

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**INHIMILLISTEN TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VIRHETILANTEISIIN
LENTOKONEHUOLLOSSA**

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Matias Kuure

Kadettikurssi 98
Ilmasotalinja

Maaliskuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 98	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Kadetti Matias Kuure	
Tutkielman nimi Inhimillisten tekijöiden vaikutus virhetilanteisiin lentokonehuollossa	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Maaliskuu 2014	Tekstisivuja 23 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ <p>Inhimilliset tekijät vaikuttavat kaikkeen ihmisen toimintaan. Pahimmillaan ne johtavat ihmisen tekemään virheen, jossa saattaa olla kyseessä jopa ihmishenkiä. Inhimillisten tekijöiden ymmärtäminen ja niiden vaikutusten ymmärtäminen ovat olennainen osa inhimillisten tekijöiden hallintaa, jota kaikkien lentokonehuolto-organisaatioiden on tehtävä välttämättömästi virheitä mahdollisimman hyvin.</p> <p>Tutkimuksessa selvitetään, miten inhimilliset tekijät vaikuttavat lentokonehuollossa tapahtuviin virhetilanteisiin. Tämän pääkysymyksen lisäksi tutkimus selvittää, mitä ovat inhimilliset tekijät, mitä huoltotoiminnassa tapahtuviin virheisiin vaikuttavia inhimillisiä tekijöitä on olemassa ja minkä tyyppisiä virheitä ihminen voi toimiessaan tehdä. Tutkimusmenetelmänä on kvalitatiivinen kirjallisuusanalyysi.</p> <p>Aineiston perusteella päädytään siihen tulokseen, että inhimilliset tekijät ovat laaja kokonaisuus ja niiden keskinäinen linkittyminen on merkittävää. Tekijät linkittyvät toisiinsa vaikuttaen, joko positiivisesti tai negatiivisesti. Linkittyminen aiheuttaa uusien inhimillisten tekijöiden muodostumisen, jolloin puhutaan niiden kasautumisesta. Kasautuessaan tekijät lisäävät virheen tapahtumisen todennäköisyyttä. Inhimillisten tekijät ovat jakautuneet eri tahoihin, jotka vaikuttavat työtä tekevään yksilöön. Mikäli näiden tahojen ja työtä tekevän yksilön ominaisuuksien välillä ilmenee ristiriitoja, virheen tapahtumisen todennäköisyys kasvaa. Inhimillisten tekijöiden hallinta on kuitenkin mahdollista, mutta se vaatii sitoutumista organisaatiolta ja kaikilta siinä työtä tekeviltä yksilöiltä.</p> <p>Inhimillisten tekijöiden laajuus ja monialaisuus luovat haasteen aiheen tutkimiseen. Tutkimuksessa käytetty SHELL-malli ja Jens Rasmussenin kehittämä ihmisen toiminnan tasojen jako osoittautuivat hyviksi analyttisiksi työkaluiksi.</p>	
AVAINSANAT Inhimillinen tekijä, Inhimillinen virhe, Lentokonehuolto, Ihminen, Vaikutus	

INHIMILLISTEN TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VIRHETILANTEISIIN LENTOKONEHUOLLOSSA

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	YLEISTÄ	1
1.2	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	2
1.3	TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT MENETELMÄT JA RAJAUS	3
2	INHIMILLISET TEKIJÄT	4
2.1	MITÄ OVAT INHIMILLISET TEKIJÄT?	4
2.2	INHIMILLISET TEKIJÄT LENTOKONEHUOLLOSSA	6
2.2.1	YKSIÖ.....	7
2.2.2	RYHMÄT.....	10
2.2.3	TYÖTÄ OHJAAVAT OHJELMISTOT	11
2.2.4	TYÖN TEKOON LIITTYVÄ TEKNIikka.....	11
2.2.5	TYÖYMPÄRISTÖ.....	12
3	INHIMILLISET TEKIJÄT LENTOKONEHUOLLOSSA TAPAHTUVISSA VIRHEISSÄ	16
3.1	VIRHETYYPIT	16
3.1.1	TAITOTASOLLA TAPAHTUVAT VIRHEET.....	16
3.1.2	SÄÄNTÖTASOLLA TAPAHTUVAT VIRHEET	17
3.1.3	TIETOTASOLLA TAPAHTUVAT VIRHEET	18
3.1.4	RIKKOMUKSET	18
3.2	VIRHETILANTEEN SYNTYMINEN INHIMILLISEN TEKIJÄN JOHDOSTA	19
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	21

LÄHTEET

INHIMILLISTEN TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VIRHETILANTEISIIN LENTOKONEHUOLLOSSA

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Lentokoneiden huoltotoimintaa toteutettaessa ihmiset ovat aina toimijoina. On tyypillistä ja inhimillistä, että huoltotoimintaa tekevälle ihmiselle tapahtuu virheitä toiminnassaan. Ihmisen toimintaan ja siinä tapahtuviin virheisiin vaikuttaa useita erilaisia tekijöitä. Nämä tekijät voivat olla ihmisen sisäisistä ominaisuuksista aiheutuvia tai toimintaan ulkoisesti vaikuttavia. Näitä tekijöitä kutsutaan inhimillisiksi tekijöiksi. [1]

Inhimillisiä tekijöitä tarkasteltaessa on huomioitava, että virheet eivät ole välttämättä ainoastaan huoltoa tekevästä yksilöstä lähtöisin, vaan tarkastelussa on otettava huomioon koko organisaatio ja työympäristö. Organisaation on luotava työtä tekevän yksilön kannalta paras mahdollinen työympäristö, jossa on minimoitu työn laatua häiritsevät tekijät. Tällöin annetaan yksilölle edellytykset tehdä huoltotyö alusta loppuun turvallisesti ja laadukkaasti. [1]

Lentäjien tekemiä inhimillisiä virheitä alettiin tutkimaan jo 1940-luvulla toisen maailmansodan aikana, jolloin lentäjille tapahtui selittämättömiä virheitä usein juuri tehtävän suorittamisen jälkeen. Huoltotoiminnan osalta inhimilliset tekijät ja niistä aiheutuneet virheet alkoivat saada suurempaa huomiota vasta 1970- ja 1980-luvuilla tapahtuneiden tuhoisien onnettomuuksien johdosta. Näiden onnettomuuksien johdosta inhimillisiä tekijöitä alettiin tutkia omana alanaan. Inhimillisten tekijöiden koulutus huoltohenkilöstölle aloitettiin vasta 1990-luvulla. [1; 2]

Ennen inhimillisten tekijöiden ja niiden vaikutusten tutkimista pidettiin useimpien onnettomuuksien syynä viallista tekniikkaa. Tähän aikaan katsottiin, että noin 80 prosenttia onnettomuuksista olivat aiheutuneet teknisistä syistä ja noin 20 prosenttia inhimillisistä syistä. Koneiden teknisen kehityksen ja luotettavuuden lisääntymisen tuloksena sekä inhimillisten tekijöiden tutkimuksen seurauksena lukemat ovat kääntyneet pääläelle. Nykyaikana noin 80 prosenttia onnettomuuksista tapahtuu inhimillisten syiden johdosta, kun taas tekniset syyt aiheuttavat enää noin 20 prosenttia onnettomuuksista. Nämä tulokset osoittavat, että inhimillisten tekijöiden tutkiminen ja niiden kouluttaminen ovat erittäin merkittäviä asioita lentokonehuollon ympäristössä. [1]

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkielmassa selvitetään inhimillisten tekijöiden vaikutus huollossa tapahtuviin virhetilanteisiin. Pääkysymykseni tutkielmassani on:

- Miten inhimilliset tekijät vaikuttavat lentokonehuollossa tapahtuviin virhetilanteisiin?

Alakysymyksinä tutkielmassani ovat:

- Mitä ovat inhimilliset tekijät?
- Mitä huoltotoiminnassa tapahtuviin virheisiin vaikuttavia inhimillisiä tekijöitä on olemassa?
- Minkä tyyppisiä virheitä ihminen voi toimiessaan tehdä?

Inhimillisiä tekijöitä, niiden hallintaa ja inhimillisiä virheitä on tutkittu laajasti sekä lentoteknisessä ympäristössä että muissa teollisissa ympäristöissä. Alaan liittyvästä kirjallisuudesta löytyy useita erilaisia teorioita, näkökulmia ja ajatusmalleja. Inhimillisten tekijöiden monialaisuus ja laajuus ovat todennäköisesti johtaneet erilaisten teorioiden, näkökulmien ja ajatusmallien syntymiseen. Inhimillisten tekijöiden monialaisuus vaatii monialaista asiantuntemusta ja kykyä yksinkertaistaa asiat, jotta tekijöiden hallinta olisi mahdollisimman helppoa. Tutkimuskysymysten avulla tutkimuksen tavoitteena on lisätä inhimillisten tekijöiden ja niiden vaikutusten ymmärrystä sekä luoda kyky yksinkertaistaa inhimillisiä tekijöitä. Näiden tavoitteiden saavuttamisella kyetään hallitsemaan inhimillisiä tekijöitä ja niiden vaikutusta paremmin sekä vähentämään inhimillisten virheiden tapahtumisia. Tavoitteena on myös saattaa tutkimuksen tulokset Ilmasotakoululle inhimillisten tekijöiden koulutuksen kehittämiseksi. Inhimillisten tekijöiden koulutuksella on suuri merkitys niiden ymmärtämiseen ja hallintaan, joten tutki-

mukselle asetettujen tavoitteiden saavuttamisella voisi olla jopa Ilmavoimissa tapahtuvia virheitä ehkäisevä vaikutus.

1.3 Tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja rajaus

Tutkimuksessa käytetään tutkimusmenetelmänä kvalitatiivista kirjallisuusanalyysiä, joka pohjautuu alaan liittyvään kirjallisuuteen. Kirjallisuuteen liittyviä havaintoja on pyritty keskenään vertailemalla ja yhdistelemällä saamaan alaa mahdollisimman paljon kattava kokonaisuus. Aineisto on keskittynyt inhimillisten tekijöiden vaikutuksiin lentoteknisessä työympäristössä.

