilmenee. (Tuominen 2010b, 64.)

Standardointi alkaa tutkimalla millaisia käytäntöjä ja standardeja on jo voimassa ennen muutosta ja miksi niitä ei noudateta. Jokaisesta 5S-vaiheesta kehitetään standardikäytäntö:

- Miten turha tavara tunnistetaan ja erotellaan?
- Miten erotellut tavarat järjestellään funktionaaliseksi työpisteeksi?
- Miten järjestellyt työpisteet ja alueet pidetään toimintakuntoisena ja siistinä?

Nämä standardit yhdistetään vanhoihin hyväksi todettuihin käytäntöihin. Näin on helpompi siirtyä uuteen käytäntöön, kun pohjalla on kaikille tuttuja menetelmiä. Pilottityöpisteen jälkeen voidaan helpommin toteuttaa muutokset muihinkin pisteisiin, kun käytössä on selkeä pohja mitä seurata. Muutoksia aletaan toteuttaa muihinkin pisteisiin ja niissä esille tulevat huomiot ja kehitysideat kirjataan mukaan standardiin. Vertailemalla eri alueiden käytäntöjä saadaan uusia ideoita toiminnan kehittämiseen. Samalla katsotaan mitä toiset alueet tekevät paremmin kuin toiset ja luodaan kilpailuhenkeä kehitykseen. (Tuominen 2010b, 63-65.)

Kun kaikista vaiheista on kehitetty standardit ja niiden sisältö on koulutettu koko henkilökunnalle, voidaan 5S-toiminta integroida päivittäisiin toimiin. Kehitystä jatketaan loputtomiin ja tuloksia seurataan osastoittain. Eri osa-alueet pisteytetään nykyisen tilanteen mukaan ja edellisestä auditoinnista seuranneen kehityksen perusteella. Tuloksista luodaan visuaalinen taulu, jossa näkyy tavoitteet ja saavutetut tulokset yhdellä vilkaisulla. Parhaista tuloksista ja ideoista voidaan palkita ja merkitä kuukausittaiset voittajat listaan. Yrityksen sisäinen kilpailu innostaa työntekijöitä pitämään kehitystä yllä jatkuvasti. (Tuominen 2010b, 67-70.)

5.2.5 Shitsuke (Seuranta)

5S-ohjelman onnistumiseksi, kaikkien yrityksessä täytyy sitoutua muutokseen ja 5S-toiminnasta on tultava luontainen osa päivittäistä työrytmiä. Alun innostuksen ja hyvien tuloksien jälkeen on helppo jäädä toimettomaksi. Tällöin kehityksellä on tapana taantua

aikaisemmalle tasolle. Täytyy siis kehittää keinoja, joilla seurataan tilanteen kehittymistä ja millä saadaan kaikki sitoutumaan jatkuvaan kehittämiseen. (Tuominen 2010b, 76-77.)

Ongelmia syntyy, kun ollaan tyytyväisiä nykyiseen järjestyksen tasoon eikä pyritä parantamaan sitä jatkuvasti. Ylimääräistä tavaraa saattaa kerääntyä huomaamatta ajan kuluessa, jos tiloja ei pidetä aktiivisesti siistinä. Yrityksen tilauskanta saattaa kasvaa kilpailukyvyyn kasvun seurauksena, jolloin nykyiset tilat alkavat käymään ahtaaksi optimoidusta virtauksesta huolimatta. Tästä seuraavan muuttuneen tilauskannan jälkeen tuotantojärjestelyä saatetaan muuttaa päivittämättä työpisteiden järjestystä ja ohjeita, jolloin tavarat ovat väärillä paikoilla eivätkä listat pidä enää paikkaansa. (Tuominen 2010b, 76.)

Kehityksen ylläpitämiseksi täytyy jokainen uusi työntekijä kouluttaa järjestelmään alusta alkaen. 5S-järjestyksen ylläpitämiseen pitää allokoida jokaiselle riittävästi aikaa, jotta saavutetaan haluttu siisteyden taso. Kaikille tulee olla riittävää tukea saatavissa, kun sitä tarvitaan toiminnan kehittämiseksi. Motivaation säilyttämiseksi järjestelmän kehittämisestä ja toteuttamisesta tulee palkita säännöllisesti. (Tuominen 2010b, 77-79.)

6 MODUULIEN JÄRJESTELY

6.1 Järjestely

Järjestely on nimensä mukaisesti osien järjestelyä kasausta varten. Tavoitteena on järjestää oikeat osat optimaaliseen järjestykseen kasausta varten. Samalla varmennetaan haluttu moottorikonfiguraatio ja SB-taso. Osat saapuvat järjestelyalueelle erilaisissa kokonaisuuksissa osan tyypistä riippuen. Osat voivat saapua suoraan oikeassa moduulihyllyssä tarkastajilta tai irrallisena osana eri toimittajilta. Osia voi tulla järjestelyyn ulkoa korjauksesta tai ostojen kautta uutena tai käytettynä. Korjaamon sisäistenkorjausten jälkeen osat tulevat järjestelyyn tarkastamon kautta.

Tiettyjen moottorinalueiden osat ovat jaettu eri kokoiisiin kokonaisuuksiin eli kitteihin. Kitit ovat aina tietyn moottorin alueen, kuten kahden moduulin sauman osakokoelmia (kuva 3). Kitteihin sisältyy tyypillisesti pieniä kiinnitysosia kuten pultteja ja muttereita. Osien jakamien alueittain kitteihin helpottaa suuren osamäärän hallinnointia. Jokainen kitti tarkastetaan omana kokonaisuutenaan moduulin sisällä. Kitistä tarkastetaan osien lukumäärä sekä konfiguraatio. Mahdolliset SB:ien ja AD:ien vaatimat osien vaihtamiset suoritetaan tässä vaiheessa. Puuttuvat osat merkitään moduulin kasaustyömääräykselle puutteeksi. Kitistä puuttuvat osat voidaan ottaa varastosta tai varaston ollessa tyhjä voidaan ne tilata osatoimittajilta. Kun kaikki osapuutteet on täytetty, merkitään kitti järjestelyksi tietojärjestelmään sekä paperiselle työmääräykselle.



KUVA 3. Tyypillinen sähköosien kitti

Jokaisen osan papereihin on kirjoitettu, mille työmääräykselle osa on määrätty. Jokaisella moduulilla on oma työmääräyksensä tietojärjestelmässä. Työmääräyksille on määritelty materiaalit, jotka moduuliin vaaditaan sekä työvaiheet moduulin kasaukselle. Työmääräyksien pohjia päivitetään ajoittain vastaamaan muuttunutta SB tilannetta, AD:t päivitetään välittömästi järjestelmään virheiden estämiseksi.

Osan saapuessa järjestelyalueelle, sen työmääräyksen numero tarkistetaan ja osa viedään omaan hyllyynsä. Jotkut osat, kuten moottorin ulkopuoliset putket, järjestellään omiin hyllyihinsä niiden fyysisen sijainnin perusteella, vaikka ne ovatkin järjestelmässä kaikki samalla kasaustyömääräyksellä. Tämä helpottaa kasausta, kun moottorin oikean ja vasemman puolen osat ovat eri hyllyissä, jolloin molempia puolia voidaan kasata yhtäaikaista ilman että osat menevät sekaisin.

Hyllyn järjestelyssä tarkastetaan moduulin AD ja SB taso. Sitä verrataan asiakkaan Work Scopessa pyytämään SB listaan. Bulletineihin vaaditut materiaalit otetaan varastosta ja laitetaan moduulihyllyyn. Modifikaatiobulletineissa osat kerätään ja toimitetaan osakorjaamolle, joka toteuttaa vaadittavat modifikaatiot. Jos osan modifikaatio on GATES:in MOE:n määrittämän kyvykkyyden ulkopuolella, pitää osat lähettää alihankkijalle modifioitavaksi.

Moduulihyllyä järjestellessä sille kerätään uudet kertakäyttöiset osat, jotka heitetään aina pois moottorin purun aikana. Kertakäyttöisiä järjestellessä täytyy ottaa huomioon monia seikkoja. Kertakäyttöisiin tai osakokoonpanoon kohdistuva SB tai AD on voinut muuttaa moduuliin vaadittavia osia. Moduuli voi olla purettu vain osittain, jolloin kaikkia kertakäyttöisiä ei tarvita. Moottoreita on myös lukuisia erilaisia konfiguraatioita, jolloin tarvittavat kertakäyttöosat vaihtuvat konfiguraation myötä. Tyypillisiä kertakäyttöisiä ovat tiivisteet sekä tietyt itselukittuvat mutterit.

Järjestely on yksi moottorin kasauksen tärkeimmistä työvaiheista. Hyvin järjestelty moduuli voi nopeuttaa tuotantoa huomattavasti ja leikata hukka-aikaa työskentelystä. Vastaavasti huonosti järjestelty moduuli aiheuttaa ylimääräistä työtä ja mahdollisesti materiaalihukkaa kasauksessa. Järjestely on myös moottorin materiaalien kannalta tärkein pyssäkki, sillä siellä pidetään huolta, että kaikki kasattavat moottorit vastaavat vaadittua konfiguraatiota ja täyttävät asetetut määräykset.

