



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ULLA SUNELA

**LENTOTEKNILLISEN HENKILÖSTÖN SUOJAVAATETUKSEN JA -VARUS-
TUKSEN KEHITTÄMINEN SEKÄ MATERIAALIEN PÄIVITYS**

Diplomityö

Ohjaajat: Prof Heikki Mattila, TTY
Ins Jaana Pihlaja, ILMAVMATLE
Tarkastaja: professori Heikki Mattila
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja
materiaalitekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
9.11.2011

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Kuitu- ja tekstiilitekniikan koulutusohjelma

ULLA SUNELA: Lentoteknillisen henkilöstön suojavaatetuksen ja -varustuksen kehittäminen sekä materiaalien päivitys

Diplomityö, 89 sivua, 13 liitesivua

Helmikuu 2012

Pääaine: Kuitu- ja tekstiilitekniikka

Ohjaajat: prof Heikki Mattila, TTY ja ins Jaana Pihlaja, ILMAVMATLE

Tarkastaja: professori Heikki Mattila

Avainsanat: antistaattinen, palonkestävä, kuumatyö, kylmätyö, työvaate

Suomen Ilmavoimien lentoteknillinen henkilöstö työskentelee ympäri vuoden lentokentillä ja varatukikohdissa vaihtelevissa oloissa: $-40 - +40^{\circ}\text{C}$, tuuli $0-30\text{ m/s}$, aurin-
gon paisteessa sekä vesi-, lumi- ja räntäsateessa. Työ- ja suojavaatteiden on sovel-
luttava vaihtelevaan ympäristöön ja mahdollistettava tehokas työskentely.

Työssä kartoitettiin Ilmavoimien lentoteknillisen henkilöstön suojavaarustuksen ta-
soa haastatteluilla, teknisten vaatimusten päivittämisellä ja riskienkartoituksella se-
kä etsittiin käyttöön soveltuvia kaupallisia materiaalivaihtoehtoja. Käytössä olevista
tuotteista laadittiin tarkat tekniset spesifikaatiot, joita tarvitaan tuotteiden kilpailu-
tuksessa. Työhön kerättiin tietoja vierailemalla joukko-osastoissa haastattelemassa
lentoteknillistä henkilöstöä.

Suomen Ilmavoimissa on kolme lennostoa, kolme koulua ja Materiaalilaitos. Ilma-
voimien Materiaalilaitos hankkii lentoteknilliselle henkilöstölle suojavaarustuksen ja
työvaatteet. Lentoteknilliseen henkilöstöön kuuluu ilma-alusten lento- ja tehtäväkel-
poisuudesta, varustelusta, huollosta ja muusta kunnossapidosta vastaavat henkilöt.

Lentoteknillisen henkilöstön varustukselle on asetettu paljon erilaisia vaatimuksia.
Vaatimukset on määritetty tuotteiden kehittämisvaiheessa ja tuotteiden päivitysti-
lanteissa. Vaatteilta vaaditaan esimerkiksi palonkestoa, antistaattisuutta ja tarttu-
mattomuutta. Työssä on esitelty lentoteknillisen henkilöstön suojavaatteet ja -va-
rusteet. Työhön on myös koottu haastatteluissa ilmenneitä kommentteja ja paran-
nusehdotuksia.

Saadun palautteen perusteella nykyinen varustus toimii hyvin. Suurimpia ongelmakohtia olivat lähinnä jalkineet ja käsineet. Turvallisuuden puolesta ongelmia tuottavat materiaalien sulaminen kuumien pintojen läheisyydessä, antistaattisten materiaalien ja turvakenkien puute.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Fiber and Textile Technology

ULLA SUNELA: Developing aviation personnel safety equipment and safety clothing, and updating the materials

Master of Science Thesis, 89 pages, 13 appendix pages

February 2012

Major: Fiber and textile technology

Guiders: Professor Heikki Mattila, TTY and Engineer Jaana Pihlaja, FINAFMC

Examiner: Professor Heikki Mattila

Keywords: anti-static, flameproof, workingwear, working in hot and cold environment

The aviation personnel of Finnish Air Forces (FINAF) take care of the ground services and the airplane maintenance. The personnel work all around the year in demanding weather conditions in temperatures ranging from -40 to $+40^{\circ}\text{C}$, wind between 0 and 30 m/s , in sun shine and in rain and snow. Working clothes must adapt to many environments and make efficient working possible.

In the thesis the current protective clothing was charted. The equipment technical requirements were updated, and commercially available materials were reviewed. In conjunction also a risk assessment was made. Technical specifications needed for tendering were prepared.

Finnish Air Force consists of three wings, three schools and a Materiel command. Among its other functions the Materiel command (FINAFMC) purchases the aviation personnel protective and working clothes

A set of technical requirements govern aviation personnel protective clothing. For example protective clothing must be fire-retardant, antistatic and anticlutching. The currently used protective equipment and clothing are presented in the thesis. Some of the comments and development ideas collected in the interviews are also presented in the thesis.

According to the collected feedback, the present clothing is working quite well. The most problematic items were shoes and gloves. From the safety's point of view the most problematic things were fabric melting close to hot surfaces, electric charging and the lack of safety shoes.

SAMMANDRAG

TAMPERE TEKNISKA UNIVERSITET

diplomingenjör i fiber- och textilteknik

ULLA SUNELA: Utveckling av flygteknikpersonalens säkerhetutrustning och uppdatering av materialet

diplomingenjör examensarbete, 89 sidor, bilaga 13 sidor

Februari 2012

Huvudämne: Fiber- och textilteknik

Instruktörer: professor Heikki Mattila, TTY och ingenjör Jaana Pihlaja, ILMAVMATLE

Inspektör: professor Heikki Mattila

Nyckelord: antistatisk, brandsäkert, arbetskläder, arbeta i het och kalt omgivning

Flygteknikpersonalen sköter alla flygvapnets landaktiviteter och flygplanens underhåll. Personalen arbetar året runt i ostadigt väder i temperaturer från -40 till $+40^{\circ}\text{C}$ i vind mellan 0 och 30 m/s , solsken, regn och snöfall. Arbetskläder måste anpassas till många miljöer och göra effektivt arbet möjlig.

I examensarbetet kartläggs flygteknikpersonalens nuvarande skyddskläder. De tekniska kraven uppgraderades och kommersiella material jämfördes. En riskanalys var upplagd. Tekniska specifikationer för anbudsgivning utarbetades.

Det Finska Flygvapnet består av tre flottiljer, tre skolor och ett Materielverk. Jämsides med andra aktiviteter upphandlar Materielverket flygteknikpersonalens skydds- och arbetskläder.

Tekniska krav till flygteknikpersonalens arbetskläder var givna. Kläderna måste vara brandsäkna, antistatiska och klibbfria. Den nuvarande utrustningen presenteras i examensarbetet.

Responserna på de presenterade kläderna har varit bra. Mest utmanande stycket var skor och handskar. Från riskanalysen var det mest utmanande stycket smältande kläder, statisk elektricitet och frånvaron av skyddskon.

ALKUSANAT

Esitän suuret kiitokseni työni tarkastajalle professori Heikki Mattilalle (TTY) ja ohjaajalle Jaana Pihlajalle (ILMAVMATLE) hyvästä ohjauksesta, kannustuksesta sekä rakentavista korjaus- ja parannusehdotuksista. Kiitän erityisesti Aila Hannua (ILMAVMATLE) kaikesta diplomityöhöni liittyvästä tiedosta ja palautteesta sekä mielenkiintoisista matkoista joukko-osastoihin. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työni edistymistä auttaneita varustevaraston työntekijöitä sekä lentokone- ja helikopterimekaanikkoja, jotka uhrasivat aikaansa minulle vierailuilla joukko-osastoissa. Kiitän vielä Ilmavoimien Materiaalilaitosta erittäin mielenkiintoisesta diplomityön aiheesta sekä mielenkiintoisista ja unohtumattomista hetkistä työni aikana sekä Utin jääkärirykmennille järjestetystä vesipelastusharjoituksesta.

Lisäksi kiitän vielä miestäni ja perhettäni saamastani ehtymättömästä tuesta, avusta, pitkistä hermoista ja rohkaisusta kaikkien opintojeni aikana sekä diplomityötä tehdessäni.

Tampereella 17.2.2012

Ulla Sunela

SISÄLLYS

1. Johdanto	1
1.1 Lentoteknillisen maapalveluhenkilöstön työtehtävät	2
1.2 Muiden maiden lentoteknillisen henkilöstön varustus	4
1.3 Ilmavoimien Materiaalilaitos	5
1.4 Erilaiset joukko-osastot ja ympäristöolosuhteet	5
1.5 Varusteiden kehittäminen	9
2. Vaatimukset	11
2.1 Kylmässä työskentely	16
2.2 Kuumassa työskentely	27
2.3 Antistaattisuus	30
2.4 Kemikaalit	34
2.5 Palonkesto	35
2.6 Kosteus	40
2.7 Melu ja värinä	42
2.8 Näkyvyys	43
2.9 Muut vaatimukset	44
3. Riskienkartoitus	47
3.1 Aikaisemmin tehty turvallisuusanalyysi	50
3.2 Yksinkertainen riskienkartoitus	51
3.3 Riskienkartoituksen tulokset	53
4. Uusien materiaalien kartoitus	58
4.1 Nykyisin käytössä olevat materiaalit	58
4.2 Uusia materiaaleja	58
4.3 Muita mielenkiintoisia materiaaleja	60
5. Lentoteknillisen henkilöstön suojavarusteet	62
5.1 Alushousut	63
5.2 Alusasu	64
5.3 T-paita	64
5.4 Housut	64
5.5 Väliasu	66
5.6 Haalarit	66
5.7 Välikausitakki	66
5.8 Lämpöpuku	67
5.9 Sadeasu	68
5.10 Lippalakki	69
5.11 Pipo ja kauluri	69
5.12 Sukat	69

5.13 Turvaliivi	70
5.14 Kemikaalinsuojapuku	70
5.15 Käsineet	71
5.16 Jalkineet	72
5.17 Pohjalliset	74
5.18 Kuulosuojaimet	74
5.19 Suojakypärä	75
5.20 Otsavalaisin	76
5.21 Muita huomioita ja parannusehdotuksia	76
6. Hankintoihin liitettävä tekninen spesifikaatio	80
7. Yhteenveto ja johtopäätökset	83
Lähteet	86
A.Spesifikaatiot	90

LYHENTEET JA MERKINNÄT

clo	Vaatetuksen lämmöneristävyyden yksikkö, joka kertoo vaatekonaisuuden kyvyn estää lämmön siirtyminen ihmisestä ympäristöön [$\text{clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{w}$]
EMI	elektromagneettinen häiriö (Electromagnetic interference)
ESD	Staattisen sähkön purkautuminen, sähköä johtava (Electro Static Discharge)
FOD-vaara	Irtonaisten vierasesineiden vaara, joka voi lentäessä erittäin suurilla nopeuksilla aiheuttaa lento-onnettomuuden (Foreign Object Damage)
HSE	Englantilainen turvallisuus- ja terveysalan viranomainen (Health and Safety Executive)
LOI	Happi-indeksi, LOI-arvo (Limiting Oxygen Index) ilmoittaa tarvittavan happipitoisuuden happi–typpiseoksessa, joka tarvitaan aineen tasaiseen palamiseen
PBI	Polybentsimidatsoli
PCM	Faasimuutosmateriaalit (Phase Change Materials), materiaalin olomuoto muuttuu lämpötilan mukaan.
PTFE	Polytetrafluorieteeni, kaupallisesti tunnettu Teflonina
PVDF	polyvinyyliidieenifluoridi
SMM	Muotonsa muistavat materiaalit (Shape Memory Materials), materiaali muuttaa muotoaan ulkoisen stimulantin vaikutuksesta.
WCI	Viimaindeksi (Wind Chill Index) kertoo paljaan ihon jäähtymis- ja paleltumisriskin ilman lämpötilan ja tuulennopeuden yhteisvaikutuksena.

1. JOHDANTO

Työn tavoitteena on kartoittaa Suomen Ilmavoimien lentoteknillisen henkilöstön suojaruustuksen nykyistä tilannetta haastatteluilla, vaatimusten päivittämisellä ja riskien kartoituksella ja sitä kautta löytää kehittämiskohteita. Lisäksi kartoitetaan käyttöön soveltuvia kaupallisesti saatavia materiaaliveikkoja ja niiden soveltuvuutta lentokoneuuskentelyyn. Tuotteista laaditaan tarkat, hankintaa helpottavat spesifikaatiot, joita tarvitaan tuotteiden kilpailutuksessa. Työssä tarkastellaan myös erityisvarusteiden tarvetta työpisteissä. Ilmavoimien alaisuudessa, Materiaalilaitoksen lisäksi, on kolme lennostoa ja kolme koulua. Lennostoihin kuuluvat Lapin lennosto Rovaniemellä, Satakunnan lennosto Pirkkalassa ja Karjalan lennosto Toivalassa. Lentotoimintaa on lisäksi Maavoimien helikopteritoiminta Utin jääkäriyrykmentissä.

Työvaatteen kehitystyö vaatii aikaa ja monipuolista selvitystyötä. On hyvin tärkeää kartoittaa työvaatteelle asetettavat tarpeet ja ominaisuudet, kuten suojaavuus ja toiminnalliset tavoitteet. Kun vaatteelta vaadittavat ominaisuudet on saatu selvitettyä voidaan siirtyä materiaaliveikkoihin ja mahdollisiin mallimuutoksiin. Materiaaleilla voidaan vaikuttaa muun muassa vaatteen kestävyys, suojaavuuteen ja toimivuuteen. Vaatteen malli vaikuttaa sen toimivuuteen käyttötarkoituksessaan.

Laadukas vaate on asiakkaan odotusten mukainen, virheetön ja kerralla tehty tuote. Laadukas tuotesuunnittelu vastaa käyttötarkoitustaan. Tuotespesifikaatioilla voidaan vaatteen valmistajan kanssa sopia yhteiset tavoitteet valmiille vaatteelle, jolloin vaatteen laadun toteaminen helpottuu. Standardien käyttö on yksi tapa helpottaa laadun arvioimista. Vaatteen laatuun vaikuttavat työntekijän lisäksi toimitusaika ja reklamaatioihin suhtautuminen.

Oikean vaatetuksen avulla voidaan lämpötasapainoa ylläpitää hyvin erilaisissa ympäristöolosuhteissa. Vaatetuksen tehtävänä on estää kehon jäähtyminen, sillä vaatetus ja siihen sitoutunut ilma toimii hyvänä lämmöneristeenä ja sen myötä ylläpitää toimintakykyä. Vaatetuksesta saadaan monipuolinen ja helposti muokattava kerros-pukeutumisella. Kesällä vaatetuksen tehtävänä on peittää ja suojata polttavalta auringolta.

Lentokone- ja helikopterimekaanikkojen varustusta on kehitetty edellisen kerran noin 15 vuotta sitten. Kehitystyö aloitettiin vuonna 1996 perustamalla työryhmä keräämään tietoja ja vaatimuksia käyttäjiltä kaikista lennostoista. Työryhmä toimi vuosina 1996–1999. Tilanne päivitettiin vielä vuonna 2004, jolloin paranneltiin

joitain materiaaleja ja malleja. Ennen vuotta 1996 on varustukseen kuulunut vain muutama tuote. Työryhmässä asetettiin vaatimuksia varusteille ja yksittäisille asusteille. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Varusteiden tulee mahdollistaa turvallinen lentokone- ja helikopterityöskentely. Vaatetuksesta on poistettu mahdollisesti käytössä irtoavat osat, kuten nepparit, soljet ja niitit, jotka voisivat tarttuessaan tai pudotessaan koneen ohjaamoon aiheuttaa vaaratilanteita. Varusteiden tulisi mahdollistaa kohtuullinen suoja kuumuutta, kylmyyttä ja kosteutta vastaan. Varusteet on voitava pestä ja huoltaa Ilmavoimien huoltojärjestelmässä. Varusteiden tulisi myös täyttää soveltuvin osin sotilasvarusteista annetut ohjeet, määräykset sekä kohtuulliset käyttömukavuusvaatimukset ja soveltua kansainväliseen toimintaan. Työryhmä asetti suojavälineiden vaatimukseksi, että työskentely olisi mahdollisimman turvallista kaikissa lentokoneen toimintaympäristöissä. Lisäksi varusteiden tulee täyttää työturvallisuuden asettamat vaatimukset: ne eivät saa muodostaa staattisia varauksia ja niiden pitää taata turvallinen työskentely erittäin meluisissa olosuhteissa. (Lentotekniikkalaitos 1997)

1.1 Lentoteknillisen maapalveluhenkilöstön työtehtävät

Lentoteknillisen maapalveluhenkilöstön työtehtävät ovat hyvin erilaisia, eikä niille voida asettaa kovin hyvin kattavaa määritelmää. Erilaisia työtehtäviä ja -pisteitä on lähes yhtä monta kuin työntekijöitäkin. Tässä luvussa on esitelty yleisimpiä työtehtäviä ja työnkuvia, jotta saataisiin käsitys lentokone- ja helikopterimekaanikkojen työtehtävistä ja niiden aiheuttamista vaatimuksista vaatetukselle ja varustukselle.

Ilmavoimien lentokaluston rungon muodostavat Hornet-hävittäjät ja Hawk-suihkukuharjoituskoneet. Ilmavoimien kuljetuskalustoon kuuluu Casa- ja Fokker-kuljetuskoneet. Yhteyskoneina käytetään Pilatuksia ja Redigoja. Lentokoulutus aloitetaan Vinka-alkeiskoulukoneilla. Lisäksi Ilmavoimien keskeistä kalustoa ovat erilaiset valvontatutkat sekä koulutustarkoituksiin käytettävät simulaattorit. Siirryttäessä vaativampiin koneisiin nousee myös koneen varusteille asettamien vaatimusten määrä. Maavoimien käytössä on HH- ja NH90-helikoptereita. Lentotoiminta aloitetaan pienemmillä HH-helikoptereilla ja jatketaan isompiin NH90-kuljetushelikoptereihin. Lentoteknillinen henkilöstö erikoistuu tiettyihin konetyyppeihin, joiden parissa työskennellään. (*Suomen Puolustusvoimat* 2011)

Lentoteknilliseen maapalveluhenkilöstöön kuuluvat ilma-aluksen lento- ja tehtäväkelpoisuudesta, varustelusta, huollosta ja muusta kunnossapidosta vastaavat henkilöt. Ryhmään kuuluvat niin ilmavoimien palkatut sotilashenkilöt, siviilityöntekijät, varusmiehet kuin reserviläisetkin sekä maavoimien helikopterimekaanikot. Lentokoneiden teknisen kunnan tarkastus, ja sitä koskevien päätösten tekeminen edellyttää konetyyppikohtaista kelpuutusta. Lentoteknillinen henkilöstö vastaa siitä, että määrätty työtehtävät suoritetaan voimassaolevien ohjeiden mukaan. (Ilmavoimat 2005)

Apumekaanikko on varusmies, joka saa varusmiesaikanaan peruskoulutuksen lentotekniikkaan sekä konekohtaisen tyyppikoulutuksen kalustolle. Apumekaanikko suorittaa tehtäviään esimiestensä valvonnassa. Lentopalveluksessa apumekaanikon esimies on koneen vastaava mekaanikko ja käyttöryhmänsä vastaava johtaja. Lentokone- ja helikopterimekaanikko on palkattu sotilas tai siviilihenkilö, joka kykenee itsenäisesti suoriutumaan lentokoneen käyttöhuollon toimenpiteistä. Lentokonemekaanikko kuittaa tekemänsä käyttöhuollon toimenpiteet koneen lokikirjaan ja vastaa siitä, että on suorittanut toimenpiteet voimassaolevia ohjeita ja varomääräyksiä noudattaen. Lentokonemekaanikon esimies on käyttöryhmän vastaava johtaja tai koneen vastaava mekaanikko. Vastaava mekaanikko on lentotehtävään nimetyn koneen käyttöhuollosta vastaava, jonka alaisuudessa ja valvonnassa ovat kaikki koneella työskentelevät mekaanikot. Koneelle määrätty vastaava mekaanikko valvoo kaikki tehtävät toimenpiteet ja vastaa niiden tekemisestä ja kirjaamisesta. Matkamekaanikko on koulutettu lentokonemekaanikko, joka on määrätty hoitamaan mekaanikon tehtäviä kotitukikohdan ulkopuolella tapahtuvassa lentopalveluksessa. Matkamekaanikko ei osallistu lennon aikana ilma-aluksen ohjaamotyöskentelyyn. (Ilmavoimat 2005)

Lentomekaanikko on koulutettu lentokonemekaanikko, joka on määrätty ilma-aluksen miehistöön kuuluvana hoitamaan lentomekaanikon tehtävää. Käyttöryhmän vastaavan johtajan tehtäviin kuuluu varmistaa, voidaanko koneyksilö ottaa lentopalvelukseen ja luovuttaa palveluskelpoiset koneet lentopalvelukseen. Käyttöryhmän johtaja määrää lentäville koneille vastuulliset mekaanikot ja apumekaanikot. Käyttöryhmänjohtajan tehtäviin kuuluu myös huolehtia siitä, että koneille suoritetaan huollot määrättyinä aikoina. Käyttöryhmänjohtaja järjestää lentoteknillisen huollon ja -materiaalin tukikohdan ulkopuolella tapahtuviin operaatioihin. Konetarkastaja toimii laivueen teknillisenä asiantuntijana ja vastaa toimialateitse laivueen lentoteknillisestä huollosta. Lentoteknillinen asiantuntija valvoo, että lentoteknilliset työt tehdään laatujärjestelmän ja konetyyppikohtaisten ohjeiden ja määräysten mukaisesti. Lentoteknillinen asiantuntija tarkastaa lentokoneeseen tehtyt normaalisti käyttöhuollosta poikkeavat työt tai toimii järjestelmä- tai laiteasiantuntijana. Lentoteknillinen asiantuntija ei yleensä kuulu työn suorittaneeseen yksikköön. (Ilmavoimat 2005)

Samaa varustusta käyttää myös lentopalvelusta tukeva henkilöstö, joihin voi kuulua kantahenkilöstöön kuuluva, siviilityöntekijä, varusmies tai reserviläinen. Lentopalvelusta tukevaan henkilöstöön voidaan lukea polttoainenjakaaja, polttoaine- ja kemikaalivarastonhoitaja sekä kalustomies. Polttoainenjakaaja on polttoaine-erikoiskoulutuksen saanut henkilö, joka kykenee itsenäisesti polttoaineen jakeluun, laaduntarkkailuun sekä kaluston käyttöhuollon piiriin kuuluvien korjausten ja huoltojen valvottuun suorittamiseen. Polttoainevarastonhoitaja vastaa lentopolttoaineen varastoinnista ja varastoinnin laadunvalvonnasta. Varastointi ja varastonhoito on

luvanvaraista toimintaa ja edellyttävät asianmukaista kelpoisuutta henkilöstölle ja lupia varastolle. Kalustomiehen työtehtäviin kuuluvat kaluston käyttö- ja määräämiskaishuollon piiriin kuuluvat huollot, korjaukset ja kalibroinnit. (Ilmavoimat 2005)

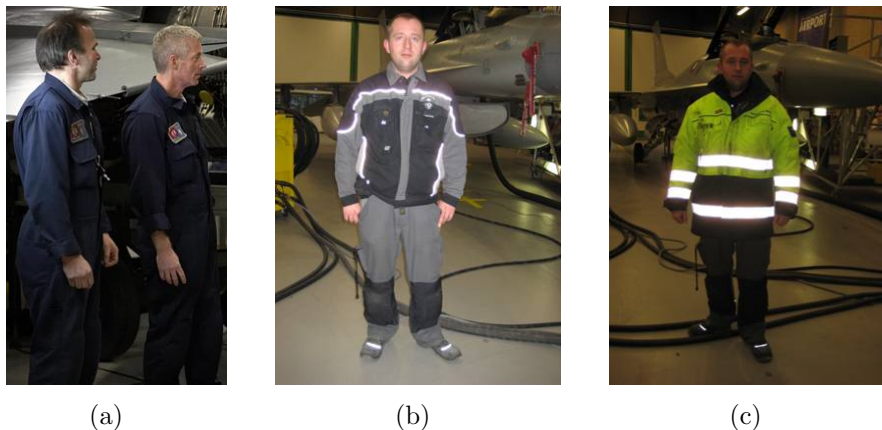
1.2 Muiden maiden lentoteknillisen henkilöstön varustus

Muiden maiden ilmavoimien Internet-sivuilta löytyneistä lomakkeista ja sähköpostiosoitteista tiedusteltiin heidän varustuksensa vaatimuksia ja käytössä olevia materiaaleja. Tiedusteluja lähetettiin Alankomaihin, Australiaan, Belgiaan, Hollantiin, Iso-Britanniaan, Italiaan, Itävaltaan, Kanadaan, Norjaan, Ranskaan, Ruotsiin, Saksaan, Sveitsiin, Tanskaan, Viroon ja Yhdysvaltoihin.

Alankomaista ei vastattu kiireisiin vedoten. Vastaamatta jättäneitä maita oli valittavan paljon, sillä mitään vastausta ei kuulunut Austaliasta, Belgiasta, Hollannista, Iso-Britanniasta, Italiasta, Itävallasta, Norjasta, Ranskasta, Ruotsista, Saksasta, Virossa eikä Yhdysvalloista.

Kanadassa (the Royal Canadian Air Force) on käytössä puuvilla–polyesterihaalari, jonka materiaalin neliöpaino on 250 g/m^2 . Varustuksessa ei saa olla irtoavia osia (FOD-vaara, Foreign Object Damage), jotka muodostavat suurissa nopeuksissa lento-onnettomuuden vaaraa. (Godbille 2011)

Sveitsin ilmavoimissa (Schweizer Luftwaffe, Swiss Air Force) mekaanikot käyttävät puuvilla–polyesterihaalaria, jossa ei ole erikoisominaisuuksia. Haalarista on kuitenkin kielletty kaikenlaiset metalliosat, eli siinä ei ole painonappeja, vetoketjua tai vyön metalliosia. Viestin perusteella mekaniikoilla on käytössään turvakengät, joihin on kehitetty erikoispohja, joka ei jätä jälkiä lentokoneiden siipiin. (Stier 2011)



Kuva 1.1: Tanskassa käytössä olevia lentokonemekaanikkojen varusteita (Stokholm 2011)

Tanskassa (Flyvevåbnet, The Royal Danish Air Force) lentokonemekaanikoilla on käytössä useita erilaisia työasuja. Harjoituksissa mekaniikoilla on käytössään maastopuku. Työtehtävissä on käytössä kaksi vaatekokonaisuutta huollettavan lentokonekannan mukaan. Mekaanikon asu on antistaattinen, huonosti palava, mutta

ei täysin palamaton. Käytössä oleva takki on standardin mukaisesti luokan 3 hyvin näkyvä. FOD-vaara huomioidaan käyttämällä lähinnä tarranauhoja. Varusteet on esitetty kuvassa 1.1. Kuvan 1.1 a- ja b-kohdassa olevat vaatteet ovat 65 % polyesteriä ja 35 % puuvillaa. C-kohdan takki on 100 % polyesteriä. (Stokholm 2011)

1.3 Ilmavoimien Materiaalilaitos

Ilmavoimien materiaalihankintoja hoitaa Ilmavoimien Materiaalilaitos (ILMAVMATL), joka on perustettu 1.1.2010 organisaatiomuutoksen yhteydessä. Materiaalilaitos on Ilmavoimien komentajan alainen joukko-osasto. Materiaalilaitoksen vastuulla on ilmapuolustuksen valvonta ja johtaminen, lennonvarmistus sekä sotilasilmailun materiaalit ja niiden kunnossapidon järjestelyjen johtaminen aina hankintavaiheesta materiaalin käytöstä poistamiseen ja jälkikäsittelyn loppuun asti. Materiaalien elinjakso sisältää tutkimusta, tuotekehitystä, hankintaa, koelentotoimintaa, varastointia ja materiaalipalveluja. Ilmavoimien Materiaalilaitos hankkii pääosin tutkimus-, tuotekehitys- ja valmistustyön koti- ja ulkomaisilta yhteistyökumppaneiltaan. (*Suomen Puolustusvoimat* 2011)

Materiaalilaitoksella on yhteensä noin 560 työntekijää, joista noin kolmasosa on sotilaita. Ilmavoimien Materiaalilaitos toimii Tikkakosken alueella Jyväskylässä, Jämsän Hallissa, Tampereen Vuoreksessa, Nokian Linnavuorella sekä Uuraisilla. Materiaalilaitoksen hankinta- ja toimintamenot ovat vuosittain yli 500 miljoonaa euroa. Ilmavoimien Materiaalilaitos hankkii tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmiä, lennonvarmistusjärjestelmiä, tiedonsiirtojärjestelmiä, lentokoneita, helikoptereita, miehittämättömiä ilma-aluksia ja maalilennokkikalustoa sekä niiden kunnossapidossa tarvittavia työvälineitä, testauslaitteita, vaihtolaitteita, varaosia ja ohjekirjoja. Laitos myös suunnittelee ja toteuttaa järjestelmien elinjakson aikaiset päivitykset. (*Suomen Puolustusvoimat* 2011)

Materiaalilaitoksen osana toimii Ilmavoimien Koelentokeskus, joka vastaa puolustusvoimien koelentotoiminnasta ja varusteiden testaamisesta. Ilmavoimien Materiaalilaitos johtaa vastuullaan olevan materiaalin keskuskorjaamotason huoltotoimintaa ja tukee puolustusvoimien joukko-osastojen käytössä olevan kaluston joukko-osastojen toteuttamaa käyttöhuoltoa ja vikakorjausta. Laitos ostaa pääosan keskuskorjaamotason huolloista ja korjauksista kotimaiselta teollisuudelta. Ilmavoimien Materiaalilaitoksen tilaukset kotimaisille strategisille kumppaneille työllistävät noin 700 henkilöä. (*Suomen Puolustusvoimat* 2011)

1.4 Erilaiset joukko-osastot ja ympäristöolosuhteet

Ilmavoimat kouluttaa vuosittain noin 1 500 varusmiestä, joista noin 450 saa erikoiskoulutuksen lentokoneen ohjaajaksi, johtamisjärjestelmäläälle tai lentotekniselle

alalle. Ilmavoimien alaisuudessa on Materiaalilaitoksen lisäksi kolme lennostoa ja kolme koulua. Lennostot ovat Lapin lennosto Rovaniemellä, Satakunnan lennosto Pirkkalassa ja Karjalan lennosto Toivalassa. Lapin lennoston vastuualueena on Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Lapin maakunnat. Satakunnan lennoston vastuualueena on Lounais-Suomi. Karjalan lennoston vastuualue on itäinen Suomi. Lisäksi Utin jääkäriyrykmentissä on helikoptereiden lentotoimintaa. Lennostot valvovat, vartioivat ja turvaavat alueellisen ilmatilan koskemattomuutta 24 tuntia vuorokaudessa vuoden jokaisena päivänä. Lisäksi lennostot järjestävät Hornet-lentokoulutusta ja kouluttavat varusmiehiä, reserviläisiä ja kantahenkilöstöä rauhan ja sodanajan tehtäviin sekä osallistuvat etsintä- ja pelastuspalveluun yhdessä muiden viranomaisten kanssa. (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)

Utin jääkäriyrykmentin helikopteripataljoona toimii Maavoimien alaisuudessa, mutta Ilmavoimien materiaalilaitos hoitaa kaikkia sen lentotoimintaan kuuluvia toimintoja. Utin jääkäriyrykmenttiin on keskitetty Suomen helikopteritoiminta. Toiminta-alueeseen kuuluu koko Suomi. Utin jääkäriyrykmentin helikopteripataljoonan tehtäviin kuuluvat lentävän henkilöstön koulutus, lentovalmiuden ylläpito, Suomen sotilaallinen puolustus, muiden viranomaisten tukeminen ja osallistuminen kansainväliseen sotilaalliseen kriisinhallintaan. (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)

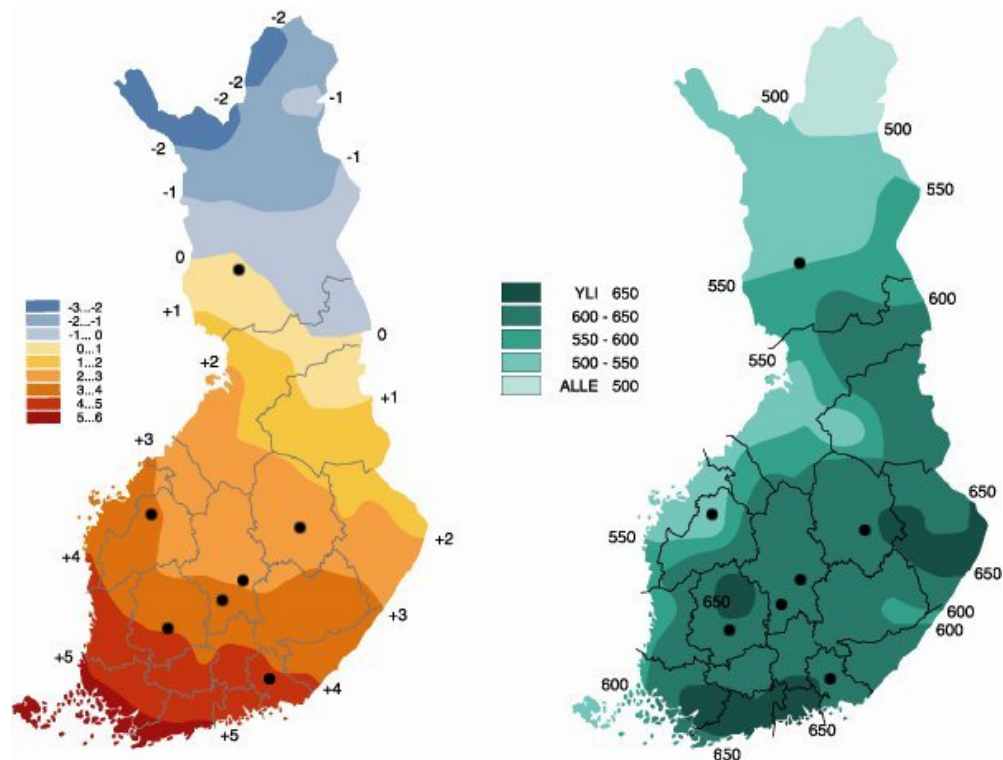
Ilmavoimien koulutusta järjestetään Ilmasotakoululla Tikkakoskella, Lentosotakoululla Kauhavalla ja Ilmavoimien Teknillisellä koululla Jämsässä. Ilmasotakoulu on Ilmavoimien puolustushaarakoulu, jonka vastuulla on Ilmavoimien ja ilmatorjunnan johtamisjärjestelmien, elektronisen sodankäynnin, ilmapuolustushenkilöstön ja Ilmavoimien eri kalustojärjestelmien koulutus varusmiehille ja kantahenkilöstölle. Ilmasotakoulu vastaa myös Ilmavoimien ja Rajavartiolaitoksen sekä maavoimien ohjaajien alkeiskoulutuksesta Vinka-kalustolla, lennonopettajakoulutuksesta sekä Tukilentolaivueen palvelulentotoiminnasta. Ilmasotakoulu kouluttaa varusmiehiä ja reserviläisiä koulutustavoitteiden ja joukkotuotantotehtävien mukaisesti. Ilmasotakoulun vastuulla on valtakunnallisten ilmapuolustusharjoitusten suunnittelu ja koordinointi. Ilmasotakoululla koulutetaan lentäjiä ja annetaan johtamisjärjestelmälän koulutusta varusmiehestä upseeriin, Vinka-peruslentokoulutusta, elektronisen sodankäynnin koulutusta, ilmatorjuntakoulutusta ja sotilaskuljettajakoulutusta. (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)

Lentosotakoulun päätehtävänä on sotilaslentäjien jatkolentokoulutus. Lentokoulutus alkaa varusmieslentokurssilla Ilmasotakoulussa. Varusmieskoulutuksen jälkeen oppilailla on mahdollisuus hakea kadettikurssille, jonka Hawk-lentokoulutuksen Lentosotakoulu järjestää. Kadettikurssin jälkeen oppilas on valmis sotilaslentäjän ammattiin. Lentosotakoulu antaa kadeteille ja lentoupseereille jatko- ja taktista lentokoulutusta Hawk-suihkuharjoituskoneella. Lentokoulutuksen lisäksi Lentosotakoulu kouluttaa kutsuntojen kautta tulleita varusmiehiä. Koulutuskeskuksessa koulute-

taan kutsuntojen perusteella palvelukseen määrättyjä varusmiehiä lentotukikohdan sodanajan tarpeisiin. Koulutuksen tavoitteena on tuottaa vartio- ja sotilaspoliisijoukkueita sekä jatkokouluttaa apumekaanikkoja ensimmäisen luokan lentotukikohdan reserviin. (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)

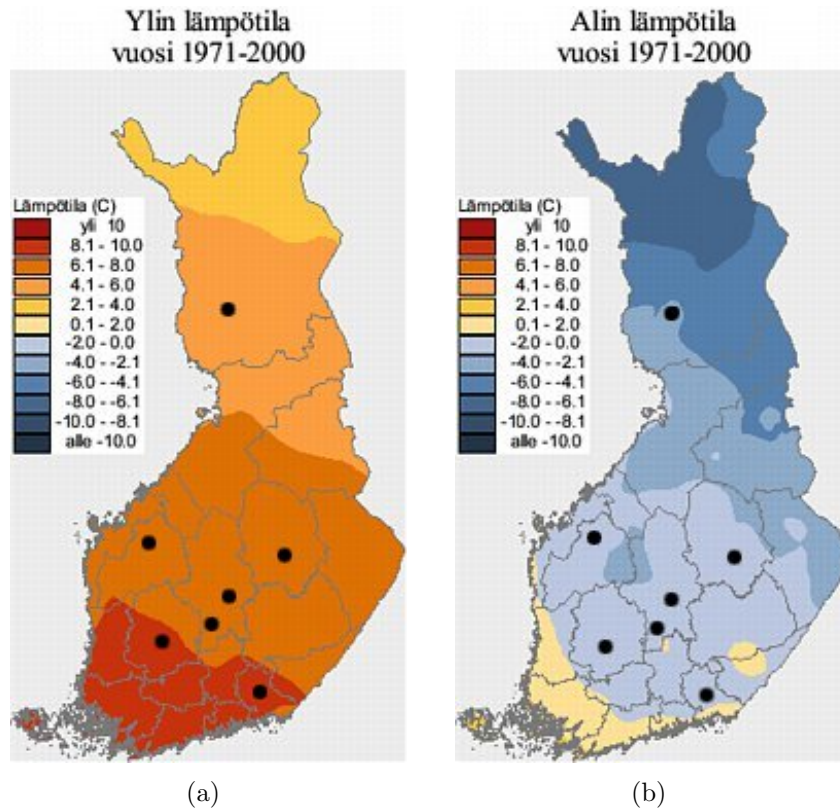
Ilmavoimien Teknillisellä koululla annetaan lentoteknillistä koulutusta ilma- ja maavoimien sekä rajavartiolaitoksen henkilökunnalle että varusmiehille. Ilmavoimien Teknillinen koulu on oppilasmäärältään Suomen suurin ilmailualan oppilaitos. Oppilaspäiviä vuodessa kertyy noin seitsemäntoistatuhatta. Vuosittain asevelvollisuutensa Hallissa suorittaa lähes 400 varusmiestä. Koulu ylläpitää Hallin tukikohdan valmiutta toimia sekä rauhan että sodan ajan lentotukikohtana. Teknillinen koulu kouluttaa henkilöstöä varusmiehestä upseeriin. (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)

Maavoimien käytössä olevat helikopterit ovat HH-mallin pienempi koulutushelikopteri ja NH90-kaluston isompikokoinen kuljetushelikopteri. NH90-kalusto on vasta käyttöönotettu, ensisijaisesti sotilaskäyttöön suunniteltu joka sään kuljetuskopteri. Vuoden 2011 alkupuolelta lähtien NH90-kalusto on vastannut suurelta osin virkaapulennoista mm. pelastus- ja etsintäkäytössä Suomen lääkärihelikoptereiden sijaan. (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)



Kuva 1.2: Suomen keskimääräinen lämpötila ja sademäärä (*Suomen nykyilmastoa kuvaavat lämpötilan, sateen ja lumensyvyyden keskiarvot 2011*)

Lentoteknillisellä henkilöstöllä on koko Ilmavoimissa sama varustus, ja toimipisteiden sijoittuessa ympäri Suomea, tulee varustuksessa huomioida hyvin erilaiset



Kuva 1.3: (a) Keskimääräinen ylin ja (b) alin lämpötila (*Suomen nykyilmastoa kuvaavat lämpötilan, sateen ja lumensyvyiden keskiarvot 2011*)

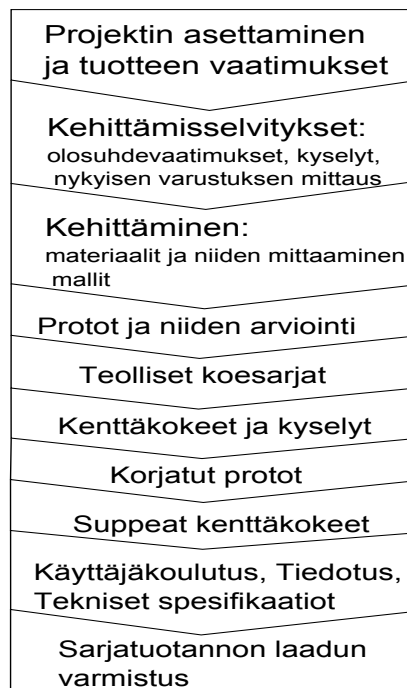
sääolosuhteet. Ilmatieteenlaitoksen laatimien säätilastojen mukaan eteläisessä Suomessa sataa enemmän kuin pohjoisessa ja lämpötilat ovat korkeampia etelässä kuin pohjoisessa. Rovaniemen korkeudella talvi on pidempi ja kylmempi kuin etelässä. Etelässä on enemmän ja pidempään kylmää loska-aikaa. Kuvissa 1.2 ja 1.3 on merkitty Ilmavoimien toimipisteitä Suomen karttapohjaan. Kuvissa on esitetty keskimääräiset lämpötilat ja sademäärät sekä keskimääräiset ylimmät ja alimmat lämpötilat. (*Suomen nykyilmastoa kuvaavat lämpötilan, sateen ja lumensyvyiden keskiarvot 2011*)