Tutkimus on rajattu käsittelemään inhimillisiä tekijöitä, inhimillisiä virheitä ja ihmisiä lentoteknisessä ympäristössä. Tutkimuksessa tarkastellaan yksittäisen ihmisen tekemää virhettä ja virheen tapahtumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksessa ei tarkastella organisaatiotasolla vaikuttavia inhimillisiä tekijöitä tai niistä johtuvia virheitä muuten kuin tilanteissa, joissa ne vaikuttavat organisaatiossa toimivaan yksilöön.

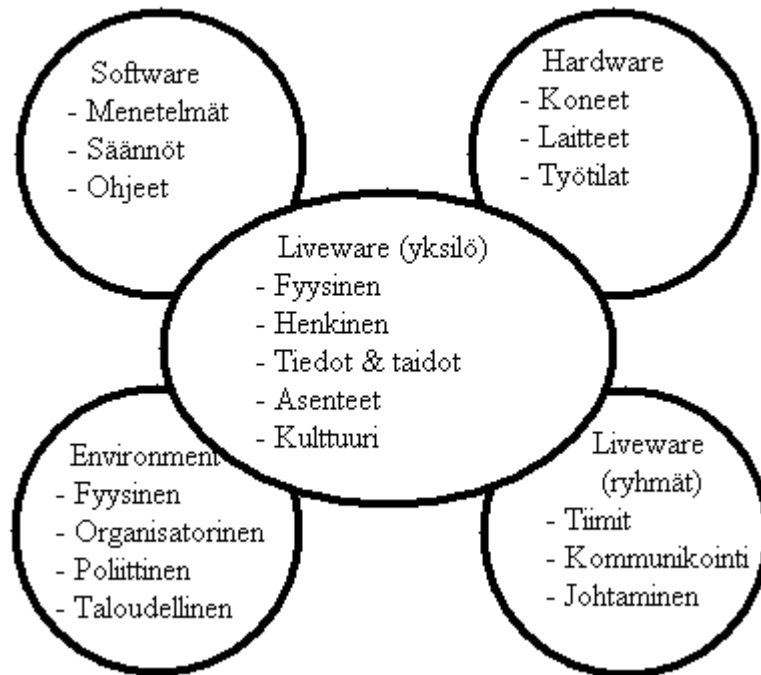
Inhimilliset tekijät käsitellään SHELL-mallia hyväksikäyttäen. Inhimilliset virheet käsitellään Jens Rasmussenin määrittelemän ihmisen kolmen toiminnan tason näkökulmasta. Tutkimuksessa käsitellään myös rikkomuksia inhimillisinä virheinä erillään ihmisen kolmesta toiminnan tasosta.

2 INHIMILLISET TEKIJÄT

2.1 Mitä ovat inhimilliset tekijät?

Suoritukseen vaikuttaa aina ympäristöstä, ihmisten välisestä vuorovaikutuksesta ja oman suorituskyvyn rajallisuudesta aiheutuvia tekijöitä, jotka muuttavat toiminnan laatua ja luotettavuutta. Näistä kaikista suorituskyvyn vaikuttavista seikoista käytetään nimitystä inhimilliset tekijät. Ihmiset ovat päivittäin työssään ja yksityiselämässään omien sisäisten sekä ulkopuolelta vaikuttavien tekijöiden alaisina. Vaikka näiden tekijöiden vaikutus on pääosin tiedostamaton, muuttavat ne merkittävästi suorituskyyä. Käsitteellä inhimilliset tekijät tarkoitetaan laajaa kokonaisuutta kaikista niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat ihmisen toimintaan. [1] Kun puhutaan inhimillisistä tekijöistä, puhutaan tekijöistä, jotka voivat aiheuttaa virheitä yksilön tekemään työhön [3]. Yksittäisessä tilanteessa suoritus- ja toimintakykyyn vaikuttavat muiden inhimillisten tekijöiden rinnalla aina myös henkilön fyysinen ja henkinen kunto ja hänen tunteidensa tila, henkilön taidot ja inhimilliseen kapasiteettiin liittyvät rajoitukset, ihmisen ja koneen väliset rajapinnat sekä ympäristöolosuhteet [4]. Inhimilliset tekijät ovat pääosin maalaisjärkeä, ammattimaisuutta, huollon laadukkuutta ja työn turvallisuuden hallintaa, toisin sanoen sitä, mistä jokaisen organisaation pitäisi huolehtia koko ajan [3].

Inhimillisiä tekijöitä kuvataan yleisimmin niin kutsutulla SHELL-mallilla. Mallin nimi on lyhenne sanoista Software, Hardware, Environment, Liveware ja Liveware. SHELL-mallissa inhimillisten tekijöiden kriittisiä alueita ovat yksilön sisäisten tekijöiden lisäksi rajapinnat hänen vaikuttavien neljän muun komponentin välillä. Inhimillisen toiminnan laatu ja sen myötä turvallisuus heikkenevät, jos mallissa esitettyjen komponenttien välillä esiintyy ristiriitoja. [1; 2] Aikaisemmin ilmailussa tarkastelun pääkohteena ovat olleet yksilön ja käytettävissä olevan tekniikan rajapinta. Tämä on johtanut siihen, että koneet ja laitteet ovat tehty ihmiselle mahdollisimman yksinkertaisiksi, jotta vältetään nappi- ja näppäilyvirheitä. Inhimillisten tekijöiden ja SHELL-mallin tutkinta on laajentanut tarkastelun kohteita, minkä ansiosta kaikki SHELL-mallin komponentit otetaan huomioon jo aikaisessa suunnittelun vaiheessa. [5]



Kuva 1 SHELL-Malli [1]

Liveware (yksilö) sijoittuu SHELL-mallissa keskelle, koska kokonaisuutta ajateltaessa yksilöä voidaan pitää mallin tärkeimpänä komponenttina. Mallissa esiintyvillä muilla osa-alueilla on yksilöön merkittävä vaikutus. Tasapaino yksilön ja muiden komponenttien välillä pitää olla mahdollisimman hyvä, jotta yksilöön kohdistuva muista komponenteista aiheutuva kuormitus olisi vähäisempää eikä komponenttien välille syntyisi ristiriitoja. Liveware (ryhmä) on toinen inhimillinen komponentti SHELL-mallissa. Komponentti sisältää työyhteisössä toimivat muut henkilöt, joiden kanssa mallin keskellä oleva yksilö on vuorovaikutuksessa. [1]

Software-komponentti on toimintaa ohjaava ohjelmisto, jota voidaan kuvata pehmeänä teknologiana. Tämä pitää sisällään koulutuksen, ohjeistuksen, säännöt ja menetelmät. Esimerkkejä software-komponentista ovat tietokoneohjelmat, tarkistuslistat ja käsikirjat. Software-komponenttiin kuuluvat myös työn tekemistä ohjaavat laitteet, säännökset ja viranomaismääräykset sekä kirjoittamattomat säännöt. [6]

Hardware-komponentti on merkittävä osa jokapäiväistä lentoteknistä huoltotyötä. Komponentti pitää sisällään kaiken työhön liittyvän teknisen ympäristön ja työn kohteet. Tämä komponentti sisältää myös työkalut ja työhön liittyvät järjestelmät. [1] Hardware-komponentin sisällään pitävä niin sanottu kova tekniikka on lentoteknisen työn toteuttamisen kannalta välttämätöntä [6].

Environment-komponentti kuvaa työhön vaikuttavia ympäristötekijöitä. Lentoteknisen työn tekeminen tapahtuu fyysisessä, taloudellisessa, poliittisessa ja sosiaalisessa ympäristössä, joita yksilön on vaikea hallita. Tämän komponentin merkittäviä tekijöitä ovat sääolosuhteet, organisaation toimintakulttuuri ja työyhteisössä vallitsevat ihmissuhteet sekä organisaation tekemät ratkaisut, jotka ovat yksilön hallinnan ulottumattomissa. [6]

Inhimilliset tekijät sisältävät useiden vaikuttavien alojen pyrkimyksen luoda ja koota tietoa ihmisen kyvyistä ja rajoista sekä hyödyntää sitä tietoa laitteisiin, järjestelmiin, mahdollisuuksiin, toimintatapoihin, työhön, ympäristöön, koulutukseen ja henkilöstöhallintaan turvallisuuden, mukavuuden ja tehokkuuden edistämiseksi [7]. Inhimillisiin tekijöihin liittyvää tietoa sovelletaan laitteiden ja järjestelmien sekä työmenetelmien suunnitteluun. Tällöin parannetaan työn terveellisyyttä ja mukavuutta sekä sen tuottavuutta ja turvallisuutta [4]. Inhimillisten tekijöiden vaikutus huoltotyöhön on aikaisemmin kärsinyt siitä, että niitä on pidetty muoti-ilmiönä [3]. Median luoma käsitys inhimillisestä tekijästä ajaa ihmiset helposti ajattelumalliin, jossa vaaratilanne on joko teknisen vian tai inhimillisen tekijän aiheuttama. Tämä antaa oivallisen tekosyyntä kaataa kaikki sellaiset tapaukset, joissa ei ole teknistä syytä osoitettavissa niin sanottuun inhimillisten tekijöiden romukoppaan ja unohtaa ne sinne lopullisesti. Näin ei pitäisi kuitenkaan ajatella. [8] Tämän takia inhimillisiä tekijöitä ei pitäisi käsitellä erillisinä, ylimääräisinä tai väliaikaisina asioina, vaan sisällyttää ne organisaation toimintaan, kuten työhön ja koulutukseen [3]. Mitä pidemmälle inhimillisten tekijöiden tutkinnassa on tultu, sitä enemmän ja paremmin niistä osataan puhua. Enää ei ole riittävää todeta, että on tapahtunut inhimillinen virhe, vaan pitäisi tietää virheen tapahtumiseen johtaneet syyt. Pitkän tähtäimen parannukset ilmailun turvallisuudessa tulevat pääosin inhimillisiin tekijöihin liittyvistä ratkaisuista [7].