6.2 Järjestelyn nykytilanne ja haasteet

Tämän raportin kirjoitushetkellä järjestelyssä on yksi pääjärjestelijä ja päämateriaalisuunnittelija. Heidän molempien roolinsa ovat hyvin tärkeitä korjaamon toiminnan kannalta. Kaikki materiaaleihin liittyvät AD ja SB toteutumiset ovat järjestelyn vastuulla. Lisäksi järjestely pitää huolen siitä, että moottorin aikaisemmin korjanneet yritykset eivät ole asentaneet väärää konfiguraatiota olevia osia moottoriin aikaisemmilla korjaamokäynteillä. Konfiguraatioiden määrittäminen moottorille voi olla hyvin hankalaa ja yhdessä moottorissa on usein eri SB-tasojen sekoitus. Tilanteen määrittäminen vaikeuttaa vielä se, että moottorin operaattorit harvoin tietävät kattavasti mitä konfiguraatiota moottorit ovat. Moottorin lopullinen konfiguraatio selviää viimeistään moottoria järjestellessä.

Tällä hetkellä pääjärjestelijällä on hyvin suuri vastuu moottorin materiaaleista. Jos aikaisemmissa vaiheissa osakierrota on tehty virheitä, on järjestely viimeinen paikka missä virheet voidaan havaita ennen kasausta. Osien työmääräyksiä voidaan käsitellä väärin tai osia voidaan romuttaa käsittelemättä niitä järjestelmässä. Usein pienet virheet kierron aikana kertautuvat järjestelyyn päästessä ja virheiden korjaaminen vie paljon aikaa. Samalla virheiden korjaaminen voi olla myöhäistä tässä vaiheessa, jos tarvittavaa materiaalia ei ole saatavana käytettynä ja uusien osien toimitusajat ovat pitkiä tai niiden hinta korkea. Osat jotka puuttuvat moottorin tullessa korjaamolle, aiheuttavat usein ongelmia materiaalihallinnassa. Jos kaikkia osapuutteita ei kirjata tietojärjestelmään, jäävät ne helposti huomioimatta.

Materiaalien järjestely ajallaan vaatii valtavasti ammattitaitoa. Osakonfiguraatioita on lukuisia erilaisia jokaiseen moottorin osakokoonpanoon. Muutokset konfiguraatioissa vaikuttavat usein myös osakokoonpanon viereisiin järjestelmiin. Käytössä on usein vanhaa ja uutta konfiguraatiota rinnakkain. On tärkeää tietää, kumpaa koneeseen ollaan asentamassa, jotta tiedetään mitä osia moduuliin tulee järjestellä. Ammattilainen näkee muuttaman osan perusteella moduulin konfiguraation ja osaa valita oikeat kertakäyttöosat sekä täydentää oikeat osat moduuliin. Kokemattomampi järjestelijä joutuu tarkistamaan moduulin konfiguraation moottorin manuaalista vertaamalla moduulin osia manuaalin eri SB tasoihin. Tämä voi viedä hyvinkin paljon aikaa, jos moduulille on tullut paljon bulletinia. Moottorin moduulien konfiguraatio on silti harvoin yksiselitteinen ja tilanteen täy-

dellinen selvittäminen vie hyvin paljon aikaa. Moduuli voi olla myös asennettuna moottorissa, jolloin täytyy mennä moottorin luo, katsomaan kuinka paljon sitä on purettu ja mitä konfiguraatiota se edustaa. Tämäkin lisää moduulien järjestelyaikaa.

Moduulin osat liikkuvat osakierrolla ja saapuvat järjestelyyn eri kokoisissa kokonaisuuksissa riippuen moduulin purkuasteesta ja huollon suuruudesta. Yhdessä moottorissa eri moduulien korjaustasot voivat olla mikä vain OVH huollosta MIN tason huoltoon. Usein moottoria korjattaessa muutama moduuli saa OVH tason huollon ja muut matalamman kulujen pienentämiseksi. Tämä hankaloittaa osaltaan järjestelyä, kun moduuleista tulee eri määrä osia järjestelyyn. Mitä pienempi huollon taso on, sitä vähemmän osia kulkee järjestelyn kautta. Pienemmillä tasoilla moduulit tarkistetaan purkamatta ja asennetaan takaisin moottoriin, jos moduulin kunto on moottorimanuaalin toleranssien sisällä. Moduulissa voi olla silti osia, jotka eivät läpäise tarkastusta. Näitä puutteita tulee etsiä aktiivisesti tietojärjestelmästä, sillä purkamattomien moduulien osat eivät tule järjestelyyn, jossa materiaalit voitaisiin täydentää. Toimiva kommunikaatio linjatarkastuksen ja järjestelyn välillä voi eliminoida tämän ongelman, kun puutteet saadaan järjestelyn tietoon ajoissa. Ihmiset silti unohtavat kiireessä välittää tietoa eteenpäin, jolloin osapuutteita ei raportoida järjestelyyn eikä osapuutteita välttämättä huomata täydentää.

Tyypillisesti purun tason kasvaessa osat tulevat paremmin järjestelyyn samassa hyllyssä. Tämä johtuu siitä, että koko moduulin osat pestään silloin samaan aikaan ja osat etenevät tarkastajille yhdessä hyllyssä. Täyshuolto on siis usein helpoin tapaus koko osakierron näkökulmasta. Kun kaikki osat tulevat samassa hyllyssä, on helppo tutkia, onko kaikki tarvittavat osat paikalla. Jos jokin osa puuttuu, tiedetään, että sille tarvitaan korvaava osa tai se on korjauskierrolla. Pienemmillä purkuasteilla osat saapuvat järjestelyyn pienimpinä kokonaisuuksina satunnaisesti aikoihin. Tämän vuoksi on vaikea tietää, puuttuuko joku osa vai onko se vielä tarkastamatta tai asennettuna vielä moottorissa. Tietojärjestelmästä katsomalla saa selville missä osa on. Aina tilanne ei näy järjestelmästä, sillä tietyt osat eivät ole sidottuja moottoriin järjestelmässä, eikä niiden tilanne päivyty automaattisesti. Näissä tapauksissa ainoa tapa saada varmaa tietoa on käydä katsomassa, onko osa asennettuna tai vielä osakierrolla. Lisäksi, jos järjestelijällä ei ole tarpeeksi kokemusta tietystä moduulista, täytyy hänen tarkistaa manuaalista, minne jokainen osa asennetaan, ennen kun voi käydä katsomassa moottorilta onko osa asennettuna.

Järjestelyn apuvälineenä on kitit ja niiden osalistat. GATES:in insinöörit luovat osalistat moottorin valmistajan manuaalien pohjalta tietojärjestelmään. Jokaista mahdollista osakombinaatiota ja konfiguraatiota on hyvin vaikea syöttää järjestelmään. Tämän vuoksi jokaisella moduulin osalistalla on vain muutama eri purkutaso valittavana. Purkutason valinta määrittää järjestelmään mitä osia kasaukseen vaaditaan. Tarkastajan valittua moduulin purkutason, kaikki osatarpeet siirtyvät automaattisesti työmääräykselle. Tarkastajien täytyy valita järjestelmästä lähin suurempi purkutaso moduulille. Näin syntynyt lista sisältää mahdollisimman vähän ylimääräisiä osia. Purkutason valittuaan tarkastaja poistaa syntyneet ylimääräiset rivit järjestelmästä. Näin saadaan lista, joka on lentokelpoisuustodistus kaikille kitin osille. Osien jäljitettävyyden säilyttämiseksi listoilta ei saa puuttua yhtään osaa tai olla yhtään ylimääräistä osaa. Osien suurien lukumäärien vuoksi on vaikea huomata, onko listalla kaikki vaadittavat osat. Listojen tarkastaminen tuottaa paljon työtä tarkastajille sekä järjestelijöille.

Osalistojen ulkopuolella ovat omalla työmääräyksellään, niin kutsutuilla Disposition-työmääräyksellä, kulkevat osat. Disposition-työmääräykset ovat työmääräyksiä, jotka ovat ohjelmoitu syntymään automaattisesti järjestelmään moottorin ilmoitetun rakenteen perusteella. Työmääräyksellä on listattu kaikki osan tarkastamiseen vaadittavat työt. Osien työmääräykset alkavat pesusta ja jatkuvat siitä tarkastuksiin. Jos tarkastuksissa huomataan poikkeamia, jotka täytyy korjata, luodaan osalle uusi korjaustyömääräys. Käyttökelpoiset osat voidaan asentaa moottoriin suoraan osien tarkastuksen ja Disposition-työmääräyksen käsittelyn jälkeen. Disposition-työmääräysten etu on niiden mahdollistama osien seurannan helppous. Haittana on järjestelmän kuormittaminen suuremmalla määrällä paperitöitä. Moottorien rakenne voi myös poiketa asiakkaan ilmoittamasta rakenteesta, jolloin järjestelmään syntyy työmääräyksiä osille, joita ei ole kyseisessä konfiguraatiossa. Nämä ylimääräiset työmääräykset pitää poistaa manuaalisesti, kun ollaan varmoja, että kaikki moottorista irrotetut osat ovat käsitelty.