Maanlaajuiset vuoden keskiarvokartat perustuvat havaintoasemien mittausarvoista laskettuihin keskiarvoihin. Analyysimenetelmänä käytetään Kriging-menetelmää. Analyysissä käytetään tasoitusta 30 km tarkkuudella. Kriging-menetelmä ottaa huomioon maaston muodot, eli topografian, sekä rannikon ja vesistöjen vaikutuksen kyseessä olevaan suureeseen kussakin pisteessä. Analyysimenetelmästä johtuen havaintopaikkakohtaiset arvot voivat poiketa analyysin antamasta aluearvosta. (*Suomen nykyilmastoa kuvaavat lämpötilan, sateen ja lumensyvyiden keskiarvot 2011*)

1.5 Varusteiden kehittäminen

Sotilasvaatetuksen kehittäminen voidaan jakaa kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa vaatteet kehitetään ja valmistetaan. Toisessa vaiheessa vaatetus arvioidaan, mitataan ja käyttäjät koulutetaan. Vaatteita kehittämissä työryhmissä tulee olla suuri joukko asiantuntijoita: käyttäjiä, vaatteiden suunnittelijoita, materiaalin valmistajia ja tutkijoita. Projekti aloitetaan perustamalla työryhmä ja määrittelemällä sen toiminnalle aikataulu ja kehitettävälle vaatetukselle suoritusvaatimukset. (Anttonen & Vuori 1995)

Varustekokonaisuus saadaan parhaiten yhteensopivaksi, kun vaatteet kehitetään yhtä aikaa yhtenä kokonaisuutena. Vaatetuskokonaisuus voidaan muodostaa sipulimallilla, jossa vaatekerrokset puetaan päällekkäin. Kylmässä säässä kerroksia alkaa kuitenkin olla jo niin paljon päällekkäin, että liikkuvuus kärsii. Vaihtomallissa vaatte vaihdetaan aina olosuhteisiin sopivaksi. Tällöin varastonimikkeitä tulee useita ja varastointitilaa tarvitaan paljon. Binäärimallissa tuotteita yhdistellään riittävän eristävyyden saavuttamiseksi. (Goldman & Kampmann 2007)



Kuva 1.4: Vaatetusprojektin kulkukaavio (Anttonen & Vuori 1995)

Vaatetuksen kehitysprojektin kulkukaavio on esitetty kuvassa 1.4. Kehitys tapahtuu monessa vaiheessa, ja prototyyppejä olisi hyvä valmistaa useampia, jotta voidaan kokeilla tuotteen toimivuutta käytännössä. Lentoteknillisen henkilöstön varustuksesta on aikoinaan kehitetty monia koekappaleita. Nykyisessä tilanteessa tarkistetaan mallit, ja kankaiden vaihtuessa tulee tehdä uusia koekappaleita. Prosessin

tarkoituksena on varmistaa jo suunnitteluvaiheessa tuotteen asianmukaisuus, jotta turvallisuusriskit voidaan minimoida ja työ voidaan suorittaa varusteissa mahdollisimman pienin ponnistuksin. (Anttonen & Vuori 1995)

Vaatetusta voidaan arvioida standardien mukaisilla testeillä. Mitattavia vaatefysiologisia arvoja ovat lämmöneristävyys, vesihöyrynläpäisevyys ja ilmanläpäisevyys. Vaatefysiologisia arvoja mitataan usein tekoiholla tai hikoilevilla nukeilla. Testejä voidaan tehdä erilaisissa sääolosuhteissa säähuoneissa, joissa aikaansaadetaan tuulta, pakkasta ja hellettä. Lisäksi kankaista voidaan tarkastella muun muassa hankauksenkestoa, murtokuormitusta, liestyvyyttä, mittamuutoksia pesussa ja värien kestoa. Teknisillä testeillä arvioidaan vaatetuksen suojaavuutta ja toimivuutta käytössä. (Anttonen & Vuori 1995)

Vaatteiden toimivuutta arvioivat parhaiten niiden käyttäjät. Tietoa voidaan kerätä käyttäjiltä erilaisilla kyselyillä, joiden keskeinen tavoite on saada selville vaatetuksen sopivuus, parhaat mahdolliset mallit ja malleissa esiintyvät puutteet. Kysymykset tulisi muotoilla siten, että vastaaaja voi vastata kyllä tai ei. Yleensä kyllä-vastaus ilmentää koevastauksen hyviä ominaisuuksia. Rasti ruutuun -vastausten lisäksi olisi vastaajille hyvä antaa mahdollisuus tarkentaa arviotaan sanallisesti. Kysymykset olisi hyvä ryhmitellä koevaatetuksen ominaisuutta kuvaaviin luokkiin. Yli kahdenkymmenen kysymyksen esittämistä kaavakkeessa tulisi välttää motivaatio-ongelmien vuoksi. (Anttonen & Vuori 1995)

Kyselyitä laadittaessa tulisi käyttää selkeitä ja yksinkertaisia kysymyksiä. Valmis lomake olisi hyvä tarkistaa ennen laajempaa käyttöönottoa psykologilla, vaatetuksen asiantuntijalla tai sotilasasiantuntijalla. Kyselyissä tarkastellaan tuotteen teknistä puolta tiedustelemalla mallin istuvuudesta, hihan ja lahkeen pituudesta, taskujen paikasta ja määrästä, pukemisen ja riisumisen helppoudesta, kiinnikkeiden toimivuudesta, yhteensopivuudesta muuhun varustukseen ja materiaalin kestävydestä ja korjattavuudesta. Varustuksen fyysisistä ominaisuuksia selvittäessä kysytään mukavuudesta kylmässä, kuumassa, sähköistymisestä tai kastumisesta, tuotteen liikkeen mahdollistavuudesta ja varustuksen häiritsevyydestä. Kyselyn lopuksi olisi hyvä olla tilaa kommentteille, jotta käyttäjät voivat antaa parannusehdotuksia sekä muuta palautetta tuotteista. Kyselyyn vastanneilla tulee olla riittävästi kokemusta tuotteista, ja kokemusten tulisi olla tuoreessa muistissa. Kysymykset tulisi olla rajoitetuilla vastausvaihtoehdoilla (kyllä/ei tai erittäin hyvä/hyvä/neutraali/huono/erittäin huono) ja vapaasti muotoiltavissa. Muutamalla vastausvaihtoehdolla varustetuista kysymyksistä saadaan helpommin tilastoitua tietoa, ja vapaasta vastauksesta voidaan saada uusia näkökulmia tuotteisiin. (Goldman & Kampmann 2007)

2. VAATIMUKSET

Puolustusvoimissa, erityisesti Ilmavoimissa, asetetaan paljon vaatimuksia hankittaville vaatteille. Vaatteiden tulee olla kestäviä, pestäviä, kohtuullisen hintaisia ja mahdollisimman turvallisia. Mekaanikon varustukselle on asetettu lisävaatimuksia, joiden mukaan lentoteknillisen henkilöstön on pystyttävä työskentelemään turvallisesti kaikissa niissä olosuhteissa, joissa lentokoneilla toimitaan. Työtehtäviin kuuluvat kaikki lentokoneille niin normaalissa lentotoiminnassa kuin määräaikaishuolloissakin tehtävät toimenpiteet. Työskentely tapahtuu päätukikohdissa tai kenttäolosuhteissa varatukikohdissa. Työskentelyolosuhteet ovat vaihtelevat, sillä töitä tehdään ulkona kylmässä, tuulessa ja kuumassa sekä sisällä ja ovensuussa ($-40 - +40^{\circ}\text{C}$, tuuli $0 - 30 \text{ m/s}$, vesi-, lumi- ja räntäsade, auringon valo ja sen aiheuttama häikäisy). Lisäksi tuotteilta vaaditaan palonkestoa, antistaattisuutta ja tarttumattomuutta. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Työturvallisuuden kannalta lentokonehuoltotyössä on useita riskejä, kuten korkeat ja liukkaat pinnat, melu ja ahtaat työskentelyolosuhteet. Melutaso voi nousta jopa 145 dB:n tasolle esimerkiksi Hornettien koekäytöissä. Myös normaalissa lentokonetoiminnassa melu nousee tasolle, joka vaatii kuulosuojaimien käyttöä. Voimakas melu aiheuttaa koneen läheisyydessä ilmassan värähtelyä, joka koetaan tärinä. Tärinäsuojana työntekijät käyttävät meluvyötä, joka tukee sisäelimiä erittäin meluisissa olosuhteissa. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Osa varusteista on tarkoitettu henkilökohtaiseen käyttöön ja osa laivue- tai korjaamokohtaisiksi tuotteiksi. Lentoteknillisen henkilöstön suojavaatetukselle asetettuja vaatimuksia on monia, jolloin suunnittelussa joudutaan tekemään kompromisseja ja toteuttamaan tietyt vaatimukset muilla kuin vaatetusteknisillä ratkaisuilla. Varusteiden on toimittava normaalien työtehtävien lisäksi todellisessa sota- ja uhkatilanteissa. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Varustukselle asetettuja vaatimuksia:

- Vaate on vaikeasti syttyvä ja huonosti palava
- Vaatteen olisi hyvä olla sähköjohtava
- Kengissä ei voida käyttää liukkaudenestolaitteita lentokoneiden takia
- Työntekijöiden ulkonäkö tulee olla sotilaallinen

- Vaatteen on toimittava käyttötarkoituksessaan ja oltava mukava päällä
- Vaatteen tulee kestää käytössä
- Vaate tulee olla puhdistettavissa teollisesti
- Vaate tulee olla korjattavissa
- Kaikkien suojavaarusteiden tulee olla allergisoimattomia
- Vaatteiden tulee mahdollistaa laajat liikeradat
- Vaatteilla tulee olla riittävä kokovalikoima
- Vaatteiden tulee olla takertumattomia
- Vaatteet eivät saa aiheuttaa FOD-vaaraa lentokoneissa

Vaatteille asetetut vaatimukset voidaan jakaa käyttäjien, toimintaympäristön, huollon ja sotatalouden asettamiin vaatimuksiin. Käyttäjien asettamia vaatimuksia ovat käyttömukavuus, vaatetusfysiologiset ja psykologiset vaatimukset. Vaatteiden tulee olla kaavoitettu siten, että ne mahdollistavat laaja-alaiset vartalon liikkeet niin, ettei vaate esimerkiksi tartu kiinni hihan aukoista tai paljasta selkää. Vaatteiden tulee olla mitoitukseltaan riittävän väljiä, ja eri vaatekerrosten on oltava keskenään yhteensopivia. Vaatteiden yksityiskohtien tulee olla rakenteeltaan ja sijainniltaan sellaisia, että ne soveltuvat mahdollisimman moniin käyttötarkoituksiin. Vaatteiden tulee olla helppoja pukea ja riisua sekä mahdollisimman kevyitä, koska paino lisää aina energiankulutusta. (Anttonen & Vuori 1995)

Työasennot ja -liikkeet määräytyvät työn, työolojen ja ihmisten fyysisten ominaisuuksien mukaan. Ne tulee ottaa huomioon sekä vaatteita suunniteltaessa että niitä hankittaessa. Työliikkeiden laajuus vaikuttaa vaatteisiin kaavotettuihin liikkumavaroihin ja käytettyihin materiaaleihin. Käyttömukavuuteen vaikuttavat vaatteen malli, koko, taipuisuus, keveys, sekä pukemisen ja riisumisen helppous. Ollakseen toimiva työ- ja suojavaatteen tulee olla miellyttävä käyttää, oikean kokoinen, istuva, helposti puhdistettava, turvallisuutta edistävä ja työn haittoja lieventävä. (Mäkinen et al. 1996)

Oikean kokoinen vaate mahdollistaa helpon liikkumisen ja sallii tarvittavien työliikkeiden tekemisen. Vaatetus täydentää kuvaa työpaikasta ja on osa yrityskuvaa. Puolustusvoimissa on usein edustustehtäviä ulkomailla ja työvaatteet ovat vahvasti esillä. Työssä käytettävä päällysvaate on mitoitettava niin väljäksi, että sen alle mahtuu kylmänä vuodenaikana välivaatetus. On huolehdittava myös siitä, ettei suojavaatteessa ole sellaisia helmoja, hihoja, lenkkejä tai rannekkeita, jotka voivat takertua helposti teräviin reunoihin tai koneen liikkuviin osiin ja aiheuttaa siten

tapaturmavaaran. Pystykauluksella voidaan suojata tehokkaasti roiskeilta ja kipi-nöiltä, jos sellaisia esiintyy töissä. Vaate ei ole vastannut työliikkeiden vaatimuksia, jos siinä ilmenee usein repeämiä, kulumia tai saumojen liestymistä. (Mäkinen et al. 1996)

Suojavaatteen materiaalia valittaessa on huomioitava materiaalin rakenne. Kuidun ominaisuudet vaikuttavat materiaalin ominaisuuksiin. Kuidun ominaisuuksia ovat kuidun pituus, paksuus ja kiharuus sekä geometrinen rakenne ja muoto. Kuidusta tehdään lankaa, jolloin materiaaliin tulee lisää ominaisuuksia, kuten langan valmistustapa, kierre, kertaus, teksturointi, tasaisuus, paksuus ja eri kuitujen osuudet kuidussa. Lanka valmistetaan tekstiiliksi joko kutomalla tai neulomalla, jolloin tekstiilin ominaisuuksiin vaikuttavat sidos, tiheys, lankojen jännitys ja yhdistetyt rakenteet. Lisäksi tekstiilit usein viimeistetään sekä värjätään, jolloin käytetyt kemikaalit vaikuttavat materiaalin ominaisuuksiin. Materiaalien ominaisuudet periytyvät kuidusta, esimerkiksi kuitujen kemiallinen rakenne vaikuttaa materiaalin kemikaalien, lämmön, valon ja mikrobien kestävyys, syttyvyyteen, sähköistyvyys ja käyttäytymiseen kosteana. Kuidun fysikaalinen rakenne taas vaikuttaa erityisesti materiaalin lujuuteen ja tuntuun. Viimeistysaineilla pystytään vaikuttamaan moniin ominaisuuksiin. (Mäkinen et al. 1996)

Suojavaatteet on luokiteltu kolmeen ryhmään vaarojen vakavuuden mukaan. Nämä luokitukset ovat vähäisiltä vaaroilta suojaavat, vakavilta vaaroilta suojaavat ja muilta kuin edellisiltä vaaroilta suojaavat. Vähäisiltä vaaroilta suojaavia suojavaatteita ovat työkäsineet, laimeilta pesuaineilta suojaavat käsineet, kuumilta esineiltä suojaavat käsineet ja esiliinat, polvipohjasteet, sadetakit, kausivaatteet ja -jalkineet sekä vähäisiltä iskuilta suojaavat kevyet päähineet, käsineet ja jalkineet. Toisessa ryhmässä vaarat ovat vähäisen ja vakavan väliltä. Toiseen ryhmään kuuluvat suojavaatteet ovat esimerkiksi metsurin-, hitsaajan-, varoitus- ja moottoripyöräilijän suojavaatteet, paloturvallinen välivaatetus, pistosuojaus ja muut vastaavainlaisilta uhkilta suojaavat vaatteet. Vakavilta vaaroilta suojaavat suojavaatteet ovat kuumien työympäristöjen suojavaatteet, erittäin kylmien olosuhteiden suojavaatteet, sähköisten tilojen varusteet ja kemikaalisuojavarusteet. Suojavaatteista on löydettävä valmistajan tuotemerkki, tuotetyyppi, koko, EN-standardin numero, kuvatunnus suojausluokkineen, hoito-ohjemerkinä ja CE-merkki. (Mäkinen et al. 1996)

Suojavaatteille asetetaan erilaisia vaatimuksia. Yleisesti suojavaatteen on oltava suunniteltu ja valmistettu siten, että siinä voi työskennellä ergonomisesti ja sen suojaustaso on paras mahdollinen. Suojavaatetta suunniteltaessa on myös otettava huomioon vaatteen takertuminen liikkuviin osiin, räjähdysvaara, nopea puettavuus ja riisuttavuus hätätilanteessa, näkyvyys ja muut mahdolliset vaaratilanteet. Jotkut vaarat asettavat vielä erityisvaatimuksia. Suojavaatteiden tulee suojata esimerkiksi mekaanisilta iskuilta, puristukselta, hankauksilta, viilloilta, pistoilta, kuumuudelta

ja tulelta, kylmyydeltä, sähköiskuilta, säteilyltä, vaarallisilta aineilta tai tartunnan aiheuttajilta. Suojavaate ei saa aiheuttaa vaaraa tai muita haittoja sen ennakoitavissa käyttöoloissa. Suojavaatteiden mukana on saatava valmistajan laatima käyttöohje. Suojavaatteille voidaan asettaa myös muita vaatimuksia, jolloin suojavaate tarvitsee muitakin merkintöjä. Tietyissä tapauksissa vaatteessa voi olla esimerkiksi vanhenemis- ja valmistuspäivämäärämerkinnät. (Mäkinen et al. 1996)

Toimintaympäristöjen vaatimuksia ovat muunmuassa antistaattisuus, kemikaalien kesto, tarttumattomuus, irtoamattomat osat, kylmien pintojen käsittely ja toimivuus. Vaatteet varautuvat hankauksesta ihmisen liikkuaessa. Vaatteisiin kertynyt staattinen varaus saattaa aiheuttaa vaaratilanteita käsiteltäessä lentokoneen aseistusta, heittoistuinta tai poltto- ja voiteluaineita. Myös lentokone tai sen osat voivat varautua voimakkaasti, mikä on vaarallista työntekijöille. Vastaavasti vaatetuksen staattinen varaus voi aiheuttaa toimintavikoja joillekin lentokoneen osille. (Lentotekniikkalaitos 1997) Työympäristö ja vaatetuskokonaisuus yhdessä vaikuttavat varautumisherkkyyteen.

Työskenneltäessä kemikaalien kanssa on aina olemassa palo- tai syttymisvaara. Lentoteknillisen henkilöstön vaatetus tulisi valmistaa vaikeasti syttyivistä tai huonosti paloa ylläpitävistä materiaaleista, eikä alusvaatteissa saa käyttää helposti sulavia materiaaleja. Vaatetus on suunniteltu kerrospukeutumisperiaatteella, mikä vähentää mahdollisen palon aiheuttamia vammoja. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Lentotoiminnassa tulee välttää irtonaisia esineitä. Esimerkiksi auki olevia taskuja ja likaa keräävät kengänpohjat aiheuttavat irtonaisten esineiden vaaraa (FOD-vaara), ja pahimmassa tapauksessa ne voivat aiheuttaa jopa vakavan lento-onnettomuuden. Tämä huomioidaan käyttämällä kengissä roskaa kuljettamattomia kengänpohjakuvioita ja suunnittelemalla vetoketjuilla tai taskuläpällä suljettavat taskut kaikille lentokoneitoimintaan liittyville henkilöille. Lentokoneen ulokkeet aiheuttavat tartuntavaaran, kun suoritetaan huolto- tai tarkastustoimenpiteitä. Tartuntavaara minimoidaan suunnittelemalla vaatteiden yksityiskohdat tarkoin jättämällä ylimääräiset lenkit ja tarttumakohdat pois vaatteista. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Lentoteknillinen henkilöstö joutuu sietämään liukastumis- ja putoamisvaaraa, sillä lentokoneen pinnat ovat etenkin talvisaikaan erittäin liukkaita, eikä liukkauden eliminoimiseen voida käyttää liukkaudenestopinnoitteita tai liukkaudenestolaitteita kengissä. Lentoteknillinen henkilöstö joutuu käsittelemään kaikkia lentokoneissa ja helikopterissa käytettäviä nesteitä, kuten poltto- ja voiteluaineita, hydraulinesiteitä sekä erilaisia jäähdytysnesteitä. Tällöin käytettäviltä materiaaleilta vaaditaan näiden kemikaalien kestävyyttä. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Lentotoiminnassa koneet seisovat ulkona, jolloin koneen pintojen lämpötilat vastaavat ympäröivän ilman lämpötiloja, mutta moottoreiden käydessä tai järjestelmien ollessa muuten kytkettynä tietyt pinnat voivat kuumentua jopa useisiin satoi-

hin lämpöasteisiin. Lentokoneen huolto- ja tarkastustöissä joudutaan tarkkailemaan ahdinta, polttoainesäiliötä, turbiinia ja laskutelinetiloja, joissa työskentely on ahdasta ja vaarallista. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Sotatalouden asettamiin vaatimuksia on vaativat toimintaympäristöt, sotilaallinen ulkonäkö, varusteiden varastoitavuus ja kestävyys sekä soveltavuus mahdollisimman moniin olosuhteisiin. Sotilasilmailuun kuuluu olennaisesti lentokoneisiin sijoitettava aseistus ja aseistuksen käsittely erilaisissa olosuhteissa. Koneisiin kuuluvat heittoistuimet ja aseet sisältävät useita kiloja räjähdysaineita. Lentokoneen huolto-työ on useimmiten sellaista, että aloitettu työ on lentoturvallisuussyistä saatettava loppuun yhtäjaksoisena työsuorituksena. Muita erityisiä tekijöitä ovat poikkeukselliset ympäristöolosuhteet, sotilaalliset, ja huollolliset vaatimukset, käyttömukavuus sekä työsuoja- ja työturvallisuustekijät. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Sotilasvaateuksella on myös Geneven sopimuksen asettamia vaatimuksia. Sopimuksen mukaan sotilasvaatetuksesta on löydettävä arvomerkit ja kokardi ja varustuksen on oltava ulkonäöltään sotilaallinen. Varustukselta vaaditaan käyttömukavuutta, johon vaikuttaa tuotteiden toimivuus, materiaalien kestävyys, pestävyys, korjattavuus sekä allergeenittomuus. Vaatetuksen teknisiin yksityiskohtiin kuuluvat tarkoin sijoitetut suljettavat taskut ja että ylimääräiset lenkit on poistettu, sekä kuulosuojaimille suunniteltu säilytyslenkki etureiden kohdalla. Lisäksi kaikki vaatteet, joita voidaan käyttää päällimmäisenä, on varustettu nimi- ja arvomerkkilaatalla. (Lentotekniikkalaitos 1997)

Sotilasvaatetus altistuu voimakkaasti kuluttavalle käytölle. Käyttäjien asenteilla ja varusteiden käytettävällä on suuri merkitys varusteiden käyttökelpoisuuteen. Revenneet tai palaneet varusteet eivät suojaa sotilasta ehjän tavoin. Vaatetuskan- kaiden ja saumarakenteiden lujuus sekä kiinnittimien laatu ja kiinnitystapa on hyvä ajoittain tarkistaa. Kouluttajalla on keskeinen rooli sotilaiden opettamisessa varusteiden käyttöön ja huoltoon. Jokainen sotilas voi toiminnallaan vaikuttaa varustuksensa vaurioitumiseen tunnistamalla vaurioita mahdollisesti aiheuttavat tilanteet. (Rintamäki et al. 2007)

Sotilasvaatetuksen toimivuus perustuu kerrospukeutumiseen. Vaatetuskerroksia lisäämällä tai vähentämällä taistelija pyrkii ylläpitämään lämpötasapainonsa erilaisissa kuormitus- ja sääoloissa. Kerrospukeutumisessa eri vaatekerrosten materiaalien ja rakenteiden tulee olla sellaisia, että hikoilussa syntyneen kosteuden siirtyminen iholta ulospäin on mahdollista. Sotilasvaatetuksessa on tärkeää, että vaatetusjärjestelmä toimii kokonaisuutena. Suomen vaativissa oloissa ei selvitä ilman hyvin suunniteltua vaatetuskokonaisuutta. Kriittisimpiä vaatekerroksia kokonaisuuden toimivuuden kannalta ovat alus- ja päällyskerrokset. (Anttonen & Vuori 1995)

Monissa työtilanteissa turvallisuuden ja käyttömukavuuden asettamat vaatimukset ovat ristiriidassa keskenään. Käytännössä onkin tehtävä kompromisseja sekä vaa-

tetuksen valinnassa eri työtilanteissa että yleensä työntekijöiden suojavarustuksen hankinnassa. Valittaessa vaatteita tulee huomioida, että vaatteen mekaaninen käyttömukavuus riippuu vaatteiden koon sopivuudesta, vaatteen mallista ja vaatekerrosten liukumisominaisuuksista. (Ilmarinen et al. 1994)

Seuraavissa kappaleissa on kerätty erilaisia työympäristöjä, joissa lentoteknillinen henkilöstö joutuu työskentelemään.

2.1 Kylmässä työskentely

Lentoteknillinen henkilöstö joutuu tekemään töitä usein kylmillä ja tuulisilla lentokentillä, helikopterimekaanikot jopa helikopterin ollessa ilmassa ovi auki. Kylmälle altistutaan usein lentokonehallien ovensuussa, kun suuria ovia on pidettävä auki koneiden siirron ja huollon aikana. Useissa työtehtävissä varsinkin kädet altistuvat kylmälle. Kylmä on läsnä töissä suuren osan vuotta, joten selviytyminen kylmässä on erittäin tärkeä osa-alue.

Kylmälle altistutaan rakennusallalla, liikenteessä, maanviljelyssä, metsätöissä, prosessiteollisuudessa ja elintarviketeollisuuden kylmävarastoissa. Suomessa tyypillisin kylmälle altistumisaika on keskimäärin 5–12 tuntia viikossa. Kylmää vastaan voi suojautua vaateetusta, työn kuormittavuutta tai altistusaikaa muuttamalla ja hakeutumalla suojaan. Lämpötilaltaan muuttuva ympäristö voi olla oven vieressä työskentelyä tai kulkemista sisään ja ulos. Jatkuva lämpötilan muuttuminen rasittaa elimistöä. Kylmän koskettamiselle altistutaan usein tarkkaa työtä tehtäessä, jolloin ei voida pitää lämpimiä käsineitä työn tarkkuusvaatimusten takia. (Hassi et al. 2002)

Ilman lämpötila, keskimääräinen säteilylämpötila, ilman nopeus ja ilman absoluuttinen kosteus (vesihöyryn osapaine) ovat lämpöviihtyvyyteen vaikuttavat fyysiset ympäristötekijät. Vaatetuksen lämpöominaisuudet, toiminnan taso ja aineenvaihdunnassa syntynyt lämpö ovat viihtyvyystekijöitä, jotka riippuvat ihmisestä itsestään. (Ilmarinen et al. 2011)

Ihmisen ollessa lämpötasapainossa keho tuottaa lämpöä yhtä paljon kuin luovuttaa. Lämpötasapainoon vaikuttavat käytetty vaateetus, työn kuormittavuus ja ympäristö. Kehon tuottama lämpö, joka siirtyy ympäristöön vaihtelevalla nopeudella, ympäristötekijöistä ja vaateetuksesta riippuen. Lämmönsiirtonopeuteen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat ilman lämpötila, tuuli ja kosteus. Kehon pyrkii säilyttämään lämpöä kylmässä fyysisillä reaktioilla. Aluksi kehon ääreisosien verisuonet supistuvat, jolloin veren virtaus ja ympäristöön luovutettu lämpö vähenee. Oltuaan pitkään kylmässä kehon syvälämpötila alkaa laskea, jolloin lihasjännitys kasvaa ja purkautuu lopulta tahdosta riippumattomina lihassupistumina. Tällainen lihasvärinä tuottaa lämpöä, joka hidastaa jäähtymistä, sillä voimakas lihasvärinä tuottaa lämpöä 4–5-kertaisesti normaaliin lämmöntuottoon verrattuna. Voimakas lihasvärinä muuttuu ajan myötä yhä epämiellyttävämmäksi. (Hassi et al. 2002)

Kehosta poistuu eniten lämpöä kuljettamalla: iholla oleva ilma lämpenee ja poistuu ympäristöön. Lämpöhukan määrään vaikuttaa suuresti kehon pintalämpötila, ilman lämpötila ja tuulen aiheuttama ilman liike. Tuulesta ja työn kuormittavuudesta riippuen kuljettamalla tapahtuvan lämmönluovutuksen suuruudeksi on arvioitu 50–80 % koko lämmönluovutuksesta. Muita lämmönluovutustapoja ovat johtuminen ja säteily sekä hengitysilman mukana poistuva lämpö. Lämpö poistuu joko koskettamalla kylmää, jolloin lämpö johtuu pois, tai säteilemällä ihon pinnasta ihoa kylmempään ympäristöön. Riittävällä suojautumisella päästään alle 20 % säteilyhäviöön. Hikoillessaan ihminen haihduttaa tehokkaasti lämpöä. Lämmön haihtuminen kuitenkin vähenee käytettäessä kerrosvaatetusta. Kylmässä hikoillessa kosteus kerääntyy usein vaatetukseen, joka menettää lämmöneristävyytään märkänä. Tästä syystä onkin tärkeää säädellä vaatetusta ja työn kuormittavuutta hikoilun estämiseksi. Vaatetus on kylmässä tärkein lämmönluovutukseen vaikuttava tekijä. (Hassi et al. 2002)

Lämpöhäviöitä tapahtuu ihon kaikissa osissa. Raajat ja muut kehon ulkonevat osat, joihin luetaan esimerkiksi nenä ja korvat, luovuttavat erityisen herkästi lämpöä suuren pinta-alansa ja pienen massansa takia. Päässä verenkierto ei vähene kylmälläkään. Tästä syystä pään kautta voi poistua hyvin suuria määriä lämpöä. Kylmällä on vaikutusta lihaksiston kestävyyskykyyn, voimaan, tehoon, nopeuteen ja koordinaatioon. Kehon jäähtyminen hidastaa myös elimistön biokemiallisia reaktioita sekä hermojen supistumisnopeutta ja -laatua. Voimakkaassa kylmälle altistumisessa voi hengityselimistön toiminta heikentyä, kun ylemmät hengitystiet supistuvat. Ongelmia alkaa yleensä ilmetä noin alle -15°C :n lämpötiloissa raskaissa töissä, joissa hengitys on voimakasta. (Hassi et al. 2002)

Useimmat työhön liittyvät kylmävauriot ovat paleltumia tai revähdyksiä. Käsillä työskenneltäessä kylmässä aiheutuu enemmän jännetuppitulehduksia kuin normaalisti. Kylmään liittyvät tuki- ja liikuntaelinoireet voivat olla yleistä tai paikallista kipua tai heikotuksen tunnetta lihaksissa ja nivelissä. Hengitystiet oireilevat kylmässä astma tyyppisillä oireilla, kuten hengityksen vinkunana, yskänä, hengitysvaikeuksina ja hengenahdistuksina. Kylmä lisää myös liukastumisten ja kaatumisten määrää. Pitkällisen altistumisen kylmälle on osoitettu vaikuttavan sydänsairauksiin. Riskikäyttäytyminen on vähäisintä lämpötilan ollessa noin $+20^{\circ}\text{C}$, ja riskikäyttäytyminen lisääntyy sitä kylmemmässä tai kuumemmassa ympäristössä. (Hassi et al. 2002)

Vaatetuksella ja hansikkailla pyritään estämään ihon ja kehon lämpötilan laskua ja siten sen toimintakyvyn heikkenemistä. Usein erittäin kylmällä säällä ei kuitenkaan voida pitää tarpeeksi lämpimiä vaatteita ja hansikkaita heikentämättä toimintakykyä, lisäämättä työn kuormittavuutta, häiritsemättä tuntoaistimuksia, heikentämättä näppäryyttä, aiheuttamatta liikerajoituksia eikä lisäämättä energian kulutusta. Raskaampi vaatetus lisää energian kulutusta noin 3 % vaatetuksen painokiloa

kohden, ja ihmisen toimintakyky laskee suunnilleen yhtä paljon kuin energiankulutus kasvaa. Vaatetuksen ja varustuksen negatiivisia vaikutuksia voidaan estää vähentämällä niiden painoa, liikettä rajoittavia kohtia, vaatekerrosten välistä kitkaa ja vaatekerrosten määrää. Toimintakyvyn kannalta on tärkeää, että vaatekerrosten välinen kitka on mahdollisimman pieni etenkin reisissä ja hihhoissa. Kehon lämpötila vaikuttaa toimintakykyyn. Käden toimintakyky huononee kylmällä. Käden toimintakyvyn merkittävimpiä osatekijöitä ovat reaktioaika, tuntoherkkyys, hermojen johtumisnopeus, väsymisaika, puristusvoima ja liikkuvuus. Käden toiminnan kannalta tärkeitä ihon lämpötiloja on esitetty taulukossa 2.1. (Hassi et al. 2002)

Taulukko 2.1: Käden toiminnan kannalta tärkeät ihon lämpötilat (Hassi et al. 2002)

Lämpötila [°C]	Kuvaus
32–36	Optimaalinen lämpötila
alle 32	Karheuden tuntemus heikkenee
alle 28	Lihassoima heikkenee
20–27	Tarkkuus ja kestävyys heikkenevät
12–16	Näppäryys heikkenee
alle 16	Kipua pienen ihoalueen jäätyessä
alle 10	Kipua koko käden jäätyessä
6–7	Hermot lopettavat tiedon johtamisen, jolloin tuntemukset katoavat

Iholla on sekä kylmää että kuumaa aistivia hermopäätteitä. Kylmää aistivia hermopäätteitä on lukumäärältään selvästi enemmän kuin kuumaa aistivia päätteitä. Hermopäätteistä tieto kulkeutuu hermoratojen välityksellä aivoihin, jossa lämpötuntemus lopulta muodostuu. Lämpötuntemus koetaan sitä voimakkaammaksi mitä nopeammin lämpötilan muutos tapahtuu tai mitä laajempi jäähtyvä tai lämpenevä alue on. Lämpötuntemuksissa on yksilöllisiä eroja. Kasvoissa on runsaasti kylmää aistivia hermopäätteitä, minkä takia kasvojen jäähtyminen koetaan erityisen voimakkaana. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Ihminen hikoilee kylmissäkin olosuhteissa raskasta työtä tehtäessä. Hikoilu saattaa tällöin olla varsin paikallista ja rajoittua työskentelevien lihasryhmien läheisyyteen. Osa ihon kautta poistuvasta kosteudesta on huomaamatonta haihtumista, jota tapahtuu aina olosuhteista riippumatta. Ihmisellä pintaverenkierto ja rasvakerros vaikuttavat lämmönjohtavuuteen. Kylmänsietokykyyn vaikuttavat eniten fyysinen suorituskyky, ihonalaisen rasvan määrä, sukupuoli, ikä, kylmään sopeutuminen sekä mahdolliset sairaudet ja lääkkeiden käyttö. Hyvä fyysinen suorituskyky parantaa kylmänsietokykyä, koska se lisää hapenottokykyä ja sitä kautta lämmöntuottokykyä fyysisessä rasituksessa. Paksu ihonalainen rasvakerros hidastaa lämmönluovutusta ja jäähtymistä. (Anttonen & Vuori 1995)

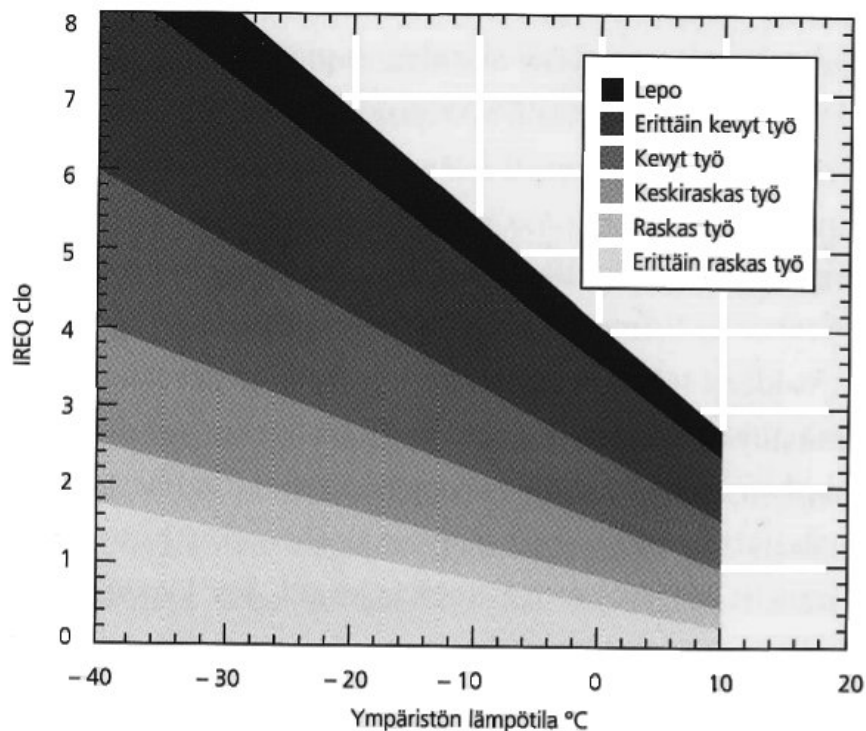
Elimistön nestetasapaino häiriytyy helpoimmin kuumalla, mutta nestetasapainon muutoksia ja niistä johtuvaa suorituskyvyn laskua tapahtuu myös kylmällä. Kylmäs-

sä näihin ongelmiin on kiinnitetty huomattavasti vähemmän huomiota. Veden tarve voi kasvaa kylmässä, sillä kylmä ympäristö ja raskas vaatetus lisäävät energian kulutusta, raskas työ aiheuttaa kylmässäkin hikoilua, kehon jäähtyminen lisää virtsan eritystä ja hengityksen mukana voi elimistöstä poistua runsaasti kosteutta, koska kylmä ilma on kuivaa. Nesteitä juodaan helposti vähemmän kylmässä, sillä juotavaa on vaikea saada, kylmät juomat tuntuvat epämiellyttäviltä, kylmä juoma hidastaa mahan toimintaa ja juomista voidaan tarkoituksellisesti välttää virtsaamistarpeen vähentämiseksi. Kylmässä nestettä tulisi saada vähintään kaksi litraa vuorokaudessa. Ihon ja raajojen kärkiosien jäähtyminen aiheuttaa verenkierron uudelleen järjestäytymistä. Yleensä siihen liittyy verenpaineen nousu ja veriplasman siirtyminen pois verenkierrosta, mikä kasvattaa verisolujen tilavuusosuutta ja kohottaa veren viskositeettia. (Rintamäki et al. 2007)

Vaatetuksen lämmöneristävyydellä I tarkoitetaan vaatetuskokonaisuuden kykyä estää lämmön siirtymistä ihmisestä ympäristöön. Lämmöneristävyys I mitataan standardisoidulla lämpönukella ja se ilmoitetaan yleisimmin clo -yksikkönä. Yhden clo:n vaatetus vastaa tyypillistä talviaikana normaalissa huoneilmassa käytettävää vaatetusta ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{w}$). (Hassi et al. 2002) Vaatteille voidaan määrittää lämmöneristävyys I vaatetuksen painon perusteella, taulukoiden ja kaavojen avulla tai mittaamalla ihmisellä tai lämpönukella. (Ilmarinen et al. 2011)

Pelkät tekstiilikuidut eivät eristä riittävästi kylmältä tai kuumalta. Paras lämmöneriste on vaatteisiin sitoutunut kuiva ja liikkumaton ilma, joka muodostaa vaateeseen oman mikroilmaston. Vaatteissa ilma kiinnittyy kuitujen, langan ja kankaan rakenteisiin, eri vaatekerrosten väliin sekä vaatteen ja ihon väliin. Lämmöneristävyteen vaikuttavat myös vaatteen peittämän ihon pinta-ala ja käytettyjen tekstilien rakenne ja ominaisuudet. Lämmöneristävyys paranee käytettäessä useita ohuita vaatekerroksia yhden paksun sijaan. (Mäkinen et al. 1996)

Arvioitaessa kylmäältistuksen riskiä työpaikoilla on otettava huomioon ympäristöolot, työn raskaus, kylmälle altistumisen kesto ja suojavaatetuksen ominaisuudet. Kevyessä työssä vaatetuksen lämmöneristävyuden tarve kasvaa nopeasti lämpötilan laskiessa, raskaassa työssä eristävyuden tarve on paljon pienempi. Lämmöntuotannon suuri vaihtelu töissä aiheuttaa ongelmia, kun raskaissa töissä hikoillaan ja kosteuden haihtuminen vaatteissa jatkuu vielä raskaan työn loputtuakin. Haihtuminen vie tällöin lämpöenergiaa myös kevyemmän työn tai tauon aikana. Kostuneena vaatteiden lämmöneristävyys laskee, jolloin jäähtyminen kiihtyy. Vastaavanlainen ongelma muodostuu liikuttaessa usein lämpimän ja kylmän tilan välillä. Työn raskavuuden yhteyttä tarvittavaan lämmöneristykseen on havainnollistettu kuvassa 2.1. Esimerkiksi ympäristön lämpötilan ollessa -10°C taukojen aikana vaatetuksen lämmöneristävyuden tarve on jopa 4 clo:ta suurempi kuin raskaissa töissä. (Hassi et al. 2002)