2.2 Inhimilliset tekijät lentokonehuollossa

Lentokonehuolto on klassinen esimerkki sosioteknisestä työympäristöstä, jossa lentokoneet, lentokonehalli sekä työkalut edustavat tekniikkaa ja ihmiset, ihmissuhteet sekä työtavat edustavat järjestelmän sosiaalista puolta. Näiden kaikkien on toimittava saumattomasti ja harmonisesti huoltotoiminnan onnistumisen takaamiseksi. Työskentely sosioteknisessä työympäristössä vaatii riskitekijöiden ja turvallisuustekijöiden tiedostamista ja ennen kaikkea niiden ymmärtämistä. [9] Lentoliikenteen määrän kasvaessa ja muun muassa järjestelmien määrän kasvaessa turvallisuutta pyritään parantamaan jatkuvasti turvallisuusmääräyksiä, -kulttuuria ja

koulutusta kehittämällä. Lentokaluston, lentotoimintaan liittyvän henkilöstön ja yleensä koko lentotoiminnan turvallisuusmääräykset perustuvat pääosin kansainvälisiin säädöksiin. [10] Vaikka lisääntyneiden riskien uhka on tunnistettu, ja toimenpiteisiin on ryhdytty, vaatii päivittäinen toiminta asematason hektisessä ympäristössä jatkuvaa seuranta ja käytännön kehitystyötä. Avainasemassa tässä työssä ovat kaikki alueella toimivat henkilöt ja organisaatiot. [11] Organisaation on määritettävä toimivaltaisen viranomaisen hyväksymät menettelytavat, joissa otetaan huomioon inhimilliset tekijät ja ihmisen suorituskyky. Menettelytapojen avulla varmistetaan hyvän huoltotavan ja vaatimusten noudattaminen [12].

2.2.1 Yksilö

Ihmisen suoritus- ja toimintakykyyn vaikuttavat muiden inhimillisten tekijöiden rinnalla aina myös henkilön fyysinen ja henkinen kunto ja hänen tunteidensa tila, henkilön taidot ja inhimilliseen kapasiteettiin liittyvät rajoitukset [4].

Tietoisessa tilassa ihminen käsittelee jatkuvasti tietoa, mikä tilanteen vaatiessa antaa vastauksen tai ratkaisun ongelmaan eli vaikuttaa merkittävästi ihmisen päätöksentekoon [1; 5]. Tiedonkäsittely koostuu havaitsemisesta, tarkkaavaisuuden suuntaamisesta, muistamisesta ja ajattelusta. Aistien ohjaama tiedonkäsittely perustuu aistien ympäristöstä vastaanottamaan tietoon, ja käsitteellisesti ohjattu tiedonkäsittely perustuu muistitietoihin. [2] Ihminen kykenee käsittelemään vain tietoa, jota välittömästi havaitaan näkemällä tai kuulemalla tai on aikaisemmin havaittu ja muistitoiminnoilla tallennettu [1]. Hyvissä havainto-olosuhteissa havaitseminen on yleensä nopeaa ja helppoa. Kun havainto-olosuhteet vaikeutuvat, havainto muuttuu epätarkaksi eikä havaitseminen ole enää vaivatonta. [2] Huonoissa havainto-olosuhteissa odotukset voivat alkaa ohjata havaintoja. Koska tiedonkäsittelykyky on rajallinen, kaikki ympäristössä olevat ärsykkeet eivät voi olla samanaikaisesti tarkkaavaisuuden ja tiedonkäsittelyn kohteena. Työtä häiritsevien tekijöiden välttäminen ja tarkkaavaisuuden suuntaaminen oikeisiin asioihin ovat merkittäviä tekijöitä työn mielekkääksi toteuttamiseksi. Ihminen tallentaa muistiinsa tietoja ja kokemuksia, joita hyödynnetään ongelmien ratkaisemiseksi tai aistihavaintojen täydentämiseksi. [1]

Lentokonehuoltotyötä tekevän ihmisen on oltava valmistautunut työhönsä. Valmistautumisella tässä yhteydessä tarkoitetaan sitä, että ihminen on fyysisellä, henkisellä ja tunteidensa tasolla valmis sekä kykeneväinen suorittamaan annetun tehtävän. Vireystila, väsymys, stressi, kuormitus ja tunteet ovat olennainen osa tätä. [9] Vireystila on hermoston toiminnan tila, joka sää-

telee valveilla ja valmiina olemista [2]. Vireystila vaikuttaa voimakkaasti aistien sensoriseen vastaanottokykyyn, elimistön hormonaalisiin tasoihin ja lihasten toimintavalmiuteen. Liian korkealla vireystasolla kavennetaan ajattelualaa ja heikennetään ratkaisukykyä esimerkiksi päätöksenteossa. Pitkään jatkuva korkea vireystaso altistaa stressireaktioille ja uupumukselle. [1] Liian alhainen vireystila, joka saattaa johtua esimerkiksi yksitoikkoisesta työstä, voi aiheuttaa omahyväisyyttä ja tylsistymistä [2].

Väsymyksen vaikutukset ovat saaneet merkittävää huomiota sekä siviili-ilmailussa, että sotilas-ilmailussa [5]. Ruumiillisesta työstä aiheutuu fyysinen väsymystila, joka kertoo kehon tarpeesta levätä [1; 2]. Väsymystä esiintyy myös henkisen väsymyksen muodossa, joka voi keskittymistä ja tarkkaavaisuutta vaativassa työssä kehittyä nopeastikin. Pitkä yhtäjaksoinen työnteko aiheuttaa äkillisen väsymyksen sekä toistuva rasitus kasautuvan ja lopulta kroonisen väsymyksen. Henkistä väsymystä lisäävät usein myös ulkoiset työympäristöstä johtuvat tekijät. Unen puute tai häiriintynyt unirytmii puolestaan aiheuttaa väsymyksen, vaikeaksi tekisi työtä. [2] Väsymys voi vaikuttaa havaintokykyyn, tilannetietoisuuden ja muistitoimintojen heikkenemiseen, huomiokyvyn kaventumiseen, päätöksentekokyvyn heikkenemiseen, mielialan vaihteluihin ja motoristen taitojen sekä reaktiokyvyn heikkenemiseen. Väsymyksen vaikutusta voidaan verrata alkoholin vaikutukseen kehossa. Yli 18 tunnin valvomista voidaan verrata 0,5 promillen alkoholipitoisuuteen veressä, kun taas yli 22 tunnin valvellaolo vastaa jo 0,8 promillen humalatilaa. [1] Vuorotyöstä aiheutuvalla unenpuutteella saattaa olla samanlaisia vaikutuksia kuin alkoholilla [2].

Stressillä ja kuormituksella on suuri vaikutus ihmisen tekemään työhön. Liian suuri kuormitus heikentää tiedonkäsittelykykyä ja siten toiminnan laatua. Se vähentää työmotivaatiota ja lisää virheiden ja tapaturmien riskiä. [1] Työympäristössä, työolosuhteissa, henkilösuhteissa ja työyhteisössä on lukuisia stressiä ja kuormitusta aiheuttavia tekijöitä, jotka käsitellen seuraavissa luvuissa. Näiden lisäksi yksityiselämä ja elämäntilanne saattavat muodostaa kuormitusta ja stressiä lisääviä tekijöitä. [2] Yksilö saattaa kokea kuormitusta tai stressiä kotihuolista, kuten perhetilanteeseen liittyvistä muutoksista, taloudellisista ongelmista tai vapaa-ajan puutteesta. Kotihuolien lisäksi yksilön kokemaan kuormitukseen voivat vaikuttaa omien tietojen ja taitojen puute, vireystila tai väsymys sekä usko omaan kykyihin tai kokemuksen puute. [1] Stressi vaikuttaa pahimmillaan ihmisen persoonallisuuteen ja saattaa jopa muuttaa sitä [2]. Tunteet vaikuttavat suoraan ihmisen kokemaan kuormitukseen ja stressiin. Tunteet vaikuttavat tahdosta riippumatta kaikkeen toimintaan ja kokemaan. Ne ohjaavat ihmisten sopeutumaan ympäristöön ja suojautumaan erilaisilta uhkatilanteilta. [1]

Henkisen vireyden ja suorituskyvyn pohjaksi vaaditaan hyvää fyysistä kuntoa erityisesti tarkkaavaisuutta vaativassa työssä, jossa työympäristö ja vuorokausi- ja unirytmien häiriintyminen saattavat aiheuttavat stressiä [2]. Säännöllisen liikunnan lisäksi riittävä lepo yhdistettynä tasapainoiseen työn ja vapaa-ajan vuorotteluun antavat valmiuden kestää myös työstä aiheutuvaa kuormitusta. Kykyyn tehdä luotettavasti vaativaa työtä vaikuttavat jopa vähäiset poikkeamat terveydentilassamme. Näitä poikkeamia ovat fyysiset sairaudet, erilaiset säryt ja pienet fyysiset vammat, kuten venähdykset tai selkäkiput sekä fyysisen kunnan asteittainen heikentyminen ikääntymisen seurauksena. Myös alkoholilla tai muiden huumausaineiden käytöllä ja niistä seuraavilla väsymys- tai krapulatioilla on merkittävä vaikutus suorituskykyyn, minkä vuoksi ilmailulaki kieltää jyrkästi tekemästä mitään turvallisuuteen vaikuttavaa tehtävää näiden aineiden alaisena. [1]

Motivaatio määrää tahtooko ihminen osatessaan tehdä työn tai tehtävän vaaditulla tavalla. Motivaatio viittaa siis ihmisen psyykkiseen tilaan, joka määrää toiminnan aktiivisuuden ja mielenkiinnon suuntautumisen. [2] Jos ihmisellä on motivaation puute tai olosuhteet tekevät epäturvallisen valinnan palkitsevammaksi, kuin turvallisen, onnettomuuksia tai virheitä todennäköisesti tapahtuu. Turvalliset valinnat harvoin palkitsevat työntekijää suoranaisesti, koska turvallisuustekijöiden tarkoituksena on taata työn kelpoisuus. Lentokonetyössä motivaatiota turvalliseen työhön saatetaan pitää itsestään selvyutenä, koska turvallisuuden laiminlyöminen voi johtaa jopa ihmishenkien menetykseen. [5] Motivaatio voidaan linkittää ihmisen viireystilaan ja valppauteen [2].