Valmiissa moduulihyllyssä on kaikki kyseiseen moduuliin tarvittavat osat (kuva 4). Hyllyt ovat jaettu kerroksittain moduulin eri osakokoonpanoihin. Osille ei usein ole määritetty vakiopaikkaa missä ne ovat hyllyssä. Hyllyissä ei ole myöskään merkintöjä mistä osat löytyvät. Tämä johtaa siihen, että osien paikat vaihtelevat eri moottorien moduulihyllyjen välillä. Vaikka osat ovat melkein samoilla paikoilla, eivät asentajat osaa etsiä osia oikeasta hyllystä tai hyllystön kerroksesta. Monet moduulit ovat kasattavana yhtäaikaaisesti ja niihin usein sisältyy samoja osia. Asennuksen aikana voidaan erheellisesti ottaa

osia eri moduulin hyllystä. Myöhemmin kun edetään seuraavaan moduuliin, voivat osat olla jo otettu hyllystä aikaisempaan työvaiheeseen. Asentajat joutuvat sitten etsimään kaikista hyllyistä korvaavia osia. Jos korvaavia osia ei löydetä tilataan ne varastosta, tai vaihdetaan saman omistajan toisesta moottorista työllä olevaan moottoriin. Tämä vain siirtää ongelmaa, sillä korvaavat osat joudutaan hankkimaan myöhemmin moottoriin, josta osat otettiin. Lisäksi, yleensä osat löytyvät myöhemmin jostain hyllystä, mutta niitä ei voida enää palauttaa varastoon, sillä työmääräykset suljetaan ennen kuin moduuli on asennettu. Osien ylimääräinen varastosta ottaminen voi siis aiheuttaa materiaalihävikkiä asennuksen aikana ja samalla hidastaa koko prosessia. Samalla sekaiset moduulihyllyt voivat myös heikentää asiakkaiden luottamusta yritykseen, kun he näkevät miten asiakkaiden osia käsitellään.



KUVA 4. Nykyinen moduulin 52 hylly.

6.3 Kehitysvaatimukset

Nykyinen järjestelymenetelmä on vanhentunut eikä toimi tyydyttävällä tasolla. Usein moottorin kasauksen yhteydessä kohdataan ongelmia materiaali puutteiden kanssa. Koska järjestelmän toimivuutta on hankala arvioida kvantitatiivisesti, järjestelmän kehitystarvetta kartoitettiin kvalitatiivisella kyselyllä, joihin osallistuivat asentajat, tarkastajat, järjestelijät sekä yrityksen laatuosasto. Järjestelyyn liittyvät ilmailuviranomaisen vaatimukset kerättiin virallisista määräyksistä.

Kyselyn pohjalta muodostettiin lista kehityskohteista (taulukko 2). Listan tavoitteena oli kerätä tietoa kaikesta mitä voisi parantaa nykyisessä järjestelmässä ja mahdollisesti keksiä uusia kehityspolkuja, joita ei oltu ennen keksitty. Prioriteetti 1 vaatimukset tulee täyttyä uudessa järjestelmässä ja prioriteetti 2 vaatimukset helpottaisivat työskentelyä, vaikka eivät olekaan pakollisia järjestelmän toiminnan kannalta.

TAULUKKO 2. Asiakasvaatimukset järjestelyjärjestelmälle

Asiakas	Vaatus	Prioriteetti
Asentajat	Osat tulee löytyä silmäyksellä	1
Asentajat	Osakokonaisuudet tulisi jakaa manuaalin kasausohjeiden mukaisesti	1
Asentajat, Järjestely	Osien tulee olla samassa paikassa joka moottorin kohdalla	1
Asentajat, Järjestely	Järjestelmässä tulee olla osalistat	1
Asentajat, Järjestely, Tarkastajat	Järjestelmän tulisi olla ergonominen täyttää ja tyhjentää	1
Asentajat, Järjestely, Tarkastajat	Järjestelmän tulee osoittaa mahdolliset virheet	1
Asentajat, Järjestely, Tarkastajat	Järjestelmän tulisi olla standardoitu läpi moottorin	1
Asentajat, Järjestely, Tarkastajat, Laatuosasto, Ilmailuviranomainen	Hyllyjen tulee olla hyvässä kunnossa, puhtaita sekä suojata osia lialta ja korroosiolta	1
Ilmailuviranomainen	Kaikissa osissa tulee jäljitettävä tunnistettavuus ja historia	1
Järjestely	Järjestelmän ei tule tuottaa ylimääräistä työtä	1
Järjestely	Järjestelmän tulee käyttää nykyisiä käytössä olevia hyllyjä ja laatikoita	1
Tarkastajat, Ilmailuviranomainen, Laatuosasto	Osat tulee olla eroteltuna toisistaan	1

Asentajat	Järjestelmän tulisi olla jaettu Shop module tasolle	2
Asentajat, Järjestely, Tarkastajat	Osien tulee saapua kerralla samassa kokonaisuudessa	2
Asentajat, Järjestely, Tarkastajat	Järjestelmän tulee olla jaoteltu fyysisesti samalla tavalla kuin tietojärjestelmässä	2
Tarkastajat	Kittien tulisi olla pienempiä kokonaisuuksia	2

Nykyinen järjestelmä täyttää monia kohtia näistä vaatimuksista, mutta jää vajavaiseksi suurimmassa osassa vaatimuksia. Tavoitteena on kehittää hyllyille uusi layout ja osille räätälöidyt säilytyslaatikot järjestelyä varten. Järjestelmän kehittämiseksi päätettiin luoda yksi pilottimoduuli, jonka pohjalta järjestelmää lähdettäisiin laajentamaan kaikkiin moduuleihin.

Koko järjestelyä ei pidä keksiä uudelleen, vaan toimivat asiat säilytetään ja niiden päälle rakennetaan tehokkaampi järjestelmä. Uuden järjestelmän tulee ohjata työntekijää järjestelmään moduuli oikein ja auttaa asentajia löytämään tarvitsemansa osat etsimättä. Tärkein kehityskohde järjestelmälle on osien järkevä jäsentely asentajia silmällä pitäen. Asentajat ovat järjestelyn asiakkaita ja koko korjaamon toiminta perustuu asentajien ajan myymiseen asiakkaalle. Kaikki aika, joka voidaan säästää asentajilta lisää tehokkuutta ja tuo huomattavia säästöjä.

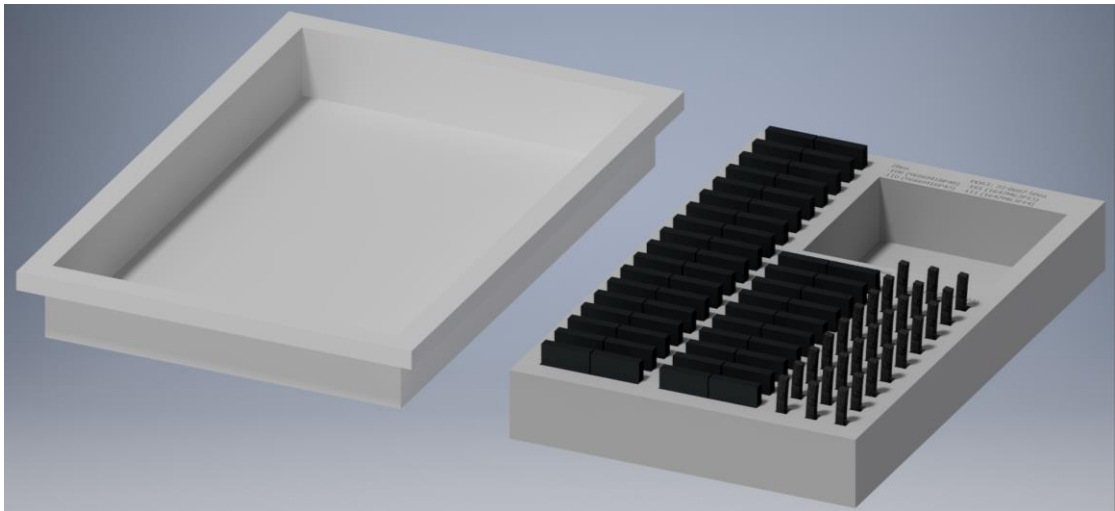
7 MODUULIHYLLYN UUSI JÄRJESTELYJÄRJESTELMÄ

7.1 Osien säilytys

Lentokoneen osat ovat hyvin kalliita ja herkkiä vahingolle, siksi ne täytyy suojata huolellisesti varastoinnin ajan. Nykyisessä järjestelmässä osia säilytetään hyllyissä pahvilevyjen päällä, tai vaihtoehtoisesti muovilaatikoissa. Joillekin osille on omat säilytyslaatikonsa, kuten korkeapaineturbiinin roottorin ja staattorin siiville. Erikoislaatikot ovat suunniteltu suojaamaan osia ja ne antavat vilkaisulla tietoa siitä onko kaikki osat paikallaan. Varastointiajan pitkittyessä moduulit suojataan hupuilla, jotka estävät pölyn pääsyn osien päälle.