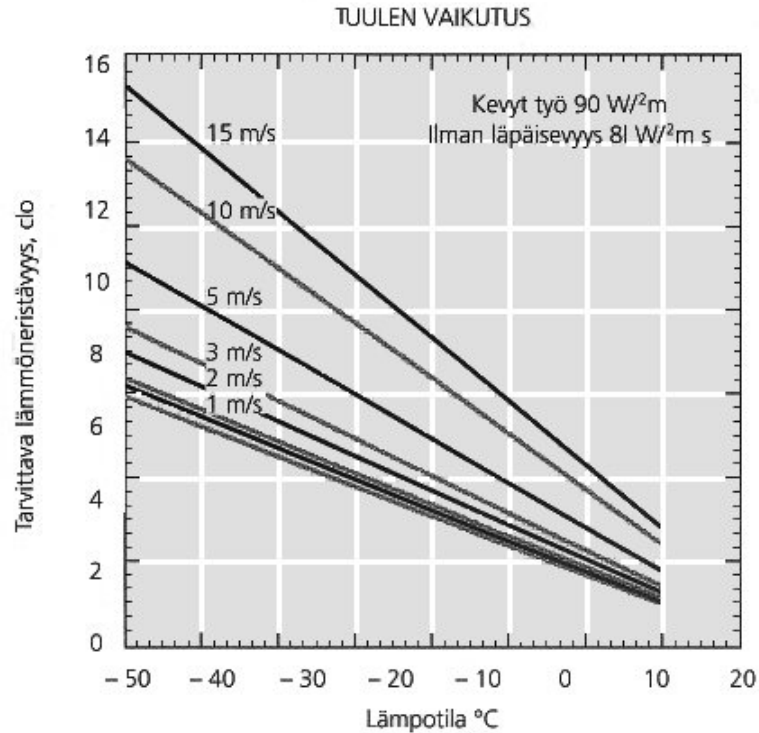


Kuva 2.1: Työn rasittavuuden vaikutus tarvittavaan lämmöneristykseen (Hassi et al. 2002)

Tuuli lisää lämmönluovutusta niin paljaalta iholta kuin vaatetuksen läpi. Vaatetuksen päällimmäisen kangaskerroksen ilmanläpäisevyys vaikuttaa suuresti kuljetumalla tapahtuvaan lämmönluovutukseen. Näin on varsinkin silloin, kun tuulennopeus on yli 3 m/s . Kun vaatetuksen ilmanläpäisevyys tunnetaan, voidaan vaatetuksen antama suojaus laskea erilaisissa tuulioloissa. Esimerkiksi 5 m/s tuulella tyypillisen talvityövaatetuksen lämmöneristävyys laskee 20–30 prosenttia tyneen säähän verrattuna. Kuvasta 2.2 voidaan vertailla tuulen vaikutusta tarvittavaan lämmöneristykseen. (Hassi et al. 2002) Tuulen vaikutus vaatetuksen optimaaliseen käyttölämpötilaan riippuu myös ihmisen lämmöntuotosta. Alhaisilla lämmöntuoton tasoilla tuulen vaikutus on pienempi kuin korkeilla. (Rintamäki et al. 2007)

Viimaindeksillä (Wind Chill Index, WCI) kuvataan paljaan ihon jäähtymis- ja paleltumisriskiä ilman lämpötilan ja tuulennopeuden yhteisvaikutuksena. Kylmälle altistumista voidaan vähentää lämpimillä taukotiiloilla, sopivalla työ-taukojaksotuksella, lämpimällä aterialla ja kohdelämmityksellä. Taulukossa 2.3 on havainnollistettu tuulen vaikutusta lämpötilan tuntuun. (Hassi et al. 2002)

Kankaan tai usean kangaskerroksen yhdistelmän lämmöneristävyys on pääosin riippuvainen siitä, miten paljon liikkumatonta ilmaa materiaali voi sisältää. Lämmöneristävyys kasvaa materiaalin paksuuden kasvaessa. Eristemateriaalissa kuitupinta-alan tulisi olla tuotteen painoon nähden mahdollisimman suuri ja tasaisesti jakautunut, jotta ilmaa sitova kokonaispinta-ala olisi mahdollisimman suuri. Kuitu-



Kuva 2.2: Tuulen vaikutus tarvittavaan lämmöneristävyteen (Hassi et al. 2002)

ILMAN LÄMPÖTILA, °C

TUULI m/s	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
Tyyne	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
2	9	4	-1	-6	-11	-16	-21	-26	-31	-37	-42	-47
4	5	-1	-7	-13	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-55	-61
6	3	-4	-10	-17	-24	-30	-37	-43	-50	-56	-63	-69
8	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76
10	0	-8	-15	-22	-30	-37	-44	-52	-59	-66	-73	-81
12	-2	-9	-17	-24	-32	-39	-47	-54	-62	-69	-77	-84
14	-2	-10	-18	-26	-33	-41	-49	-56	-64	-72	-79	-87
16	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-65	-73	-81	-89
18	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-75	-83	-90
20	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84	-91

Kylmä
 Jäätävän kylmä
 Paljaan ihon paleltumisvaara
 Paljas iho paleltuu alle 30 sekunnissa

Kuva 2.3: Tuulen vaikutus kylmän vaikutuksiin (Hassi et al. 2002)

pinta-alaa on paljon untuvassa sekä ontoista, profiloituista ja mikrokuiduista tehdyissä vanuissa. Hyvin avoin ja harvarakenteinen materiaali ei suojaa tuulelta, vaan eristemateriaali suojataan päällys- ja vuorikankaalla, jotka estävät lämmön kuljetumista. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Vaatekokonaisuuden lämmöneristävyys on suurimmillaan, kun ihminen on liikku-

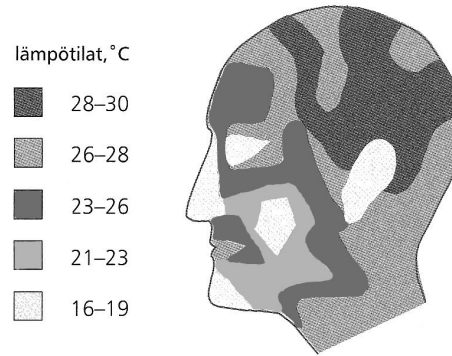
matta ja vaatteet ovat kuivat. Liikkeet saavat vaatteen sisällä olevan ilman liikkeelle, jolloin lämmöneristävyys heikkenee vaatekerrosten puristuessa kasaan ja liikkuesssa. Myös tiivistynyt hiki, lumen ja veden kastelemat vaatteet, lian täyttämät ilmahuokokset ja paineen jäljiltä poistunut ilma heikentävät lämmöneristävyyttä. Kevyt liikunta laskee vaatteiden lämpimyyttä keskimäärin 20–30 % ja raskaampi liikunta jopa 50 %. (Mäkinen et al. 1996)

Riittävän väljä vaate jättää vaatteeseen eristäviä ilmakerroksia, kun taas liiallinen väljyys ja vaatteiden aukot lisäävät ilman kuljettumista vaatteen sisällä. Kerrosvaatetuksessa ulomman kerroksen on aina oltava sisempää suurempi, jottei paine purista vaatteista ilmaa pois. Paitsi väärä koko myös kireä vyötärö, tikkaukset, liian pieni tai väärän mallinen päällysvaate aiheuttaa painetta vaatetukseen. Samoin voimakas tuuli, sade, työliikkeet, työvälineistä kiinni pitäminen, istuminen ja nojaaminen vähentävät vaatteen lämmöneristävyyttä. (Ilmarinen et al. 1994) Liian pienikokoinen vaatetus nostaa vaatteen ohjeellista käyttölämpötilaa 5–10 °C lämpimämmäksi. Myös käsineiden ja jalkineiden koko vaikuttaa lämpimyyteen. Käsineissä yhden koon lisäys parantaa niiden lämmöneristävyyttä noin 20 %. Vastaavasti jalkineen ahtaus lisää jalkojen paletumariskiä noin kolminkertaiseksi. (Rintamäki et al. 2007)

Lämmöneristävyys ja vesihöyryn läpäisyvastus kasvavat vaatetuksen ilmakerroksen paksuuden kasvaessa. Ilmakerroksen kasvaessa liian suureksi alkavat kuitenkin lämmöneristävyys ja vesihöyrynläpäisyvastus pienentyä. Tyynellä ilmalla korkein lämmöneristävyys saavutetaan, kun ilmakerroksen paksuus vaatetuksessa on 1 cm. Vastaavasti optimaalisin ilmakerroksen paksuus tuulella on 0,6 cm. Riittävän ilmakerroksen sisällyttäminen vaatetukseen on mahdollista kerrospukeutumisella (3–5 vaatekerrosta) ja vaatekerrosten oikean koon valinnalla. Lämmöneristävyys pienenee suhteessa vaatetuksen kosteuskertymään. Kosteuskertymien muodostumiseen vaikuttaa niin alus- kuin päällysvaatetuksenkin ominaisuudet. Ympäristön aiheuttamaan kastumiseen vaikuttaa merkittävimmin vaatetuksen uloimpien vaatekerrosten vedenpaineenkesto. (Rintamäki et al. 2007)

Pään paino on noin 5 % koko kehon massasta, ja pään pinta-ala on noin 7 % kehon pinta-alasta. Päässä on voimakas verenkierto, joka ei vähene edes pään jäähtyessä. Suojaamaton pää voi luovuttaa hyvin suuren määrän lämpöä. Päätä, niskaa ja kaulaa kannattaa suojata tuulelta ja vedolta myös lämpimämmässä olosuhteissa. Sisätiloissa ihminen voi kokea epämiellyttävänä ilman liikkeen ikkunoiden tai oviaukkojen läheisyydessä, lämpötilan jakautuessa epätasaisesti tai kylmän pinnan läheisyydessä. Kylmissä ja tuulisissa olosuhteissa lämmön haihtumista pään kautta voidaan ehkäistä käyttämällä pipon lisäksi väljää huppua. Hupulla suojataan päätä, korvanlehtiä, otsaa kaulaa, niskaa, poskipäitä ja osittain myös kasvoja. Huppu lämmittää hieman sisään hengitettävää ilmaa, ja siten se suojaa myös hengitystei-

tä. Huppu suunnitellaan käyttötarkoituksen mukaan huomioiden käyttöolosuhteet, kuten tuuli, kylmyys ja kosteus. Hupun muodolla ja leikkauksella voidaan vaikuttaa sen suojaavuuteen ja toimivuuteen. Pään liikkeet ja näkökenttä eivät saa kuitenkaan kaventua hupun takia. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)



Kuva 2.4: Suojaamattoman pään keskimääräisistä pintalämpötiloista ympäristön lämpötilan ollessa 0°C (Ilmarinen et al. 2011)

Suojaamattoman pään ja kaulan kautta poistuu runsaasti lämpöä ihmisen huomaamatta. Haihtuneen lämmön määrä on riippuvainen ihon ja ympäristön välisestä lämpötilaerosta. Eniten lämpöä poistuu pälaen, otsan ja niskan alueilta, joissa verisuonisto on tihein ja lämpötilat korkeimmat. Suojaamattoman pään keskimääräiset lämpötilat ympäristön ollessa 0°C on esitetty kuvassa 2.5. Tyynellä ilmalla muuten tarkoituksen mukaisesti vaadetettu, mutta paljaspäinen paikallaan oleva ihminen menettää –4°C:ssa noin 15 % lepoaineenvaihdunnassa tuotetusta lämmöstä, –10°C:ssa lähes 60 % ja –20°C:ssa jo 75 %. Sateessa ja tuulessa lämpöhäviöt kasvavat. (Ilmarinen et al. 2011)

Käsien ja jalkojen kautta elimistö luovuttaa runsaasti lämpöä niiden suhteessa suuren ihopinta-alan vuoksi. Ääreisverenkierto käsiin ja jalkoihin vähenee merkittävästi kylmässä verisuonten supistuessa, jolloin kehon ääreisosat jäähtyvät. Tällä mekanismilla elimistö pyrkii ehkäisemään keskikehon jäähtymistä. Mitä vähemmän henkilö itse tuottaa lämpöä, sitä enemmän käsineiltä vaaditaan lämmöneristävyyttä. Riittäväällä keskikehon ja pään suojauksella voidaan vähentää myös kehon ääreisosien jäähtymistä. Käsineessä lämmöneristävyys kasvaa materiaalin paksuuden mukaan. Paksuuden lisääminen ei kuitenkaan enää merkittävästi lisää lämmöneristävyyttä 2–3 cm:n jälkeen. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

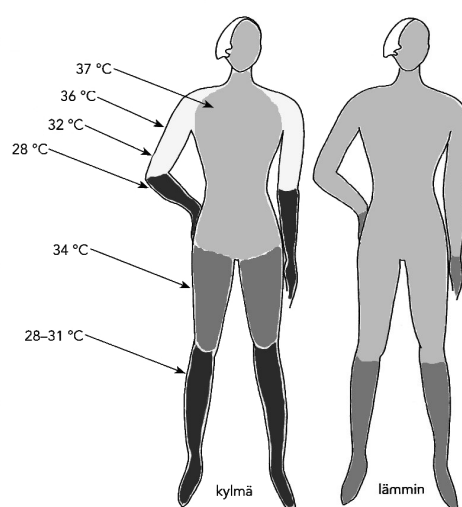
Käsineiden eri osissa on erilainen lämmöneristävyys. Esimerkiksi käsineiden sormenpäissä on kaarevista muodoista johtuen lämpöä luovuttavaa pinta-alaa massaan verrattuna enemmän kuin kämmenen kohdalla. Tällöin sormenpäissä, joissa lämmöneristävyyttä tarvittaisiin eniten, eristävyys onkin vain noin 40–50 % käsineen muiden osien lämmöneristävyydestä. Kintaat ovat lämpimämmät kuin sormikkaat,

sillä lämpöä luovuttavaa pinta-alaa on suhteessa vähemmän. Kovassa tuulella käsi-
neen lämmöneristävyys laskee merkittävästi. Esimerkiksi paksu ja monikerroksinen
tuultapitävä kinnas voi menettää lämmöneristävyyttään jopa 30 % tuulen vaikutuk-
sesta. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Käsien suojaaminen kylmässä on erityisen vaikeaa työtehtävissä, joissa henkilö
seisoo paikoillaan ja tekee sorminäppäryyttä vaativaa työtä. Tällaisessa tilantees-
sa käsien lämpimänä pysymiseen vaadittavia käsineitä ei voida työsuorituksen ta-
kia käyttää. Kylmissä ja tuulisissa olosuhteissa suositellaankin käytettäväksi useita
käsineitä päällekkäin. Paljain käsin työskentelyä tulisi välttää ja ohuiden sisäkäsinei-
den käyttöä suositellaan tehtäessä tarkkuutta ja sorminäppäryyttä vaativia tehtäviä
kylmässä. Tällöin ohut sisäkäsine jää käteen estämään suorat metallikontaktit sekä
vähentämään kylmän ilman ja tuulen aiheuttamaa lämpöhäviötä iholta, silloin kun
muut käsineet riisutaan. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Kylmän pinnan koskettaminen paljain käsin laskee nopeasti ihon lämpötilaa. Kyl-
mä metallipinta voi aiheuttaa paljaalle iholle paleltuman jo muutamassa sekunnissa.
Jäähtymistä voidaan hidastaa pinnoittamalla käsiteltävät työkalut tai urheiluväli-
neet kumilla tai muovilla ja käyttämällä ainakin ohuita suojakäsineitä. Työkaluissa
karhea pinta hidastaa jäähtymistä. (Ilmarinen et al. 2011)

Hienomotorisissa ja sorminäppäryyttä vaativissa töissä tarvitaan käsineitä, jotka
heikentävät mahdollisimman vähän tuntoaistimuksia ja käden toimintakykyä. Esi-
merkiksi tyypillisimmissä asentajan käsineissä sormenpään sauma on sijoitettu sor-
menpään yläpuolelle, jossa se ei häiritse tuntoaistia tai pienten esineiden käsittelyä.
Kylmänsuojakäsineistä on olemassa standardi SFS-EN 511: Kylmänsuojakäsineet.
(Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)



Kuva 2.5: Kuva ihmisen ihon lämpötiloista kylmässä ja lämpimässä ympäristössä (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Jalkaterissä on pieniä lihaksia, jotka tuottavat vain vähän lämpöä. Suurin osa jalkoihin tulevasta lämmöstä tulee keskikehosta verenkierron mukana. Sellaiset olosuhteet koetaan viihtyisiksi, joissa varpaiden lämpötila on noin 27–34 °C. Kylmissä olosuhteissa jalkojen verenkierto heikkenee, ja jalat jäähtyvät yleensä ensimmäisinä käsien ohella. Jäähtyneet jalat lämpenevät verenkierron hitauden takia hitaammin kuin kädet. Jaloissa suorituskyky laskee ja kylmävaurioiden riski kasvaa, kun varpaiden lämpötila laskee alle 15 °C:n. Jalkojen jäähtymistä voidaan ehkäistä tekemällä jalan isoilla lihaksilla lihastyötä, esimerkiksi kävelemällä. Toistuvat lihassupistukset ja mekaaninen pumppaus pakottavat verenkierron liikkeelle myös jalkaterissä. Kuvassa 2.5 on esitetty kehon pintaosien lämpötiloja sekä kylmässä että lämpimässä ympäristössä. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Jalkineiden kaarevat pinnat luovuttavat eniten lämpöä. Riittävän tilavilla jalkineilla ja kiristämättömillä sukilla edesautetaan verenkierron säilymistä vilkkaana. Kokoonpuristumattomilla ja kosteutta imevillä irtopohjallisilla lisätään kengänpohjan lämmöneristävyyttä jopa 50–80 %. Jalat hikoilevat runsaasti lämpimissä ja jonkin verran myös kylmissä olosuhteissa. Jalan lämpötilan ollessa yli 31 °C jalat tuntuvat lämpimiltä ja niistä poistuu kosteutta jopa 10–20 g tunnissa yhtä jalkaa kohden. Kosteus kengässä ja sukassa laskee lämmöneristävyyttä 15–30 %. Jalan hikoillessa tulisi sukkiensa ja kenkien pystyä käsittelemään niihin siirtyvä kosteus, sillä kosteuden vaikutuksesta jalan iho pehmenee, jolloin rakkoja ja hiertymiä syntyy helpommin. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Seisominen kylmällä, hyvin lämpöä johtavalla pinnalla lisää lämmönluovutusta jaloista. (Rintamäki et al. 2007) Lämpö siirtyy johtumalla jalkapohjien kautta alustaan. Kengän pohjan lämmöneristävyys vaikuttaa suurelta osin koko jalkineen lämmöneristävyys. Kengän pohjien lämmöneristävyyttä voidaan parantaa huokoisella ja riittävän paksulla pohjalla. Lämmöneristävyyttä voidaan entisestään lisätä tarvittaessa kokoonpuristumattomilla ja kosteutta sitovilla irtopohjallisilla. Lämmönhukka on suurinta jalkineiden kaarevilta pinnoilta: kengän kärjistä ja kantapäätä. (Anttonen & Vuori 1995)

Ääreisosien lämpimänä pitämiseksi on kehitetty lämmitettyjä käsineitä, jalkineita ja sukkiä sekä erilaisia lisälämmönlähteitä. Lämpö tuotetaan joko sähköenergian, kemiallisen energian tai palamisen avulla. Lämmitysvastuksia sisältävät käsineet tai jalkineet saavat tehonsa akusta tai mukana kannettavasta paristosta. Erilaisten lämmittimien lämmitysteho on usein riittävä, mutta laitteiden käytettävyydessä on vielä paljon kehitettävää. Esimerkiksi paristojen ja akkujen virran riittävyys tuottaa ongelmia, ja kemiallisten lämpöpussien kertakäyttöisyys sekä lataamisen hankaluus rajoittavat niiden käyttöä. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Talvivaatetus lisää työn fyysistä kuormittavuutta ja energiankulutusta. Suurin vaikutus on vaatetuksen painolla. Vaatetuksen jäykkyys on toinen merkittävänä te-

kijä. Myös vaatekerrosten välinen kitka ja paksun vaatetuksen aiheuttamat liikerajoitukset lisäävät fyysistä kuormittavuutta. (Rintamäki et al. 2007) Pitkäkestoisessa ulkotyössä kehon eri osien lämpötilat laskevat talvella usein niin paljon, että suorituskyky heikkenee. Työssä joudutaan käyttämään normaalia enemmän fyysistä kapasiteettia, mikä lisää työn kuormittavuutta. (Anttonen & Vuori 1995)

Henkilösuojaimet eivät kovin usein suojaa itsessään kylmältä. Eniten hankaluuksia yhteensopivuuden kanssa aiheuttavat kypärän, turvakenkien, kuulosuojainten tai suojakäsineiden käyttö yhdessä kylmäsuojavaatetuksen kanssa. Tällöin suojaimet rajoittavat käyttäjien liikkuvuutta ja aiheuttavat kömpelyyttä. Alusmyssy heikentää kypärän istuvuutta ja vaikeuttaa kuulosuojainten käyttöä. Suojakäsineet ovat harvoin lämpöä eristäviä ja kylmänsuojakäsineiden käyttö niiden kanssa on hankalaa. Kylmänsuojapäähineen tulisi suojata otsa, korvat sekä osittain myös posket ja leuka. Päähinettä tulisi pystyä säätelemään olosuhteiden mukaan. Päähinemateriaalin tulisi suojata tuulelta ja päästää lävitseen hikoillessa syntynyttä kosteutta. (Hassi et al. 2002)

Työntekijöiden terveys ei saa vaarantua kylmälle altistumisen vuoksi, ja kylmälle altistuessaan heidän toimintakykynsä tulee säilyä sellaisena, että työtehtävät on mahdollista tehdä. On tärkeää, että työntekijät perehdytetään tunnistamaan kylmän aiheuttamat terveys- ja turvallisuusriskit työssään. Heille on neuvottava keinoja näiden riskien yksilölliseen hallintaan. Opastuksen ja sitä tukevan oppimateriaalin tulee olla aiheeseen liittyvää ja käytännönläheistä. Työskenneltäessä maan pinnan yläpuolella kylmissä ja jäisissä olosuhteissa valitaan työvälineitä, jotka on suunniteltu ja testattu kylmiin olosuhteisiin sopiviksi. Lisäksi tulisi estää liikkuminen alueella, jossa putoamissuojia ei ole sekä poistaa lumi ja jää työskentelytasoilta. (Hassi et al. 2002)

Taulukossa 2.2 esitetyistä, standardin ISO 9920 mukaisista yksittäisten vaatekappaleiden lämmöneristävyysarvoista saadaan vaatekokonaisuuden lämmöneristävyys, I , kertomalla yksittäisten vaatekappaleiden arvojen, $I_{cli,i}$, summa luvulla 0,82:

$$I_{tot} = 0,82 \cdot \sum_i I_{cli,i} \quad . \quad (2.1)$$

Taulukossa annetut arvot perustuvat vanhoihin ja painavampiin materiaaleihin, joten taulukon antamia arvoja tulee arvioida kriittisesti. (Ilmarinen et al. 2011)

Esimerkiksi tyypillinen kesävarustukseen kuuluvat sukat (0,02 clo), lyhyet alushousut (0,03 clo), t-paita (0,09 clo), housut (0,25 clo) ja paksupohjaiset kengät (0,04 clo). Vaatekokonaisuuden lämmöneristävyys $I = 0,82 \cdot 0,43 \text{ clo} = 0,35 \text{ clo}$.

Talvivaatetukseen kuuluu tyypillisesti pitkät alushousut (0,10 clo), pitkähihainen aluspaita (0,12 clo), paksut sukat (0,10 clo), fleecetakki (0,35 clo), toppahousut (0,35 clo), toppatakki (0,55 clo), paksupohjaiset talvisaappaat (0,04 clo), neulepäähii-

Taulukko 2.2: Taulukon mukaisia vaatteiden lämmöneristävyysarvoja, I_{cli} , standardin ISO 9920 mukaisesti. (Ilmarinen et al. 2011)

Vaatekappale (miehet)	clo
pienet alushousut	0,03
pitkälahkeiset alushousut	0,10
T-paita	0,09
pitkähihainen aluspaita	0,12
paksu neulepusero	0,35
työtakki	0,30
suojahaalari	0,90
housut	0,25
toppatakki	0,55
toppahousut	0,35
paksut sukat	0,10
paksupohjaiset kengät	0,04
käsineet	0,15
neulepäähine	0,05

ne (0,05 clo) ja käsineet (0,15 clo). Talvivaatekokonaisuudelle saadaan lämmöneristävyudeksi $I = 0,82 \cdot 1,81 \text{ clo} = 1,48 \text{ clo}$.

Lentoteknisellä henkilöstöllä käytössä olevasta varustuksesta ei ole tehty lämmöneristävyysmittauksia. Tarkempien arvojen saamiseksi mittauksia tulisi tehdä. Varsinkin vanullisesta toppa-asusta voisi mitata uuden tuotteen lämmöneristävyysarvojen lisäksi pesujen aiheuttaman lämmöneristävyysarvojen vähenemisen.

Kylmä on huomioitu lentoteknisessä henkilöstön varustuksessa kerrospukeutumisen mahdollistavilla vaatekerroksilla ja lämpöasulla, jossa on tuulelta suojaava suuri huppu. Mahdollisuuksien mukaan pyritään käyttämään vuorellisia, sormikasmallisia käsineitä tai lämpövuorellisia nahkarukkasia. Tarkkuutta vaatavissa töissä kylmässä pidetään kädessä kynsikkäitä, jottei kämmen olisi paljaana. Talvijalkineisiin on mahdollista lisätä huopasylingit erittäin kylmällä säällä. Vaatetukseen vaikuttavien tekijöiden ja niiden merkityksen tunteminen on tärkeää vaatetuksen suojaavuuden ja toimivuuden säilyttämiseksi. Koulutuksessa näihin tekijöihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

2.2 Kuumassa työskentely

Ihminen on biologialtaan tasalämpöinen, iholtaan lähes karvaton ja tehokkaasti hiikoileva nisäkäs. Ympäristöstä ihmistä eristävät pintaosat, iho ja ihonalaiset kudokset ovat sitä vastoin vaihtolämpöisiä. Sisäelinten lämpötilan säätö on yksi elimistön tärkeimpiä toimintoja, sillä lämpötila voi vaihdella vain hetkellisesti ja vain pari astetta peruselintoimintojen häiriintymättä. Säätötoimintoja käynnistäviä ärsykeitä ovat muutokset veren lämpötilassa sekä ärsykkeet ihon, lihasten, sisäelinten ja keskusher-

moston lämpöreseptoreista. Varsinaiset säätövasteet saadaan aikaan osin verisuoniin ja hikirauhasiin vaikuttavien hermojen ja osin tahdonalaisiin lihaksiin vaikuttavien hermojen välityksellä. (Ilmarinen et al. 1994)

Ihminen on lämpötasapainossa, kun elimistön lämmöntuotanto sekä elimistön lämmönluovutus aikayksikössä on yhtä suurta. Pelkkä ihmisen perusaineenvaihdunta, jossa ihminen tuottaa lämpöä 80 W, nostaa 70 kg painavan miehen elimistön lämpötilaa 1,2°C tunnissa, jos päällä on täysin tiivis vaatetus, joka estää kaiken lämmönluovutuksen. Fyysistä työtä, jossa lämmöntuotanto voi olla moninkertaista perusaineenvaihduntaan nähden, voidaan tehdä vain hyvin lyhyen aikaa tiiviissä vaateuksessa. Vastaavanlaisessa esimerkissä sama mies tekee raskasta työtä, jossa lämpöä tuotetaan 500 W, nousee elimistön lämpötila 7,4°C tunnissa, jolloin työn kesto voi olla maksimissaan 16 minuuttia. (Ilmarinen et al. 1994)

Levossa, ihmisen perusaineenvaihdunnan ollessa käynnissä, ihminen tuottaa lämpöä 80–100 W. Erittäin raskaassa ruumiillisessa työssä aineenvaihdunnan teho voi olla jopa 20–25 kertaa suurempi, jolloin energiasta vähintään 75 % vapautuu lämpönä. Tällöin ylimääräisen lämmön on poistettava elimistöstä lämpötasapainon säilyttämiseksi. Lämpöä siirtyy pääasiassa elimistöstä ympäristöön ympäröivän ilman ollessa elimistöä viileämpi. Kuumassa ympäristössä lämpöä alkaa siirtyä elimistöön, jolloin lämpötasapainon säilyttäminen vaikeutuu. Hengityksen ja eritteiden mukana poistuu vain pieni osa aineenvaihdunnan tuottamasta lämmöstä. Suurin osa, noin 90 %, kuljettuu lihaksista ja sisäelimistä verenkierron välityksellä iholle. Iholta lämpö voi siirtyä ympäristöön kuivasti, jolloin menetelmät ovat säteileminen, kuljettuminen tai johtuminen, tai kosteasti hien höyrystyessä. Keho vilkastuttaa kuumassa verenkiertoaan, jolloin lämmönluovutus tehostuu. Hien höyrystyminen estää elimistön ylikuumentumisen. Kuumissa oloissa hikeä voi erittyä työpäivän aikana puolesta litrasta jopa litraan tunnissa. Hien erityys on usein runsaampaa nuorilla ja lihavilla kuin vanhoilla ja laihoilla. Hiestä erittyy noin 50 % vartalosta, 25 % alaraajoista ja 25 % yläraajojen ja pään alueelta. (Mäkinen et al. 1996)

Ihmisen hikoillessa kostea lämmönluovutus lisääntyy ja kuiva lämmönluovutus vähenee ja loppuu jossain vaiheessa kokonaan. Hikoillessa lämmön siirtymiseen vaateen läpi ei vaikuta enää lämmöneristävyys vaan kankaan vesihöyryn läpäisyvastus eli hengittävyys. Lämmöneristävyuden yksikkö on $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{w}$ tai clo. Standardissa SFS-EN 342 on määritelty, että vaateuksen lämmöneristävyuden tulee olla vähintään $0,310 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{w}$, jotta se voidaan luokitella kylmäsuojavaatteeksi. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006) Vaatetus estää välittömän lämmönluovutuksen iholta. Lämpimässä hikoilun merkitys korostuu, koska hikoilu on ainoa keino poistaa liika lämpö elimistöstä. Hiki, joka ei pääse höyrystymään iholta, tiivistyy nesteeksi iholle ja vaatteisiin. Työ- ja suojavaateen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon työn kuormittavuuden lisäksi aineenvaihdunnan tuottama lämpö. Kuumassa veren pak-

kautumisesta aiheutuva käsien ja jalkojen turvotus, hikoilemisen tunne sekä iholla valuva ja vaatteet kostuttava hiki tuntuvat epämiellyttäviltä. Työsuoritukset voivat heiketä, jos hikoilusta aiheutuva nestevaje jätetään korvaamatta. (Mäkinen et al. 1996)

Ihmiset kokevat lämpötilan yksilöllisesti. Huoneenlämpötilassa työskenneltäessä lämpötuntemuksissa on vähemmän eroja kuin työskenneltäessä kylmässä tai kuumassa ympäristössä. Lämpöviihtyvyys vaihtelee vireystilan, vuorokaudenajan, motivaation ja tehtävän mukaan. Ympäristönsä lämpöoloihin tyytyväinen ihminen on lämpöviihtyvä. Työympäristön ollessa liian kuuma, kylmä, kostea tai vetoinen, lämpöviihtyvyyden taso laskee, ja sen vaikutukset heijastuvat työviihtyvyyteen tai -motivaatioon, työn kuormittavuus lisääntyy, fyysinen ja henkinen suorituskyky laskee, työn tuottavuus heikkenee ja tapaturmavaara lisääntyy sekä oireilu ja terveyshaitat lisääntyvät. Lämpötilan muutoksille herkimmät alueet ovat kasvoissa ohimot, otsa, korvien alapuolinen alue ja kaula sekä rinta, alavatsa, ristiselkä, ranteet, sormet, nilkat ja varpaat. Herkillä ihoalueilla hikoilu alkaa helpommin ja verisuonet laajenevat ja supistuvat nopeammin kuin muilla ihoalueilla. Herkkien ihoalueiden suojaaminen kylmältä pitää koko elimistön lämpimänä. Toisaalta myös näiden alueiden tuulettaminen jäähdyttää nopeasti elimistön ylikuumentuessa. (Mäkinen et al. 1996)

Ilma liikkuu vaatteiden sisäpuolella. Tällöin ihon lämmittävä ilma siirtyy kauemaksi iholta. Lämpimän ilman kohoamista ylöspäin ja korvautumista viileällä ilmallä kutsutaan hormi-ilmiöksi. Myös ihmisen liikkeessa vaatteiden sisällä oleva lämmin ilma lähtee liikkeelle ja kiertäessään kuljettaa lämpöä iholta pois. Tätä ilmiötä kutsutaan pumppausvaikutukseksi. Erilaisilla tuuletusaukoilla voidaan tehostaa hormi- ja pumppausilmiötä sekä ylimääräisen lämmön ja kosteuden poistumista vaatetukselta. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Vaatteiden lämmöneristävyys on suurimmillaan, kun ihminen on liikkumatta ja vaatteet ovat kuivat. Vaatteiden pitäminen puhtaana parantaa niiden hengittävyyttä, sillä lika ja merivesi tukkivat vesihöyryä ja ilmaa läpäisevät huokokset. Vaatteiden tuuletus nopeuttaa lämmön ja kosteuden poistumista vaatteista. Luonnollisia tuuletusaukkoja ovat pääntie sekä hihan- ja lahkeensuut. Tuuletusaukkoja saatetaan kuitenkin tarvita lisää tiiviistä kankaista valmistettuihin vaatteisiin. Tuuletusaukot sijoitetaan niin, että pumppausvaikutuksen liikkeelle saama ilma poistuu niiden kautta. Tuuletusaukot kuitenkin heikentävät lämmöneristävyyttä. (Ilmarinen et al. 1994)

Kuumuudelle altistuminen on huomioitu lentoteknillisen henkilöstön varustuksessa kerrospukeutumisen mahdollistavilla vaatekerroksilla. Aluskerraston materiaaliksi on valittu kosteutta siirtävä materiaali. Lämpötasapainon kannalta haastavin suojausvaruste on kemikaalinsuojapuku, jonka täytyy kemikaalien luonteen takia olla hengittämätön. Kemikaalinsuojapuvussa ilma lämpenee nopeasti ja rasittaa elimistöä

jolloin tarvitaan lisätuuletusta.

2.3 Antistaattisuus

Ihminen varautuu staattisesti esimerkiksi kävellessä, kun vaatekerrokset tai kengät ja lattiapäällysteet hankautuvat toisiinsa. Vaatteet varautuvat myös niitä puettaessa tai riisuttaessa. Varaus purkautuu kipinästä tai sähköiskuna, joka saattaa aiheuttaa tapaturmia välillisesti. Sähköisku voi aiheuttaa esimerkiksi refleksiliikkeen, jonka seurauksena voi olla putoaminen tai loukkaantuminen koneen liikkuviin osiin. Tapaturmavaara voi aiheutua myös käsiteltäessä herkästi syttyviä aineita. (Mäkinen et al. 1996)

Vaatteiden antistaattiviimeistykset lisäävät kankaan kosteutta ja vähentävät sähköistä varautumista, jolloin kankaat eivät takerru toisiinsa eivätkä kipinöi. Varsinkin synteettisistä kuiduista valmistetut kankaat käsitellään yleensä aina antistaattisiksi. Antistaattiset viimeistysaineet peseytyvät helposti pois. Vaatteiden sähköistyvyyttä voidaan vähentää myös lisäämällä ilmankosteutta. (Mäkinen et al. 1996)

Staattisella varautumisella tarkoitetaan kappaleissa olevaa jännitettä muihin kappaleisiin tai maahan verrattuna. Staattinen varaus voi olla positiivinen tai negatiivinen. Varautumaton kappale on neutraali, ja siinä on positiivisia ja negatiivisia alkeisvarauksia yhtä paljon. Staattinen varaus pyrkii purkautumaan, sillä varaus pyrkii tasapainotilaan. Varaus syntyy materiaaleihin toistuvissa kosketuksissa asteittaisesti. (Heikkilä 2001)

Hankauksesta syntynyt varaus on yleensä voimakkaampi kuin kosketuksesta syntynyt varaus, vaikka syntymekanismi on samanlainen. Hankauksessa kontakti on rajumpi ja kontaktipinta-ala on suurempi kuin kosketuksessa. Hankausnopeus vaikuttaa varautumiseen: mitä nopeampaa hankaus on, sitä korkeampia jännitteitä muodostuu. Tekstiilimateriaalin varautuvuus voi poiketa vaaka- ja pystysuunnassa toisistaan huomattavan paljon, jolloin hankauksen suunnan muuttuminen tai pienet vinoumat hankauksessa voivat vaikuttaa varautumiseen. (Heikkilä 2001)

Pysyvästi antistaattisissa tekstiileissä on sisällytettyä jonkinlainen sähköä johtava komponentti. Tämä komponentti voi olla johtava kuitu, joka on hiiltä, metallia tai sähköä johtavaa polymeeriä, tai kankaaseen tehty sähköä johtava viimeistely, pinnoite tai laminointi. Pysyvästi antistaattisia tuotteita kutsutaan ESD-tuotteiksi (Electro Static Discharge). Varautuvuus on ongelma erityisesti talvella kylmässä, kun suhteellinen ilmankosteus laskee huomattavasti, jolloin sähköpurkauksia esiintyy tavallista enemmän. Aramidi-palokäsiteltyyn puuvillasekoitteeseen asuun on pystytty varaamaan laboratorioissa tarpeeksi energiaa kaasuuntuneen bensiinin ja ilman seoksen sytyttämiseen. (Scott 2005)

Johtaviin polymeereihin voi olla sekoitettuna valmistusvaiheessa kostutusaineita, jotka toimivat antistaattiviimeistykseen tavoin, mutta ovat kiinteästi kuidussa.