Lentokoneiden huoltotoiminnassa työntekijöiden arvoihin ja asenteisiin perustuvista ominaisuuksista assertiivisuus eli jäämäkkyys, ammattimaisuus, rehellisyys, luotettavuus, itsekuri ja omahyväisyys ovat merkittäviä tekijöitä [2]. Assertiivisuudella tarkoitetaan ihmisen kykyä ilmaista mielipiteitä, tunteita, ajatuksia ja tarpeita. Assertiivisuuteen liittyy olennaisesti ongelmista raportoiminen ja puhuminen. Assertiivisuuden, ammattimaisuuden tai rehellisyyden puute voi pahimmillaan johtaa siihen, että huoltovirhe jää huomaamatta tai huomioimatta. [9; 2]

Lentokoneiden huoltotoimintaan sisältyy olennaisesti tilannetietoisuus. Yksinkertaisimmallaan tilannetietoisuudella tarkoitetaan sitä, että tiedetään ympärillä tapahtuvat asiat ja pystytään ennakoimaan tilanteiden muuttuminen tulevaisuudessa. Tilannetietoisuutta voidaan kuvailla jatkuvasti kehittyvänä kuvana ympäröivästä maailmasta ja tapahtumista. [13] Oman

suorituskyvyn tilan tietoisuus on merkittävä osa tilannetietoisuutta. Tilannetietoisuuteen vaikuttavat stressi, keskeytykset, väsymys, huono kommunikaatio, vireystila, kiire, ylikuormitus ja odottamattomat tapahtumat. [2] Tilannetietoisuus on avaintekijä ihmisten päätöksenteossa. Tilannetietoisuudella pyritään tekemään parhaat mahdolliset päätökset vallitsevissa olosuhteissa. [14]

2.2.2 Ryhmät

Yhtenäisen tavoitteen puolesta työskentelevät yksilöt muodostavat ryhmän. Ryhmän koko, jäsenten tiedot ja taidot, jäsenten keskinäinen yhteensopivuus, tehtävän luonne, vaikeus ja vaatimukset vaikuttavat ryhmän toimintakykyyn. [2] Tiimityöllä parhaimmillaan mahdollistetaan tiedon, osaamisen ja työvälineiden jakaminen tiimin sisällä, parannetaan ongelmanratkaisukykyä ja mahdollistetaan toisten työn tarkastaminen ja varmistaminen. Toisaalta ryhmän kykyä suoriutua annetusta tehtävästä voivat haitata vertaispaine, vastuun hajoaminen, epätasainen kuormituksen jakautuminen ja kommunikaation puute. [1]

Ihmisten yhteistyökyky on merkittävä osa lentoturvallisuutta. Yhteistyön onnistumiselle on tärkeää, että työntekijöiden välinen viestintä toimii ja kaikki organisaation jäsenet osaavat viestiä tehokkaasti ja ymmärrettävästi. Hyvä viestintä on selkeää ja yksiselitteistä, minkä lisäksi viestien ymmärtäminen varmistetaan. [2] Kommunikaatiossa on lähettäjä, viesti ja vastaanottaja. On inhimillistä, että viestiä ei ymmärretä tai se kuullaan väärin. Siksi viestin vastaanottajalta on hyvä varmistaa, että viesti on oikein kuultu ja ymmärretty. [9]

Ryhmän saavuttamaan työn tulokseen voidaan vaikuttaa merkittävästi jakamalla ryhmän sisäinen työmäärä työntekijöiden kesken selkeästi, tasaisesti ja tasavertaisesti. Ihminen toimii luotettavimmin silloin, kun työn kuormittavuus on keskitasoa eikä työn kuormittavuuteen liittyviä muutoksia tapahdu äkillisesti tai odottamattomasti. Kun työ on liian kuormittavaa, ihmisen toiminnassa alkaa tapahtua tarkkaavaisuusvirheitä. Ryhmän jokainen yksilö on vastuussa ryhmän tekemästä työstä. Tarvittaessa ryhmän jäsenet tarkastavat toistensa työt laadukkaasti työn varmistamiseksi. [2]

Huolto-organisaatio luo työntekijöilleen tietynlaisia suoritusvaatimuksia. Näiden lisäksi mekaanikot saattavat kokea suorituspainetta omien työkavereidensa taholta. Tätä kutsutaan vertaispaineeksi. Vertaispaine voi vaikuttaa yksittäisen mekaanikon mielipiteisiin ja asenteeseen mukauttamalla ne yhteisön hyväksymiin mielipiteisiin ja käytäntöihin. Lentoteknisessä työssä

vertaispaineella voi olla merkittävä vaikutus työn laatuun ja turvallisuuteen. Vertaispaine voi esimerkiksi johtaa mekaanikon poikkeamaan työohjeestaan, mikäli työtoverit kokevat kyseisen työohjeen huonoksi ja ovat kehittäneet itselleen oman ohjeesta poikkeavan toimintamallin. Tällöin saatetaan vaarantaa lentoturvallisuus, kun tehdään työ noudattamatta hyväksyttyä ohjetta. [1]

2.2.3 Työtä ohjaavat ohjelmistot

Ammattimaisessa ilmailussa käytetään hyvin pitkälle kehittyneitä standardisointia sekä ope-roinnin että teknisen toiminnan osalta. Ilmailualan säädökset, normit ja määräykset ohjaavat toimintaa organisaatiosta riippumatta. Ne vaikuttavat myös kaikkien organisaatiossa työtä tekevien yksilöiden tiedollisiin ja taidollisiin valmiuksiin. Säädökset, normit ja määräykset ovat perusta ilmailualan turvallisuudelle. Yhtenäisistä ilmailumääräyksistä huolimatta yhtiöt ja työyhteisöt kehittävät omat vakiintuneet tapansa hoitaa tiettyjä asioita. Pahimmillaan vakiintuneet tavat voivat johtaa stressiin, huonoihin ihmissuhteisiin tai poissaoloihin. Näistä seuraa suurempi riski inhimillisiin virheisiin ja lentoturvallisuuden vaarantumiseen. [1] Huoltomenetelmät suunnitellaan ja esitetään inhimilliset tekijät huomioon ottaen. Huoltomenetelmät on pidettävä ajan tasalla siten, että ne vastaavat organisaation parhaita työkäytäntöjä. [2]

2.2.4 Työn tekoon liittyvä tekniikka

Lentokoneita huolletaan kaikkina vuodenaikoina, vuorokaudenaikoina, kaikissa sääolosuh-teissa sekä sisätiloissa, että ulkotiloissa, asematasoilla ja seisonta-alueilla [1; 2]. Huoltotyötä, työn laadukkuutta ja turvallisuutta edistetään pitämällä huoltotilat ja työpisteet asianmukaises-sa järjestyksessä, siisteinä ja työn tekemisen kannalta toimivina. Huoltotilojen ja työpisteiden toimivuuteen liittyvät olennaisesti ohjeiden ja huoltodokumenttien saatavuus ja käsittely sekä työvälineiden sijoitus, saatavuus, laatu ja laadunvalvonta. [1] Australialaisen tutkimuksen mukaan toiseksi useimmin mainittu virheeseen vaikuttava tekijä oli välineiden vajavaisuus, joka useimmissa tilanteissa oli oikeiden huoltotyön tekemiseen vaadittavien työkalujen tai maalaitteiden puute. Oikeiden työkalujen puute saattaa johtaa huoltotyötä tekevän henkilön improvisointiin, jolloin työ tehdään käyttämällä tilapäisvälineitä. Väärien työvälineiden käyttö saattaa johtaa huoltovirheisiin tai henkilövaurioihin esimerkiksi tilanteissa, joissa työkohteelle pitää nousta käyttäen apuvälineitä. Työvälineiden laadunvalvonta saa harvoin sen arvoista huomiota, mitä sen kuuluisi saada. Kuten lentokoneet, myös työvälineet vaativat huoltoa, jo-ten työvälineiden laatua on jatkuvasti tarkkailtava ja niitä on huollettava tai huollatettava

asianmukaisin tavoin. [15] Huoltotyössä korostuu turvallinen työskentely, joka edellyttää sitä, että asianmukaiset turvavarusteet ovat henkilöstölle helposti saatavissa ja käytettävissä [1].