Nykyisiä laatikoita ja pahveja voidaan käyttää sekä likaisten osien siirtämiseen, että lentokelpoisten osien säilytykseen. Tämä aiheuttaa riskin lentokelpoisten osien likaantumiseen ja vaurioitumiselle. Etenkin elinikärajoitetuilla osilla on hyvin tarkat kriteerit niiden pinnanlaadulle ja pieninkin naarmu voi johtaa osan lentokelpoisuuden epäämiseen. Yksittäinen hiekanjyvä pahvin päällä tai jopa pöly säilytyspinnoilla voi vahingoittaa osia niitä siirrettäessä. Likaisten osien ja puhtaiden lentokelpoisten osien säilytykseen tarvitaan siis omat ratkaisunsa.

Yhtenä suunnitteluvaatimuksena uudelle järjestelmälle oli nykyisten laatikoiden hyödyntäminen osien säilytyksessä. Suurin osa käytössä olevista laatikoista on jossain määrin likaantuneita, eikä niitä tulisi käyttää lentokelpoisten osien säilytykseen ilman osien suojaamista. Vanhoja laatikoita haluttiin silti hyödyntää uudessa järjestelmässä, joten niiden sisälle suunniteltiin osia suojaavat insertit (kuva 5). Insertit erottavat osat likaisista laatikoista, eikä niitä käytetä moottorin purun tai korjauskierron yhteydessä. Insertit pysyvät helpommin puhtaana kuin pelkät laatikot, sillä niitä säilytetään aina varaston puhtaissa olosuhteissa ja niitä käytetään vain puhtaiden osien kuljetukseen. Inserttien käyttö mahdollistaa myös vanhan purkujärjestelmän säilyttämisen. Osat voidaan yhä purkaa alueittain laatikoihin, joilla ne kuljetetaan pesuun ja tarkastukseen. Tarkastuksessa insertit voidaan lisätä laatikoihin ja asettaa osat paikalleen tarkastuksen jälkeen.



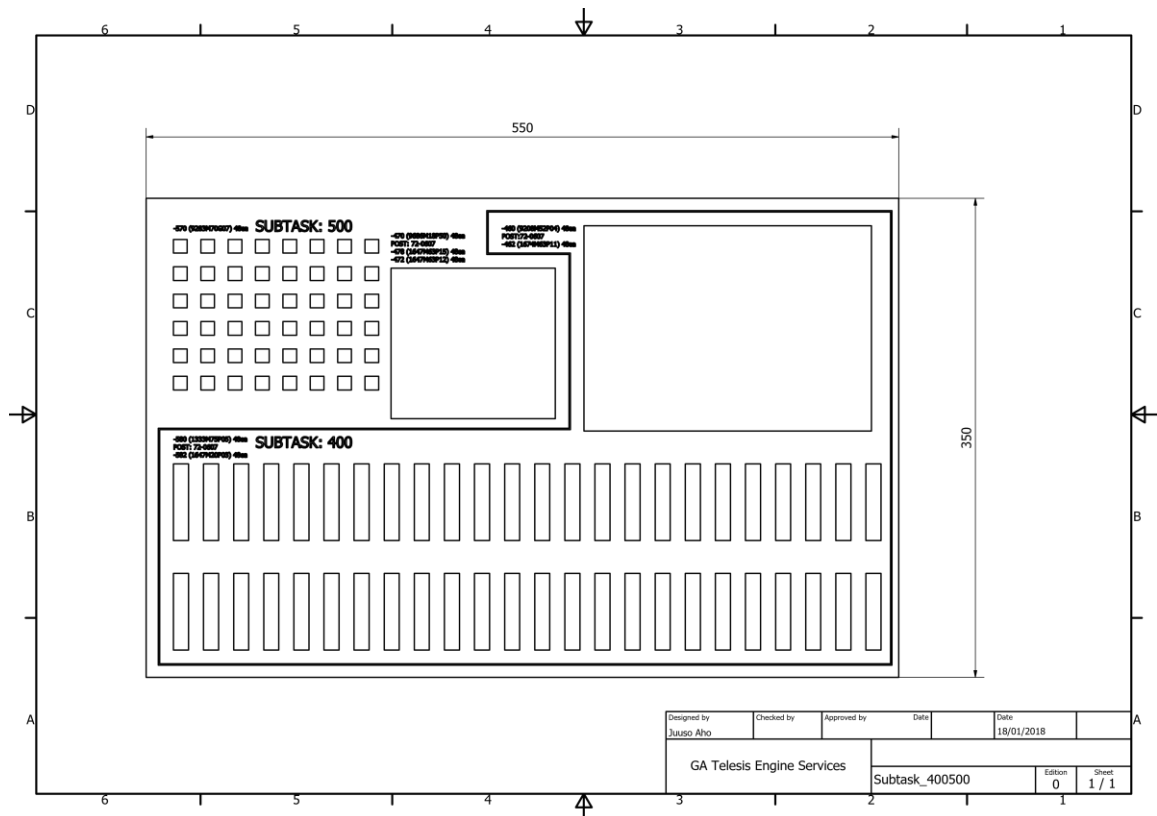
KUVA 5. Esimerkki insertistä ja sen säilytyslaatikosta

Toinen vaatimus järjestelmälle oli mahdollisten virheiden esille tuominen. Nykyisessä järjestelmässä osat ovat tavallisissa laatikoissa ja osien lukumäärä täytyy tarkistaa käsin. Järjestelmä ei siis anna mitään näkyvää indikaatiota osien puuttumisesta. Osapuutteen voidaan tarkistaa IFS-tietojärjestelmästä, mutta jos IFS tiedot eivät pidä paikkaansa, niin osapuutteen huomaaminen on hyvin vaikeaa. Tiedot voivat vääristyä, jos osat romuttuvat korjauskierrolla, eikä työntekijä muista käsitellä tietoja järjestelmään. Työmääräysten korruptoituminen järjestelmässä voi myös aiheuttaa puuterivin poisjäämisen.

Insertteihin suunniteltiin jokaiselle osalle oma paikkansa. Tätä varten jokainen moduulin osa mitattiin ja mallinnettiin Autodesk Inventor ohjelmalla. Mallinnus tehtiin vain osien ulkomittojen ja yleisen ulkonäön perusteella ajan säästämiseksi. Asennuksen sujuvoittamiseksi ja etsimisen minimoimiseksi kaikkien tietyn työvaiheen osien tuli mahtua samaan laatikkoon. Tämän vaatimuksen toteutumiseksi jokaiselle työvaiheelle valittiin sopivat laatikot niiden osamäärän ja osien koon mukaan nykyisestä valikoimasta ja niiden sisään suunniteltiin insertit käytettäville osille. Suuremmille osille, jotka ei mahdu laatikoihin, järjestetään hyllystä suojattu paikka, jolla taataan osan ehjänä säilyminen.

Kuviossa 3 on yksi esimerkki uuteen järjestelmään suunnitellusta insertistä. Kyseisessä insertissä on kahden eri työvaiheen osat samassa laatikossa. Työvaiheiden osat ovat erotettu viivalla, joka kulkee osien kolojen välissä. Joissain työvaiheissa on niin vähän osia, että ne on käytännöllisempää yhdistää yhdeksi. Varsinkin jos todellisuudessa työvaiheet suoritetaan samanaikaisesti. Insertissä lukee tehtävän työvaiheen numero ja sen vieressä

työvaiheen osien sijaintinumero eli Position Part, osan tyypillinen osanumero sekä moduuliin tarvittavien osien lukumäärä. Eri SB-tasoisten osien tiedot ovat eroteltu omille riveilleen. Insertistä järjestelijä näkee siis osien tarvittavan lukumäärän ja tyypillisen osanumeron, jota osien tulisi edustaa. Laatikosta näkee silmäyksellä, jos jotain puuttuu ja paljonko niitä puuttuu. Korjauskiertoisille osille on insertissä omat lokeronsa, mutta kertakäyttöiset osat kuten tiivisteet on järkevämpää laittaa samaan lokeroon. Kertakäyttöiset osat, kuten tiivisteet, tulevat usein muovisissa tai paperisissa taskuissa, joten yksinkertainen lokero on tehokkain ratkaisu niiden järjestelyyn.



KUVIO 3. Subtask:ien 400 ja 500 insertti

Osien jäljitettävyys on säilytettävä aina järjestelymetodista riippumatta, joten eri lähteistä tulevat osat täytyy pystyä erottamaan toisistaan. Ostetut osat tai ulkoisesta korjauskierrosta tulevat osat saapuvat tyypillisesti pahvilaatikoissa, jonka sisällä osat ja niiden paperit ovat. Järjestelyssä on siis tehtävä päätös, jätetäänkö osat omaan laatikkoonsa, jolloin niitä ei voida laittaa samaan inserttiin muiden samojen osien kanssa, vai puretaanko osat laatikosta inserttiin ja merkitään osiin tai inserttiin selvästi mitä erää osat ovat. Merkintäongelma koskee vain erähallittuja osia, sillä sarjanumeroiduilla osilla on aina omat paperinsa ja osaan on merkitty sen sarjanumero, jolla se voidaan helposti tunnistaa.