Sähköä johtavat polymeerit voivat olla myös kaksikomponenttikuitutekniikalla valmistettuja kuituja, joissa on johtavaa materiaalia joko kuidun sisällä tai pinnassa. Usein metalli- ja hiilikuitujen ongelmana on niille tyypillinen tumma väri. Miltei värittömät puolijohtavat metallioksidit ja -suolat tarjoavat nykyään vähemmän erotuvan vaihtoehdon. Usein yhden tai kahden prosentin osuus johtavaa kuitua riittää tarvittavien antistaattiominaisuuksien saavuttamiseksi, mutta tietyissä tapauksissa johtavien kuitujen osuus voi olla jopa 5 %. (Heikkilä 2001)

Tekstiilejä voidaan viimeistellä antistaattisiksi kemiallisesti. Antistaattiaineet toimivat joko vähentämällä varauksen muodostumista tai helpottamalla varauksien purkautumista. Suurin osa viimeistelyaineista perustuu siihen, että ne lisäävät kankaan taipumusta imeä kosteutta ympäröivästä ilmasta ja näin lisäävät tekstiilin pinnalla olevien ionien määrää, jolloin varaukset pääsevät purkautumaan nopeasti. Useimmiten nämä aineet poistuvat pesussa, jolloin käsittely on uusittava aika ajoin. (Heikkilä 2001)

Tekstiilien varautuminen on hyvin monimutkainen ilmiö, sillä tekstiilit sisältävät usein lisäaineita, viimeistysaineita, likaa ja kosteutta, jotka kaikki vaikuttavat ionien toimintaan. Varautuminen voi johtua elektroneista, ioneista, varautuneista partikkeleista tai näiden yhdistelmistä. Kuidun itseensä sitoma kosteus vaihtelee suuresti kuitutyypistä riippuen. Kuidun kosteudenimemiskyky riippuu lämpötilasta, tuulesta, ympäröivästä tilasta, kuidun paksuudesta, tiheydestä ja tyypistä. (Scott 2005)

Tekstiilimateriaalien varautumisherkyys kasvaa ilman kosteuden pienentyessä. Suhteellisen suuren kosteussisällön omaavat kuidut, kuten puuvilla ja villa, eivät ole kovin alttiita varautumiselle normaaliolosuhteissa. Alhaisessa ilmankosteudessa nekin varautuvat. Vaatteet varautuvat vähän suhteellisen ilmankosteuden ollessa 65 % tai enemmän. Suhteellisen ilmankosteuden ollessa 38 % on staattisen sähkön määrä 20-kertainen ja 20 % kosteudessa jopa 300-kertainen verrattuna 65 % kosteuteen. (Heikkilä 2001)

Ihminen ei yleensä tiedosta tekstiilien kantamaa staattista varausta. Varauksen purkautuminen niin kutsuttuna sähköiskuna on ihmisen aistein havaittavissa vasta kohtalaisen suurilla jännitteillä. Esimerkiksi ihminen tuntee sähköiskun noin 3 kV varauksen purkausjännitteen. Varauksen purkausjännitteen ollessa 4 kV ihminen kuulee sähköiskun. Varauksen purkausjännitteen ollessa 5 kV ihminen näkee sähköiskun. Mitä suuremmalta alalta varaus purkautuu, sitä epätodennäköisemmin purkaus havaitaan. (Heikkilä 2001)

Perinteiset vaatamateriaalit lasketaan sähköisiin eristeisiin. Tekokuidut ovat parempia eristeitä kuin luonnonkuidut. Luonnonkuitujen eristävyysvaikutusta suuresti ympäröivän ilman kosteus. Staattisen varauksen purkautumiseen vaikuttaa ihmisen sähkönvaraamiskyky. Sähkönvaraamiskykyyn vaikuttavat ihmisen koko, paino, ihon pintaominaisuudet, ihmisen ympäristö ja kengän pohjan paksuus sekä ma-

teriaali. Sähköisten varausten jakautuminen ihmiskehoon riippuu läheisyydessä olevista maadoitetuista tai varautuneista kappaleista, sillä ne vaikuttavat kehon eri osien paikalliseen kykyyn varastoida varausta. (Heikkilä 2001)

Eristävät tekstiilikuidut varautuvat aivan tekstiilin pinnassa. Kemiallisesti modifioimalla voidaan tehokkaasti vaikuttaa tekstiilien varautuvuuteen muuttamatta tekstiilin muita ominaisuuksia. Pintaa voidaan modifioida esimerkiksi UV-säteilyllä ja plasmakäsittelyllä. Esimerkiksi aramidi on luonnostaan vähän varautuva tekokuitu. Tekstiilien sähköisiä ominaisuuksia verrataan mittaamalla pintaresistiivisyyttä, taipumusta varautua hankauksesta ja materiaalin varauksen purkautumisaikaa. Varaus pääsee liikkumaan johtavassa materiaalissa, jossa elektronien liike on helppoa. Johtavissa materiaaleissa syntynyt varaus jakaantuu tasaisesti koko kappaleeseen. Johtavasta kappaleesta staattinen varaus myös purkautuu nopeasti, kun purkautumisreitti löytyy toiseen kappaleeseen tai maadoitukseen. (Heikkilä 2001)

Staattisen varauksen purkautuminen on ihmiselle lähinnä epämiellyttävää, mutta purkauksista tulee ongelmallisia tai jopa vaarallisia herkkien laitteiden tai helposti syttyvien kemikaalien lähellä. Staattinen sähkö aiheuttaa elektroniikalle suoria vahinkoja johtuen ESD-virtaimpulssin muodostamasta lämmöstä ja jännitteen aiheuttamista läpilyönneistä. Epäsuorasti ESD vaikuttaa aiheuttamalla elektromagneettisia häiriöitä, (EMI, Electromagnetic interference). (Heikkilä 2001)

Staattisen varauksen purkautuminen voi aiheuttaa jopa henkilövahinkoja sytyttäessään palavia ja/tai räjähtäviä kaasuja tai pölyä. Purkauksessa osa tai kaikki läsnä olevasta sähköenergiasta muuttuu lämmöksi purkausväliaineessa eli yleensä ilmassa. Varausten liikkeen aiheuttama virta lämmittää ilmaa ja lämpötilan nousu kriittisen rajan yli voi aiheuttaa syttymisen. Ihmisen kehoon staattisen sähkö vaikutuksesta varastoitunut energia voi olla paljon suurempi kuin useiden syttyvien kaasujen minimisyttymisenergia. Varauksen purkautuessa henkilöstä kaikki energia ei kuitenkaan ole mukana purkauksessa, vaan osa hajaantuu lämpönä iholle ja lähiympäristöön. Sytyttävät purkaukset ovat mahdollisia kuitenkin vasta energian ollessa yhtä tai kahta kertaluokkaa suurempi kuin aineen minimisyttymisenergia. (Heikkilä 2001)

Työntekijät voidaan maadoittaa erilaisilla ratkaisuilla. Tyypillisimmillään maadoitus hoidetaan erillisen maadoitusjohdon avulla. Johto kiinnitetään yleensä rannekeeseen, joka on työntekijän ihoa vasten. Mikäli ranneke häiritsee työntekoa, voidaan maadoitusjohto kiinnittää esimerkiksi ESD-työtakkiin. Maadoitetun työntekijän päällimmäisen vaatekerroksen tulee olla niin hyvin sähköä johtava, että siinä oleva varaus pääsee kokonaisuudessaan liikkeelle ja siirtymään maadoitukseen. Vähemmän kriittisissä kohteissa maadoitus voidaan järjestää myös kenkien ja lattian kautta käyttämällä ESD-kenkiä staattista sähköä purkavalla, maadoitetulla lattialla. (Heikkilä 2001)

Materiaalien varautuvuutta ja varausten poistumista voidaan parantaa ilman io-

nisoinnilla. Ilmaa ionisoidaan ionisaattoreilla, joilla ilmaan yhtä suuri määrä positiivisia ja negatiivisia ioneja. Ionit tekevät ilman sähköä johtavaksi. Ionisaattorien toiminta perustuu siihen, että varautuvaan esineeseen siirtyy ilmasta vastakkaisesti varautuneita ioneja välittömästi varautumisen tapahduttua ja varaus neutraloituu. Monien materiaalien varautumistaipumusta voidaan vähentää ja sähkönjohtokykyä parantaa nostamalla ilmankosteutta. (Heikkilä 2001)

Arvioitaessa erilaisten tekstiilimateriaalien turvallisuutta tulisi kiinnittää huomiota kankaan varautumiseen sekä hankautuessa että muilla mekanismeilla, syntyneen varauksen purkautumisnopeuteen johtumalla tai koronapurkauksilla, maadoitusten yhtenäisyyteen kokonaisuudessa vaatteessa, erityisesti vaateen saumojen yli, ja materiaalin taipumukseen tuottaa sytyttäviä kipinöitä. On myös huomioitava, että elektroniikka vaurioituu huomattavasti pienemmillä purkausenergioilla, kuin mitkä aiheuttavat syttymisvaaraa. (Heikkilä 2001)

Tekstiilien ominaisuudet voivat muuttua käytön ja huollon vaikutuksesta. Esimerkiksi tutkimusten perusteella polyesteri-puuvillasekoitteen varautumistaipumus voi lisääntyä käytön ja pesujen vaikutuksesta. Syyksi esitettiin puuvillakuidun irtoamista kankaan pinnasta rasituksen vaikutuksesta, jolloin pintaan jäi miltei pelkästään polyesteriä. Materiaaleissa olevat johtavat kuidut voivat pesujen vaikutuksesta katkeilla tai murentua. Varsinkin sähköistymättömyyttä vaativissa ympäristöissä tulisi säännöllisesti tarkkailla ESD-vaatteiden toimivuutta materiaalien ominaisuuksien muuttumisen varalta. (Heikkilä 2001)

Helikopterin varautumisen tutkimuksen yhteydessä on mitattu myös helikopterimekaanikkojen varustuksen staattista varautuvuutta. Erilaisilla asukokonaisuuksilla mitattuja potentiaalieroja verrattiin standardien asettamiin raja-arvoihin. Kaikissa mittaustilanteissa helikopterin sisällä liikkuvan henkilöstön sähköstaattinen varautuminen oli riittävän pientä ammusten kuljettamiseen standardin STANAG 4235:n mukaisesti. Tietyillä mekaanikon varusteilla varautuminen ylittää AECTP250:n raja-arvot, mikä saattaa aiheuttaa vaurioita elektronisille laitteille. Esimerkkinä mitatuista asukokonaisuuksista oli t-paita, housut, välipusero ja työjalkineet. Mittauksissa korkein mitattu potentiaali tälle vaateyhdistelmälle oli -1150 V. Toinen mitattu asukokonaisuus oli sadeasu ja saappaat, jolla korkein mitattu potentiaali oli -1950 V. Kaikkia lentoteknillisen henkilöstön varusteita ei mitattu, joten varusteiden varautumista ei voida kattavasti vertailla. (Kalliohaka et al. 2011)

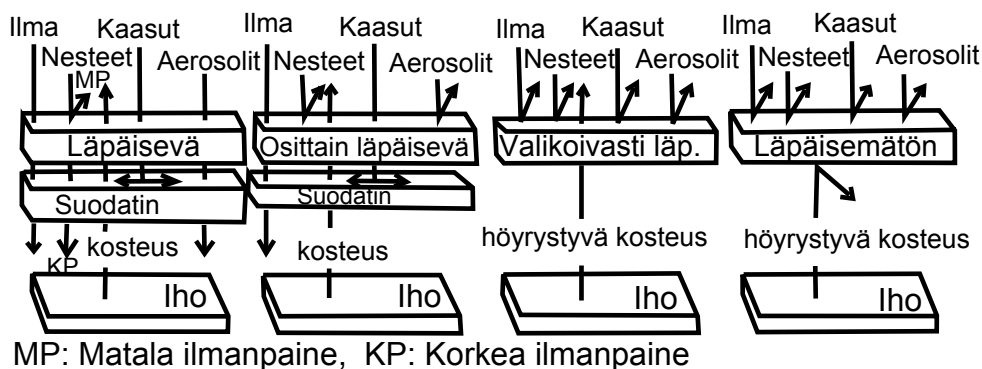
Tällä hetkellä lentoteknillisen henkilöstön varusteista ESD-tuotteita ovat kengät ja ESD-pohjalliset. Varustuksesta haluttaisiin paremmin sähköä johtava, sillä lentokoneisiin on tullut yhä enemmän herkkää elektroniikkaa. Lentokoneet varautuvat lennettäessä, jolloin koneen laskeuduttua mekaanikko purkaa varauksen tarkoitukseen kehitetyllä välineellä ennen kuin koneeseen kosketaan. Joulukuussa tapahtui Karjalan lennostossa staattisen varauksen aiheuttama kemikaalin syttyminen, jota

selvitettiin työn päättyessä. Luultavasti onnettomuuden myötä staattiseen varaukseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota varustusta päivitettäessä.

2.4 Kemikaalit

Kemikaalin joutuessa iholle ihon sarveiskerros estää kemikaalia tunkeutumasta elimistöön. Sarveiskerroksen paksuus ja rakenne vaihtelevat vartalon eri osissa, minkä takia kemikaalin kyky läpäistä ihoa vaihtelee. Esimerkiksi kasvoilta, päänahasta, kainaloista ja sukupuolielinten pinnalta kemikaalit imeytyvät jopa 40 kertaa nopeammin kuin kämmenen iholta. Myös kostea, vaatteiden alla hautunut, karkeista vaatteista hankautunut tai ihottuman tai muun sairauden vaurioittama iho päästää kemikaaleja lävitseen herkemmin kuin terve iho. Tavallisimmin kemikaaleja joutuu iholle nesteinä roiskeina, tahriintuneista työvaatteista, ilmasta tai kosketeltavista pinnoista. (Mäkinen et al. 1996)

Kemikaaleilta suojaautumisessa viimeinen vaihtoehto on käyttää kemikaalinsuojapukua (Chemical Protective Clothing, CPC), joita on saatavissa eri suojaavuusasteilla. Mikään suojaapuku ei kuitenkaan voi täysin eristää kemikaalien uhkalta. Riskiä on ensin vähennettävä mahdollisuuksien mukaan käyttämällä vähemmän vaarallisia kemikaaleja ja lisäämällä prosessien automaatiota. Ei ole mahdollista saada geneeristä, kaikilta kemikaaleilta suojaavaa asua, vaan puvut suojaavat vain tarkkaan rajattua kemikaaliryhmää vastaan. Kriittisiä tekijöitä kemikaalinsuojapukua suunniteltaessa ovat kemikaalien ja nesteiden läpäisykyky ja puvun ominaisuudet sen tyypillisessä toimintaympäristössä. (Scott 2005)



Kuva 2.6: Kemikaalinsuojapukujen materiaalityypit: läpäisevä, osittain läpäisevä, valikoivasti läpäisevä ja läpäisemätön materiaali. (Scott 2005)

On olemassa neljän tyyppisiä kemikaalinsuojamateriaaleja: läpäiseviä, osittain läpäiseviä, valikoivasti läpäiseviä ja läpäisemättömiä. Kaaviokuva materiaalien toimintatavoista on esitetty kuvassa 2.6. Läpäisevät materiaalit sisältävät useimmiten kudotun päälliskankaan, kerroksen suodatinmateriaalia, kuten aktiivihiehellä kyllästettyä huopaa, ja vuorimateriaalin. Suodatin imee itsensä päälliskankaan lävitse

päässeet myrkylliset kemikaalihöyryt. Päällismateriaali usein viimeistellään nesteitä läpäisemättömiksi. (Scott 2005) Aktiivihiilipuvuissa aktiivihiilikerros on puvun välikerroksena tai erillisenä väliasuna. Aktiivihiiltä voidaan käyttää esimerkiksi polyuretaanivaahtoon imeytettynä, granulaattina ohueen materiaaliin kiinnitettynä tai kahden materiaalin välissä tai kuituna kahden materiaalin välissä. (Anttonen & Vuori 1995)

Kemikaalinsuojapuvuissa osittain läpäisevät materiaalit voidaan jakaa kahteen ryhmään: huokosiin ja diffuusiokalvollisiin. Huukoisia materiaaleja on saatavissa erikokoisilla huokosilla. Valikoivasti läpäisevät materiaalit ovat ohuita, kevyitä ja joustavia materiaaleja, jotka päästävät iholta höyrystyvän kosteuden poistumaan puvun sisältä, jolloin käyttäjä pysyy viileämpänä. Valikoiva suojausmekanismi perustuu valikoivaan diffuusioon. Läpäisemättömät materiaalit, kuten kumi ja neopreeni, eivät hengitä, mutta suojaavat hyvin kemikaaleilta. Läpäisemättömän suojapuvun käyttö pitkiä aikoja, varsinkin erittäin kuumissa tai kylmissä olosuhteissa, on erittäin vaikeaa muodostuvan kosteuden jäädessä puvun sisään. (Scott 2005)

Lentoteknillisen henkilöstön varustuksessa kemikaalit on huomioitu tarjoamalla erilaisia suojakäsineitä, hengityssuojaimia ja kemikaalinsuojapukua (DuPont Tychem). Varustukseen kuuluvien kengänpohjien tulee kestää petroolikemikaaleja haperumatta. Varustukseen valituilla materiaaleilla on tehty kemikaalintahroille pesukokeita, jotta valittaisiin mahdollisimman hyvin kemikaalintahroista pesuissa puhdistuvat kankaat.

2.5 Palonkesto

Useimmat palosuojaamattomat tekstiilit syttyvät helposti ja palo leviää niissä nopeasti. Huoneistopaloissa uhrin kuolevat lähinnä savukaasumyrkytykseen, mutta vaatepaloissa 99 % vahingoista on palovammoja. Tekstiilien palamistapahtuma voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen, jotka ovat syttyminen, palaminen ja sammuminen. Palamisvaiheessa liekit etenevät tekstiilissä, lämpöä vapautuu ja muodostuu savua. Kaikkien tekstiilien palamisprosessi ei kuitenkaan ole samanlainen. Esimerkiksi syttymisherkkyyksissä ja palamisnopeuksissa on eroja. Myös palaessa vapautuvan lämmön, savun ja myrkyllisten kaasujen määrä vaihtelee. Syttymisen edellytyksenä on, että materiaali on kuumentunut lämpötilaan, jossa tapahtuu materiaalin hajoaminen haihtuviksi ja palamiskykyisiksi yhdisteiksi. Kohdistettaessa lämpöenergiaa materiaaliin, siitä haihtuu ensin kosteutta, lisäaineet voivat kaasuuntua ja materiaali mahdollisesti sulaa. Seuraavaksi polymeeriketjujen katkeillessa materiaali alkaa hajota. Tekstiilikuidun kemiallinen rakenne vaikuttaa siihen, mitä yhdisteitä palaessa vapautuu. (Ryynänen et al. 2001)

Materiaalin kemiallista hajoamista lämmön vaikutuksesta ilman hapettumista kutsutaan pyrolyysiksi. Tekstiilin syttymisessä merkittävin tekijä on materiaalin

kuitusisältö. Materiaalit, jotka kutistuvat ja sulavat kuumuuden vaikutuksesta, eivät syty helposti. Tällöin materiaali sulaa nopeasti kauemmas pois sytytyslähteen vaikutusalueelta eikä pyrolyysi ehdi käynnistyä. Syttymisherkkyys riippuu myös tekstiilin rakenteesta, sillä pinnan lämpenemisnopeus pyrolyysilämpötilaan riippuu pintakerroksen rakenteesta, sen tiheydestä ja eristyskyvystä. Tiivis, paksu ja painava materiaali syttyy hitaammin kuin ohut ja kevyt. Pitkänukkainen pinta saattaa syttyä erittäin nopeasti, sillä kankaan perusrakenteesta erillään olevat ohuet kuidut lämpenevät nopeasti syttymislämpötilaan. Tekstiilin palaessa siitä vapautuu lämpöä. Osa palamisessa vapautuvasta lämmöstä virtaa ympäristöön ja osa tunkeutuu materiaaliin voimistaen käynnistynyttä pyrolyysiä. Alkuvaiheiden jälkeen materiaali joko jatkaa palamistaan tai palo sammuu palamisprosessin energiatasapainon mukaan. Materiaali pystyy itsenäisesti jatkamaan palamistaan vain, jos palaessa vapautuva energiamäärä on yhtä suuri tai suurempi, kuin palamistapahtuman alkamisen vaatima energiamäärä. (Ryynänen et al. 2001)

Syttyvyyden yhtenä kriteerinä on käytetty happi-indeksiä, eli LOI-arvoa (Limiting Oxygen Index). LOI-arvo ilmoittaa happipitoisuuden happi-typiseoksessa, joka tarvitaan aineen tasaiseen itsenäiseen palamiseen ylhäältä alaspäin standardin mukaisessa laitteistossa. Mitä pienempi materiaalille annettu LOI-arvo on, sitä helpommin materiaali syttyy. Koska ilman happipitoisuus on noin 21 %, voidaan ajatella, että materiaalit, joiden LOI-arvo on selvästi yli 21, eivät syty helposti normaali-ilmassa. Palosuojauksella voidaan nostaa kuitujen LOI-arvoja keskimäärin noin 10 %:lla. (Ryynänen et al. 2001)

Tarkasteltaessa tekstiilien palonkestoa voidaan kuidut luokitella kolmeen luokkaan: luontaisesti palamattomiin, palamattomiksi käsiteltyihin ja palaviin. Palamattomiksi käsitellyt kuidut käsitellään palonsuoja-aineilla, jotka vaikuttavat palamistapahtumaan. Kuumuudessa useimmat palonsuojakankaat muuttavat väriään, hiiltävät, haurastuvat tai sulavat ja voivat jopa kyteä tai liekehtiä. Palonsuojaus usein myös jonkin verran muuttaa kankaan ominaisuuksia: tuntu voi karhentua sekä lujuus, ommeltavuus ja varautumattomuus voivat heiketä. Jälkikäteen tehty palonsuojaus kestää useita pesuja, mutta ei ole ikuinen. Mitä useampia viimeistyksiä kankaalle tehdään, sitä vähemmän sen lopullisista käyttöominaisuuksista tiedetään, sillä ne saattavat muuttua yllättävästi eri viimeistysaineiden yhteisvaikutuksesta. (Mäkinen et al. 1996)

Tekstiilien palonsuoja-aineilla vaikutetaan tekstiilin syttymisherkkyteen. Palonsuoja-aine voi vaikuttaa tekstiiliin useilla eri tavoilla. Palonsuoja-aine voi sitoa lämpöä niin, ettei tekstiilin syttymislämpötilaa saavuteta, tai tekstiili voi hiiltä ennen kuin syttymislämpötila saavutetaan. Syntynyt hiiltymä ei pala. Palonsuoja-aine voi myös ohjata tekstiilin hajoamista siten, että siitä syntyy vähemmän palavia kaasuja tai syntyy kaasuja, jotka estävät tekstiilin hapen saannin ja siten palamisen. (Ryynänen

et al. 2001)

Syttymisen tapahduttua on liekkien leviämisenopeus palon vaarallisuuden kannalta ratkaisevaa. Samanrakenteisista ja -painoisista kankaista palavat nopeimmin akryyli- ja selluloosakuituiset kankaat, joihin kuuluvat puuvilla, pellava, viskoosi, asetaatti, modaali ja lyocell. Polyesteri, polyamidi ja villa palavat hitaammin. Yleisimmät synteettiset kuidut, kuten polyesteri ja polyamidi, kuitenkin sulavat kuumuuden vaikutuksesta. Sulaminen on paloturvallisuuden kannalta sekä hyvä että huono ominaisuus. Kankaan sulaessa se vetäytyy pois päin sytytyslähteestä. Sulavan materiaalin palo voi sammua esimerkiksi siten, että palava osa putoaa yksinkertaisesti pois. Tosin putoava aines voi sytyttää alustan, jolle se putoaa. Vaatetusmateriaalien sulaminen on useimmissa tapauksissa vaarallista. Sulan kuitumateriaalin lämpötila on usein yli 250 °C, ja pisaroiden joutuessa iholle ne tarttuvat ihoon ja johtavat nopeasti lämpöä aiheuttaen vakavia palovammoja. (Ryynänen et al. 2001)

Palossa muodostuva savu haittaa näkyvyyttä ja hengittämistä sekä ärsyttää silmiä. Savukaasut voivat lamauttaa elintoimintoja jo pieninä pitoisuuksina. Savumyrkytysten tavallisin aiheuttaja on häkä (hiilimonoksidi, CO), joka on hajuton ja väritön kaasu. Häkää muodostuu aina materiaalien palossa. Häkää muodostuu sitä enemmän, mitä vähemmän ympäröivässä ilmassa on happea. Palaessa muodostuu aina myös savua ja myrkyllisiä palokaasuja, mutta niiden määrä ja laatu vaihtelevat. Palamisessa syntyvän savun ja palokaasujen määrään vaikuttaa eniten palavan aineen kemiallinen rakenne, mutta myös ilman ja materiaalin kosteuspitoisuus, happipitoisuus ja ilmavirtaukset. Palonsuoja-aineet pienentävät tekstiilin syttymisherkkyttä, mutta lisäävät yleensä huomattavasti savun määrää. Savun syntymisnopeus on olennaista henkilöiden pelastautumisen kannalta. (Ryynänen et al. 2001)

Palamisvaiheessa vapautuu suuri määrä lämpöä. Mitä enemmän lämpöä vapautuu, sitä suurempi on lähiympäristön syttymisvaara eli palon leviämisvaara. Vaatetuksen palaessa siitä vapautuva lämpö aiheuttaa iholle palovammoja. Palovammojen vaikeusaste riippuu materiaalin palamislämmöstä ja lämmön kehittymisnopeudesta. Pahoja palovammoja syntyy etenkin silloin, kun lähinnä ihoa oleva vaatetusmateriaali on sulavaa. Palovammoja alkaa muodostua, kun iho ei enää verenkierron ja lämmönjohtumisen avulla pysty siirtämään ylimääräistä lämpöä pois yhtä nopeasti kuin lämpöä tulee. (Ryynänen et al. 2001)

Palovammat jaetaan vakavuutensa mukaan kolmeen eri luokkaan. Ensimmäisen asteen palovamma on harmittomin. Tällöin palaneen ihon pinta punottaa. Punoitus alkaa kudoslämpötilan ollessa 36–44 °C. Kudosten lämpötilan noustessa yli 44 °C alkaa iho punoittaa yhä voimakkaammin ja iho tuntee kipua. Toiseen asteen palovammassa koko orvaskesi, eli ihon pintakerros, vaurioituu ja irtoaa verinahasta, jolloin muodostuu rakkuloita. Toisen asteen palovammoja alkaa muodostua, kun kudoslämpötila nousee 51 °C:een. Ensimmäisen ja toisen asteen palovammat para-

nevat yleensä itsestään. Yli 60°C:n kudoslämpötilassa alkaa muodostua kolmannen asteen palovammoja, joissa ihon sisemmätkin kerrokset vaurioituvat. Jos kudoslämpötila nousee yli 72°C:een, tapahtuu ihossa niin suuria muutoksia, ettei se kykene itse enää uusiutumaan, vaan tarvitaan ihonsiirtoja. Jos toisen ja kolmannen asteen palovammat ylittävät 15–20 % kehon pinta-alasta, vaaditaan jo pitkäaikaista sairaalahoidoa. (Ryynänen et al. 2001)

Käsittelmällä tekstiiliä palonsuoja-aineilla voidaan se saada pysyvästi tai väliaikaisesti palosuojatuksi. Pysyvästi palonsuojattuja ovat luontaisesti paloturvalliset kuidut, paloturvallisiksi modifioidut kuidut ja pysyvillä palonsuoja-aineilla viimeistelty kangas. Pysyvästi palonsuojatuissa tekstiileissä suojaus kestää tuotteen koko käyttöiän, kunhan hoito-ohjeita noudatetaan. Luonnostaan paloturvallisia kuituja ovat aramidit, polyimidit, polybentsimidatsole (PBI), klorokuidut, fenolikuidut ja hiillytetyt kuidut. (Ryynänen et al. 2001)

Aramidit ovat kemialliselta rakenteeltaan aromaattisia polyamideja. Yksi tunnetuimmista aramidin kauppanimistä on Nomex. Aramidi kestää hyvin kuumuutta, eikä sula, vaan hiiltyy 430°C:ssa. Aramidin huonona puolena on sen hinta, värjäysominaisuudet ja sen tarttuminen sulana olevaan metalliin. Aramidia käytetään paljon tulelta suojaavissa vaatteissa, kuten palopuvuissa, kilpa-autoilijoiden ajohaalareissa ja sotilasvaatteissa. Polyimidikuidut ovat kaikilta ominaisuuksiltaan hyvin lähellä aramideja. Polyimidi kestää mekaanisten ominaisuuksien muuttumatta 260°C:n lämpötilaa, ja kuidun hajoaminen alkaa vasta noin 500°C:n lämpötilassa. Silloinkaan se ei sula vaan hiiltyy. Tunnultaan polyimidi on pehmeä ja silkkimäinen, ja siksi sitä käytetään paljon kuumuudelta suojaavissa alusasuisissa sellaisenaan tai sekoitteena palosuojatun viskoosin kanssa. (Ryynänen et al. 2001)

Paloturvalliseksi modifioituja kuituja valmistetaan lisäämällä palonsuojausta parantavaa ainetta kuidun valmistuksen yhteydessä, jolloin yhdiste liitetään suojattavan kuidun polymeeriketjuun. Paloturvalliseksi modifioituja kuituja ovat muunmuassa modakryylikuidut, palonsuojattu polyesteri, palonsuojattu viskoosi ja polylaktidi. Modakryylikuituja valmistetaan lisäämällä akryyliin klooria sisältäviä yhdisteitä. Modakryylikuidut syttyvät vaikeasti, mutta kutistuvat voimakkaasti kuumuuden vaikutuksesta ja hiiltyvät. Palonsuojattu polyesteri valmistetaan liittämällä fosforiorganinen yhdiste polyesterimolekyyliin. Palonsuojattu polyesteri on vaikeasti syttyvä, mutta se sulaa kuumuuden vaikutuksesta. Palonsuojatuista polyesteristä yleisin on Trevira CS, joka ei kestä kovin pitkää varastointia, vaan vaatii säännöllistä pesurytmiä. Toinen varastointia kestävä käsittely on pyrovatex puuvillalle. Palonsuojattua viskoosia valmistetaan modifioimalla piihapolla selluloosakuitua. Polylaktidikuituja käytetään lähinnä sisustustekstiileissä. (Ryynänen et al. 2001)

Esimerkki tekstiileille tehtävistä palonsuojakäsittelyistä on puuvillalle tehtävä Proban-käsittely, jossa puuvilla käsitellään fosfoniumkloridi (tetrakis(hydroksime-

tyyli)fosfoniumkloridi, THPC) -johdannaisella. Palonsuojamekanismi toimii sitomalla palamisessa vapautuvia vapaita radikaaleja, jotta palamisen ketjureaktio keskeytyy. (Goldman & Kampmann 2007)

Kaikki paloturvalliset viimeistykset eivät ole pysyviä. Palonsuoja-aine voi huuhtoutua pois pesussa, tai se voi menettää tehoaan käytössä, esimerkiksi kosteuden vaikutuksesta. Viimeistysaineiden kanssa tärkeintä on noudattaa tuotteen pesuohjetta, jotta käsittely säilyisi mahdollisimman tehokkaana. Palonsuojakemikaalit voivat muuttaa tekstiilin muita ominaisuuksia, kuten lujuutta, tuntua, väriä, siliävyyttä ja kutistuvuutta. Luonnonkuiduille viimeistyskäsittelyt ovat ainoa vaihtoehto niiden muuttamiseksi paloturvalliseksi. Esimerkiksi puuvillalle tehtäviä paloturvallisuusviimeistyksiä ovat Proban- ja Pyrovatex-käsittelyt. Kankaan jälkikäsittelynä tehtävät palosuojaukset tehdään ruiskuttamalla tai upottamalla tuote palonsuoja-aineeseen. (Ryynänen et al. 2001)

Tilapäisluonteinen jälkikäsittely tulee kysymykseen silloin, kun tekstiili ei todennäköisesti joudu tekemisiin veden kanssa. Tilapäinen suojaus kestää, kunnes tuote pestään tai se joutuu kosteuden kanssa tekemisiin. Yleisimmät tilapäisten palosuoja-käsittelyiden käyttökohteet ovat messujen ja näyttelyiden sisusteissa ja somisteissa. Valmiin kankaan jälkikäsittelynä tehtävät palosuojaukset tehdään ruiskuttamalla tai upottamalla tuote palonsuoja-aineeseen. (Ryynänen et al. 2001)

Monet palonsuoja-aineet ovat myrkyllisiä. Tekstiilien palonsuoja-aineet sisältävät usein typpeä, rikkiä, piitä, fosforia tai halogeeneja. Vähemmän vaarallisia suoja-aineita kehitetään kuitenkin jatkuvasti. Palonsuojakäsittelyt kärsivät vääränlaisesta hoidosta ja käytöstä. Palonsuojattuihin tuotteisiin ei tulisi lisätä muita kemikaaleja valmistajan tuotteeseen lisäämien aineiden lisäksi. Huollon yhteydessä tuote tulisi huuhdella niin hyvin, että varsinkin palonsuojausta heikentävät pinta-aktiiviset aineet poistuvat täysin. Huollossa tulisikin välttää huuhtelu- ja muiden viimeistely-aineiden käyttöä. (Ryynänen et al. 2001) Saippuapohjaiset pesuaineet eivät sovelu palonsuojattujen vaatteiden pesuun, sillä kovassa vedessä kalkkisaippua saostuu kankaaseen, jolloin tuotteesta tulee helpommin syttyvä. Rasvaisen lian poistoon voidaan käyttää etanolitensidiä, ja hyvin rasvaiset puvut kannattaa pestä kemiallisesti. (Ilmarinen et al. 1994)

Tulelta tai kuumuudelta suojaavissa työvaatteissa on käytettävä paloturvallisia erikoiskuituja tai pysyvästi palosuojattuja materiaaleja. Palolta suojauduttaessa paloturvallisuuden optimointi on tärkeää. Optimaalinen paloturvallisuustaso ei kuitenkaan tarkoita mahdollisimman korkeaa paloturvallisuustasoa, vaan riittävän hyvää paloturvallisuutta kyseessä olevan työn tai tilan kannalta. Työntekijän suojaaminen tarpeettoman korkean paloturvallisuustason vaatetuksella lisää turhaan fyysistä kuormittavuutta ja voi aiheuttaa muita vaaratekijöitä. (Ryynänen et al. 2001) Palovaikutusten vähentäminen tai estäminen asettaa vaatetukselle vaatimuksia, jolloin

vaatetuksen pintakerros on pyrittävä valmistamaan vaikeasti syttyvästä tai huonosti paloa ylläpitävästä materiaalista, alusvaatetuksessa tulee välttää helposti sulavia materiaaleja ja vaatetuksen tulee koostua useasta vaatekerroksesta. (Anttonen & Vuori 1995)

Palosuojatuissa vaatteissa voidaan hyödyntää erilaisia rakenteita. Esimerkiksi kerrasto voidaan tehdä kaksipuoleisesta neuloksesta, jossa sisäpinta on kosteutta siirtävää aramidia ja ulkopinta kosteutta imevää villaa. Suojaavuutta tulelta ja kuumuudelta voidaan lisätä, jos alus- ja välivaatteet ovat kuumuusrasituksessa erityyppisesti käyttäytyviä materiaaleja. Kun ihoa lähinnä oleva alusasu on hiiltävää materiaalia, voi väliasu olla palosuojattua tekokuitua, joka voi sulaa kovassa kuumuudessa. Materiaalin sulaminen sitoo energiaa, jolloin iholle kohdistuva kuumuus vähenee ja aika palovammojen muodostumiseen pitenee. (Ilmarinen et al. 1994)

Vaatetus suojaa palovammoilta. Suoja on suurimmillaan, kun vaatteet peittävät mahdollisen suuren pinta-alan vartalosta. Vaatekerrosten välissä oleva ilmakerros eristää kylmän lisäksi myös kuumalta. Kaikista tehokkain ilmakerroksen paksuus on 4 mm. Tätä ohuempi ilmakerros ei enää ole yhtä eristävä, ja paksumpi ilmakerros liikuttaa enemmän kuumaa ilmaa. Vaatetuksen olisi hyvä koostua vähintään kahdesta vaatekerroksesta, jotta eristävää ilmaa on vaatteiden välissä tarpeeksi. (Goldman & Kampmann 2007)

Lentoteknillisen henkilöstön varustuksessa palovaara on huomioitu paloturvallisessa kerrastossa. Varustuksesta haluttaisiin vielä paremmin kuumuutta kestävä, sillä lentokoneiden pinnat voivat kuumentua satoihin asteisiin koneiden käydessä. Tällä hetkellä varsinkin talvivaatteet eivät ole sulamattomia, mutta koska riskit tiedostetaan, on vahinkoja tullut vain harvoin.

2.6 Kosteus

Kastuminen on vaatteen ulkoista ja sisäistä kastumista. Ulkoisella kastumisella tarkoitetaan sadetta ja sisäisellä kastumisella hikoilua. Ohuet, rakenteeltaan avoimet kankaat päästävät lävitseen helposti paljon vesihöyryä. Kosteutta siirtyy kankaan sisäpinnalta ulkopinnalle kankaan rakenteessa olevista aukoista diffuusion avulla, kuituun imeytyneenä tai kuidun pintaa pitkin kulkeutuen. Kankaan ulkopinnalta kosteus haihtuu ilmaan. Vesihöyry pääsee kulkeutumaan nopeammin ohuen ja harvan kuin paksun ja tiiviin kankaan lävitse. Vesihöyry vapauttaa lämpöä imeytyessään kuituun, kun taas haihtuminen kuidusta sitoo lämpöä. Kuituun imeytyvä kosteus voi olla hikihöyryä tai ulkoista kosteutta. Erityisesti villa, viskoosi ja puuvilla imevät kosteutta ilmasta. Kostuvat vaatteet voivat tuntua lämpimiltä, koska lämmön vapautuminen hidastaa lämmönvaihtelujen synnyttämiä epämiellyttäviä lämpötuntemuksia. (Mäkinen et al. 1996)

Kastellessaan vaatteet vesi jäähdyttää ihmistä nopeasti. Veden lämmönjohtavuus

on 25-kertainen yhtä lämpimään ilmaan verrattuna. Sadevedestä (rain chill) tai hiestä kostuneet vaatteet eivät enää eristä läheskään yhtä hyvin kuin kuivat. (Ilmarinen et al. 2011)

Fysiikan lakien mukaan vesihöyry tiivistyy vedeksi siinä kankaan kerroksessa, jossa lämpötila on riittävän alhainen. Kylmissä oloissa tämä tarkoittaa sitä, että hikoilusta tuleva vesihöyry tiivistyy vedeksi jossain vaatekerrosten välissä tai vaatekerroksen sisässä. Mitä kylmempi ulkoilma on, sitä suurempi osuus haihtuneesta hiestä jää vaatekukseen. Raskaassa urheilu suorituksessa tiivistyneet hikipisarot usein jopa jäätyvät päällysvaateen sisäpintaan kovalla pakkasella. Kalvollisissa tekstiileissä kosteus siirtyy tekstiilin läpi aina kosteammasta kuivempaan suuntaan. Yleensä vaateen sisällä vesihöyryn osapaine on suurempi kuin vaateen ulkopuolella. Istuttaessa täysin märälle alustalle voi vesihöyryn siirtyminen tapahtua toiseen suuntaan. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Vaate voi sitoa vettä joko ilmassa olevasta vesihöyrystä tai koskettamalla vettä. Materiaalin kyky sitoa itseensä vettä ilmoitetaan painonmuutoksena kuivapainoon nähden. Materiaalin kyky siirtää kosteutta riippuu materiaalissa olevista kapillaarivoimista ja materiaalin pinnan kastumisominaisuuksista. Myös materiaalin rakenne kosteuden etenemissuuntaan vaikuttaa materiaalin kosteudensiirtokykyyn. (Anttonen & Vuori 1995)

Vaikka laminoitu kangas onkin vedenpitävä, heikkenee kankaan pinnan vedenhylkivyyksi vähitellen pesuissa. Tällöin kankaan pinta kastuu sateesta. Kankaan pinnan kastuminen ei kuitenkaan heikennä laminoidun kankaan vedenpitävyyttä, mutta kankaan hengittävyys vähenee oleellisesti, koska vesihöyry siirtyy huonosti märän pinnan läpi. Standardi EN 20811 käsittelee tekstiilien vesitiiviyyden määrittämistä ja hydrostaattisen paineen kestoa. Kuumassa ja kosteassa höyrynpaine-ero ei välttämättä riitä siirtämään kosteutta pois vaateen sisältä. Tällöin hiki ei pääse haihtumaan, vaan tiivistyy materiaalin sisäpintaan ja vaate kastuu sisältäpäin. Vesihöyryn haihtumista voidaan nopeuttaa lisäämällä vaateen sisäistä tuuletusta. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Hengittämätön sadeasu lisää työn aiheuttamaa kuormitusta. Sadeasusta johtuva lisäkuormitus riippuu ennen kaikkea fyysisen työn tasosta ja ympäristöoloista. Lämpimässä lämpökuorma rajoittaa työn tekemistä. Viileällä vaatteisiin kondensoituva kosteus aiheuttaa ongelmia, sillä se vähentää vaatekukseen lämmöneristävyyttä ja lisää lämmönhukkaa. (Anttonen & Vuori 1995)

Jalat hikoilevat ihmisellä aina jonkin verran säästä riippumatta. Tällöin sukkiin ja kenkiin on pystyttävä käsittelemään niihin siirtynyt kosteus. Jos kosteus ei pääse siirtymään pois jalan iholta, jalan iho alkaa kosteuden vaikutuksesta pehmenyä. Pehmeään ihoon muodostuu helpommin rakkoja ja hiertymiä. Kosteus siirtyy kengästä sukanvarteen diffuusion ja pumppauksen ansiosta. Kosteus pääsee vapaas-

ti haihtumaan sukanvarresta tai kengän materiaalin lävitse. Kuivat sukat eristävät lämpöä huomattavasti paremmin kuin kosteat. Sukkien eristyskyky on elintärkeä varsinkin talvisaikaan. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006)

Lentoteknillinen henkilöstö pukee päälleen vesisateella sadeasun. Hikoilusta syntyvää kosteutta siirtää kauemmas iholta kosteutta siirtävä aluskerrasto. Sateenpitäviä kenkiä tai hansikkaita varustukseen ei vielä kuulu.

2.7 Melu ja värinä

Melulle altistuminen voi aiheuttaa kuulovamman, kuulon huonontumista ja välillisesti tapaturmavaaraa. Melu myös häiritsee ja haittaa puheviestintää. Yleisesti koneen aiheuttaman äänen syntymiseen ja laatuun vaikuttavat koneen ominaisuudet, muotoilu ja valmistusmateriaali. Kun taas koneen ympäristö, johon luetaan koneen alusta, muut koneet sekä työtilan koko ja muoto, vaikuttaa melun laatuun ja etenemiseen. Melun lähteitä koneissa ovat värähtelevät kiinteät pinnat sekä nesteiden ja kaasujen virtaukset. (Riikonen et al. 2006) Lentoteknillisen henkilöstö työssä merkittävin melun lähde on lentokoneet, joita lähetetään ja vastaanotetaan ja jota joskus joudutaan huoltamaan lentokoneiden moottoreiden ollessa käynnissä. Lentokoneista lähtevä melu on lähinnä matalataajuuksista melua.

Kuulosuojainten käyttö tulisi olla vasta toissijainen meluntorjuntakeino. Ensimmäisessä melua tulisi vaimentaa muilla teknisillä keinoilla niin, ettei melua pääse syntymään tai ettei melu pääse etenemään työskentelyalueelle. Meluntorjunta on huomattavasti halvempaa ja helpompaa koneiden suunnitteluvaiheessa kuin jälkikäteen mietittynä. Valmiisiin rakenteisiin, koneisiin ja laitteisiin melun torjumiseksi tehtävät muutokset ovat kalliita ja hankalia toteuttaa. (Riikonen et al. 2006)

Melun torjunnassa ensin selvitetään melun lähteet ja melulle altistuminen sekä mitataan melun taajuusjakauma. Melumittauksia tekee esimerkiksi työterveyslaitos. Mittaustietojen lisäksi kerätään tietoa melun syntytyavoista, etenemisestä, kaiunnasta, käytettyjen materiaalien meluneristävyydestä, melun voimakkuudesta tilan eri osissa sekä aikaisemmista melun torjuntakeinoista ja niiden toimivuudesta. Vasta laajan selvityksen jälkeen voidaan lähteä etsimään melun torjuntakeinoja ja arvioida eri keinoilla saavutettavia tuloksia. (Riikonen et al. 2006)

Melun teknisiä torjuntakeinoja on vaihtaa kone hiljaisempaan, muuttaa tuotantomenetelmä, työ, työtapaa tai prosessi hiljaisemmaksi tai lyhentää melulle altistumisaikaa. Lentokoneen vaihtaminen tulee harvoin kysymykseen, mutta työtapaa ja altistumisaikaa voidaan tarkistaa. Koneissa ja rakenteissa voidaan vaimentaa melunlähteitä, katkaista melun siirtoteitä, vaimentaa pintojen äänisäteilyä, värinäeristää koneita rakenteista tai koteloida koneita kokonaan tai osittain. Lentokoneelle jälkeinpäin tehtävät muutostyöt tulevat harvoin kysymykseen. Työtiloihin voidaan rakentaa väliseiniä, seinäkkeitä tai valvomoita, vaimentaa kaikumista, sijoittaa työ-

pisteitä hiljaisempiin paikkoihin tai viimekädessä käyttää henkilösuojaimia. Seinäkkeet vähentävät melun siirtymistä tilassa, kaikuisuutta, melun häiritsevyyttä ja parantavat puheen ymmärrettävyyttä. Seinäke vaimentaa tehokkaasti korkeataajuisia melua mutta heikosti pienitaajuisia. (Riikonen et al. 2006)

Lentokoneiden hallien seinien kaikumista voidaan vähentää, mutta valvomoiden rakentaminen tai työpisteiden siirtäminen ei tule kysymykseen. Seinäkkeiden rakentaminen ei ole järkevää, sillä lentokoneista lähtevä melu on pääasiassa matalataajuisia melua. Melua voidaan vähentää lähinnä konehankintojen yhteydessä ja käyttämällä kuulosuojaimia.