Tärkeä osa huoltotilojen ja työpisteiden toimivuutta ovat säilytystilat ja niiden asianmukainen toiminta. Koneesta irrotettava materiaali on merkittävä ja säilytettävä vaatimusten mukaisilla tavoilla. Lentokonehuollossa erilaisten aineiden oikeanlainen säilytys ja merkintä ovat erittäin tärkeitä asioita. Väärän aineen joutuminen sille tarkoittamattomaan paikkaan tai pinnalle saattaa aiheuttaa vakavia seurauksia. Lentokonehuollossa esiintyviä aineita ovat esimerkiksi erilaiset voiteluaineet, erikoisnesteet, liimat ja tiivisteaineet. [1]

Nykyajan lentokoneita voidaan pitää monimutkaisina järjestelmäkokonaisuuksina, jotka pitävät sisällään useita erilaisia monimutkaisia järjestelmiä [1; 2]. Järjestelmien tarkoituksena on helpottaa huoltotyön tekemistä, mutta ne vaativat samalla henkilöstöltä laajaa osaamista [1]. Kirjallisten ohjeiden tarkka noudattaminen on tärkeää käytettäessä monimutkaisia järjestelmiä, koska väärällä toiminnalla voidaan vaikuttaa jonkin toisen järjestelmän toimintaan. Henkilöstölle pyritään saamaan yksityiskohtainen järjestelmätuntemus ja vianetsintätaito järjestelmäkohtaisten koulutusten avulla. [2]

Huolto-organisaatio pyrkii antamaan parhaat mahdolliset edellytykset huoltotyön laadukkaalle ja turvalliselle toteuttamiselle sekä luomaan parhaat mahdolliset olosuhteet. Kuitenkin vastuu tästä jää huoltotyötä tekeväälle henkilöstölle. Tällä kaikella on suuri merkitys työn helppouteen ja miellyttävyyteen. [1]

2.2.5 Työympäristö

Lentotekniseen työympäristöön sisältyy useita tekijöitä, jotka vaikuttavat yksilön tai ryhmän työn tekemiseen. Nämä tekijät ovat usein kuormittavia tai muuten työn tekemistä häiritseviä. SHELL-mallissa työympäristön tekijät jaetaan fyysisiin, organisatorisiin, poliittisiin ja taloudellisiin tekijöihin. [1]

Työympäristön fyysisillä tekijöillä tarkoitetaan tekijöitä, joilla voi olla fyysinen vaikutus työtä tekevään henkilöstöön. Työympäristön fyysisiä tekijöitä ovat valaistus, melu, työympäristön aiheuttamat vaaratekijät, ilman laatu ja lämpötila, liike ja värinä, työssä käytettävien aineiden muodostamat höyryt sekä häiriötekijät ja keskeytykset. [1; 2] Lentokonetyön tarkkuus- ja laatuvaatimuksista edellyttävät työkohteella riittävää valaistusta, joka samanaikaisesti parantaa

työn tehokkuutta ja mielekkyyttä [1]. Luonnonvaloa saadaan tiettyinä vuorokaudenaikoina työn helpottamiseksi, mutta se saattaa samalla myös tuoda mukanaan työtä vaikeuttavia tekijöitä, kuten häikäisyn ja valon muodostamat varjot. Työn tarkkuuden takaamiseksi keinotekoisia valoja suositellaan käytettäväksi myös päivällä. [1; 2] Huonossa valaistuksessa työskentely lisää virheiden tapahtumisen todennäköisyyttä ja heikentää työn tehokkuutta [2].

Melun on tutkittu olevan yksi työympäristön eniten häiritsevistä tekijöistä [1]. Melu on epämiellyttävää ja häiritsevää ääntä, joka on heikentää henkilöstön suorituskykyä ja keskittymiskykyä sekä vireystilaa. Melu voi olla stressitekijä, jonka lisäksi se voi tilapäisesti tai jopa pysyvästi vaurioittaa kuuloa. [2] Pienikin melu vaikeuttaa kommunikointia. Korkeammat melutasot edellyttävät kuulosuojainten käyttöä, jotka saattavat tietyissä tilanteissa hankaloittaa työn tekemistä. [1] Kuten melu, myös liike ja värinä ovat oleellisia osia työympäristön aiheuttamisessa vaaratekijöissä. Lentoteknisessä työssä joudutaan usein työskentelemään korkeissa paikoissa, jolloin joudutaan käyttämään erilaisia telineitä ja korokkeita. Huonosti suunnitellut telineet tai vaikeudet niitä tuettaessa saattavat aiheuttaa telineiden liikehdintää henkilön ollessa telineellä. Pahimmillaan telineen liikehdintä voi johtaa lentokone- tai henkilövaurioihin. [1; 2] Huoltotyön tekeminen korkeissa paikoissa saattaa aiheuttaa joillekin yksilöille tahdosta riippumattomia pelkotiloja, jotka pitää ottaa huomioon töitä ja työvuoroja jaettaessa. Yksilökohtaiset pelkotilat on otettava huomioon myös työskenneltäessä ahtaissa tiloissa. [1]

Lentoteknisessä työssä on useita tilanteita, jossa työn tekijä saattaa altistua värinän vaikutuksille. Näitä tilanteita voivat olla esimerkiksi erilaisten työkalujen käytön muodostamat värinät. [1] Värinän taajuus, voimakkuus ja resonanssivaikutukset määrittävät värinän vaikutuksen ihmiskehoon. Resonanssissa käytettävän koneen ja konetta käyttävän ihmisen keho ovat eritaajuisten värinän vaikutuksessa, mikä aiheuttaa elimistölle haittavaikutuksia. [1; 2]

Vallitsevat ilmasto-olosuhteen, kuten lämpötila ja ilman laatu, vaikuttavat ympäristössä toimivan ihmisen suorituskykyyn. Huoltotyön tekemiseen ulkona vaikuttaa ulkoilman lämpötila, erityisesti lämpötilojen ääripäät. Kuumat hellepäivät saattavat uuvuttaa ja väsyttää, kun taas kylmyydeltä suojautuessa käytettävät paksut varusteet voivat vaikeuttaa työtä. Sisätiloissa tehtävän työn mielekkyyteen vaikuttaa olennaisesti työtilan ilmanlaatu, jolloin sisätilojen ilmastoinnilla ja tuulettamisella on työn mielekkyyttä lisäävä vaikutus. [1] Lentoteknistä työtä tehdessä työntekijät altistuvat myös erilaisten aineiden höyryille, jotka saattavat hengitettyinä tai joutuessaan kosketukseen paljaan ihon kanssa vaarantaa työntekijän terveyden [2]. Höyryiltä

suojautuminen on otettava huomioon ja se on toteutettava asianmukaisin keinoin, kuten hengityssuojaimilla [1].

Nykyajan työympäristössä on useita työtä häiritseviä tai työn keskeyttäviä tekijöitä. Näitä voivat olla esimerkiksi puhelinsoitot ja tukipyynnöt toiselle huoltokohteelle. [1] Häiriö tai työn keskeytyminen lisää todennäköisyyttä virheen tapahtumiselle, kun työtä tekevän henkilön ajatus katkeaa. Keskeytyksiä ja häiriöitä voidaan tuskin koskaan täysin estää, mutta voidaan kehittää sääntöjä ja menettelytapoja, joilla vähennetään virheen tapahtumisen todennäköisyyttä. [1; 2]

Työympäristön organisatorisilla tekijöillä tarkoitetaan tekijöitä, jotka ovat pääosin huoltoorganisaation tai organisaation toiminnan aiheuttamia. Näitä tekijöitä ovat aikataulujen ja määräaikojen muodostamat paineet, työajat, resurssien puute ja organisaation johtamisesta aiheutuvat tekijät.

Ilmailun tarkat määräykset ja vaatimukset aiheuttavat usein huoltotoiminnalle paineita määräaikojen saavuttamiseksi. Huoltojen useat eri vaiheet lentokelpoisuuden takaamiseksi vievät usein paljon aikaa, jolloin määräaikojen saavuttaminen tulee haasteelliseksi. [1] Tämä lisää inhimillisen virheen syntymisen vaaraa. Myös joidenkin työvaiheiden oikaisu saatetaan aikapaineessa kokea houkuttelevaksi, jolloin saatetaan heikentää työn laatua ja vaarantaa lentoturvallisuus. Aikapaineisiin liittyy usein myös työvoiman puute, joka aiheuttaa työntekijöissä tarpeetonta ylikuormitusta. Resurssien puute saattaa ilmetä esimerkiksi oikeiden työvälineiden puutteena, joka voi myös aiheuttaa ylikuormitusta ja turvallisuusriskejä. Työaikojen suunnittelulla on merkittävä vaikutus työvoiman ja töiden kuormittavuuden jakoon. Tämä korostuu erityisesti organisaatioissa, joissa tehdään työtä useissa eri vuoroissa. Vuorotyö saattaa heikentää työtä tekevien henkilöiden vireystiloja. [2]

Työympäristöön vaikuttavia tekijöitä voidaan löytää vielä organisaation johtamisesta ja organisaation taloudellisesta sekä poliittisesta tilanteesta. Organisaation johtaminen ja poliittinen tilanne vaikuttaa oleellisesti työympäristön mielekkyyteen ja sitä kautta työn tehokkuuteen. Organisaation taloudellisella tilanteella on vaikutus resurssien määrään ja laatuun.

Työympäristön tekijät lisäävät usein työtä tekevien yksilöiden henkistä kuormitusta [1]. Työympäristön tekijöiden laajuudesta johtuen joskus puhutaankin ympäristöstressistä, joka on työympäristön aiheuttama stressi, joka pitää sisällään fyysiset ja sosiaaliset stressitekijät [2]. Fyysiset stressitekijät aiheutuvat pääosin asioista, jotka tässä alaluvussa esiteltiin työympäristön fyysisinä tekijöinä. Sosiaaliset stressitekijät puolestaan aiheutuvat pääosin asioista, jotka tässä alaluvussa esiteltiin työympäristön organisatorisina tekijöinä.