7.2 Moduulihylly

GATES:illa osat järjestellään teräksisiin hyllyihin, joissa on eriävä lukumäärä vanerisia hyllylevyjä. Vanerilevyjen päällä on pahvilevyt, joita vaihdetaan ajoittain hyllyn puhtaana pitämiseksi. Hyllyjä on neljää eri kokoa: täysi- ja puolikorkeat CF6-80 hyllyt sekä täysi- ja puolikorkeat CFM56 hyllyt. CFM56 hyllyt ovat hieman pienempiä kuin CF6-80 hyllyt, mutta niissä on enemmän valinnanvaraa hyllylevyjen asettelussa. Puolikkaat hyllyt voidaan pinota päällekkäin, jolloin syntyy täysikorkea hylly eri mallisella hyllyjärjestyksellä. Suurimmaksi osaksi järjestelyssä käytetään täyskorkeita hyllyjä, mutta puolikkaat hyllyt ovat käytännöllisiä pienempien moduulien järjestelyyn. Lisäksi niitä saa varastoitua kaksi kertaa enemmän kuin täyskorkeita hyllyjä samalle lattiapinta-alalle. Liitteessä 1 on konepiirustukset yleisimmistä GATES:illa käytettävistä hyllyistä.

Uudessa järjestelyjärjestelmässä haluttiin käyttää käytössä olevia hyllyjä varastointitilan tarpeen minimoimiseksi. Tilavaatimukset hyllyjen säilytykseen vähintään kymmenkertaistuisivat, jos jokaisella moduulilla olisi oma räätälöity hyllynsä. Tästä syystä haluttiin myös käyttää hyödyksi jo olemassa olevia laatikoita osien järjestelyyn. Räätälöityjä laatikoita ja inserttejä voidaan varastoida kaikkiin tarvittaviin CF6-80 moduuleihin yhden räätälöidyn moduulihyllyn vaatimassa tilassa.

Eri moduulien osamäärät vaihtelevat suuresti moottorin sisällä ja moottorityypistä toiseen. Joissain moduuleissa on lukuisia suuria osia ja vain vähän kiinnitystavaraa, mutta joissain moduuleissa on suuret määrät kiinnikkeitä eikä juurikaan suurempia osia. Moduuliin sopiva hylly pitää siis valita tarvittavan hyllymäärän ja hyllyjen koon mukaan. Suuret käyntiaikarajoitetut osat säilytetään yleensä omissa laatikoissaan osan suojaamiseksi. Nämä laatikot ovat niin suuria ja painavia, että niitä ei kannata laittaa hyllyyn, vaan nämä osat liikkuvat hyllyn vierellä.

Tässä työssä käsiteltävä moduuli 52 eli korkeapaineturbiinin johdesiivistö on keskisuuri moduuli osamäärältään ja kooltaan. Moduuli 52 järjestellään nykyään mataliin hyllyihin, jonne sen kaikki osat mahtuvat juuri ja juuri. Osat ovat sekavassa järjestyksessä tilanpuutteen vuoksi. Osat laitetaan minne ne mahtuvat eikä niiden loogisille paikoille moduulin kasausta ajatellen.

Uuteen moduuli 52 järjestelyjärjestelmään tarvitaan siis suurempi hylly osien sijoittamisen joustavuuden parantamiseksi. Moduulissa on muutamia suuria osia, kuten moduulin kammio ja johdesiipienjäähdytysputkiston kiinnitysrengas. Näille osille pitää varata oma hyllytasonsa hyllystä. Moduulissa on myös lukuisia suuria tiivisteitä, jotka kuljetetaan suurissa litteissä laatikoissa. Näitä osia ajatellen hyllyssä olisi hyvä olla monta matalaa hyllytasoa, joille tiivisteet voidaan sijoittaa. Ainut hylly, joka vastasi näihin vaatimuksiin, oli korkea CFM56 hylly. Siinä on monia matalia hyllytasoja tiivisteille, mutta myös tarpeeksi hyllytilaa suurien ja pienien osien optimaaliseen sijoittamiseen.

Ergonomia on tärkeä osa moduulihyllyn käyttöä. Osien käsittelyn tulisi olla mahdollisimman helppoa vammojen välttämiseksi, mutta myös osien suojelemiseksi. Riski ihmisten ja osien vahingoittumiseen kasvaa huomattavasti, jos osat täytyy laittaa hankalaan paikkaan tai ottaa sieltä pois. Moduulin suurin ja painavin osa eli johdesiivistön kammio päätettiin laittaa alimmalle hyllytasolle, sillä se on hyllyn väljin taso, eikä kammiota tarvitse nostaa korkealle. Kaksi henkilöä saa kammion nostettua helposti hyllyyn ja sieltä pois. Muut osat ovat niin kevyitä, että yksi henkilö jaksaa järjestellä ne korkeampiinkin hyllyihin. Nämä osat sijoitettiin hyllyyn kasausjärjestyksen mukaan loogiseen järjestykseen helpottamaan asennustyötä. Valmiin hyllyn näkee kuvasta 6, siinä on kaikki moduulin osat järjestelty omille paikoilleen uuden järjestelmän mukaisesti.



KUVA 6. Havainnekuva järjestelystä moduuli 52 hyllystä

Jokaiselle hyllytasolle lisättiin myös osalistat niiden sisällöstä ja kartat osien sijainnista hyllyssä. Insertit suunniteltiin aluksi värikoodatuiksi työvaiheen mukaan, mutta ideasta luovuttiin, sillä työllä olevat moottorit ovat värikoodattu niiden sarjanumeron mukaan. Liiallinen värikoodaus olisi siis altistanut järjestelmän eri moottorien osien sekoittumiselle.

7.3 Osalistat ja kartat

7.3.1 Listojen vaatimukset

Ilmailumääräysten mukaan jokaisella osalla tulee olla jäljitettävä historia sekä lentokelpoisuustodistus. Käytännössä tämä toteutettiin joko kirjoittamalla osalle EASA Form 1 lentokelpoisuus sertifiikaatti tai osan mennessä samaan moottoriin tekemällä sille erillinen lomake lentokelpoisuuden todentamiseksi. Tyypillisesti jokaiselle osakokonaisuudelle eli kitille kirjoitettiin yksi todiste, johon oli listattuna kaikki kitissä olevat osat. Ongelmana tässä järjestelyssä on se, että osan päätyessä väärään kittiin ei sitä voida enää siirtää sen oikealle paikalle. Osan siirtäminen vaatii koko kitin papereiden uudelleen tekemistä. Siirrettävä osa saa oman lentokelpoisuustodistuksensa ja jäljelle jäänyt kitti saa uuden todistuksen mistä siirretty osa on poistettu. Järjestelijät eivät saa kuitata lentokelpoisuustodistuksia, joten paperit piti teetättää tarkastamossa. Papereiden uudelleen kirjoittaminen tuotti ylimääräistä työtä molemmille osastoille.

Ratkaisuna papereiden päivittämiselle on erilliset todistukset joka osalle. Kun kaikilla osilla on omat todistuksensa, niitä voidaan siirrellä vapaasti oikeille paikoille. Todistusten kirjoittamiseen kuluu tarkastamossa enemmän aikaa, mutta järjestelmän joustavuudella saavutetaan aikasäästöjä järjestelyssä ja lopulta moottorin kasauksessa. Tällaista ongelmaa ei olisi, jos osalistat olisivat täydellisiä. Täydellisyys saavutettaisiin, jos järjestelmän tuottama lista tulisi suoraan asentajilta, jotka purkavat moottorin. He voisivat valita järjestelmästä, kuinka paljon moottoria puretaan ja järjestelmä loisi listan kaikista osista mitkä irtoavat tällä purkuasteella. Järjestelmä on menossa tätä pistettä kohti, mutta kaikkien mahdollisten variaatioiden syöttäminen kolmelle eri moottorityypille vie hyvin paljon aikaa.

Yhtenä asentajien vaatimuksena uudelle järjestelmälle oli omat osalistat jokaiselle hyllylle, joten nykyisen järjestelmän tueksi päätettiin luoda omat osalistat kittien listojen ulkopuolelle. Osalistan tuli sisältää kaikki osat, jotka tulevat moduulihyllyyn yhteen kerrokseen.

7.3.2 Moduulin osalistan luominen

Moduulin osalistaa lähdettiin rakentamaan IFS tietojärjestelmän sekä moottorin valmistajan GE:n moottorimanuaalin mukaan. IFS:tä tuotiin moduulin osien perusrakenne kaikine osineen. Tämä lista edusti yhden mahdollisen konfiguraation kasaamiseen tarvittavia osia. Listaa täydennettiin moottorimanuaalin SB tiedoilla. Manuaalista etsittiin tärkeimmät SB:t, joita suoritetaan ja osalista jaoteltiin niiden mukaan. Näiden suurien bulletinien lisäksi on lukuisia pienempiä bulletineja, mutta niiden aiheuttamat erot jätettiin pois listasta, jotta järjestelijöille tärkeä data ei hukkuisi.

Nykyisessä järjestelmässä työvaiheita ja osia ei ole sidottu toisiinsa millään tavalla, vaikka moduulien kasaaminen suoritetaan moottorimanuaalin ohjeiden mukaan. Manuaalissa työ on jaettu task:eihin ja ne subtask:eihin. Task voi olla esimerkiksi yhden moduulin kasaaminen ja subtask tietyn osan kiinnitys moduuliin. Osalistat ovat siis nyt task-tasolle jaettuina järjestelmässä, vaikka kasaaminen suoritetaan subtask:ien mukaan. Asentajien täytyy jatkuvasti lukea manuaalia ja etsiä mitä osia kyseiseen työvaiheeseen tarvitaan. Jokaista osatyyppiä voi olla montaa eri osanumeroa, joten oikean osan löytäminen moduulihyllystä voi viedä aikaa, kun manuaalin tietoja vertailee hyllyssä oleviin osiin.