Kuulosuojaimia käytettäessä on huomioitava niiden käyttöikä. Kuulosuojainten vaimennustehoa heikentää kupusuojaimen sangan alentunut puristusvoima ja kovettuneet tai rikkiinäiset tiivisterengaat. Puristavat, hiostavat tai korvien lukkiutumisesta aiheuttavat kuulosuojaimet ovat käyttäjälle epämukavat. Suojainten käyttömukavuus voidaan varmistaa koekäyttämällä niitä vaarattomassa melussa. Kuulosuojainten vaimennustehoa pidetään yllä vaihtamalla puristusvoimansa menettänyt tai muotonsa muuttanut sanka ja muotonsa menettänyt, kovettunut, haurastunut, halkeileva tai muuten käyttökelvottomaksi muuttunut tiivisterengas. Standardi EN 352: Hearing protectors kertoo kuulosuojaimista. (Starck et al. 2001)

Tärisevät laitteet ja hyvin kova melu aiheuttavat tärinää. Tärinä voi aiheuttaa elimistönvaurioita, kuten nivelvaurioita, valkosormisuutta ja epämiellyttävää oloa. Tyypillisimpiä tärinän aiheuttajia ovat epäkeskeiset massat, edestakaisin liikkuvat osat, hammaspyörät, pyörteiset kaasua- ja nestevirtaukset ja vialliset laakerit. Suomessa asetettuja raja-arvoja tärinälle ovat käsiin kohdistuvalle tärinälle $5,0 \text{ m/s}^2$ ja koko kehoon kohdistuvalle tärinälle $1,1 \text{ m/s}^2$. Toimenpideraja-arvot ovat vastaavasti $2,5 \text{ m/s}^2$ ja $0,5 \text{ m/s}^2$. (Riikonen et al. 2006)

Lentoteknillisen henkilöstön varustuksessa meluun varaudutaan kupumallisilla kuulosuojaimilla. Kupumallisia kuulosuojaimia on tarjolla kahta erilaista mallia erilaisen sopivuuden vuoksi. Kupusuojaimien meluneristävytyteen vaikuttaa suojaimen jousen puristusvoima ja tiivisteiden kovettuneisuus. Käyttäjä itse vastaa suojaimen toimivuudesta. Tarjolla on myös korvatulppia. Hornetin työympäristössä on tehty melumittauksia, joiden perusteella tiedetään melun määrä ja taajuusjakauma. Melumittauksia tulisi tehdä varsinkin työolojen muuttuessa ja otettaessa käyttöön uusia koneita.

2.8 Näkyvyys

Lentokone- ja helikopterimekaanikkojen näkyvyyttä lentokentillä ja huoltotöissä lisää suojaliivi, joka on valmistettu fluoresoivaksi varjätystä materiaalista ja jossa on takaisinheijastavaa materiaalia. Fluoresoiva materiaali parantaa näkyvyyttä päivällä. Materiaalin atomit tai molekyylit absorboivat päivänvalossa ultraviolettisätei-

lyä ja virittyvät. Viritystilan lauetessa ultraviolettisäteily menettää energiaansa ja sen aallonpituus muuttuu pidemmäksi, näkyväksi valoksi, jolloin heijastuvan valon määrä lisääntyy. Pimeällä fluoresoivat materiaalit ovat tehottomia. Pimeällä näkyvyyttä lisäävät takaisin heijastavat materiaalit, jotka tarvitsevat aina valonlähteen. Materiaalissa valonsäteen heijastumista takaisin ohjaavat pienet prismat tai pienet lasihelmet. (Mäkinen et al. 1996)

Näkyvälle työvaatetukselle on määritelty standardi SFS-EN 471: Näkyvä varoitustuvaatetus ammattikäyttöön, Testausmenetelmät ja vaatimukset. Standardissa on kolme näkyvyysluokkaa 1–3, joista 3 on paras. Luokassa 1 fluoresoivaa materiaalia tulisi olla enemmän kuin $0,14\text{ m}^2$ ja heijastavaa materiaalia enemmän kuin $0,10\text{ m}^2$ tai yhdistettyä fluoresoivaa ja heijastavaa materiaalia enemmän kuin $0,20\text{ m}^2$. Luokan 2 suojaruustuksessa tulee olla fluoresoivaa materiaalia enemmän kuin $0,5\text{ m}^2$ ja heijastavaa materiaalia vähintään $0,13\text{ m}^2$. Luokan 3 suojavaatetuksessa tulisi olla vähintään $0,8\text{ m}^2$ fluoresoivaa materiaalia ja $0,2\text{ m}^2$ heijastavaa materiaalia. Luokkaan 3 kuuluvaa vaatetusta käytetään esimerkiksi liikenteenohjauksessa. Luokkaan 2 tai 3 käytetään ajoteiden varsilla työskenneltäessä. Jos näkyvyyttä tarvitaan vain ajoittain, varoitusliivi riittää näkyvyyden takaamiseksi. Jos näkyvyyttä tarvitaan jatkuvasti on takki ja housut tai haalari paras vaihtoehto. Työasennot, kulkusuunta ja vaatetuksen likaantuminen vaikuttavat näkyvien materiaalien sijoitteluun vaatteissa. (Ilmarinen et al. 2011)

Lentoteknillisen henkilöstön varustuksessa näkyvyyttä on parannettu lisäämällä varustukseen heijastinliivi, jota pidetään päällä hämärässä kentällä liikuttaessa. Heijastimet eivät voi olla kiinteästi sotilaallisessa varustuksessa, sillä muun muassa harjoituksissa näkyvyydestä on haittaa.

2.9 Muut vaatimukset

Lentokone- ja helikopterimekaanikot joutuvat työssään kestäämään useanlaisia vaaratilanteita. Varustuksessa on huomioitava kaiken muun lisäksi ainakin putoamis- ja puristumisvaara. Varustuksesta haluttiin mukava työasu, joka on kevyt pitää päällä ja sallii hankalatkin työasennot. Nykyinen varustus on kompromissi turvallisuuden ja mukavuuden väliltä varusteiden suunnittelun aikaan saatavilla olleista materiaaleista.

Vaatetuksen ergonomia mahdollistaa työssä tarvittavat liikeradat. Käytännössä koko kehon peittävä vaatetus rajoittaa aina jonkin verran ihmisen liikkeitä ja lisää vastusta. Päällysvaatteiden suunnittelussa ja valinnassa on otettava huomioon mahdollisuus lisätä välivaatteita ilman, että työliikkeet estyvät. Vaatekerrosten välinen kitka voi myös vaikuttaa liikeratoihin. Valitut mallit ja materiaalit testataan ja koeikäytetään aina aidoissa olosuhteissa ennen laajempaan käyttöönottoa. (Anttonen & Vuori 1995)



Kuva 2.7: Tyypillisimpiä lentokonemekaanikkojen työasentoja. Kuvat a, b, c ja d on ottanut kesän 2011 sotaharjoituksessa Mikko Malliniemi Kauhavalta, kuvat e ja f on ottanut J. Malkamäki Hallista, kuvan g ja h Ville Tuokko. Kuvat on saatavilla Puolustusvoimien Internet-sivuilta (*Suomen Puolustusvoimat 2011*)

Lentokone- ja helikopterimekaniikoilla monet työtehtävistä on suoritettava hankalissa asennoissa, joissa vaaditaan vaatetukselta hyvää liikevapautta. Liikkumista on pyritty helpottamaan erilaisilla laskoksilla ja väljyyksillä. Tyypillisimpiä työasentoja on esitetty kuvassa 2.7. Kuvista puuttuu polttoainesäiliön huolto.

Lentoteknillisen henkilöstön varusteet huolletaan puolustusvoimien omassa teollisissa pesuloissa. Huolto asettaa vaatetukselle vaatimuksia. Valittujen materiaalien tulee olla riittävän vahvoja (repäisy- ja hankauslujuus) ja saumarakenteiden kestäviä. Tuotteiden tulee olla vesipesukelpoisia, ja kaikilla tuotteen materiaaleilla ja tarvikkeilla tulee olla samat pesuominaisuudet. Lisäksi tuotteen rakenteen tulisi olla sellainen, että osien ja tarvikkeiden korjaus ja vaihto on mahdollisimman helppoa. Kriisivalmiuden takia on tärkeää, että vaatetusmateriaaleilla on riittävät varastointiominaisuudet. Tuotteiden varastointikestävyyden tulisi olla ainakin 15–20 vuotta. (Anttonen & Vuori 1995)

Puolustusvoimien pesuloissa vaatteet pestään suurissa teollisissapesukoneissa joko vesipesussa tai kemiallisessa pesussa. Tavoitteena on, että suurin osa vaatteista voitaisiin pestä vesipesussa. Vesipesu tapahtuu jatkuvatoimisissa automaattisissa pesulinjastoissa, joissa pesun ja huuhtelun lisäksi suoritetaan esikuivaus puristimilla. Varsinainen kuivaus tapahtuu kuivausrummuissa. Pesuohjelmat valitaan pestävän pyykin mukaan. Pesuaineina käytetään normaaleja, ei kirkasteita sisältäviä teollisuuspesuaineita. Voimakkaasti rasvaisen pyykin pesuun voidaan käyttää emulgoivia pesuaineita. Huuhteluaineita käytetään eräiden varusteiden pesussa staattisen sähkön poistamiseen. (Anttonen & Vuori 1995)

Vesipesun ongelmat ovat esi- ja rumpukuivaus. Kuivauspuristin kohtelee pyykkiä varsin kovakouraisesti. Rumpukuivauksessa liian korkeat kuivauslämpötilat aiheuttavat hallitsemattomia mittamuutoksia vaatteissa. Erikoispesua vaativat vaatteet, kuten vanutuotteet, pestään yksikkökoneissa ja esikuivataan lingoilla. Vanutuotteita voidaan pestä vain noin 6–7 kertaa, ennen kuin niiden lämmöneristävyys on olennaisesti huonontunut. (Anttonen & Vuori 1995)

Lentoteknillisen henkilöstön vaatteiden korjaukset tehdään puolustusvoimien pesuloissa pesun yhteydessä. Korjaukset ovat lähinnä repeämien ja reikien paikkaamista sekä resorien, vetoketjujen ja tarrojen vaihtamista. Tavoitteena on tuotteen käyttöarvon ylläpitäminen mahdollisimman hyvänä. Korjauspäätökseen vaikuttaa olennaisesti korjauskustannusten suhde tuotteen rahalliseen käyttöarvoon korjauksen jälkeen.

3. RISKIENKARTOITUS

Diplomityöhön haluttiin liittää yksinkertainen päivitetty riskienkartoitus suojava-rustuksen riittävydestä. Työpisteissä on paikallisesti toteutettu riskienarviointeja. Niiden pohjalta arvioitiin, onko työvaatetuksessa riittävästi huomioitu olemassa olevat riskit. Vertailukohtana on eräs aikaisemmin tehty turvallisuusanalyysi, jonka perusteella on työtoimia tarkastettu.

Riskinarviointi on prosessi, jossa arvioidaan työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle työpaikalla ilmenevästä vaarasta aiheutuva riski. Riski tarkoittaa erilaisia ei-toivottujen tapahtumien todennäköisyyksiä ja niiden seurausten vakavuusarvioin-teja. Vaara tarkoittaa tekijää tai olosuhdetta, joka voi aiheuttaa riskin. Työhygieniä taas tarkoittaa vaaraa tai haittaa aiheuttavien fysikaalisten, kemiallisten ja biolo-gisten tekijöiden tunnistamista, arviointia ja torjuntaa. Työpaikalla työhygieeninen riskinarviointi lähtee haittatekijöiden tunnistamisesta ja merkittävyyden arvioinnis-ta. Seuraavaksi tarkastellaan ammattitautiriskiä tai muuta ei-toivottua vaikutusta, sille altistuvia työntekijöitä, teknistä torjuntaa ja henkilösuojaimia. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Taulukko 3.1: Riskin muuttujien todennäköisyydet ja seurauksien vakavuudet, ja niiden mukaan arvioitavat seuraukset (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Seuraukset/ Todennäköisyys	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	Merkityksetön riski, ei toimenpiteitä	Vähäinen riski, seuranta	Kohtalainen riski, toimenpiteitä tarvitaan
Mahdollinen	Vähäinen riski, seuranta	Kohtalainen riski, toimenpiteitä tarvitaan	Merkittävä riski, toimenpiteet välttämättömiä
Todennäköinen	Kohtalainen riski, Toimenpiteitä tarvitaan	Merkittävä riski, toimenpiteet välttämättömiä	Sietämätön riski, välittömät toimenpiteet

Työhygieenisissä tarkasteluissa terveystorjunnan arvioinnin perustana käytetään yleisesti raja- ja ohjearvoja, jotka pitävät jo sisällään kyseisen altisteen terveystorjunnan arvioin-teja. Riskeistä tehdään arvio, jossa selvitetään riskin todennäköisyys: onko riski hyvin epätodennäköinen, epätodennäköinen vai todennäköinen ja seuraus: onko ris-kin seuraukset lievästi haitallisia, haitallisia vai erittäin haitallisia. Näiden muuttu-

jien perusteella voidaan pohtia, onko riski merkityksetön, vähäinen, kohtalainen vai sietämätön. Vähäinen riski ei edellytä toimia riskin vähentämiseksi, mutta edellyttää kuitenkin seurantaa. Kohtalainen riski edellyttää toimenpiteitä olojen parantamiseksi, mutta vaihtoehtoja voidaan punnita kustannusten kannalta tarkemmin. Jos riski on merkittävä, toimenpiteet ovat välttämättömiä, ja jos riski on sietämätön, töitä ei voida jatkaa ennen kuin toimenpiteet riskien pienentämiseksi on tehty. Riskit ja niistä seuraavat toimenpiteet löytyvät taulukosta 3.1. Riskiä voidaan tarkastella altistekohtaisesti, mutta monialtistustilanteissa on huomioitava yhteisvaikutukset. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Riskien arvioinnissa riskeille ja niiden todennäköisyyksille annetaan sanalliset tai numeeriset arvot. Taulukosta 3.1 saadaan näitä arvoja vastaava riskien merkittävyys seurausten ja todennäköisyyksien perusteella.

Taulukko 3.2: Tarkempi riskitaulukko (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Seuraukset/ Todennäköisyys	Vähäiset, 1	Melko vähäiset, 2	Haitalliset, 3	Vakavat, 4	Erittäin vakavat, 5
Epätodennäköinen, 1	Merkityksetön riski, 1	Vähäinen riski, 2	Vähäinen riski, 3	Vähäinen riski, 4	Kohtalainen riski, 5
Mahdollinen, 2	Vähäinen riski, 2	Vähäinen riski, 4	Kohtalainen riski, 6	Kohtalainen riski, 8	Merkittävä riski, 10
Todennäköinen, 3	Vähäinen riski, 3	Kohtalainen riski, 6	Merkittävä riski, 9	Merkittävä riski, 12	Sietämätön riski, 15
Hyvin todennäköinen, 4	Vähäinen riski, 4	Kohtalainen riski, 8	Merkittävä riski, 12	Sietämätön riski, 16	Sietämätön riski, 20
Varma, 5	Kohtalainen riski, 5	Merkittävä riski, 10	Sietämätön riski, 15	Sietämätön riski, 20	Sietämätön riski, 20

Toinen mahdollinen, tarkempi riskien arvioimistaulukko on useampiportainen. Taulukossa seuraukset saavat arvoja 1–5 ja todennäköisyydet saavat arvoja 1–5. Riskin suuruutta arvioitaessa seurauksen saama arvo ja todennäköisyyden saama arvo kerrotaan keskenään, jolloin saadaan riskille numeroarvo 1–20, jolle annetaan sanallinen muoto. Tarkempi riskitaulukko on esitetty taulukossa 3.2. Riskienkartoituksessa on käytetty yksinkertaisempaa taulukkoa. Sanallisia riskejä vastaavat toimenpiteet pätevät tarkemmassakin taulukossa. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Työtapaturmissa vaaratekijät ovat usein mekaanisia, jolloin tapaturmia aiheuttavat iskut, painovoima, puristuminen tai viilto. Vaaratekijät voivat olla myös fyysikaalisia, jolloin tapaturmia aiheuttaa sähkö, räjähdysten paine, tärähdys tai kuumuus. Mekaaninen ja fyysikaalinen vaaratekijä voivat esiintyä myös yhdessä. Muita vaaratekijöitä voivat olla kemikaaliset vaaratekijät, jolloin tapaturmia aiheuttavat hapen

puute, akuutti myrkytys tai huimaus, tai ergonomiset vaaratekijät. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Kuumatyössä suositellut enimmäislämpötilat ovat kevyessä työssä 29°C, keskiras-kaassa työssä 26°C, raskaassa työssä 23°C ja erittäin raskaassa työssä 20°C. Läm-pötilassa otetaan huomioon lämpösäteily, ilman lämpötila ja liike sekä suhteellinen ilmankosteus. Epäedulliset lämpöolot, joihin kuuluvat niin kylmä kuin kuumakin, vaikuttavat tapaturmariskeihin ja tuottavuuteen. Kylmäaltistus lisää kömpelyyttä ja kankeutta, ja kuumatyö aiheuttaa pyörtymisriskin. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Melu estää varoitusaänien kuulemisen, ja epäsoivan valaistuksen takia ilmenee putoamis- ja törmäysriskiä. Puutteellisessa valaistuksessa työskentely rasittaa sil-miä, ja liiallinen valaistus häikäisee. Jos altistuminen tai vaara voidaan poistaa pie-nillä toimenpiteillä, ne kannattaa toteuttaa, vaikka riski olisikin luokiteltu vähäisek-si. Riski kannattaa poistaa myös, jos altistuminen aiheuttaa jatkuvaa pelkoa, vaikka objektiivisesti tarkasteltuna riski olisikin vähäinen. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Kemikaaleja käytettäessä työpaikalla kartoitetaan käytetyt kemikaalit. Vaarat riippuvat kemikaalien ominaisuuksista, käyttömäärästä ja käyttötavoista. Kemikaalit voivat aiheuttaa vaaraa terveydelle sekä ympäristölle, ja niihin voi liittyä palo- sekä räjähdysvaara. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Kemiallisten riskien arvioinnissa voidaan erottaa kolme osa-aluetta: terveysris-kit, äkillisen onnettomuuden riskit ja ympäristöriskit. Kemikaaleilla on niille omi-nainen ominaisuus riippumatta siitä, altistuuko sille kukaan. Tällaisessä tilantees-sa altistus voidaan poistaa yksinkertaisesti poistamalla kyseinen kemikaali. Haitan vakavuus riippuu kemikaalin altistavasta pitoisuudesta, altistumisen määrästä, al-tistumisajasta ja yksilöllisestä herkkyydestä. Kemikaalien riskiä voidaan arvioida selvittämällä altisteelle ominaiset haittavaikutukset ja vertailemalla altistavia pitoi-suuksia raja-arvoihin ja kokemusperäiseen tietoon. Kemikaalilaki velvoittaa kemi-kaalin valmistajan luokittelemaan terveydelle ja ympäristölle vaaralliset kemikaalit sekä varustamaan pakkaukset vaaraa ja suojautumista koskevilla merkinnöillä. Li-säksi valmistajan on toimitettava kemikaalin käyttäjälle käyttöturvallisuustiedote, jossa on ensikäden tiedot kemikaalin ominaisuuksista, vaaroista ja tarvittavista tur-vallisuustoimista. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Fysikaalisista vaaratekijöistä merkittävimmät ovat kylmäaltistus, melu, ionisoi-maton säteily, kuumatyö ja värinäaltistus. Fysikaaliset haitat aiheuttavat ammatti-tauteja. Esimerkiksi melu aiheuttaa kuulovaurioita ja värinä valkosormisuutta. Kuu-ma ja kylmä vaikuttavat eniten työn mukavuuteen ja siten työn tuottavuuteen. Me-luarvojen ylittyessä on työnantajan lain mukaan selvitettävä syyt rajojen ylittymi-seen, pantava toimeen meluntorjuntaohjelma ja opastettava työntekijöitä melusta. Työnantajan on hankittava työntekijöilleen riittävät kuulosuojaimet, asennettava melualueen kulkutielle ilmoitukset melusta ja säännöllisesti teetettävä työntekijöil-

leen kuulotutkimukset. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Kemikaaleille voi altistua ihon tai hengitysteiden kautta. Ilmapitoisuuksia arvioitaessa lähtökohtana on aineen taipumus siirtyä ilmaan, esimerkiksi pölyämällä tai haihtumalla. Ilman epäpuhtauksia arvioidaan suhteessa aineelle asetettuihin raja-arvoihin. Altistuminen voi olla vähäistä, jolloin altistuminen on alle 10 % raja-arvosta, kohtalaista 10–50 %, merkittävää 50–100 % tai liiallista yli 100 %. Mitä vaarallisempi aine on, sitä tarkemmin altistuminen on selvitettävä. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Ihoaltistuksessa, jossa kiinteä, nestemäinen tai aerosolimuotoinen aine joutuu iholle, aineet voivat joko imeytyä ihon läpi ja/tai vahingoittaa ihoa. Ihon altistumiseen vaikuttavat aineen ja ihon ominaisuudet, pitoisuus ja altistumisaika. Ihoaltistumista voidaan arvioida selvittämällä työtapa sekä ihokontaktin laajuus ja toistuvuus. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Monille aineille altistumista voidaan mitata myös työntekijän veri- tai virtsanäytteestä, jolloin mitataan biologisia altisteita. Varsinkin ilmapitoisuuden muuttuessa nopeasti tai vaihdellessa suuresti pitoisuuden muutokset elimistössä ovat hitaampia, ja altistumisesta saadaan raja-arvoihin nähden luotettavampi kuva vähemmillä näytteillä. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

Henkilösuojaimia on pidettävä sellaisissa jatkuvissa altistumistilanteissa, joissa riskiä ei voida riittävästi pienentää teknisin toimenpitein tai toimet eivät ole kohtuullisesti toteutettavissa. Kemiallisten vaarojen torjunnassa tarvittavia suojaimia ovat suojakäsineet, -lasit, -vaatteet, -jalkineet, kasvojen suojaimet ja hengityssuojaimet. Myös katastrofi- ja onnettomuustilanteita varten tulee olla riittävät suojaimet. Suojainten valinta edellyttää sekä olosuhteiden ja altistumistilanteen että suojaimien ominaisuuksien tuntemista. Työntekijät ja työnjohto tarvitsevat perehtymistä ja opastusta suojaimien käyttöön, jotta suojaimia käytettäisiin oikein ja että suojaimet olisivat riittävät. Opastukseen tulee sisällyttää suojainten valintaan, käyttöön, puhdistukseen ja huoltoon liittyvät asiat. Suojamateriaalien tulee kestää käsiteltäviä kemikaaleja, ja niiden tulee olla ehjiä ja puhtaita. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

3.1 Aikaisemmin tehty turvallisuusanalyysi

Ilmavoimien Materiaalilaitos (entinen Lentovarikko) on teettänyt 1996 Tampereen teknillisen yliopiston turvallisuustekniikan laitoksen opiskelijalla, Markku Niemisellä, analyysin lentokoneiden käyttöhuollon turvallisuudesta. Työ tehtiin yhteistyössä Satakunnan lennoston kanssa Pirkkalassa. Turvallisuusanalyysin tarkoituksena oli etsiä mahdolliset vaarojen syyt ja niiden seuraukset, jonka jälkeen selvitettiin, onko vaarat tiedostettu ja onko niiden välttämiseksi selkeät ohjeet. Analyysin perusteella annettiin tarvittaessa tarkempia turvallisuusohjeita, muutettiin työmenetelmiä tai hankittiin tarvittavia suojaimia. (Nieminen 1996)

Vuodelta 1996 kirjattuja huomioita olivat painavat työkalut, kompastumisvaara, öljyistä liukastunut lattia, viillot, kypärän ja pitävien kengänpohjien puute. Mekaanikot tarkastavat lentokoneita useita kertoja päivässä: ennen ensimmäistä lentoa, lentojen välissä ja viimeisen lennon jälkeen. Lentojen väliset tarkistukset tehdään usein ulkona, joten työkaluja kuljetetaan paljon ja painavia työkaluja nostetaan useita kertoja päivän mittaan. Lennettäessä tietyissä olosuhteissa lentokoneen tuulilasiin voi kertyä staattista sähköä. Tarkastuksen aikana kertynyt varaus voi purkaantua mekaanikkoon. Tankatessa lentokone maadoitetaan staattisen sähkön syntymisen ja kipinöinnin estämiseksi, jolloin polttoaineen syttymisen riski pienenee. Mekaanikon vaatteisiin kerääntyneen staattisen sähkön vaikutuksesta nalli tai laukaisukosketin voi kosketettaessa syttyä. Staattisuus koettiin ongelmaksi erityisesti talvisaikaan. (Nieminen 1996)

Tarkastuksissa avallaan lentokoneen luokkuja, jolloin öljyisestä voi roiskua mekaanikon päälle. Tällaisessa öljyöksessä voi olla vettä, moottoriöljyä ja hydraulineiteitä. Moottoriöljyssä oleva ainesosa, aromaattiset amiinit, joita on korkeintaan 1,1 %, on herkistävää. Moottoriöljyn valmistajan mukaan ihmiskokeissa ei kuitenkaan todettu allergiaa, ja ihokosketus jää käytännössä hyvin vähäiseksi. Öljy on roiskunut useimmiten käsille, mutta roiskeita on joutunut myös silmiin. (Nieminen 1996)

Mekaanikot tarkastavat lentokoneen yläpuolta liikkumalla rungon ja siipien päällä. Hornetissa siivet ja runko ovat korkealla, vähintään kahden metrin korkeudessa. Kentällä lentokoneeseen ei voida laittaa turvakaitteita tai mekaanikkoja pitää valjaissa, sillä koneen päälle ei saada telinettä köysille. Tällöin on olemassa putoamisvaara. Lentokoneen päällisosat ovat myös liukkaita, eikä liukkaudenestoa voida käyttää vahingoittamatta lentokonetta. Hornetin ahtimen toiminta on tarkistettava säännöllisesti ahtimen kanavassa käymällä. Ahtimen tarkastusta varten mekaniikoilla on käytössä kirkkaanvärinen haalari ja kengänsuojat. Suojien tarkoitus on lisätä näkyvyyttä ja estää ylimääräisten esineiden kulkeutuminen kanavaan ja kanavan naarmuuntuminen. (Nieminen 1996)

Turvallisuusanalyysin tulosten jälkeen varustusta kehitettiin paremmin antistatistiseksi ja varustukseen lisättiin suojakypärä. Materiaaleilta vaaditaan nykyään myös nesteiden imemättömyyttä ja öljyjen kestoja. Raportin perusteella toivottiin myös silmien suoja. Kengiltä vaaditaan likaa kuljettamattomia mutta pitäviä pohjia. (Nieminen 1996)

3.2 Yksinkertainen riskienkartoitus

Riskinarviointi on käytännössä huolellinen selvitys siitä, mikä työpaikalla voi aiheuttaa vaaraa henkilöille, ja ovatko varotoimet riittävät, vai pitäisikö tehdä enemmän toimia vaarojen vähentämiseksi. Health and Safety Executive (HSE) on Englanti-

lainen turvallisuus- ja terveysalan viranomainen, joka on rakentanut työpaikkojen riskien arvioimiseksi viisiportaisen ohjelman. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

1. Tarkastele vaaroja

Liikutaan työpaikalla ja katsellaan, voiko siellä olla jotain vaarallista. Keskiytään merkittäviin asioihin, jotka voivat aiheuttaa vakavaa vaaraa tai olla haitallisia useille ihmisille. Kysellään työpaikan ihmisiltä, mitä mieltä he ovat vaaroista. Työntekijöillä saattaa olla tietoa sellaisista asioista, jotka eivät ole ilmeisiä. Koneiden ja prosessien valmistajien ohjeet, laatujärjestelmän menettelmäohjeet, ilmastointipiirrustukset tai muut dokumentit voivat auttaa vaarojen paikallistamisessa ja asettaa vaarat oikeaan suhteeseen. Tapaturmatilastot tai sairauspoissaolot saattavat myös antaa viitteitä vaaroista.

2. Selvitä, kuka voi vahingoittua ja miten

Selvityksessä tulee huomioida kaikki työntekijät erilaisissa olosuhteissa niin uudet työntekijät, siivoojat kuin vierailijatkin.

3. Arvioi riskit ja selvitä, ovatko olemassa olevat varotoimet riittävät, vai pitäisikö varotoimia parantaa

Arvioidaan miten todennäköistä on, että havaittu vaara voisi aiheuttaa harmia. Arviointi ratkaisee, pitääkö riskiä pienentää vai ei. Jos huomataan, että jotain on tehtävä, asia kirjataan toimintaluetteloon. Toimintaluettelon valmistuttua koko työpaikalta parannusehdotukset pannaan tärkeysjärjestykseen. Vaaran hallitsemiseksi yritetään vähemmän vaarallista vaihtoehtoa, evätään pääsy vaaran alueelle, muutetaan työtä altistumisen vähentämiseksi, lisätään koulutusta ja opastusta ja suositellaan henkilökohtaisten suojaimien käyttöä.

4. Dokumentoi havainnot

Kirjataan tärkeimmät vaarat ja johtopäätökset. Kerrotaan havainnoista työpaikalla tai tehdään raportti muiden käyttöön. Raportoinnin pitää olla riittävää. Varmistutaan, että varotoimet ovat järkeviä ja jäljelle jääneet riskit pieniä. Raportti tulee säilyttää, sillä työsuojelutarkastaja voi kysyä sitä, tai onnettomuuksien yhteydessä voidaan tarkistaa, onko riskejä arvioitu oikein. Varomääräyksiä ja ohjeita ei kannata kirjata raporttiin, mutta niihin voi viitata.

5. Kokoa arvioinnit ja palaa uudelleen asiaan, kun olot muuttuvat

Tilannetta kannattaa tarkastella vuosittain vaikkapa työsuojelukokousten yhteydessä. Havaintoihin kannattaa kirjata seuraava tarkastelun päivänmäärä.

Työpaikan koneiden, aineiden tai prosessien muuttuessa arviointi voidaan tehdä uudelleen.

Riskienkartoituksesta kirjoitettavassa raportista tulee ilmetä kartoituksen teko-päivänmäärä, tekijä ja tarkasteltu työpiste tai osasto. Riskeistä kirjataan esiintyvyyttä, sekä kuinka vakava ja todennäköinen riski on. Riskeistä kiinnitetään huomiota meluun, värinä, säteilyyn, valaistukseen, lämpöolosuhteisiin, vetoisuuteen, kosteuteen ja märkyyteen, ulkotyöhön, ovensuutyöhön ja näiden tekijöiden yhteisvaikutuksiin. (Pääkkönen & Rantanen 1999)

3.3 Riskienkartoituksen tulokset

Huolimatta lennostojen erilaisuudesta on niissä varsin samanlaisia riskejä ja vaaratilanteita. Yksi merkittävä ero on Hornetin korkeus verrattuna muihin matalampiin lentokoneisiin (Hawk ja vieras- ja harjoittelulentokoneet). Vaaratilanteiden kirjo on mittava, ja suuri osa syntyvistä riskeistä joudutaan hallitsemaan ohjeistuksella ja koulutuksella. Tästä syystä monet työt ovat luvanvaraisia, ja niitä saa tehdä vain tehtävään asianmukaisen koulutuksen ja näyttöjen jälkeen kelpuutuksen ja valtuutuksen saanut henkilö. (Lentosotakoulu 2011) Seuraavassa on kerätty mahdollisia riskejä, niiden seurauksia, todennäköisyyksiä ja korjaustoimenpiteitä. Riskin vaarallisuus luetaan taulukoista 3.1 ja 3.2. Riskit on kerätty saatujen kommenttien, omien huomioiden ja turvallisuusselvitysten pohjalta.

Hallien lattialla on usein sähköjohtoja ja paineletkuja, joihin voi kompastua. Kompastumisen seuraukset ovat kuitenkin yleensä vähäiset. Kompastumisen todennäköisyys on mahdollinen, joten riski on vähäinen. Toimenpiteinä on johtojen ja letkujen kerääminen siististi niille varatuille säilytyspaikoille mahdollisimman usein ja nopeasti työn jälkeen. Työntekijöiden tulee tiedostaa vaara, jolloin ympäristöä seurataan tarkemmin. (Lentosotakoulu 2011)

Lattioille saattaa päätyä öljyä vuotavista koneen osista, jolloin vaarana on liukastuminen öljyisellä lattialla. Liukastumisesta tulevat seuraukset ovat vähäisiä. Tapahtuman todennäköisyys on mahdollinen. Riski on kokonaisuudessaan vähäinen. Toimenpiteinä työntekijät perehdytetään huolehtimaan lattioiden kunnosta ja katsomaan jalkoihinsa sekä pyyhkimään nesteet lattialta. (Lentosotakoulu 2011)

Hallien lattia on lumisilla tai märillä jalkineilla erittäin liukas. Talvella pihalla lentokenttä on aurattu hyvin, jolloin asfaltin päällä on usein liukas jääkerros ja varsinkin keväällä jään päällä voi olla vettä. Pihalla liukastellaan paljon, ja varsinkin kuljetettaessa painavia esineitä voi liukastuessa käydä pahasti. Yleensä ottaen seuraukset ovat kuitenkin vähäiset. Liukastuminen on todennäköistä, joten riski on kohtalainen. Toimenpiteinä voidaan kulkuväylille sisällä asetella mahdollisuuksien mukaan mattoja. Lisäksi työntekijöiden tulee tiedostaa liukastumisvaara. Kentän

kuntoon voidaan vaikuttaa varaamalla lentokentän kunnossapitoon riittävästi henkilökuntaa ja välineitä. (Lentosotakoulu 2011)

Lentokoneiden pinnat ovat varsinkin talvella ja sateella liukkaat, jolloin on vaarana pudota koneen päältä, lentokonemallista riippuen korkealtakin. Myös sisätiloissa olevalta kuivalta lentokoneelta on mahdollista pudota. Hornet on korkea, joten putoamismatkaa tulee noin kolme metriä. Matalammilla koneilla putoamismatkaa tulee vähemmän, noin kaksi metriä. Putoamisen seuraukset ovat haitalliset. Putoamisia kuitenkin tapahtuu harvoin, eli todennäköisyys putoamiselle on epätodennäköinen, ja riski on kokonaisuudessaan vähäinen. Toimenpiteitä putoamisen estämiseksi on työntekijöiden perehdytys ja asennekasvatus. Sisällä lentokoneen päällä työskennellessä voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan lentokoneen päällä suojamattoa, joka vähentää liukkaita. Huoltotöissä lentokoneen ympärille tuodaan telineet, joiden avulla koneelle on helpompi nousta ja vaikeampi pudota. Lisäksi riskiä voidaan pienentää ennakoivalla suunnittelulla. (Lentosotakoulu 2011)

Lentokone- ja helikopterimekaanikoilla on työtehtävissään paikkoja, joissa on mahdollista jäädä puristuksiin esineiden väliin. Puristuksiin jäämisen seuraukset ovat haitallisia ja todennäköisyys on mahdollinen. Riskistä kokonaisuudessaan tulee näin ollen kohtalainen. Riskin välttämiseksi voidaan perehdyttää henkilöstöä ja noudattaa annettuja ohjeita. Työntekijöiden tulee noudattaa lisäksi yleistä varovaisuutta. (Lentosotakoulu 2011)

Loukkuun jääminen on mahdollista ilmanottoaukossa tai koneen polttoainesäiliössä sitä puhdistettaessa. Seuraukset ovat vähäisiä, lähinnä henkisiä vaikeuksia. Todennäköisyys loukkuun jäämiselle on epätodennäköinen, joten riski on kokonaisuudessaan merkityksetön. Toimenpiteinä loukkuun jäämisen välttämiseksi on paritöytä, jossa toinen työntekijä on ulkopuolella varmistamassa tilannetta. Kaikkien ei myöskään tarvitse tehdä tällaisia töitä, vaan henkilö voi itse päättää kykeneekö tekemään tällaisia tehtäviä. (Lentosotakoulu 2011)

Sähköstä aiheutuvan tapaturman vaara on lentokoneessa useassa paikassa koneen varautuessa lennettäessä. Sähköiskun seuraus on kuitenkin usein vähäinen. Todennäköisyys sähköiskun saamiselle on epätodennäköinen, joten riski on merkityksetön. Toimenpiteitä sähköiskuvaaran välttämiseksi on sähköturvallisuuskoulutus henkilöstölle, annettujen ohjeiden noudattaminen sekä perehdytys työtehtäviin. (Lentosotakoulu 2011) Kaikissa joukko-osastoissa ei ollut sähkönjohtavaa lattiaa.

Lentokoneet maadoitetaan tankattaessa, jotta mahdollinen kipinäintä minimoitaisiin. Johdot voivat kuitenkin vioittua, jolloin on mahdollista saada hyvinkin voimakas sähköisku. Tällaisesta sähköiskusta seuraukset ovat vakavat. Tapahtuma on kuitenkin epätodennäköinen, joten riskistä kokonaisuudessaan tulee kohtalainen. Sähköiskujen välttämiseksi voidaan johdot tarkastaa säännöllisesti ja käyttää vikavirtasuojia kaikissa käyttöpisteissä. (Lentosotakoulu 2011) Kaikissa joukko-osastoissa

ei ollut sähkönjohtavaa lattiaa.

Työntekijät voivat kärsiä hapen puutteesta esimerkiksi puhdistessaan polttoainesäiliötä tai tulipalon sattuessa, kun puhaltimet puhaltavat hallin täyteen sammutusvaahtoa. Seuraukset hapen puutteesta ovat vakavat. Todennäköisyys tällaiselle tapahtumalle on epätodennäköinen, eli riski on kokonaisuudessaan kohtalainen. Toimenpiteinä hapen puutteen välttämiseksi voidaan pitää ohjeiden noudatusta ja ennakoitua, esimerkiksi menemällä vain hyvin tuuletettuun säiliöön. Säiliön puhdistustöitä ei saa tehdä yksin. (Lentosotakoulu 2011)

Työkaluja tai muita raskaita esineitä on mahdollista pudota työntekijöiden varpaille. Putoamisen seuraukset voivat olla haitallisia. Putoamisen todennäköisyys on mahdollinen, joten riski on kokonaisuudessaan kohtalainen. Korjaavia toimenpiteitä ovat turvajalkineiden pitäminen ja annettujen ohjeiden noudattaminen. Painavien esineiden nostoissa on oltava riittävästi henkilöstöä ja tavarat on kiinnitettävä huolellisesti. Ulkona oltaessa, jos tavaroita on jäänyt lentokoneen turva-alueelle, voi esineitä sinkoutua työntekijöiden päälle. Riski on muuten vastaava kuin putoamisissa, mutta toimenpiteet ovat varomääräysten ja -etäisyyksien noudattaminen ja irtotavaran pois kerääminen. (Lentosotakoulu 2011)

Työntekijät voivat joutua kolhaistuksi tai saada iskuja liikkuvista esineistä. Seuraukset kolhaisuista ja iskuista ovat lähinnä vähäisiä. Kolhaisujen todennäköisyys on mahdollinen, eli kokonaisuudessaan riski on vähäinen. Kolhaisujen ja iskujen vähentämiseksi työntekijöitä perehdytetään. (Lentosotakoulu 2011)

Kentällä oltaessa, varsinkin hämärässä, on liikenneonnettomuuksien ja törmäyksien vaara. Seuraukset törmäyksistä ovat haitallisia. Todennäköisyys törmäykselle on mahdollinen, ja kokonaisuudessaan riski on kohtalainen. Toimenpiteinä törmäysten välttämiseksi käytetään heijastinliivejä, noudatetaan annettuja ohjeita ja käytetään varoitusvaloja ajoneuvoissa. (Lentosotakoulu 2011)

Paineistetun letkun rikkoutuessa nesteeseen suihkuaminen ja roiskuminen saattaa aiheuttaa esimerkiksi silmävammoja, jolloin seuraukset ovat vakavat. Todennäköisyys letkujen rikkoutumiselle on kuitenkin epätodennäköinen, ja kokonaisuudessaan riski on kohtalainen. Toimenpiteinä voidaan pitää suojalaseja ja ennen työn aloittamista on aina tehtävä käyttöönottotarkastus. Myös annettuja ohjeita on noudatettava ja varmistettava tarkastusjakson voimassaolo. (Lentosotakoulu 2011)

Polttoainetta voi roiskua työntekijöiden päälle tankatessa. Seuraukset roiskumisesta ovat kuitenkin vähäiset. Roiskumisen todennäköisyys on mahdollinen. Kokonaisuudessaan riski on vähäinen. Toimenpiteinä tankkaajan on huomioitava muiden työntekijöiden sijainti tankkauksen aikana sekä huomioitava tuulen suunta. Lisäksi työntekijät perehdytetään oikeanlaisiin työtapoihin. Polttoaineen tavoin myös liuottimia voi roiskua työntekijöiden päälle. Riski on muuten samanlainen, mutta toimenpiteinä on perehdytys ja suojavälineiden käyttö. (Lentosotakoulu 2011)

Komennuksilla leiriolosuhteissa joudutaan joskus tekemään töitä vaikeissa olosuhteissa, jolloin yleinen riskitaso kasvaa. Riskien seuraukset ovat yleisesti vähäiset. Komennuksia on usein, joten vaara on todennäköinen, ja riski kokonaisuudessaan on kohtalainen. Korjaavina toimenpiteinä voidaan käyttää mahdollisimman hyvää varustusta ja valita paras mahdollinen paikka työntekoon. Myös yleisesti henkilöstön oma tottumaton toiminta ja määräysten noudattamatta jättäminen aiheuttaa vaaratilanteita. Toimista riippuen riski on vähäinen tai kohtalainen, ja toimenpiteinä riskin välttämiseksi on työntekijöiden perehdytys. (Lentosotakoulu 2011)

Lentokone- ja helikopterimekaanikojen työssä altistutaan paljon melulle, joka voi olla jatkuvaa, osa-aikaista tai impulssimelua. Jatkovaa melua on lentokoneiden koekäytöissä ja käynnistyksissä. Impulssimelua esiintyy esimerkiksi paineilmatöissä. Seuraukset melulle altistumisesta ovat vähäiset, lähinnä kuulon huonontumista. Todennäköisyys meluhaitoille on mahdollinen, jolloin riski on kokonaisuutena vähäinen. Korjaavina toimenpiteinä kuulovaurioiden välttämiseksi on kuulosuojainten käyttö ja kuulon säännöllinen tarkastus. Lisäksi impulssimelusta varoitetaan muita työntekijöitä ennen meluimpulssia työympäristössä. (Lentosotakoulu 2011)

Henkilöstö joutuu työskentelemään pihalla kaikissa ulkona vallitsevissa olosuhteissa: kesällä on kuuma, talvella kylmä ja syksyllä on märkää. Sääolosuhteet vaikuttavat myös työkaluihin ja työolosuhteisiin. Sisällä lämpötila vaihtelee, varsinkin hallin ovia avattaessa lentokoneiden poistumista varten. Seuraukset työnteosta epäedullisissa työoloissa ovat vähäiset. Todennäköisyys tällaisille epäedullisille työoloille on mahdollinen, joten riski on vähäinen. Toimenpiteinä sääolojen kestämiseksi on oikea, säänmukainen pukeutuminen ja työtehtävien tauottaminen mahdollisuuksien mukaan. (Lentosotakoulu 2011)

Lentokone- ja helikopterimekanikot joutuvat tekemisiin monenlaisten kemikaalien kanssa. Käytettäviin kemikaaleihin sisättyä allergiaa aiheuttavia, terveydelle vaarallisia ja syöpävaarallisia kemikaaleja. Kemikaalien aiheuttamat seuraukset ovat kemikaalista riippuen haitallisia tai vakavia. Kemikaaleille altistuminen on kuitenkin epätodennäköistä, joten riski kokonaisuutena on vähäinen tai kohtalainen. Toimenpiteinä kemikaaliturvallisuuden parantamiseksi voidaan käyttöturvallisuustiedotteet pitää ajantasalla paperisina versioina työpisteiden välittömässä läheisyydessä. Käyttöturvallisuutta parantaa oikeiden ja riittävien työsuojainten käyttö sekä työntekijöiden opastus ja valvonta. (Lentosotakoulu 2011)

Lentokoneissa käytetään hiilikomposiittiosia, joita mekaanikot hiovat ja korjaavat. Hiilikomposiitista irtoaa hienoa kuitua, joka pölyää ilmaan ja siirtyy keuhkoihin materiaalia työstettäessä, jolloin työntekijöillä ilmenee keuhkosairauksia. Hiilipölyn seuraukset ovat haitallisia. Hiilipölyn suuren määrän hengittäminen on tämän hetken tietojen mukaan epätodennäköistä, joten riski on siis vähäinen. Toimenpiteinä on suojainten käyttö ja töiden tekeminen mahdollisuuksien mukaan kohdepoiston

välittömässä läheisyydessä. (Lentosotakoulu 2011)

Käytössä olevat liimat, liuottimet, pesuaineet ja työstä muodostuvat juotoshöyryt voivat aiheuttaa myrkytyksiä tai hengitysteiden ärsytystilan. Seuraukset tällaisesta myrkytyksestä ovat haitallisia. Myrkytystilojen todennäköisyys on epätodennäköinen, joten kokonaisuudessaan riski on vähäinen. Toimenpiteenä myrkytystilojen välttämiseksi on liimauskaappien käyttö ja töiden tekeminen kohdepoistojen välittömässä läheisyydessä. (Lentosotakoulu 2011)

Lentokone- ja helikopterimekaanikot joutuvat työskentelemään paljon vaikeissa asennoissa. Tyypillisimmillään töitä tehdään koneen alla kädet ylhäällä, polviseisonnassa tai maaten lentokoneen päällä. Lisäksi jalat rasittuvat pitkään kovalla alustalla seisomisesta. Seuraukset huonosta työergonomiasta voivat olla vähäisestä haitalliseen. Huonon työergonomian aiheuttamien ongelmien ilmaantuminen on mahdollista, ja kokonaisuutena riski on vähäisestä kohtalaiseen. Työergonomiaa voidaan parantaa sopivilla työvälineillä ja jakkaroilla. Lisäksi työntekijöiden tulisi tauottaa työtään ja venytellä. Työtaakkaa tulisi jakaa tasaisesti työntekijöiden kesken ja ylläpitää riittävää henkilöstöä ja heillä riittävää lihaskuntoa. (Lentosotakoulu 2011)

Lapin lennostossa on koekäyttötalo, jossa työntekijät tarkastelevat läheltä lentokonetta koekäytöissä. Talossa on tuulitunneliolosuhteet. Koekäytöissä on suuremmat riskit tapahtua esimerkiksi tulipaloja. Koekäyttötalossa tarvittaisiin hyvin lämpimät varusteet, jotka ovat mahdollisimman tulenpitäviä ja paloa edistämättömiä.