3 INHIMILLISET TEKIJÄT LENTOKONEHUOLLOSSA TAPAHTUVISSA VIRHEISSÄ

3.1 Virhetyypit

Tanskalainen insinööri Jens Rasmussen on määrittänyt ihmisen toiminnalle kolme eri tasoa, jotka ovat helppo mieltää ja tunnistaa. Nämä kolme tasoa ovat taitotasoa, sääntötaso ja tietotaso. Rasmussenin määrittämä kolmijako on laajalti hyväksytty ja käytetty psykologien ja eri alojen insinöörien keskuudessa. Myöhemmin kolmijaon käyttö on muodostunut standardinomaiseksi määritettäessä ihmisen toimintaa erilaisissa teollisuusympäristöissä, kuten ilmailussa, ydinvoimateollisuudessa ja öljyteollisuudessa. [15] Koska jokaisella toiminnan tasolla tapahtuvat virhetyypit eroavat toisistaan, käsittelen seuraavissa alaluvuissa kunkin toiminnan tason ja niissä olevat virhetyypit erikseen. Eri toiminnan tasoilla tapahtuvien virheiden lisäksi on olemassa virhetyyppi, jota ei voida kategorisoida edellä mainittujen toiminnan tasojen alapuolelle: rikkomukset [15].

3.1.1 Taitotasolla tapahtuvat virheet

Taitotason toiminnalla tarkoitetaan toimintaa, joka on hyvinkin pitkälle automatisoitunutta, rutiininomaista ja refleksiin sekä vaistoihin perustuvaa, kuten jokapäiväiset tarkastukset [6]. Taitotasolla virheet tapahtuvat toiminnassa, jonka tavoite ja menetelmät ovat oikeat, mutta toiminta ei mene suunnitelmien mukaisesti [1, 15]. Taitotason virheet perustuvat tiedonkäsittelyvirheisiin, jotka voidaan jakaa havaintovirheisiin, muistivirheisiin ja lipsahduksiin [15].

Havaintovirheet voidaan jakaa vielä väärin havaintoihin tai havaitsematta jäämiseen. Esimerkkinä väärästä havainnosta voidaan ajatella mittarin lukemista väärin, kun taas havaitsematta jäämisessä jonkin särön muodostuminen saattaa jäädä havaitsematta. Havaintovirheen sattumiseen voi vaikuttaa havaittavien asioiden samankaltaisuus esimerkiksi toimintojen tai ulkonäköjen perusteella. Havaitsemista saattaa myös vaikeuttaa huono erottuvuus, jota voidaan kuvailla esimerkiksi signaalin ja kohinan suhteella. Oikean signaalin erottaminen kohinan joukosta saattaa olla haastavaa, mikäli kohinan taso on korkea. Vastaavasti huono valaistus saattaa heikentää erottuvuutta joidenkin asioiden kohdalla. Huono valaistus tai valosta ai-

heutuvat varjot voidaan kuvitella kohinana, jolloin virheiden erottuvuus saattaa heikentyä. Havaitsemista ohjaavat myös odotukset. Etenkin rutiininomaista työtä tehdessä muodostuu työn tekoon tietynlaiset odotukset, jotka saattavat ohjata havaitsemista. [15]

Jokapäiväisessä lentokonehuollossa tapahtuvia muistivirheitä voivat olla esimerkiksi joidenkin tarkastuslistojen kohtien unohtaminen, työkalujen unohtuminen väärään paikkaan tai tehtävien unohtaminen [5]. Australialaisen tutkimuksen mukaan 20 prosenttia lentokonehuollossa sattuvista virheistä ovat muistivirheitä ja ne ovat yleisimpiä huollossa ilmeneviä virheitä. Muistivirheitä voi tapahtua kolmella eri tasolla. Ensimmäinen näistä kolmesta tasosta on se, kun kadotetaan lyhytaikaisesta työmuistista jokin asia, kuten työn jaossa annettu omien tehtävien ohella suoritettava tehtävä. Tämä tapahtuu usein tilanteissa, joissa muistettavaan asiaan ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Toinen taso on se, kun pitkäaikaisessa muistissa oleva asia unohtuu hetkellisesti tai jokin häiriö aiheuttaa asian unohtamisen. Tämän tason muistivirhe voi olla esimerkiksi jonkin työvaiheen unohtaminen, kuten työpisteen siistiminen tehdyn työn jälkeen. Kolmas muistivirheen taso pitää sisällään asioiden palauttamisen muistista. Näissä tilanteissa työn tekijä tietää kyseessä olevan asian, mutta ei yksinkertaisesti kykene palauttamaan asiaa muististaan. [15]

Taitotasolla tapahtuvat lipsahdukset johtuvat usein automaattisista rutiineista, jotka ohjaavat toimintaa. Lipsahduksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä toiminnallisia erehdyksiä, jotka ovat usein tarkkaavaisuusvirheiden seurauksia. Lipsahdukset tapahtuvat usein tilanteissa, jotka ovat työn tekijälle entuudestaan tuttuja, mutta tehtävä pitää suorittaa eri tavalla, kuin edellisellä kerralla. Esimerkiksi koko elämänsä kahvia juonut mekaanikko päättää lopettaa kahvin juomisen, mutta silti seuraavana aamuna rutiininomaisesti kaataa kuppiinsa teen sijasta kahvia, vaikka tarkoituksenaan olikin juoda teetä. [15]

3.1.2 Sääntötasolla tapahtuvat virheet

Sääntötason toimintaa voidaan kuvata puoliautomaattisena toiminnan tasona. Sääntötasolla kohdataan ongelma tai tilanne, jonka ratkaisemiseksi käytetään tuttuja ja opittuja toimintamalleja esimerkiksi lentokonehallin lattialla olevan öljyläikän siivoaminen asianmukaisin menetelmin. [1] Sääntötasolla tapahtuvat virheet ovat usein erehdyksiä, jotka voivat johtua siitä, että käytetään joko väärää toimintamallia tai käytetään toimivaa toimintamallia väärässä tilanteessa. Jotkut opitut toimintamallit saattavat olla täysin toimivia tietyn asian ratkaisemiseksi useimmissa tilanteissa, mutta eivät kaikissa. Joskus näitä useimmissa tilanteissa toimivia rat-

kaisuja yritetään käyttää tilanteissa, joihin ne eivät sovi. Silloin tapahtuu sääntötason virhe, valitaan siis väärä toimintamalli. Joskus työntekijä saattaa myös kehittää itselleen omasta mielestään toimivia toimintamalleja. Nämä toimintamallit saattavat kuitenkin olla ristiriidassa ohjeen kanssa, jolloin kyseessä on väärä toimintamalli. Väärän toimintamallin käyttö ei välttämättä ole tahallinen rikkomus, vaan kyseessä saattaa olla väärin opituista asioista aiheutunut erehdys. [15]

3.1.3 Tietotasolla tapahtuvat virheet

Tietotasolla toimiessa toiminta ei ole enää automatisoitunutta, vaan tehdään tietoisia ratkaisuja ongelmien selvittämiseksi [1]. Tietotason toiminta alkaa, kun kohdataan ongelma tai tilanne, joka ei ole entuudestaan tuttu eikä siihen ole valmiiksi opittua ratkaisua [15]. Tietotasolla tapahtuvan ongelman ratkaisemiseksi ihminen alkaa verrata aikaisempia kokemuksia ja oppoja vallitsevaan tilanteeseen ja pyrkii löytämään entuudestaan tuttujen toimintamallien seasta ratkaisun tilanteen selvittämiseksi. Tietotasolla tapahtuvat virheet ovat päätöksentekovirheitä, jolloin valitaan virheellinen ratkaisu ongelman selvittämiseksi. [1] Tietotason virheet tapahtuvat useimmin ensimmäistä kertaa tehtävää suorittaville mekaniikoille, mutta myös vaikeasti tulkittavat viat saattavat aiheuttaa tietotason virheitä kokeneemmillekin mekaniikoille. Lentoteknisen työn tarkan organisoinnin ja ohjeistuksen ansiosta huoltoja suorittava henkilöstö joutuu harvoin tietotason ongelmanratkaisuun, koska ratkaisut löytyvät usein sääntötasolta. [15]

3.1.4 Rikkomukset

Edellä mainituille virhetyypeille on ominaista, että ne tapahtuvat sääntöjen ja ohjeiden hyväksymisissä olosuhteissa. Rikkomuksilla tarkoitetaan toimintaa, joka tarkoituksen mukaisesti poikkeaa ohjeiden ja sääntöjen alaisuudesta. [5] Rikkomuksia yleensä tehdään henkilökohtaisen hyödyn tai mielihyvän saavuttamiseksi [1]. Rikkomuksia voivat olla rutiininomainen rikkomus, poikkeuksellinen rikkomus tai sabotaasi [1, 5].

Rutiininomaisilla rikkomuksilla tarkoitetaan rutiineiksi muodostuneita pieniä poikkeamisia säännöistä, joilla nopeutetaan ja helpotetaan työn tekemistä. Näitä rikkomuksia ovat esimerkiksi työn kuittaaminen valmiiksi ennenaikaisesti, työn tekeminen ilman asianmukaisia työkaluja ja työn tekeminen ilman hyväksytyä ohjetta. [15] Rutiininomaiset rikkomukset ovat usein organisaatiossa hyväksytyjä toimintatapoja [5]. Työntekijän kannalta ne ovat haastavia, koska organisaatiokulttuuri saattaa johtaa työntekijän tekemään näitä rikkomuksia, joista yksilö kui-

tenkin on aina vastuussa [1]. Ihminen on luonnostaan taipuvainen tekemään työn mahdollisimman pienellä vaivalla [15].