Aikaisemmin kasatun moduulin osalistan rinnalle otettiin IFS:tä saatu kasaussuositus. Siitä löytyy kaikki tarvittavat työvaiheet ja manuaaliviitteet, jotka tarvitaan moduulin kasaamiseen. Osat päätettiin jakaa subtask:ien mukaan ryhmiin, silloin asentajan täytyy etsiä hyllystä vain työllä oleva subtask-numero. Kaikki osat, joita tarvitaan tiettyyn subtask:iin, löytyvät samasta paikasta hyllystä, tai niihin on viite, missä osat sijaitsevat. Osien yhdistäminen subtask:eihin osoittautui hyvin hitaaksi moottorin manuaalin vanhanaikaisen rakenteen vuoksi. Lopputuloksena saatiin lista, jossa on kaikki subtask:it ja niihin vaadittavat materiaalit eri SB tasoilla (taulukko 3). Taulukosta on poistettu valmistajan ja yrityksen salassa pidettäviä ohjekirjan kohtia. Niiden tilalle on kirjoitettu kuvaus tekstistä, joka

kyseiseen sarakkeeseen kuuluisi. Tästä listasta lähdettiin rakentamaan 6.4.2 kappaleessa esiteltyä moduulihyllyn uutta järjestystä.

TAULUKKO 3. Ote työvaihelistasta

Sub Task	Manuaali	Huomiot	Materiaalit	Post 72-0352 Materiaalit	Post 72-0607 Materiaalit
100	Tässä sarakkeessa on listattuna kaikki manuaalin kohdat, joita tarvitaan tämän alatyökohdan suorittamiseen	Eriyis-huomiota vaativat työvaiheet listataan tähän	1ea -365 9397M73G06 24ea -350 9381M61G06	1ea -365 9397M73G05 24ea -350 9381M61G07 24ea -495 1304M20P04	1ea -365 9397M73G06 24ea -352 1646M73G05 24ea -497 1647M63P08
200			24ea -490 9208M51P07 24ea -480 9208M51P04	24ea -490 9208M51P09 24ea -480 9208M51P04	24ea -492 1647M63P09 24ea -482 1647M63P10

7.3.3 Hyllyn osalista

Osakokoonpanojen löytämisen helpottamiseksi tehtiin listat kaikista osista, jotka ovat tietyllä hyllyllä. Tällä samalla pohjalla voidaan tehdä kaikki tulevat hyllyjen osalistat (kuvio 4). Listasta löytyy moottorin malli eli: CF6-80C2, CFM56-5B tai -7B. Kaikissa moottorimalleissa on saman nimisiä moduuleita, joten on tärkeää eritellä eri mallien listat. Listaan on myös merkitty hyllyssä olevan moduulin numero sekä kyseisen listan hyllyntason numero hyllykön sisällä.

Listassa olevat materiaalirivit ovat jaettu työvaiheiden kokoisiksi kokonaisuuksiksi. Työvaiheiden mukaan jaettua moduulia on helppo pitää ajan tasalla SB ja AD mukaan sillä vain pieni osa hyllystä pitää päivittää kerrallaan. Kaikki yhteen työvaiheeseen tarvittavat osat ovat aina samassa laatikossa. Taulukon ensimmäiseen sarakkeeseen on merkitty käytettävän osan bulletinitaso. Base merkintä tarkoittaa se sitä että, osaa käytetään jokaiseen moduulikonfiguraatioon. Jos merkintänä on tietty SB-numero, tarkoittaa se sitä että, vain sen SB-tason moduuliin käytetään kyseiseltä riviltä löytyviä osia. SB-tasoja voi olla osalle monia ja ne ovat erotettu vinoviivalla. Muissa sarakkeissa vinoviivalla erotetut tiedot kertovat näiden eri bulletinitasojen tiedoista.

REVISION 0	DATED: 02/01/2018			
ENGINE: CF6-80C2		MODULE: 52		
SHELF: 5		SUBTASK ID: <u>100</u>		
SB LEVEL:	DESCRIPTION:	PART POSITION:	Typical PN & (Alternate PN):	QTY:
BASE	STG 1 SHROUD HANGER-HPT	725200-01-210	9373M82G04	1
BASE	STG 1 SHROUD SUPPORT-HPT	725200-01-350/352	9381M61G07/1646M73G05	24
Post 72-0352/Post 72-0607	SEAL-HPT NOZ	725200-01-495/497	1304M20P04/1647M63P08	24
		SUBTASK ID: <u>200</u>		
SB LEVEL:	DESCRIPTION:	PART POSITION:	Typical PN & (Alternate PN):	QTY:
BASE/Post 72-0607	SEAL-NOZZLE OUTER	725200-01-490/492	9208M51P09/1647M63P09	24
BASE/Post 72-0607	SEAL-NOZZLE OUTER	725200-01-480/492	9208M51P04/1647M63P10	24
		SUBTASK ID: <u>400</u>		
SB LEVEL:	DESCRIPTION:	PART POSITION:	Typical PN & (Alternate PN):	QTY:
BASE/Post 72-0607	SHROUD HPT STATOR STG 1	725200-01-580/582	1333M75P05/1647M20P03	48
BASE/Post 72-0607	SEAL NOZZLE INNER	725200-01-460/462	9208M52P04/1647M63P11	48
		SUBTASK ID: <u>500</u>		
SB LEVEL:	DESCRIPTION:	PART POSITION:	Typical PN & (Alternate PN):	QTY:
BASE/Post 72-0607	STG 1 SHROUD RETAINER	725200-01-570	9283M70G05	48
BASE/Post 72-0607	SEAL HPT STATOR	725200-01-470/478	9686M18P50/1647M63P15	48
Post 72-0607	SEAL HPT STATOR	725200-01-472	1647M63P12	48

KUVIO 4. Yhden hyllytason osalista.

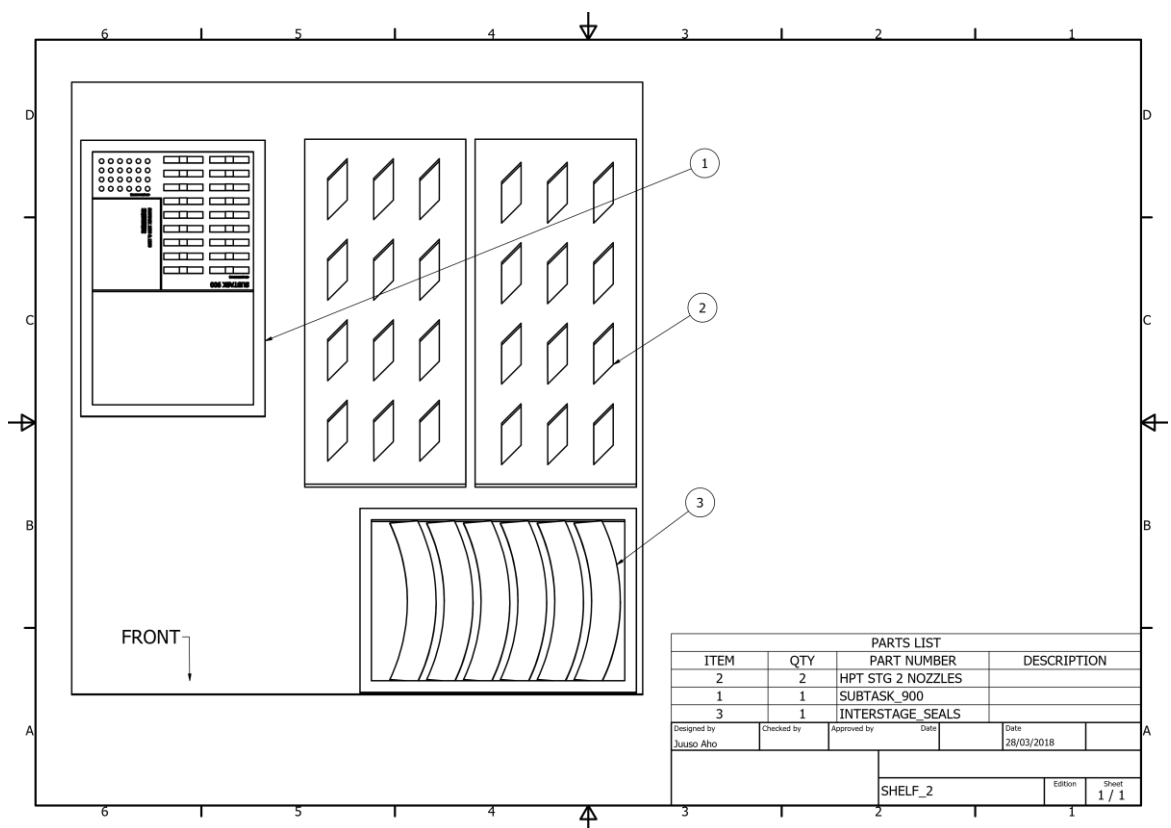
Toisessa sarakkeessa on merkittynä osan nimi, joka auttaa järjestelijää hahmottamaan millaisia osia tiettyyn työvaiheeseen kuuluu. Nimet auttavat myös asentajia löytämään oikeat osat työvaiheeseen. Kolmannesta sarakkeesta löytyy osan Position Part numero. Tämä osanumero kertoo, mihin kohtaan moottoria osa asennetaan. Position Part on aina vakio, eikä se yleensä muutu uusien osanumeroiden myötä. Jos konfiguraatiossa tulee suuri ero osanumeron vaihtuessa, voidaan sen positio myös muuttaa. Listassa eri positiot ovat eroteltu vinoviivalla. Sijaintinumerot ovat hyvin pysyviä ja tämän vuoksi Position Part numeroita on hyvä käyttää kiintopisteinä osia etsiessä. Yhdellä positiolla voi olla jopa 20 eri osanumeroa, jos moduuliin on tullut paljon bulletineja.