Riskien kartoituksen pohjalta käytettäville materiaaleille voidaan asettaa seuraavanlaisia suosituksia:

- Vaate on vaikeasti syttyvä ja huonosti palava
- Vaatteen olisi hyvä olla sähköjohtava
- Kankaiden kemikaalien kestoja ja pestävyyttä olisi hyvä tarkastella
- Kenkiin tarvitaan turvakärki
- Kenkien pohjan materiaalia ja kuvioinnin kuntoa on hyvä vertailla

Riskienkartoituksessa ei löytynyt yllättäviä tarkistusta vaativia kohteita, vaan kaikki seikat olivat tiedossa jo ennestään. Melutasoja voisi tarkistella tarkemmin eri konetyypeillä ja erilaisissa työympäristöissä. Melukartoituksilla voidaan kuitenkin parantaa vain työntekijöiden ohjeistusta, ei juurikaan vähentää melua.

4. UUSIEN MATERIAALIEN KARTOITUS

Luvussa on kerrottu nykyisistä materiaaleista ja käyttötarkoitukseen soveltuvista uusista materiaaleista. Kunkin materiaalin kohdalla on kerrottu mihin materiaalia käytetään tai voitaisiin käyttää.

4.1 Nykyisin käytössä olevat materiaalit

Klopmann Arena -kangasta käytetään työhousuissa ja -haalarissa. Arena on 60 % puuvillaa ja 40 % polyesteriä. Arenan neliöpaino on 245 g/m². Kangas on viimeistelty likaa hylkiväksi. Arena on suunniteltu työvaatekankaaksi.

L Michael Oy:n Devon on 100 % mikrokuitupolyesterikangas. Devonin neliöpaino 150 g/m². Kankaassa on vettä ja likaa hylkivä viimeistys. Devonia käytetään välikausitakissa ja toppa-asussa.

Väljasu on valmistettu Gore-Texin Windstopper Tornado -kalvallisesta fleecestä. Kankaan rakenne on kolmikerros laminaatti, jonka materiaali on 93 % polyesteriä ja 7 % polytetrafluorieteeniä (PTFE, Teflon). Kankaan neliöpaino kokonaisuudessaan on 240 g/m².

Aluskerraston materiaali on 40 % puuvillaa ja 60 % modakryyliä. Materiaali on palonkestävää ja antistaattista. Aluskerrasto on valmistettu sileästä neuloksesta.

Nykyisissä vaatteissa käytetään niihin sopivia materiaaleja. Työhousuissa ja -haalarissa tarvitaan järeää työvaatekangasta, jotta vaatteet kestävät riittävän pitkään. Talviasua taas ei voi valmistaa liian paksusta materiaalista, jottei tuotteesta tule liian jäykkä. Aluskerrasto, alushousut ja t-paita tehdään kaikki eri neuloksista. Neuleista voidaan valmistaa pienempiä tilauseriä, mutta värjäys asettaa usein rajoituksia. Samanlaisia raaka-aineita käytettäessä voidaan useita eri materiaaleja värjätä samalla kertaa.

4.2 Uusia materiaaleja

Euroopassa on vielä joitain erikoistuneita työvaatekangasvalmistajia. Seuraavassa on esitelty mahdollisia lentokone- ja helikopterimekaanikon varusteiden valmistusmateriaaleiksi soveltuvien kankaiden valmistajia ja niiden valikoimasta löytyviä kankaita. Tiedot pohjautuvat lähinnä valmistajien Internet-sivuilta löytyviin tietoihin, joten ne voivat olla paikoin hyvin vajavaisia.

Carrington on Iso-Britanniassa sijaitseva, yksi Euroopan suurimmista työvaatekangasvalmistajista. Carrington valmistaa kemiallisesti käsiteltyjä työvaatekankaita, joista löytyy myös useita vaihtoehtoja lentoteknillisen henkilöstön haalareihin sopivaksi kankaaksi. (*Carrington Fabric selector* 2011)

Carrington testaa jokaisen erän pesemällä siitä otettua näytettä 50 kertaa ja testaamalla sen tämän jälkeen. Käyttämällä kemiallisesti käsiteltyjä kankaita palosuojauksessa luonnostaan paloturvallisten kankaiden sijaan päästään yleensä halvemmalla ominaisuuksien välttämättä huonontumatta niin paljoa. Carringtonin valikoimista löytyy esimerkiksi palonkestäväksi käsiteltyjä puuvilla–polyesterikankaita, joissa on mukana myös antistaattinen kuitu. Yksi mielenkiintoinen kangas on Flamestat 290, joka suojaa palolta, on antistaattinen ja suojaaa kemikaaleilta. Materiaali on puuvilla–polyesteriä ja täyttää monen standardin vaatimukset, kuten EN 11611, 11612, 14116 EN1149 osa 3 ja IEC 61482. Tuotteen värivalikoimaan kuuluu valmiina vain muutama väri, mutta valmistajan mukaan yksilöidyn värin minimierä on 2 000 metriä. Flamestat sopisi haalarien ja housujen materiaaliksi. (*Carrington Fabric selector* 2011)

Foxa Oy Forssa Textile jatkaa Finlayson Forssan jalan jäljissä. Yhtiö valmistuttaa ja kehittää työvaatekankaita. Kankaiden valmistus tapahtuu Kiinassa tarkoin valituissa tehtaissa, ja laatua tarkkaillaan sekä tehtaalla että Forssan toimistolla. Foxa tuo Suomeen myös muiden kangasvalmistajien kankaita. Mielenkiintoinen vaihtoehto voisi olla talviasuun ja välikausitakkiin sopiva Forssa Action Quatro -kangas, joka on 70 % polyesteriä, 29 % polyuretaania ja 1 % antistaattista kuitua. Mallistosta ei löydy valmiina Naton vihreää, vaan väri tulisi teettää. Action quatro on sivelty kangas, joka on hengittävä ja sateenpitävä. (*Forssa textile action quattro* 2011)

Espanjalainen Marina Textil valmistaa vaativiin oloihin työvaatekankaita. Marina Textilin valikoimaan kuuluu esimerkiksi sulilta metalliroiskeilta suojaava kangas. Kangasvalikoimaan kuuluu tulen kestäviä, antistaattisia, antibakteerisia, vedenpitäviä ja muita vastaavia kankaita. Marina Textilin Marko-kangas ja sen useat eri variaatiot ovat tulen kestäviä modakryylistä ja puuvillasta valmistettuja kankaita. Osa kankaista on antistaattisia. Marko olisi haalariin ja housuihin sopiva kangas, mutta yritys valmistaa myös turvallisia neulemateriaaleja. (*Marina textil, Flame resistant fabrics* 2011)

Tencate on Alankomaassa sijaitseva teknisiä tekstiilejä valmistava yritys. Yritys valmistaa suojakankaita, avaruuskomposiitteja, panssareita, geotekstiilejä, teollisuuskankaita ja tekoruohoa. Suojakankaiden valikoimassa on lähinnä erilaisia aramidikankaita, jotka ovat usein paljon kalliimpia kuin kemiallisesti käsitellyt materiaalit. Aramidit soveltuvatkin erittäin vaativiin ympäristöihin. Tencate panostaa turvallisiin ja mukaviin työvaatekankaisiin. Esimerkkinä valikoimasta on Tecashield, jossa on 94 % Nomexia, 5 % para-aramidia ja 1 % antistaattista kuitua. Materiaalia

voisi käyttää esimerkiksi koekäyttötaloissa. (*Tencate, Tecashield* 2011)

Klopmann on Italiassa sijaitseva työvaatekangasvalmistaja. Klopmannilta löytyy useilta vaaroilta suojaavia kankaita. Materiaaleina Klopmannilla on palokäsitelty puuvilla ja Kermel, joka on aramidia. Esimerkkinä voisi olla Megatec-K, joka koostuu 68 % Proban-käsitellystä puuvillasta, 30 % Kermel-aramidista ja 2 % antistaattisesta kuidusta. Kangas suojaa kuumalta, liekeiltä ja on antistaattinen. Materiaalia käytetään öljyteollisuudessa. Materiaali kestää jopa 85 asteen teollisuuspesun. Materiaali voisi soveltua koekäyttötaloon. (*Klopman Arena, Fabric search* 2011)

Muita mahdollisia yrityksiä voisivat olla Arville, Utexbel ja The British Millerain, jotka valmistavat monenlaisia kankaita myös työvaatteisiin. Valmistajien sivuilta ei löytynyt valmiita vaihtoehtoja, vaan kehitystyötä täytyisi tehdä yritysten kanssa.

4.3 Muita mielenkiintoisia materiaaleja

Teknisistä tekstiileistä on kehitetty lämpimämpiä materiaaleja. Esimerkiksi olomuotoaan muuttavat faasimuutosmateriaalit (phase change materials, PCM) on kehitetty varastoimaan ja luovuttamaan lämpöä. Ne ovat erilaisia parafiiniyhdisteitä, joilla jokaisella on erilaiset sulamis- ja kovettumispisteensä. Tällainen materiaali voidaan yhdistää tekstiilimateriaaliin esimerkiksi liittämällä tekokuidun kehruuvaiheessa kuituun mikrokapseleita, joiden sisällä faasimuutosmateriaali on. Faasimuutosmateriaalin saadessa lämpöä ihmisestä tai ympäristöstä, kapselin sisällä oleva materiaali sulaa, ja sulaminen sitoo energiaa ympäristöstään, jolloin itse kangas ja sen käyttäjä jäähtyvät. Lämmön varastoituminen kuitenkin loppuu, kun faasimuutosmateriaali on kokonaan nestemäisessä tilassa. Siirryttäessä kylmään ilmaan tai ihon jäähtyessä faasimuutosmateriaalin lämpötila putoaa alle jähmettymispisteen ja mikrokapselien neste muuttuu takaisin kiinteäksi, ja muutoksessa vapautuu lämpöä, joka lämmittää käyttäjänsä. Mitä enemmän faasimuutosmateriaalia tekstiilituotteessa on, sitä enemmän lämpöä se voi varastoida ja luovuttaa. Faasimuutosmateriaalit sopivat hyvin tilanteisiin, joissa liikutaan paljon sisä- ja ulkotilan välillä. (Risikko & Marttila-Vesalainen 2006) Toistaiseksi kuitenkin faasimuutosmateriaalin määrä kuidussa on niin pieni, ettei vaikutus ole riittävä. Yksi tämän hetkinen valmistaja on esimerkiksi yhdysvaltalainen Outlast. Materiaalia voisi käyttää kerrastoissa, mahdollisimman lähellä ihoa.

Muotonsa muistavat materiaalit (shape memory materials, SMM) voivat muistaa tavallisen muotonsa lisäksi hetkellisen tai pysyvän muodon. Materiaalin muoto muuttuu jonkin ulkoisen ärsyksen seurauksena, joka voi olla esimerkiksi lämpötilan muutos, sähköinen impulssi tai kosteuden muutos. Muodonmuutos voi tapahtua useita kertoja, ja muutos voi tapahtua vain toiseen suuntaan tai molempiin suuntiin olomuotojen välillä. Materiaalit voivat olla keraameja, metalleja, geelejä ja polymeerejä. Muodon muuttuessa materiaali voi kasvaa, kutistua, kovettua, muuttaa

muotoaan tai pehmentyä. Muotonsa muistavia materiaaleja voidaan käyttää kylmältä tai kuumalta suojaavassa vaateuksessa lisäämässä eristävyyttä. Tällöin materiaali kasvattaa eristävän ilman määrää vaatekerrosten välissä. Materiaali voi olla myös pinnoitteena kankaassa, jolloin se mahdollistaa esimerkiksi kosteassa materiaalin vedenpitävyyden ja kuivassa hyvän hengittävyuden. Yksi tällainen esimerkki on Diaplex. Materiaalista löytyi hyvin vähän kaupallisia sovelluksia. (Xiaoming 2001)

Vedenpitäviä ja hengittäviä materiaaleja valmistetaan usein erittäin ohuina kalvoina, jotka liitetään tekstiiliin riittävän lujuuden saavuttamiseksi, tai niitä valmistetaan pinnoitteina. Kalvot voidaan luokitella kahteen ryhmään: mikrohuokosiin ja hydrofiilisiin. Kuuluisin mikrohuokoisten kankaiden valmistaja on Gore-Tex, joka valmistaa kalvonsa polytetrafluorieteenistä (PTFE, Teflon). Kalvo muodostuu erittäin pienistä huokosista, jotka ovat paljon vesipisaroita pienempiä, ja ne estävät vesipisaroiden läpipääsyn. Kuitenkin käyttäjästä muodostuva vesihöyry pääsee materiaalin lävitse, sillä huokoiset ovat isompia kuin vesihöyry. Muiden valmistajien vastaavanlainen kalvo valmistetaan polyvinyyliidienifluoridista (PVDF). Kalvon likaantumisen muun muassa rasvoista, partikkeliliasta, suolasta ja pesuainejäämistä vähentää kalvon hengittävyttä. Hydrofiiliset kalvot ovat useimmiten kemiallisesti muokattuja polyesterit tai polyuretaaneja. Kalvossa ei ole reikiä, vaan vesihöyry kulkee suurinakin määrinä diffuusion avulla kalvon läpi. Kalvossa olevista amorfisista osista höyry pääsee läpi, mutta koska vesipisaralla on suuri pintajännitys, se ei läpäise kalvoa. Kalvo kiinnitetään tekstiiliin eri tavoilla. Käytetyn tavan ratkaisee hinta, materiaalin vaatimukset ja prosessiolosuhteet. Kalvo voidaan kiinnittää kankaaseen laminoimalla kalvo päällyskankaaseen, vuoreen, päällyskankaaseen ja vuoreen tai pelkkään tukimateriaaliin, joka on irrallaan vuorin ja päällysmateriaalin välissä. (Horrocs & Anand 2000)

5. LENTOTEKNILLISEN HENKILÖSTÖN SUOJARUUSTEET

Tässä luvussa on esitetty nykyiset Lentoteknillisen henkilöstön suojavaatteet ja varusteet. Lisäksi tuotteista on tuotu esille haastatteluilla kerättyjä kommentteja sekä parannusehdotuksia malleihin ja materiaaleihin. Tuotteiden materiaalit on pyritty valitsemaan niin, että mahdollisimman moni tuote valmistettaisiin samasta materiaalista, sillä kankaiden hankinnoissa on usein suuret minimieräkoot. Kuvat mekaanikkojen asukokonaisuuksista on esitetty kuvissa 5.1 ja 5.2.



Kuva 5.1: Mekaanikkojen yleisimmät työasut: (a) mekaanikon haalari ja välikausitakki (b) T-paita, housut ja välipusero

Vaatteen kehitystyö aloitetaan asettamalla sille tarpeet ja toiminnalliset tavoitteet. Valittavalla materiaalilla vaikutetaan vaatteiden kestävyys-, suojaavuus- ja toimivuuteen. Vaatteen malli vaikuttaa sen toimivuuteen käyttötarkoituksessaan. Vaatteen laatuun vaikuttavat työpöydän lisäksi valmistajan lupaama toimitusaika ja



Kuva 5.2: Mekaanikkojen muut asukokonaisuudet: (a) mekaanikon talviasu (b) sadeasu

reklamaatioihin suhtautuminen. Vaatteiden tulee olla kestäviä, pestäviä, kohtuullisen hintaisia ja mahdollisimman turvallisia. Suunnittelussa on jouduttu usein ristikkäisten vaatimusten takia tekemään kompromisseja.

Tuotteiden suunnittelussa huomioidaan koko tuotteen elinkaari: käytettävät materiaalit, valmistus, hankintahinta, tuotteen huolto ja korjaus, tuotteen kestävyys, odotettavissa oleva käyttöikä sekä tuotteen hävittäminen. Varustevalastolla seurataan tuotteiden kuntoa ja arvioidaan voidaanko tuotetta vielä korjata. Varustevalastonhoitaja voi poistaa käytöstä lentoteknillisen henkilöstön varusteita.

5.1 Alushousut

Alushousut ovat sepalukselliset lyhytlahkeiset housut. Vyötärössä on 3 cm leveä kuminauha. Materiaalina on salvianvihreä puuvilla–polyesteri–modaalineulos. Neuloksen sidos on pystyvako-interlock-neulosta. Alushousuissa saumarakenteiden tulee olla mahdollisimman sileitä, etteivät ne paina muun varustuksen alla. Materiaalin tulisi siirtää kosteutta iholta. Turvallisuuden kannalta tarkasteltuna alusasut ei saa olla sulavaa materiaalia. (Lentotekniikkalaitos 2009) Haastattelun perusteella Lapin lennostossa ei juuri käytetty Ilmavoimien alushousuja, vaan käytössä olivat kunkin työntekijän omat. Syynä saattaa olla omien alushousujen käyttämisen helppous ja varusvaraston tarjoamien vaihtokappaleiden vähyys.

5.2 Alusasu

Alusasu koostuu pitkälahkeisista alushousuista ja kilpikonnakauluksista pitkähihaisesta aluspaidasta. Materiaalina on musta 40 % puuvilla 60 % modakryyli. Materiaali on palonkestävä ja antistaattinen. Saumarakenteiden tulee olla mahdollisimman sileitä, ja saumat on sijoitettava niin, etteivät ne paina muun varustuksen alla. Asu on malliltaan sellainen, ettei neulos jää laskoksille muun varustuksen alla. (Lentotekniikkalaitos 2009) Sama alusasu on käytössä lentokoneiden ohjaajilla, joten suurimmat vaatimukset tulevat ohjaajien käyttämien paineliivien ja G-housujen vuoksi. Alusasu on tuoreen tuotekehityksen perusteella uusittu malli, josta ei ole vielä saatu laajempaa kokemusta käyttäjiltä. Vanha asu oli palokäsiteltyä puuvilla-interlock-neulosta, joka kutistui pesussa ja imi kosteutta itseensä. Tuotekehitysprojektissa oli mukana useita erilaisia materiaaleja. Puuvilla-modaalneulos koettiin materiaaleista parhaaksi ja mukavimmaksi.

5.3 T-paita

T-paita on lyhythihainen salviaanvihreästä 100 % puuvillaisesta pikee-neuloksesta (210 g/m²) tehty paita. T-paidassa on litteät tasosaumat ja tarrapohjat arvomerkillille ja nimikyltille. T-paita on monille pääasiallinen työpaita, joka on kovassa käytössä ympäri vuoden. T-paidassa tärkeää on kestävä materiaali, värinkesto ja värin hienkesto. (Lentotekniikkalaitos 2009)

T-paita oli kehuttu tuote. T-paitojen värin hienkestoja parannettiin tuotteiden tarkistuskierroksella vuonna 2004. Lentosotakoululla ja Lapin lennostossa toivottiin hieman ohuempaa materiaalia. Ohuempi materiaali ei tosin ole yhtä ryhdikäs ja kestävä. T-paidasta toivottiin myös pitkähihaista versiota, jota voisi käyttää kylmemmällä säällä. Tällä hetkellä lennostoissa on vaihtelevasti käytössä sotilasvarustukseen kuuluva poolo, aluskerraston pitkähihainen paita tai välipusero. Lisäämällä varustukseen pitkähihainen trikoopaita voitaisiin vähentää varsinkin kalliimman välipuseron likaantumista ja aluskerraston väärinkäyttöä. Pitkähihainen paita voisi olla vetoketjullinen poolopaita. Paitaan voitaisiin ottaa mallia maavoimien vastaavasta tuotteesta. Malleihin on kuitenkin tehtävä pieni ero, jottei maavoimien vaatimukset täyttämätöntä paitaa käytettäisi huoltotöissä. Liian monen vetoketjun asettues- sa päällekin voisi vetoketjun sijoittaa esimerkiksi raglan-hihan sauman yhteyteen hieman sivummalle.

5.4 Housut

Housut ovat reisitaskulliset työ housut. Housuissa on tarralla säädettävä kangasvyö. Reisitaskuista toinen on vetoketjulla ja toinen tarralla suljettava. Housuissa on

edessä lantion kohdalla kuulosuojaimille tarkoitettu tarrallinen säilytyslenkki. Polvien kohdalla on kosteussuojatusta kankaasta valmistetut taskut polvipehmikkeille. Housujen materiaali on salvian vihreää (60 %) puuvilla- (40 %) polyesterikangasta, joka on viimeistelty likaa ja kosteutta hylkivällä viimeistysaineella. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Taskut koettiin tärkeiksi, varsinkin toisen reisitaskun yhteydessä oleva kynätasku. Kaikkiin vetoketjujen vetimiin toivottiin lisälenkkiä, joka helpottaisi vetoketjun avaamista hansikkaiden kanssa. Kankaassa oleva viimeistys katoaa pesuissa, minkä jälkeen materiaali imee itseensä kosteutta ja likaa. Lentosotakoululla oli havaittu joidenkin kuulosuojainlenkkien irtoavan suhteellisen helposti. Asiaa tarkasteltuamme huomasimme, että jossakin erässä trenssit olivat jääneet pois kuulosuojainlenkkiä vahvistamasta.



Kuva 5.3: Ehdotelmia vyön malleiksi ja lukitussysteemeiksi (a) pikalukolla oleva tekokuituinen vyö (*Milites, PLCE1 taisteluvyö* 2011) (b) kanvasvyö metallilenkeillä (*Fjällräven, Kaitum belt* 2011) ja (c) tarralla vahvistettu metalliton vyö (*Hantaurus, Tactical palvelusvyö TDU ja kuulosuojain surefire earpro 3 mpr* 2011)

Kankainen vyö ei vahvennuksestaan huolimatta tuntunut olevan riittävän tukeva kommenttien mukaan, koska housujen taskuissa saattaa olla paljon painavaa tavaraa, jolloin vyön tarroihin ja kiristyslennkeihin kohdistuu paljon rasitusta. Lisäksi toivottiin mahdollisuutta pitää vyöllä erinäisiä apuvälineitä työtilanteen mukaan. Vyön osat eivät kuitenkaan saa naarmuttaa konetta tai irrota helposti. Näin ollen perinteinen vyö tavallisella soljella ei tule kysymykseen. Vyön materiaali voisi olla kankasta, jolloin materiaali olisi tiivistä ja paksua puuvillaa tai lujaa kudottua nauhaa, jonka materiaali voisi olla esimerkiksi polyamidi. Lukitusmekanismina voisi olla muovinen pikalukko tai lukitus kahdella metallilenkillä. Esimerkkejä vyömalleistä on esitetty kuvassa 5.3. Vyönlukon naarmuttaminen voitaisiin estää housuihin lisäämällä leveämpi ja isompi vyönlenkki, jonka alle vyönsoljen saisi piiloon.

Polvien kohdalla olevia polvipehmikkeitä käytetään erittäin vaihtelevasti. Polvipehmikkeistä tuli kommenttia puolesta ja vastaan. Kommenttien mukaan pehmikkeet pääsevät liikkumaan taskuissaan ja taskut on sijoitettu huonosti. Monet sanoivat, että varsinkin kesällä kosteussuojakangas hiostaa polvia. Edellisellä kehityskierroksella koekäytössä oli irrallisia polvisuojia, joiden käyttö koettiin hankalaksi, ja polvisuoja saattoi esimerkiksi pudota kentälle työntekijän huomaamatta. Silloin työryhmä päätti siirtyä takaisin kiinteisiin polvisuojapussuihin. Polvisuojataskuja tai

suojien mitoitusta voisi muuttaa paremmin istuvaksi. Kosteussuojaa ei kuitenkaan voi poistaa, sillä varsinkin kentällä ollessa maa on märkää. Kosteussuojakankaana voisi käyttää hengittävämpiä materiaaleja.

5.5 Väliasu

Väliasuun kuuluu välipusero ja välihousut, joiden materiaalina on tuulenpitävä kolmikerroslaminaatti. Päälimmäinen kerros on polyesterifleeceä, välissä polytetrafluorieteenikalvo, ja alimmaisena vuorina toimii polyesterineulos. Välipusero on vetoketjulla suljettava. Puserossa on korotettu kaulus, selän helma on pidennetty ja hihoissa on peukaloille aukot. Puserossa on tarrapohjat arvomerkillä ja nimikyltillä. Välihousuissa on vetoketjuton sepälu ja kuminauhavyötärö. Materiaali on päältä salvianvihreä ja sisältä tummanharmaa. Saumat ovat litteitä tasosaumoja. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Väliasun takkia käytetään paljon, varsinkin henkilöt, jotka käyttivät housu- ja t-paita-yhdistelmää. Välihousuja käytetään vain hyvin kylmällä säällä. Välipuseron hihat on pidennetty hihansuissa olevien peukalolenkkien takia, mutta varsinkin Lapin lennostossa toivottiin takin hihoista vieläkin pidempiä, jotta ne estäisivät paremmin ranteita altistumasta vedolle. Hihat eivät kuitenkaan saa olla liian pitkiä, jotteivat ne häiritse työntekoa.

5.6 Haalarit

Haalari on reisi- ja rintataskuilla varustettu työhaalari. Haalarissa on samanlainen tarralla säädettävä kangasvyö kuin housuissakin. Reisitaskuista toinen on vetoketjulla ja toinen tarralla suljettava, ja rintataskut ovat vetoketjulla suljettavia. Haalareissa on edessä lantion kohdalla kuulosuojaimille tarkoitettu tarrallinen säilytyslenkki. Polvien kohdalla on kosteussuojatusta kankaasta valmistetut taskut polvipohkeille. Haalarin materiaali on salvianvihreää 60 % puuvilla- 40 % polyesterikangasta, joka on viimeistely likaa ja kosteutta hylkivällä viimeistysaineella. Haalareissa on takana yhtenäinen vyölenkki tarttumisten minimoimiseksi. Lahkeensuissa on pukemista helpottavat vetoketjut. Haalarissa on tarrapohjat arvomerkillä ja nimikyltillä. (Lentotekniikkalaitos 2009) Haalareista saadut kommentit olivat samoja kuin housuista, ja molempien materiaalikin on samaa. Haalari on toinen hyvin yleinen työasukokonaisuus.

5.7 Välikausitakki

Välikausitakki on kevyt vuorellinen takki, jossa on kaksi rintataskua, alataskut, povitasku ja tarralla suljettava kynätasku. Takki suljetaan vetoketjulla, jonka suojana on tuulilista. Taskut suljetaan vetoketjuilla. Kaula-aukossa, hihansuissa ja helmassa

on resori. Takissa on tarrapohjat arvomerkillä, nimikyltillä ja joukko-osastotunnukselle. Tuotteen päällysmateriaali on salvianvihreää 100 % polyesterimikrokuitukan-gasta, jossa on vettä ja likaa hylkivä viimeistys, ja vuorimateriaali on 100 % poly-esteria. (Lentotekniikkalaitos 2009) Välikausitakin resoreiden ryhdikkyuden kanssa on ollut ongelmia: resori ei säilytä mittaansa eikä venyvyttään riittävästi. Takin ma-teriaali on tällä hetkellä polyesteriä, joka kestää huonosti kuumia pintoja. Lapin lennostossa välikausitakista toivottiin hieman pidempää mallia.

5.8 Lämpöpuku

Lämpöpukuun kuuluu toppatakki ja -housut. Takissa on tilava, vetoketjulla irrotet-tava ja tarralla säädettävä huppu. Takki ulottuu lantion päälle, ja siinä on kaksi rintataskua, alataskut, povitasku ja tarralla suljettava kynätasku. Takki suljetaan vetoketjulla, jonka suojana on tuulilista. Taskut suljetaan vetoketjuilla. Takissa on tarrapohjat arvomerkillä, nimikyltillä ja joukko-osastotunnukselle. Hupussa, kaula- aukossa ja hihansuissa on villaresori. Housuissa on liivimäinen yläosa, jonka takin alle jäävä osa ei ole topattu. Polvissa on kosteussululla varustettu vahvike. Housuissa on edessä lantion kohdalla tarrallinen lenkki kuulosuojaimille. Housuissa on lisäksi tarralla suljettavat reisitaskut. Lahkeensuissa on pukemista helpottavat vetoketjut. Tuotteen päällysmateriaali on salvianvihreää 100 % polyesteri-mikrokuitukan-gasta, jossa on vettä ja likaa hylkivä viimeistys. Sekä vanu- että vuorimateriaali ovat 100 % polyesteriä. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Lämpöpuvun materiaali sulaa herkästi kuumista pinnoista, joita on esimerkiksi lentokoneen nokassa, pitot-putkissa ja helikopterin pakoputken ympärillä. Materi- aali myös sähköistyy helposti, varsinkin talvipakkasilla. Työntekijät osaavat varoa kuumia pintoja ja purkaa muodostuneet varaukset. Varusvarastojen mukaan sulami- nen ei ole ollut kovin suuri ongelma, mutta joitakin vahinkoja on sattunut varsinkin uusille työntekijöille.

Vanu paakkuuntuu pesuissa, jolloin se menettää lämpimyyttään. Uutena takki on kuitenkin riittävän lämmin. Satakunnan lennostossa kommentoitiin, että vanu on lähtenyt liikkeelle, mutta muualla ei oltu havaittu samaa. Satakunnan lennostosta esitettiin lämpöpuvun hihaan taskua kulkukortille, jotta ovelle mentäessä ei tarvitsisi ottaa hansikkaita pois ja kaivaa korttia taskusta, vaan voisi vain heilauttaa kättä lukijan edessä.

Lämpöpuseron huppuun toivottiin Satakunnan lennostossa parempia kiristysma-teriaaleja. Kommenteista kävi ilmi, että liian suuren hupun kanssa päätä kolhitaan enemmän, kuin jos siinä olisi kiristysmahdollisuus. Jotta hupusta saataisiin parem- min pään liikkeitä mukaileva, tulisi siinä olla nykyisen kiristyksen lisäksi poikittainen kiristys ja kiristys hupunsuussa. Hupun resori on monesti löystynyt ja kerää itseensä likaa. Vaihtoehtona on muuttaa hupun rakennetta, jolloin korvattaisiin resori. Hu-

puissa on ollut hankintaerästä riippuen vetoketju eri tavalla sijoitettuna, eikä huppuja ole voitu vaihtaa keskenään, jolloin esimerkiksi takin korjaus on vaikeutunut.

Lämpöhousujen puettavuutta kritisoitiin jonkin verran. Lapin lennostossa monet pukevat lämpöhousut palomiesperiaatteella, jossa lämpöhousut lasketaan riisuttaessa talvisaappaiden varsiin ja sekä kengät että housut vaihdetaan kokonaisuudessaan. Lämpöhousut voidaan myös pukea nopeasti muiden vaatteiden päälle ulos mentäessä. Nopeasti puettaessa lahkeen vetoketjun väliin on jäänyt levikekangasta. Pukemisen nopeutta hidastaa kenkien riisuminen, sillä kenkä ei mahdu lahkeesta läpi. Satakunnan lennostossa lämpöhousuihin ehdotettiin kokopitkää vetoketjua, jolloin pukeminen olisi helpompaa. Kokopitkässä vetoketjussa tulee vetoketjun kohdalle sijoittaa tuulilista, ja listan jäämistä vetoketjun väliin tulisi tarkkailla. Lämpöhousun alla olevien housujen taskuille pääsemistä tulisi helpottaa. Lapin lennostossa toivottiin polvisuojataskua myös lämpöhousuihin. Taskun rakenteesta on kuitenkin tehtävä sellainen, ettei taskuun pääse lunta.

5.9 Sadeasu

Sadeasuun kuuluu sadetakki ja sadehousut. Sadetakissa on huppu ja kaksinkertaisella tuulilistalla suojattu vetoketju. Takissa on läpällä suojatut alataskut ja tuuletuskanavalla varustettu selkämys. Hihansuissa on lumilukot ja tarrakiristys. Materiaali on salvianvihreä PVC-pinnoitettu polyamidineulos. Housuissa on vyötäröllä kuminauha ja lahkeensuissa tarrakiristys. Housuissa ei ole taskuja tai sepalusta. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Sadeasu on vanha malli, josta kaivattiin hengittävämpää versiota. Sadehousut voitaisiin korvata täyspitkillä sadelahkeilla, jolloin sadetakki voisi olla vielä hieman pidempi ja nivuset saisivat enemmän tuuletusta. Sadetakiin voitaisiin lisätä hengitysreikiä hengittävyuden parantamiseksi, mutta aukot on sijoitettava niin, ettei lentokoneen keräämä sadevesi pääse sadeasun sisälle. Monet toivoivat kalvollista sadeasua, mutta on epäselvää osoittautuisiko kuoriasujen huolto ja kunnossapito toimivaksi. Lisäksi täytyy tehdä tarkempia tutkimuksia, kestävätkö kalvo ja sen huokoset kaikkia kemikaaleja, joita mekaanikot käsittelevät. Esimerkiksi Utin jääkärirykmentissä käytetään pelastuspakkauksesta löytyvää kalvollista sadeasua. Asun toimivuudesta ja huollosta voisi tehdä tarkemman selvityksen. Utissa henkilöstö vastaa itse asujensa huollosta. Sadeasusta toivottiin myös pienempiä kokoja, sillä kokojakauma on vain S–XXL. Sadeasun olisi toimittava kenkien kanssa. Tällä hetkellä lahkeista valuva vesi menee suoraan kenkiin. Saappailla jalkojen kastumista voitaisiin vähentää kumisaappaalla. Housun lahkeiden tulisi mahtua saappaiden päälle. Sadeasu tarvitsee myös vettäpitävät hansikkaat.

5.10 Lippalakki

Lentoteknisellä henkilöstöllä on käytössään urheilumallinen lippalakki, jonka lippa on kova ja takana on tarranauhasäätö. Tuote on salviaanvihreää puuvilla-polyesterikangasta, joka on samaa materiaalia kuin housut ja haalari. Tuotteen etuosaan on brodeerattu keltaisella Ilmavoimat-teksti ja Utin jääkäriyrykmentin lentoteknisellä henkilöstöllä Lentotekniikka-teksti. (Lentotekniikkalaitos 2009) Lippalakki suojaa päätä kemikaaleilta ja pieniltä kolhuilta. Lipan pituus häiritsee näkyvyyttä tehtäessä töitä ylöspäin. Lippa voisi olla hieman lyhyempi. Jos lippalakkiiin lisättäisiin viiltosuojakangasta ja kevyt pehmike, lippalakki suojaisi paremmin päätä ja se voisi korvata kypärän tietyissä tilanteissa. Suojan ei tule antaa valheellista turvallisuuden tunnetta. Suojallisesta lippalakista ei saisi tulla liian kuuma. Kesähelteillä niska tarvitsee parempaa suojausta auringolta.

5.11 Pipo ja kauluri

Pipo on villainen neulepäähine, jossa on tuulenpitävä vuori. Villa on käsitelty palonkestäväksi. Pipo on uusittu malli, josta ei ole vielä käyttäjien kokemuksia. (Lentotekniikkalaitos 2009) Vanhan mallinen pipo lyheni pesuissa, ja pinta muuttui nopeasti nukkaiseksi. Talvipäähineen käyttö kuulosuojainten kanssa on hankalaa, joten päähineen malliin on kiinnitettävä huomiota hankintaa tehtäessä. Tällä hetkellä toivottiin paremmin suojaavaa mallia. Ennen neulepäähineen käyttöönottoa käytössä on ollut vanhan mallinen lakki, jossa oli läpät ja korvien kohdalla suojaimille reiät. Vanha lakki näytti kuitenkin työntekijöiden mukaan niin naurettavalta, ettei sellaista voitu käyttää. Erittäin kylmällä Lapin lennostossa käytettiin pipon alla kypärämysyä. Utissa ja Lapin lennostossa kaivattiin syksyä ja loppukesää varten ohuempaa ja kalvotonta pipoa.

Kauluri on palosuojatusta villasta valmistettu neulekauluri. (Lentotekniikkalaitos 2009) Kaulurista toivottiin hieman korkeampaa mallia, ja Utissa toivottiin kauluriin tuulenpitävää etumusta.

5.12 Sukat

Lentoteknisellä henkilöstöllä ja ohjaajilla on käytössään kalvolliseen kenkään sunniteltu sukka. Sukat ovat materiaaliltaan joustavaa villasekoiteneulosta. Sukan pohjassa on sisäpuolella lämmittävä froteeneulos, jalkapöydän päällä on plateerattua neulosta ja pohkeessa on kymmenen kanavaa siirtämässä kosteutta kengästä. Sukan materiaalit ovat 38 % kampavillaa, 25 % polyamidia, 20 % polyakryyliä, 15 % polypropeenia ja 2 % elastaania. Sukan varren etuosassa on Ilmavoimat -teksti ja takana kanavia. Sukan koko on merkitty sukan varteen keltaisilla raidoilla seuraavasti: ei raitaa koossa 37–39, 1 raita 40–42, 2 raitaa 43–45 ja 3 raitaa 46–47. Sukkia ei löytynyt

tuotekuvastosta, joten ne tulisi lisätä kuvastoon.

Sukkia ei käytetty kaikissa joukko-osastoissa. Kauhavan lentosotakoulun varustevarastolla moitittiin, että sukka nyppyyntyy hyvin nopeasti. Huollossa onkin huomiotava villan tarvitsema hellävaraisempi pesu.