Poikkeuksellinen rikkomus eroaa rutiininomaisesta rikkomuksesta ainoastaan siten, että rikkomuksen tekeminen ei ole tyypillistä sen tekijälle [5]. Poikkeukselliset rikkomukset ovat usein tilannekohtaisia, joissa tarkoituksena on vain saada tehtyä työ valmiiksi tai optimoitua työn tehokkuus [15]. Joistakin poikkeuksellisista rikkomuksista voidaan käyttää nimitystä seikkailullinen rikkomus, jolloin rikkomuksen tekijä poikkeaa säännöistä tai ohjeista ainoastaan saadakseen mielihyvää tai viihdyttääkseen itseään [1]. Esimerkkinä poikkeuksellisista rikkomuksista on suuren ylinopeuden ajaminen, joko perille pääsemisen nopeuttamiseksi tai ainoastaan nopeuden huumun tuntemiseksi. Sabotaasista voidaan puhua äärimmäisenä rikkomuksen muotona. Sabotaasilla tarkoitetaan toimintaa, jonka tarkoituksena on tuottaa vahinkoa tai tehdä ilkivaltaa. [1]

3.2 Virhetilanteen syntyminen inhimillisen tekijän johdosta

Kuten aikaisemmin jo mainittiin, enää ei riitä tieto inhimillisen virheen tapahtumisesta, vaan pitäisi tietää siihen johtaneet syyt. Edellä mainituille virhetyypeille on ominaista, että ne tapahtuvat tiettyjen inhimillisten tekijöiden johdosta tai niiden vallitessa. On siis syytä tarkastella enemmän virhetyypeille ominaisia tekijöitä.

Taitotasolla tapahtuville virheille on ominaista, että ne tapahtuvat virheen tekevän henkilön ollessa kuormittunut, hajamielissä tilassa tai keskittynyt johonkin toiseen asiaan [1]. Taitopohjaisen havaintovirheen tapahtumiseen vaikuttavia yksilökohtaisia tekijöitä voivat olla väsymys, ylikuormitus, stressi, työn mielekkyys sekä motivaatio tehtävään työhön. Havaintovirheen tapahtumiseen vaikuttavat myös ulkopuoliset työympäristöstä aiheutuvat tekijät, joita voivat olla huono valaistus, aikapaineet, keskeytykset ja ulkopuoliset häiriötekijät, kuten melu tai puhelinsoitot. [15] Keskeytykset ja häiriötekijät ovat myös tyypillisimpiä muistivirheen aiheuttajia. Keskeytyksen tai häiriötekijän johdosta keskittyminen työhön katkeaa ja siirtyy toisaalle. Tällöin saattaa esimerkiksi unohtua meneillään olevan työn vaihe. [1] Kokeneelle ja taitavalle mekaanikolle muodostuu kokemuksen myötä tietynlainen rutiini työn tekemiseen. Rutinoituneessa työssä mekaanikko saattaa samanaikaisesti ajatella muita asioita tai keskittyä johonkin muuhun kuin meneillään olevaan työhön. Tällöin muuttuvat olosuhteet ja huomion kiinnittyminen muualle voivat aiheuttaa kolmannen taitotason virhetyypin eli taitopohjaisen lipsahduksen. [15] Yleisin syy lipsahduksien tapahtumiseen on tarkkaamattomuus, jolloin

työhön ei keskitytä riittävästi tai jokin ulkopuolinen tekijä kiinnittää huomion pois tehtävästä työstä [1]. Verrattaessa taitotasolla vaikuttavia inhimillisiä tekijöitä SHELL-mallin sisältöön, voidaan huomata, että valtaosa tekijöistä sisältyy yksilö- ja toimintaympäristökomponentteihin.

Sääntötason ongelmanratkaisussa toimintamallin valintaan vaikuttavat aikataulu- ja suorituspainet, kommunikaatio, koordinaatio ja työmenetelmät [1; 15]. Kiireen ja paineen alaisena mekaanikko saattaa valita toimintamallin harkitsematta tarpeeksi sen sopivuutta tilanteeseen [1]. Huonot tai väärinopitut työmenetelmät saattavat myös johtaa mekaanikon tekemään sääntötason virheen huoltotoiminnassaan. Koordinoinnin ja kommunikoinnin merkitys sääntötason virheissä tulee esiin tilanteissa, joissa ollaan tekemisissä toisten ihmisten kanssa, kuten tiimityössä sekä esimiesten ja alaisten välisessä kanssakäymisessä. [15] Virhe saattaa tapahtua, kun valitaan toimenpide työkaverin tai alaisen antaman kuvauksen perusteella, mikäli kommunikaatio ei toimi [1]. Sääntötason virheisiin vaikuttavista tekijöistä suurin osa sisältyy SHELL-mallin toiseen inhimilliseen komponenttiin eli ryhmät-komponenttiin. Myös työympäristö ja työn tekemiseen vaikuttava ohjelmisto eli software esiintyvät sääntötason virheissä.

Tietotason virheiden yleisimmät vaikuttavat tekijät ovat tiedon ja kokemuksen puute. Puutteelliset tiedot johtuvat useimmiten huonosta tai puutteellisesta koulutuksesta. [15] Uuden ongelman ratkaiseminen saattaa olla erittäin työlästä ja viedä paljon aikaa sekä energiaa, jolloin mekaanikko saattaa päätyä valitsemaan virheellisen ratkaisun, etenkin kovassa kiireessä tai paineessa [1]. Tämän takia työnjohdon on mietittävä tarkasti miten työt jaetaan mekaanikojen kesken [15].

Rikkomusta tehdessään ihminen usein pohtii rikkomuksesta saatavia hyötyjä suhteessa riskeihin. Eurooppalaisen tutkimuksen mukaan yleisin syy rikkomuksen tekemiselle oli tehokkaampi tai nopeampi tapa saada työ tehdyksi. [15] Oikeiden työkalujen puute tai ajan puute saattavat johtaa mekaanikon miettimään tehokkaampia keinoja työn valmiiksi saattamiselle [1]. Huonot toimintamallit tai menettelytavat eivät ole ainoastaan erehdyksien aiheuttajia, vaan ne ovat merkittäviä rikkomuksiin johtavia tekijöitä. Mikäli ohjeen mukainen toiminta on huonosti suunniteltu, saattaa mekaanikko kehittää itselleen tehokkaamman toimintamallin työn valmiiksi saattamiseksi ja ajautuu siinä samalla tekemään rikkomuksen. [15] Rikkomuksien tekemiseen vaikuttavat tekijöitä on SHELL-mallin jokaisessa komponentissa.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

SHELL-mallin komponenttien sisältöjä tarkasteltaessa huomaa helposti inhimillisten tekijöiden laajuuden ja monialaisuuden. Ihmisen toimintaan vaikuttavia tekijöitä muodostuu useilta eri tahoilta eikä niiden vaikutukselta voi välttyä. Näitä tahoja ovat työyhteisö, työtä ohjaavat ohjelmistot, työhön liittyvä tekniikka ja työympäristö. Työhön liittyvien tahojen lisäksi ihmisen sisäisistä ominaisuuksista ja työelämän ulkopuolisista tapahtumista muodostuu tekijöitä, jotka vaikuttavat toimintaan.

Inhimillisistä tekijöistä voidaan havaita niiden linkittyminen toisiinsa. Tekijöiden välillä on tietynlainen yhteys ja ne saattavat vaikuttaa toisiinsa, joko positiivisesti tai negatiivisesti. Parantamalla jotakin tiettyä tekijää luodaan positiivisesti vaikuttava linkki tekijöiden välille. Esimerkiksi parantamalla työilmapiiriä tai olosuhteita voidaan pienentää stressiä. Toisaalta huono työilmapiiri luo negatiivisesti vaikuttavan linkin, jolloin stressi saattaa lisääntyä. Linkit eivät esiinny pelkästään yhden SHELL-mallin komponentin sisällä, vaan yhdellä inhimillisellä tekijällä saattaa olla linkki useisiin muihin tekijöihin, jotka voivat olla eri komponenttien sisällä. Linkittyminen aiheuttaa inhimillisille tekijöille kasautuvan ja toisiaan ruokkivan vaikutuksen. Esimerkiksi huono työilmapiiri, stressi, väsymys ja heikko motivaatio ruokkivat kaikki toisiaan. Valmiiksi huono työilmapiiri ja stressi sekä väsymys saattavat johtaa yksilön huonontamaan ilmapiiriä entuudestaan, jolloin usein myös motivaatio työhön heikentyy. Nämä tekijät vaikuttavat myös yksilön keskittymiseen, tilannetietoisuuteen, valppauteen ja päätöksentekokykyyn. Tällöin voidaan puhua inhimillisten tekijöiden kasautumisesta. Inhimillisten tekijöiden kasautuessa kasvaa yksilön vastuu tiedostaa oma kapasiteettinsa niistä muodostuvan kuormituksen kestämiseen. On suotavampaa tunnustaa oman kapasiteettinsa rajallisuus kuin tehdä virhe, jossa pahimmassa tapauksessa menetetään ihmishenkiä.

Shell-mallia tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että malli ei ole ainoastaan käytännöllinen työkalu inhimillisten tekijöiden lajitteluun, vaan sitä voidaan hyödyntää myös selvitetessä virheen tapahtumisen syytä. Virhetilanteissa on tyypillisesti virheen tekvän yksilön lisäksi mukana myös tekijä tai tekijöitä vähintään yhdestä muusta mallissa esiintyvistä komponenteista. Tätä voidaan kuvailla komponenttien välisen rajapinnan epätasaisuutena. Rajapinnan epätasaisuus voi olla esimerkiksi yksilön ja ryhmän välinen epätasapaino, jolloin ryhmässä toimiminen muodostaa uusia, pahimmassa tapauksessa kasautuvia inhimillisiä tekijöitä, jotka johtavat virhetilanteen syntymiseen. Yksilön ja ryhmän rajapinnan tasaisuus puolestaan edistää työn te-

hokkuutta sekä lisää sen mielekkyyttä. Komponenttien rajapintojen tasaisuudella on usein myös tapana parantaa ihmisen kykyä kestää kuormitusta, jolloin todennäköisyys virheen tapahtumiselle pienentyy.