Seuraavista sarakkeista löytyy osien tyypillinen osanumero sekä niiden lukumäärä. Tyypillinen osanumero kertoo vain esimerkin osanumerosta, joka voidaan asentaa kyseiseen positioon. On tärkeää huomata, että tämä numero ei ole vakio vaan voi vaihdella konfiguraation mukaan. Tyypillinen osanumero on lisätty listaan helpottamaan manuaalin selaamista ja vaihtokelpoisten osanumeroiden varmistamista. Tyypillisen osanumeron viereen sulkujen sisään voi olla merkittynä osan vaihtoehtoinen osa, jos käytössä esiintyy yleisesti useaa osanumeroa samalle positiolle. Eri konfiguraatioissa voidaan tarvita eri lukumäärä osia, joten osien tarvittava määrä on ilmoitettu joka konfiguraatiolle erikseen vinoviivalla erotettuna.

7.3.4 Hyllykartat

Yksi nykyisen järjestelmän puutteista oli sen vakioimattomuus. Osat laitettiin hyllyihin järjestelijän mielen mukaan suurin piirtein sellaisiin paikkoihin, josta toisiinsa liittyvät osat löytyvät. Tämän vuoksi jokaisen moottorin hyllyt olivat erilaisia, eivätkä asentajat voineet tietää varmuudella mistä etsiä osia. Uuteen järjestelmään päätettiin piirtää jokaiselle osalle ja subtask-laatikolle oma paikkansa hyllyssä. Hyllyä täytettäessä osat asetetaan laatikkoihinsa ja laatikot niille varatuille paikoille. Näin asentajien on helppo löytää osat hyllyistä ja järjestelijöiden on helppo huomata, jos jotain puuttuu.

Hyllyjen suunnitteluvaiheessa piirrettiin jokainen moduulin osa CAD ohjelmalla. Nämä osat järjesteltiin hyllyyn niiden koon ja kasausjärjestyksen mukaan. Valmiista hyllyistä tehtiin konepiirustukset, joista näkyy osien paikat ja hyllyn kerros (kuvio 3). Hyllykartat mahdollistavat vakiohyllyjen käyttämisen jokaiseen moduuliin. Hylly voidaan rakentaa kartan mukaan uutta moduulia järjestellessä. Näin hyllyjä vapautuu eri moduuleiden käyttöön eikä varastossa tarvitse olla niin suurta määrää hyllyjä viemässä tilaa muulta tuotannolta. Eri moottorimallien lukumäärä korjaamalla vaihtelee, joten hyllyiltä vaaditaan joustavuutta muuntautua eri moduulien ja moottoreiden hyllyiksi.



KUVIO 3. Hyllykartta

7.4 Ohjeet

Järjestelmän sulavan käyttöönoton edellytys on järjestelmään koulutettu henkilöstö. Järjestelijät eivät ehdi kouluttaa jokaista asentajaa uuteen järjestelmään, joten jokaiselle uudelle elementille järjestelmässä kehitettiin lyhyt ohje, kuinka niitä tulisi käyttää ja lukea. Vaikka järjestelmän perusajatus on hyvin yksinkertainen, voivat asentajat helposti käyttää sitä kuin vanhaa järjestelmää. Työ on silloinkin nopeampaa kuin nykyään, mutta suurin hyöty järjestelmästä jää saavuttamatta. Kaikki ohjeet tehtiin yleispäteväksi uudelle järjestelmälle, jolloin samaa ohjetta voidaan käyttää kaikkiin tuleviin moduulihyllyihin. Jokaiselle moduulille luodaan myös oma ohjeensa, jossa kerrotaan tarkemmin kyseisen moduulin järjestelystä.

Ohje on jaettu kahteen osaan: asentajien ja järjestelijöiden osuuksiin. Asentajien ohjeessa kerrotaan kuinka osalistoja ja karttoja tulisi lukea ja mistä osat löytyvät. Järjestelijöiden ohjeessa kerrotaan, kuinka hylly tulee rakentaa ja järjestellä. Ohjeisiin on kerätty kaikki tarvittava tieto järjestelmän käyttämiseen ja kehittämiseen tulevaisuudessa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

8.1 Pohdinta

Lentokonemoottorien korjaus on hyvin vastuullista toimintaa ja sitä säädellään tarkasti. Mahdollisten onnettomuuksien välttämiseksi on hyvin tärkeää, että moottorien korjauksessa ei tehdä yhtään virhettä. Korjauksessa on siis syytä hyödyntää kaikkia mahdollisia turvakeinoja ja työtä helpottavia menetelmiä. Ihmiset ovat hyvin visuaalisia, joten visuaaliset ohjauskeinot ovat hyvin tehokkaita virheiden esille tuomiseksi ja työn helpottamiseksi.

Järjestely on vastuussa moottoriin asennettavien osien konfiguraatiosta ja niiden yhteensopivuudesta. GATES:llä korjattavat suihkumoottorimallit ovat olleet käytössä hyvin pitkään. Tästä johtuen niihin on ehtinyt tulla monia lentoturvallisuuteen vaikuttavia AD-muutoksia sekä moottorin omistuksen hintaan tai suorituskykyyn vaikuttavia SB:tä. Lentoturvallisuuden ja moottorin kunnollisen toiminnan varmistamiseksi, täytyy olla täysin varma mitä osia moottoriin asennetaan. Moottoria kasatessa saatetaan lukea kymmeniä vuosia vanhoja huoltotiedotteita ja vertaillaan niiden tietoja käsillä oleviin osiin. Työkuormaa ja ohjekirjojen selausta vähentävät apukeinot vapauttavat järjestelyn henkilökunnalta aikaa. Kun työhön on riittävästi aikaa, jokainen työvaihe voidaan tehdä rauhassa ja huolella. Kiire on yksi suurimmista inhimillisten virheiden lähteistä ja sitä tulisi välttää aina, erityisesti lentokoneteollisuudessa.

Järjestely on myös yksi tärkeimmistä työvaiheista moottorin kasausvaiheessa. Huonosti järjestellyt moduulihyllyt ovat sekavia ja aikaa kuluu osien etsimiseen. Visuaalisen ohjauksen ja 5S-menetelmän avulla kehitetyt hyllyt ovat helppoja lukea ja osat löytyvät sieltä nopeasti. Siistit moduulihyllyt ovat myös laadukkaamman näköisiä ja tekevät vaikutuksen asiakkaisiin. Samaa ajatusmallia voidaan soveltaa kaikkiin yrityksen tiloihin ja henkilöstön vaatetukseen. GATES:illa onkin käynnissä 5S-ohjelma tilojen yleisen kunnan kohentamiseksi.

Opinnäytetyö viivästyi hieman alkuperäisestä aikataulusta, sillä korjaamalla ei ollut yhtään moduuli 52:ta purettuna työn alkuvaiheessa. Tämän vuoksi osien mittoja ei päässyt

ottamaan eikä niiden paikkoja päässyt suunnittelemaan. Työ viivästyí vain viikolla, vaikka ensimmäinen moduuli purettiin vasta kuukausi työn aloittamisen jälkeen.

Toteutunut järjestelmä vastasi alustavien tulosten mukaan työlle asetettuihin vaatimuksiin hyvin. Raportin kirjoitushetkellä ei oltu kasattu yhtään korkeapaineturbiinin johdesivistöä uutta järjestelmää hyödyntäen, joten kattavaa palautetta asentajilta uudesta järjestelmästä ei ollut vielä tullut.

Järjestelyn näkökannalta uusi järjestelmä luo vakaan pohjan, jonka pohjalta työ tehdään. Työvaiheet ovat standardoituja, joten työntekijöille ei synny epävarmuutta työkulusta tai siitä missä vaiheessa prosessia ollaan. Muillakin osastoilla on useita työvaiheita joiden suoritusta ei ole täysin standardoitu. Kunnolliset prosessikuvaukset auttaisivat näiden työvaiheiden standardoinnissa. Näin työhön kuluvasta ajasta tulisi paremmin ennustettava ja tuotantoa voitaisiin suunnitella tarkemmin.