5.13 Turvaliivi

Turvaliivi on edestä tarroilla suljettava liivi. Liivin materiaali on fluoresoivaa keltaista 30 % puuvilla- 70 % polyesterikangasta, jossa on heijastinnauhoja. (Lentotekniikkalaitos 2009) Liivi on vaihtelevasti käytössä eri lennostoissa. Liivi koettiin hankalaksi käyttää kaiken muun varustuksen päällä, koska liivi ei enää mene kiinni ja lepattaa ollessaan auki. Heijastinten liittämiseksi muuhun varustukseen on tehty muutosaloitteita. Heijastimet eivät kuitenkaan voi olla kiinteitä, vaan ne tulisi pysyvä poistamaan tarvittaessa. Muutosaloite kumottiin ja päätöstä perusteltiin seuraavilla argumenteilla: Uusien tarrapohjien kiinnittäminen varustukseen koettiin hankalaksi toteuttaa, sillä vanhoja tuotteita ei voi modifioida ja tarrapohjien lisääminen kaikkiin kappaleisiin kestäisi kauan. Tarrapohjilla ei saavuteta standardin mukaista heijastinpinta-alaa, jolloin henkilöstö ei näkyisi riittävästi, vaan työntekijöille voisi syntyä valheellinen turvallisuuden tunne käyttäessään heijastimia.



Kuva 5.4: Mahdollisimman vähän häiritsevä mutta näkyvä heijastinliivivaihtoehto. (Hanx, Motrax Visilite LED-heijastinliivi 2011)

Heijastinliiviä tulisi kehittää helpommin mukana pidettäväksi, jotta se lisäisi turvallisuutta kentällä. Yksi mahdollisimman vähän häiriötä aiheuttava heijastinliivi on esitetty kuvassa 5.4. Liivi näkyy selkeästi niin päivällä kuin pimeälläkin ja mahdollistaa pääsyn taskuille.

5.14 Kemikaalinsuojapuku

Suojapuku on yksiosainen hupullinen kemikaalinsuojavaate, jossa on teipatut saumat ja kuminauhat hupun reunassa, vyötäröllä sekä hihojen ja lahkeiden suissa.

Hihojen suut ovat kaksinkertaiset suojakäsineitä varten. Suojapuku on käsitelty antistaattiseksi. (Lentotekniikkalaitos 2009) Kemikaalinsuojapukua käytetään suojana vain polttoainesäiliötä puhdistettaessa.

Kemikaalinsuojapuvun kanssa käytetään ohjajan eristyspuvun sukkia, jotka eivät kestä kerosiinia. Satakunnan lennostossa on päällystetty sukkia itse, jotta ne kestäisivät paremmin kerosiinia, mutta kestävämpi ja yhteinen ratkaisu tulisi kehittää. On olemassa esimerkiksi kemikaalinsuojapuvun kanssa samasta materiaalista valmistettu kengänsuoja, jota voitaisiin käyttää vaikka nykyisen sukan päällä, jos kenkiä ei ole mahdollista käyttää.

Kemikaalinsuojapuku on erittäin kuuma, sillä se ei hengitä. Satakunnan lennostossa on kehitetty ilmanvaihtosysteemi, jossa puku paineistetaan sisältä, jolloin ilma liikkuu eikä puku ole yhtä kuuma. Hengittämättömällä kemikaalinsuojapuvulla ei saa tehdä töitä pitkään yhtäjaksoisesti, mutta säiliön puhdistustöissä säiliöstä ei pääsääntöisesti poistuta kesken puhdistuksen.

Lentoteknillisen henkilöstön työtehtävissä haastavin kemikaali on tällä hetkellä lentopetrolissa käytettävä lisäaine glykolieetteri (tarkemmin 111-77-3 2-(2-metoksietoksi)etanoli). Glykolieetterit imeytyvät elimistöön keuhkoista hengitysilman mukana ja ihon läpi roiskeina. (*Glycol Ethers* 2011)

Altistumisen raja-arvojen ylittyminen voi aiheuttaa anemiasia, silmien ja ihon ärsyyntymistä ja vaikuttaa lisääntymiskykyyn. Sikiö- ja siittiöhaittoja voi ilmetä myös pienemmillä pitoisuuksilla ilman muiden oireiden ilmaantumista. Muita oireita ovat päänsärky, pahoinvointi, painon laskeminen ja mielialan muutokset. Silmiin osuneet roiskeet voivat olla kivuliaita, mutta eivät juuri aiheuta pysyviä vammoja. (*Glycol Ethers* 2011)

Glykoolieettereiden suojaksi suositellaan butyylikumia, neopreenia ja nitrilikumia. Mutta jopa nämä materiaalit päästävät lävitseen glykoolieettereitä jo pienen altistusajan jälkeen, joten suoja tulisi vaihtaa usein. Kemikaalille altistuminen tulisi minimoida. (*Glycol Ethers* 2011)

5.15 Käsineet

Henkilöstöllä on käytössään suojakäsineet, asentajan käsineet, kynsikkäät ja lämpökäsineet. Suojakäsineet ovat nahkaiset, irtovuorelliset, villaresorilliset sormikkaat, jotka on valmistettu ruskeasta naudan vuodasta. Asentajan käsineissä käsineen ja peukalon selkäpuoli on sinistä puuvillaneulosta ja kämmenpuoli valkoista pukinnahkaa. Kynsikkäät ovat mustasta villasekoiteneuloksesta valmistetut hansikkaat. Lämpökäsineet ovat täysnahkaiset rukkasmalliset käsineet, joissa on irtovuori ja varrensuussa resorineulos. Päällisen materiaali on ruskeaa naudanvuotaa ja irtovuori vaaleaa tekoturkista. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Käsineistä tuli paljon kommentteja. Monessa lennostossa on nahkaisten käsinei-

den sijasta käytössä Würthin varustekaapista saatavat työkäsineet, jotka on helppo vaihtaa uusiin vanhojen likaantuessa. Puolustusvoimat on tehnyt puitesopimuksen, jonka perusteella eri joukko-osastoissa on esimerkiksi työsuojaimia saatavilla kaapeista, joihin on sopimustoimittajan täyttöpalvelu. Tällä hetkellä sopimustoimittaja on Würth.

Nykyään varustukseen ei kuulu lainkaan vedenpitäviä käsineitä, joita voitaisiin pitää märällä säällä. Varsinkin loskainen sää on ongelmallinen. Satakunnan lennostossa toivottiin lämpörukkasista leveämpää mallia, jotta rukkaset voisi pukea väliaikaisesti muiden hansikkaiden päälle, lämmittämään hetkinä, jolloin sorminäppäryyttä ei tarvita. Hansikkaiden nahan koettiin kastuvan hyvin helposti ja imevän itseensä hydraulinesteitä, jotka imeytyvät sitten hansikkaiden läpi käsiin. Utin jääkärirykmentissä toivottiin lämpimämpiä hansikkaita. Lapin lennostossa kaivattiin korkeampia resoreita hansikkaisiin, jotta ne suojaisivat rannetta paremmin kylmältä.



Kuva 5.5: Ehdotelmia käsineisiin (a) öljyteollisuuden suunniteltu työkäsine (*Guide, Hansikkaat öljynkäsittelyyn* 2011) (b) talveen soveltuva gore-tex rukkaken (*Stadium, Kombi u sverve gtx mitt* 2011) ja (c) vuorellinen vedenpitävä työkäsine (*Guide, Hansikkaat öljynkäsittelyyn* 2011)

Kuvassa 5.5 on esitetty vaihtoehtoisia käsinemalleja. Öljyteollisuuden on suunniteltu nitrilikumipäällysteinen työkäsine, jonka kanssa voidaan tehdä tarkkuutta vaativia töitä. Kylmällä säällä voidaan käyttää lasketteluun suunniteltua rukkasta, jossa on Gore-tex-kalvo. Myös talvikäsineissä tulisi huomioida kemikaalien kesto ja kemikaalisuojaus.

5.16 Jalkineet

Varustuksen jalkineisiin kuuluvat työjalkineet ja talvijalkineet. Työjalkineet ovat mustat ja nauhalliset puolikengät, joissa ei ole turvakärkeä. Talvijalkineet ovat mustat, pitkävartiset ja lämminvuorisat saappaat. Talvisaappaan kärjessä on turvakärki. Saappaan kanssa käytetään huopasylynkejä. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Kengän pohjan kuviointi tulee olla sellainen, ettei se kuljeta mukanaan kiviä tai kuraa. Pohjan tulee myös kestää öljyä ja kerosiinia. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Jalkineiden pohjan koettiin olevan erittäin liukas talven kylmillä säillä. Edellisessä kehitystyössä toivottiin turvakärjetöntä työkenkää, koska se oli riittävän nopea kyykistyttyessä. Nykyään jalkineisiin tarvitaan turvakärki. Karjalan lennostossa työntekijän varpaille on pudonnut raskas esine syksyllä 2011, jolloin asia on nousut esille. Varusteisiin tarvitaan vedenpitäviä kenkiä, sillä vesisateessa vesi ei pääse poistumaan lentokentältä ja vettä voi olla paikoin paljonkin. Kenkien pohjan läpi karkaavaan lämpöön voisi kiinnittää huomiota, sillä paikoillaan seistäessä kylmällä alustalla lämpöä johtuu maahan. Myös kova kengänpohja rasittaa jalkoja, sillä seisontapehmusteita ei voida pitää. Seisontapehmusteet voisivat olla kiinteästi kengän rakenteessa. Tällä hetkellä pehmusteena toimii ESD-pohjallisesta löytyvä geelityyny.

Jokaisessa joukko-osastossa kaivattiin hengittävämpää kenkää, sillä nykyinen työjalkine on erittäin kuuma. Nykyään monet käyttävät omia kenkiään, jotka harvoin täyttävät turvallisuusvaatimukset. Esimerkiksi Satakunnan ja Lapin lennostoissa on käytössä moottorinasennusvaunu, jonka käyttöohje edellyttää turvakenkien käyttöä. Satakunnan lennostossa on hankittu paikallishankintana kevyemmät, määräykset täyttävät turvakengät.

Työkengän pohjan materiaali kovettuu kylmässä, jolloin pohjasta tulee erittäin liukas ja kankea. Pohjat halkeilevat taipuessaan kylmässä. Polvillaan ollessa kova asfaltti kuluttaa kengän kärkiä. Kengän ranttu voisi säästää kengänkärkiä, mutta sen tulisi olla ehdottoman hyvin kiinnitetty, sillä irtoileva ja repsottava ranttu aiheuttaisi vain enemmän ongelmia. Kengän kärjet kuluvat varsinkin Utin jääkäriyrykmentin henkilöstöllä NH90-helikopterin karhennetulla lattialla.



Kuva 5.6: Satakunnan lennostoon valitut turvakenkien mallit (a) Jalaksen Challenger (*Jalaks, Challenger 3920* 2011) ja (b) Sievin jalkineen Air Galaxy (*SieviAir Galaxy 1 S1* 2011)

Ilmavoimien materiaalilaitos antoi Satakunnan lennostolle ohjeet paikallisesti hankittavia turvakärjellisiä työjalkineita koskien. Ohjeiden mukaan mallien tuli täyttää ESD-vaatimukset, kestää kemikaaleja ja sisältää turvakärki. Lennosto valitsi käyttöön yhden mallin sekä Sievin jalkineen että Jalaksen mallistosta: Sievin Air Galaxy 1XL ja Jalaksen Challenger 3920a. Mallit on esitetty kuvassa 5.6. Molemmissa kengissä on lisäksi askelpehmennin helpottamassa seisomistyötä.

5.17 Pohjalliset

Pohjallisiin kuuluvat villa- ja ESD-pohjalliset. Villapohjallisessa on vahvikkeena pahi. Villapohjallista käytetään kaikissa jalkineissa lisälämpösuojana. ESD-pohjallista käytetään antistaattisena ESD-tiloissa kaikissa kengissä. ESD-pohjallinen koostuu kolmesta kerroksesta, jossa on pehmeä pintamateriaali, hengittävä välimateriaali ja iskuja vaimentava pohjakerros. (Lentotekniikkalaitos 2009) Pohjallisista ei saatu kommentteja.

5.18 Kuulosuojaimet

Kuulosuojaimia on kahta mallia, toinen Peltorilta ja toinen Silentalta. Kuulosuojaimista on valittu parhaiten matalataajuista melua suodattavat mallit. Kuulosuojaimet ovat säädettävällä sangalla varustetut kupumalliset kuulosuojaimet. Henkilöstö saa valita itselleen paremmin sopivan mallin kahdesta vaihtoehdosta. Peltor Optime 3 -mallin vaimennusarvot ovat korkeataajuiselle 40 dB, keskitaajuiselle 32 dB ja matalataajuiselle melulle 23 dB. Silenta Supermaxin vaimennusarvot ovat vastaavasti korkeataajuiselle 38 dB, keskitaajuiselle 34 dB ja matalataajuiselle melulle 26 dB. (Lentotekniikkalaitos 2009) Kuulosuojainten tehtävä on vaimentaa melua ilman, että kuuleminen vaikeutuu. Suojaimen valinta on onnistunut silloin, kun suojain vaimentaa melun kuulolle vahingollisen rajan alapuolelle, muttei eristä ympäristöstä. Kuulosuojaimet eivät saa aiheuttaa vaaraa työnteossa.

Hornetin ympäristössä mitattu melutaso oli koneen käydessä tyhjäkäynnillä 15 metrin päässä lentokoneesta 108–110 dB, koneen käydessä 80 % teholla 15 metrin päässä koneesta 118–122 dB ja koneen käydessä jälkipoltolla koneen alta mitattuna 126–146 dB. Taajuusanalyysien perusteella melu on suuritaajuisista ja melun suurin energia on taajuusalueella 500–16 000 Hz Hornetin käydessä 80 %:n teholla, kun mitauskohta on koneen siiven vieressä koekäyttöalueen sivulla. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Ilmavoimilla on ollut kokeilukäytössä kahta eri mallia yksilöllisiä, korvan muotoon valettuja kuulosuojaimia. Palautetta on tullut puolesta ja vastaan. Muotoonvalettujen kuulosuojainten hankinnassa tulee sopivuuden lisäksi huomioida tuotteen oikeat äänenvaimennusarvot, elinkaari, logistiikka-, hankinta- ja ylläpitokustannukset. Varusteita hankittaessa työterveyden asiantuntija mitoittaa ympäristön ja antaa ohjeet hankittavalle suojavarustukselle. Ohjaaajilla käytössä olevissa korvan muotoon valetuissa kuulosuojaimissa, joissa on mukana kuuloke-mikrofoniyhdistelmä, on ilmennyt yllättäviä käyttöongelmia ja rikkoontumisia on tullut runsaasti. Näin ollen yksilölliset, korvan muotoon valetut kuulosuojaimet vaativat lisätutkimuksia, eikä niitä vielä oteta käyttöön. Kuuloke-mikrofoniyhdistelmällä varustettu kuulosuojain olisi erityisen hyvä käytettäessä korvatulppia ja radioyhteydellä varustettuja kupusuo-

jaimia, sillä tulpat vaimentavat radioliikenteen miltei olemattomiin. Muotoonvaletut suojaimet vaimentavat melua ja helpottavat radioliikenteen kautta kommunikointia.

Hornet-koneen lentoonlähtöä edeltävän toiminnantarkastuksen yhteydessä tulee viikottain tilanteita, joissa mekaanikko vaihtaa omat kuulosuojaimensa koneeseen radioyhteydessä oleviin kuulokkeisiin. Tällöin mekaanikko on hetken ilman minäänlaista kuulosuojausta aivan lentokoneen moottoreiden vieressä niiden käydessä. Osa mekaanikoista käyttää omia muotoiltuja korvatulppia tai tavallisia korvatulppia, mutta virallista ohjetta toimintatavoista tai suojaimista ei ole tehty.



Kuva 5.7: Keskustelun mahdollistava ja korkeita ääniä vaimentava kuulosuojain helikoptereiden kanssa työskentelyyn (*Hantaurus, Tactical palvelusvyö TDU ja kuulosuojain surefire earpro 3 mpr 2011*)

Helikoptereille tehtyä melumittausta ei ollut saatavissa, mutta esimerkiksi pelkästään helikopterin sähköjen ollessa päällä, melutaso häiritsee jo puhetta. Helikoptereiden huoltotöihin voisivat soveltua pienikokoiset suojaimet, jotka vähentävät haitallisten äänien tasoa noin 9 dB, mutta samalla on mahdollista kuulla keskustelunääniä ja ohjeita. Kuulosuojaimet on esitetty kuvassa 5.7. (*Hantaurus, Tactical palvelusvyö TDU ja kuulosuojain surefire earpro 3 mpr 2011*)

5.19 Suojakypärä



(a)

(b)

Kuva 5.8: Mekaanikon suojakypärä (a) edestä (b) sivulta

Suojakypärä on kankaasta valmistettu myssy, jossa on otsalla ja takaraivolla kovamuoviset iskusuojat. Suojakypärän kanssa voi pitää kuulosuojaimia. Suojakypärä

on suunniteltu ja käytössä lentotukialuksilla. (Lentotekniikkalaitos 2009) Suojakypärä on esitetty kuvassa 5.8. Suojakypärää ei juuri käytetä, sillä sen käyttö koetaan hankalaksi ja ulkonäkö ja tuntu epämiellyttäväksi. Erillisenä tuotteena suojakypärä jää käyttämättä. Virallisten ohjeiden mukaan suojakypärää tulee käyttää. Kypärään liitetään kuulosuojaimet, mutta niitä ei voida poistaa nopeasti, jolloin käytännössä työntekijöillä tulisi olla kahdet kuulosuojaimet.

Pään yleisimmät vammat ovat kolhaisuja ja terävistä reunoista tulleita viiltoja. Viiltosuojakankaasta tehty lippalakki suojaisi pieniltä kolhuilta ja teräviltä reunoilta. Viiltosuojalippalakin käyttö voisi olla kypärää runsaampaa. Internetistä löytyneiden kuvien perusteella monissa maissa lentokonemekaanikot käyttävät rakennustyömailla käytettävää suojakypärää tai samaa lentotukialuskypärää kuin nykyinen suojakypärä.

5.20 Otsavalaisin

Otsavalaisin on suunniteltu kohdevalaisimeksi. Valaisinta käytettäessä työntekijöiden kädet jäävät vapaaksi. Otsavalaisimeksi valittiin mahdollisimman tehokas ja monipuolinen malli. Valaisimessa on kolme valotehoa, huomiovilkku ja sivuun siirrettävä hajavalolinssi. Lamppu on roisketiivis ja kirkas. Lampussa on myös boost-toiminto, jolla voidaan hetkellisesti lisätä valotehoa. (Lentotekniikkalaitos 2009)

Otsavalaisin on lisätty varustukseen vuonna 2009. Otsavalaisinta ei ole vielä otettu käyttöön kaikissa lennostoissa. Satakunnan lennostossa otsavalaisin on kovassa käytössä ja sai paljon kiitosta. Otsavalaisinta käytetään sisälläkin kohdevalona tarkemmassa työssä. Muissa lennostoissa käytetään pääasiassa Magliten metallisia käsivalaisimia. Otsavalaisimet on hankittu Magliten rinnalle eikä korvaamaan sitä. Magliten metallinen varsi on talvella kylmä ja liukas. Magliten pitomukavuutta on haluttu parantaa Lapin lennostossa paikallishankintana hankittavilla neopreenipitimellä, joka parantaisi lampun pito-ominaisuuksia ja vähentäisi kylmyyttä.

5.21 Muita huomioita ja parannusehdotuksia

Huomiot on kerätty haastattelemalla eri tehtävissä toimivia lentoteknillisen henkilöstön edustajia joukko-osastovierailujen yhteydessä. Vierailuja tehtiin Satakunnan lennostoon, Lapin lennostoon, Utin jääkäriyrykmenttiin ja Kauhavan Lentosotakouluun.

Utin jääkäriyrykmentissä työskenneltäessä helikoptereilla olisi työntekijöillä tarvetta suojalaseille, jotka suojaavat silmiä pölyltä ja roiskeilta helikopterin käydessä. Varsinkin lentojen välissä tehtävässä kuumatankkauksessa voi polttoainetta roiskua mekaanikkojen kasvoille. Yksi vaihtoehto on Maavoimilla jo käytössä oleva ESS:n Land ops. Useimmat silmälasimallit mahtuvat suojalasiin alle. Malli on hyväksyt-



Kuva 5.9: Kemikaaliroiskeilta, tuulelta ja pölyltä suojaavat suojalasit (*ESS Land ops* 2011)

ty myös Yhdysvaltojen armeijan erikoisjoukkojen käyttöön. Lasit eivät huurustu, ovat tilavat ja suodattavat pölyä ja kemikaaliroiskeita. Malli on esitetty kuvassa 5.9. Muissa joukko-osastoissa tavalliset suojalasit voisivat riittää suojaamaan silmiä. Suojalasit voitaisiin sijoittaa työkalusalkkuun tai henkilökohtaisesti lentoteknilliselle henkilöstölle. Lapissa on sellaisia säitä, joissa mekaanikot tarvitsisivat työssään tavallisia, kylmään sopivia laskettelulaseja, jotta näkyvyys paranisi. Ongelma on kuitenkin ilmennyt lähinnä pohjoisessa.



(a)

(b)

Kuva 5.10: Koekäyttötaloon sopiva palosuojattu toppapuku: (a) takki (talvitakki 662) ja (b) housut (avohaalari 664) (*Dimex, palosuojatut vaatteet, talvitakki 662 ja avohaalari 664* 2011)

Lentokoneiden koekäytöissä on suurempi mahdollisuus altistua tulipaloille, ja koneiden käydessä koekäyttötalossa on erittäin kylmät olosuhteet. Koekäyttötaloon tarvittaisiin talvinen palosuojavarustus. Kovin moni ei tarvitse tällaista varustusta, jolloin olisi perusteltua etsiä sopivaa tuotetta kaupallisilta markkinoilta. Yksi mahdollinen malli löytyy esimerkiksi Dimexiltä, joka valmistaa palosuojattua topa-asua. Asussa olevat kiinteät heijastimet eivät haittaa koekäyttötalossa. Asukonaisuus on esitetty kuvassa 5.10.

Puolustusvoimilla on tällä hetkellä puiteostosopimus Würthin kanssa, jonka perusteella ylläpidetään ja toimitetaan henkilösuojaimeja, kemikaaleja ja työkaluja sen ylläpitämiin kaappeihin joukko-osastoissa. Paikoin kaapeissa on saatavilla aivan samoja tuotteita, joita saa varusvarastolta henkilökohtaiselle kuitille. Näitä päällekkäi-

syyksiä voitaisiin poistaa siirtämällä materiaalilaitoksen valikoimasta nämä tuotteet pois varsinkin helposti vanhentuvien tuotteiden osalta.

Varustekaapien käyttöön liittyy joitakin ongelmia. Kukaan ei tarkasta työntekijöiden tilaamia tuotteita, joten niissä saattaa olla lentoturvallisuusvaatimusten vastaisia tuotteita. Kaapissa saatavissa olevista tuotteista tulisi olla selkeät ohjeet: mihin tarkoitukseen käytetään kutakin tuotetta ja mitä kaappiin voidaan ylipäättään tilata. Toinen ongelma on se, että korjaamot ja laivueet voivat olla hyvin eri puolella joukko-osastoa eikä kaikissa ole omaa kaappia. Varsinkin, jos tuotteita siirretään kaappiin varusvarastolta, on kaikilla työntekijöillä oltava yhtäläinen pääsy kaapille. Kaapin varustelun maksaa jokainen joukko-osasto itse, jolloin heille on annettava aikaa budjetoida hankinnat itselleen.



Kuva 5.11: Virve-laitteen kantaan tarkoitettu olkanauhakannin, joka ei vaadi minkäänlaisia kiinnikkeitä vaatteisiin (*Fanttiset, olkanauhakannin* 2011)

Viranomaisverkko, eli Virve, on käytössä osalla mekaanikoista. Tällä hetkellä laitetta pidetään housujen taskussa. Laitteen käytettävyyttä paranisi, jos sitä säilytettäisiin lähempänä korvaa. Laitteelle on kehitetty erilaisia kantosysteemejä, ja se olisi mahdollista kiinnittää vaatetukseen. Sotilaspoliiseilla on olkasaumassa lappu, jonka päässä on vetoketjun toinen puoli. Vetoketjuun voidaan kiinnittää käytön ajaksi kannattimen laitteelle. Kannattimen paikallaanpysyvyys varmistetaan miehustassa olevalla tarralla. Erilaisia nauhakannattimia on kaupallisesti saatavilla. Yksi kannattimien valmistaja on Fanttiset, jolta löytyy esimerkiksi ilman kiinnikkeitä toimiva olkanauhamaali, joka on esitelty kuvassa 5.11. Vain osa lentoteknisestä henkilöstöstä käyttää työtehtävissään Virvettä.

Yksityiskohtiin tulisi kiinnittää huomiota. Varustuksen käytettävyyttä hansikkaiden kanssa voidaan parantaa lisäämällä kaikkiin vetoketjujen vetimiin lisänauha, joka on päistään avonainen. Trenssiompeleet oikeissa paikoissa parantavat tuotteen kestävyyttä esimerkiksi taskujen osalta. Resoreiden muotonsäpitävyys pitää tuotteen edustavampana ja toimivana pidempään. Huomiota tulisi kiinnittää myös vetoketjujen tuulilistoihin, etteivät ne jää vetoketjujen väliin nopeasti puettaessa tai riisuttaessa.

Nykyisistä käytössä olevista ja lentokäyttöön hyväksytyistä varusteista on olemassa sähköinen tuotekuvasto. Tämä kuvasto ei kuitenkaan ollut lentotekniselle

henkilöstölle tuttu. Uusista varusteista tiedottaminen on tällä hetkellä lähinnä varastomestarien vastuulla. Tämä menetelmä ei toimi kaikkialla. Aina tieto ei saavuttanut edes varastomestareita. Haastattelukierroksilla ehdittiin korjata muutama epäkohta. Tiedottamista tulee kehittää. Myös palautekanavaa voisi parantaa.

Monessa yhteydessä ihmeteltiin, miksei varustus ole yhteinen Maavoimien varustuksen kanssa. Lentoteknisellä henkilöstöllä ei ole selkeää kuvaa siitä, mitä heidän varustukseltaan vaaditaan ja miltä kaikelta varusteet suojaavat. Myös väri on aiheuttanut ihmetystä. Ilmavoimissa on päätetty käyttää salvianvihreää väriä, ja varustukselta vaaditaan määrättyjä ominaisuuksia, kuten tarttumattomuutta, liian kuljettamattomuutta sekä muita ominaisuuksia. Esimerkiksi maavoimien käytössä olevassa maastopuvussa on metallisia nappeja ja suuria vetoketjuja, jotka voivat naarmuttaa lentokoneita ja irrota helposti koneen matkustamoon. Maavoimien käytössä olevaa mallia ja materiaalia olisi voitu hyödyntää, mutta kehitystyötä olisi jouduttu joka tapauksessa tekemään. Monissa maissa lentoteknisellä henkilöstöllä on käytössä lähinnä maavoimien käyttämä maastoasu.

6. HANKINTOIHIN LIITETTÄVÄ TEKNINEN SPESIFIKAATIO

Julkisista hankinnoista on annettu laki 30.3.2007/348, jonka perusteella 30 000 euroa ylittävät tilaukset tulee kilpailuttaa. Hankintalaki turvaa, että kaikki suuret hankinnat tehdään mahdollisimman taloudellisesti ja suunnitelmallisesti sekä mahdollisimman tarkoituksenmukaisina kokonaisuuksina ympäristönäkökohdat huomioon ottaen. Avoimessa kilpailutuksessa kaikki halukkaat voivat jättää tarjouksen. Kaikkia tarjouksen jättäjiä tulee kohdella tasapuolisesti. Tilaaaja voi myös lähettää tarjouspyyntöjä soveliaiksi katsomilleen toimittajille. Tarjouspyynnössä tuote tulee määrittellä teknisesti käyttäen standardeja, virallisia teknisiä määrittelyjä, teknistä viitettä tai muuta kansallista asiakirjaa. (30.3.2007/348)

Hankintalaki määrää, että hankintaa ei voida jakaa eriin tai muuten yhdistellä keinotekoisesti säännösten välttämiseksi. Hankinnoissa voidaan siirtyä neuvottelumenettelyyn, jos avoimessa tarjouspyynnössä on saatu tarjouksia, jotka eivät sisälöltään vastaa tarjouspyyntöä. Tällöin tarjouspyynnön mukaisia sopimusehtoja ei saa olennaisesti muuttaa. Lain mukaan 30 000 euroa ylittävissä tilauksissa voidaan siirtyä suorahankintaan, jos tarjouksia ei ole tullut lainkaan, vain tietty toimittaja voi toteuttaa hankinnan tai tavara hankitaan vain tutkimusta varten. Suorahankintaa voidaan käyttää myös silloin, kun tehdään lisätilaus alkuperäisen toimittajan kanssa. Lisätilauksen voimassaoloaika saa kestää maksimissaan kolme vuotta. Tarjouspyyntöjen voimassaoloaikoja päätettäessä tulee huomioida hankinnan laatu, monitahoisuus ja tarjousten laatimisen ja toimittamisen vaatima aika. Avoimessa hankinnassa tarjousajan on oltava vähintään 52 päivää. Määräaika lasketaan hankintailmoituksen jättämisestä seuraavasta päivästä. (30.3.2007/348)

Tarjouspyyntö on tehtävä kirjallisesti ja laadittava teknisiltä tiedoiltaan niin selvästi, että sen perusteella voidaan antaa yhteismitallisia ja keskenään vertailukelpoisia tarjouksia. Tarjouspyynnössä tulee ilmetä hankinnan kohde, tekniset määritelmät ja laatuvaatimukset, määräaika tarjousten tekemiselle, tarjouksen lähetysosoite, tarjouksen laadintakieli, luettelo tarjouspyyntöön liitettävistä asiakirjoista, tarjouksen valintaperuste ja tarjousten voimassaoloaika. Mukaan tulee liittää myös muut tiedot, joilla on olennaista merkitystä tarjousten tekemisessä. Tarjouspyyntö on lähetettävä avoimessa hankinnassa sitä pyytävälle enintään kuudessa päivässä. Rajoitetussa hankinnassa tarjouspyyntö lähetetään vain niille, jotka on etukäteen

valittu tarjousmenettelyyn. (30.3.2007/348)

Hankittavien tuotteiden teknisen määritelmän on mahdollistettava tarjoajille yhtäläiset mahdollisuudet osallistua tarjouskilpailuun. Määritelmät laaditaan viittaamalla standardeihin, virallisiin teknisiin määrittelyihin tai vastaaviin. Asiakirjoissa tuotteelle asetetut täsmälliset suorituskyvyn tai toiminnallisuuden vaatimukset tarkentavat kohteen määrittämistä. Määritelmässä ei kuitenkaan saa esiintyä tiettyä valmistajaa, tavaramerkkiä, patenttia tai alkuperämaata. Tällaiset viittaukset sallitaan vain, jos kohdetta ei ole mahdollista kuvata muuten riittävän täsmällisesti. Viittaukseen on silloin liitettävä ilmaisu "tai vastaava". Tarjouspyyntöön voidaan laittaa vaatimuksia tarjoajien taloudellisesta tilanteesta, teknisestä suorituskyvystä ja ammatillisesta pätevyydestä. (30.3.2007/348)

Tarjouspyyntöön vastattaessa tarjoajan tulee osoittaa tarjoamansa tuotteen olevan vaatimusten mukainen. Osoituksena voidaan käyttää esimerkiksi valmistajan teknisiä asiakirjoja tai tunnustetun toimielimen teknistä raporttia. Tarjoaja voi osoittaa sijoittumismaansa elinkeinorekisterin rekisteriotteella ja toimiluvalla. Taloudellinen tilanne voidaan osoittaa pankin lausunnolla, tuloslaskelmalla tai todistuksella yrityksen kokonaisliikevaihdosta. Hankintaan liittyvät ilmoitukset ja tietojen vaihto on toimitettava tilaajan valinnan mukaan joko kirjeitse, telekopiolla tai sähköisiä välineitä käyttäen. Valittujen viestintävälineiden on kuitenkin oltava yleisesti käytettäessä, eivätkä ne saa rajoittaa toimittajien mahdollisuutta osallistua hankintaan. (30.3.2007/348)

Teknistä suorituskykyä tai ammatillista pätevyyttä voidaan osoittaa esimerkiksi tärkeimmillä toteutuneilla tavarantoimituksilla arvoineen, ajankohtineen ja vastaanottajatietoineen ja tarjoajan kuvauksella laadunvarmistukseen käytettävistä teknisistä välineistä sekä tutkimus- ja kokeilujärjestelmistä. Tarjoajan täytyy myös selvittää, miltä osin se aikoo antaa sopimuksen alihankkijoiden toteutettavaksi. Tarjoajalta voidaan pyytää selvitys laadunvarmistustoimenpiteistä. (30.3.2007/348)

Kaikista annetuista tarjouksista hyväksytään se, joka on vertailuperusteiden mukaan kokonaistaloudellisesti edullisin tai hinnaltaan halvin. Kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen vertailuperusteina voidaan käyttää esimerkiksi laatua, hintaa, teknisiä ansioita, esteettisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia, ympäristöystävällisyyttä, käyttökustannuksia, kustannustehokkuutta, myynnin jälkeistä palvelua, teknistä tukea, huoltopalveluja, toimituspäivää, toimitusaikaa tai elinkaarikustannuksia. Käytettäessä valintaperusteena kokonaistaloudellista edullisuutta vertailuperusteet ja niiden suhteellinen painotus on ilmoitettava hankintailmoituksessa. Vertailuperusteet tulee, jos vain mahdollista, ilmoittaa tärkeysjärjestyksessä. Jos tarjouskilpailuun annetaan hankinnan laatuun ja laajuuteen nähden poikkeuksellisen alhainen tarjous, voi tilaaja hylätä sen. Ennen hylkäystä on tarjoajalta kuitenkin pyydettävä kirjallista selvitystä tarjouksen perusteista. (30.3.2007/348)

Spesifikaatiot tulisi laatia siten, etteivät ne jätä tulkinnanvaraa, tarjouksia on helppo vertailla ja että useat valmistajat voivat valmistaa tuotetta. Spesifikaation tulee olla selkeä ja yksiselitteinen. Kaikki toivotut vaatimukset tulee eritellä, sillä tarjoaja harvoin tarjoaa parempaa tuotetta, kuin mitä spesifikaatiossa on määritelty. Tuotteet tulee pystyä tunnistamaan numeron tai koodin avulla. Spesifikaation vaatimukset tulee olla järjestetty selkeästi numeroinnilla, ja pidempään spesifikaatioon tulee liittää sisällysluettelo. Liian tarkkoja yksityiskohtia tulee välttää. Esimerkiksi lujuusvaatimukset ilmoitetaan vaadittavina minimiarvoina. Vaatimuksissa tulee mahdollisuuksien mukaan viitata standardeihin. Mukaan tulee liittää kuitenkin vain oleellimmat standardit. Spesifikaatiossa tulee välttää epämääräisiä ilmauksia, kuten laadukas, helppokäyttöinen ja kestävä, jotka jättävät tulkinnan varaa. (Stout 2004)

Kilpailutettaessa vaatteiden hankintaa tarjouspyyntöön liittyvässä tuotespesifikaatiossa mainitaan yksityiskohtaisesti tuotteelle asetetut vaatimukset, niin materiaalien, rakenteen, laadun kuin toimitustavankin suhteen. Vaatteiden spesifikaatioissa määritellään raaka-aineet, joihin kuuluvat tuotteeseen kuuluvat perusmateriaalit ja kaikki lisätarvikkeet, kuten ompelulangat, nauhat, napit ja vetoketjut. Spesifikaatiosta selviää tuotteen rakenne ja valmistustekniset vaatimukset, kuten mitoitus, kaavat, tikkityypit, ompelu, viimeistely ja tuotteeseen tehtävät merkinnät. Käytettyjen materiaalien tulee läpäistä materiaaleille asetetut tekniset vaatimukset, kuten mittamuutokset, värinkestot sekä hankauksenkesto. Lisäksi spesifikaatiossa määritellään kuinka tuotteet pakataan, tilaus lähetetään ja laatu varmistetaan. Spesifikaatiot pitäisi päivittää aina ennen uuden tilauksen tekemistä.

Laatua tarkkaillaan tavallisesti perusnäyteellä ja toimitusnäytteellä. Perusnäyte on ennen valmistusta tilaajalta saatava näyte, joka täydentää spesifikaatiota ja jonka perusteella tuote valmistetaan. Toimitusnäyte on valmistajan lähettämä näyte, joka lähetetään tilaajalle ennen tuotannon aloittamista. Toimitusnäytteestä varmistetaan lopullisen tuotteen laatu. Tuotteille tehdään vielä niiden saapuessa vastaanottotarkastus pistokoeluonteisesti.

Liitteenä on yksi tässä työssä laadituista teknisistä spesifikaatioista ja lista muita laadituista teknisistä spesifikaatioista. Spesifikaation pohja on muokattu Ilmavoimille sopivaksi Maavoimien käytössä olevasta pohjasta. Spesifikaatiossa on otsikko, juokseva numerointi, päivämäärä, Ilmavoimien tunnus, sisällysluettelo, vastuussa olevan toimiston osoitetiedot, termien selitys, materiaalivaatimukset standardeineen, pakkaustavat sekä tekniset piirrokset tuotteesta liitteenä.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä diplomityössä kartoitettiin Suomen Ilmavoimien lentokone- ja helikopterimekaanikoiden työoloja ja töissä havaittuja riskitilanteita. Kerättyjen tietojen pohjalta tarkastettiin työ- ja suojavaatetuksen suojaavuuden riittävyyttä ja ajantasaisuutta. Nykyisistä tuotteista laadittiin spesifikaatiot, joilla tuotteita voidaan tilata hankintalain mukaisella tarjouskilpailulla. Lisäksi etsittiin mahdollisia uusia materiaaleja ja tuotteita markkinoilta. Tietoja kerättiin vierailemalla joukko-osastoissa haastattelemassa lentokone- ja helikopterimekaniikkoja sekä työturvallisuudesta vastaavia henkilöitä. Työn pohjaksi kerättiin tietoa työturvallisuuslaitoksen julkaisuista sekä kylmässä työskentelyä ja paloturvallisuutta käsittelevistä kirjoista. Työvaatekankaiden edustaja Jukka Sipilä esitteli Carringtonin ja Foxan varusteisiin soveltuvia kangasvaihtoehtoja.

Aluksi esiteltiin lentoteknillisen henkilöstön työtehtäviä ja Ilmavoimien materiaalilaitosta. Lisäksi esiteltiin Suomessa käytettävää lentokalustoa, Ilmavoimien joukko-osastoja ja Suomessa vallitsevia sääoloja, joissa henkilöstö joutuu työskentelemään. Muiden maiden lentoteknillisen henkilöstön varusteista on kerrottu lyhyesti kerättyjen tietojen perusteella.

Tuotteille asetettuja erilaisia vaatimuksia on paljon. Vaatimuksia on asetettu tuotteiden kehittämisvaiheessa ja tuotteiden päivitystilanteissa. Annetut vaatimukset voivat olla myös päällekkäisiä, jolloin on tehtävä kompromisseja. Vaatimusten yhteydessä on esitelty erilaisia työympäristöjä, joissa henkilöstö joutuu työskentelemään. Työympäristöjen esittelyissä on kerrottu kirjallisuudesta löytyvää tietoa.

Lentoteknillisen henkilöstön työhön liittyviä riskejä selvitettiin kartoittamalla suojavaarusteiden riittävyys. Riskienkartoituksessa kerrotaan teoreettisesti riskienkartoituksen tekemisestä sekä tehdyistä havainnoista. Suurin osa havainnoista kerättiin aiemmin tehdyistä työturvallisuusselvityksistä.

Turvallisuusselvitykset on tehty paikallisesti jokaisessa joukko-osastossa. Vierailullani turvallisuusselvityksistä puhuttiin ja niiden tärkeimmät seikat kerrottiin. Useista pyynnöistä huolimatta koko raportin toimitti vain Lentosotakoulu Kauhavalta. Haastattelujen perusteella voidaan kuitenkin päätellä riskien olevan hyvin samanlaisia paikasta riippumatta; vain joukko-osaston konekanta vaikutti jonkin verran riskeihin. Eniten raporteissa korostui kuulonsuojaus, varusteiden sähköinen varautuminen ja turvakenkien puuttuminen.

Materiaaleja käsittelevässä luvussa esiteltiin nykyään käytössä olevia materiaaleja ja käyttöön soveltuvia uusia materiaaleja. Vertailussa on lähinnä tarkasteltu työvaatemateriaaleja. Toppa-asun ja neuleiden käsittely on jätetty vähemmälle.

Uusista materiaaleista lupaavimmaksi osoittautui Carringtonin Flamestat 290, joka on palonkestävä, antistaattinen ja kemikaalinsuojakäsittely puuvilla-polyesterikangas. Tämä työvaatekangas on kuitenkin jonkin verran nykyistä haalarikangasta paksumpi, joten materiaalista tulisi valmistaa pienehkö koe-erä materiaalin toimivuuden varmistamiseksi. Talviasun kankaaksi löytyi hyvin huonosti vaihtoehtoja sulamattomasta materiaalista, joka olisi yhtä kevyt kuin nykyinen materiaali. Parannuksena nykyiseen, ohueen polyesterimikrokuitukankaaseen olisi kuitenkin saatavilla antistaattista kangasta, esimerkiksi Action Quatro Foxalta.

Työssä on esitelty lentoteknillisen henkilöstön nykyiset suojavaatteet ja varusteet. Varusteista on esitelty parannusehdotuksia ja käyttäjien kommentteja. Tuotteet valmistetaan mahdollisimman vähistä materiaaleista, jotta tilausmäärät eivät nouse liian korkeiksi kankaanvalmistajien minimi-tilausten takia. Tuotteita hankittaessa on huomioitava hankintahinnan lisäksi tuotteen kestävyys, huolto ja korjattavuus.

Saadun palautteen perusteella nykyinen varustus toimii hyvin. Suurimpia ongelmakohtia olivat jalkineet ja käsineet. Monilla oli mielipiteitä varustuksesta, mutta erittäin harva osasi antaa parannusehdotuksia. Kiertäessäni joukko-osastoissa sain huomata, että käytännöt vaihtelevat laajasti riippuen toimipaikasta ja siitä, ollaanko lentolaivueessa vai korjaamolla. Henkilöstöstä muutamat suosivat vanhoja, jo virallisesti käytöstä poistettuja varusteita, sillä ne koettiin mukavammiksi ja toimivammiksi kuin nykyiset varusteet.