On tyypillistä, että tietyllä tasolla tapahtuvissa virheissä virheisiin johtaneet syyt löytyvät juuri tiettyjen komponenttien välisestä rajapinnasta. Taitotasolla tapahtuvissa virheissä tyypillisimmin virheen tapahtumisen ovat aiheuttaneet yksilöstä ja työympäristöstä muodostuvat tekijät. Tällöin yksilö ei ole kyennyt toimimaan vaaditulla tavalla työympäristössään, jolloin näiden kahden komponentin välinen rajapinta on epätasapainossa. Ihmisen toimiessa tietotasolla tai sääntötasolla virheellisen toimintamallin tai ratkaisun valinta saattaa johtua minkä tahansa komponentin muodostamista tekijöistä. Virheen tapahtumisen riski kasvaa entuudestaan, mikäli rajapintojen epätasaisuuksia ilmenee useamman kuin kahden komponentin välillä. Rikkomusten tekemiseen vaikuttavia tekijöitä saattaa tulla mistä tahansa komponentista, mutta loppujen lopuksi yksilö itse päättää tekeekö rikkomuksen vai ei. Rajapintojen epätasaisuus usein johtaa ihmisen tekemään rikkomuksen, koska kuvitellaan, että rikkomuksen tekeminen tasoittaisi rajapintoja.

Jens Rasmussenin kehittämää virhetyyppien kolmijakoa voi hyödyntää työkaluna organisaation turvallisuuskulttuurin kehittämisessä. Virhetilanteiden tilastoiminen taitotasolla, sääntötasolla ja tietotasolla tapahtuneiden virheiden perusteella helpottaa organisaation työtä virhetilanteiden syiden selvittämiseksi. Mikäli taitotasolla tapahtuvien virheiden määrä on suuri, organisaation on selvitettävä syy määrän suuruuteen. Kun tunnetaan ihmisen toiminta taitotasolla ja tiedetään taitotason toimintaan tyypillisesti vaikuttavat tekijät, helpotetaan virhetilanteisiin johtaneiden syiden selvittämistä. Taitotason virheiden ollessa yleisiä vaaditaan organisaatiolta parannuksia työympäristön kehittämiseksi, jotta häiritäisiin mahdollisimman vähän mekaanikkojen taitotason toimintaa. Kun virheiden määrä sääntötasolla tai tietotasolla on suuri, organisaation on kehitettävä koulutusjärjestelmää, työhön perehdytystä, työmenetelmiä ja työohjeita. Näitä kehittämällä parannetaan mekaanikkojen kykyä selviytyä ongelmatilanteista, joissa vaaditaan sääntötason ja tietotason toimintaa. Turvallisuuskulttuuria kehittäessä organisaatiokulttuurilla on suuri merkitys. Organisaatiokulttuurilla on yhteys työntekijöiden asenteisiin, jotka saattavat vaikuttaa rikkomusten tekemiseen. Oikeanlaisella asennekasvatuksella ja miellyttävällä organisaatiokulttuurilla työntekijöiden on helppo sitoutua tekemään työorganisaation määrittämällä menetelmillä. Tällöin ehkäistään houkutusta rikkomusten tekemiseen.

Inhimillisten tekijöiden ja erilaisten virhemallien sekä –mahdollisuuksien laajuudesta huolimatta inhimillisten tekijöitä ja niiden aiheuttamia virheitä voidaan hallita. Suurimmat vastuut lentoteknisen huoltoympäristön inhimillisten tekijöiden hallinnasta kuuluvat huolto-organisaatioille ja huoltotyötä tekeville yksilöille. Huolto-organisaatiot kykenevät vaikuttamaan kaikkiin SHELL-mallin viiteen komponenttiin ja tasoittamaan niiden välisiä rajapintoja. Yksilölle itselleen jää kuitenkin vastuukseen huolehtia omasta hyvinvoinnistaan sekä vapaa-ajalla että työaikana. Lisäksi yksilö voi antaa oman panoksensa kehittääkseen organisaatiokulttuuria ja turvallisuuskulttuuria avoimella kommunikoinnilla sekä tuomalla esille havaitsemansa virheelliset kohdat tai puutteet. Organisaation avoimella kulttuurilla voidaan estää samojen virheiden toistuminen ja kehittää jatkuvasti omaa huoltotoimintaa turvallisemmaksi sekä miellyttävämmäksi työtä tekevän yksilön näkökulmasta. Inhimillisten tekijöiden koulutusta ei pidä kuitenkaan unohtaa. Inhimillisiä tekijöitä pitää pystyä ymmärtämään eikä ajatella niitä listana asioita, jotka aiheuttavat virheen. Niissä on ennemminkin kyse järjen käytöstä ja tilannetietoisuudesta. Koulutuksella pitää saada kehitettyä tätä tilannetietoisuutta. Toisin sanoen pitäisi pyrkiä kouluttamaan huoltoa tekevä henkilöstö ymmärtämään, milloin riski inhimillisen virheen tapahtumiselle kasvaa, ja miten silloin kuuluu toimia. Koulutuksessa pitää korostaa kuormituksen vaikutusta virheiden syntymiseen. Jo pelkällä oman kuormituksen keskon tiedostamisella voidaan välttyä useilta virheiltä.

Inhimillisten tekijöiden vaikutus virhetilanteiden syntymiseen on kiistämätön. Tästä syystä aihe antaa otolliset jatkotutkimusmahdollisuudet. Inhimillisten tekijöiden hallinta on kuitenkin hyvin paljon organisaatiolähtöistä, jolloin jatkotutkimukset pitäisi kohdistaa huolto-organisaatiokohtaisesti. Jatkotutkimuksissa voitaisiin tutkia esimerkiksi inhimillisten tekijöiden vaikutuksia ilmavoimissa tapahtuneissa onnettomuuksissa tai ilmavoimien turvallisuuskulttuuria inhimillisten tekijöiden näkökulmasta. Ilmavoimien jo entuudestaan hyvä ja jatkuvasti kehittyvä raportointikulttuuri mahdollistaa turvallisuuskulttuurin kehittämisen. Turvallisuuskulttuurin kehittäminen kuitenkin vaatii raportoinnin hyödyntämistä ja kykyä analysoida raportteja etenkin inhimillisten tekijöiden kohdalla. Inhimillisten tekijöiden aiheuttamien virheiden täydellinen poistaminen tulee tuskin koskaan olemaan mahdollista, mutta niiden vähentäminen on. Virheiden vähentäminen vaatii kuitenkin pitkäjänteistä työtä ja sitoutumista. Tähän työhön sitoutuminen ei ole yhden henkilön vastuulla, vaan koko organisaation.

LÄHTEET

- [1] Saatsi, J., Haavisto, M. ja Oksama, L. *Inhimillisten tekijöiden hallinta lentoteknisessä työssä*. Tampere: Juvenesprint Oy, 2011. 204 s. ISBN 978-952-13-4900-3.
- [2] NIEMI, L. *Lentoyhtiön huoltoturvallisuuden ylläpitokoulutusjärjestelmän luominen*. Diplomityö. Espoo, 2005. Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto. 110 s.
- [3] Civil Aviation Authority. Aviation Maintenance Human Factors (EASA / JAR145 Approved Organisations). 07.01.2002. Viiminen versio elokuu 2006. Viitattu 17.7.2013 saatavissa. <http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP716.pdf>
- [4] Seppänen, J. *Kuka tahansa voi erehtyä*. Sotilasaikakauslehti, p 2013. Vol. 88, no. 920, s. 56-60. ISSN 0038-1675
- [5] Wiegmann, D.A, Shappell, S.A. *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis*. Iso-Britannia: MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall, 2009. 165 s. ISBN 978 0 7546 1873 7.
- [6] Vapaavuori, E., Sorsa, M. *Lentävä ihminen*. Helsinki: Edita, 2005. 152 s. ISBN 952-91-8395-X.
- [7] U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Human-Factors Policy. 27.10.1993 [viitattu 17.7.2013]. Saatavissa: <http://www.hf.faa.gov/docs/hforder.htm> 17.7.2013
- [8] Kiitotie. Inhimillinen tekijä nostaa päätään. Viitattu 23.07.2013. Saatavissa: http://www.kiitotie.fi/inhimillinen_tekija
- [9] Patankar, M.S., Taylor, J.C. *Applied Human Factors in Aviation Maintenance*. Iso-Britannia: MPG Book Ltd, Bodmin, Cornwall, 2007. 154 s. ISBN 978 0 6546 1940 6.
- [10] Liikenneturvallisuus. Opetusmoniste. Verne liikenteen tutkimuskeskus. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere 2011. Jenni Ahlroth ja Markus Pöllänen. Viitattu 23.07.2013. Saatavissa: <http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/liikenneturvallisuus.pdf>
- [11] Trafi. Liikenteen turvallisuusvirasto / Liikenteen analyysit – osasto. Paavo Himmanen. Viitattu 23.07.2013. Saatavissa: http://www.trafi.fi/filebank/a/1363942157/18b753db99b5f3b5c7a008a92f6a7bc0/11838-20130214_Maahuolinta_lentoasemilla_valmis_.pdf

- [12] Euroopan yhteisöjen neuvosto. Komission asetus N:o 2042/2003 lentokelpoisuuden ja ilmailutuotteiden, osien ja laitteiden ylläpidosta, ja näihin tehtäviin osallistuvien organisaatioiden ja henkilöstön hyväksymisestä. 20.11.2003. Viitattu 23.07.2013. Saatavissa: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:315:0001:0165:FI:PDF>
- [13] Koistinen M. Tilannetietoisuus ja tilannekuva operatiivisessa liikenteen hallinnassa. Kuopio: Kopijyvä Oy 2011. 140s. ISBN 978-952-255-072-9. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-54_tilannetietoisuus_ja_tilannekuva_web.pdf
- [14] Aviation Space and Environmental Medicine. Sources of situation awareness errors in aviation. Kesäkuu 1996. Viitattu 1.8.2013. Saatavissa: <http://www.satechnologies.com/Papers/pdf/Sources%20of%20Situation%20Awareness%20Errors%20in%20Aviation.pdf>
- [15] Reason, J., Hobbs, A. *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*. Iso-Britannia: MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall, 2003. 183 s. ISBN 0 7546 1590