8.2 Kehitysehdotukset

Korjaamon läpikulkevien moottorien määrän kasvu lisää kaikkien työntekijöiden kuormaa yrityksessä. Nykyisellä henkilöstömäärällä ei voida kasvattaa kapasiteettia enää pitkään, joten työmenetelmiä on kehitettävä tai henkilöstön määrää on lisättävä. Ammattitaitoisen henkilöstön määrän kasvattaminen on kallista ja aikaa vievää, joten parempi keino kapasiteetin kasvattamiseen on työskentelymetodien kehittäminen. Kaikki aika, joka saadaan leikattua pois moduulien kasausajoista, on aikaa pois moottorin kääntymisajasta. Kääntymisaikojen pienentyessä, voidaan samaan ajanjaksoon ottaa enemmän moottoreita työlle samalla henkilöstöllä. Samalla saavutetaan kilpailuetuja markkinoilla.

Yksi yrityksen toiminnan heikkouksista on tietojärjestelmän huono toiminta. Ajan myötä tietojärjestelmään on kertynyt tarpeetonta tietoa ja pikakorjaukset aikaisempiin ongelmiin ovat johtaneet tietojärjestelmän datan laadun heikkenemiseen. Tietojärjestelmän data ei enää vastaa valmistajien ohjekirjojen tietoja, jolloin työtä tehdessä kaikki tieto pitää tarkistaa valmistajan ohjeesta tietojärjestelmän ohjeiden lukemisen jälkeen. Sama työ tehdään siis kahdesti verraten eri lähteitä. IFS tiedot tulisi siis saattaa ajan tasalle ja yhdenmukaiseksi valmistajien manuaalien kanssa. Tämä on kuitenkin valtava työ, sillä järjes-

telmän rakenteita ja osia rakenteissa on tuhansia. Eri rakenteet ovat myös toisistaan riippuvaisia, joten tietoja muokatessa voi ilmentyä odottamattomia ongelmia. Osien tietoja täyttää monet eri henkilöt ja heillä jokaisella on oma tyyhinsä osien tietojen syöttämiseen. Tietojen standardoimattomuus vaikeuttaa hyödyllisen tiedon hakemista järjestelmästä. Osatietojen syöttämiseen tulisi kehittää standardikäytäntö, jota jokainen noudattaa järjestelmää päivittäessään.

Osien tietoja ei ole tällä hetkellä sidottu fyysiseen työhön millään lailla järjestelmässä. Kaikille osakokoonpanoille tulisi siis täyttää moduulien perustietoihin työtehtävä, johon osa liittyy. Osien jakaminen työvaiheiden mukaan pilkkoisi datan niin pieniksi paketeiksi, että tiedon muuttaminen SB seurauksena ei vaikuttaisi suureen määrään osia. Osien hallinnointi ja tilanteen hahmottaminen järjestelmässä helpottuisi, kun tilanne vastaisi tosielämän toimintaa. Samalla järjestelmästä saatavat osalistat pitäisivät heti paikkaansa ilman ylimääräistä manuaalista työtä. Asentajat moottoria purkaessaan merkitsisivät järjestelmään tekemänsä työn ja tehtyjen työvaiheiden mukaan järjestelmä voisi luoda listan kaikista osista, jotka moottorista ovat irronneet. Irronneita osia seurattaisiin järjestelmässä läpi osakierron, jolloin muutokset tietoihin välittyisi oikeille henkilöille välittömästi. Lista voisi sisällyttää myös kaikki kertakäyttöiset osat, jotka järjestelmä varaisi automaattisesti varastosta. Lisäksi moduulien järjestelylistojen tiedot voitaisiin ottaa suoraan järjestelmästä ja moduulien järjestely suoritettaisiin IFS:ssä ja fyysisesti samalla tavalla.

Täydellisessä tilanteessa kaikki konfiguraatiot olisivat syötetty järjestelmään oikeiden vaihtokelpoisuusmääritysten kanssa. Silloin järjestelmä estäisi väärin osien varaamisen työlle ja varoittaisi, jos moottorissa on sinne kelpaamattomia osia. Tällä hetkellä kyseiset suojat eivät toimi, sillä osien vaihtokelpoisuusmääritykset ovat vajavaiset tai väärin. Järjestelmä ei suojele mahdollisilta vääriltä osilta, vaan antaa asentaa moottoriin mitä vain osia. Koko vastuu moottorin materiaaleista jää siis muutaman henkilön vastuulle ilman taustalla toimivaa turvajärjestelmää. Järjestelmän datan laadun kehittyessä, kaikki yrityksen toiminnot helpottuisivat ja saavutettaisiin suuria taloudellisia ja ajallisia säästöjä.

Moduulihyllyjen rakennetta voidaan vielä kehittää ja kokemus pilottimoduulista tulee osoittamaan, minkälainen järjestelmä toimii parhaiten käytännössä. Tietojärjestelmän ja moduulihyllyjen integrointi sujuvoittaisi moduulien järjestelyä, kun tietojärjestelmä tukisi työtä eikä olisi vain pakollinen paha.

Tietojärjestelmän saavuttaessa riittävän laadun, voitaisiin hankkiutua eroon paperisista työmääräyksistä. Välillä paperisten työmääräysten kuittauksissa ja tietojärjestelmään syötetyissä tiedoissa esiintyy ajoittain eroja. Nämä erot on korjattava ennen kuin työ voi jatkua, sillä ei voida tietää onko työtä tehty oikeasti, jos sitä ei ole asianmukaisesti raportoitu. Moottorien kasauksen yhteydessä tehdään paljon paperitöitä. Tämän lisäksi kaikki tehdyt kasauksen työvaiheet pitää kuitata tietojärjestelmään. Tässäkin tehdään moninkertainen työ tarvittavaan työmäärään nähden, kun eri henkilöiden täytyy käsitellä papereita ja tarkistaa niiden kuittaukset käsin. Täysin paperiton järjestelmä olisi mahdollinen jo nyt, jos henkilöstö koulutettaisiin uudelleenlaiseen toimintatapaan. Paperittomassa järjestelmässä kaikki tiedot löytyisivät yhdestä paikasta, jolloin aikaa säästyisi työmääräysten tulostelun ja tarkastuksen poistumisen seurauksena.

LÄHTEET

- Abbott. A. 09.06.2015. What Are The Differences between Service Bulletins and Airworthiness Directives? <http://blog.covingtonaircraft.com/2015/06/09/service-bulletins-and-airworthiness-directives/>
- Broderick. S. 03.11.2014. CFM56 Aftermarket Boom Is Imminent. <http://www.mro-network.com/maintenance-repair-overhaul/cfm56-aftermarket-boom-imminent>
- CFM International. N.d. CFM56-5B. <https://www.cfmaeroengines.com/engines/cfm56/>
- CFM International. 02.06.2016. CFM56 fleet surpasses 800 million flight hours. <https://www.cfmaeroengines.com/press-articles/cfm56-fleet-surpasses-800-million-flight-hours/>
- Derber. A. 03.03.2017. GE CF6-80 Engine MRO Outlook Strong For A Few Years. <http://www.mro-network.com/engines-engine-systems/ge-cf6-80-engine-mro-outlook-strong-few-years>
- EASA. 16.06.2017. Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014). Luettu 13.03.2017 <https://www.easa.europa.eu/document-library/general-publications/easy-access-rules-continuing-airworthiness-regulation-eu-no>
- EASA. 16.06.2017. EASA Type Certificate Data Sheet E.115 Issue 3.
- FAA. 13.06.2008. AC-120-42B
- FAA. 17.11.2017. Airworthiness Directives. https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/continued_operation/ad/
- FAA. 13.04.2012. Type Certificate Data Sheet E38NE Revision 12.
- FAA. 11.09.2014. Type Certificate Data Sheet E13NE Revision 26.
- FAA. 09.05.2016. Type Certificate Data Sheet E00056EN Revision 10.
- Galsworth. G. 2004. The Value of Vision. Industrial Engineer. 36 (8), 44-49.
- General Electric. N.d. CF6-80C2. <https://www.geaviation.com/military/engines/f138-engine CF6-80C2>
- GA Telesis. N.d. GAT Engine Services. Luettu 01.11.2017. <http://www.gatelesis.com/gat-engine-services/>
- GA Telesis. N.d. Global Leader in Commercial Aviation. Luettu 01.11.2017. <http://www.gatelesis.com/about-ga-telesis/>
- GA Telesis. N.d. Quality Management. Luettu 04.01.2017. <http://www.gatelesis.com/quality-management/>

Lironi P. 2007. CF6-80C2 engine history and evolution. Luettu 06.01.2017.
http://www.iasg.co.uk/pdfs/articles/engine_services/cf680c2_engine_history.pdf

Nagawuna. E. 14.03.2014. U.S aerospace, aviation industries see threats in aging workforce. <https://www.reuters.com/article/us-usa-aerospace-workforce/u-s-aerospace-aviation-industries-see-threats-in-aging-workforce-idUSBREA2C2DR20140313>

Rotax. N.d. Rotax 912 ULS/S. Luettu 10.01.2018. <http://www.flyrotax.com/produkte/detail/rotax-912-uls-s.html>

Tuominen. K. 2010a. Lean – kohti täydellisyyttä. 1. painos. Juva: WS Bookwell OY

Tuominen. K. 2010b. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. 1. painos. Jyväskylä: WS Bookwell OY

LIITTEET

Liite 1. Käytössä olevat hyllyt

1 (2)