Kaikki yli 30 000 euroa maksavat hankinnat tulee kilpailuttaa julkisella tarjouskilpailulla. Kilpailutukseen annettavasta tuotteesta laaditaan tarjouspyyntö. Tarjouspyynnöstä ilmenee hankinnan kohde, tekniset määritelmät, laatuvaatimukset, määräaika tarjousten tekemiselle, tarjouksen lähetysosoite, tarjouksen laadintakieli, luettelo tarjouspyyntöön liitettävistä asiakirjoista, tarjouksen valintaperuste ja vaatimus tarjousten voimassaoloajasta. Tarjouspyyntöön liitettävästä teknisestä spesifikaatiosta tulee laatia yksiselitteinen ja selkeä, jotta tarjousten vertailu olisi helppoa ja useat valmistajat voisivat valmistaa tuotetta. Teknisessä spesifikaatiossa määritellään tuotteen raaka-aineet, joihin kuuluvat tuotteessa käytetyt päämateriaalit ja kaikki lisätarvikkeet, kuten ompelulangat, nauhat, napit ja vetoketjut.

Käyttäjiltä kerätyistä kommentteista voitiin havaita, etteivät käyttäjät tunne varusteiden ominaisuuksia ja ettei varustusta aina arvosteta riittävästi. Varustuksen arvostusta voitaisiin lisätä koulutuksella ja erilaisilla esitteillä. Olemassa olevan tuotekuvaston käyttöä voisi kehittää. Tätä kirjoitettaessa Ilmavoimissa oli suunnitteilla laajemman koulutuskokonaisuuden kehitys, jossa yhtenä osa-alueena olisi työn kohteena ollut suojavaatetus.

Suorittamani kysely oli pienimuotoinen, vaikka vierailuja olikin useammassa joukko-osastossa. Laajempi kysely koko lentotekniselle henkilöstölle sähköisessä muodossa voisi antaa laajemman pohjan kehitystyölle. Kysymykset tulisi miettiä tarkoin, jotta ne olisivat yksiselitteisiä ja ohjaisivat rakentavan palautteen antoon. Minulle annettiin mahdollisuus kyselyn tekemiseen ja sisällyttämiseen työhöni, mutta totesin laadukkaan kyselyn laatimisen vaativan enemmän perehtymistä ja aikaa. Tällainen laaja kysely voisikin olla seuraava askel varustuksen kehitystyössä koekäytön lisäksi. Materiaalilaitoksella ei tällä hetkellä ole riittävästi resursseja varustuksen kehittämiseen, asiakastyytyväisyyskyselyiden tekemiseen ja analysoimiseen eikä kokeilukäyttöprosesseihin.

Varusteiden käyttäjiltä ja huoltajilta puuttuu toimiva palautteenantojärjestelmä. Tuotteista voidaan tehdä aloitteita, jotka voivat olla parannusehdotuksia tai uusia tuotteita. Lentovarustevarastoista varastonhoitajat voivat olla suoraan yhteydessä asianhoitajiin. Vastaavanlaisilla kartoituksilla tai kyselyillä tilannetta voidaan aika ajoin päivittää. Haastatteluissa moni halusikin antaa oman mielipiteensä varusteista.

Puolustusvoimilla on tällä hetkellä puiteostosopimus Würth oy:n kanssa. Sopimuksen mukaan joukko-osastoissa ylläpidetään ja niihin toimitetaan tiettyyn tarvikkeilyyn henkilösuojaimia, kemikaaleja ja työkaluja. Sekä varustevarasto että Würth toimittavat esimerkiksi hansikkaita ja hengityssuojaimia, joten päällekkäisyyksiä olisi mahdollista vähentää. Mikäli pelkästään Würth toimittaisi näitä varusteita, kaikkien työntekijöiden yhtäläinen pääsy Würthin ylläpitämille varuste-kaapeille tulee varmistaa.

Seuraavaksi varustusta tulisi kehittää antistaattisemmaksi ja paremmin palonkestäväksi. Materiaalien ominaisuuksia on tarkkailtava, jotta ominaisuudet eivät heikkene liikaa käytössä. Lentoteknisellä henkilöstöllä ei tällä hetkellä ole käytössään turvakenkiä, joten käyttöön soveltuvia vaihtoehtoja tulee kartoittaa. Käsineiden vaihtoehtoja on tarpeen jatkossa tarkistella. Lentoteknillinen henkilöstö tarvitsee esimerkiksi vedenpitävät käsineet. Uudet tuotteet ja materiaalit tulee ensin ottaa kokeilukäyttöön, jotta voidaan todeta niiden toimivuus käytännössä ja yhteensopivuus muiden käytössä olevien varusteiden kanssa.

Käytettävään lentoteknillisen henkilöstön suojavaatetuksen ja varustuksen ajantasaisuuteen tulee kiinnittää huomiota jatkossakin. Hyvin suojaava vaatetus voi lisätä motivaatiota ja nostaa mielialaa, mikä auttaa suorituskyvyn lisäämisessä erityisesti kylmissä ja haastavissa olosuhteissa. Vaatetusta kehittämällä tässä työssä esiteltyjen parannusehdotusten mukaisesti voidaan parantaa työntekijöiden suorituskykyä ja selviytymistä sotatilanteissa.

LÄHTEET

Anttonen, H. & Vuori, E., eds 1995, *Sotilasvaatetus ja sen kehittäminen*, Pääesikunnan Materiaalihallinto-osasto and Oulun aluetyöterveyslaitos.

Carrington Fabric selector 2011. Viitattu 16.11.2011.

(saatavilla <http://www.carrington.uk.com/fabric-selector.asp>)

Dimex, palosuojatut vaatteet, talvitakki 662 ja avohaalari 664 2011. Viitattu 22.11.2011.

(saatavilla <http://www.dimex.fi/index.jsp?pid=265&category=jackets>)

ESS Land ops 2011. Viitattu 11.11.2011.

(saatavilla http://www.esseyepro.com/Land-Ops_4_detail.html)

Fanttiset, olkanauhakannin 2011. Viitattu 23.11.2011.

(saatavilla http://www.fanttiset.com/index_tiedostot/Page1447.htm)

Fjällräven, Kaitum belt 2011. Viitattu 21.10.2011.

(saatavilla <http://www.fjallraven.fi/tuotteet/vyot-ja-olkaimet/kaitum-belt>)

Forssa textile action quattro 2011. Viitattu 17.11.2011.

(saatavilla <http://foxa.fi/tuotteet/ulkoiluvaatekankaat/forssa-action-quattro>)

Glycol Ethers 2011. Viitattu 23.11.2011.

(saatavilla <http://www.cdph.ca.gov/programs/hesis/Documents/glycols.pdf>)

Godbille, P. 2011, 'Henkilökohtainen tiedonanto'. Sähköposti, saatu 16.11.2011, klo 16:20.

Goldman, R. & Kampmann, B. 2007, *Handbook on clothing, Biomedical effects of military clothing and equipment systems*, 2. painos edn, Research Study Group 7 on Bio-Medical Research Aspects of Military Protective Clothing and TNO.

Guide, Hansikkaat öljynkäsittelyyn 2011. Viitattu 31.10.2011.

(saatavilla http://www.guide.eu/fi/produkter/rtt_handske.php)

Hantaurus, Tactical palvelusvyö TDU ja kuulosuojain surefire earpro 3 mpr 2011. Viitattu 11.11.2011.

(saatavilla <http://www.hantaurus.fi/>)

- Hanx, Motrax Visilite LED-heijastinliivi* 2011. Viitattu 25.10.2011.
(saatavilla http://hanx.iwn.fi/kauppa_noframe/index.php?current=61&tuoteryhma=66&tuoteid=974)
- Hassi, J., Mäkinen, T., Holmer, I., Päsche, A., Risikko, T., Toivonen, L. & Hurme, M. 2002, *Opas kylmätyöhön*, Työterveyslaitos.
- Heikkilä, P. 2001, *Ihminen ja staattinen sähkö*, 2. painos edn, Kuitumateriaalitekniikka, Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Horrocs, A. R. & Anand, S. C., eds 2000, *Handbook of technical textiles*, Woodhead Publishing limited and Textile institute.
- Ilmarinen, R., Järvenpää, M., Korhonen, O., Lindholm, H., Lindqvist-Virkamäki, S., Louhevaara, V. & Mäkinen, H. 1994, *Palomies kuumassa — Kuormittuminen, lämpösairaudet ja työvaatetus*, Työterveyslaitos.
- Ilmarinen, R., Lindholm, H., Läärä, J., Peltonen, O.-M., Rintamäki, H. & Tammela, E. 2011, *Hypotermia, Kylmän haitat työssä ja vapaa-aikana*, Työterveyslaitos.
- Ilmavoimat 2005, *Lentoteknillinen maapalveluohje, 100-00-1S1*.
- Jalas, Challenger 3920* 2011. Viitattu 30.11.2011.
(saatavilla http://www.jalas.fi/index.php?do=productpage&row=138112&page_id=79)
- Kalliohaka, T., Salmela, H. & Lehtimäki, M. 2011, *NH90-helikopterin sähköstaattinen varautuminen ja siitä aiheutuvat riskit ampumatarvikkeille ja henkilöille*, VTT.
- Klopman Arena, Fabric search* 2011. Viitattu 17.11.2011.
(saatavilla <http://www.klopman.com/asp/fabSearch.asp?mode=displayFabric&fss=59&urh=&urhd=0§ionID=11&subSectionID=0>)
- Laki julkisista hankinnoista 30.3.2007/348* 2007.
- Lentosotakoulu 2011, 'Laivueen lentoteknillisen huollon riskikartoitus'.
- Lentotekniikkalaitos 2009, *Lentokonemekaanikon varusteet, YL 132-10-1S1*, Ilmavoimat.
- Lentotekniikkalaitos, ed. 1997, *Lentoteknillisen henkilöstön suojavaarustuksen kehittäminen*, Ilmavoimien esikunnan raportti 15.9.1997.
- Marina textil, Flame resistant fabrics* 2011. Viitattu 17.11.2011.
(saatavilla <http://www.marinatextil.net/english/marko.shtml>)

- Milites, PLCE1 taisteluvyö* 2011. viitattu 21.10.2011.
(saatavilla http://verkkokauppa.milites.fi/epages/Planetta.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/milites/Products/PLCE1)
- Mäkinen, H., Antikainen, T., Ilmarinen, R., Tammela, E. & Hurme, M. 1996, *Toimiva työ- ja suojavaatetus*, Työterveyslaitos.
- Nieminen, M. 1996, F-18 hävittäjän käyttöhuollon turvallisuusanalyysi, Master's thesis, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Turvallisuustekniikan laitos.
- Pääkkönen, R. & Rantanen, S. 1999, *Työympäristön kemiallisten ja fysikaalisten riskien arviointi ja hallinta*, Työterveyslaitos.
- Riikonen, E., Kämäräinen, M., Lappalainen, J., Oksa, P., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Saarela, K. L. & Sillanpää, J. 2006, *Työsuojelun perusteet*, Työterveyslaitos.
- Rintamäki, H., Rissanen, S. & Peitso, A., eds 2007, *Sotilas kylmässä: Terveys, toimintakyky ja suojautuminen*, Oulun työterveyslaitos.
- Risikko, T. & Marttila-Vesalainen, R. 2006, *Vaatteet ja haasteet*, WSOY.
- Ryynänen, T., Kallonen, R. & Ahonen, E. 2001, *Palosuojatut tekstiilit – Ominaisuudet ja käyttö*, Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT.
- Scott, R., ed. 2005, *Textiles for protection*, Woodhead Publishing limited and Textile institute.
- SieviAir Galaxy 1 S1* 2011. Viitattu 30.11.2011.
(saatavilla http://www.sievi.com/index.php?sivu=turvajalkineet_air&turvajalkine=1&air=1&otsikko=Turvajalkineet_SieviAir)
- Stadium, Kombi u sverve gtx mitt* 2011. Viitattu 31.10.2011.
(saatavilla <http://www.stadium.fi/urheilu/talviurheilu/vaatteet/112132/kombi-u-sverve-gtx-mitt>)
- Starck, J., Marjut, R., Konttinen, K. & Hurme, M. 2001, *Henkilösuojaimet työssä*, Työterveyslaitos and Työturvallisuuskeskus ja Sosiaali- ja terveysministeriö.
- Stier, A. 2011, 'Henkilökohtainen tiedonanto'. Sähköposti, saatu 2.12.2011, klo 9.20.
- Stokholm, L. 2011, 'Henkilökohtainen tiedonanto'. Sähköposti, saatu 13.12.2011, klo 11.50.
- Stout, P. 2004, 'Peter stout, equipment spesification writing guide'. Viitattu 18.11.2011.

(saatavilla http://www.peterstout.com/pdfs/tech_specs_detailed.pdf)

Suomen nykyilmastoa kuvaavat lämpötilan, sateen ja lumensyvyiden keskiarvot 2011.
Viitattu 11.11.2011.

(saatavilla <http://ilmatieteenlaitos.fi/pitkan-ajan-tilastot>)

Suomen Puolustusvoimat 2011. viitattu 5.6.2011.

(saatavilla <http://www.mil.fi>)

Tencate, Tecashield 2011. Viitattu 17.11.2011.

(saatavilla <http://www.tencate.com/144/TenCate/TenCate-Protective-Fabrics/Region-EMEA/en/Home/Home-Collection>)

Xiaoming, T., ed. 2001, *Smart fibres, fabrics and clothing*, Woodhead Publishing Limited and The Textile Institute.

A. SPESIFIKAATIOT

Työhön laaditut tekniset spesifikaatiot on kerätty listaksi, jossa on spesifikaatiolle juokseva numerointi ja tuotteen nimi:

- 0100 Alushousut
- 0101 Aluspaita
- 0102 Pitkät alushousut
- 0103 T-paita
- 0104 Housut
- 0105 Välipusero
- 0106 Välihousut
- 0107 Umpihaalarit
- 0108 Välikausitakki
- 0109 Lämpöpusero
- 0110 Lämpöhousut
- 0111 Sadetakki
- 0112 Sadehousut
- 0113 Lippalakki
- 0114 Pipo
- 0115 Kauluri
- 0116 Käsineet
- 0117 Kynsikkäät
- 0118 Asentajan käsineet
- 0119 Tarkastussuojapuku ja tossut

- 0120 Kemikaalinsuojapuku
- 0121 Turvaliivi
- 0122 Lämpökäsineet
- 0123 Työjalkineet
- 0124 Talvijalkineet
- 0125 Villapohjalliset
- 0126 ESD-pohjalliset
- 0127 Kuulosuojain
- 0128 Sukat
- 0129 Suojakypärä
- 0130 Otsavalaisin
- 0131 Huopasyylinki

	ILMAVOIMAT	TEKNINEN SPESIFIKAATIO	Nro 0107	Sivuja 1(5)
		Pvm 20.1.2012 M/2000 UMPIHAALARI		
			Versio a	Liittyy
Laatinut Ins Ulla Sunela	Puoltanut Ins Jaana Pihlaja	Hyväksynyt Insmaj Harri Koskinen		

Tuotekoodi/Nimike

M/2000 UMPIHAALARI

Sisällys

1. YLEINEN KUVAUS
2. RAAKA-AINEET
 - 2.1 Yleistä
 - 2.2 Päälliskangas
 - 2.3 Kosteussulku
 - 2.4 Vetoketju
 - 2.5 Tarranauha
 - 2.6 Kuminauha
 - 2.7 Kuituvahvikekangas
 - 2.8 Vyön rengas ja säätömekanismi
 - 2.9 Ompelulanka
 - 2.10 Tunnuslappu
 - 2.11 Pesuohje
3. RAKENNE- JA VALMISTUSTEKNISET VAATIMUKSET
 - 3.1 Yleistä
 - 3.2 Mitoitus
 - 3.3 Ompelu
 - 3.4 Viimeistely ja merkinnät
4. TEKNISET VAATIMUKSET
 - 4.1 Huollettavuus
5. PAKKAUS
6. LAADUNVARMISTUS
 - 6.1 Näytteet
7. VASTAANOTTOTARKASTUS

Liitteet

1. Tuotekoodit
2. Mitoitus
3. Saumarakenteet

Korjaukset edelliseen versioon		Edelliset versiot ja hyväksymispäivä	
Osoite Ilmavoimien materiaalilaitos Lentokalusto-osasto Lentojärjestelmäsektori Vuoreksenkatu 20 PL 210, 33101 TAMPERE	Puh +358 299 800	Fax +358 299 279 919	

ILMAVOIMAT	TEKNINEN SPESIFIKAATIO Pvm 20.01.2012 M/2000 UMPIHAALARI	Nro 0107	Sivuja 2(5)
		Versio a	Liittyy

1. YLEINEN KUVAUS

Umpihaalarit ovat salvianvihreästä puuvilla/polyesteri -kankaasta valmistetut taskulliset työhaalarit. Haalareissa on vetoketjulla suljettavat rintataskut ja vasemman rintataskun päällä on läpällinen kynätasku. Haalarin vyölenkeissä on pujotettuna irrallinen tarralla säädettävä vyö ja takana on pitkä ja yhtenäinen vyölenkki tarttumisten minimoimiseksi. Lantiolla haalarin sivusaumassa on vetoketjulliset aukot. Reisien kohdalla on suljettavat reisitaskut. Vasemmalla lantionkohdalla on tarralla suljettava lenkki kuulosuojaimia varten. Polvien kohdalla on kosteussuojatut taskut polvipehmikkeille. Lahkeensuissa on pukemista helpottavat vetoketjut sisäsyöjällä, jotka ylettyvät polveen saakka. Haalari suljetaan vetoketjulla, jonka suojana on tuulilista. Vetoketjujen vetimissä on päistään avonainen nauhavedin helpottamassa tarttumista. Hihojen ja lahkeiden suissa on tarroilla säädettävät kiristysläpät. Haalarissa on tarrapohjat vasemmassa hihassa arvomerkkiä ja kansallistunnusta ja oikeassa rinnassa nimikylttiä varten. Oikean rintataskun sisällä on erillinen tarralla kiinnitettävä ja tarralla suljettava kangaspussi kolikoita varten. Vasemman rintataskun sisällä on kiinteä lenkki avaimille.

Haalarin materiaalisältö on 60 % puuvillaa ja 40 % polyesteriä. Materiaalisällön ja kangasrakenteen tarkoituksena on olla kestävä työvaatemateriaali. Haalarin niskassa sisäpuolella on Ilmavoimat -tunnuslappu ja kyljessä sisäpuolella pesuohje. Tuote on suunniteltu lentokone- ja helikopterimekaanikkojen käyttöön. Haalaria valmistetaan yhtätoista eri kokoa (44 – 64).

2. RAAKA-AINEET

2.1 Yleistä

Valmistajan hankkimien raaka-aineiden tulee olla Ilmavoimien materiaalilaitoksen antamien spesifikaatioiden ja muiden annettujen ohjeiden mukaisia. Ennen materiaalien käyttöönottoa on valmistajan osoitettava niiden laatu lähettämällä Ilmavoimien materiaalilaitokselle materiaalinäytteet ja tiedot materiaalin teknisistä ominaisuuksista sekä alkuperästä. Hankinnan yhteydessä Ilmavoimien materiaalilaitoksella on oikeus veloitusta vaatia puolueettoman laboratorion testaustulokset käytettävistä materiaaleista / tuotteista.

Kaikkien tuotteeseen kuuluvien materiaalien on oltava salvian vihreitä. Oikean värinen malli on saatavissa Ilmavoimien materiaalilaitokselta. Tilaaja toimittaa valmistusta varten kaavat, Ilmavoimat -tunnuslaput leimattuina sekä Ilmavoimat -etikettinauhut. Tuotteiden lopputarkastukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä lentoturvallisuuden vuoksi irrallisia langanpätkiä, rispaantuvia tai purkaantuvia reunoja ei sallita tuotteen ulko- tai sisäpuolella.

2.2 Päälliskangas

Kankaan kuitusisältö on 60 % CO / 40 % PES		
Salvianvihreä 3x1 toimikas		
Neliöpaino:	valmiina 245 g/m ² ± 10 %	SFS 3192
Viimeistys:	Likaa ja vettä hylkivä	
Käytetyt langat:	Loimi 27 Nm, Kude 27 Nm	
Murtokuormitus:	Loimi min 1100 N, Kude min 550 N	ISO 13934-1
Pilliintyminen:	3/4	ISO 12945-1

ILMAVOIMAT	TEKNINEN SPESIFIKAATIO Pvm 20.01.2012 M/2000 UMPIHAALARI	Nro 0107	Sivuja 3(5)
		Versio a	Liittyy

2.3 Kosteussulku

Salvianvihreää liestymätöntä palttinakangasta
Neliöpaino: valmiina 120 g/m² ± 10 % SFS 3192
Materiaali: Polyuretaanilla pinnoitettu polyamidi
Vedenpitävyys: Min 600 mm

2.4 Vetoketju

Vetoketjujen vetimiin ommellaan nauhat, joiden päät ovat purkautumattomat, helpotamaan käyttöä.
Materiaali: Polyesteri tai polyamidi
Leveys: 6 mm, suljettu spiraaliketju, pitkässä ketjussa 2 lukkoa
Menekki: 70, 20, 2x30, 2x18 ja 2x16 cm
Kulutuksenkesto: Raskas käyttö SFS 4540

2.5 Tarranauha

Raaka-aine: 100 % PA (Nylon 6.6)
Leveys: 20, 30 ja 50 mm, kudottu reuna
Väri: Salvianvihreä
Aukaisulujuus: Uutena min 1,5 N/cm SFS-EN 12242
10 000 avauksen jälkeen min 0,65 N/cm SFS-EN 1414
Menekki: 50 mm lenkkipuoli: n. 26 cm
50 mm koukkupuoli: n. 24 cm
30 mm lenkkipuoli: n. 99 cm
30 mm koukkupuoli: n. 79 cm
20 mm lenkkipuoli: n. 7,5 cm
20 mm koukkupuoli: n. 7,5 cm

2.6 Kuminauha

Loimi: PES 167 dtex x 1
Venyvä loimi: Elastaani
Kude: PES 167 dtex x 1
Leveys: 30 ± 1 mm
Joustavuus: 170 % ± 15 %

2.7 Kuituvahvikekangas

Vyön sisällä on kuituvahvikekangas tekemässä vyöstä ryhdikkäämpää ja kestävämpää
Neliöpaino: valmiina 120 g/m² ± 10 % SFS 3192

2.8 Vyön rengas ja säätömekanismi

Materiaali: Niklattu teräs

2.9 Ompelulanka

Neulalanka: Ydinlanka CO/PES, 20 tex x 2 (etikettinumero 75 tai 80)
Murtokuormitus: min 16 N
Yliuottelulanka: ydinlanka PES, 13,5 tex x 2 (etikettinumero 120)
Murtokuormitus: min 8 N
Murtovenymä: min 15 %
Väri: Salvianvihreä

ILMAVOIMAT	TEKNINEN SPESIFIKAATIO Pvm 20.01.2012 M/2000 UMPIHAALARI	Nro 0107	Sivuja 4(5)
		Versio a	Liittyy

2.10 Tunnuslappu

Kudottu nauha, jossa on seuraavat merkinnät:
Puolustusvoimien omaisuustunnus (torni)
Mallinumero
Kokonumero

Tunnuslapun toimittaa tilaaja valmiiksi leimattuna. Lappu kiinnitetään tuotteen nurjalle puolelle niskaan ympäriommellen.

2.11 Pesuohje

Valmistajan nimi tai tunnus
Valmistusvuosi
Päämateriaalin raaka-ainetiedot
Pesuohje: virallisilla symboleilla, vesipesu (60 °C), rumpukuivaus (max 80 °C), ei saa käyttää valkaisevia pesuaineita

Pesuohjeen merkintöjen tulee olla selvästi luettavissa toistuvien ohjeen mukaisten pesujen jälkeen. Lappu kiinnitetään tuotteeseen sivusaumaan, tuotteen nurjalle puolelle.

3. RAKENNE- JA VALMISTUSTEKNISET VAATIMUKSET

3.1 Yleistä

Tuote valmistetaan tämän spesifikaation ohjeiden mukaisesti. Perusnäyte täydentää annettuja ohjeita. Spesifikaatiosta ei saa poiketa ilman Ilmavoimien materiaalilaitoksen kirjallista suostumusta.

3.2 Mitoitus

Valmiin tuotteen mitat ja mittauspaikat on esitetty liitteessä 2.

3.3 Ompelu

Tuotteen ompelussa tulee työn laadun vastata tuotteelle asetettuja vaatimuksia. Saumojen tulee olla mahdollisimman sileitä ja niiden tulee säilyä sileinä myös pesujen jälkeen. Saumarakenteet on esitetty liitteessä 3. Käytettävät tikkityypit on ilmoitettu rakennepiirroksissa.

Tilaaaja luovuttaa tuotteesta sarjotut paperikaavat, jotka on palautettava viimeistään viimeisen tuote-erän mukana. Kaavojen omistusoikeus jää Ilmavoimille.

3.4 Viimeistely ja merkinnät

Tuote puhdistetaan huolellisesti irtonaisista langoista. Kaikki lankojen päät katkotaan huolella koko tuotteesta, eikä tuotteesta saa löytyä rispaantuvia tai purkaantuvia reunoja. Kaikki saumat tulee lukita molemmista päistään. Tuotteeseen kiinnitetään kohdissa 2.10. ja 2.11. mainitut tunnuslappu ja pesuohje. Tunnuslappu kiinnitetään tuotteen nurjalle puolelle ympäriommellen tuotteen niskaan liitteen 3 mukaisesti.

ILMAVOIMAT	TEKNINEN SPESIFIKAATIO Pvm 20.01.2012 M/2000 UMPIHAALARI	Nro 0107	Sivuja 5(5)
		Versio a	Liittyy

4. TEKNISET VAATIMUKSET

4.1 Huollettavuus

Värin pesunkesto:	MIN 4	EN ISO 105-C06
Värin hankauksenkesto:	Kuiva MIN 4 Märkä MIN 2-3	EN ISO 105-X12
Värin hienkesto:	MIN 4	ISO 105 E04-94
Värin valonkesto:	MIN 5	ISO 105 B02
Mittamuutokset:	Pituus +1 – -5 % Leveys +0 – -6 %	SFS EN 25077
Testiolosuhteet:	60 °C ja tasokuivaus	

Myyjän tulee varmistua, että valitut materiaalit täyttävät kaikki yllä olevat vaatimukset.

5. PAKKAUS

Tuote toimitetaan vyö paikoilleen pujotettuna. Tuotteeseen on merkittävä selkeästi tuotteen malli ja koko. Tuotteet pakataan koottain laatikoihin ja laatikoiden päälle merkitään selkeästi kokonumero ja kappalemäärät.

6. LAADUNVARMISTUS

6.1 Näytteet

6.1.1 Perusnäyte

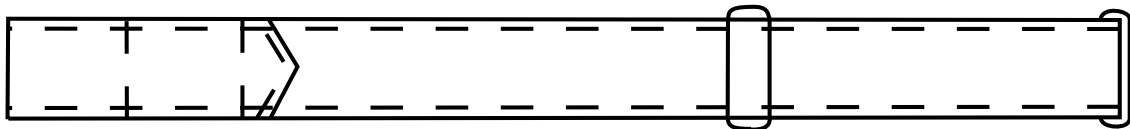
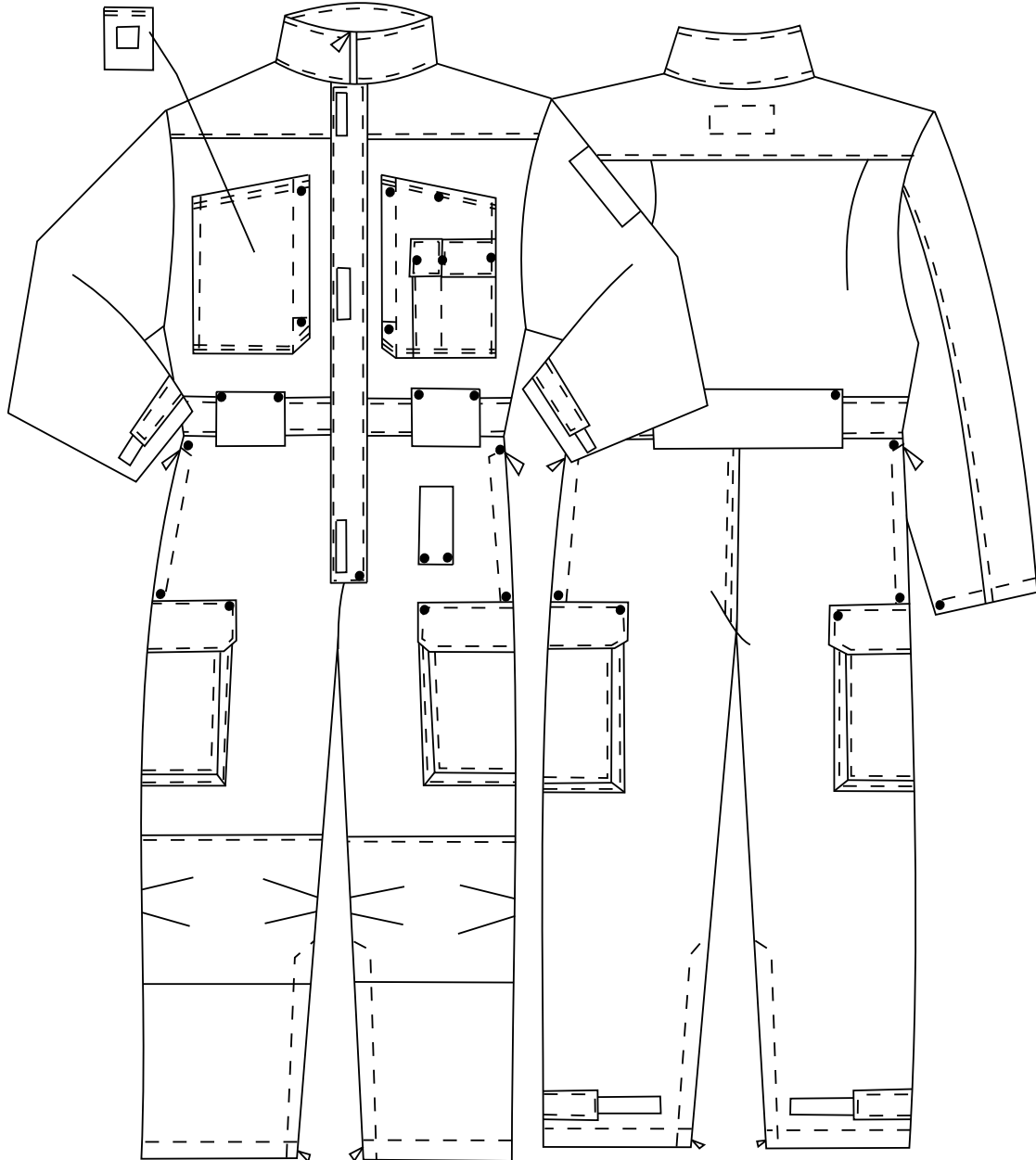
Virallinen perusnäyte on saatavissa Ilmavoimien materiaalilaitokselta. Tämä näyte täydentää teknistä spesifikaatiota. Mikäli näyte ja spesifikaatio poikkeavat toisistaan myyjän tulee ottaa yhteyttä tekniseen asianhoitajaan.

6.1.2 Toimitusnäyte

Myyjän on ennen tuotannon aloittamista toimitettava Ilmavoimien materiaalilaitokselle yksi (1) kappale tilattua tuotetta mallin ja värin hyväksyttämistä varten. Tuote tulee olla valmistettu samoilla menetelmillä ja samoista materiaaleista, kuin tuotannossa tullaan käyttämään. Näyte jää Ilmavoimien materiaalilaitoksen vertailunäytteeksi. Tuotantoerien tulee vastata toimitusnäytettä. Lisäksi toimitetaan 0,5 metriä kangasta testien teettämistä varten.

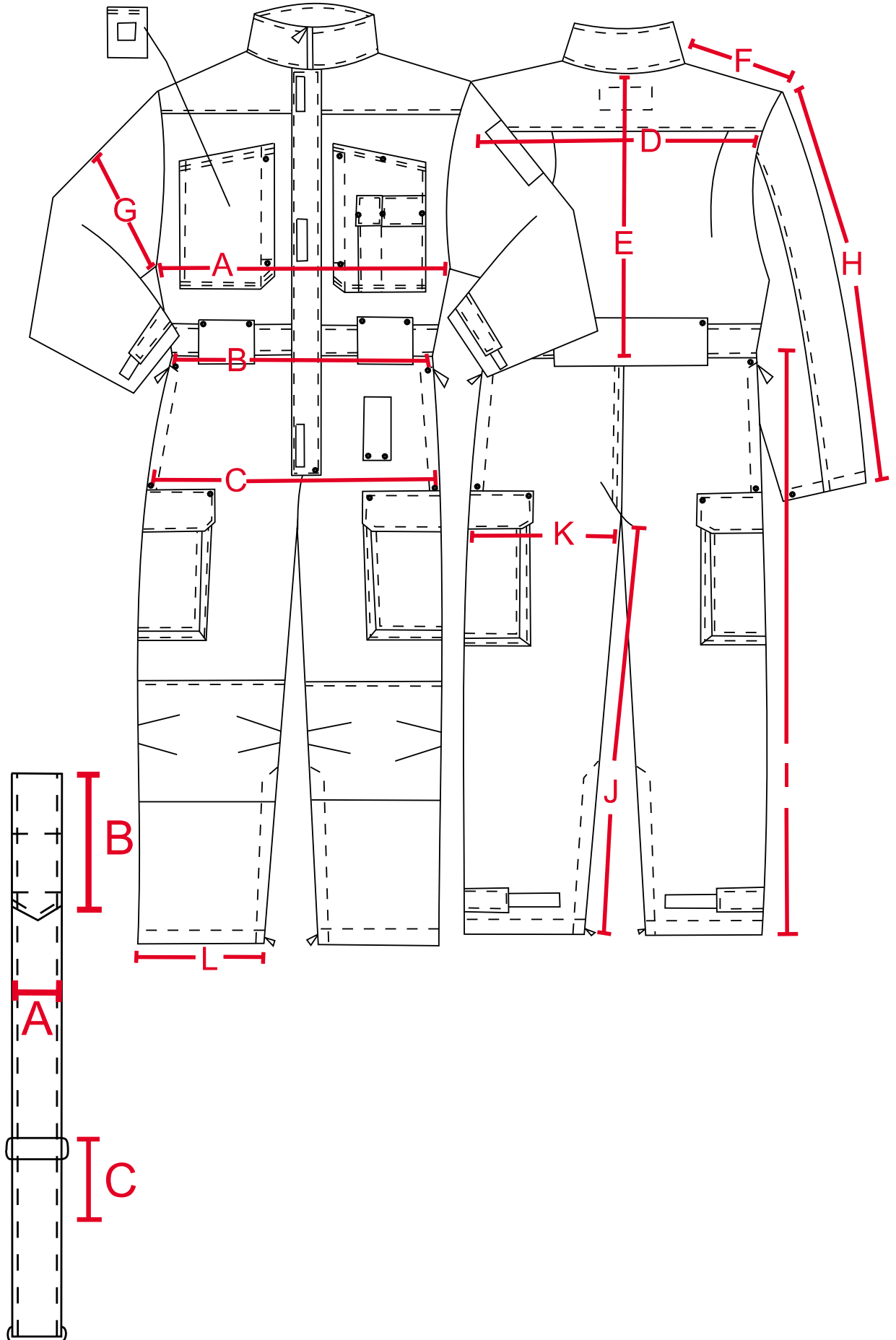
7. VASTAANOTTOTARKASTUS

Tarkastus suoritetaan pistokoeluonteisesti Ilmavoimien materiaalilaitoksen vastaanottotarkastuksen ohjeistuksen mukaisesti. Hankinnassa noudatetaan julkisten hankintojen yleisiä sopimusehtoja ja sovelletaan viivästyssakkoa.



TUOTEKOODIT

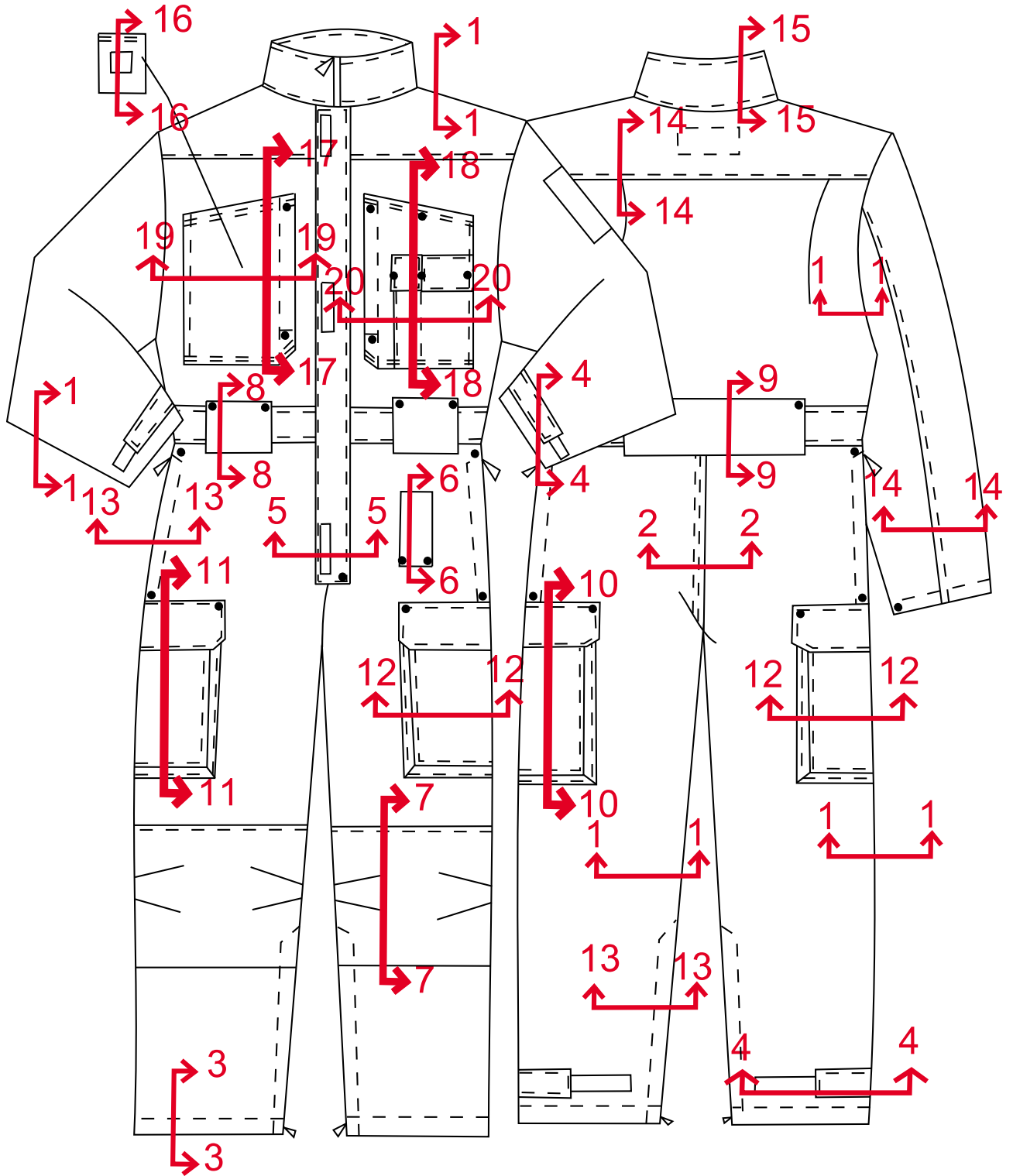
UMPIHAALARI					
KOKO	KOODI / RNO		KOKO	KOODI / RNO	
44	M/2000/44	464531	56	M/2000/56	402100
46	M/2000/46	402095	58	M/2000/58	402101
48	M/2000/48	402096	60	M/2000/60	402102
50	M/2000/50	402097	62	M/2000/62	434501
52	M/2000/52	402098	64	M/2000/64	459336
54	M/2000/54	402099			



HAALARIN VALMIIN TUOTTEEN MITTATAULUKKO (mitat cm)

HAALARI	Koko 42	Koko 44	Koko 46	Koko 48	Koko 50	Koko 52	Koko 54	Koko 56	Koko 58	Koko 60	Koko 62	Koko 64	Koko 66	Toler
Rinnanympärys A	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	± 1.5
Vyötärön ympärys B	86	88	92	94	98	100	105	107	113	115.5	121	123	128	± 1.5
Lantion ympärys C	104	107	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146	150	± 1.5
Selän leveys D	42.5	44	45.5	46.5	48	49	50.5	52	53	54.5	55.5	57	58.5	± 1.5
Selän pituus E	54.5	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.5	61.5	62.5	63.5	64.5	65.5	66.5	± 1.5
Olan pituus F	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	20.5	21	21.5	22	22.5	± 1.5
Hihan ympärys G	50	51	52.5	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	± 1.5
Hihan pituus H	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	72.5	± 1.5
Sivun pituus I	98.5	100	101.5	103	104.5	106	107.5	109	110.5	112.5	114	115.5	116	± 1.5
Lahkeen sisäpituus J	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	83	± 1.5
Reiden ympärys K	65.5	67.5	70	72	74	76	79	81	83	85	88	90	92	± 1.5
Alisuun ympärys L	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	± 1.5

VYÖ		Toler
Vyön leveys A	4.5	± 0.5
Taittovara B	8.5	± 1
Kiinnityskohta C	7.5	± 1



Kuvissa trensit on merkitty mustalla pallolla.
Malli ILMAVOIMAT-tunnuslapusta:

